信頼を得た他分野専門家による高度で巨大な科学技術の社会受容

―高レベル放射性廃棄物処分を例として―

2010年6月

東京大学大学院
工学系研究科原子力国際専攻

和田　隆太郎

信頼を得た他分野専門家による高度で巨大な科学技術の社会受容
―高レベル放射性廃棄物処分を例として―
目次

第 1 章 序論 1
1.1 問題の認識 1
1.2 原子力の科学技術としての研究の背景 4
1.2.1 原子力エネルギー利用の現状と専門家とその組織への信頼 4
1.2.2 日本の放射性廃棄物と HLW の現状 7
1.2.3 HLW 処分の開発経緯と制度の現状と課題 10
1.2.4 HLW 地層処分に特有な諸問題と課題 12
1.3 科学技術によるリスクに関連する研究の背景 16
1.3.1 原子力の安全文化と安全・安心の科学 16
1.3.2 社会心理学分野における既往の研究例 17
1.3.3 環境リスク論とリスク・ベネフィットの原則 26
1.3.4 HLW 処分等の科学技術によるリスクに関連する課題 29
1.4 科学技術コミュニケーションにおける研究の背景 32
1.4.1 従来の科学技術コミュニケーションの考え方の歴史的な変遷 32
1.4.2 科学技術コミュニケーション分野における既往の調査・研究例 36
1.4.3 HLW 地層処分にも関連する科学技術コミュニケーションの課題 39
1.5 HLW 処分の安全性に係る非専門家と専門家間の議論の現状 42
1.5.1 日本における HLW 処分地の選定に係る現状 42
1.5.2 一般市民との HLW 処分時の安全性に係る議論の例 43
1.5.3 HLW 処分に関する国民の意識調査 51
1.5.4 専門家同士の HLW 処分時の安全性に係る議論の現状 54
1.5.5 HLW 処分の安全性に係る非専門家と専門家間の議論のまとめ 56
1.6 HLW 処分に対する各分野の社会科学的な視点の統合 58
1.6.1 各研究分野からの社会科学的な視点の摘出 58
1.6.2 解決すべき課題に至る集約と区分 61
1.7 本研究の目的 66
1.8 本研究の構成と位置付け 67
1.8.1 本研究の構成 67
1.8.2 本研究の位置付け 68
第 2 章 HLW 処分に係る研究と事業の現状 73
2.1 HLW の特性と処分の方法 73
2.1.1 HLW の特性 73

2.1.2 HLW の貯蔵量 75
2.1.3 HLW の処分方法の選定 75
2.2 HLW 地層処分の安全性に関する研究状況の調査 77
2.2.1 HLW 地層処分の安全確保の考え方 77
2.2.2 HLW 処分地の選定基準と多重バリアの構成 79
2.2.3 地層処分の安全評価手法と長期安全性 80
2.3 HLW 処分事業の費用評価の詳細 86
2.4 現状の HLW 地層処分を取り巻く状況 88
2.5 現状の HLW 処分の調査・分析のまとめ 90
第 3 章 HLW 処分の専門的な技術情報の適切な説明内容 91
3.1 リスク・ベネフィットの原則に基づく安全性と費用の相関による説明内容 93
3.1.1 リスク・ベネフィットの原則に基づく説明内容の検討 93
3.1.2 リスクとベネフィットの相関の考察 98
3.1.3 リスクとベネフィット原則に基づく説明内容のまとめ 99
3.2 他分野専門家への説明に設ける選択肢 100
3.2.1 既往の選択肢に関する考え方の調査 100
3.2.2 選択肢を設けるポイントの検討 104
3.2.3 選択肢を設ける数の検討 123
3.2.4 他分野専門家への説明に設ける選択肢のまとめ 140
3.3 他分野専門家に専門的に深い領域の技術情報を適切に理解される説明内容 142
3.3.1 既往の工学バリア等のオプション調査・検討 142
3.3.2 見解が分かれる評価等に設定する選択肢の抽出 153
3.3.3 処分概念オプション設定の基本的な考え方 157
3.3.4 処分概念オプションの設定 159
3.3.5 選択肢による専門的な技術情報の示し方 165
3.3.6 他分野専門家に専門的に深い領域の技術情報を適切に理解される説明内容のまとめ 167
3.3.7 選択肢による説明内容とリスク・ベネフィットの相関の考察 168
3.4 HLW 処分の専門的な技術情報の適切な説明内容のまとめ 173
第 4 章 科学者への信頼と専門的な技術情報の説明方法 175
4.1 既往の科学技術への信頼に関する考え方の調査・検討 177
4.1.1 社会心理学分野における信頼に関する考え方 177
4.1.2 原子力分野における信頼に関する調査事例 181
4.1.3 科学技術への信頼に関する考え方のまとめ 189
4.2 HLW 処分の情報と実践研究等から得られた知見調査 190
4.2.1 一般市民と地域住民が知りたい HLW 処分の情報の文献調査 190

4.2.2 地域住民との実践研究から得られた知見 191
4.2.3 HLW 処分の情報と実践研究等から得られた知見のまとめ 193
4.3 信頼される専門家の要件と区分 195
4.3.1 信頼される専門家の要件の摘出 195
4.3.2 関心度・対象領域による信頼される専門家の区分 196
4.3.3 信頼を得た他分野専門家の形成 198
4.3.4 信頼される専門家の考え方のまとめ 200
4.4 他分野専門家への専門的な技術情報の説明の方法 203
4.4.1 「S to S」が行われる場 203
4.4.2 「S to S」で説明するべき内容 208
4.4.3 他分野専門家への専門的な技術情報の説明の方法のまとめ 220
4.5 専門的な技術情報を一般市民に伝える２段階のプロセス 223
4.5.1 第１段階：「S to S」 223
4.5.2 第２段階：「S to P」 227
4.5.3 専門的な技術情報を伝える２段階のプロセスのまとめ 230
4.6 一般市民への専門的な技術情報の説明の方法 232
4.6.1 「S to P」が行われる場 232
4.6.2 「S to P」で説明することが期待される内容 235
4.6.3 一般市民への専門的な技術情報の説明の方法のまとめ 237
4.7 科学者への信頼と専門的な技術情報の説明方法のまとめ 239
4.7.1 技術情報を活用した一般市民等の意思決定に至る基本的な流れ 239
4.7.2 信頼を得た他分野専門家による説明の場と方法 240
4.7.3 信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスのまとめ 243
4.8 本研究の適用範囲と今後の課題 246
第 5 章 結論 249

図目次

図1.2.2-1　高レベル放射性廃棄物（HLW）の地層処分の概要[10] 9
図1.3.2-1　精緻化見込みモデル（ELM）の概略図 19
図1.3.2-2　GMO 等に関する一般市民の科学技術の専門家の組織への信頼 21
図1.3.2-3　学生(一般人)と警察官(専門家)の犯罪発生件数推定の比較[52] 23
図1.3.3-1　Ecology と Economy の相関を示したフェーズ･ルール[61] 28
図1.3.4-1　日常生活と放射線と廃棄物処分に伴う年間最大放射線量との比較 31
図1.4.2-1　科学技術についてのニュースや話題への関心[93] 37
図1.4.2-2　科学技術が貢献すべき分野（総数）[93] 37

図1.5.1-1　見直し後の HLW 処分地の選定プロセス[67] 43
図1.5.3-1　高レベル放射性廃棄物処分に対する責任の考え方[107] 52
図1.5.3-2　高レベル放射性廃棄物処分場設置の是非[107] 53
図2.1.1-1　HLW ガラス固化体中の放射能と発熱量の経時変化 74
図2.2.1-1　高レベル放射性廃棄物地層処分における多重バリアの構成[16] 78
図2.2.1-2　高レベル放射性廃棄物地層処分場の基本概念図[124] 78
図2.2.3-1　第２次取りまとめの安全評価（レファレンスケース）の概要[12] 83
図2.2.3-2　第２次とりまとめの安全評価結果（レファレンスケース）[12] 83
図2.2.3-3　システム総合安全評価結果[16] 84
図2.2.3-4　第２次とりまとめと各国の安全評価結果の比較[16] 85
図2.3-1　高レベル放射性廃棄物の最終処分費用[135] 88
図 3-1　専門的な技術情報の適切な説明内容の研究フロー 92
図3.1.1-1 リスク・ベネフィットの原則に基づいた HLW 処分時の安全評価結果の表示[138] 96
図3.2.2-1　反対意見の専門家による様々な条件での最大被ばく線量の比較[113] 110
図3.2.3-1　意志決定に寄与する魅力効果の説明図 124
図3.2.3-2　トレードオフ対比と極端回避の説明図 125
図3.2.3-3　選択肢(ギフト用の箱)の数の関数としての選択結果への満足度[158] 127
図3.2.3-4　セットサイズの関数としてペンを購入した対象の割合[184] 129
図3.2.3-5　各研究における選択セットのサイズと選択確率の相関の比較結果[161] 129
図3.3.1-1　炭素鋼単肉と銅複合のオーバーパック概念図 144
図3.3.1-2　マルチオーバーパックの概念図[199] 145
図3.3.1-3　人工バリア定置概念と PEM の概念図 145
図3.3.1-4　廃棄体の 2 段定置の例[16] 146
図3.3.1-5　処分坑道／処分孔への廃棄体の定置方式[16] 146
図3.3.1-6　処分坑道断面形状[124] 148
図3.3.1-7　処分坑道の仕様と廃棄体のピッチの例[124] 150
図3.3.1-8　複数の岩種を含む処分場のパネルレイアウト[124] 151
図3.3.1-9　工学バリア等の既往オプションの経済性・安全性への寄与イメージ 152
図3.3.5-1 １つのサイト・3 つの処分概念オプションによる専門的な技術情報の表示[192] 166
図3.3.7-1　各点のエラーバー中の１つの位置を摘出した３つの極端な参考事例[192] 170
図3.3.7-2 フェーズ･ルールが示す今後の処分研究が進むべき方向の概念[192] 172
図 4-1　科学者への信頼と専門的な技術情報の活用方法の研究フロー 176
図4.1.2-1　EU で廃棄物の情報を与えることを期待されている機関[108] 182

図4.1.2-2　原子力に関する情報源と信頼できる情報源[218)] 183
図4.2.1-1　EU において地域住民が知りたい安全性の情報[108)] 191
図4.3.3-1　信頼を得た他分野専門家の形成過程 200
図4.4.1-1　他分野専門家との説明と討論（対話）が行われる場の時系列による整理 207
図4.4.2-1　リスクの“ものさし”を付した閉鎖後の公衆の放射線安全性[240)] 219
図4.5.3-1　信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセス 231
図4.7.3-1　信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスの形成と運用 244
図4.7.3-2　２段階のプロセスにより伝えることのできる情報の種類と量 245

表目次

表1.3.2-1　原子力に関連する認知と感情のギャップ[38)] 18
表1.5.1-1　HLW 処分の誘致を検討した自治体の概要 42
表1.5.2-1　各自治体の誘致検討の経緯と撤回した理由 45
表1.5.2-2　高知県東洋町の出直し町長選挙に至る経緯[68)、102)、103)] 49
表1.5.2-3　東洋町で市民団体の反対の理由とした 2 点のポイント[105)] 51
表1.5.4-1　摘出された両専門家の評価・認識の食い違い 56
表2.1.3-1　高レベル放射性廃棄物（HLW）の処分の方法の比較結果 76
表2.2.3-1　地下水シナリオに基づく安全評価解析のパラメータ[12)] 84
表2.3-1　処分場の費用試算項目とその内訳[14)] 86
表2.3-2　処分場の費用試算ケース[14)] 87
表3.1.1-1　HLW 処分事業の費用と安全性の国際比較[138)] 96
表3.2.2-1　第 2 次取りまとめへの批判に関する推進／反対意見の専門家の論点とその経緯[143)] 105
表3.2.2-2　選択肢を設けるポイントの抽出[143)] 114
表3.2.2-3　選択肢を設けるポイント[143)] 116
表3.2.3-1　心理学実験において選択・選好への影響が報告された選択肢[177)] 130
表3.3.1-1　坑道の配置検討に用いた主な岩盤のパラメータの例[124)] 148
表3.3.1-2　過去から最近にかけて研究された工学バリアの仕様等[192)] 151
表3.3.2-1　両専門家で見解が分かれる点と工学バリアの仕様等のオプション案との相関[193)] 156
表3.3.4-1　3 の処分概念オプションの考え方[192),193)] 160
表3.3.4-2　具体的な処分概念オプションの設定例（参考）[193)] 163
表4.1.2-1　専門家の信頼性等に関する 2008 年度の世論調査の主な質問項目[219)] 184
表4.1.2-2　専門家の信頼性等に関する 2008 年度の世論調査の結果 186

表4.1.2-3　原子力分野関係者への信頼に関係する調査結果の日欧比較.....188
表4.3.4-1　関心度・対象領域に基づく信頼される専門家の区分の提案.....202
表4.4.1-1　科学技術アセスメントの概要と「S to S」への適否.....206
表4.4.1-2　対話フォーラムとオープンフォーラムの概要と「S to S」への適否 206
表4.4.1-3　「S to S」における他分野専門家との説明と討論の場と形式 207
表4.4.2-1　有識者ミーティングによる情報提供の有効性調査の意見集約結果の概要[238)].....210
表4.4.2-2　有効性調査での地層処分による安全確保の考え方に対するコメントの一例.....213
表4.4.3-1　「S to S」で説明すべき内容のまとめ 222
表4.5.3-1　専門的な技術情報を伝える 2 段階のプロセスの説明 231
表4.6.1-1　各種コミュニケーション手法の「S to P」への適否 232
表4.6.3-1　「S to P」で説明することが期待される内容のまとめ.....238
表4.7.2-1　２段階のプロセスの説明に適切な場の総括.....241
表4.7.2-2　２段階のプロセスで説明すべき内容の総括.....242

第1章　序論

1.1　問題の認識

18 世紀から 19 世紀にかけて起こった産業革命以降、科学技術は飛躍的な発展を遂げ、人類の社会と生活に大きな変化をもたらして、今日の先進諸国における物質的な豊かさと繁栄を実現した。大量に生産されたモノは、人々の社会生活を便利で快適なものにし、医療の進歩は人間の寿命を格段に伸ばし、情報通信機器は世界中の人々の関心の高い画像情報をリアルタイムで伝えることができるようになった。その中でも近年のインターネット・プロトコル技術を利用して相互接続されたコンピュータネットワークを使った情報通信システムの進歩は目覚ましく、膨大な情報を収集・処理することを可能にして世界中の人々が情報の共有や交換が瞬時に行えるようになった。

一方、人々の物質的生活を支えてきたエネルギー源は、かつての木材資源による薪や炭から水力へ、産業革命以降は石炭・石油・天然ガス等の化石燃料エネルギーへと変遷し、さらに第２次世界大戦後には原子力エネルギーも実用に供されるようになった。また、地球環境対策の視点から近年は地熱、太陽熱、風力および太陽光等の再生可能と呼ばれる自然エネルギーが注目され、一部は家庭にも普及するようになった。

しかし、20 世紀における科学技術の発展に伴って飛躍的に高まった生産活動は、発展途上国を中心とした世界人口の爆発的な増加と相まって、資源の枯渇、気象・気候の変化、環境汚染による生態系の変化等の様々な問題をもたらしている。また、エネルギーに関連する環境問題としては酸性雨問題、地球温暖化問題、廃棄物処分問題等があげられる。このような事態に直面し、物質的豊かさを享受してきた先進諸国は、従来の安いコストによる大量生産、大量消費、大量廃棄というものから、最終的には循環型社会を目指した環境負荷のなるべく小さい製品や技術による社会経済構造へ転換し、地球環境との調和を図ることが不可欠となっている。

その一方で、21 世紀を迎えるにあたり、科学技術の重要性の認識の高まりと並行して、科学技術と社会の関係を議論する機会が増えてきている。科学技術と社会は好むと好まざるとにかかわらず不可分の関係をもっている。科学技術は、例えばエネルギー分野では原子力施設の事故や地球環境問題など好ましくない局面を派生する反面、原子力発電や燃焼機関を直接的または間接的に使った交通機関等により便益をもたらしている。また、例えば生命科学分野では臓器移植や遺伝子組み換え技術が進歩することで人の寿命を延ばし、環境変化や害虫に強い農作物を産出できるようになっているが、その利用に当たって生命倫理や環境保護の問題が派生している。原子力のように潜在的に危険性があり、高度で巨大な科学技術や、急速に進展する生命科学等に対して、人々は期待と同時に不安も抱いている。これらのように、科学技術には便益（ベネフィット）だけあって、好ましくないこ

とが起こる確率の大きさ（リスク）がゼロであるものは存在しない。

また同時に、民主的な社会においては、一般市民が、自らの社会で使われる科学技術を、正しく選択・判断する自由が確保されている必要がある。そしてそのためには、本来的には、対象となる科学技術のリスクやベネフィットを含めた、その総体についての適切な理解が必要である。理解がないままでは、その技術を採用するにしても、また拒絶するにしても、いずれもなんらかの不合理に陥る可能性があるからだ。しかし、一般市民が高度化した科学技術の総体を理解することは現実には難しい。このような困難な状況が、上述の科学技術にかかる、様々な分野において生じている。近年、リスクがゼロである科学技術は存在せず、リスクとベネフィットとの相関によって科学技術が受けとめられるようになりつつあることは、合理的な判断が社会に広がってきているという点では大きな前進であろう。だが、社会における議論の前提としての、科学技術のリスクとベネフィットを人々に伝える方法論については、さまざまな模索が続いている。最近の 10 年間の科学技術やそのリスクに関するコミュニケーションでは、一般市民に判りやすく伝えるために推敲・咀嚼する、すなわち専門的な技術情報の質と量を減らすことに注力してきた。その一方で、説明者となる科学技術の専門家が一般市民から信頼を得るための行為、すなわち信頼感を醸成するための説明手法を鍛錬することに注力してきた。これらの努力によって、地域の交通や防災システム等のいくつかの事例では社会に科学技術が受け入れられたという実績が出てくるようになった。しかしながら、原子力や食品照射、遺伝子組み換え作物（GMO）等の身近になく高度で巨大な科学技術であり、リスクを感じやすいが本質的なベネフィットも大きい筈のものは一般市民に伝わっておらず、前述のものや携帯電話のように身近にあってベネフィットを感じやすいものだけが伝わっているように思える。身近になく高度で巨大な科学技術については、高度で深い専門的な技術情報に基づくリスクとベネフィットを一般市民まで伝える方法を新たに考えなければならない。

今後、人類社会が直面する様々な問題解決の要請に対して科学技術がいかに応えていけるか、また、科学技術が社会に受容されるためには、どうすべきか、といった視点がこれまで以上に重要となってくる。上述の問題を解決し、科学技術が社会的に有効で有意義な便益を持続的にもたらすためには、科学技術の専門家と一般市民の双方の知恵と努力が必要である。これからの科学技術の専門家は、その開発と利用を推進するのは本来の職務として当然ながら、科学の成果や科学技術が実社会の中で利用される際に、実際にどのように使われ、社会的にどのようなインパクトをもつのかについて考えを及ぼす能力を持ち、それを時に触れて表現することが重要である。また、一般市民が科学に対してもつ視点や科学情報への取り組みや理解の状況に接し、これを踏まえて、科学技術に関する情報が一般市民にどのように受け止められるかを推測できる能力を持ち、自分が説明・対話する際の行動・言動に反映することが重要である。さらに、専門家個人としても専門家集団の組織としても一般市民から信頼を得ることがその前提であることは言うまでもない。

潜在的な危険性があり、身近になく、巨大で高度な科学技術は、その恐ろしさや未知性

から社会的に受容され難いと言われており、原子力発電に伴い発生する高レベル放射性廃棄物（HLW）処分地の立地問題はその代表例の１つである。また、これは上述した問題の多くを網羅している事例であると言える。HLW 処分地の誘致に先立つ文献調査への応募を巡る賛否で揺れた高知県東洋町では事実上の住民投票である 2007 年 4 月の出直し町長選挙で推進派が敗れるなど、HLW 処分場の立地確保は困難を極めている[1)]。このような状況にあるのも、これまでの科学技術の専門家による説明が判りにくく、対話が十分ではないことが１つの原因であり、広範囲な技術を取り扱う原子力バックエンド分野の科学技術の専門家（以下、「本分野専門家」という）による従来の説明内容（contents）や説明プロセス（method）を見直す必要がある。また、一般市民にとって理解することが容易ではない専門的な技術内容を取り扱う科学技術の専門家が、どうすれば一般市民から信頼を得られるかを考えなければならない。さらに、専門家は科学技術の内容に関連して信頼を得ること以外にもやるべきことがある。HLW 処分は理学系の地質、地下水、化学、物理等から工学系の土木、機械、電気等および医学系を含む保健物理等の技術分野で構成されており、かつ、各々の分野においても専門性が高い研究内容が含まれているため、技術的な基礎知識を持ったある特定の科学・技術分野の専門家であっても自分の専門分野以外の内容を理解するのは相当な労力を要する。そのため、HLW 処分に原子力バックエンド分野以外の科学技術の専門家（以下、「他分野専門家」という）が一般市民から信頼を得られる説明プロセス（method）の中でどのように関与するかを考えなければならない。

すなわち、今後、地方自治体が文献調査へ応募することを喚起するにせよ、文献調査応募後にさらに地域住民の多数の理解を得ていくにせよ、わが国に見合った社会受容を進める必要がある。本研究では HLW 処分を例として、一般市民から信頼を得た他分野専門家による高度で巨大な科学技術の社会受容について取り組んだ。

1.2 原子力の科学技術としての研究の背景

ここでは科学技術としての日本の原子力発電・核燃料サイクルおよび HLW 処分の技術と制度面での現状と技術的な課題について述べ、原子力分野の専門家とその組織への信頼に関する課題や HLW 地層処分に特有な諸問題と課題について述べる。

1.2.1 原子力エネルギー利用の現状と専門家とその組織への信頼

資源小国であるわが国にとって、エネルギー安全保障は国民生活・経済活動の根幹を支える重要課題である。ここでは、まず、本研究の背景となった 2010 年 6 月時点での日本の原子力発電・核燃料サイクルの現状と、主に原子力分野の専門家とその組織への信頼に関する課題について述べる。

(1) 日本の原子力発電の現状

わが国は、1966 年に最初の商業用原子力発電所の運転が開始されて以来今日に至るまで、石油代替エネルギー源としての原子力発電の導入を積極的に進め、現時点では 54 基の商業用発電原子炉が総発電電力量の約 3 割を占める基幹電源の役割を果たしている。2008 年度には、わが国における一般電気事業用の発電電力量約 1 兆 KWh の 26%は原子力発電により賄われている[2)]。原子力発電は、他のエネルギー源に比べて燃料のエネルギー密度が高く備蓄が容易であるという技術的特徴を有し、加えてウラン資源は石油資源に比べて政情の安定した国々に分散していることから、供給安定性に優れている。また、将来、高速増殖炉等によってウランをより高い効率で利用できる技術が実用に供されれば、原子力発電は、より一層長期にわたって安定的にエネルギーを供給できるようになる可能性があり、将来ともに人類にとって必要なエネルギーを供給する上で有力な技術的選択肢の一つとなる。また、国際社会において地球温暖化問題への関心が 1990 年代頃から高まり、わが国では温室効果ガスである二酸化炭素排出削減の有力な方策として、化石燃料による火力発電と異なり発電過程で二酸化炭素を排出しない原子力発電への期待が大きい。

しかし、一方で原子力発電に対しては、1986 年のチェルノブイル原子力発電所事故に見られるように、一旦大規模な事故が起きると放射能汚染被害及びその社会的影響が甚大であるところから、人類は果たして原子力という巨大技術を安全に管理できるのかといった不安がもたらされた。また、わが国でも 1999 年の JCO 臨界事故等の原子力関係事故や 2000 年の東電自主点検記録改ざん等の隠蔽・虚偽報告等の不祥事により、原子力に対する不安とともに、原子力に携わる関係者への不信感が生じている。これら以外に、国や事業者は、自らにとって不都合な情報を十分公開していないのではないかとの疑念が国民の間に存在することや、放射線や原子力施設での事故に関する知識、情報

が国民に十分分かりやすく説明されていないことなども国民の不安や不信の原因として指摘されている[3]。

そのため、原子力分野では、事故や不祥事が起こったことをもあり、技術倫理への関心が高まっている。このような状況の中、原子力技術に携わる者は、技術の安全確保について更なる積み重ねをすることは勿論、原子力分野、あるいは関連組織のもつ組織文化やガバナンス体制から原子力技術に携わる一人ひとりの心構え等、不安感、不信感を抱いている人の立場にたった安心や信頼を醸成する努力が必要である。このような背景から原子力分野における技術倫理として、日本原子力学会の技術倫理活動等が進められている。ここに専門的な技術内容を取り扱う原子力分野の専門家や専門家集団（組織）が、どうすれば一般市民から信頼を得られるかという命題が関連する。既に原子炉が設置されたものと、HLW 処分のようにまだ処分場立地候補地点が存在しないもの全国の一般市民と地域住民（以下、「一般市民等」という）に対する信頼は時間的経緯、場所、原因の種類、信頼されていない内容とその深さの様々な点で異なるが、原子力分野の専門家と組織への信頼というカテゴリーでは根底を通じるものがある。専門家と組織への信頼をどのように確保していくかが今日の原子力分野にとって重要な課題である。

(2) 温室効果ガス排出量削減への原子力発電の寄与

温室効果ガス排出量削減の対策として原子力発電の増進による寄与が効果的であると言われているが、これまで定量的な数値データはあまり示されてこなかった。政府・環境省が公表した調査結果[4]によると 2008 年度のわが国の温室効果ガスの総排出量は 12 億 8,600 万トンと、京都議定書の基準年（原則 1990 年）に比べ、1.9%上回っている。しかし、この度行われた同省の分析によると、現在、60%程度にとどまっている原子力発電所の設備利用率が、長期運転停止の影響を受けていない 1998 年度並の水準（約 84%）だったと仮定した場合、基準年比 3.1%減になり、初めて基準年を下回ったとされている[2]。

また、国の委員会[5]（総合資源エネルギー調査会「長期エネルギー需給見通し（再計算）」（平成 21 年 8 月））では、原子力発電の推進による二酸化炭素（CO_2）の削減効果を試算している。それによると、原子力発電所の利用率向上を 60%から 80%に高めることにより約 6,000 万トン（基準年比 4.8%）の CO_2 削減が可能であると述べられている。この数値は上述の環境省のものと概ね整合している。また、2020 年（平成 32 年）までに原子力立国計画[6]で示されている原子力発電所 9 基を新規に稼働させることにより、さらに約 5,000 万トン（基準年比 4.0%）の CO_2 削減が達成できるとされている[2]。すなわち、原子力発電所の利用率向上とリプレースではなく新規に追加される原子炉の稼動を合計することで、基準年比約 7%減が達成できる可能性がある。これらはわが国における温室効果ガス排出量削減への原子力発電の寄与を裏付ける数値となっているが、核燃料サイクルや使用済み燃料対策および HLW 処分事業への対策の遅れが懸念材

料となり、この通り原子力発電所が整備・建設できない可能性もある。

(3) 日本の核燃料サイクル施設の現状と課題

エネルギー資源の大部分を輸入に依存しているわが国のエネルギーをめぐる情勢を直視すれば、安定的なエネルギー源を技術的手段によって確保することを目指して、長期的観点から様々な努力を継続する必要がある。わが国では、原子力発電所で発生する使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を再び燃料として有効利用する「核燃料サイクル」の確立を国の基本方針としている[7)]。この基本方針[7)]に基づき、立地地域をはじめとする国民の理解と協力を得つつ、安全の確保を大前提に、国や事業者等による取組が進められている[2)]。

核燃料サイクルは、ウラン燃料の生産から発電までの上流側プロセスと、使用済燃料の中間貯蔵や再処理、MOX 燃料製造及び放射性廃棄物の適切な処理・処分等からなる下流側プロセスに大別されるが、ここでは HLW 処分に直接関係する下流側プロセスについて述べる。下流側のプロセスは、①使用済燃料の中間貯蔵、②ウラン及びプルトニウムを分離・回収し、HLW をガラス固化する再処理、③ウランとプルトニウムの混合酸化物（MOX）燃料加工、④ MOX 燃料を軽水炉で利用するプルサーマル、⑤放射性廃棄物の適切な処理・処分等からなる[2)、1]。

現在、原子力発電所の軽水炉の使用済燃料は、一定の期間、原子力発電所の原子炉プール等で冷却しながら貯蔵された後、再処理されている。これまで再処理は主として海外（英仏）の再処理事業者に委託されてきたが、今後は、青森県六ヶ所村に建設された商業用再処理工場で実施される予定となっている。また、この工場の能力を超えて発生する使用済燃料については、当分の間、引き続き発電所で貯蔵するか、今後、発電所敷地外における使用済燃料の中間貯蔵事業者に引き渡され、再処理されるまでの間、安全に貯蔵されることとされている。使用済燃料を再処理し、核燃料として有用物質であるプルトニウム、ウランを分離する。ここで、回収されたプルトニウムについては、MOX 燃料工場で燃料集合体に成型加工され、プルサーマルと呼ばれる方式で現在の軽水炉で利用されたり、高速増殖炉等の研究開発に利用される。一方、再処理でプルトニウム、ウランを分離した後に残存する高い放射能レベルの廃棄物は安定な形態に固化した後、30 年から 50 年間程度、冷却（減衰）のための貯蔵を行い、その後処分することが計画されている [3)]。なお、この商業用再処理工場やプルサーマルは設備のトラブルや地元の合意取得ができなかったことによりスケジュールが遅延している。この地元の合意取得には上述した原子力分野の専門家と組織への不信感が影響しており、核燃料サイクルや使用済み燃料対策の遅れ、さらには HLW 処分事業の遅れが懸念材料となっている。

ここまで軽水炉による核燃料サイクルについて述べたが、以下では高速増殖炉及び関

[1] なお、再処理を行わない政策を取っている国では、原子炉から取り出した使用済燃料を直接、高レベル放射性廃棄物として処分（直接処分）する。

連する核燃料サイクル技術（以下、「高速増殖炉サイクル技術」という。）について述べる。高速増殖炉サイクル技術は、ウランの利用効率を飛躍的に高めることができ、将来実用化されれば、現在知られている技術的、経済的に利用可能なウラン資源だけでも数百年にわたって原子力エネルギーを利用し続けることができる可能性や、HLW 中に長期に残留する放射能を少なくして環境負荷を更に低減させる可能性を有している。これらは今後の不透明な将来に備え、将来のエネルギーの有力な選択肢を確保しておく観点から着実にその開発に取り組むことが重要である。その際、その技術の開発のための基礎的研究と実用化に時間を要することを考慮しつつ、わが国のみならず、世界のエネルギー問題の解決にも寄与することを視野に入れ、わが国独自の長期構想の下に、その研究開発に取り組むことが重要である[2)]。しかし、高速増殖炉の原型炉「もんじゅ」は 1995 年 12 月のナトリウム漏洩火災事故の報告の遅れと一部の事実を隠蔽したこと等により、運転再開に対する地元の合意取得まで 10 数年の期間を要している。この地元の合意取得には上述した原子力分野の専門家と組織への不信感が影響していることは言うまでもない。

1.2.2 日本の放射性廃棄物と HLW の現状

原子力エネルギー利用の便益（ベネフィット）を享受してきた現世代は、少なくともこれに伴い発生し、現在貯蔵されている放射性廃棄物の安全な処理・処分への取組に全力を尽くす責務を、未来世代に対して有している。ここでは、上述の日本の原子炉および核燃料サイクル施設から発生する放射性廃棄物の現状と課題を述べる。

(1) 放射性廃棄物対策の基本的な考え方

原子力政策大綱[8)]では、放射性廃棄物は４つの原則、すなわち「発生者責任の原則」、「放射性廃棄物最小化の原則」、「合理的な処理・処分の原則」及び「国民との相互理解に基づく実施の原則」のもとで、その影響が有意ではない水準にまで減少するには超長期を要するものも含まれるという特徴を踏まえて適切に区分を行い、それぞれの区分毎に安全に処理・処分することが重要とされている。また、循環型社会の合理的な実現を目指すわが国にとって、廃棄物の効果的で効率的な処理・処分を行う技術は、必須の技術と位置付けられるべきである。さらに、具体的な対応について現在検討中の放射性廃棄物の処理・処分については、情報公開と相互理解活動による国民及び地域の理解の下、具体的な実施計画を速やかに立案、推進していく事が重要であると述べられている。

(2) 放射性廃棄物の区分と処分の方法

原子力発電所、核燃料サイクル施設、試験研究炉、加速器並びに放射性同位元素（ＲＩ）及び核燃料物質を使用する大学、研究所、医療施設等における原子力の研究、開発及び利用には放射性廃棄物の発生が伴う。わが国では放射性廃棄物は、再処理施設にお

いて使用済燃料からウラン・プルトニウムを回収した後に残る核分裂生成物を主成分とする「高レベル放射性廃棄物（HLW）」と、それ以外の「低レベル放射性廃棄物（LLW）」と大きく二つに分けている。また、「低レベル放射性廃棄物」は、発生場所や放射能レベルによってさらにいくつかの区分に分けられている。

放射性廃棄物を陸地処分する方法は、収納する廃棄物の放射能の種類や量、処分場の深さや放射性物質の漏出を抑制するためのバリアの違いにより、以下の 4 つに分類されている。これらの放射性廃棄物を人間の生活環境への影響が有意なものとならないように処理・処分することは、事業者が事業申請時に実施した安全評価を規制等局が個別に評価することにより確認されている。

・浅地中トレンチ処分　：人工構築物を設けない浅地中埋設処分
・浅地中ピット処分　　：コンクリートピットを設けた浅地中への処分
・余裕深度処分　　：一般的な地下利用に対して十分余裕を持った深度（地下 50～100m）への処分
・地層処分　　：地下 300m より深い地層中に処分

なお、100 万ｋWの原子力発電所を１年間運転することによって、低レベル放射性廃棄物（LLW）が 200 リットルドラム缶換算で数百本と、使用済燃料を再処理し有用物質であるプルトニウム、ウランを分離した後に残存する HLW のガラス固化体が 150 リットルのステンレス製容器にして 30 本程度発生する[3)]。

(3) HLW の特性と処分の方法の選定

HLW には原子炉内でのウラン 235 の核分裂等で生成した核分裂生成物を中心とする長半減期核種と短半減期核種が含まれている。主に短半減期核種の崩壊熱により発熱しているが、放射能量が減少していくのに伴い、発熱量は減少していく。最初の約 500 年間で短半減期核種による放射能量は急激に減少した後は、長半減期核種が少量ながら残るため数万年オーダーの長期間にわたり放射線を発生し続ける。

HLW の処分方法については、これまで各国及び OECD[9)]等の国際機関において、様々な可能性が比較検討され、地層処分は、宇宙処分、海洋底処分、氷床処分などの方法と比較して、最も問題点が少なく、実現可能性が高いということが国際的な共通認識となっている。

なお、現在、核種分離・消滅処理技術が将来技術として基礎的な研究されているが、これが実用化されたとしても、長半減期核種の一部の低減はできるものの、地層処分の必要性を変えるものではないと考えられている[2)]。

なお、HLW の特性と処分の方法の詳細な内容は後述の第 2 章　にて述べる。

(4) 地層処分の概要

放射性廃棄物のうち、放射能の濃度が比較的高く、かつ半減期の長い放射性物質が多

く含まれるものについては、人間の生活環境から離れた深い地層中に安全に埋設することによって、この放射能が影響を及ぼさないよう安全性を長期にわたって確保することが必要である。このため、ガラス固化体は発熱量が十分小さくなるまで地上の貯蔵施設で 30～50 年間程度貯蔵し、その後、地下 300m より深い安定な地層中に処分（地層処分）することとされている。地層処分は、安定した地層において、放射性廃棄物のまわりに人工的に設けられる複数の障壁（人工バリア）と、放射性廃棄物に含まれる物質を長期にわたって固定する天然の働きを備えた地層（天然バリア）とを組み合わせることによって、放射性廃棄物に含まれる放射性物質を人間環境から隔離し、安全性を確保する「多重バリアシステム」による処分方法である[2)]。HLW 処分の概念と多重バリアシステムの相関を図1.2.2-1[10)]に示す。

地層処分場を設計する上で、埋設する廃棄物の発熱量は重要なパラメータとなる。地熱をもたらす地球内部の熱源の大半は、地殻に含まれるカリウム-40 やウラン-238 等の天然放射性元素の崩壊熱に多くが由来すると言われている。この地熱と地殻・マントル等の断熱効果により温泉水やマグマなどが熱されると言われている。このように地殻は高い断熱効果を有していると考えられる。そのため、処分場で発生する廃棄物の崩壊熱を材料の許容温度の範囲とするために発熱した熱を逃がす必要がある。１本当たりの発熱量が 400W 以下になるまで冷却貯蔵された HLW は、熱を逃がすために地質の熱伝導率に応じての約 10～13m程度の離間距離を開けて定置される。これらの理由により、4 万本の HLW を定置する地層処分場の地下部分は 4㎢以上（実質的には 6～10㎢）の大きさになるとされている。なお、HLW の地層処分場は、主に社会科学的な理由で、まだ立地場所が決まっていない。その経緯や課題については 1.3 節にて述べる。

なお、HLW 処分の多重バリアシステムの構成や、安全評価の詳細な内容は後述の第 2 章　にて述べる。

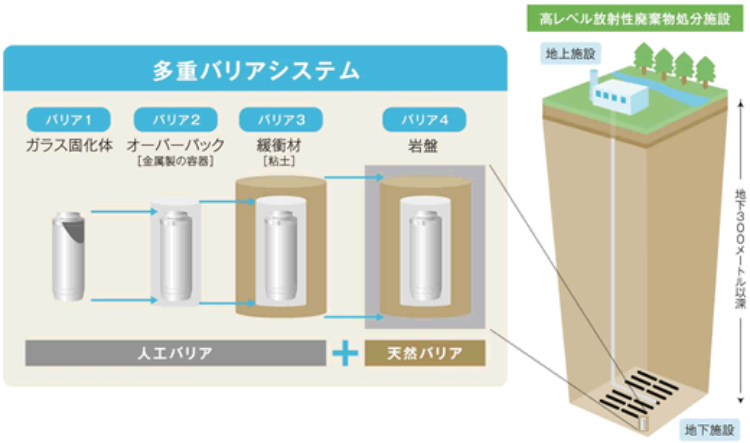


図1.2.2-1　高レベル放射性廃棄物（HLW）の地層処分の概要[10)]

1.2.3 HLW 処分の開発経緯と制度の現状と課題

(1) 2000 年までの技術開発の経緯

HLW の地層処分技術開発は 1980 年頃より始まり、1990 年頃より本格化し、多くの研究報告が現在の日本原子力研究開発機構（JAEA）等から公開されている。わが国では 1994 年に原子力委員会[7]により、使用済燃料の再処理の過程で発生する HLW については、ガラス固化して地層処分するとの方針が立てられた。ここで、当時の動力炉・核燃料開発事業団（1998 年 10 月に核燃料サイクル開発機構に改組、現・JAEA）を中核として研究開発が進められてきた。原子力委員会は、その成果を踏まえて、1998 年 5 月に「高レベル放射性廃棄物の処分に向けての基本的考え方」[11]を取りまとめ、核燃料サイクル開発機構は、1999 年 11 月にこれまでの研究成果を基に「地層処分研究開発第２次取りまとめ」（以下、「第２次取りまとめ」という）[12]を行った。第 2 次取りまとめ[12]ではそれまでの処分研究の成果が集大成され、「日本でも地層処分が技術的に十分信頼性をもって行えること」、「今後、地層処分を進めていく際の技術的な拠り所が得られたこと」が示された。

(2) HLW 処分事業の制度の整備

HLW の処分を計画的かつ確実に実施するため、2000 年 6 月に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（平成 12 年法律第 117 号）」（以下、「最終処分法」という）が制定された。同法に基づいて、HLW の処分事業の実施主体である原子力発電環境整備機構（NUMO）が設立された。さらに、3 段階の処分地の選定プロセス（①概要調査地区の選定、②精密調査地区の選定、③最終処分施設建設地の選定）が定められた。法第４条第５項で NUMO による概要調査地区の所在地を定める際には、「経済産業大臣は、当該地区の所在地を管轄する都道府県知事および市町村長の意見を聴き、これを十分に尊重しなければならない」とされている。すなわち、各選定段階においては、当該市町村長や都道府県知事の意見を十分に尊重することとされており、反対の意見が示された場合は、次の段階に進まないこととなっている。他方、法第 6 条第１項で概要調査地区の選定に先立ち文献調査を行うことが規定されている。なお、この文献調査を対象に NUMO が公募を行っており、市町村長の判断で応募できるようになっている。これについて NUMO は、HLW 処分事業は、極めて公共性が高く、100 年以上の長期にわたる事業であり、地方公共団体の自主的な判断により受け入れて貰うことが何より重要と考え、第一段階である概要調査地区の選定に際し、その候補となる区域を 2002 年 12 月より全国の市町村から公募していると説明している[13]。

また、2007 年 6 月、最終処分法が改正され、最終処分の対象廃棄物に海外での再処理に伴って発生する低レベル放射性廃棄物のうち HLW に交換されて返還される廃棄物が追加された。また、最終処分の対象廃棄物として地層処分が必要な超ウラン核種を含む放射性廃棄物のうち、長半減期低発熱性廃棄物（以下、「TRU 廃棄物」という）が追

加された。2008 年 3 月、最終処分法に基づく「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」及び「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」に TRU 廃棄物に関する規定を追加され、2008 年 4 月に費用徴収が開始された[2)]。

(3) HLW 処分費用の徴収

最終処分法に基づいて、2000年以降、電気事業者等により資金管理機関（原子力環境整備促進・資金管理センター（RWMC））へHLW処分費用の拠出が行われている。すなわち、原子力発電による電気の使用で便益を享受する世代が、原子力発電に伴い発生するHLWの処分費用を負担すべきとの考え方から、消費者が電気料金の一部として負担し、原子力発電を行った電気事業者等が処分費用の拠出金として納付している。2030年（平成32年）頃までの原子力発電によって生じる使用済燃料から換算されるガラス固化体の本数は約4万本であり、約3兆円と見積もられた[14)]。これら、納付された拠出金は、管理等の透明性を確保する観点から国の指定法人が管理・運営し、年度毎に必要費用を処分事業者（NUMO）が取り戻す制度となっている[13)]（2009年3月末の第一種最終処分積立金は約6,497億円[15)]）。消費者からは電気料金の一部として必要費用（約20銭／KWh）が徴収されている。上記の試算では後述の通り、廃棄体（容器に封入し、または容器に固型化した放射性廃棄物）の定置方法や人工バリアの仕様の多少の変更は考慮しているが、坑道の支保なしケース等が設定されるなど岩盤の強度が低い地質や地下水が多い地質は費用見積の前提としていない。すなわち、比較的建設し易い地質を対象とした安く建設できる処分場を前提として費用見積しているものと考えられる。そのため、立地地点の地質の善し悪しによってHLW処分場の直接の費用（建設費・操業費・閉鎖費）は変動する可能性がある。

なお、費用内訳等の詳細については後述の第2章　にて述べる。

(4) 2000 年以降の技術開発状況

2000 年以降にも NUMO と JAEA により技術開発が継続されている。2004 年に NUMO から「処分場の概要」[16)]が発行された。しかし、サイト候補地が決まっていないためサイトスペシフィックに処分事業を網羅した報告書は本研究投稿時点ではまだ発行されていない。

現在、NUMO では、処分事業の安全な実施、経済性及び効率性の向上等を目的とする技術開発を行っている。また、概要調査・精密調査地区選定あるいは長期事業の推進の観点から、地震や活断層が長期にわたって処分施設に与える影響やその安全性評価等のための技術開発を実施している。

JAEA では、岐阜県瑞浪市（結晶質岩）と北海道幌延町（堆積岩）において、深地層の研究施設を整備し、地下坑道の掘削とそれに伴う深部地質環境の調査研究を行っている。一方、茨城県東海村の東海研究開発センターでは、地層処分技術の信頼性向上や安

全評価手法の高度化等に向けた基盤的な研究開発を行っている[2)]。

2009年の原子力白書[2)]では研究開発機関等により実施された研究開発の成果については、海外の知見も取り入れつつ最新の知識基盤として整備・維持され、NUMO の処分事業や国の安全規制において有効に活用されることが重要であると述べられている。

1.2.4 HLW 地層処分に特有な諸問題と課題

上述した HLW の特性と地層処分システムに対して、本分野専門家により整理された HLW 地層処分に特有な諸問題と課題を以下に整理して示す。

1) 受動的なシステムによる安全性の確保

HLW の放射能は減衰しながらも長期間にわたって存続し、安全性を確保しなければならない期間が長期にわたるため、人間が関与する能動的な管理方法を前提としてこれを保証することはできないと考えられている。したがって、その処分においては、モニタリングや処分施設の維持、あるいは制度的管理など人間が積極的に関与する能動的な手段ではなく、これらに依存しない受動的なシステムによって処分場を閉鎖した後の長期安全性を確保することを目指している[16)]。

2) 長い時間軸と不均質で大きな空間領域による不確実性

安全評価を記載した第 2 次取りまとめの第 3 分冊[17)]では「地層処分システムの安全評価においては、通常の社会的あるいは技術的範囲をはるかに超えたきわめてきわめて長い時間に対して安全性を検討するとともに、天然の地層という不均質で大きな空間領域を有するシステム要素を取り扱うという特徴がある」と述べている。

坂本[18)]らは原子力委員会専門部会が第 2 次取りまとめについての評価を取りまとめた報告書[19)]に募集した意見[20)]より、得られた公衆の主な懸念・関心の表明（処分技術との関係が明確かつ直接的であるもの）を整理した。坂本[18)]らは示された事項から、少なくとも次のような HLW 処分技術の特殊性が、他の原子力技術の場合と比較して不確実性に対する懸念・疑問を強める要因となっていると考えられると述べている。

・数 10 万年以上のオーダーという極めて長い時間軸を考慮しなければならないこと

・不均質で大きな空間領域を有する天然の地層を構成要素とすること

すなわち、隔離期間は数万年以上との長い時間軸と地層処分場の地下部分は 6～10㎢におよぶ不均質で大きな空間領域による不確実性を考慮しなければならない。なお、空間領域の不確実性に対して NUMO は、以下 5)項の段階的なアプローチにより、3 段階のサイト選定過程を経ながら、段階的にサイトの地質環境情報を蓄積・詳細化するとともに、地下施設の建設や地下での操業時においても同様に地質環境情報を更新し、上記の不確実性を徐々に低減していくことができると述べている。

3) 環境面及び倫理面の課題の存在

経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）[21]では 1994 年にワークショップを開催し、放射性廃棄物の地層処分に関する環境面及び倫理面の課題について議論を行っている。ここでの議論は「世代間の公平性」と「世代内の公平性」という二つの原則としてまとめられている。世代間の公平性は、将来世代へのリスクと負担に関する問題とそれに対する解決の義務を将来の世代に先送りしないことは、現在の世代の責任を指している。ここでは将来世代に問題を先送りしないということのみならず、彼らの意見を排除しない、あるいは彼らの意思決定の自由を奪わないように配慮すべきであるということが論点となっている。すなわち、4)項に示す回収可能性に関連するものである。また、世代内の公平性は、環境問題の解決にあたり、現在の世代内において有限な資源を消費する際にはそれが意味のあるものとなるように保証することが重要であるため、考えられる解決策をとった場合の潜在的な影響を相対的に考慮するとともに、それをどのように進めるかについての意思決定には、社会全体がかかわり公正で公開された方法で行われるように配慮しなければならないとするものである。すなわち、これは倫理的観点を説明するための方法として、計画を一気に進めるのではなく段階的に進める（step-wise approach）という考え方をとるというものであり、4)項に示す可逆性や 5)項に示す段階的なアプローチに関連するものである。

4) 可逆性と回収可能性

地層処分において可逆性（Reversibility）は「処分の各段階のどの時点においても完全に可逆である（元に戻すことができる）ようなアプローチ」と定義されており、回収可能性（Retrievability）とは「可逆性の一部であって、廃棄体を地表まで回収する（恒久閉鎖時まで）ことができること」と定義されている[22)、23)]。IAEA[24)]では、HLW を適切な時期に、技術的、社会的、経済的要因を考慮して安全に処分し、将来の世代への負担を最小限におさえることとしている。しかし、一方で知識の進展により、将来の世代が、より高い安全性を確保するために処分場システムを改良したり、廃棄物中に含まれる物質を資源として使用する方法を獲得することも想定できる。こうした行為が可能となるためには、処分システムにあるレベルでの回収可能性が確保されていなければならない。

わが国では 2006 年 9 月の国の委員会[25)]において、放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制制度のあり方がまとめられ、立地段階における規制機関の役割や基本設計から建設、操業、閉鎖、事業廃止までの各段階における安全規制の法的枠組みが検討されるとともに、閉鎖に関しては、最終的に閉鎖を判断するまでは、不測の事態への適切な対応などのために、廃棄体の回収可能性を維持することが重要であると指摘している。すなわち、現状では、約百年間の回収可能性は維持されるが、閉鎖に関しては今後の検討課題とされている。

核燃料サイクル開発機構（JNC）[26]は言い換えれば、われわれの世代は、処分場の保守について全責任を将来の世代へ負わせるのではなく、かといって、将来の世代が処分場に対する何らかの措置をとれる可能性を全くなくしてしまわないようにする必要があると述べている。また、この２つの要件をバランスよく満たすような技術的な検討は今後、規制の策定、実際に処分場設計の最適化や安全審査が行われる段階でより詳細に議論されるべきものであると述べている。

5) 段階的なアプローチ

2000 年 11 月の原子力安全委員会の指針[27]によれば、「安全規制に関する基準・指針などは、サイト選定の進捗、サイト固有の状況、科学技術の進歩に応じて、段階的により詳細なものとなっていくことが重要である」との考え方が示されている。また、2010 年技術レポートの核となる安全確保構想を先行的に取りまとめた報告書「安全確保構想 2009」[28]で、NUMO は「最新知見を踏まえた信頼性の高い技術を用いつつ処分場を段階的に構築し、各段階において安全性を繰り返し確認し国民に提示しながら、安全性への国民の信頼感を醸成しつつ事業を推進することが重要」と述べている。すなわち、これらは事業全体では 100 年に及ぶ長期プロジェクト[2]となるため、予め事業全体を俯瞰した計画を策定して着手し、事業の進展とともに各段階で得られる情報を活用して事業を取り巻く環境・条件等の変化に柔軟に対応するとともに、その度ごとに安全性の確認を行いその信頼性を高めていく必要がある。また、段階的に事業を進める中で、国民や地域住民の理解を得ながら進めていくことが必須であると述べている。

6) HLW に特有な諸問題のまとめ

処分地選定をはじめ処分事業が本格化しようとしている現在、HLW 処分技術に対する安心の度合いを高めていくための方法論の確立は喫緊の課題といえる。HLW 処分技術については、原子力委員会は 1998 年の「高レベル放射性廃棄物の処分に向けての基本的考え方」報告書（以下、「処分懇報告書」という）[11]において、公衆の理解や信頼を得るために科学技術の専門家の間での技術的議論だけでは解決できず、社会的受容の観点から議論すべき課題が存在することを指摘している。このような技術課題の例として、処分懇報告書[11]は処分の安全対策上の措置とその期間、処分坑道埋め戻し後の主坑の維持期間、主坑埋め戻し後のモニタリングを挙げている。しかし、これらは、HLW 処分技術に対する安心の度合いに大きな影響を与えるものであり、そのあり方が社会の価値観に沿って検討されるべき技術課題といえるだろうと処分懇報告書[11]は述べている。

[2] サイト選定で 20 年程度、処分場の建設と操業を併せて 60 年程度、処分場の閉鎖で 10 年程度が見込まれている。

受動的なシステムによる安全担保や不均質で大きな空間領域および主坑の維持期間、主坑埋め戻し後のモニタリング手法については技術的側面の強い課題であるが、以下のものについては科学技術の範囲に留まらず、社会科学的な要因を含んだものもある。

・長い時間軸による世代間の公平性
・閉鎖後のモニタリング期間
・可逆性と回収可能性
・世代内での段階的なアプローチ

例えば、哲学の研究者である加藤[29]は HLW 処分における長い時間軸に伴う世代間の公平性に関連する同意原則ついて以下のように指摘している。すなわち、原子力発電のように利益が現在世代にあり不利益が未来世代にあるという時間差が特質になる場合には、国民投票による決定は、未来世代に犠牲を強いる結果になる可能性を含んでいると述べている。また、「リスクゼロはあり得ない」という前提のもとでは、自由主義社会では「いかなるリスクもそれを受ける人の同意がないばあいに他人に与えれば犯罪とみなす」という同意原則が採用されるが、放射性廃棄物のように未来に渉って長期的な影響をもつものに、同意原則は適用することができないと述べている。しかし、「高度の専門的知識に関する点では、無理解に基づく賛否の決定が下される危険と、（科学技術の）専門家の独裁になる危険とが存在」とも述べており、この種類の課題が人文科学・社会科学分野の研究者だけでは解決できないことを示唆している。

そのため、これらについては文・理融合した学際研究として解決策を見出していく[30)、31)]ことが必要である。

1.3 科学技術によるリスクに関連する研究の背景

ここでは科学哲学、社会心理学分野（リスク研究と信頼)、環境リスク分野、環境と社会と経済に関する研究分野等おける既往の原子力等の科学技術によるリスクとの関係についての研究例の調査を踏まえ、HLW 処分時の安全性に係る議論の整理と課題の摘出を行う。

1.3.1 原子力の安全文化と安全・安心の科学

科学哲学者である村上[32)]は、自然科学は、客観性を標榜するあまり、それを乱し、あるいは汚すような、人間的な要素が入り込むことを極度に警戒し、人間を取り扱う場合でさえ、それを純粋に物質系としてのみ捉えることを、自らの義務としてきたと述べている。また、この学問観は人文・社会科学にも反映され、自らの守備範囲を、自然科学を扱わない人間現象に限定することでもって、自己のアイデンティティとして認めてきたとしている。そのため、自然科学と人文・社会科学は相互乗り入れする準備はできておらず、むしろ現代の学問は自然現象と、人文・社会現象を峻別し、その間に分業を成立させることをもって、その出発的としてきたと述べている。

他方､村上[33)]は､原子炉の多重防護システムを例として安全文化について述べている。原子炉の多重防護システムは、起こり得る最悪の事態を推定して、それが万一起こったときにも安全が確保できるように、何重にも防護のための対策を立て、また大きなシステムである。そのため、そのシステムの個々の要素に最悪の故障が起きたとしてもなお、システム全体が安全に状態を保てるような配慮をするという方法を採用している。こうした多様な要素の累積体であるシステムについて､「機械は故障し、人間は過ちを犯す」という前提をたって、１つ１つの要素に何らかの不都合が発生する確率を算定している。これが所謂「確率論的安全評価」(PSA)の考え方であると村上[33)]は述べている。村上[33)]は、原子力分野の安全評価の手法は、安全やリスクの定量的把握にも努力を払った結果として､PSA を行うことにより､はるかに小さい数字であるが仮想的な最大事故のシナリオと確率を算出できてしまうと述べている。また、人間が関与する限り、人工物や人間－機械系に絶対安全はあり得ないと指摘している。この理論的な絶対安全がない系で「安心を得る」ための方法として、リスクの認知と定量化・評価を伴う絶え間ないリスク管理への配慮、および、ヒューマンエラーに対する安全戦略を提案している。

従って､以上をまとめると､村上[32)、33)]は人間的な要素が入り込む原子力等の科学技術の利用に伴う安全性は理論的な絶対安全はないとの前提に立ち、リスクを認知した上でリスクを定量化・管理し、安全性に関する情報を継続して提示することが必要であると述べているものと考えられる。

1.3.2 社会心理学分野における既往の研究例

(1) リスク研究

最近、社会心理学分野で科学技術とリスクの関係に関する研究が進んでいる。原子力発電やHLW処分は、高度で巨大な科学技術体系の代表的なものとして、多数の社会心理学者により研究対象とされてきた。

Slovic[34]は、原子力などについて「恐ろしさ」と「未知性」により、一般人のリスク認知が科学技術の専門家よりも高いと述べている。

木下[35]は、リスクには確率的に定義される客観的なリスクと、そのリスクをどのように認知するかという主観的なリスクがあり、客観的なリスクと主観的なリスクの間には、しばしば大きなギャップがあると述べている。客観的なリスクは、一般にさまざまなモデルに基づく実験や調査によって測定され、その測定値はある基準に基づいて評価され、危険だと思われる水準を超すリスクは、法律や条令によって規制される。しかし、最も大きな問題は、どの程度のリスクなら心理的に受け入れるかという主観的なリスク受容であると述べている。しかしながら、木下[36)、37]は客観的なリスクの中にも主観が入り込むことがあるので注意する必要があると述べている。すなわち、これは客観的なリスクのエンドポイントに何を取るかによってその意味は大きく異なるが、その何を取るかという部分に主観的な判断があるためである。

また、木下[38]は一般的には客観的に安全であれば主観的にも安心し、危険であれば不安を感じるという相関関係にあるが、条件によっては両者が食い違うことが少なくないと述べている。すなわち、安全であるのに不安を感じる場合とか、危険であるのに安心する場合などであり、前者の例として原子力発電所、後者の例としてペット動物による感染症をあげている。木下[38]は前者（原子力発電所）の認知と感情のギャップについて表1.3.2-1[38]で調査結果を説明している。すなわち、表1.3.2-1[38]で取り挙げているリスク対象はレントゲンと原子力発電とであり、いずれも放射線技術を用いているという意味で共通である。しかし、レントゲンの場合は「安全」だと思っている人は「安心」感情を持っていて整合しているのに対し、原子力発電の場合は「安全」だと思っている人もで「不安」を感じており、安全と安心の間に認知ギャップがあることを指摘している。

さらに、木下[39]は科学技術論的に見てゼロリスクはあり得ないこと、したがってリスクの存在を認めた上で、それを如何にして低減しうるかその対処法を考えて納得することが重要であると述べている。また、木下[40]はそのためには、まずは正しい知識を身につける必要があり、推進側のフェアでかつ十分な情報提供とリスクコミュニケーションを行うことがその有力な手段のひとつであると述べている。

すなわち、上述の木下[35)-40)]の述べるところは科学技術の専門家と一般市民を区別したものではないが、全ての分野の専門家や一般市民らの情報量を増やして正しい知識を身

につけるために、推進側がフェアでかつ十分な情報提供の下でリスクコミュニケーションを行うことの重要性を述べている。

表1.3.2-1　原子力に関連する認知と感情のギャップ[38)]

(a) 「レントゲン」

認知レベル	感情レベル		計(%)	N
	安心	不安		
安全	76.8	23.2	100	641
危険	29.3	70.7	100	283

(b) 「原子力」

認知レベル	感情レベル		計(%)	N
	安心	不安		
安全	47.3	52.7	100	277
危険	8.5	91.5	100	647

筆者注）表中のNは全サンプル数を示す

(2) 代表的な二重過程理論

社会心理学領域における二重過程理論には「精緻化見込み（または可能性）モデル[41)]」や「システマティック・ヒューリスティクスモデル[42)]」と呼ばれるものがあるが、基本的な考え方は共通している。精緻化見込みモデル（ELM）の概略図を図1.3.2-1[43),44)]に示す。それは、人は他者から意見を聞いて自分の考えを大きく変えたり、あるいは逆に、他人から説得されても全く影響を受けなかったりするが、そのような場合に働く情報処理の過程に２種類あると考える点である。２種類ある情報処理のひとつは、判断のための思考量が多く、情報処理のための負荷が高い過程であり、前者[41)]では中心ルートによる処理、後者[42)]ではシステマティック処理と呼んでいる。また、認知的処理[44)]とも呼ばれる。これは問題とすることがらの内容そのものについての情報をしっかり理解し、良く考えた上で判断する過程である。もう一方は、判断のための思考量が少なく、情報処理のための負荷が低い過程であり、前者[41)]では周辺ルートによる処理、後者[42)]ではヒューリスティクス処理と呼んでいる。また、感情的処理[44)]とも呼ばれる。これは問題とすることがらの周辺的である要素に反応し、手早く簡単に判断を下す過程である。中谷内[45)]は、これは「結局、信頼できる誰それが言うことだから、大丈夫だろう」という周辺的な手がかりによって態度を決める方法であると述べている。また、周辺ルートによる処理では情報源の信頼性や多数の情報が同じことを言っているといった情報の量を手がかりに判断することもあると述べている。さらに、周辺ルートによる処理による評価の結果は問題となっているリスクを完全に避けるか、あるいは、問題を無視して以前通りの行動をするかというイチ・ゼロの二値的なものになりやすいと述べている。そのため、十分なリスクコミュニケーションができていない場合、公衆（一般市民）は二値的

な判断からゼロリスクを求めがちであり、そこで態度を決めなければならない際には周辺ルートによる処理が用いられやすいと述べている。中谷内[47]は、原子力発電やHLW処分は公衆のゼロリスク要求の強いものであり、十分なリスクコミュニケーションができていない場合、公衆は科学技術にゼロリスクを求め、周辺ルートによる処理で態度を決めると述べている。

これらの研究例によれば、十分なコミュニケーションが出来ていない状態では地域住民側に恐ろしさや未知性が残っており、ベネフィット認知が十分ではない中で、事業推進側はHLW処分場の立地確保に向けて相互理解する努力をするが、地域住民側は周辺的な手がかりによって態度を決めてしまうことになると予想されている。

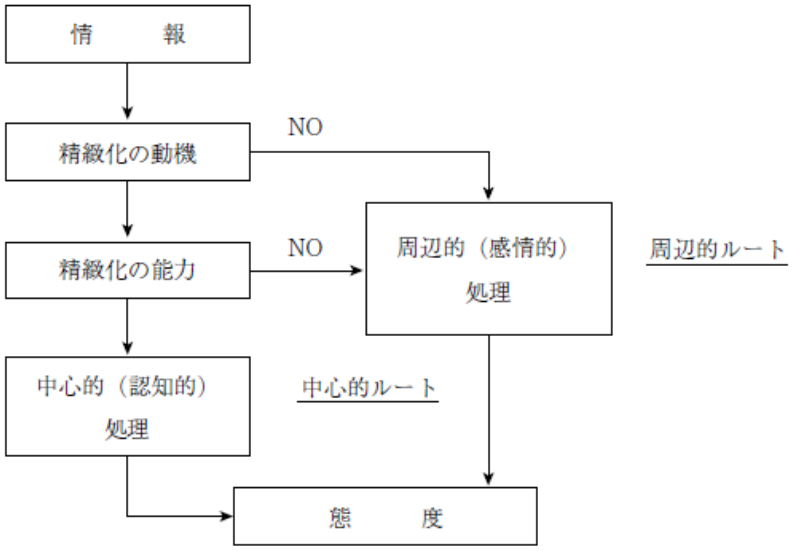


図1.3.2-1　精緻化見込みモデル（ELM）の概略図
（Petty ら[43]を引用・和訳して清水[44]が作成したELMの図）

(3) リスクのモノサシ

社会心理学者である中谷内[45]は、リスク問題への心理学的アプローチの根底にある動機は、環境リスク問題について、公衆と科学技術の専門家ではリスクの捉え方がどう違うかを明らかにし、それらの知見を援用したリスクコミュニケーションを通じて合意形成と社会的意思決定を図ろうとしたものであると述べている。また、後述する中西[46]の環境リスク論は、人の生命や健康、財産への影響があるかどうか不確定な問題に対して、リスクがある、という前提でその大きさを確定し、対抗策を講じる考え方であり、この考え方の下では、どこまでリスクを許容するかについて社会的な合意が必要となると述べている。しかし、中谷内[45]は環境リスクの専門家は、影響の不確定な部分についてはリスクの存在を前提とし、リスクをゼロにすることは不可能と考えて対策を探る傾向にあるのに対して、公衆はあくまでもゼロリスクを求めがちであるという点を指摘している。

中谷内[47]は、このように一般的な、リスクの判断基準がないものは、どのリスクがどの程度危険なのか、一人一人が判断できるようなモノサシを創り、モノサシと共に情報を提供するべきであると述べている。リスクの判断基準がないと、小さなリスクを避けるために大きなコストをかけたり、反対に大きなリスクなのにあまり顧みられないといったことが起こるためである。また、中谷内[47]は、対処を誤ると、あたふたと場当たり的なリスク回避行動に走って生活の質を不必要に低下させてしまったり、拙速に眼前のリスクを回避しようとするあまりに別のリスクを高めてしまったりすると指摘している。

従って、作用／副作用のリスクをバランス良くマネジメントできるように、HLW 処分に伴う放射線（能）影響の範囲で、関係者が共有できるリスクの判断基準（モノサシ）を作ることが必要である

(4) 科学技術の専門家等への信頼

どのような相手が信頼されるかを扱った社会科学的な研究は 1950 年代より行われている。木下(2002)[35]は、リスクとのつき合い方に関して、自分でリスクとの接し方をコントロールできるものとできないものの２種類があり、原子力・BSE（牛海綿状脳症）等の科学技術は後者であると述べている。後者のタイプのリスクの場合、自己責任でそれを回避することは困難であるから、そのリスクマネジメントは他者に依存しなければならず、そこから出てくるのが信頼性の概念であると述べている。

山岸(1998)[48]は、相手が自分にひどい結果をもたらさないだろうという肯定的な期待を導く二つの構成要素として「能力への期待」と「意図への期待」とをとりあげている。中谷内ら(2008)[49]は、両者のうち、能力とは専門性であり、もう一方の意図は、公正性、相手への思い、誠実さや正直さ、透明性、客観性等の概念的に類似性のあるさまざまな変数があげられていると説明している。

一方、中谷内ら(2008)[49]は、科学技術のように他者に依存しなければならないリスクについて、個人の問題への関心という媒介要因に応じて伝統的信頼モデルと Earle ら(1995)[50] が提唱する主要価値類似性モデル(Salient Value Similarity（SVS）モデル)の説明力がかわってくるのではないかという考えに基づいた、新たな統合モデルを提唱している。中谷内ら[49]は、一般市民が科学技術といったリスク対象に対して十分な知識を持たない状況において、自分が情報処理する代わりにその処理を自分が信頼する他者に委ねる手法について研究を進めており、これは SVS 理論[50]と呼ばれている。また、言い換えれば、SVS モデル[50]は相手が当該問題にかかわる主要な価値を共有していると感じると、その相手を信頼するというモデルである。中谷内[51]は SVS モデルについて、例えば、人がある問題に深く関与している場合、その問題の解決を誰かに任せるとしたら、できれば自分と同じ考えを持ち自分が思っていることを実現できる人に任せたいと思うはずだと説明している。さらに現代の社会では専門能力や誠実さ以外に、こうした価

値観の違いということも人々の信頼感を構成する大きな要素となっていると説明している。なお、社会心理学分野における信頼に関する考え方は4.1.1　節で詳しく述べる。

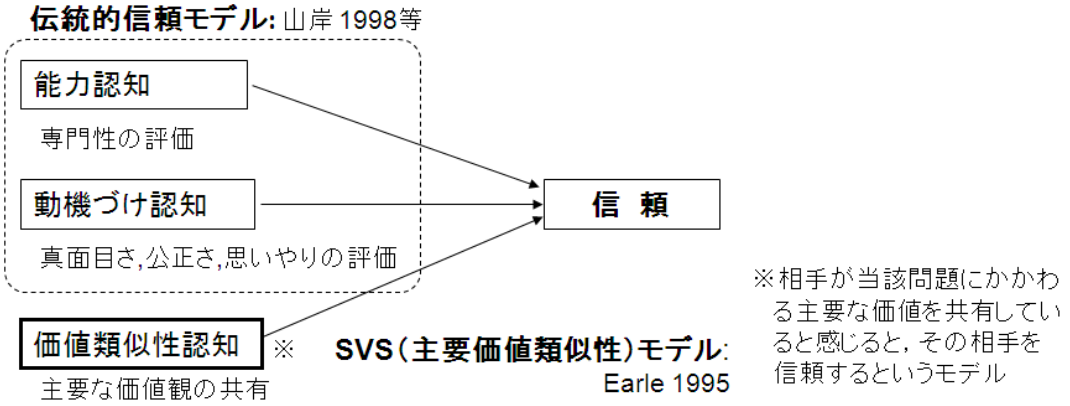
(5) 原子力以外の科学技術を対象としたアンケート調査結果

社会心理学分野では科学技術を対象としたアンケート調査を行い、その結果を分析することで信頼とその構造を明らかにしている。以下に社会心理学分野で実施された原子力以外の科学技術を対象とした 3 件のアンケート調査結果を示す。

1) GMO 等に関する専門家の組織への信頼に関するアンケート調査[49)、51)]

中谷内ら[49)]は、リスク管理機関への信頼は、相手への能力認知と公正さ・真面目さ・誠実さ・思いやり等の意図（動機付け）認知が信頼をもたらすという伝統的な見解（以下、「伝統的信頼モデル」という）と上述のSVSモデルとの関係を整理し、信頼規定因についての相関分析を行い、これらを統合したモデルの妥当性の検証に取り組んでいる。

中谷内ら[49)]は、遺伝子組み換え作物（GMO）を題材とした一般市民を対象とした調査結果を踏まえて信頼への結びつきは、高関心者にとっては価値類似性が、低関心者にとっては動機付け（または意図）要因の中の公正さが強いと述べている。中谷内[51)]は、個人の関心度によって価値類似性または公正さとの結びつきが強いため、一般市民と同じ価値観をもち、一般市民に信頼されている立場にいる科学技術の専門家が問題の解決（リスク情報の処理）を行うことが重要であると述べている。中谷内[51)]が GMO 等に関する一般市民の専門家の組織の信頼への結びつきを実証的に検証した結果を図 1.3.2-2 に整理して示す。



科学技術の専門家の組織と信頼との結びつきは、

全体に	能力要因は弱い
低関心者は	公正さが強い
高関心者は	価値類似性が強い

図1.3.2-2　GMO 等に関する一般市民の科学技術の専門家の組織への信頼
（中谷内[51)]の情報に筆者が加筆）

なお、上述の GMO を題材とした調査結果と従来の伝統的信頼モデルと SVS モデルの統合モデルの考え方は4.1.1　節にてさらに詳しく述べる。

2) 火災リスク認知に関する一般人-専門家間比較アンケート調査[52)]

中谷内ら[52)]は男女160名の大学生と警察大学校で研修中の平均在職年数約18.5年の警察官259名（内、女性4名）に合計18種類の犯罪について発生頻度を推定させた。得られた一般学生と警察官の犯罪発生件数推定の比較結果を図1.3.2-3に示す。なお、図1.3.2-3[52)]のうち、専門家である警察官が推定した発生件数は実際の統計的犯罪発生件数と良く一致していることが別途に確認されている。ここで殺人・誘拐等の身体犯に対する不安因子得点は一般学生の得点が警察官の得点を大きく上回り、逆に窃盗・空き巣等の財産犯に対する得点は学生の得点が警察官の得点を下回っていた。このことから、一般学生が身体犯に対して感じている不安感は警察官が想像しているより強く、財産犯に対して感じている不安感は警察官が想像しているより弱いと言えると述べている[52)]。そして、図1.3.2-3[52)]に示されるように身体犯に対して一般学生は警察官よりも発生頻度を過大視し、財産犯に対して一般学生は警察官よりも発生件数を過小視している。中谷内[51)]は、まだ確認されてはいないが、低頻度犯罪の発生件数が過大視されるのは、それらが身体犯として高い不安を喚起するからだという解釈と一般人の一次バイアスにより低頻度身体犯の発生件数が過剰に見積もられるとの解釈が考えられると述べている。

また、中谷内[53)]が行った火災リスク認知に関する一般人－専門家間比較についても発生頻度が高い住宅火災原因や、発生頻度が中程度の原因については上述と同様の傾向が確認されている。しかし、発生頻度の低い火災原因については消防署員の回答はやや過大なもので、一般人の推定値が実態に近いこと等が明らかになったと述べている[53)]。

上述の既往の研究例によれば、一般人と警察官や消防署員等の専門家を比較すれば、一部の例外を除けば全般にはこれらの専門家は過去のデータに基づく障害の重篤度と客観的な確率を重要視する傾向にあるが、一般人は恐ろしさと未知性という因子により不安を喚起されて主観的な重篤度と確率によりリスク認知する傾向にあるものと考えられる。

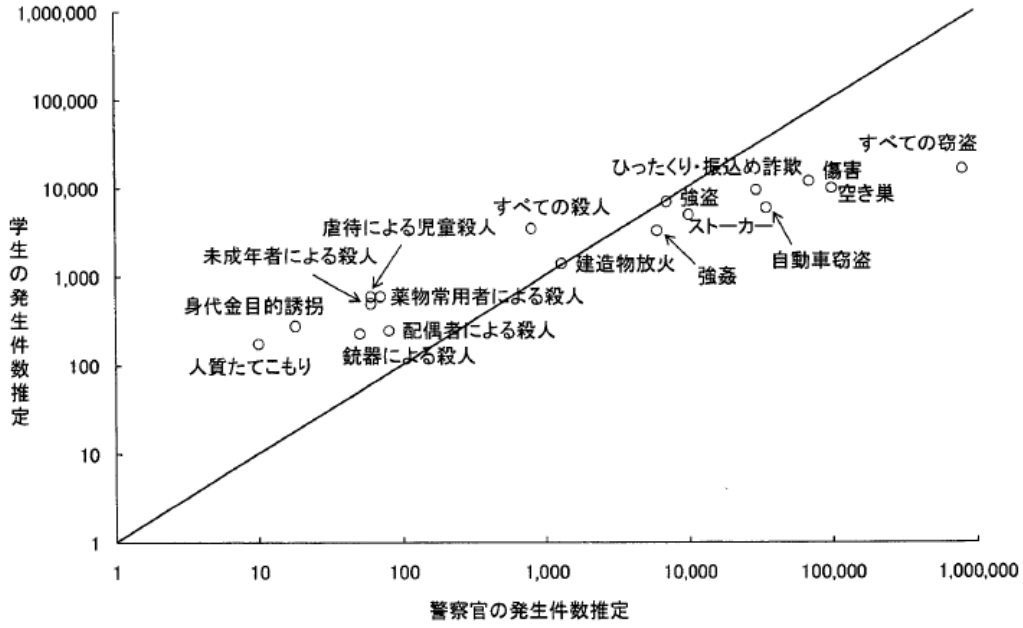


図1.3.2-3　学生(一般人)と警察官(専門家)の犯罪発生件数推定の比較[52)]

3) 交通安全に関わる組織への社会的信頼とその構造のアンケート調査

高木ら[54)]は、交通安全にかかわる企業の社会的信頼の規定因について、アンケート調査結果を共分散解析し、信頼にどういう要因がどのように寄与しているのかということを調べている。その結果、「事故頻度」→「監視機能」→「安全対策」→「信頼」というパスについて大きな効果が計測され、特に「監視機能」から「信頼」への正の相加効果が顕著であると述べている。堀井[55)]は、この結果を考察し、安全にかかわる事業者が社会から信頼され事業を行っていく際に、行政や規制に関与しないものも含めた監視機能という部分をどのように作り込むか、すなわち社会的信頼メカニズムを理解した上でシステム設計するかが大きな課題になると指摘している。また、堀井は上述の社会技術の設計とかなり関連する部分として、原子力発電に対する国民の信頼を獲得していく上でやはり社会的信頼メカニズムを構築することによって、安全安心社会を構築するという方向性が大切なのではないかと指摘している。

(6) 原子力を対象としたアンケート調査結果

1) プルサーマルへの理性的訴求に関するアンケート調査[56)、57)]

中谷内ら[56)]と土田ら[57)]は、科学技術に係る内容のリスクコミュニケーションで重要視される論点を分析している。ここでは関西の４つの私立大学に在籍する大学生（506名の男性と女性）を対象としたプルサーマルに関するアンケート調査を踏まえ、社会・経済基準、公正・民主基準、科学技術基準、感情配慮基準、安心・不安基準の 5 種類のどれを重要視しているかを分析した。その結果、プルサーマルをテーマとした

際には、発電効率、プルトニウムの人体への影響、放射性廃棄物の問題、等の科学技術基準に関する理性的訴求が最も重要な論点とされたと述べている。また、科学技術基準による反対訴求と感情配慮基準による賛成訴求には、長期にわたるリスクコミュニケーションにより態度変化の効果があったと述べている。

2) 原子力の社会受容における決定因子とベネフィット認知に関するアンケート調査

田中[58]は、1997 年 2 月に関東地域の成人男女 720 人を対象としたアンケート調査（回収率 69.7%）に基づく研究から原子力発電所や HLW 処分場の立地に対する賛否に影響する心理的要因について調査している。ここでは「リスク認知」、「自分自身に対するベネフィット認知」「科学技術に対する態度」、「生活レベルとエネルギー消費抑制に対する態度」の４つの説明変数から予測する重回帰モデルを設定して検証した。その結果、賛否に直接結び付く心理的要因はリスク認知(リスクに対する主観的判断)であり、ベネフィット認知はあまり重要な要因ではないことを指摘している。また、HLW 処分場が自分の住む地域のすぐ近くに建設されることについてほとんどの者が危険だと考えており、さらに原子力発電所立地に対するリスク認知の研究との比較において、技術の確立度や施設立地の安全性について公衆はより否定的な認識を示すことを明らかにしている。

一方、木村ら[59),60)]は、2001 年 2 月～2002 年 7 月にかけて電力消費地域の３地域と電源地域の２地域において原子力に関するアンケート調査（回収率は地域によって25%～42%）を実施し、収集したデータから原子力認知構造を構成する因子（認知次元）を探索的因子分析により抽出し、さらに、回答者の居住地域、性別、知識の有無による認知構造の違いを比較分析した。その結果、木村ら[59)、60)]は、原子力認知構造の枠組みは４つの認知次元、すなわち「原子力事業主体に対する信頼」次元、「原子力発電の有用性」次元、「立地地域への恩恵」次元、「原子力技術に対するリスク認知」次元によって原子力認知構造の枠組みが構成されていると述べている。また、知識を持つ回答者は、持たない回答者に比べて、４つの認知次元の相関が大きく強化されると述べている。木村ら[59)、60)]は、知識レベルが向上すると、原子力の社会的受容の問題に対する態度を４つの認知次元で構成された原子力認知構造で決定する割合が多くなるため、合理的な決定を行うことが可能になることを示唆しているためだと分析している。

なお、木村ら[59)、60)]は、原子力政策に対する賛否の判断に最も大きく寄与する因子は、「原子力発電の有用性」因子であり、次いで「原子力事業主体に対する信頼」因子、「原子力技術に対するリスク認知」因子も重要な判断要因になると述べている。

(7) 社会心理学分野における既往の研究例のまとめ

1) リスクの考え方について

Slovic[34]は、原子力などについて「恐ろしさ」と「未知性」により、一般人のリスク認知が科学技術の専門家よりも高いと述べている。

木下[35]は、客観的なリスクと主観的なリスクの間には、しばしば大きなギャップがあるが、客観的なリスクの中にも主観が入り込むことがあると述べている。これは客観的なリスクのエンドポイントに何を取るかという部分に主観的な判断があるためと述べている。また、木下[38]は一般的には客観的に安全であれば主観的にも安心し、危険であれば不安を感じるという相関関係にあるが、条件によって両者が食い違い、安全であるのに不安を感じる場合とか、危険であるのに安心する場合があり、前者の代表的なものが原子力であると述べている。

科学技術論的に見てゼロリスクはあり得ないことは村上[33]、木下[39]、中谷内[45]らによって述べられているが、その前提に立ってリスクを定量化・管理し、一人一人が判断できるようなリスクのモノサシと共に、安全性に関する情報を継続的に提供するべきであることが指摘されている。

2) 信頼の考え方について

木下[35]は、リスクとのつき合い方に関して、自分でリスクとの接し方をコントロールできるものとできないものの２種類があり、原子力等の科学技術は後者であると述べている。後者の場合、自己責任でそれを回避することは困難であるから、そのリスクマネジメントは他者に依存しなければならず、そこから出てくるのが信頼性の概念であると述べている。

山岸[48]は、相手が自分にひどい結果をもたらさないだろうという肯定的な期待を導く二つの構成要素として「能力への期待」と「意図への期待」とをとりあげている。中谷内ら[49]は、両者のうち、能力とは専門性であり、もう一方の意図は、公正性、相手への思い、誠実さや正直さ、透明性、客観性等があげられていると説明している。

一方、一般市民が科学技術といったリスク対象に対して十分な知識を持たない状況において、自分が情報処理する代わりにその処理を自分が信頼する他者に委ねる手法について研究が進められており、中谷内ら[49]は上述のものと SVS モデル[50]との新たな統合モデルを提唱している。SVS モデル[50]は相手が当該問題にかかわる主要な価値を共有していると感じると、その相手を信頼するというモデルである。

3) 個別のアンケート調査の結果について

本節で記載した一般市民等を対象とした各分野のアンケート調査の分析結果から導かれた結論の要約を以下に列記する。

・ 中谷内ら[49]は、 GMO を題材とした場合の信頼への結びつきは、高関心者にとっては価値類似性が、低関心者にとっては動機付け（または意図）要因の中の公正さが強いと述べている

・ 高木ら[54]は、交通安全に関わる組織への社会的信頼の構造では、特に「監視機能」から「信頼」への正の相加効果が顕著であると述べている。
・ 土田ら[57]は、プルサーマルをテーマとした際に最も重要とされた論点は、発電効率、プルトニウムの人体への影響、放射性廃棄物の問題、等の科学技術基準に関する理性的訴求であると述べている。
・ 木村ら[59)、60]は、原子力政策に対する賛否の判断に最も大きく寄与する因子は、「原子力発電の有用性」因子であると述べている。また、知識を持つ回答者は、持たない回答者に比べて、因子を含めてそれらの相関が大きく強化されると述べている。

また、特定分野の専門家を対象としたものとして、中谷内ら[52]は警察官が推定した発生件数は実際の統計的犯罪発生件数と良く一致しているが、他方、発生頻度の低い火災原因については消防署員の回答はやや過大なものがある[53]と述べている。

1.3.3 環境リスク論とリスク・ベネフィットの原則

(1) 環境リスク論

HLW処分という環境と廃棄物を取り扱う観点で重要な研究領域として環境リスク論がある。環境リスク論は米国で放射性物質について発ガン性物質を管理する際に発達した研究領域であり、技術を経済性（費用）と安全性の相関で議論しようとするものもある。中西[46]は環境リスクとは、環境への危険性の定量的な表現で「どうしても避けたい環境影響」の起きる確率で表現されると定義している。さらに中西[46]は、リスク論とは（絶対的な）安全領域がない危険性とわれわれはどうつきあうかという科学であると述べている。すなわち、安全領域がないからそこ逃げ込んで問題を解決することはできないため、リスクをどう管理するかという課題にいつも直面することになっており、これがリスクマネージメントであると述べている。つまり、微妙な危険性もリスクとして評価する代わりに、ある程度のリスクは許容するとの立場に立つのである。

(2) リスク・ベネフィットの原則

中西[61]は、リスクは必ずなんらかのベネフィットを伴っているものであり、リスク管理の原則はベネフィットとの兼ね合いで決めざるを得ないという、リスク・ベネフィットの原則を日本で提唱している。中西[61]はある技術が持つリスクとベネフィットは、その技術が持つリスクを削減する対策の側から見ると、それぞれ、リスク削減量と、ベネフィット削減量に対応し、後者のベネフィット削減量をとりあえず対策費用で代用しようと述べている。リスク・ベネフィットという用語は、原子力、環境、医学・薬学、食品、金融・保険分野等で見ることができる[62]。

さらに、中西[61]はリスク・ベネフィットの原則は社会がもっている経済力で対応できる範囲が決まるため、リスク（ΔR）当たりのベネフィット（ΔB）を一定にする、す

なわち、ΔＢ／ΔＲを一定にするように環境規制を行うことを提唱したものである。中西[61]はまた、ある環境対策のリスク当たりのベネフィット（ΔＢ／ΔＲ）は、言い換えれば、一人のヒトの命を救うためにかけられる費用であると述べている。すなわち、その環境対策で見積もられ、貨幣価値で表現された命の価値でもあると述べている。また、社会全体でみれば、その時代の社会がもっている経済力でヒトの命は決まるとしている。そのため、計算された、1人を救うための費用が安いとされる物質、すなわち、ΔＢ／ΔＲが小さい物質の使用や活動から規制を始めるべきであると指摘している。しかし、この原則もリスクの受任者とベネフィットの受益者がかなり一致している場合には良いが、両者が完全に乖離しているときには適用しなくなると述べている。

(3) リスク・ベネフィットの原則に基づくフェーズ・ルール

リスク・ベネフィットの原則[61]に基づく議論を行う上で、中西[61]はフェーズ・ルールを提唱している。これは環境問題への対処の仕方は、途上国と先進国とでは違うべきだという考え方に基づいている。この説明のために図1.3.3-1[61]を、厳密な意味で正しいものではないが、概念を示すものとして使っている。図1.3.3-1[61]の縦軸は費用・資源を表し、横軸は環境保全の効果を示している。第Ⅰ象限は経済的な利益と環境保全とが一致するケースである。第Ⅱ象限は、環境を破壊しつつ経済的な利益を得る行為を示す。第Ⅲ象限は環境を破壊し、経済的な損失を招く行為であるからこれはありえない。第Ⅳ象限は環境を守るために経済的な支出をしなければならない行為である。第Ⅱ象限と第Ⅳ象限については、直線を引いて二つの範囲分けてある。直線の右側を第$Ⅱ_1$象限、第$Ⅳ_1$象限、左側を第$Ⅱ_2$象限、第$Ⅳ_2$象限としている。中西[61]は、第Ⅰと第Ⅳを先進国フェーズ、第Ⅱと第Ⅳを途上国フェーズとするというのが、作業仮説としている。第Ⅰ象限は、経済的な利益を上げつつ環境を保全できる行為であるから、できるだけ多くの国がこういう経済活動を目指すべきである。「持続的な発展」というのがあるとすればそれは第Ⅰ象限のような生産や生活をすることであろうと述べている。

第Ⅳは金をかけて環境を保全する行為で基本的には先進国の役割分担の領域であるが、$Ⅳ_2$領域の行為、つまり環境保全のために必要以上に費用をかけることは、先進国といえどもすべきではないと述べている。言い方をかえれば、優先順位として$Ⅳ_1$をてがけそれが終わったら$Ⅳ_2$に移れば良いとしている。一方、第Ⅳ象限は利益のために環境が破壊される行為であるが、これは開発途上国にのみ許されるとしている。その場合でも$Ⅱ_2$のように環境破壊の割に経済効果の低い行為は許されないと述べている。

原子力、特に放射性廃棄物処分分野の技術は先進国と発展途上国に分けることは難しいが、選択肢としての処分概念の設定や段階的な開発計画を策定するという意味でこのフェーズ・ルールの考え方[61]は大変に参考になる。

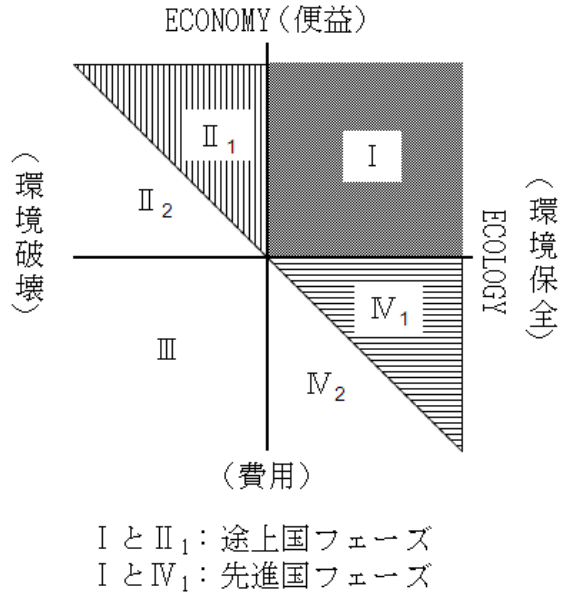


図1.3.3-1　Ecology と Economy の相関を示したフェーズ･ルール[61)]

(4) 費用便益分析と費用効果分析

岡[63)]は、リスク・ベネフィットの原則[61)]を引用しつつも、リスク便益分析において規制の費用と削減されるリスクの比つまり単位リスク削減費用の境界値を決める考え方に２つの方法があると述べている。１つは単位リスク削減便益を境界値とするものである。これはリスク削減の便益がその費用を上回れば削減行為を行うものであり、「費用便益分析」であると述べている。これはヒトの余命の価値と費用（ヒトの1年余命延長にかかる費用）との比較という概念とも言えるとしている。他の１つは境界値をあえて決めず、単位リスク削減費用の事例間の相互比較、あるいは過去の事例との比較を行うものであり、「費用効果分析」であると述べている。岡[63)]はこれら２つを比較評価し、効率性だけを追求する費用便益分析は倫理的に難しく、効率性以外の他の価値への開放されている費用効果分析の方が現実に有効であると述べている。

(5) 環境リスク論の文献調査のまとめ

現状ではHLW処分は、高い安全性を求めるが余り、費用との相関を議論されていないことから経済原則が働かず、際限なく安全性だけを求める動きとなっていた。上述の通り環境分野では費用効果分析[63)]の要素を既に取り入れて議論されているが、放射性廃棄物の処分においても、安全性に関する情報と共に費用（経済性）に関する情報を提示し、リスク･ベネフィットの原則[61)]に基づく議論を行うことが必要であるものと考えられる。ここでは、かかる費用と、達成される安全レベルの関係を示して、どこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を異分野[3]の専門家も交えてオープンに議

[3] 本研究は、便宜上、自然科学から見た学際領域の区分をしており、自然科学の中の原子力バックエンド以外

論を行っていくべきである。

1.3.4 HLW 処分等の科学技術によるリスクに関連する課題

(1) 学際交流からの視点

木下[64]は、HLW は日本社会が当面するリスクマネジメントの中でも、もっとも難しい課題の一つであると述べている。その理由は、まず HLW が高度の技術的問題を抱えているだけではなく、その背後に、複雑な心理的・社会的・経済的・政治的リスク特性を持っているからとしている。もう一つの理由は、HLW に関係するステークホルダーが多岐にわたっていて、しかもそのそれぞれが、組織の内部・外部に難しい問題を抱いていることであると述べている。

しかし、木下[65]はこれまでの議論では、まず事業推進側は、政府が決めた手法を、決定事項として主張している。しかし、その主張は技術論的な見地からのものが多く、HLW が心理的・社会的・政治的な背景を持つことにあまり考慮が払われてこなかった点が不足していたと指摘している。またその技術論も、HLW の特徴である超長期的な時間軸で眺めた場合、かなりの不確定要素が残されていると指摘している。一方、木下[65]は人文・社会科学の研究者は、一般論・抽象論からの発言がほとんどであり、これらの提言はいずれも大切で正論であるが、彼らは問題となっている技術の中味や現場の知識に乏しく、このレベルの学問的議論からは具体的な解決策は見えてこない点が不足していたと指摘している。例えば、公共財の見地から見たあるべき姿、環境社会論からの展望、民意を重視する姿勢、市民への科学教育の必要性、きめ細かいリスクコミュニケーションの重要性などであると述べている。言い換えると、木下[65]は彼らの依って立つサイエンスの立場からでは HLW 問題は解けず、そこには文・理を融合したエンジニアリング的発想を必要であると指摘している。

(2) 社会心理学分野での課題

どのような相手が信頼されるかを扱った社会科学的研究の歴史は古いが、科学技術を対象とした個人と組織の信頼との結びつきは最近になって鋭意研究が進んでいる。前述の通り、この科学技術を含めた組織への信頼との結びつきは、従来から述べられている「能力」、「意図（動機付け）」に「主要価値類似性」を加えた新たな統合モデルが中谷内ら[49]により提唱されている。この統合モデルは現時点では遺伝子組み換え作物（GMO）への適用が検証された[49]のみであるが、信頼への結びつきは高関心者にとっては価値類似性が、低関心者にとっては動機付け（または意図）要因の中の公正さが強いと述べている。

一方、木下[35]が述べるように原子力等の科学技術について一般市民等は、自己責任で

の分野を他分野とよび、人文・社会科学分野を異分野と呼んでいる。

リスクを回避することは困難であり、信頼する他者にそのリスクマネジメントを依存しなければならない。これはすなわち、対象となる科学技術をよく知っていながら、それを構成する機関等からの利益（給与や名誉の付与）享受はないという、外部性のある科学技術の専門家を要求するという矛盾を内包している。しかし、原子力発電やHLW処分のような専門性が高い科学技術について外部性を確保することについては限界があることが指摘されている[29),65)]。

そのため、HLW処分での信頼との結びつきを理解・検証し、監視機能というニュアンスを含めた社会的信頼メカニズムの構造を検討し、それを考慮したシステムの基で説明プロセスを具体化していくことが重要な鍵である。

(3) リスク研究分野での課題

HLW 処分分野は高い安全性を求めるが余り、費用との相関を議論されていないことから経済原則が働かず、際限なく安全性だけを求める動きとなっていた。原子力分野では全般に安全性の確保が最優先[66)]とされており、そこにかかる費用は気にとめる必要はないものと考えられてきた。その思想自体は崇高なものであるが、1.2.1　節で述べた通り、原子力分野の専門家とその組織への不信感がある状況下では信用されなくなっている。しかし、図1.3.4-1 に示す通り、HLW 処分のシステムが正常に機能すれば HLW 処分の閉鎖後の公衆の放射線リスクは他の放射線リスクに比べてかなり低いため、ここに多くの費用をかけることは放射線リスク同士で比較した場合でも合理的ではない。また、例えば地球温暖化等の他のリスクとの比較は現時点では容易ではないが、将来的にはできるようにしていくことが必要であろう。

木村ら[59)、60)]は、原子力政策に対する賛否の判断に最も大きく寄与する因子は、「原子力発電の有用性」因子、すなわちベネフィット認知であると述べている。上述の通り環境分野では費用効果分析[63)]の要素を既に取り入れて議論されているが、放射性廃棄物の処分においても、安全性に関する情報と共に費用（経済性）に関する情報を提示し、リスク・ベネフィットの原則[61)]に基づく議論を行うことが必要である。信頼を得ることが先決であるが、信頼を得た上で、かかる費用と、達成される安全レベルの関係を示して、どこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を人文・社会科学・自然科学の全ての分野の専門家も交えてオープンに議論を行っていくことが健全な姿である。

そのためには、リスクとベネフィットの相関から従来の HLW 処分の安全性等の説明の内容と方法を見直し、それを具体化していくことが重要な鍵である。

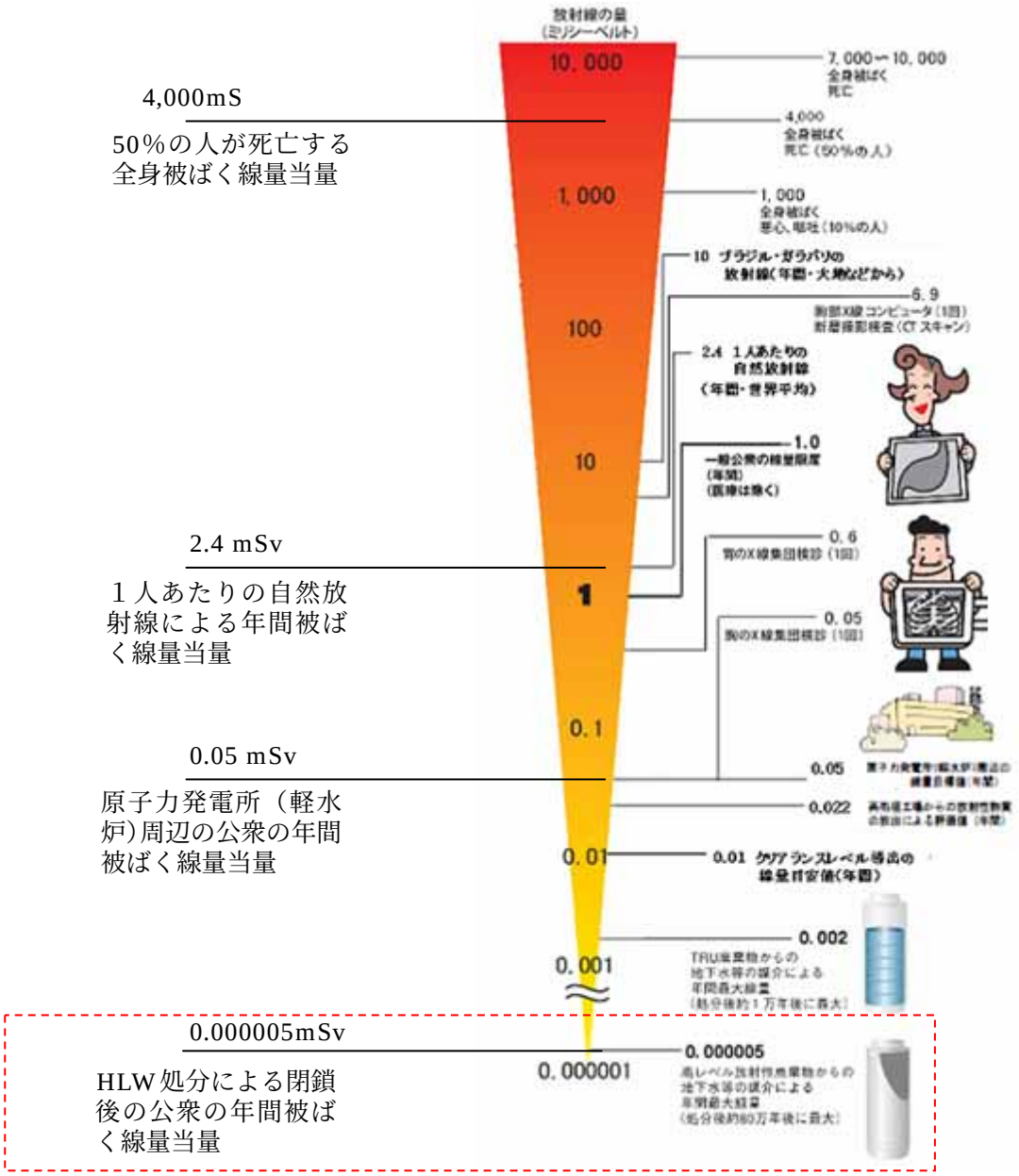


図1.3.4-1　日常生活と放射線と廃棄物処分に伴う年間最大放射線量との比較

（経済産業省パンフレット[67]に筆者が HLW 処分の放射線量を示す破線・注釈等を追記）[4]

[4] 放射線リスクに関する知識を得た上で上図を見た場合でも、高レベル放射性廃棄物や TRU 廃棄物の処分が安全か危険かの判断は個人によって異なることがあると考えられる。すなわち、放射線リスクは高線量領域では技術的に客観的なものが存在しているが、低線量領域では LNT 仮説・ホルミシス効果等の色々な説があり、国際的な考え方が定まっていない。その上、客観的なリスクの中にも主観が入り込む可能性があり、客観的なリスクのエンドポイントに何を取るかに専門家でも個人差があるためである。上図の場合は自然放射線レベル（2.4mSv）より十分に低いではないかとの考え方もあれば、それよりも 0.002%でも上回ることは容認できないとの考え方もあり、また、海外の自然放射線レベルの最大値（10mSv）でも十分に問題ないとの考え方もある。

1.4 科学技術コミュニケーションにおける研究の背景

ここでは科学技術コミュニケーションと社会心理学分野（リスクコミュニケーション）における既往の研究例を調査し、HLW 処分の社会受容活動における課題の摘出を行う。なお、本節の引用には経緯を判りやすくするために、必要なものには年代を併記している。

1.4.1 従来の科学技術コミュニケーションの考え方の歴史的な変遷

(1) 英国における PUS の始まり

1985年の英国の委員会報告[69]（Royal Society、1985）（一般に「ボドマーレポート」と呼ばれており、本研究もそれを踏襲する。）を契機に科学技術への公衆の理解（PUS: Public Understanding of Science）が議論され、研究対象とされてきた。ボドマーレポートは知識の実践的応用と科学教育の重要性を示している。また、PUSは一般市民の個人的な意思決定を促進し、個人の生活を豊かにすると述べている。そのため、科学者は喜んで一般市民と交流し、それを義務と捉えなければならないと述べている。ボドマーレポートを端緒として1987年にCOPUS (Committee On the Public Understanding of Science)が設立され、PUS活動が展開された。

しかし、科学技術用語の理解等の市民へのアンケート調査の結果、”DNA ”という用語を除き、1988年と1996年の間で大きな科学リテラシーの増加が見られなかった[70]（Miller、2001）。そのために生じたボドマーレポートへの批判として「欠如モデル（deficit Model）」が指摘されるようになった。その経緯を紐解くと環境科学者であり社会科学者でもあるWynne(1992)[71]は、1986年のチェルノブイリ原発事故より強風で飛散してきた降下物の放射性セシウムのカンブリア地方の泥炭地である酸性の粘土土壌での挙動評価の報告とその後の展開を対象とした論文の中で、科学者側に公衆と向かいあった科学関係者の中では配慮と寛大さが不足していると指摘している[5]。すなわち、科学者側では粘土（ベントナイト）はアルカリ性だとの先入観でセシウムが土壌に吸着（adsorp）されて水の中を移動し難くなるため、粘土層上に生える牧草を食べる羊には影響はないと考えた。しかし、酸性土壌ではセシウムは土壌に吸着されずに水の中を容易に移動して牧草に蓄積し、その後になって牧草を食べた羊に被ばく障害が発覚し、6週間後に羊の移動や販売の禁止令が加えられたというものである。また、この社会科学的な問題は近くにある原子力施設における1957年の軍用原子炉（パイル）の火災事故に発端があることが指摘されている。Wynne(1992)[71]は、科学学術団体が公共の場で牧羊

[5] Wynne(1992)は公衆側の科学技術の理解の欠如については述べていないが、ここで示された内容が最初に欠如モデルを指摘したとして引用する例が一般に多く見受けられる。Wynne が記載したのは 1996 年の Irwin と共に著編した書籍 (本書の文献88) の Introduction の部分の第２著者として The “deficit” model（欠如モデル）と表記したのが最初ではないかと考えられる。

業者と対等な内省的（reflexive）な対話をしたなら、科学技術への公衆の理解力は改良されるだろうと述べている。

(2) PUS の見直し

Gregory & Miller（1998）[72] は、出版した教本の中で、PUSの欠如モデル（deficit Model）の概念的なものとして“科学の事実が注ぐことができて、注がれるべきである空のバケツとしての素人の精神状態(the lay mind as an empty bucket into which the facts of science can and should be poured)”と説明している。杉山（2002）[73] は、これを“素人の科学理解は空っぽのバケツのようなもので、そこに科学知識を注ぎ込んでいけばよい”と考えるのであると表現している。また、Miller(2001)[70]は、米国の研究者であるGross(1994)[74]の著書を「公衆の欠如、しかし、科学的には十分（public deficiency、 but scientific sufficiency)」を仮定した“欠如モデル”であるとして引用し、このモデルは一方的でトップダウン的なモデルであると指摘している。また、Miller(2001)[70]は、これは「科学的に文盲の大衆を真空吸引した知識で満たす（filled the knowledge vacuum in the scientifically illiterate general public)」ものと表現している。

これらの指摘により英国でPUSの見直しが進んだ。Wynne(1996)[75]は、公衆の科学知識や意識の欠如を強調して一方的に理解を求める科学者側の教条的な態度を批判し、市民の理解の向上を訴えるやり方はもう古いものと述べている。大規模な調査から公衆の科学技術への否定的態度が示され、「公衆の信頼の危機」が宣言された(Miller、2001)[70]。2000年3月に発行された上院レポート「科学と社会」（House of Lords、2000）[76]では、信頼を築くために市民陪審、審議の意見世論調査、公聴会、コンセンサス会議、国民的な議論など多くの形式の審議活動への参加を公衆に呼びかける内容が含まれている(Bauer、2007）[77]。また、Miller(2001)[70]も、公衆に科学技術の知識の欠如はあるが、一方的な伝達ではなく知識を伝える側の考慮が必要であり、既に決着した「安全な」知識だけでなく論争過程のものは研究プロセスも伝えるべきと指摘している。

一方、米国の科学技術教育プロジェクトとしては1985年より米国科学振興協会（AAAS）が中心となって民間資金により実施している「プロジェクト2061」が進められており、1989年にはその報告書である『すべてのアメリカ人のための科学(Science for All Americans：SFAA)』（Rutherfordら、1991）[78]が公表されている。

(3) PUS の見直し後の近年の英国での報告例

その後、英国ではBauer ら(2007)[77]は、PUSパラダイムというのは「さらに知れば知るほど、あなたはさらにそれ（科学技術）が好きである」ということが常識とされていると批評している。また、Allumら(2007)[79]はアンケート調査の結果では科学技術への知識とそれへの肯定的な態度との間の小さい正の相関を示しているとされているが、論

争中であり、より低いかゼロである傾向としているものもあると指摘されている[77)]。また、Bauer ら(2007) [77)]は、知識を得た市民のすべてが熱心であるわけではないと述べ、過去の文献[80)]を引用して、肯定的あるいは否定的の両方において知識に基づく態度は変化することに抵抗する可能性の方が多いと述べている。

また、Millerら(2002)[81)]は、多くのPUSの調査結果が科学への関心と他の生活の関心を比較しているが、Eurobarometer調査では総計数は知識が増加している一方で、科学への関心が1992年と2001年の間に減退していることを示していると述べている。Bauerら(2007) [77)]は、この傾向について（科学技術への）親しみは無関心を育むものであることを示唆していると述べている。

(4) 日本の PUS に関する研究

上述のような展開を受け、日本でも渡辺ら(2003)[82)]、田中(2006)[83)] により、新たなPUSの考え方が示され、知識の一方的な流れを否定し、科学技術の専門家と一般市民が対等な立場で科学技術と向き合うことを前提とする双方向性が必要であると指摘している。すなわち、「社会のための、社会の中の科学技術」へ状況が変化し、それ故に主体たる市民の側の科学技術リテラシーが問われる状況となっている[83)]。

田柳(2008)[84)]は、これらの双方向性のあるモデルは上述の欠如モデルに対して、相互行為モデル[6]と呼んでいる。なお、相互行為モデルには文脈モデル[7]、対話モデルを含むものとしている。田柳[84)]は、研究組織の「サイエンス・コミュニケーション」を、サイエンスPRの活動、研究者や研究チームが組織内外に対して研究成果を社会化あるいは大衆化する活動、研究の社会的プレゼンスを向上させるためのアウトリーチ活動、研究資金を確保するためのプロモーション活動などを含む、総合的な対社会・対公共・対市民のコミュニケーションとして広義に捉えている。田柳[84)]は、ここで組織におけるサイエンスPRやコミュニケーションの実務担当者のみならず、研究組織のリーダーや現場の研究者たちみずからが、研究と社会とのコミュニケーションの意義を認識し、実践していくための理念や方法論の探究を目指し、実践に資する実践的含意と実践手法の分類モデルを提案している。

藤垣[85)]は、科学技術の専門家から一般市民への一方向のアウトリーチは欠如モデルという暗黙の前提に基づいて行われていることを指摘している。科学技術について一般市

6 田柳は欠如モデルの対抗モデルに何を置くかについては、特にメジャーな共通見解があるわけではなく、「相互行為モデル」「文脈モデル」「対話モデル」など、様々な用語が用いられていると述べている。田柳は、いずれも欠如モデルに対するアンチテーゼとして提示されている点では共通しているが、これらのアンチ欠如モデルを包含する上で、「相互行為モデル」を位置づける Logan(2001)の枠組みが、1980 年代のコミュニケーション基礎理論の同様の変遷(一方向の線形モデル→双方向モデル)と呼応した適切なものであると考え、準拠したと述べている。

7 田柳は文脈モデル（対話モデル）について上記した脚注以外の定義をしていない。藤垣のものを引用すると文脈モデルは「正答誤答が一意に定まるリテラシー量の尺度が一様に定まると仮定しているのに対し、そのような様な知識ではなく、さまざまな状況下におけるバラエティに富んだ知識、文脈に即した知識(knowledge in context)に注目せよと主張するもの」と定義している。

民からの理解が得られず、一般市民と科学技術の専門家との間に信頼関係が構築できないという問題が生じるのは「こんなに説明しているのに理解してもらえない」との専門家の嘆き、すなわち、その背景には実は、専門家や行政官による一般のひとびとに理解や知識がないせいであるという「思い込み」があるためだと述べている。このような思い込みを「欠如モデル」というものであると指摘している。

藤垣[86]は、欠如モデルは、①科学とは、正答誤答が一意に定まる正しい知識からできており、公衆はそれらを受け取る、②公衆はそれらの知識がdeficient(欠けている、不十分な)のに対し、科学の側はsufficient(十分な、足りている)である、③その欠けている状態を測定することができる、というモデルであると定義している。また、欠如モデルをベースにすると、リテラシーに期待されるものは、一般市民がからっぽな状態から、どのくらいの状態まで知識をもっていればよしとするか、という議論になり、すべてのひとがもつべきリテラシー量の尺度が一様に定まり、測定可能な量となると述べている[85]。

また、藤垣[86]は文脈に依存した知識が、個人や小さな集団のレベルを超えて、集団としての「素人の知識」として組織化されることを強調すると、素人の専門性（Lay-expertise）モデルになると述べている。これに加えて、特に科学技術と民主主義について考慮し、ただの対話から意思決定への参加、市民のエンパワメント（権力付与）とまで考慮したものが市民参加モデルだと述べている[86]。市民参加モデルをベースにすると科学リテラシーとは、「ただ受動的に知識を受け取るのではなく、積極的にその受け取った情報をもとに判断し、意思決定に参加することである。したがって、情報を受け取ることは、次の行動を力づける(エンパワーする)ことである」と定義されると述べている[86]。

小林[87]は、1996年のIrwin & Wynee [88]が著編した書籍を引用しながら、欠如モデルは「伝統的な科学技術コミュニケーションにおいて対象となる一般市民を『正確な科学知識の欠如した状態』にあるものと捉え、彼らに知識を注入することをコミュニケーションの目的と見なす発想とすること」であると述べている。また、小林[87]は、アメリカの核物理学者Weinberg[89]の定義を引用しながら、トランス・サイエンスは「科学によって問うことはできるが、科学によって答えることのできない問題群からなる領域」であると述べている。

なお、齊藤ら(2008)[90]によれば、科学的リテラシーに関する論文は100以上あり、数多くの定義が存在していると述べている。本研究は科学的リテラシー、科学技術リテラシー、欠如モデル、相互行為モデルというものの定義や概念について議論する立場にはないため、その定義は各々の原典が引用するところに基づくこととする。

1.4.2 科学技術コミュニケーション分野における既往の調査・研究例

第3期科学技術基本計画[91]（平成18年度‐平成22年度）では「科学技術リテラシー」の重要性が強調され、「科学技術コミュニケーション」の推進が明記されている。また基本計画の中では、「科学技術リテラシー」の強調のみならず、「科学技術コミュニケーター」の職業化や「国民の科学技術への主体的な参加の促進」にも触れている。また、日本学術会議では2008年に、2030 年の時点で日本における全ての大人が身に付けていることが望まれる科学技術の素養を提示するとして、日本学術会議(2008)[92]から「21 世紀を豊かに生きるための「科学技術の智」」が報告されている。

これらの背景から前節で述べた双方向性のある科学技術コミュニケーションは、現在、各分野で研究が進捗している。それらの中で、ここでは科学技術と社会に関する世論調査の結果と国の研究開発プログラム「21 世紀の科学技術リテラシー」成果を調査した。

(1) 科学技術と社会に関する世論調査（内閣府、2007）[93]

科学技術と社会に関する世論調査[93]は科学技術と社会に関する国民の意識を把握し、今後の施策の参考とするために内閣府が2007年11月～12月に実施した。調査項目は、1)科学技術への関心等、2)科学技術の発展に対するイメージ、3)発展を期待する科学技術の分野である。層化2段無作為抽出法で抽出した全国の20歳以上の男女1,667人に面接聴取法により調査（回収率55.6%）した。

その結果、科学技術についてのニュースや話題への関心は図1.4.2-1[93]に示す通り、「関心がある」とする者の割合は過半数（61.5%）であり、男女別では男性71.7%の方が女性51.9%より「関心がある」とする者の割合が多かった。科学技術に関する知識の情報源は「テレビ」83.9%がおよそ8割。以下、「新聞」58.3%、「インターネット」19.2%の順となっている。科学技術の発展により、物の豊かさ／社会や生活の安全性が「向上した」とする者の割合は各々82.4%、54.1%となっている。科学技術の発展はプラス面とマイナス面のどちらが多いのかとの問いに、「プラス面が多い」とする者の割合は60.5%、男女別では男性71.0%の方が女性51.5%よりも「プラス面が多い」とする者の割合が多かった。科学技術が貢献すべき分野は図1.4.2-2に[93]示す通り、最も回答割合が多かったのは「地球環境や自然環境の保全」72.8%、2位は「資源の開発、有効利用やリサイクル」71.4%で、ともに7割を超えている。

すなわち、国の意識調査[93]からは、一般市民の科学技術への関心は高く、地球環境保全や資源・リサイクル分野への貢献が期待されていることが判った。

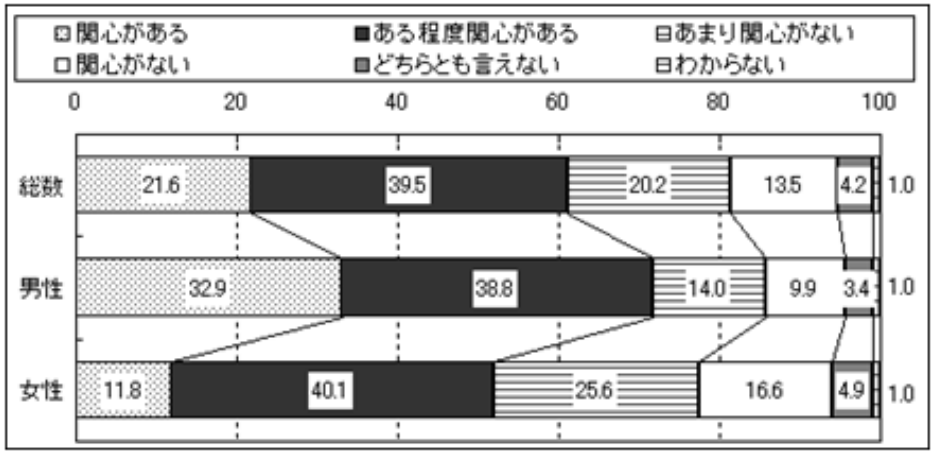


図1.4.2-1　科学技術についてのニュースや話題への関心[93)]

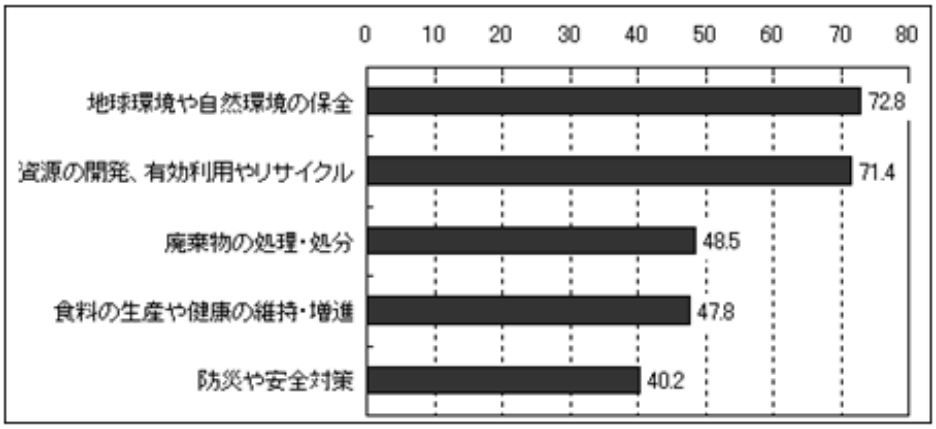


図1.4.2-2　科学技術が貢献すべき分野（総数）[93)]

(2) 国の研究開発プログラム「21 世紀の科学技術リテラシー」[94)]成果の調査

科学技術振興機構（JST）社会技術研究開発センターでは2005年より研究開発プログラム「21 世紀の科学技術リテラシー」[94)]を実施している。ここでは科学技術の専門家と非専門家との間の知識の分断はもとより、同じ科学・技術に携わる専門家どうしの間でさえ、分野が異なれば、相互のコミュニケーションが極めて困難な状態は、むしろ日々激化の途を辿っていると述べられている。この研究開発プログラムは、こうした事態のなかで、科学・技術の理解と不理解の問題を、理論・実践の両面から解きほぐし、解決に向けての方策を提案・実施しようとするものと述べられている。ここでは本研究が対象とする専門家同士および専門家と非専門家との科学技術コミュニケーションに関連する２件のテーマを調査した。

1) 社会関与を可能にする科学技術リテラシー[8]（西條、2008）[95)]

[8] この報告で西條らは、科学技術リテラシーを「科学的基礎知識と手法を、科学技術を含む社会に対する関心

研究開発プロジェクト「科学技術リテラシーの実態調査と社会的活動傾向別教育プログラムの開発」(西條、2008)[95]は、科学技術コミュニケーションにおける情報の受け手のニーズと受容能力に対する考慮が十分ではないという問題意識から、国民の科学技術リテラシーの実態調査、リテラシー構造のグループ化を行い、グループごとの教育プログラムを開発することをねらいとしている。ここでは、質問紙と行動分析を組み合わせて行い、被験者の社会における活動傾向と科学技術についての知識と意識を関連させてリテラシー構造を考えた。

その結果、西條ら(2008)[96]は科学知識問題の得点と科学重視因子には相関はなく、知識得点が高くても、科学に対して社会的・文化的な価値を認め、科学者を信頼する人もいれば、そうでない人もいると述べている。すなわち、知識の有無と科学・科学者の受容には関連がないとしている。一方、クラスター（回答傾向別のグループ）のうち所属人数が最も多いのは、科学因子は低いが社会因子が高く、科学重視因子が中程度のものであり、女性が多いと報告している。また、クラスターが判別できる簡易調査を様々な科学イベント等で実施したところ、多くの一般向けイベントでも大半の来場者はいわゆる「科学好き」であるクラスターであり、従来の科学技術イベントは「科学好き」ではない人々を対象としていないと指摘している。

2) 遺伝子組み換え作物（GMO)論争の専門家と非専門家(松井、2008)[97]

研究開発プロジェクト「研究者の社会リテラシーと非専門家の科学リテラシーの向上」(松井、2008)[97]は、技術に関わる様々な利害関係者間に横たわる相互理解の不足を、対話や討議（熟議）によって埋めるための対話モデルを開発することを目指し、遺伝子組換え作物をテーマに研究者の社会リテラシー[9]と非専門家の科学リテラシーの向上を目指した。ここでは遺伝子組み換え作物の是非というテーマを対象とし、北海道 GM コンセンサス会議に協力しながら、同会議とは独立して「専門家パネルに対する調査」を行い、事前のアンケート調査によって、同会議への関心の持ち方と体験した後の感想など専門家の動向調査を行っている。小規模対話フォーラム、円卓会議､大規模対話フォーラムの三種類の対話によって構成される対話の場のモデルを｢対話の三段階モデル」と呼び、それらを組み合わせることによって、全体の目標を達成することを試みている。

ここで得られた知見として、一般市民との科学技術コミュニケーションの場での専門家の変化は反作用的に非専門家の市民の変化をもたらすことがあると述べている。また、GMO問題では、確かに一般市民の科学技術的な知識の欠如は見られるが、科学的

と態度に結びつけ、科学技術に関する話題について社会的に判断し行動する能力」と定義して用いている。

9 この報告で松井らは、科学者の社会リテラシーを「科学の成果や科学技術が実社会の中で利用される際に、実際にどのように使われ、社会的にどのようなインパクトをもつのかについて考えを及ぼすことができる能力。また、一般市民が科学に対してもつ視点や一般市民の科学情報へのアクセスの現状を踏まえて、科学技術に関する情報が一般市民にどのように受け止められるかを推測できる能力」と定義して用いている。

知識の欠如のみがGMOの受容を阻んでいるわけでもないと述べている。いわゆるトランス・サイエンス領域においては、科学技術コミュニケーションもその実践において工夫が必要なのではないかと提案している。さらに、科学者の社会リテラシーと一般市民の科学リテラシーとは、共向上するのが良いのではないかと提案している。

(3) 研究機関による調査

1) 技術に対する専門家と市民のリスク認知の違い

土屋ら[98]は、Slovicら[34]による原子力発電に関する技術や知識を例に、一般の技術に対する専門家と市民のリスク認知の違いを調査している。土屋ら[98]は、専門家と市民のリスク認知を左右する要因を解析するため、1999年に電力会社の社員や市民、専門家を対象に質問形式でアンケート調査し、リスク認知に影響する要因、科学技術に対する態度の違い、情報源の種類と内容が及ぼす影響を解析した。その結果、回帰分析によると知識や情報、科学技術観がリスク認知に影響するが、市民やバイオ専門家は知識が有るほど危険と見なす傾向があると述べている。土屋ら[98]は、人々にはリスクを理解するための知識や情報が欠如しているという定義での「欠如モデル」は確認できず、知識が有れば専門家に近付くという傾向は確認できなかったと考察している。

2) 立地地域での実践事例から摘出した課題

土屋ら[99]は、東海村を実験地として行われた活動の中で、リスクコミュニケーションに対する住民と原子力事業者の評価を分析し、原子力技術利用に伴うリスクに対する住民の視点を明らかし、これらの住民の視点がどのように原子力施設の安全に関与するかを示すことにより、リスクコミュニケーションにおける課題を摘出している。その結果、このようなリスクコミュニケーション活動が継続的に実施され、社会的に定着するには少なくとも２つの課題があると述べている。１つめは住民の視点やそれに基づく提案が原子力事業所になかなか受け入れられないこと、２つめは、住民が事業者と行う議論では多様な意見をまとめて原子力事業者側に提示する手助けが必要だと述べている。土屋ら[99]は、これは、リスクコミュニケーション活動におけるファシリテーターの重要性を示唆するものであり、単に議論を活性化・促進するだけでなく、市民の視点をリスク評価や管理に取り入れるための媒介的な役割を担っていると指摘している。

1.4.3 HLW 地層処分にも関連する科学技術コミュニケーションの課題

(1) 一般市民と向かいあった科学技術の専門家の配慮と寛大さ

Wynne(1992)[71]は放射能による土壌汚染をテーマとした論文の中で、科学者側に公衆と向かいあった科学関係者の中では配慮と寛大さが不足していると指摘している。また、

Wynne(1992)[71]は、科学学術団体が公共の場で牧羊業者と対等な内省的（reflexive）な対話をしたなら、科学技術への公衆の理解力は改良されるだろうと述べている。

松井(2008)[97]らも述べている通り、これからの科学技術の専門家は、その開発と利用を推進するのは本来の職務として当然ながら、科学の成果や科学技術が実社会の中で利用される際に、実際にどのように使われ、社会的にどのようなインパクトをもつのかについて考えを及ぼす能力を持ち、それを折に触れて表現すること（以下、「科学技術の利用に係る影響予測とアカウンタビィティの能力」という）が重要である。また、一般市民が科学に対してもつ視点や科学情報への取り組みや理解の状況に接し、これを踏まえて、科学技術に関する情報が一般市民にどのように受け止められるかを推測できる能力を持ち、自分が説明・対話する際の行動・言動に反映すること（以下、「科学技術のインフォームド・コンセント[10]と自己制御の能力」という）が重要である。

(2) 一般市民の科学技術的な知識を満たす試みの限界

近年の英国では、現在も論争中にようであるが、PUSをいくら重ねても科学技術への知識とそれへの肯定的な態度との間の小さい正の相関があるか、あるいはゼロであるとの指摘[77]もある。

西條ら(2008) [96]は、質問紙によるアンケート調査結果からは、知識の有無と科学・科学者の受容には関連がないとしている。多くの一般向けイベントでも大半の来場者はいわゆる「科学好き」であるクラスターであり、従来の科学技術イベントは「科学好き」ではない人々を対象としていないと指摘している。従って、一般市民の科学技術的な知識を満たす試みには限界があることを前提にPUSを進めることも必要かも知れない。

(3) 科学技術的な知識が豊富な市民や専門家による反対

土屋ら[98]は、知識が有れば専門家のもつ科学技術的に妥当な判断に近付く訳ではなく、市民やバイオ専門家は知識が有るほど危険と見なす傾向があったと述べている。前述では木下[36),37)]は、客観的なリスクの中にも主観が入り込む可能性があり、客観的なリスクのエンドポイントに何を取るかに個人差があるためと述べている。非専門家に限らず専門家の場合でも、個人の価値観を背景とするリスクのエンドポイントに相関して決まるしきい値を暗黙のうちに決め、それとの比較において問題があるか無いか（安全か危険か）を判断している可能性がある。その例として前述の消防署員の例[53]のように専門家にはかくあるべしとの主観的な判断が作用[51]し、客観的な確率を重要視しないという例外ケースがあることが示されている。そのため、仮に専門的な技術情報を正確に理解・把握した場合でも、安全か危険かの判断（当該の科学技術に賛成か反対かの態度の決定）

[10] インフォームド・コンセントは生命医療を司る倫理として重要なものとされており、薬事法に基づく臨床試験に係る厚生労働省令では「被験者となることを求められた者が、研究者等（臨床研究に携わる者）から事前に臨床研究に関する十分な説明を受け、その臨床研究の意義、目的、方法等を理解し、自由意思に基づいて与える、被験者となること及び試料等の取扱いに関する同意をいう」と定義されている。

は個人によって異なることもあると考えられる。

但し、上述の知識の有無と科学・科学者の受容には関連がないもののうち、科学技術の知識が十分にあった上で科学・科学者を受容しないものについては、個人の価値観より決まるリスクのエンドポイントとの比較において論理的に判断しているものと考えられる。この場合は専門的な技術情報を正確に理解・把握した個人の判断に任せるべきである。なお、この場合はその人にとっての結果が既に出ており、高度で巨大な科学技術に関する説明内容や説明の方法の善し悪しは既に議論の対象外となっているため、本研究の研究対象から除外する。

(4) 一般市民との媒介的な役割の重要性とその要件

土屋ら[99]は、地域住民による多様な意見をまとめて原子力事業者側に提示する手助けをするファシリテーターの重要性を示唆している。土屋ら[99]は、ファシリテーターは単に議論を活性化・促進するだけでなく、市民の視点をリスク評価や管理に取り入れるための媒介的な役割を担っていると指摘している。ここで重要な媒介的な役割を担う“ファシリテーター”と呼んだ仲介者の能力（専門性）や意図（公正性、相手への思い、誠実さや正直さ、透明性、客観性等)、さらには価値類似性（SVS）等に関する要件を分析し、それを具体化していくことが今後の科学技術コミュニケーションを考える上で重要な鍵である。

(5) 専門家と一般市民の知恵と努力による共向上

科学技術コミュニケーションは、専門家が当該の科学技術について判りやすく説明することから始まる。あらゆる科学技術で便益（ベネフィット）だけあってリスクがゼロのものはないため、安全性に関する情報と説明は極めて重要であるが、前述ではその場合でもリスク・ベネフィットの原則[61]に基づく説明と対話が望ましいことを述べた。この科学技術の専門家の配慮と寛大さの必要性は上記(1)項でも述べた。

上述の問題を解決し、科学技術が社会的に有効で有意義な便益を持続的にもたらすためには、科学技術の専門家と一般市民の双方の知恵と努力が必要である。但し、一般市民へ説明する科学技術の専門家は、専門家個人としても専門家集団の組織としても一般市民から信頼を得ることがその前提である。

1.5 HLW 処分の安全性に係る非専門家と専門家間の議論の現状

ここでは、1.2 節で述べた日本の HLW 処分事業と制度の下で 2000 年より実施されてきた HLW 処分地の選定に係る経緯を対象として、1.3～1.4 節で述べた社会科学的な視点を踏まえ、かつ、科学技術の専門家と非専門家の間および専門家間での安全性等の専門的な技術情報に関する議論における課題を述べる。

1.5.1 日本における HLW 処分地の選定に係る現状

(1) 国内各地域での文献調査地域応募への反対

わが国においては、NUMO により、全国の市町村を対象に「高レベル放射性廃棄物の最終処分施設の設置可能性を調査する地域」（以下、「文献調査地域」という）が公募されている。ここでは 2003 年 4 月から 2009 年 3 月の間に文献調査の公募への応募等の誘致を検討した 15 の自治体で HLW 処分時の安全性を議論している状況[100),101)]について調査した。誘致を検討した自治体の概要を表1.5.1-1 に示す。表1.5.1-1 に示す通り、高知県東洋町、高知県佐賀町、滋賀県余呉町を除いては短期間で議論が収束している。以下では現行の応募制度の見直しにつながった高知県東洋町に着目して調査した。

表1.5.1-1　HLW 処分の誘致を検討した自治体の概要

報道開始時期	自治体	動機	発起者	検討期間
2003.4	福井県和泉村	財政再建、地域振興	村民委員会のメンバー	6 日
2003.12	高知県佐賀町	(不明)	町民有志	約 9 ヶ月
2004.4	熊本県御所浦町	財政再建	議会	1 日
2005.1	鹿児島県笠沙町	財政再建、地域振興	町長	2 日
2005.7	長崎県新上五島町	（不明）	地元 NPO、一部の町議	（不明）
2005.10	滋賀県余呉町	（不明）	町議会	約 4 ヶ月
2006.8	滋賀県余呉町（再）	財政再建、地域振興	町長	約 3 ヶ月
2006.8	鹿児島県宇検村	財政再建、地域振興	村	4 日
2006.9	高知県東洋町	財政再建、地域振興	町幹部、町議、町長	約 9 ヶ月
2006.9	高知県津野町	財政再建、地域振興	町民有志	約 2 ヶ月
2006.12	長崎県対馬市	財政再建、地域振興	町民有志	約 1 ヶ月
2007.2	福島県二丈町	（不明）	一部の町議	（不明）
2007.3	鹿児島県南大隅町	財政再建、地域振興	町議会全員協議会	（不明）
2007.7	秋田県上小阿仁村	財政再建、地域貢献	村長	5 日
2009.3	福島県楢葉町	財政再建	町長	数日

注）上表は山口[100)]の情報に、古川[101)]の情報を追記した

(2) 高知県東洋町での経緯と制度の見直し

高知県東洋町では立地検討に先立つ文献調査地域への応募を巡る賛否で揺れ、2007 年 4 月 22 日の出直し町長選挙では推進派の前職町長が反対派の新人に 3：7 の大差で敗れた。高知県東洋町での経緯は次節で後述する。その後、国の委員会による議論[1)]を踏まえて、文献調査への応募には市町村からの応募の外に、2008 年度に国の申入れが追加されるという見直しが行われた。見直し後の HLW 処分地の選定プロセスを図1.5.1-1[67)]に示す。

2008 年度に行われた上述の制度改正により、国が文献調査の実施を地域に申し入れることが可能となっているが、現時点では公募による選定を進めている。しかし、国や NUMO による活動にもかかわらず、文献調査地域に応募する自治体はまだない。国と NUMO は、国民に処分施設の立地を国民全体の問題として考えてもらえるよう、今後も引き続き、国民に対してその安全性と公益を説明して、自治体が応募しやすい環境づくりを進めていくこと述べている[2)]。

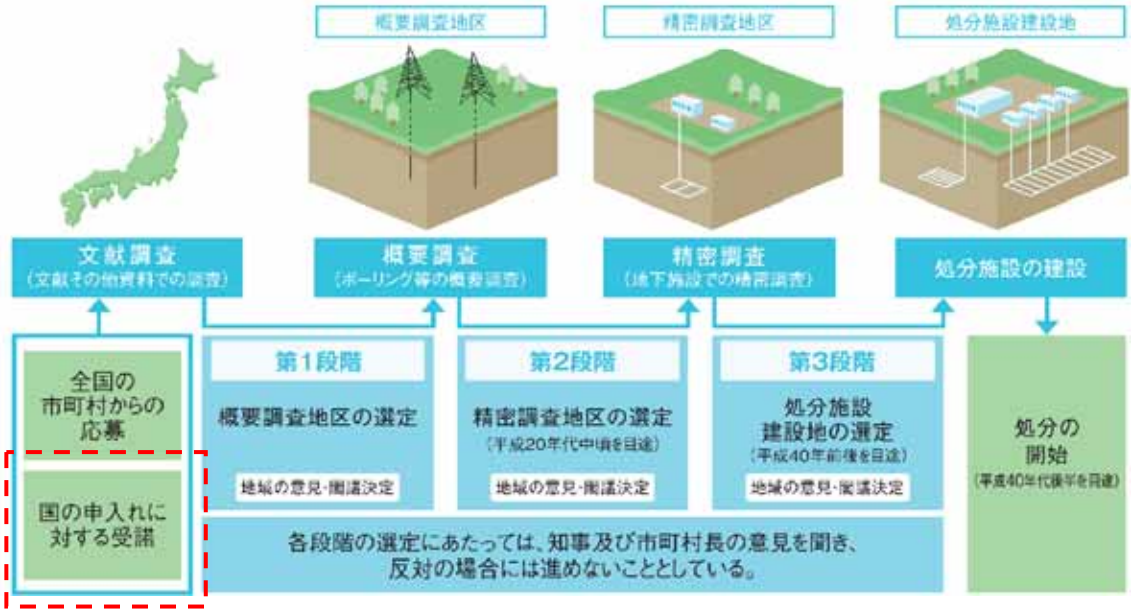


図1.5.1-1　見直し後の HLW 処分地の選定プロセス[67)]
（見直しに伴い追加された部分を筆者が破線で加筆）

1.5.2　一般市民との HLW 処分時の安全性に係る議論の例

上述では HLW 処分以外の分野における科学技術コミュニケーションの調査・研究事例について述べた。ここでは、まず、HLW 処分場の文献調査地域公募の際に安全性等の専門的な技術情報に関して一般市民と科学技術の専門家が議論した例を調査した。

(1) 文献調査地域公募の際の安全性の説明

表1.5.1-1 では過去に文献調査地域の公募への応募等の誘致を検討した 15 の自治体を示した。ここでは、さらに踏み込んで各自治体の誘致検討の経緯と撤回した理由を表 1.5.2-1 に示す。各自治体の撤回理由を調査したところ、鹿児島県の知事は反対理由として「技術面が未確立」を挙げていた。また、高知県東洋町は市民団体が反対理由の１つとして「HLW 処分時の安全性に不安」を挙げていた[68)、102)]。しかし、市民団体等が HLW 処分時の安全性について議論があったと見受けられる地域は東洋町の他にはなかった。そのため、次項では東洋町についてさらに詳しく調査した。

表1.5.2-1　各自治体の誘致検討の経緯と撤回した理由　（1／3）

		調査結果（抜粋）		調査結果の整理　（凡例　○：有り、－：無し）			
報道開始時期	市町村	誘致検討の経緯	撤回した理由	安全性の説明	安全性の議論	知事（県）の反対	周辺地域の反対
2003 年 4 月	福井県 和泉村（現：大野市）	村民委員会のメンバーが NUMO 説明を受ける等の誘致検討	地理的条件から判断して、誘致に向けた活動を行わないことを決定	NUMO の説明を受ける中で若干の説明があったと推定される	－：顕著なものが見当たらない	－：顕著なものが見当たらない	－：顕著なものが見当たらない
2003 年 12 月	高知県 佐賀町（現：黒潮町）	町民有志が町議会に請願を提出	県知事が受け入れない方針を表明 近隣市町村の議会も誘致に反対する決議案を可決 漁協が請願不採択を求める署名を町議会に提出 町長も安全性の観点から否定的な見解	NUMO による公式の説明会の中で若干の説明があったと推定される	－：同上	○：受け入れない方針を表明	○：議会も誘致に反対する決議案を可決
2004 年 4 月	熊本県 御所浦町（現：天草市）	財政再建に向けて、町議会全員協議会で大多数の町議が応募に賛成	周辺地域からは批判の声あり 町議会は、安全性の不安が解消されないことを理由に、誘致の白紙撤回を表明	町議の間で応募が検討された中で若干の説明があったと推定される	－：同上	－：顕著なものが見当たらない	○：批判の声あり
2005 年 1 月	鹿児島県 笠沙町（現：南さつま市）	町長が財源確保を理由に無人島への誘致を表明	知事は、技術が未確立であること、長期的な観点がないことなどを理由に、反対を表明 町議会全員協議会と合併問題調査特別委員会が誘致反対を決議 漁協も白紙撤回を求める要望書を町に提出	2002 年頃からの町役場内での誘致検討の中で若干の説明があったと推定される	－：同上	○：技術が未確立であること、長期的な観点がないことなどを理由に、反対を表明	－：顕著なものが見当たらない
2005 年 7 月	長崎県 新上五島町	地元 NPO や一部の町議が、財政難を背景に、誘致検討	知事は、被曝県であること、風評被害の恐れがあることなどを理由に反対を表明 町長も反対を表明 住民団体が誘致反対の要望書を町長に提出	水面下で、地元 NPO の活動の中で若干の説明があったと推定される	－：同上	○：被曝県であること、風評被害の恐れがあることなどを理由に反対を表明	－：同上

注）上表は山口[100]の調査結果を抜粋して表中に反映し、結果の整理を追記

表1.5.2-1 各自治体の誘致検討の経緯と撤回した理由（２／３）

		調査結果（抜粋）		調査結果の整理 （凡例 ○：有り、－：無し）			
報道開始時期	市町村	誘致検討の経緯	撤回した理由	安全性の説明	安全性の議論	知事（県）の反対	周辺地域の反対
2005 年 10 月	滋賀県 余呉町	財政再建を目的に、町議会で誘致の検討	県が難色を示したため、一旦断念	町議会で誘致が検討された中で若干の説明があったと推定される	－：顕著なものが見当たらない	○：難色を示した	－：顕著なものが見当たらない
2006 年 8 月	滋賀県 余呉町(再)	町長が町議会で、誘致の再検討を表明	住民からは水源汚染への懸念や交付金の食い逃げを批判する声あり 知事が水源県にふさわしくないと批判	説明会や住民参加の公開討論会の中で若干の説明があったと推定される	－：同上	○：水源県にふさわしくないと批判	－：同上
2006 年 8 月	鹿児島県 宇検村	交付金を得ることを目的に村が議会や村商工会役員を対象とした NUMO 説明会を開催	知事は、技術面の問題から、誘致計画への反対表明 →村長は誘致断念を正式表明	NUMO による説明会の中で若干の説明があったと推定される	－：同上	○：技術面の問題から、誘致計画への反対表明	－：同上
2006 年 9 月	高知県 東洋町	町幹部や町議および町長などが交付金を得るために NUMO の職員を招いた勉強会を開催	高知県知事は、誘致に反対の意向を表明 徳島県知事も風評被害の恐れがあると強い懸念を表明 周辺自治体も誘致に反対を表明 住民団体は誘致反対の署名を町長に提出 町議会は、放射性廃棄物の持ち込みに反対する決議 高知・徳島両県の知事は、経済産業省や NUMO に、住民の理解が得られていないことを理由に、調査を進めないよう要請 2007 年 4 月 26 日の出直し町長選挙で住民の信を問うたが、反対派の候補者が当選した。 新町長は、当選後すぐに応募を撤回した。	NUMO による説明会の中である程度の説明があった	○：反対意見の住民団体の反対理由の 1 つとして挙げられた	○：反対の意向を強く示し、調査が進まないように経済産業省や NUMO に要請	○：誘致に反対を表明 ○：隣県知事が風評被害の恐れがあると強い懸念を表明 ○：隣県知事も調査が進まないように経済産業省や NUMO に要請

表1.5.2-1 各自治体の誘致検討の経緯と撤回した理由（３／３）

		調査結果（抜粋）		調査結果の整理 （凡例 ○：有り、－：無し）			
報道開始時期	市町村	誘致検討の経緯	撤回した理由	安全性の説明	安全性の議論	知事（県）の反対	周辺地域の反対
2006 年 9 月	高知県 津野町	町民有志が誘致を求める陳情書を町議会に提出	周辺の各市町議会は、相次いで誘致反対を決議 県知事も反対意向を表明 周辺市町や住民の理解を十分に得ていないとして臨時議会で陳情書を全会一致で不採択	一部の町議が NUMO の説明を受けた中で若干の説明があったと推定される	－：顕著なものが見当たらない	○：反対意向を表明	○：相次いで誘致反対を決議
2006 年 12 月	長崎県 対馬市	交付金と経済効果を期待する誘致派住民の動きが活発	県知事は風評被害を懸念し、誘致反対を表明 市長も、農林水産業と観光業への風評被害を恐れ、誘致に否定的な考えを表明 誘致派･反対派双方の論争が続き、市民感情を二分する深刻な状況になる可能性を指摘 市議会が本会議で、誘致に反対する決議案を賛成多数で可決	市議主催で NUMO 参加の住民説明会の中で若干の説明があったと推定される	－：同上	○：風評被害を懸念し、誘致反対を表明	－：顕著なものが見当たらない
2007 年 2 月	福岡県 二丈町	一部の町議が中心となり、地元建設業者や町幹部らと共に説明会を開催	町長は、安全性に疑問があること等から反対の立場を明言	NUMO による説明会の中で若干の説明があったと推定される	－：同上	－：顕著なものが見当たらない	－：顕著なものが見当たらない
2007 年 3 月	鹿児島県 南大隅町	議員、町長、助役ら町幹部が出席した町議会全員協議会の中で説明会を開催	知事は観光や農産物に悪い影響のあるものはやめるべきと明言した。これを受けて、町長は、誘致を白紙撤回した 。	NUMO による説明会の中で若干の説明があったと推定される	－：同上	○：観光や農産物に悪い影響があるとコメント	－：顕著なものが見当たらない
2007 年 7 月	秋田県 上小阿仁村	村長は、財政再建のための有効な選択肢として誘致に意欲を示した	村議会など地元は強く反対 知事も、調査しただけで、交付金を出す国の政策を批判 村民の間に不安が広がり、この問題だけで支配され、本来的な行政が先に進まない点を理由に村長は誘致を撤回した	不明	－：同上	○：国の政策を批判	－：顕著なものが見当たらない
2009 年 3 月	福島県 楢葉町	町長が誘致を検討していることが新聞の報道で判明	県知事や周辺市町村からは、否定的な見解が示され、町議会も、プルサーマルの導入を優先すべきとの考えが強く、誘致に否定的な意見が多数を占めた 町長は、検討を事実上断念する姿勢を示した	不明	－：同上	○：否定的な見解を示す	○：否定的な見解を示す

(2) 高知県東洋町での経緯と安全性に関する議論

1) 高知県東洋町での経緯

高知県東洋町での出直し町長選挙に至る 2006 年 3 月 17 日～2007 年 4 月 22 日の間の主な経緯を整理し、表1.5.2-2 に示す。これらの引用元[68),102),103)]では、インターネット上の情報を含めて経緯等を詳細に調査した。また、表1.5.2-2 の右欄には本文で引用するために時間の進捗に伴い変化していった情勢に合わせて以下のようなⅠ～Ⅳの節番号を付した。

Ⅰ：一旦提出された応募書類が後日返却されるまでの期間
Ⅱ：東洋町内の勉強会から反対派の市民団体の結成までの期間
Ⅲ：反対活動の隆盛から町長の判断による再応募までの期間
Ⅳ：応募反対の議会採決から反対活動等により騒乱状態となった期間

表1.5.2-2 のⅠ節は前述した要領に則って一旦提出された文献調査への応募書類が、後日、東洋町長の意志で返却された経緯を示している。Ⅱ節は 2006 年 7 月～12 月の半年間で東洋町の中での勉強会の開催からマスコミ報道と知事の声明に端を発した反対派の市民団体の結成の経緯を示している。この頃よりインターネットのブログに多くの反対声明が記載されるようになった。2007 年に年が明けてのⅢ節は市民団体の反対活動が活発になり、勉強会を開催し、署名・応募反対嘆願等を行った経緯と、町長の判断による再応募までの経緯を示している。この段階よりマスコミが積極的に取材・報道するようになった。Ⅳ節は 2007 年 2 月～4 月の 3 カ月間であるが、議会での応募反対の採決、町長の辞職勧告、辞職・出直し町長選挙に至るマスコミ・反対派活動家等により騒乱状態となった経緯を示している。

本研究では高知県東洋町の例で言えば、新聞報道等があった 2006 年 9 月上旬が「話題の表面化[11]」があった時期であり、また、マスコミ・反対派活動家等により騒乱状態が始まった 2007 年 1 月中旬～下旬が「話題の顕在化[12]」があった時期と考える。

11 話題の表面化とは、当該の地域が HLW 処分事業に興味を持ち、勉強会等を踏まえて検討していることがマスコミ等の報道により公開される時点を指す。

12 話題の顕在化とは、話題の表面化以降の情勢より、反対意見の市民団体等の活動家やマスコミが当該の地域で展開し、地域住民にとって騒々しいと感じる状態（騒乱状態）が始まる時点を指す。

表1.5.2-2　高知県東洋町の出直し町長選挙に至る経緯[68)、102)、103)]

年月日		経緯の内容	節
平成18年（2006年）	3月17日	NPO法人が当時の高知県東洋町・田嶋町長に説明	I
	3月20日	東洋町長が、NUMOに文献調査の「応募書類」を提出	
	3月28日	「機が熟してからでも遅くない」と「応募書類」を一旦返却	
	7月18日	町議会(広報委員会)で東洋町長が議員勉強会の開催を提案	II
	8月 8日	議員勉強会を開催（議員10名のうち、9名が出席）	
	9月 5日	高知県・橋本知事が自らのブログで問題点を指摘する声明を発表	
	9月10日	高知新聞が「東洋町でも応募の動き、勉強を続ける」と報道	
	9月19日	東洋町在住プロサーファーが「検討自体に反対」陳情を要請	
	9月24日	町議会が住民説明会を開催（NUMO参加、約160名参加）	
	9月28日	町内の各種団体の代表者を対象に勉強会開催（一部町民も参加）	
	10月 1日	東洋町主催の住民説明会を開催(約100名参加、翌日も開催)	
	10月10日	応募に反対する徳島県海陽町在住の有志（サーファー）らが「東洋町を考える会」を結成。	
	10月上旬	同プロサーファーが「生見海岸を愛する全国有志一同」を結成	
	11月19日	東洋町を考える会が「みんなで考えよう高レベル放射性核廃棄物」を開催（講師：原子力資料情報室・西尾漠 氏）	
	11月21日	徳島県海部郡３町長が東洋町長に慎重な対応を申し入れ	
	12月19日	「東洋町を考える会」が反対の署名活動を開始	
	12月22日	METI、NUMOが参加し、東洋町で全議員協議会を開催	
平成19年（2007年）	1月15日	「東洋町を考える会」が応募中止請願書（第1次署名）を提出（町内署名2129筆（人口比約62%)、町外署名2805筆）	III
	同日	「生見海岸を愛する全国有志一同」が反対署名を提出（町内署名2201筆（人口比約64%)、町外署名35214筆）	
	同日	「東洋町の核廃棄物埋設施設建設に反対する県民連絡会」の沢山氏（後の町長）が質問し、3月20日の「応募書類」が発覚。	
	1月22日	議員協議会で東洋町長が「応募書類」を釈明。	
	1月24日	東洋町長は２５日にNUMOの文献調査に応募すると表明	
	1月25日	東洋町長がNUMOの文献調査に応募	
	2月 7日	有志が町条例制定の直接請求署名を1453名分(有効1398人)提出（有効署名人数は当時の町内の有権者数比約47%)）	IV
	2月 9日	臨時町議会で応募反対の請願が採択	
	同日	議会が「東洋町長に対する辞職勧告決議案」を可決	
	2月13日	東洋町役場前で候補地応募撤回を訴えた住民決起大会が開催	
	2月22日	高知県・橋本知事、徳島県・飯泉知事がMETI、NUMOを訪問	
	2月27日	「東洋町の自然を愛する会」主催の公開討論会	
	3月 1日	町条例制定の直接請求署名が1398名で確定（町選管）（有効署名人数は当時の町内の有権者数比約46.5%）	
	3月 2日	町民有志が町条例制定を東洋町長に本請求	
	3月13日	東洋町議会が前町長に対して２度目の辞職勧告決議。	
	3月15日	東洋町長の解職請求を進める「リコールの会」を結成。	
	3月22日	「放射性廃棄物持込み禁止条例」が町議会で可決（５対４）	
	3月24日	高知大学工学部教授が「国内で最もまずい場所」と新聞発表	
	4月 5日	東洋町・田嶋町長が辞職	
	4月 6日	橋本知事が東洋町を訪問し、田島氏と会談	
	4月17日	出直し町長選挙が告示。賛成派田嶋氏と反対派沢山氏の一騎打ち	
	4月22日	出直し町長選挙で反対派が勝利（沢山氏1821票、田嶋氏761票）	
	4月23日	東洋町・沢山新町長が「応募書類」を取り下げ	

情勢に合わせた区分　Ⅰ：一旦提出された応募書類が後日返却されるまでの期間
Ⅱ：東洋町内の勉強会から反対派の市民団体の結成までの期間
Ⅲ：反対活動の隆盛から町長の判断による再応募までの期間
Ⅳ：応募反対の議会採決から反対活動等により騒乱状態となった期間

2) 東洋町での紛争の政治過程分析

西郷ら[104]は、今後の処分地選定においても懸念される対立の緩和に資する教訓を得るため、東洋町での紛争の政治過程分析・対立要因の抽出・解決策の導出・解決策のシナリオ分析を行っている。西郷ら[104]は、2006 年から 2007 年にかけて高知県東洋町で発生した HLW 処分地候補の文献調査の応募を巡る紛争においては、住民間で激しい対立が起きて冷静な議論ができず、町内に禍根を残したと述べている。その結果、公募に基づく当時の HLW 処分地選定制度に起因し、住民の対立感清や住民間の禍根といった問題の解決を困難にしている要因の一つとして、「自ら応募し、交付金を受け取るという構図」の存在により、金目当ての応募であるという批判に反論できないという要因を抽出したと述べている[104]。つまり、ここには実際の人間関係や利権等が関与する誘致に係る議論になると机上の安全性や経済性の範囲の議論では対処することが難しいことと、周囲から背を押されるのではなくて金目当てに自ら応募する構図になってしまうことによる難しさがあることが示されている[104]。

3) 高知県東洋町での安全性に関する議論

東洋町の検討状況は 2006 年 9 月上旬に新聞等で報道され、公知のものとなった[68),102),103)]。HLW 処分の安全性は村が主催した住民説明会（2006 年 9 月 24 日）と全議員協議会（同 12 月 22 日）および市民団体が主催した「みんなで考えよう高レベル放射性核廃棄物（同 11 月 19 日）」、「高レベル放射性廃棄物の地層処分は安全か（2007 年 2 月 27 日）」等で説明された[102)]。HLW 処分の安全性は、これらの説明会の中である程度の説明があったことがインターネット等の各種情報により確認[68)、102)、103)]されている。

当時の町長だった田嶋[105)]は、市民団体の反対の理由とするものは表1.5.2-3 に示す 2 点だったと述べている。すなわち、「一度公募に応募してしまえば途中で引き返せない」と「HLW 処分時の安全性に不安」であり、これらは同様に各種情報でも確認[68)]されている。2 点目の「HLW 処分時の安全性に不安」について反対意見の市民団体により「ガラス固化体 1 本で、広島原爆の約 30 発分に相当」、「容器に近づけば 20 秒で即死」等が主張された[68)] ことは確認できたが、インターネット等で各種情報を調査した範囲では説明会以外の場において、これらの主張を含めて安全評価の中味そのものが議論された形跡が見当たらなかった[68)、102)、103)]。

(3) 高知県東洋町での安全性に関する議論のまとめ

ここでは高知県東洋町での経緯と安全性に関する議論を詳細に調査した。

東洋町では議員による勉強会の開始以降、9 カ月間の議論のうち、前半は話題の表面化を踏まえて反対派の市民団体の結成と反対活動の隆盛であり、後半は話題の顕在化に伴い政治的活動、反対意見の活動家・マスコミを含めた騒乱状態となっている。ここに

は実際の人間関係や利権等が関与する誘致に係る議論になると机上の安全性や経済性の範囲の議論では対処することが難しいことと、周囲から背を押されるのではなくて金目当てに自ら応募する構図になってしまうことによる難しさがあることが示されている[104)]。

また、東洋町では HLW 処分時の安全性は話題に上りつつも十分に議論された形跡がなく、 地域住民が自らこの中味を理解し、吟味した上で態度を決めた訳ではないと考えられる。

表1.5.2-3　東洋町で市民団体の反対の理由とした 2 点のポイント[105)]

No	反対の理由	反対理由に対する議論
１点目	一度公募に応募してしまえば途中で引き返せない	「段階的なプロセスを踏むこと」については、法律（最終処分法）条文に記載されていることが説明され、国会答弁[106)]で確認されたが、事業側（推進側）の説明は理解・同意されなかった。
２点目	HLW 処分時の安全性に不安	インターネット等で各種情報を調査した範囲では議論の過程で中味が議論された形跡が見当たらない[68)、102)、103)]

1.5.3　HLW 処分に関する国民の意識調査

上述の高知県東洋町の経緯の後となる時点で、内閣府は、原子力に関する国民の意識を調査し、今後の施策の参考とすることを目的に、全国の一般市民を対象に「原子力に関する特別世論調査 2009」（以下、「特別世論調査 2009」という）[107)]を実施している。その中の HLW 処分に関係するものを以下に示す。

(1) 高レベル放射性廃棄物処分に対する責任の考え方

特別世論調査 2009[107)]は 2009 年 10 月に全国の 20 歳以上の 3,000 人を対象に、調査員による個別面接聴取（回収率 61.7%）を行っている。ここでは、原子力発電に関する認知度・感じ方・安心／不安な理由等の質問項目について調査した。また、HLW 処分に対する責任、HLW 処分場設置の是非等の質問は、次の【資料】を提示してよく読んでもらってから質問したと述べられている。

【資料】
原子力発電で使用するウラン燃料は、リサイクルすることができますが、放射能レベルの高い「高レベル放射性廃棄物」と呼ばれるリサイクルできない廃棄物が残ります。
我が国では、「高レベル放射性廃棄物」は、ガラスで固めることにより放射性物質をしっかりと閉じこめ、自然災害や人による影響を受けにくい３００m以上の深さの安定した地層に、地層処分することとしています。
「高レベル放射性廃棄物」はすでに発生しているものであり、その処分について取り組まなければなりません。「高レベル放射性廃棄物」の処分方法については、これまで国際機関や世界各国でいろいろ検討されてきました。その結果、地層処分が現時点でもっとも問

題点が少なく、確実であることが世界共通の認識となっています。
すでにフィンランドやスウェーデンでは最終処分地が決定していますが、我が国ではまだ処分地は選定されていません。

特別世論調査 2009[107]の Q4 で「HLW 処分地を、私たちの世代が責任をもって、速やかに選定するべきだと思いますか」と尋ねた結果を図1.5.3-1 に示す。図1.5.3-1 よれば、日本では「そう思う」＋「どちらかと言えばそう思う」の小計で 82.2%の者が自分の世代責任をもって、速やかに選定するべきだと考えていることが判った。

Q4　あなたは、高レベル放射性廃棄物の処分地を、私たちの世代が責任をもって、速やかに選定するべきだと思いますか

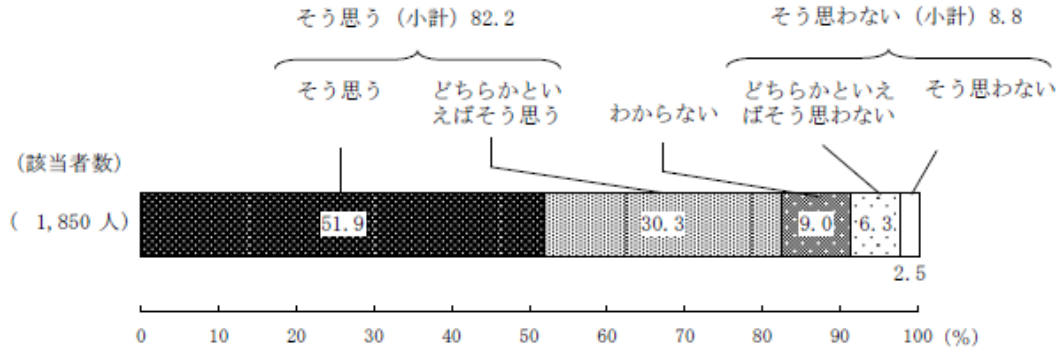


図1.5.3-1　高レベル放射性廃棄物処分に対する責任の考え方[107]

また、EU が 2008 年 3 月に実施した同様の意識調査（EB297）[108]では、EU27 カ国の一般市民 26,746 人のうちの 83%～97%の HLW に関する課題は自分の世代で解決すべき課題と認識していることが報告されている。なお、EB297[108]の調査手法等については4.1.2　(2) 項でさらに詳しく述べる。

これらによれば、日本の一般市民の廃棄物処分に対する責任の考え方は EU 諸国と比較して高い数値ではないが、自分の世代で解決すべき課題と認識が過半数を占めていることが判った。

(2) 高レベル放射性廃棄物処分場設置の是非の考え方

前述の 2009 年に内閣府が行った特別世論調査 2009[107]の Q5 で「自分の居住する市町村または近隣市町村が HLW の処分場の設置を計画した場合、どのようにお考えになりますか」と択一回答で尋ねた結果を図1.5.3-2 に示す。図1.5.3-2 によれば、日本では「どちらかと言えば反対である」＋「反対である」の小計で 79.6%の者が自分の家の近くに HLW 処分場を立地することに反対していることが判った。

また、前出の EB297[108] では、別の質問文への考察として「最も衝撃的な結果は、EU のすべての国の回答者において、放射性廃棄物の処分場の環境と健康への潜在的効

果は、自分の家の近くのそのようなサイトがもたらすことは最も厄介な局面であると考えられている」と述べている。

すなわち、日欧共に HLW 処分に対する責任という全国ベースの一般的な議論には賛成するが、自分の居住する地域には処分場を立地して欲しくないという典型的な NIMBY（Not In My Back Yard）[109]の傾向にあることが示されている。

Q5　あなたは、自分の居住する市町村または近隣市町村が高レベル放射性廃棄物の処分場の設置を計画した場合、どのようにお考えになりますか

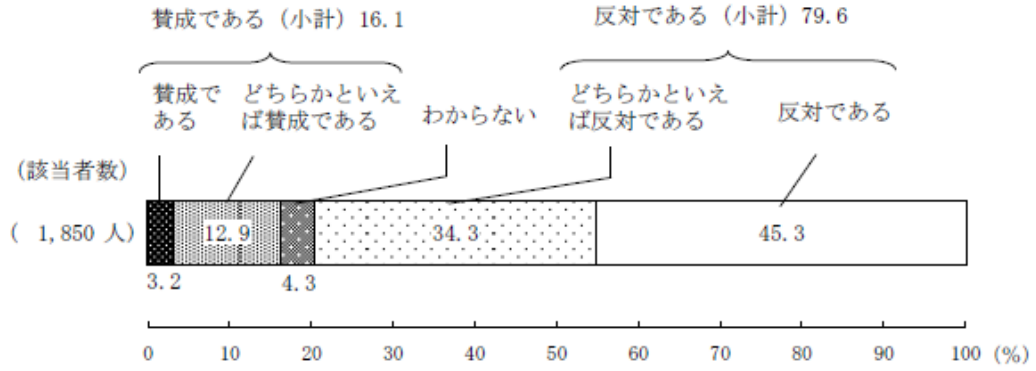


図1.5.3-2　高レベル放射性廃棄物処分場設置の是非[107]

(3) HLW 処分に関する国民の意識調査のまとめ

内閣府の特別世論調査 2009[107]の結果によれば、現在の日本の一般市民の過半数が自分達の世代が責任をもって速やかに HLW 処分場を選定するべきと考えていると報告されている。しかし、自分の居住する市町村または近隣市町村への HLW 処分場の設置については過半数が反対していると報告されている。すなわち、HLW 処分に対する責任という全国ベースの総論には賛成するが、自分の居住する地域には処分場を立地して欲しくない、すなわち各論には反対という典型的な NIMBY[109]の傾向にあることが示されている。

これらによれば、日本の一般市民の廃棄物処分に対する責任の考え方は EU 諸国と比較して高い数値ではないが、日欧共に NIMBY[109]の傾向にあることは同じである。そのため、全国で 1 箇所しか必要とされない HLW 処分の場合は NIMBY[109]になりがちな社会問題のパターンとして認識し、社会科学的な手法を用いて取り組むことが必要である。

1.5.4 専門家同士の HLW 処分時の安全性に係る議論の現状

前述では HLW 処分時の安全性は話題に上りつつも、科学技術の専門家と一般市民との間で内容は十分に議論されていないことを示した。また、専門家と非専門家間の科学技術コミュニケーション全般としても難易度の高い専門的な技術情報の内容について十分な議論ができていないものと考えられる。ここでは、HLW 処分時の安全性等の専門的な技術情報に関して推進の是非について意見を異にする専門家同士が議論した例を調査した。

(1) 事例１：第２次取りまとめに関する誌上での議論（1999～2001)

核燃料サイクル開発機構（JNC）が 1999 年に発行した第 2 次取りまとめ[12)]のいくつかの内容に対して、科学技術的な知見を有する 7 名の構成員から成る地層処分問題研究グループ（以下、「地問研」という）が報告書（以下、「批判レポート」という）[110)]を 2000 年 7 月に公開し、批判した。また、これに対して JNC は批判に対する見解をまとめた報告書（以下、「JNC 見解レポート」という）[111)]を 2000 年 10 月に公開した。これらの報告書では①地質環境の長期安定性（地震・断層活動等)、②工学技術と深部坑道の安定性（岩盤物性、坑道の力学的安定性)、③人工バリアの特性（ガラス固化体の全溶解までの期間、オーバーパックの腐食寿命等)、④地下水シナリオに基づく安全評価等の科学技術的な内容について説明され、お互いの見解が述べられている。また、その後、双方が現代科学の最新動向を的確かつ平易に解説することを趣旨とする雑誌「科学」[112)-114)]で意見を述べている。

両専門家による誌上での討論では、同じ条件なら誰がやっても同じ答えが得られ、再測定・再実験も可能な科学的な事実である①地質環境等の現象の測定結果や、③人工バリアの特性等の室内実験結果は、議論すれば両専門家の認識や理解は近づいている。しかし、技術開発の進め方、処分シナリオ・安全評価等の将来の予測結果および今後の科学技術の進歩への認識等の人為的な要素を含んだ評価結果の部分は議論しても双方の見解・主張の間の溝は埋まらず、①地質環境の長期安定性と④地下水シナリオに基づく安全評価等について平行線のままで合意に至らなかった（詳細は3.2.2 (1) 7) 項に後述)。また、石橋[115)]は2001年6月時点で主に地質関係の部分について同意できないことを学会報告している。後述の通り、両専門家は十分に能力がある科学技術の専門家であるが、数年の歳月をかけてようやく現象の測定結果や室内試験結果といった科学的な事実について合意に近づいている。しかし、これだけの労力をかけても、将来の予測結果、今後の進め方や科学技術の進歩への認識等の人為的な要素を含む評価結果については、専門家間で合意に至らなかった場合がある。

(2) 事例２：公開討論 「地層処分シンポジウム 2002」[116] での討論

2000 年～2001 年にかけての上述の議論の後、2002 年 9 月には経済産業省（METI）、NUMO、JAEA 等の推進側の賛成意見の本分野専門家と原子力資料情報室、高木学校等の反対意見の他分野専門家が対峙した公開シンポジウム「地層処分シンポジウム 2002」[116]が両者の共催で開催された。このシンポジウム[116]では、時間の制約もあり技術的な部分に関して突っ込んだ討論とはなっていないが、不確かさを考慮しても地層処分の安全性を十分に確保できるかどうか等の論点について前項と同様の議論が反復された。また、地問研が 2004 年に公開した総括報告[117]では、地質環境の長期安定性および地下水シナリオに基づく安全評価の論点に基づく上述と同様の意見が述べられた。すなわち、これらの論点は、その後 2004 年に至るまで平行線のままであったものと考えられる。

(3) 事例３：HLW 地層処分に係るオープンフォーラムでの討論[120)、121)]

八木・北村ら[118),119)]は、「異なる意見の相手方を理解し、よりかみ合う議論をすること」を目的に、対話フォーラムと呼ぶ原子力施設の立地地域住民らとのコミュニケーション研究を実践している。さらに、原子力、特に HLW 処分のありかたについての社会的合意形成を目的とし、推進派と反対派の科学技術の専門家同士による対話を公開討論で行うオープンフォーラム[120)]が開催されている。オープンフォーラム[120)]では異なる意見をもつ専門家同士が壇上で本音で討論を行い、それぞれが一方的な主張を行うのではなく、双方の間に『対話』が成立する枠組みを構築することを目的の１つとしている。事前に設定された鍵となる「質問に専門家」が答え、その後、お互いの主張に対してコメントし、最後に会場からの質問を受け付ける形式で進められた。オープンフォーラムは 2007 年 10 月 27 日に第１回[120)]を開催し、コミュニケーション「場」を改良して 2008 年 8 月 30 日に第２回[121)]を開催した。

第２回オープンフォーラムの総括報告[121)]では、原子力に対して否定的な見解を持つ参加者より、場の公正さを高く評価されたと述べている。しかし、専門家間で議論は深化したが、表1.5.4-1 に示す通り、評価・認識の食い違いは埋まらず、意見の歩み寄りはなかったと述べている。また、見解や対応の違いを生じる原因として評価プロセスの技術的妥当性への疑問と結果への価値判断の相違の２点が上げられている。結論としては原子力の支持／否定に関する基本的な認識相違に起因する対立は全く解消していないと述べられている。

表1.5.4-1　摘出された両専門家の評価・認識の食い違い

<table>
<tr><th></th><th>推進側専門家の意見</th><th colspan="2">反対意見の専門家の意見</th></tr>
<tr><td>①</td><td>科学に限界があることには同意するが、考え得るあらゆるケースに対して安全性を評価し、不確実性を減らすための最大限の努力を行っている</td><td colspan="2">概ね了解</td></tr>
<tr><td>②</td><td>それでもなお予期できなかった事柄によって発生し得る最悪の事態、およびその影響についても検討している</td><td>左記への技術的妥当性が疑問</td><td rowspan="2">これらが、「科学技術の限界」に関する見解や対応の違いを生じる原因となっている可能性がある。
そのため、さらに議論を深化すべき課題である。</td></tr>
<tr><td>③</td><td>地層処分のリスクをゼロにはできないが、地層処分が行えず、原子力をやめた場合に生じるリスクと比較して考慮して欲しい</td><td>左記への価値判断の相違</td></tr>
</table>

注）第２回オープンフォーラムを総括した学会報告[121]の文字情報を整理して筆者が表を作成

(4) 専門家同士の安全性に係る議論のまとめ

誌上およびオープンフォーラム[120]等での推進側機関／反対意見の両専門家による HLW 処分時安全性の議論においては、評価プロセスの技術的妥当性への疑問および結果への価値判断の相違により、現状では認識と理解を共有できていない。そのため、まずは、専門家間で HLW 処分時の安全性等の専門的な技術情報については、少なくとも科学的な事実については共通の理解の下で、円滑に議論できるようにする必要があるものと考えられる。その上の専門家個人の価値観より決まるリスクのエンドポイントとの比較において論理的に判断した結果の違いについては、科学技術の専門家が聴衆（一般市民等）に判りやすく明確に説明する必要があると考えられる。

1.5.5　HLW 処分の安全性に係る非専門家と専門家間の議論のまとめ

高知県東洋町を事例とした一般市民等との安全性に係る議論では、一般市民等は HLW 処分時の安全性に不安はもっているが、議論には及んでいない。すなわち、これは slovic[34]が指摘した恐ろしさと未知性に支配されたリスク認知であるとの範囲を出ていないものと考えられる。しかし、特に文科系出身の一般市民が科学技術の基礎（例えば指数関数の見方、被ばく線量当量の Sv（シーベルト）等の単位と重篤度における意味）から学び、空間的・時間的な理解と解釈という意味でも難易度の高い HLW 処分時の閉鎖後安全性を短い時間で理解することは容易ではない。

一方では、高知県東洋町のようにここには実際の人間関係や利権等が関与する誘致に係る議論になると机上の安全性や経済性の範囲の議論では対処することが難しいことと、周囲から背を押されるのではなくて金目当てに自ら応募する構図になってしまうことによる難しさがあることが示されている[104]。

専門家同士の安全性に係る議論では、過去の誌上での議論[110)-115)]と公開討論での再度の議論[116)、117)]およびオープンフォーラムでの議論[120),121)]の3件の事例とあまり多くない。過去の誌上での議論[110)-115)]では現象の測定結果や、室内実験結果等の科学的な事実は議論すれば両専門家の認識や理解は近づいている。過去の誌上での議論[110)-115)]という時間のかかる討論の方法であったこともあるが、この認識や理解が近づくのに2年以上の時間を要している。一方、将来の予測結果、今後の進め方や科学技術の進歩への認識等の人為的な要素を含む評価結果については、処分時安全性の評価プロセスの技術的妥当性への疑問および結果への価値判断の相違により、現状では認識と理解を共有できていない。

このような状況にあるのも、これまでの技術による説明と対話が十分ではないことが１つの原因であり、従来の方法を見直す必要がある。すなわち、今後、地方公共団体の立地検討に係る文献調査へ応募することを喚起するにせよ、文献調査応募後にさらに地域住民の多数の理解を得ていくにせよ、わが国に見合った原子力の社会的受容を進める必要がある[68)]。

まずは、本分野と他分野の専門家間でHLW処分時の安全性等の専門的な技術情報について説明し、少なくとも科学的な事実については共通の理解の下で、円滑に議論できるようにする必要があるものと考えられる。その上で専門家個人の価値観より決まるリスクのエンドポイントとの比較において論理的に判断した評価結果の違いについては、専門家間で討論する必要があるものと考えられる。科学技術の専門家は、専門的な技術情報を正確に理解・把握した上で個人の価値観より決まるリスクのエンドポイントとの比較において論理的に判断した結果について、配慮と寛大さをもって一般市民等に判りやすく明確に説明する必要があると考えられる。

1.6 HLW 処分に対する各分野の社会科学的な視点の統合

現世代にとって原子力エネルギーの利用は正(プラス)であるが、将来世代にとって放射性廃棄物の蓄積は負(マイナス)の遺産であると言われている。しかし、人類が生活を営む以上、将来世代に対して負の遺産を、一切残さないものはない。例えば、木材資源や化石燃料をエネルギー利用しても温室効果があると言われる CO_2 ガスと重金属等を含んだ灰などの廃棄物は残る。それ故に、地球が固有に持つ自然の自己修復性と人類に容認されるリスクの範囲の中で、放射性廃棄物の処理処分を現在の最善の技術で迅速に行い、まずは現世代での安全性と経済性を確保することが重要である。近年の遺跡調査の事例から言っても、一度掘削したことで空間として存在した地層処分場が埋まったとしても、これを再度掘り直すことが難しいとは思えない。坑道部分は一度破砕されて掘り易くなっており、周囲の部分は初期の岩盤のままで強度を支えるため最初に掘削するより容易な筈である。原子力エネルギーの利用等を礎に現代よりも科学技術が一層進歩した将来において、より高い安全性を確保するために処分場システムを改良したり、廃棄物中に含まれる物質を資源として使用する方法を獲得したりする際に、現代の軽微な負担で技術的に対応し易くしておくことが重要である[122]。これが現世代と将来世代に対してバランスがとれた姿勢であるものと考えられる。放射性廃棄物の処理処分に関しては、これまでに得られた知識を正しく理解し、"どこまでの安全性の確保をすれば地球上の全生物にとって安全であるのか"を、自分の子孫のために冷静に判断し、処分がなるべく早い時期に実施できるよう国民の合意を得ることが望まれる[122]。

ここでは前述した HLW 処分に対する各分野の社会科学的な視点を統合し、科学技術の専門家による専門的な技術情報が理解され、HLW 処分事業を一般市民等の合意の上で進めるために解決すべき課題を摘出する。

1.6.1 各研究分野からの社会科学的な視点の摘出

1.1 ～1.5 節で前述した研究の背景から、本研究の目的を導出するにあたり、各研究分野からの社会科学的な視点を摘出し、以下に整理した。

(1) 原子力の科学技術からの視点

科学技術の専門家と組織への信頼をどのように確保していくかが今日の原子力分野にとって重要な課題である。また、HLW 処分では受動的なシステムによる安全担保や不均質で大きな空間領域による不確実性および主坑の維持期間、主坑埋め戻し後のモニタリング手法については技術的側面の強い課題であるが、①長い時間軸による世代間の公平性、②閉鎖後のモニタリング期間、③可逆性と回収可能性、④世代内の段階的なアプ

ローチについては科学技術の範囲に留まらず、社会科学的な要因を含んだものもある。そのため、これらについては文・理融合した学際研究として解決策を見出していくことが必要である。

(2) リスクに関する研究からの視点

1) 学際交流からの視点

木下[64]は、HLW処分は高度の技術的問題を抱えているだけではなく、その背後に、複雑な心理的・社会的・経済的・政治的リスク特性を持っていると述べている。従来は主に科学技術の専門家が技術論的な見地から決定や配慮がなされ、心理的・社会的・政治的な背景を持つことにあまり考慮が払われてこなかったと指摘している。一方、人文・社会科学の専門家は、問題となっている技術の中味や現場の知識に乏しく、このレベルの学問的議論からは具体的な解決策は見えてこないと述べている。

そのため、両者が現状で依って立つ立場からではHLW問題は解けず、そこには文・理を融合したエンジニアリング的発想が必要である。

2) 社会心理学研究からの視点

木下[35]が述べるように原子力等の科学技術について一般市民等は、自己責任でリスクを回避することは困難であり、信頼する他者にそのリスクマネジメントを依存しなければならない。山岸[48]が述べる通り、この信頼への結びつきは「能力」、「意図（動機付け）」であると従来から言われており、科学技術に対する場合は中谷内[51]によりこれらと「主要価値類似性」を加えた新たな統合モデルが提唱されている。

この統合モデル[13]は中谷内ら[49]によりGMOへの適用が検証されており、信頼への結びつきは高関心者にとっては価値類似性が、低関心者にとっては動機付け（または意図）要因の中の公正さが強いと述べている。さらにそこでは土田ら[57]が述べるように科学技術基準に関する理性的訴求が最も重要とされる論点となる可能性がある。

そのため、信頼の構造を理解し、高木ら[54]が指摘する監視機能をもち、外部性があることで信頼できる本分野以外の科学技術の専門家（すなわち、他分野専門家）またはその専門家集団を設け、関心や知識のレベルに応じた説明の方法（説明プロセス）を考えていくことが必要である。他方、典型的なNIMBY[109]型の社会問題であることが指摘されており、NIMBY[109]としての視点で社会科学的な解決手法を見いだすことが必要である。

3) リスク研究からの視点

現状ではHLW処分は、高い安全性を求めるが余り、費用との相関を議論されていな

[13] 本論文の作成時点（2010 年 6 月）では SVS モデルを加えた統合モデルは原子力、特に HLW 処分分野に適用できることがまだ確認（検証）されていない

いことから経済原則が働かず、際限なく安全性だけを求める動きとなっていた。しかし、木村ら[59),60)]が原子力政策で示したように、ベネフィット認知は原子力への賛否の判断に大きく寄与する因子である。そのため、HLW処分においても、安全性に関する情報と共に費用（経済性）に関する情報を提示し、中西[61)]が提唱するリスク・ベネフィットの原則に基づく議論を行うことが必要である。

従って、信頼を得ることが先決であるが、信頼を得た上で、かかる費用と、達成される安全レベルの関係を示して、どこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を人文・社会科学・自然科学の全ての分野の専門家も交えてオープンに議論を行っていくことが重要である。そのためには、まず、費用の情報を取り込むことにより、従来のHLW処分の安全性等の説明内容と説明の方法を見直すことが必要である。

(3) 科学技術コミュニケーションからの視点

1) 科学技術の専門家の配慮と寛大さの視点

Wynne[71)]は公衆と向かいあった科学者側の配慮と寛大さと、科学学術団体による一般市民等と対等な内省的（reflexive）な対話が不足していることを指摘している。そのため、これからの科学技術の専門家は、その開発と利用を推進するのは本来の職務として当然ながら、前述の「科学技術の利用に係る影響予測とアカウンタビィティの能力」と「科学技術のインフォームド・コンセントと自己制御の能力」を育むことが必要である。

2) 一般市民の科学技術的な知識を満たす試みの限界からの視点

近年の英国では、現在も論争中にようであるが、PUSをいくら重ねても科学技術への知識とそれへの肯定的な態度との間の小さい正の相関があるか、あるいはゼロであるとの指摘[77)]もある。また、西條ら(2008）[96)]は、知識の有無と科学・科学者の受容には関連がないとしている。さらに多くの一般向けイベントでも大半の来場者はいわゆる「科学好き」と指摘しており、「科学好き」ではない人々は来場することが期待されていないものと考えられる。

一般にこれらの人々は科学技術のリスクマネジメントの大部分を他人に委せるか、あるいは善し悪しの判断を回避または延期することが予想される。

従って、一般市民等の科学技術的な知識を満たす試みには興味という点でも限界があり、その限界を前提とした上で説明プロセスを考えていくことが必要である。

3) 媒介的な役割の要件からの視点

土屋ら[99)]は、媒介的な役割を担う“ファシリテーター”の必要性を指摘している。今後、この媒介的な役割の能力や意図、さらには主要価値類似性等の要件を分析し、

具体化していくことが必要である。

4) 専門家と一般市民の双方の知恵と努力と信頼関係

上述の問題を解決し、科学技術が社会的に有効で有意義な便益を持続的にもたらすためには、科学技術の専門家と一般市民の双方の知恵と努力が必要である。但し、一般市民へ説明する科学技術の専門家は、専門家個人としても専門家集団の組織としても一般市民から信頼を得ることがその前提である。

(4) HLW 処分の安全性からの視点

1) 一般市民との対話からの視点

高知県東洋町を事例とした一般市民等との議論では、一般市民はHLW処分時の安全性に不安はもっているが議論には及んでおらず、これは恐ろしさと未知性に支配されたリスク認知であるとの範囲を出ていないことが判った。一般市民が科学技術の基礎から学び、空間的・時間的な理解と解釈という意味でも難易度の高いHLW処分時の閉鎖後安全性や経済性等の専門的な技術情報を短い時間で理解することは容易ではないものと考えられる。

従って、西郷ら[104]が指摘しているように、周囲から背を押されるのではなくて金目当てに自ら応募する構図を避ける方法等を考慮することが必要である。

2) 専門家同士の討論からの視点

過去の推進側機関／反対意見の両専門家によるHLW処分時安全性の議論の事例では、現象の測定結果や室内試験結果という科学的な事実については時間をかけて議論すれば合意に近づくが、評価プロセスの技術的妥当性への疑問および結果への価値判断の相違により、現状では認識と理解を共有できていないことが示された。

そのため、まずは、本分野専門家と他分野専門家との間でHLW処分時の専門的な技術情報については、少なくとも科学的な事実については共通の理解の下で、円滑に議論できるようにすることが必要である。その上で専門家個人の価値観の相違からくる判断結果の相違について、配慮と寛大さをもって一般市民等に判りやすく明確に説明することが必要である。

1.6.2 解決すべき課題に至る集約と区分

前節で摘出した社会科学的な視点を集約し、時系列と内容で区分することにより、本研究において取り扱う解決すべき課題を明らかにする。

(1) 社会科学的な視点からの課題の集約と区分

ここでは前項で摘出した各研究分野からの社会科学的な視点を集約し、時系列と場所と内容で 1）文・理融合した異分野専門家間の社会科学的な議論、2）他分野専門家への専門的な技術情報の説明と討論、3）専門家と一般市民等との説明と対話の３つに区分し、以下に主なものを列挙した。すなわち、1）は HLW 処分を行う冒頭の段階で立地場所に関係なく科学技術と人文・社会科学の専門家で行う社会科学的な議論である。2）主に科学技術の専門家間で行う専門的な技術情報の説明と討論である。但し、時系列は冒頭から立地を経て閉鎖まで、場所は立地場所に関係ない段階から立地地点を前提にした段階までである。3）は 1）と 2）を合わせ、それぞれ議論を終えた人文・社会科学と科学技術の専門家から一般市民等が説明を受け、対話する段階である。

1) 文・理融合した異分野専門家間の社会科学的な議論

・科学技術と人文・社会科学の専門家が現状で依って立つ立場からでは HLW 問題は解けず、そこには文・理を融合したエンジニアリング的発想を必要である[64),65)]。

・長い時間軸による世代間の公平性、閉鎖後のモニタリング期間、可逆性と回収可能性、世代内の段階的なアプローチ等は科学技術の専門家のみではなく、社会科学的な議論を行うべき内容である[29)]。

・HLW 処分は典型的な NIMBY[109)]型の社会問題であるとしての視点で社会科学的な解決手法を見いだすべき内容である。

・そのため、これらについては文・理融合した学際研究として解決策を見出していくことが必要である[65)]。

2) 他分野専門家への専門的な技術情報の説明と討論

・科学技術の専門家の配慮と寛大さが必要[75)]であり、専門家は「科学技術の利用に係る影響予測とアカウンタビィティの能力」と「科学技術のインフォームド・コンセントと自己制御の能力」を育む必要がある。

・一般市民等の科学技術的な知識を満たす試み[77)]には興味[95)]という点で限界がある。また、短い時間で難易度の高い専門的な技術情報を理解することにも限界がある。これらの限界を前提とした上で説明の方法（method：説明プロセス）を考える必要がある。

・HLW 処分は技術範囲が広く、過去の科学技術の専門家間の議論では現象の測定結果や、室内実験結果等の科学的な事実の理解だけでも相当な時間（数年）を要している。

・HLW 処分の専門的な技術情報を他分野専門家が討論を踏まえて内容を理解し、その技術の妥当性を判断するのにもかなりの労力と時間を要することが予想される。

・これに対処するには、他分野専門家が効率的に専門的な技術情報を理解し、主要な論点について十分に討論できるように説明内容（content）を見直す必要がある。

・一方で、従来の HLW 処分は高い安全性を求めるが余り、費用との相関が議論されていない。
・原子力分野では、化石燃料という他のエネルギー利用に伴い放出される温室効果ガス（CO_2）を抑制する地球温暖化対策[4),5)]に見られるような、リスクとベネフィットの相関に基づいた合理的な議論ができていない。
・原子力発電・HLW 処分ではベネフィット認知が重要である[59),60)]ことから、HLW 処分の安全性に関する情報と共に費用（経済性）に関する情報を提示し、リスク・ベネフィットの原則[61)]に基づく議論を行う必要がある。
・HLW 処分にかかる費用と、達成される安全レベルの関係を示して、どこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を人文・社会科学・自然科学の全ての分野の専門家も交えてオープンに議論を行っていくことが重要である
・科学技術の専門家間で HLW 処分時の安全性・経済性等の専門的な技術情報について、少なくとも科学的な事実については共通の理解の下で、円滑に議論できるように説明内容を工夫する必要がある。
・また、過去の専門家間の議論では将来の予測結果、今後の進め方や科学技術の進歩への認識等の人為的な要素を含む評価結果については、現状では認識と理解を共有できていない。
・これは、専門家間の客観的なリスクのエンドポイント、すなわち、処分時安全性の評価プロセスの技術的妥当性への疑問および結果への価値判断の相違によるものと考えられる。
・そのため、両専門家が、専門家個人の価値観の相違からくる判断結果の相違[35)]について、配慮と寛大さをもって一般市民等に判りやすく明確に説明することが必要である。

3) 専門家と一般市民等との説明と対話
・科学技術の専門家と一般市民等の非専門家間では HLW 処分時の安全性等の難易度の高い専門的な技術情報の内容について十分な議論ができていない。
・原子力分野の専門家とその組織について一般市民等から信頼が得られていない。
・しかし、原子力発電や HLW 処分等の高度で巨大な科学技術では一般市民等は専門的な技術情報を理解できる他者にリスクマネジメントを依存せざるを得ない。
・一般市民等が信頼するために求める能力や意図[48)]、さらには主要価値類似性[50)]等の要件を分析し、それを満たす媒介的な役割を担う他者（仲介者）の概念を具体化する必要がある。
・その上で外部性のあることで、一般市民等が信頼することができる他分野専門家の存在を考慮した説明の方法（method：説明プロセス）を検討するべきである。
・他方、前述[104)]したように、周囲から背を押されるのではなくて金目当てに自ら応募

する構図を避ける方法等を考慮することが必要である。

・上述の問題を解決し、科学技術が社会的に有効で有意義な便益を持続的にもたらすためには、科学技術の専門家と一般市民等の双方の知恵と努力が必要[97]である。

(2) 本研究において取り扱う課題の区分と構成

ここでは前項で集約・区分した社会科学的な視点を、本研究において取り扱い、解決すべき課題をさらに区分し、他分野専門家の位置付けという構成を検討する。

1) 本研究で取り扱う課題の区分

1.1 節に示した通り、本研究の問題意識の１つは、「これまでの科学技術の専門家による説明が判りにくく、対話が十分ではないこと」である。そのために、「本分野専門家による説明内容（contents）や説明プロセス（method）を見直す」ことである。さらに、「信頼を得た他分野専門家による高度で巨大な科学技術の社会受容について取り組む」ことを問題意識としている。

そのため、上記(1)1）項に相当する「文・理融合した異分野専門家間の社会科学的な議論」は、原子力の科学技術としての研究から端を発するものであるが、科学技術の専門家（本分野専門家と他分野専門家）の範囲を超えるため、本研究では対象としない。また、それに付属する(1)3）項のうち科学技術と人文・社会科学の専門家で行う社会科学的な議論に係る一般市民等との説明と対話は、本研究の対象とはしない。従って、本研究の研究対象とするものは以下の通りである。

・他分野専門家への専門的な技術情報の説明と討論
（(1)2）項に相当）

・専門的な技術情報の範囲における専門家と一般市民等との説明と対話
（(1)3）項のうちの専門的な技術情報の部分に相当）

2) 本研究で取り扱う他分野専門家の位置付け

前項でも示した通り、一般市民等にとって、HLW 処分という科学技術に興味をもち、その興味を持ち続けるという点で限界があると考えられる。また、HLW 処分の専門的な技術情報を短い時間で理解することに限界があるものと考えられる。そのため、HLW 処分に一定の範囲で精通していて、信頼できる科学技術の専門家にそのリスクマネジメントを依存しなければならない。

しかしだからといって、本分野専門家を直ちに信頼するということにはならないものと考えられる。逆に、現状では原子力技術とその専門家（集団）が一般市民からの理解が得られない、理解が得られないだけでなく、一般市民と専門家との間に信頼関係が構築できないという問題が生じるとも言われている[85]。

本研究では、対象となる科学技術である HLW 処分を一定の努力により理解でき、それを構成する機関等からの利益（給与や名誉の付与）享受はないという、外部性の

ある科学技術の専門家として他分野専門家を登用することを考えた。他分野専門家は一般市民等が信頼するために求める能力や意図、さらには主要価値類似性等の要件を、そこでの時系列、地域（場所）に応じて適切に満たす必要がある。3 章以下にて検討し、詳細に区分して述べるが他分野専門家は原子力バックエンド分野以外の科学技術の専門家であり、理系の他分野の大学・研究機関の有識者、医師、製造業を営む企業の技師等の広範囲な人材を登用することが考えられる。すなわち、専門的な技術情報については、他分野専門家を介して、本分野専門家と一般市民等がコミュニケーションすることを考えた。

例えば、地域における事例では、他分野専門家は地域（住民）から推されてこの科学技術の専門的な技術情報の媒介役に就任する。地域（住民）が他分野専門家を選んだのはそもそも信頼しているためであり、他分野専門家はこの科学技術に関するリスクマネジメントを委されている。その上、他分野専門家は科学技術の専門家としての知識・慣習とステータスを持っている。そのため、一定の科学技術の専門家を他分野専門家とする場合は、公衆への説明の際とは異なり、討議や論文引用の形式は科学技術系の学協会等で多用されている手法に則ることができる。このように場のルールが決まっていることにより、少なくとも説明と討論の際に、討議や論文引用の形式等の場の設定に関する事項は著しく軽減されることになる。

また、原子力、特に HLW 処分分野ではまだ確認されていないが、GMO で検証された前述の信頼への結びつきの統合モデルが本分野でも適用できるとの仮定に基づき、一般市民の関心と信頼される他分野専門家の相関を考えた。すなわち、HLW 処分問題に対して関心が低い一般市民等は公正さのある他分野専門家に、関心が高い者は価値類似性から同じ価値観を持つ他分野専門家にリスクマネジメントを委せるものと考えた。

1.7 本研究の目的

潜在的な危険性があり、身近になく、巨大で高度な科学技術は、その恐ろしさや未知性から社会的に受容され難いと言われており、高レベル放射性廃棄物（HLW）処分地の立地問題はその代表例の１つである。

しかし、HLW 処分地の誘致に先立つ文献調査への応募を巡る賛否で揺れた高知県東洋町では事実上の住民投票である 2007 年 4 月の出直し町長選挙で推進派が敗れるなど、HLW 処分場の立地確保は困難を極めている[1)]。このような状況にあるのも、これまでの技術による説明と対話が十分ではないことが１つの原因であり、従来の説明の方法を見直す必要がある。すなわち、今後、地方公共団体の立地検討に係る文献調査へ応募することを喚起するにせよ、文献調査応募後にさらに地域住民の多数の理解を得ていくにせよ、わが国に見合った原子力の社会的受容を進めていかなければならない。

現状では、専門家と一般市民等の非専門家間では HLW 処分時の安全性等の難易度の高い専門的な技術情報の内容について十分な議論ができていない。その一因として原子力の専門家とその組織について一般市民等から信頼が得られていないことがある。それでありながら、HLW 処分等の高度で巨大な科学技術では一般市民等は専門的な技術情報を理解できる他者にリスクマネジメントを依存せざるを得ない。そこには外部性があり、一般市民等から信頼される立場にある他分野専門家の存在を考慮した説明の方法（method：説明プロセス）を検討するべきである。しかし、HLW 処分は技術範囲が広く、過去の専門家間の議論でも科学的な事実の理解だけでも相当な時間を要しており、他分野専門家が討論を踏まえて内容を理解し、その技術の妥当性を判断するのにもかなりの労力と時間を要することが予想される。これに対処するには、他分野専門家が効率的に専門的な技術情報を理解し、主要な論点について十分に討論できるように説明内容（content）を見直す必要がある。一方で、従来の HLW 処分は高い安全性を求めるが余り、費用との相関が議論されていないため、化石燃料エネルギーの利用に伴い放出される温室効果ガス（CO_2）を抑制する地球温暖化対策に見られるようなリスクとベネフィットの相関に基づいた合理的な議論ができていない。そのため、かかる費用と、達成される安全レベルの関係を示して、どこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を広く議論するべきである。さらに、HLW 処分場の立地確保を実現するためには、立地地域において対象の市区町村が金目当てに自ら応募する構図とならず、周囲から背を押される構図となるような社会システムを上述の技術情報を活用して考案する必要がある。

本研究では、専門家同士でも理解され難いとされる安全性・経済性等の専門的な技術情報について、HLW 地層処分を例として信頼を得た他分野専門家への説明内容（content）と他分野専門家を介した説明の方法（method：説明プロセス）を明らかにすることを目的とする。

1.8 本研究の構成と位置付け

1.8.1 本研究の構成

本研究では HLW 処分を例として、信頼を得た他分野専門家による高度で巨大な科学技術の社会受容について取り組んだ。本論文は、専門家同士でも理解され難いとされる安全性・経済性等の専門的な技術情報について、HLW 地層処分を例として信頼を得た他分野専門家への説明内容（content）と他分野専門家を介した説明の方法（method：説明プロセス）を明らかにしたものである。

第 1 章では、多くの機関，研究者によって実施されている原子力の科学技術としての研究、リスクに関する研究、科学技術コミュニケーションにおける研究および日本の HLW 処分地の選定における安全性に係る議論の現状を整理した上で、HLW 処分に対する各分野の社会科学的な視点を統合することにより、専門的な技術情報については信頼を得た他分野専門家を介したコミュニケーションが重要であると、本研究の動機付けを行っている。

第 2 章では、本研究の対象とした HLW 処分に係る研究と事業の現状として、HLW の特性と処分の方法、HLW 地層処分の安全性に関する研究状況、HLW 処分事業の費用評価の詳細を調査し、現状の地層処分を取り巻く状況の考え方について記述している。

第 3 章では、科学技術の専門家同士でも理解され難いとされる HLW 処分の安全性・経済性等の専門的に深い領域の技術情報について本分野専門家から他分野専門家へ適切に説明する方法について検討した。なお、ここでは、仮に情報量を増やすことになっても専門的に深い領域の技術情報を、誤解されることなく、また、いたずらに時間を浪費することなく伝えることができ、結果として、合理的な判断を行うことに資するような説明を、『適切な説明内容』と呼んでいる。すなわち、リスク・ベネフィットの原則に則って費用の情報と共に HLW 処分時の安全性を示す際の相関図の整理の方法、選択肢を設けるポイント（地位・領域と形態）、選択肢の数、および、選択肢による専門的な技術情報の示し方等の説明内容（content）を明らかにした。

第 4 章では、科学者への信頼と他分野専門家を介して一般市民等へ一般的な領域を含めて HLW 処分時の安全性・経済性等の専門的な技術情報を説明する方法を検討した。すなわち、既往の科学技術への信頼に関する考え方を詳しく調査し、一般市民等が知りたい HLW 処分の技術情報と実践研究等から得られた知見を考慮した上で信頼される専門家の要件と区分を検討した。その上で第 4 章で他分野専門家に伝えられた専門的に深い領域の技術情報等を、本分野専門家から直接説明されるに比べて理解し易く、信頼関係に基づき推敲・咀嚼された一定の範囲のものとして信頼を得た他分野専門家が一般市民に伝える 2 段階のプロセスという説明の方法（method）を明らかにした。

第 5 章は結言であり、本研究の結果をまとめるとともに、HLW 処分の理解と立地の促

進に向けて、2段階のプロセスにより専門的な技術情報を伝えることの有用性について提言している。

1.8.2 本研究の位置付け

本研究はHLW処分を代表例とする潜在的な危険性があり、身近になく、巨大で高度な科学技術の社会受容のうち、専門家同士でも理解され難いとされる安全性・経済性等の専門的な技術情報について、信頼を得た他分野専門家を介した説明内容（content）と説明の方法（method：説明プロセス）を明らかにし、この技術情報の活用方法を明らかにするものである。

そのため、第1章では研究の背景として科学技術としての原子力（特にHLW処分）技術、リスクに関する研究としての社会心理学やリスク研究、社会技術研究、科学技術コミュニケーション研究および科学技術社会論等の多数の分野より情報を入手し、それを社会科学的な視点より統合することにより解決すべき課題を設定した。また、課題の解決に当たっても第2章・第3章では環境リスク論（リスク・ベネフィットの原則）、処分場立地とHLW処分分野における専門家同士の議論としての科学技術社会論、選択・選考に関する心理学（または行動経済学）、工学バリア等のオプション案等のHLW処分技術等に関与している。さらに第4章では信頼との結びつきを対象とする社会心理学、立地地域での実践研究としての科学技術コミュニケーション研究等に関与している。また、ここで一言にHLW処分技術といってもそこには理工学系の多くの技術分野の内容が含まれている。筆者はかつては機械工学－腐食－地球化学が専門分野であるが、本研究で引用したのは主に、地質、地下水、物理探査、化学、環境化学、腐食、粘土、土木、機械、保健物理および環境リスク論と類似する安全評価の各分野である。このような多様な分野を一同に会して研究の対象としたものは以前には見当たらないが、本研究はこれを題材とした研究論文である。

また、特に人文科学系の異分野間の研究では、他の分野の研究事例を論評するものが多く見られるが、本研究ではその論文・書籍の内容を精査し、主旨として本研究との共通要素が見出されたものは使用に関して一定の制約条件を付与した上で、出来るだけ原典のまま引用することに努め、論評や議論は可能な限り避けた。

以下では各分野の研究者の研究内容と本研究との相関と本研究の特徴について述べる。

(1) 本研究との相関

1) 科学技術としての原子力（特にHLW処分）

JAEAの第2次取りまとめ[12]やNUMOの報告書（NR-04-01）[16]は、わが国の多数の専門家の成果を集大成した技術レポートであり、地質・工学バリア・安全評価について

網羅されている。ここには日本の地質の特徴や日本で唯一の処分概念のデフォルト案、工学バリア等のオプション案および現行の閉鎖後の放射線安全性に関する安全評価が記載されている。本研究はこれらや海外の同様のレポートより、現行の安全評価や処分概念のデフォルト案および工学バリア等のオプション案を引用し、処分概念オプション案としてその組み合わせを新たに考案している。

2) リスクに関する研究

a. 社会心理学分野

Slovic[34]、木下[35)-40)]は原子力分野に特化しないリスク認知とリスクの考え方を研究対象としており、本研究はこれらを引用し、参照することにより HLW 処分におけるリスクの考え方を整理している。木下[35)]、中谷内[45)-47),49),51)-53)]、山岸[48)]は原子力分野に特化しない信頼への結びつきについて研究しており、このうち中谷内ら[47),49)]は科学技術を対象とした信頼への結びつきについて研究を進めている。本研究はこれらを引用し、一定の制約条件を付与した上で反映し、HLW 処分において信頼をもたらす構造について検討している。

土田ら[57)]、中谷内ら[49),51),52),56)]、高木ら[54)]は、原子力分野以外の科学技術を対象としたアンケート調査結果を報告しており、本研究は考察や分析を行うために一部を事例として一定の制約条件を付与した上で引用している。また、田中ら[58)]、木村ら[59),60)]は、原子力発電所や HLW 処分場の社会受容をもたらす重要な因子をアンケート調査と分析により調査にしている。本研究はベネフィット認知は最も重要な要因である点、知識を持つことによりこれらの相関が強化される点を引用している。

b. 環境リスク研究分野

中西[61)]は、環境リスク論の立場で飲料水の環境戦略の視点からリスク・ベネフィットの原則を提案しており、岡[63)]はこれに基づくリスク便益分析の考え方を整理している。本研究はこれらを引用し、他分野専門家にとって理解し易い説明内容として反映している。

3) 科学技術コミュニケーション研究

Wynee[71)]は、放射能による土壌汚染をテーマとした 1992 年の論文の中で、科学者側に公衆と向かいあった科学関係者は配慮と寛大さが不足していると指摘している。田柳[84)]は、研究組織のサイエンスコミュニケーションにおける実践に資する実践的含意と実践手法の分類モデルを提案している。藤垣[85),86)]は、一般市民と専門家との間に信頼関係が構築できないという問題点を指摘し、欠如モデルを定義した上で素人の専門性モデル・市民参加モデルの有用性について述べている。これらの情報について本研究は考察や分析を行うために参考として引用している。

西條ら[95),96)]は JST の研究開発プロジェクトのアンケート調査の成果として、知識の有無と科学・科学者の受容には関連がないこと、多くの一般向けイベントでも大半の来場者はいわゆる「科学好き」であるクラスターであると述べている。また、松井[97)]

は、同様の研究開発プロジェクトで GMO 等の専門家と非専門家のコミュニケーションでは、一般市民の科学技術的な知識の欠如は見られるが、科学的知識の欠如のみが GMO の受容を阻んでいるわけでもないと述べている。これらの情報について本研究は考察や分析を行うために一定の制約条件を付与した上で引用している

土屋ら[98)]は、一般の技術に対する専門家と市民のリスク認知の違いをアンケート調査している。ここでは知識が有れば専門家に近付くことは確認できなかったと考察している。また、土屋ら[99)]は原子力施設の立地地域での実践事例から摘出した課題として、住民と事業者を仲介するファシリテーターの重要性を示唆している。これらの情報について本研究は考察や分析を行うために参考として引用している。

4) HLW 処分の安全性に係る議論

西郷ら[104)]は、東洋町での事例において実際の議論になると机上の議論では対処することが難しいことと、周囲から背を押されるのではなくて金目当てに自ら応募する構図になってしまうことによる難しさがあることを述べている。これらの情報について本研究は考察や分析を行うために参考として引用している。

八木・北村ら[118)-120)]は「異なる意見の相手方を理解し、よりかみ合う議論をすること」を目的に、原子力施設の立地地域住民らとのコミュニケーション研究を実践している。また、HLW 地層処分に係るオープンフォーラムで両専門家による議論では、評価プロセスの技術的妥当性への疑問および結果への価値判断の相違により、現状では認識と理解を共有できていないことを示している。但し、本研究は専門的な技術情報を正確に伝えることには努力する立場であるが、1.4.3 (3) 項に前述の通り、その結果を個人の価値観と照合することによって決まる当該の科学技術に賛成か反対かの態度は個人によって異なることもあると考えている点が異なっている。しかしながら、オープンフォーラムは説明と対話を行う手法として先進性のある方法であるため、本研究はこれらを引用し、他分野専門家や一般市民等にとって理解し易い説明の方法として反映している。

5) 本研究との相関のまとめ

前述の通り、人文・社会科学分野から自然科学分野といった多様な分野を一同に会して研究の対象としたものは以前には見当たらないが、本研究はこれを題材とした研究論文である。

また、上記(1)1)～4)の引用文献はアンケート調査とその分析結果を示すものであるか、基本的な考え方や概念で示すものであるかのいずれかである。すなわち、前節の本研究の目的で述べた HLW 処分の立地という具体的な内容に取り組んだものではない。そのため，分析結果、基本的な考え方や概念の提示から先の課題を解決する方策については必ずしも具体性のあるものではないが，本研究はこれを題材とした研究論文である。

(2) 本研究の特徴

本章で上述した内容を、以前のものには見当たらない、この本論文の特徴として整理した内容を以下に示す。なお、各々の内容や用語の詳細は、後述の各々の記載部位を参照されたい。

1) 全体概要

① 本研究は科学技術のリスクやベネフィットの説明において本分野専門家から一般市民等への判りやすさを求める研究ではなく、専門家間で専門的に深い領域の技術情報についての討論を進め、それを間接的に一般市民等へ伝えることを検討したものである。

② 従来の一般市民等との親しみやすいファシリテーターとの位置付けではなく、その外部性から監視役としての機能と、その専門性から媒介役として機能を兼ね備えた他分野専門家について検討したものである。

③ 従来の自由な立場での他分野専門家を対象とした説明ではなく、本研究は一般市民等から推されて登用された信頼を得た他分野専門家について検討したものである。

④ 従来の本分野専門家から一般市民等への説明で難易度の高い課題であった信頼関係の醸成的な段階に正面から取り組むのでなく、本研究は他分野専門家が属する科学技術系の学協会等で多用されている討議や文献引用等の場のルールに則って技術による討論を行うことにより、醸成的な段階を軽減することを検討したものである。

⑤ 従来の一般市民等の科学技術に関する基礎知識を満たす努力を行うのではなく、信頼を得た他分野専門家が一般市民等と信頼に基づく対話を行うことにより、信頼がないことを原因とする諸問題の派生を軽減することを検討したものである。

⑥ 本研究は地域、対象の属性および対話の場等を個別・具体的に設定したコミュニケーション手法に関する研究ではなく、一般論として専門的に深い領域の技術情報の説明内容（Content）と２段階のプロセスによる説明の方法（説明のプロセス：method）を検討したものである。

2) 専門的に深い領域の技術情報の説明内容（Content）（3 章関係）

① 従来は HLW 処分の安全性のみが議論されており、費用との相関について論じたものは見当たらないが、本研究はリスク・ベネフィットの原則に則り、費用と相関させた安全性に関する説明内容を検討したものである。

② 従来は選択肢は日本の既存のデフォルト案の１つのみであるが、本研究は専門的に深い領域の技術情報である安全性と費用を評価した処分概念について選択肢を設け、トレードオフ対比によりそれを適切に他分野専門家に理解させること（伝

えること）ができる説明内容を検討したものである。

③ 従来は HLW 処分について過去の科学技術的な知見を有する専門家間での議論で合意に至らなかった点は何処かを専門的見地から調査・分析した例は見当たらないが、本研究はこれを検討したものである。

④ 従来は科学技術のリスクやベネフィットの説明において選択肢のあり方について論述したものは見当たらないが、本研究は選択肢を設ける地位（position）・領域（region）およびその形態（form）を検討し，選択肢の数について検討したものである。

⑤ 従来は HLW 処分の安全性と費用を評価した処分概念について選択肢を設けた例は見当たらないが、本研究は日本の既存のデフォルト案に経済性・安全性を向上させたオプションを設定し、事例検討したものである。

3) ２段階のプロセスによる説明の方法（説明のプロセス：method）（4 章関係）

① 従来の本分野専門家から一般市民等への説明ではなく、本研究は別途の事由で既に信頼関係が構築された他分野専門家を介した２段階のプロセスによる説明の方法（説明のプロセス：method）を検討したものである。なお、２段階のプロセスは本分野専門家から他分野専門家への技術による討論と、他分野専門家から一般市民等への信頼に基づく対話で構成される。

② 従来の一般市民等に対する説明の一部との位置付けの他分野専門家ではなく、本研究は科学技術の専門家への信頼の構図から、信頼を得た他分野専門家の形成過程について検討したものである。

③ 同様に、本研究は一般市民等から推されることで HLW 処分のリスクマネジメント（安全性の判断）を委され、期待する成果（ミッション）を背負った他分野専門家について検討したものである。

④ 同様に、他分野専門家が科学技術の専門家としての知識・慣習とステータスを持っているため、本研究は討議や論文引用の形式は科学技術系の学協会等で多用されている手法に則って行う説明の方法（説明の場と説明するべき内容）について検討したものである。

第2章　HLW 処分に係る研究と事業の現状

第１章では多くの機関，研究者によって実施されている原子力の科学技術としての研究、リスクに関する研究、科学技術コミュニケーションにおける研究および日本の HLW 処分地の選定における安全性に係る議論の現状を整理した上で、本研究の背景と目的、および、本研究の構成を述べた。

第２章は本研究に共通の研究背景として第１章よりも詳細に研究と事業の現状、すなわち、 HLW 処分の特性と処分の方法、安全評価、費用試算の詳細等について述べる。

2.1　HLW の特性と処分の方法

ここでは高レベル放射性廃棄物（HLW）の特性と貯蔵量の調査結果および処分の方法についての検討の現状を述べる。

2.1.1　HLW の特性

原子力発電所の運転に伴い発生する使用済燃料を再処理し、ウラン・プルトニウムを回収した後に残る核分裂生成物を主成分とする放射能レベルの非常に高い廃液が生じる。廃液状態だと分散し易いので、蒸発・凝縮などにより減容した後、これをガラスと混ぜて溶融し、直径約 40cm、高さ 1.0～1.3m のキャニスタと呼ばれるステンレス製の容器に注入した後、冷却し固化する。できあがった固型化物はガラス固化体と呼ばれる。ガラス固化体の重量は 1 本あたり 400～500kg である。放射性核種を閉じこめるガラスは、パイレックスガラスに似たホウケイ酸ガラス（融点：約 1200℃）で、地下水に接触したとき放射性核種の浸出が起き難く、放射線崩壊による損傷にも長期間耐える特性をもっている。 ガラス固化体は、中性子を吸収するホウ素を多量に含むこと、核分裂を起こす核種（ウラン、プルトニウム等）は 0.5%以下の存在量であることから臨界状態に到達することは考えられず、まして臨界超過による出力の急上昇（暴走または爆発）は起らない。わが国では、HLW は、現在、ガラス固化体のみが対象とされている。

ガラス固化体は、放射能の崩壊熱により発熱しており、製造直後は１本当たり 2,000W 程度の発熱量であるが、放射能が減少していくのに伴い、発熱量は減少していく。図 2.1.1-1 に HLW ガラス固化体１.25 本に相当する使用済み燃料１MTU 当たりの放射能と発熱量の時間変化(経年変化)のコンピュータによる計算結果を示す。なお、計算条件とした燃料条件は濃縮度 4.5 wt %、燃焼度 45,000 MWD /MTU、比出力 38 MW /MTU

炉取り出し後、再処理までの冷却期間 4 年以上である[12]。図2.1.1-1 は第２次取りまとめ報告結果[12]に著者が発熱量とガラス固化体の管理フローを加筆した。

核分裂生成物および超ウラン元素（TRU）のなかには半減期の非常に長いものもあるが、また半減期の短いものも多いため、最初の約500年間で放射能量は急激に減少する。初めの 20～30 年間ではストロンチウム-90 やセシウム-137 等の半減期の短い核分裂生成物が崩壊するため、その期間は多量の発熱をしている。その後、発熱量は少なくなるが、放射能は半減期の長いものが少量ながら残るので、それ以上の減少のしかたは遅くなる。500 年を越えると半減期の非常に長い TRU 核種の放射能が支配的となる。さらに 1 万年を越えると 214 万年の半減期を持つネプツニウム-237 の放射能が支配的になり、放射能量の減衰はますます遅くなる。ただしその放射能量は極めて微小であるため、発熱量も小さい。すなわち、30 年程度の貯蔵により、上述の仕様のガラス固化体は１本当たり 400W 程度の発熱量となる。

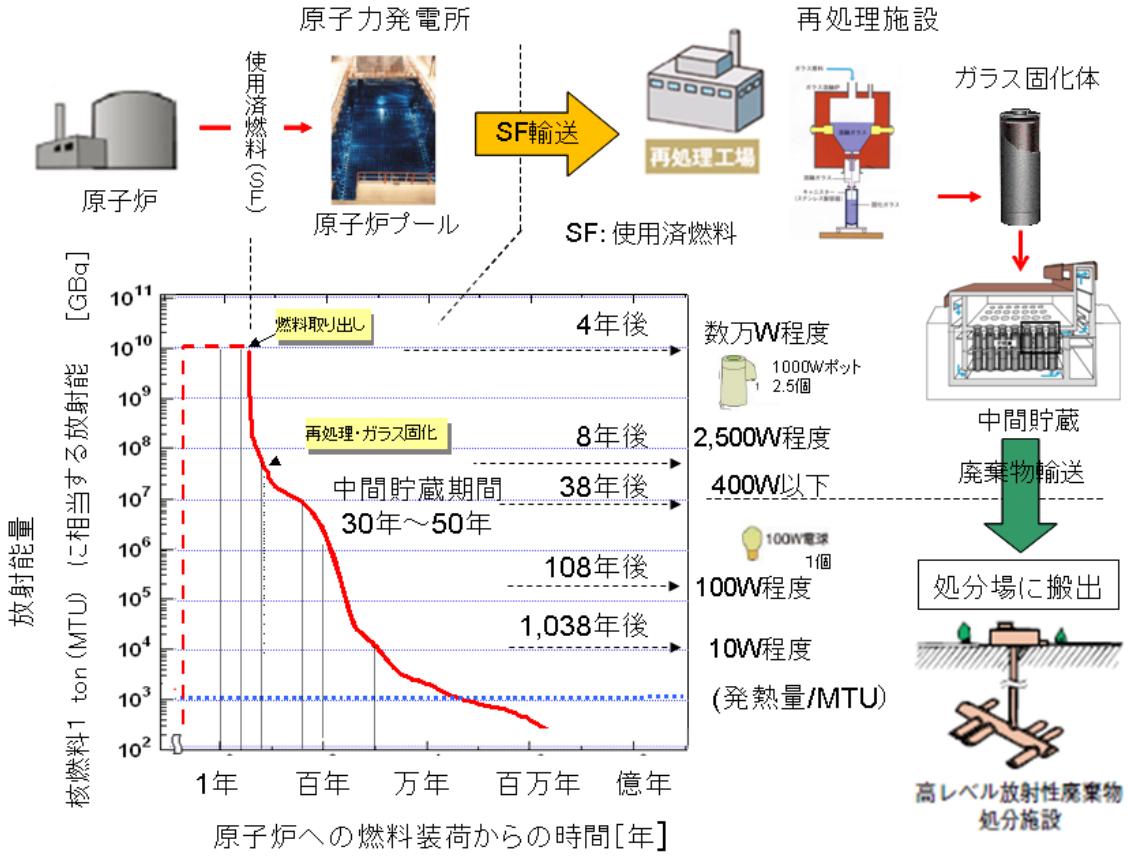


図2.1.1-1　HLW ガラス固化体中の放射能と発熱量の経時変化
（第２次取りまとめ報告結果[12]に著者が加筆）

2.1.2 HLW の貯蔵量

わが国では、2009 年 9 月末現在、合計 12,840tU の使用済燃料（SF）を主として原子力発電所において、貯蔵管理している[2)]。

これまでに合計 1,140tU の使用済燃料が、日本原子力研究開発機構（JAEA）東海研究開発センターの東海再処理工場（TRP）において再処理され、247 本のガラス固化体が保管されている。今後は、日本原燃（株）六ヶ所再処理施設（RRP）において再処理が行われ、ガラス固化体が発生していくことになる。なお、建設が終了した RRP では竣工に向けてアクティブ試験が行われているが、この過程でガラス固化体を 100 本強の製造している[2)]。

また、過去に海外への使用済燃料の再処理の委託に伴って発生するガラス固化体は、使用済燃料輸送用に建造し、二重船殻構造等の安全対策を施した専用輸送船と B 型輸送容器（TN28VT）によりわが国に返還され、日本原燃（株）の RRP の高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターで 30～50 年間程度貯蔵される。海外再処理委託に伴うガラス固化体は、仏国及び英国から合計で約 2,200 本が返還される予定である。そのうち、仏国分の 1,310 本のガラス固化体返還は終了している[2)]。

2009 年度末現在で、国内に貯蔵されているガラス固化体は、国内で処理されたものと海外から返還されたものを合わせて 1,664 本（RRP の高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターに 1,417 本、TRP に 247 本）となっている[2)]。

また、後述する地層処分場には 2030 年までに発生した使用済燃料を再処理した際に発生するガラス固化体４万本を対象としたものであるが、使用済燃料の冷却やガラス固化製造の遅れもあり、現時点で製造されているガラス固化体はまだ少ない。

2.1.3 HLW の処分方法の選定

HLW の処分方法については、これまで各国及び OECD[9)]等の国際機関において、様々な可能性が比較検討された。検討結果の概要を表2.1.3-1 に示す。表2.1.3-1 によれば、現在、地層処分は、宇宙処分、海洋底処分、氷床処分などの方法と比較して、最も問題点が少なく、実現可能性が高いということが国際的な共通認識となっている。

なお、現在、分離変換（核種分離と核変換）技術が将来技術として基礎的な研究されている。基礎研究を継続することで分離前処理等のプロセス技術や、加速器等のシステム技術は進歩することを期待されている。しかし、これが実用化されたとしても、長半減期核種の一部の低減はできるものの、地層処分の必要性を変えるものではないと考えられている[2)]。

表2.1.3-1　高レベル放射性廃棄物（HLW）の処分の方法の比較結果

処分方式	概要と評価
宇宙処分	概要：ロケットにより宇宙空間へ処分 評価：ロケット発射の信頼性の問題、宇宙技術を有する比較的少数の国しか実施できないことから、不適切。
氷床処分	概要：南極大陸などの氷床に処分 評価：南極条約により禁止となっていること、大きな氷床の地球物理学的特性等に関する情報が限られていることから、不適切
海洋底処分	概要：海上から海洋底中に処分 評価：ロンドン条約により禁止されていることから、不適切
超長期管理	概要：地表において超長期にわたり管理 評価：将来の世代にまでも廃棄物監視の負担を負わせることになるので、不適切。
地層処分	概要：数百 m より深い地層中に埋設 評価：安定な地層中に閉じこめることが、他の方法と比較して最も問題点が少なく、好ましい方法である。

2.2 HLW 地層処分の安全性に関する研究状況の調査

ここでは HLW の特性、安全確保の基本的な考え方、多重バリアシステムの構成、安全評価手法と長期安全性についての調査結果を述べる。

2.2.1 HLW 地層処分の安全確保の考え方

我が国では 1988 年の原子力委員会[123)]において、地層処分に係る安全確保の基本的考え方が示された。この中では、安全確保の基本的要件として、

①廃棄物と地下水の接触を抑制
②(地下水と接触しても)放射性核種の溶出・移動を抑制
③(地下水に溶出・移動しても)放射性核種が地下水を介して人間環境に有意な影響を及ぼさない環境安全を確認

の 3 要件が掲げられている。

これら 3 要件を満たすために、ガラス固化体のまわりに人工的に設けられる複数の障壁（人工バリア）と含まれる物質を長期にわたって固定する天然の働きを備えた地層（天然バリア）とを組み合せることによって、HLW を人間環境から隔離する「多重バリアシステム」が適切であることが確認されている。ここで示された HLW 地層処分の概念と多重バリアの構成を図2.2.1-1 [16)]に示す。また、HLW 地層処分場の基本概念図を図2.2.1-2[124)]に示す。

処分場の基本構成[16)]として、地上には地上施設が存在する。地上施設には、オーバーパック封入建屋の他に、換気建屋やエレベータ建屋が設置される計画である。また、掘削した岩盤を破砕した掘削ズリの置き場も設置される。地上から地下へ至るアクセス坑道には、立坑や斜坑（斜坑／スパイラル坑道）等が考えられている。坑底から各処分パネルまでの間の水平坑道は連絡坑道、処分パネルの周辺等は主要坑道と呼ばれている。処分パネル内には廃棄体を定置する多数の水平坑道である処分坑道が設置される。

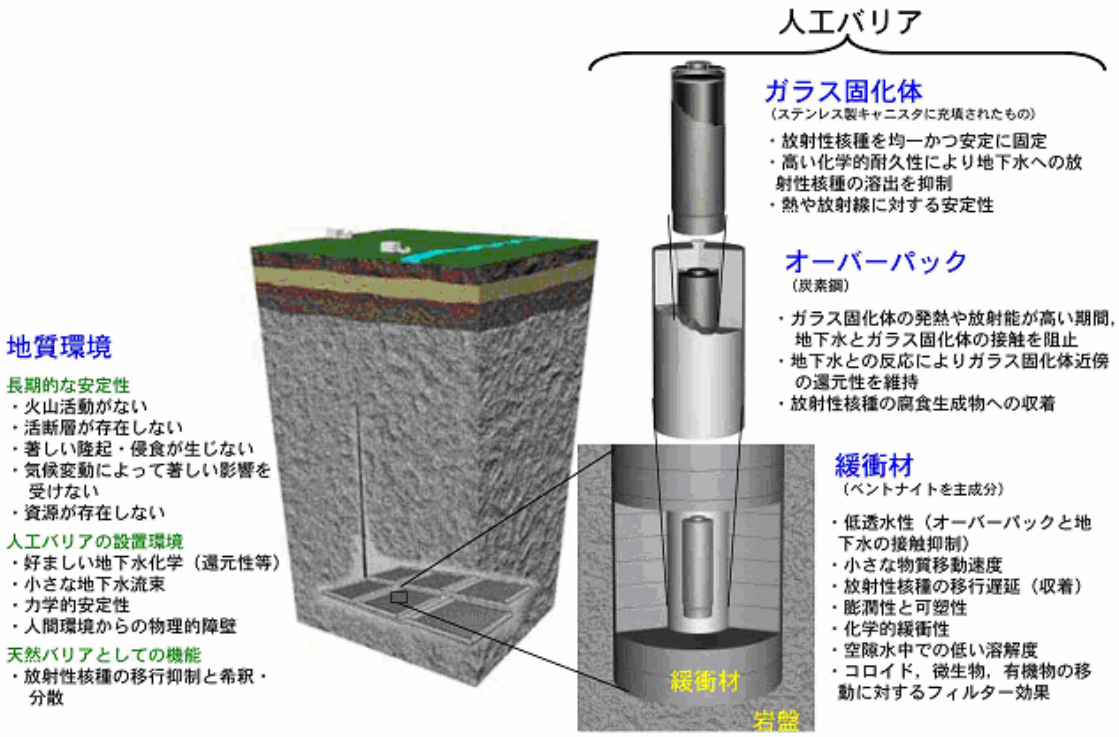


図2.2.1-1　高レベル放射性廃棄物地層処分における多重バリアの構成[16)]

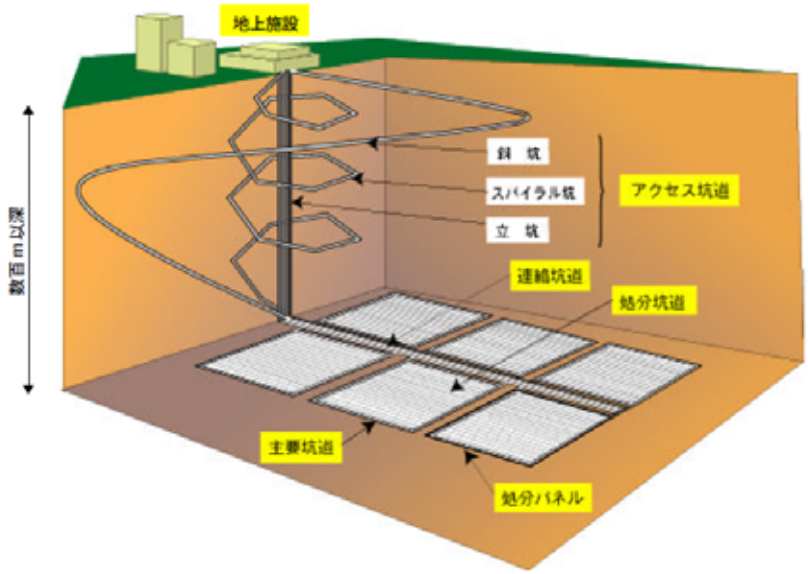


図2.2.1-2　高レベル放射性廃棄物地層処分場の基本概念図[124)]

2.2.2 HLW 処分地の選定基準と多重バリアの構成

(1) HLW 処分地の選定基準

日本では最終処分法によって最終処分施設建設地の選定方法が示されており、段階的な調査に基づき、長期的に安定で地層処分にとって好ましい地質環境を有する処分地が選定される。また、このような地質環境条件を十分に活かすことができるよう、ガラス固化体は地下 300m 以深に処分することが求められている。

また、原子力委員会部会報告[125]においては、日本列島が米欧等の安定大陸とは異なり変動帯に位置しているという地質環境に関して、 1）地震・断層活動、火山・火成活動などの急激な現象に対しては、その影響を受けない地域の地下深部に処分施設を設置することが可能である、2）隆起・沈降・侵食などの緩慢・広域的現象については、長期にわたりこれらの影響や範囲を推定することが可能である、としている。

さらに、最終処分法では 1) 処分場の性能に大きな影響をもたらす天然現象（例えば、火山・火成活動、断層活動、著しい隆起・侵食など）の活動履歴や地質環境への影響のおそれがある地域は選定しないこと、2) 将来の人間活動によって処分場が破壊されないよう利用可能な天然資源が存在する地域は選定しないことが示されている。

最終処分法のもとに策定された基本方針である通商産業省告示第 591 号[126]には、長期安全性を確保するための基本的考え方として多重バリアシステムを採用することが示されている。これらのことから、適切な地質環境のサイトと処分場の設計を選定することによって期待される安全機能を発揮するシステムを構築することが、安全確保のための構想の基本となっている。

さらに、NUMO[16]は、サイトの地質環境の要件について更に詳細に規定している。第四紀の未固結堆積物であることの記録があった場合、火山から半径 15km 以内もしくはサイト候補地の直近に活断層があった場合、鉱物資源の存在が確認された場合は事業申請の際の安全審査で処分地から除外される。すなわち、現時点では上述の内容がサイト選定の際の足切り要件（処分サイトとして採用しない条件）として存在している。

これらのことから、適切な地質環境のサイトと処分場の設計を選定することによって期待される安全機能を発揮するシステムを構築することが、安全確保のための構想の基本となっている。なお、日本では現状はまだ候補地が決まっていないので、場所を特定しないサイトゼネリックな評価結果[12]としている。

(2) 多重バリアの構成

最終処分法のもとに策定された基本方針[126]では、長期安全性を確保するための基本的考え方として多重バリアシステムを採用することが示されている。

天然バリアは、処分場周囲の地層であり、1)岩盤が力学的に安定であること、2) 地下水

の流量が小さく化学的に還元性であること、3) 放射性核種の移行に対して大きな遅延機能を有すること、4) 人間環境までの地下水の移動距離が長く、分散希釈効果が大きいことが要件とされている[126]。

人工バリアは、ガラス固化体、オーバーパック、緩衝材等で構成され、図2.2.1-1 [16]中に示す機能を期待している。第 2 次取りまとめ[12]では炭素鋼製オーバーパックによる地下水とガラス固化体の接触を阻止する機能の寿命は 1,000 年間を設定している。

2.2.3 地層処分の安全評価手法と長期安全性

(1) 地層処分の安全評価とその不確実性

地層処分の最終的な目的は、処分場閉鎖[14]後長期間にわたって放射性廃棄物を人間や環境から安全に隔離することである。規制要件について、原子力安全委員会が 2000 年に示した HLW 処分の安全規制の基本的考え方（第 1 次報告）[27]では「一般公衆に対する評価線量が最大となる時期においても、あらかじめ基準値として定められた放射線防護レベルを超えていないこと等を確認することが基本」とされている。

そのため、現時点では第２次取りまとめ[12]と同様に、安全指標には線量を基本とし、また評価の時間スケールについてはとくに限定せず、現在の人々と対比して人間への影響が最大となる時期やその期間がわかるように評価を行っておくことが重要であると考えられている[16]。

1) 安全評価の方法論

地層処分の不確実性（後述）を考慮した安全性を評価するアプローチとして国際的に確立されてきた基本的な手順は、1991 年に OECD/NEA[127]により以下の通りであると示されている。

①処分場の場の特徴（Feature）と安全性能に影響を及ぼすと考えられる種々の事象（Event）及びプロセス（Process）を考慮して、システムの将来の挙動に関するシナリオを描く

②次に、シナリオに従ってシステムに関連する長期的な現象を表現するため、物理・化学的な法則に基づいた数学モデルの開発と必要なデータの整備が行われる

③最後にモデルとデータを用いた影響解析による予測を行ってシステムの性能を推定した後、これを安全規制のために定められた指針や基準と比較して安全性を判定する

2) 地層処分の不確実性への対処[12),16),128)]

安全評価においては、固有の性能を前提としつつ予測に付随する不確実性について

[14] 処分場の閉鎖とは、処分場の立坑・主要坑道等を埋め戻し、地上施設を解体撤去して事業を終了することを指す。個々の処分坑道・処分孔を埋め戻し材で埋める行為は埋め戻しと呼ぶ。

配慮することが必要である。このような不確実性は安全評価の基本的な要素であるシナリオ、モデル及びデータに関して様々な形で取り扱われる。安全評価の不確実性は、以下に示す考慮すべき時間／空間スケールに加え、そこで起こり得る現象の複雑さや知識の限界、さらに評価そのものの行為における過誤に起因する[16]。

・極めて長い時間スケールを考慮しなければならないこと、

・天然の地層という不均質で大きな空間領域を有するシステム要素を含むこと

このため安全評価の信頼性を向上させるためには、これら不確実性の個々の要因を特定し、その特徴に応じた対策をとることが重要である。なお、2004 年に OECD/NEA[129]は考慮すべき時間スケールが長くなればなるほど安全評価の不確実性は増加するが、時間の経過とともに放射性廃棄物が有する潜在的な毒性は放射性崩壊により減少すると指摘している。

(2) 安全評価の基本シナリオとレファレンスケース[12]

1) 基本シナリオとレファレンスケース[12]

第２次取りまとめ[12]では評価シナリオを「接近シナリオ」と「地下水シナリオ」の二つのタイプに分類している。地下水シナリオはさらに、システムが長期間にわたって安定で外的な擾乱もなく、システムの安全機能が期待どおり発揮されるとする「基本シナリオ」と、将来において何らかの擾乱を想定する「変動シナリオ」とに分類されている。

また、レファレンスケース[12]は、「基本シナリオに焦点をあて、サイト選定による安定な地質環境と適切な工学的対策によって地層処分システムに期待される機能が固有の性能として発揮されることを前提としたシナリオに対応する解析ケース」と定義されている。

現状の安全評価におけるレファレンスケースの概要を図2.2.3-1[12]に示す。また、地下水シナリオに基づく安全評価解析のパラメータを表2.3.1-1[12]に示す。表2.3.1-1 をみて判る通り、性能評価には取り扱うパラメータが多く、本分野専門家でも全容を理解することが容易ではない。

2) レファレンスケースにおけるケーススタディ[12]

レファレンスケースに対応したモデルやデータベースを基に、モデルやデータの変更あるいは対象とするシステムを置き換えることによって基本シナリオや変動シナリオに対応するレファレンスケース以外のケースを解析することができる。レファレンスケースとともに、このようにして実施された計 37 ケースの解析の結果、得られた最大線量とその到達時間をプロットしたものが図2.2.3-3[16]である。図から、モデルやデータの不確実性、天然現象などによる処分場システムへの影響、さらに地質環境と人工バリア仕様の多様性を考慮しても、線量の最大値は、例えば諸外国で地層処分

に対して提案されている年間の防護レベル（100～300μSv）を下回ることが示されている。

なお、図2.2.3-3[16]において＃1 が図2.2.3-1[16]で示したレファレンスケースの最大線量（0.005 μSv/y）のプロットであり、#31（深井戸）、#33（データ不確実性）、#35（隆起・浸食）、#36（埋め戻し・プラグの施工不良）、#37（天然バリアを考慮しない）に関連する内容が後述の3.2.2 (1) 5) 項（専門家間の誌上での討論）にある。また、図2.2.3-3[16]では、後述で議論されているもののうち、地下水流速の変化は#1～#18、#19～#30 の動水勾配パラメータ（0.001～0.1）で間接的に表現されるが、希釈水量はパラメータとしていないので表現されていない。

3) 安全評価の結果とその国際比較

第２次取りまとめ[12]では、総本数４万本のガラス固化体を処分することを想定した処分場の性能を示すために、ガラス固化体１本に基づく結果を４万倍することによって線量を算出している。これは、すべての廃棄体が一律 1,000 年でオーバーパックによる物理的閉じ込め機能を失い、その結果地下水に移行した放射性核種は一様に人工バリア、母岩、断層破砕帯を通過して生物圏に至ることを想定した極めて保守的な評価であると述べられている。レファレンスケースについてこれら解析モデルを用いた線量推定の結果を図2.2.3-2 に示す。これによれば人間への影響が最大となるのは処分後約 80 万年で線量当量として 0.005 μSv/y となったとしている[12]。

安全評価の信頼性を全体的に確かめる一つの方法として、各国の包括的な安全評価報告書と比較することが挙げられる。これは、それぞれの安全評価では独立にその妥当性を保証するための努力が払われていることから、一つの安全評価が妥当であれば、その違いが定量的に説明されることによって比較の対象も相対的に妥当であるか否かが判断できるものと考えられるためである。第２次取りまとめ以降、スウェーデン SKB の SR97[130]、ベルギーONDRAF の SAFIR2[131]、米国 DOE の YMP TSPA[132]、スイス NAGRA の EN2002[133]等の安全評価書が公表された。これらの安全評価報告書における線量の推定結果と第２次取りまとめ[12]のレファレンスケースの結果とを比較したものを図2.2.3-4 [16]に示す。なお、図2.2.3-2～図2.2.3-4 の縦軸は全て同じであり、ここで言う線量とは年間被ばく線量当量の意味である。

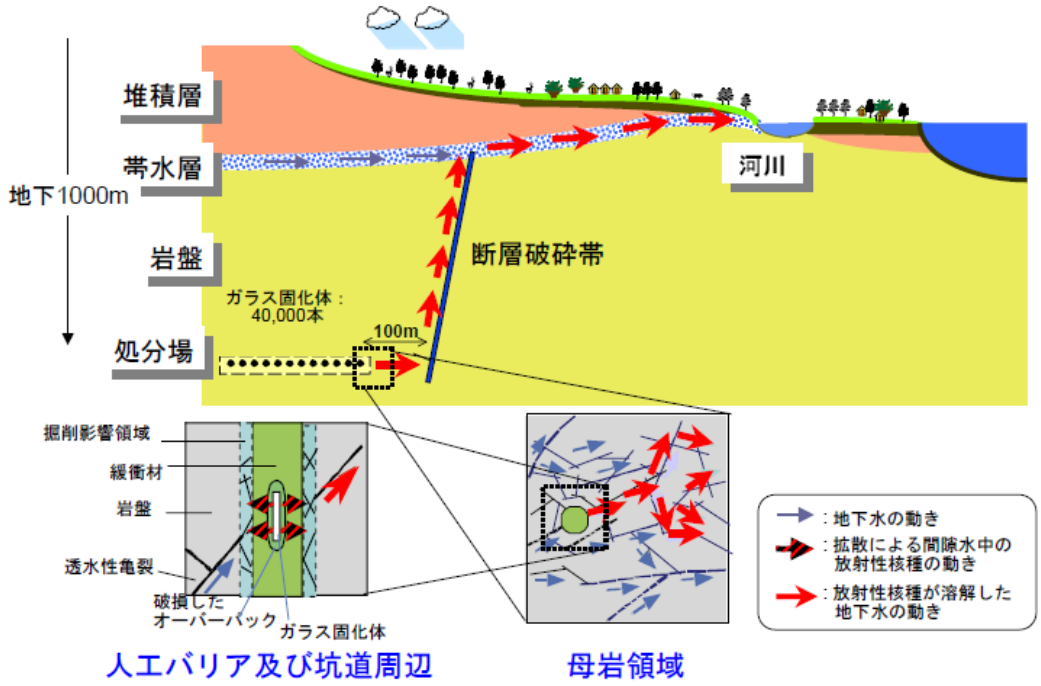
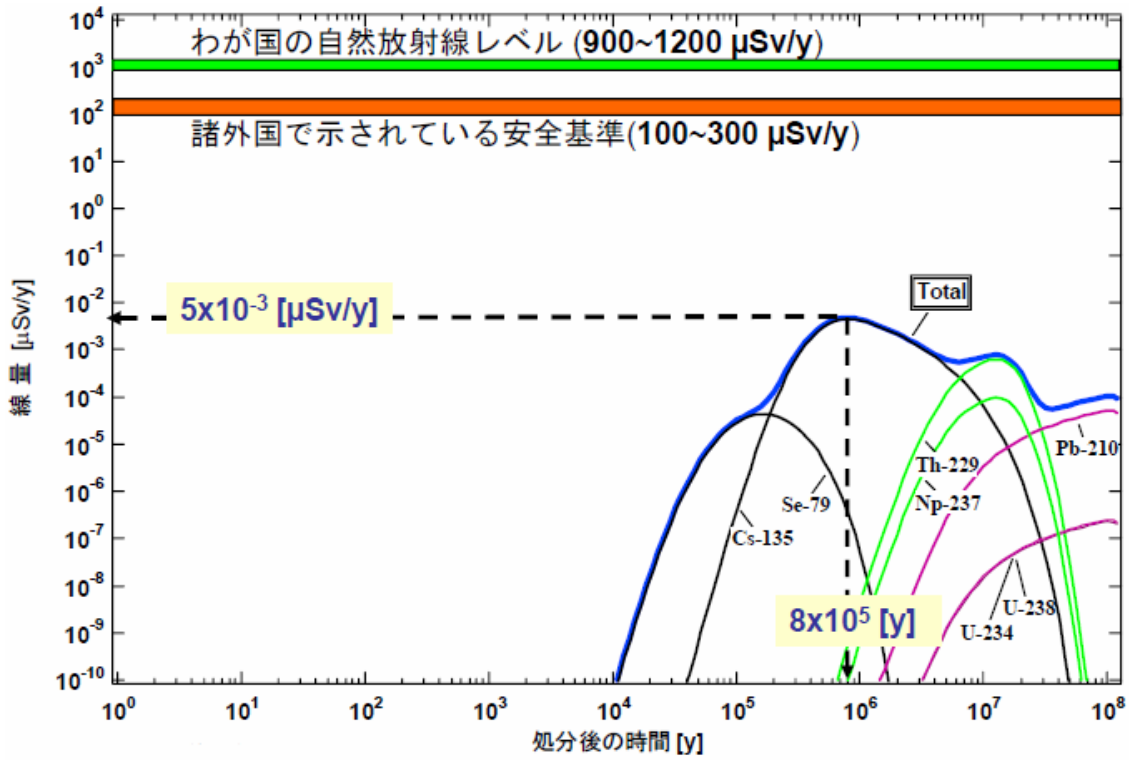


図2.2.3-1　第２次取りまとめの安全評価（レファレンスケース）の概要[12)]



（4 万本の廃棄体について、すべてのオーバーパックが処分後 1,000 年で閉じ込め機能を失うことを想定

図2.2.3-2　第２次とりまとめの安全評価結果（レファレンスケース）[12)]

表2.2.3-1　地下水シナリオに基づく安全評価解析のパラメータ[12)]

天然バリアのパラメータ	単位
移行距離	m
動水勾配（i）	―
透水量係数（T）	m^2/s
巨視的（縦方向）分散長	m
マトリクス拡散深さ	m
マトリクス拡散寄与面積率	%
有効間隙率	%
乾燥密度	Mg/m^3
実効拡散係数	m^2/s
分配係数	―

人工バリアのパラメータ	単位
ガラス固化体近傍の仮想的な領域の体積	m^3
ガラス固化体中の核種インベントリ	mol
ガラス固化体の体積減少率	1/y
緩衝材長さ	m
間隙水中の拡散係数	m^2 /y
緩衝材の間隙率	-
ガラス固化体中心からの距離	m
緩衝材内側半径	m
オーバーパック破損後の経過時間	y
崩壊定数	1/y
ガラス固化体表面積	m^2
ガラス固化体密度	g/m^3
ガラス固化体体積	m^3
ガラス溶解速度	$g/m^2/y$
緩衝材真密度	kg/m^3
分配係数	m^3 kg
元素の溶解度	mol/m^3
緩衝材外側半径	m
EDZ に対して設定した仮想的な体積	m^3

EDZ:掘削影響領域

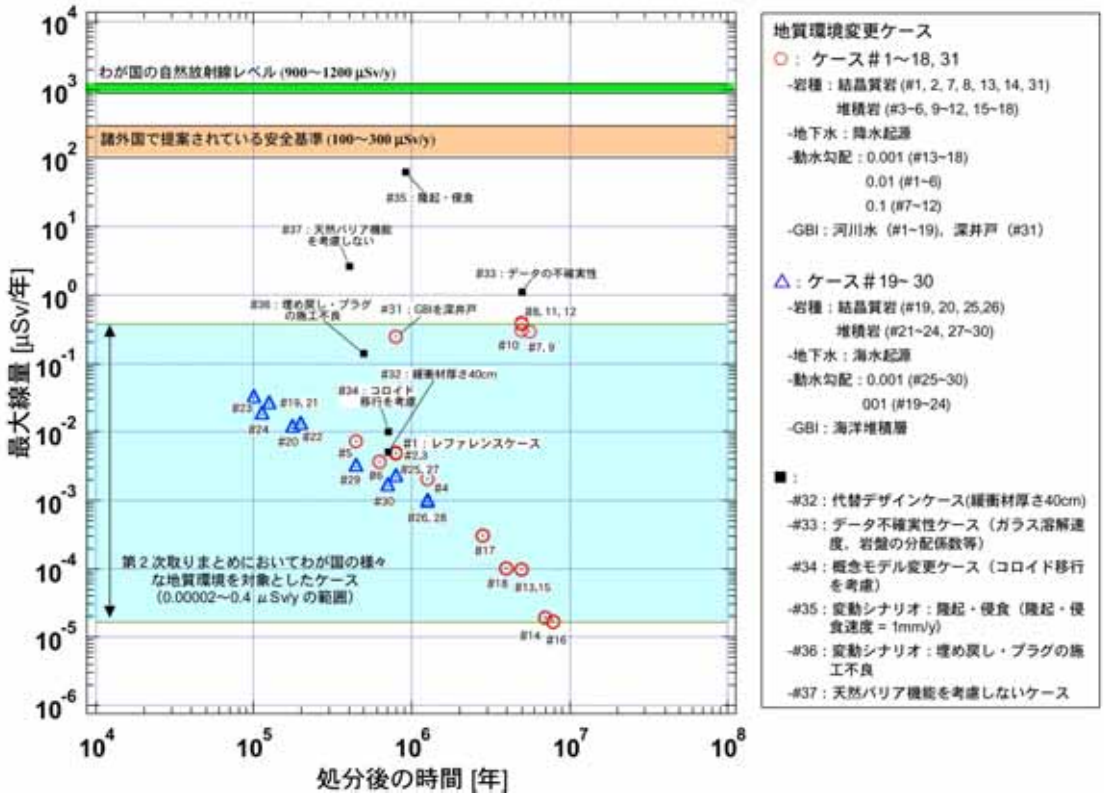
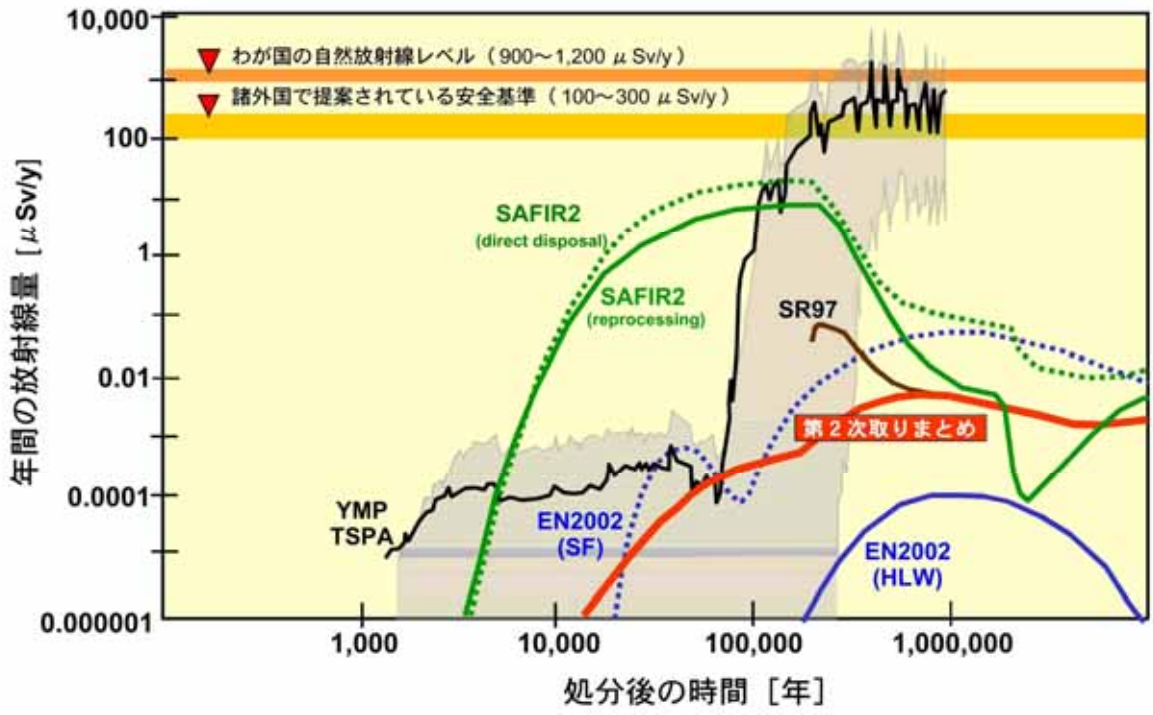


図2.2.3-3　システム総合安全評価結果[16)]



(YMP TSPA については確率論的シミュレーション結果の平均値及び分布の 95%から 5%の範囲を示す)

凡例

・第２次取りまとめ　：日本 JAEA のレファレンスケース[12)]

・SR97　：スウェーデン SKB の A berg を対象とする合理的なケース(reasonable case for A berg)[130)]

・SAFIR2：ベルギーONDRAF の井戸を移行経路とする再処理オプションと直接処分オプションのケース[131)]

・YMP TSPA　：米国 DOE のノミナルシナリオ（nominal scenario）[132)]

・EN2002　：スイス NAGRA の使用済燃料とガラス固化体に対するレファレンスケース[133)]

図2.2.3-4　第２次とりまとめと各国の安全評価結果の比較[16)]

2.3 HLW 処分事業の費用評価の詳細

HLW処分事業の費用は1999年に国の委員会[14)]で試算結果を評価したものが、公開されている。この試算では電気事業者等[134)]や研究開発機関[12)]の研究開発成果等で提案された処分概念を引用して議論された。

この費用は表2.3-1[14)]の項目と内訳で積み上げられた。積み上げに用いる数量、工数等は、施設・設備の試設計並びに施工計画等の検討を行い設定された。積み上げ方法及び人件費単価、材料費単価・損料については、一般公共工事等に用いられている手法・価格を用いられた。

試算に当たっては、我が国において処分事業を合理的に行うことを想定し、その主要な物理的条件に選択の幅がある場合には、その影響の大きさについて検討することが適当であるとされた。そこで、以下の試算ケースの設定パラメータについて、現在までの知見に基づいた合理的な選択の範囲で比較評価することとし、表2.3-2に示す代表的な１１ケース（組み合わせ）を設定し、試算が行われた。

①岩種は、堆積岩のような軟岩系岩盤と花崗岩のような硬岩系岩盤の２種類とした。
②深度は、軟岩系（堆積岩）は500m、硬岩系（花崗岩）は1000mと1100mとした。
③支保は、軟岩系（堆積岩）はコンクリート製セグメントとし、硬岩系（花崗岩）はなしとした。
④緩衝材の厚さは40㎝と70㎝の２種類とし、施工方法はブロック型と一体型の２種類を想定した。
⑤オーバーパック材質は、単一（炭素鋼：厚さ18㎝と19㎝）と複合（炭素鋼＋チタン系合金：厚さ7㎝）を想定した
⑥地下施設へのアクセス方法は、斜坑及び立坑と全て立坑の２種類を想定した。
⑦立地調査地点数及び立地候補地点数は、２ケースを設けた。

表 2.3-1　処分場の費用試算項目とその内訳[14)]

項目	
1.	技術開発費
2.	調査費および用地取得費
3.	設計および建設費 ・地上施設　・地下施設 ・地上設備　・地下設備
4.	操業費
5.	解体および閉鎖費
6.	モニタリング費
7.	プロジェクト管理費

内訳	
直接費	人件費
	材料費
	機械経費
間接費	現場管理費
	一般管理費

表 2.3-2　処分場の費用試算ケース[14)]

項目＼Case		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
岩種		軟岩系（堆積岩）						硬岩系（花崗岩）			軟岩系	硬岩系
深度		500m						1000m		1100m	500m	1000m
人工バリア	支保	コンクリート製セグメント						支保なし			ｺﾝ[*1]	支無[*2]
	緩衝材厚さ	40cm	70cm	40cm				70cm	40cm		70cm	40cm
	緩衝材施工方法	ブロック型				一体型	ブロック型					一体型
	オーバーパック材質	炭素鋼			Ti[*3]	炭素鋼						
オーバーパック厚さ		18cm	19cm	18cm	7cm	18cm		19cm	18cm		19cm	18cm
地下施設へのアクセス方法		斜坑および立坑		全て立坑	斜坑および立坑						全て立坑	斜坑+立坑[*4]

*1 コンクリート製セグメント、 *2 支保なし、 *3 チタン－炭素鋼複合、 *4 斜坑および立坑

上述の代表的な11ケースについての試算の結果、HLW処分費用の試算値は約2.7～3.1兆円の範囲にあるとされた[14)]。また、今後の研究開発の進展により、技術的に一層の最適化が可能な条件（支保形式、オーバーパックの材質等）は、適宜処分費用の見積りへの反映を検討することが適当とされている。一方、地質環境等の主に具体的な処分地の物理的状況により確定する条件（岩種、処分深度等）は、「代表的なケースを平均した値を資金確保制度の基本となる合理的見積りとすることが適当」とされている。この合理的見積りの時期に関する記載はないが、サイト候補地または処分地が決まった段階を想定しているものと予想される。

また、試算された代表的なHLW処分費用の内訳を図2.3-1[135)]に示す。総費用は軟岩系（堆積岩）と硬岩系（花崗岩）で大きな差異はなく、内訳として設計及び建設費が29～35%、操業費が23～27%、解体及び閉鎖費が2～3%、モニタリング費が約4%、プロジェクト管理費が19～20%となっており、設計及び建設費と操業費が大半を占めている。

なお、第２次取りまとめ[12)]では、上記の人工バリアに坑道掘削や支保施工および坑道へのプラグの設置等を含めた領域を工学技術と呼んでいる。また、プラグには坑道付近の地下水の透水を抑制するバリアを期待している。現状の第2次取りまとめ[12)]の安全評価にプラグの透水抑制機能は計上されていないが、本研究では、上述の人工バリアにプラグを加えたものを「工学バリア」と呼ぶ。

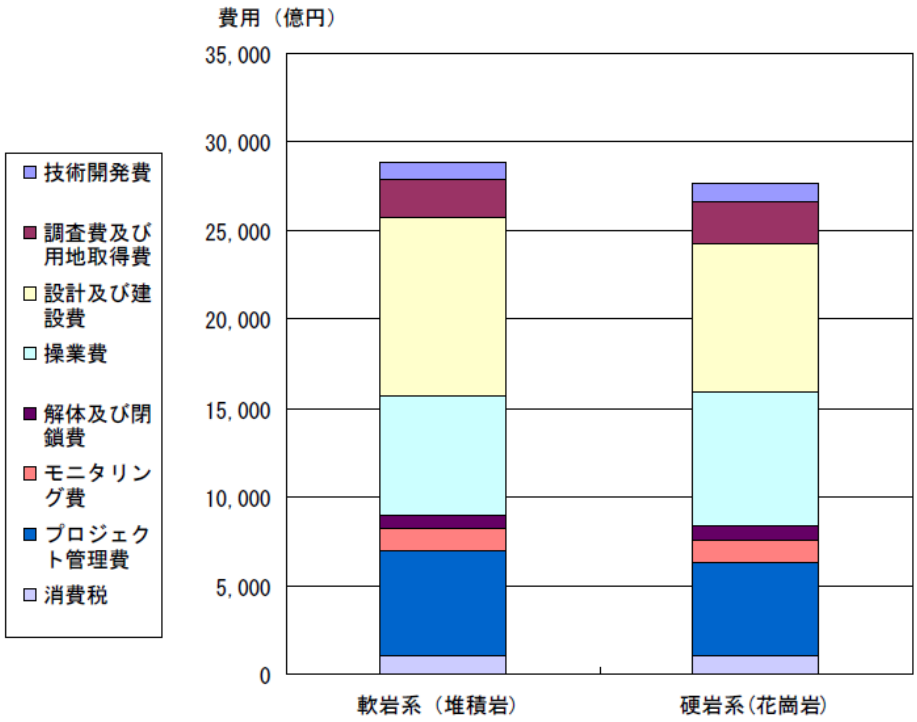


図 2.3-1　高レベル放射性廃棄物の最終処分費用[135)]

2.4　現状の HLW 地層処分を取り巻く状況

(1) 処分研究の現状

1990 年代には日本の処分研究は飛躍的に発展した。NUMO が設立された 2000 年以降は事業が進展と予想されたが、サイト候補地が決まっていないためサイトスペシフィックに処分事業を網羅した報告書が本研究投稿時点ではまだ発行されていない。

他方、事業側の基盤研究は地層処分基盤研究調整会議[136)]等により分担が決められ、重複がないように推進されている。全体として研究開発の重複等が排除される等の調整機能を発揮しているが、現状では理解促進に係る研究開発の計画や内容は議論されていない。

(2) 適切なサイト選定の現状

現状は候補サイトが決まっていないので、場所を特定しないサイトゼネリックな評価を行っている。サイト候補地が出てくれば、調査活動でサイト特性を把握し、サイトスペシフィックな評価に移行するものと考えられる。すなわち当該の場所の地質調査が行われ、その場所に見合った処分システム、人工バリアの仕様が検討されるものと考えられる。

(3) サイト選定と処分費用の相関

前述の 2.2.2 (1) 項で示した通り、処分場の地質環境には火山、活断層等に対して足切り条件がある。しかし、現時点では岩盤の強度や安定性および地下水流動条件には足切り条件はない。すなわち、これらについてはサイト候補地が決まればその場所の地質に見合った処分システム・人工バリアの仕様が検討されることが考えられる。

言い方を変えれば、サイト候補地の地質に応じて建設方法や人工バリア構造が変わる可能性があることを意味している。地質（天然バリア）の状態が悪ければ、処分深度を深くしたり、工学バリアで補強して所期の安全性を担保するとの考え方がある。逆に地質（天然バリア）の状態が良ければ、工学バリアを簡略化して経済的な処分システムを提案するとの考え方もある。

(4) 処分費用変動の可能性

現状の HLW 処分費用の試算では、岩盤の強度が低い地質や地下水が多い地質は費用見積の前提としておらず、比較的建設し易い地質を前提としている。なお、国の委員会[137]では、具体的な処分サイトの物理的状況により確定する条件（岩種、処分深度等）は、代表的なケースを平均した値を資金確保制度の基本となる合理的見積りとすることが適当とされている。

岩盤の強度が低く、安定性が悪い地質の場合、建設工事には費用と期間がかかる。さらに、湧水量が多い地質の場合は止水工事を伴うため、一層の費用と期間がかかる。
従って、サイト候補地によっては総コストが高い場所と安い場所が存在するものと考えられる。すなわち、処分費用低減の観点からは、掘削し易い場所、力学的安定性に優れている場所（建設コストが少なくてすむ場所）、割れ目・亀裂が少ない場所（効率的に廃棄体を設置できる場所）、地下水流速が遅い場所（追加設置する工学バリアが少なくてすむ場所）が望ましいと言える。逆に岩盤の強度が低く、安定性が悪い地質や、湧水量の多い地質は費用の観点からは望ましくないと言える。

2.5 現状の HLW 処分の調査・分析のまとめ

本章では本研究に共通的な研究背景として、HLW 地層処分の既往の処分研究と処分事業の調査、および、HLW 処分時の安全性に係る議論の現状について述べた。

(1) 処分研究と多重バリアの構成および地層処分の長期安全性

ここでは、HLW処分地の選定基準と多重バリアの構成、地層処分の長期安全性について調査・整理した。日本ではサイト候補地が決まっていないため、サイトスペシフィックに現地の地質や地下水の状態を反映した報告書は本研究投稿時点ではまだ発行されていない。そのため、日本の既存のデフォルト案となっている第２次取りまとめ[12]のサイトゼネリックな処分概念とその安全性について調査した。

なお、本項の調査内容は後述の3.2.2 節、3.1 節、3.3 節に反映される。

(2) HLW 処分事業の費用評価

国の委員会[14]で評価され、日本の既存のデフォルト案となっている処分概念の費用について調査・整理した。HLW処分費用の試算値は約2.7～3.1兆円の範囲にあるとされている[14]。現状のHLW処分費用の試算では、岩盤の強度が低い地質や地下水が多い地質は費用見積の前提としておらず、比較的建設し易い地質を前提としている。従って、サイト候補地の地質によっては、同一の安全性を得るためには総コストが高い場所と安い場所が存在するものと考えられる。言い方を変えれば、サイト候補地の地質に応じて建設方法や人工バリア構造が変わる可能性がある。地質（天然バリア）の状態が悪ければ、処分深度を深くしたり、工学バリアで補強して所期の安全性を担保する。逆に地質（天然バリア）の状態が良ければ、工学バリアを簡略化して経済的な処分システムを提案できる。

なお、本項の調査内容は後述の3.1 節、3.3 節に反映される。

第3章　HLW 処分の専門的な技術情報の適切な説明内容

HLW 処分は地質、地下水、化学、分析化学、応用物理、物理探査、腐食、粘土、土木、機械、電気、保健物理等の技術分野で構成されており、かつ、各々の分野においても専門性が高い研究内容が含まれている 12)。それにより、技術的な基礎知識を持ったある特定の科学･技術分野の専門家であっても自分の専門分野以外の内容を理解するのは相当な労力を要する。そのため、本分野専門家（原子力バックエンド分野の専門家）は、他分野専門家（同分野以外の専門家）に対して専門的な技術情報を適切に説明する必要がある。なお、ここでは、仮に情報量を増やすことになっても専門的に深い領域の技術情報を、誤解されることなく、また、いたずらに時間を浪費することなく伝えることができ、結果として、合理的な判断を行うことに資するような説明を、『適切な説明内容 』と呼んでいる。

その反面、HLW 処分に強く賛成・反対のいずれの意見も持っていない層（以下、「中間層」という）の中にいる他分野専門家と他の社会階層は、科学技術に関与しない関係から得た強い信頼で結ばれている場合がある。例えば、GMO の事例ではここでの対話は信頼された他分野専門家の判断結果（意見）に基づく情報で行われ[49)、50)]、詳細な専門的な技術情報による説明は必要とされない可能性がある。

ここでは、上述の前提の下で専門的な技術情報の本分野専門家(This field Specialist)から他分野専門家(Another field Specialist)への説明とそれに続く討論（以下、「S to S」という）において、HLW 処分時の安全性・経済性等の専門的な技術情報を他分野専門家へ説明する際に適切な説明内容を検討した。専門的な技術情報に関する適切な説明内容の研究フローを図 3-1 に示す。

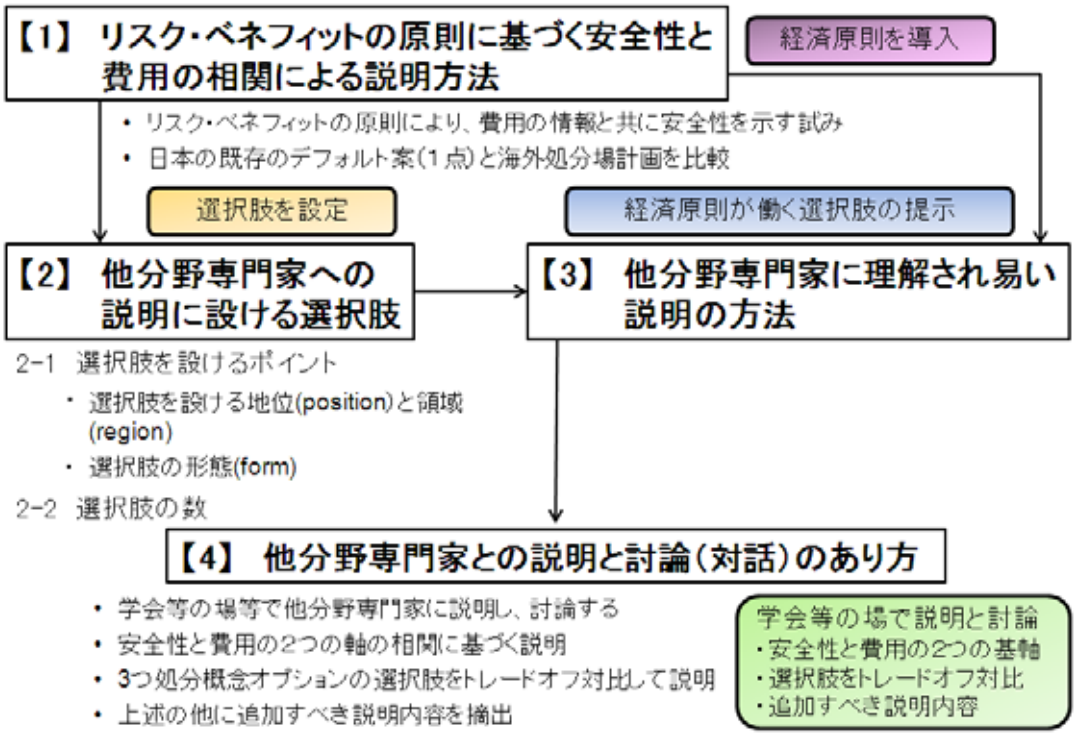


図 3-1　専門的な技術情報の適切な説明内容の研究フロー

まず、最初にリスク・ベネフィットの原則に基づく安全性と費用の相関による説明方法を検討する。ここでは経済原則を導入し、費用の情報と共に HLW 処分時の安全性を示すことを検討する。

次に、適切に他分野専門家に説明する際に必要と考えられる選択肢を設けるポイント（選択肢を設ける地位(position）と領域(region)および選択肢の形態(form)）と選択肢の数を検討する。

さらに、上述の２つの検討結果を合わせ、他分野専門家に理解され易い説明の方法として経済原則が働く選択肢を提示する。すなわち、費用の情報と共に安全性を示すことで HLW 処分の安全性・経済性を他分野専門家に説明する内容を具体化する。

最後に他分野専門家に説明と討論（対話）を行う場と説明に追加すべき内容について検討する。

3.1　リスク・ベネフィットの原則に基づく安全性と費用の相関による説明内容

本項では、HLW 処分の社会的受容性から端を発した検討として、リスク・ベネフィットの原則に則った意思決定が可能となるために費用の情報と共に HLW 処分の安全性を示すことにより、他分野専門家に理解し易く説明できる内容を見出す。

１章で述べたリスク・ベネフィットの原則[61]やリスクのモノサシ[45]等のリスクに関する考え方および２章で述べた既往の処分研究と処分事業の現状を調査した結果を踏まえ、個々の他分野専門家も全体感として HLW 処分時の安全性と費用との関係でとらえ、両者の相関から最適と思うものを選ぶことが考えられる。ここでは処分時の安全性を広義で処分場の品質と言えると考え、心理学における文脈効果を調査し、一般的な費用と品質の相関による判断状況を明らかにする。

次に、理解の現状と課題を明らかにし、リスク・ベネフィットの原則[61]に基づく処分時安全性の説明内容を示す。

その上で、現状の費用試算結果とここで見出した説明内容の相関について考察する。これらを踏まえ、本研究はリスク・ベネフィットの原則[61]に則った意思決定が可能となるために費用の情報と共に HLW 処分の安全性を示すことにより、日本の処分概念という専門的に深い領域の技術情報を他分野専門家が適切に理解することができるような説明内容を見出す。

すなわち、従来の HLW 処分時の安全性という１つの評価の軸に加えて、地層処分にかかる費用というもう１つの評価の軸を提示することで、理系の科学者・技術者である他分野の専門家は、原子力エネルギーの確保というベネフィット（便益）と HLW 処分にともなうリスクについてより深く理解し、検討することができる。さらに、両者の比という形で地層処分にかかる費用と、達成される HLW 処分時の安全レベルの関係を示して、どこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を他分野の専門家もまじえて議論できるようにしようとしたものである。

3.1.1　リスク・ベネフィットの原則に基づく説明内容の検討

科学技術に係る説明には本質的に判りにくい体系のものと、判りやすい体系のものがある。HLW 処分の安全性は、対象物が判りにくく、評価期間も長いことから本質的に判りにくい対象である。環境リスク論として 1.3.3　節で示した通り、一般に経済原則を導入してリスクやその対策の選定経緯および判断に係る情報を共有した方が、説明を受ける側に理解され易い。ここでは、リスク・ベネフィットの原則[61]に基づき、日本の処分概念という専門的に深い領域の技術情報を他分野専門家が適切に理解することができるような説明内容を見出す。

(1) ベネフィットの認識に係る課題[138)]

前述の通り、環境リスク論の基本的考え方は、「絶対的な安全領域がない危険性とわれわれはどうつきあうかという科学」であり、「リスクは必ずなんらかのベネフィットを伴っている」ために、「微妙な危険性もリスクとして評価する代わりにある程度のリスクは許容するとの立場に立つ」ことである。

現世代は、原子力発電による電気を使用することでベネフィットを享受している。しかし、現状では以下の２つの点でHLW処分はベネフィットが認識されていない。

a. 原子力エネルギー利用とそれに伴って発生する HLW 処分とその費用

最近の原油価格の高騰や CO_2 等の温室効果ガスによる地球温暖化への懸念から、CO_2を出さない原子力発電が現代の生活に必要であるとの認識は広がっている。しかし、電気を使用することでベネフィットを享受しつつも、国民には原子力発電に伴い発生する HLW 処分の必要性まで実感として認識されていない。

b. 現世代における HLW 処分費用の徴収とその方法

原子力発電による電気の使用で便益を享受する世代が、HLW 処分費用を負担すべきとの考え方から、消費者が電気料金の一部として負担することとされている[14)]。すなわち、最終処分法に基づき、約 3 兆円という第一種最終処分積立金の下で処分事業を進めようとしている[14)]。既に、現状で約 20 銭/KWh（１か月に 300KWh（約 7,000 円）の電気を使用する家庭の負担額は約 20 円)程度の HLW 処分費用を既に支払っている[13)]。処分事業の費用は税金とは別の体系の積立金として既に徴収されていることは、電力の消費者（＝国民）にはあまり知られていない。

上述の２つの点でベネフィットが認識されない体系となっているため、現状ではリスク・ベネフィットの原則[61)]による HLW 処分の安全性に係る説明は成立しない。まず上述のベネフィット情報を説明し、正しく理解されることから始まる。これらの情報はマスコミを使った広域広報により国民に正しく認識されるべきである。その上ではじめて他分野専門家を含め、どこまでのリスクを許容するかを対話することができる

(2) 処分時安全性の説明[138)]

ベネフィット情報に係る広域広報の次の段階として、本分野専門家である各研究機関はバリア性能や安全評価の結果等をリスク・ベネフィットの原則に基づいて説明するべきである。それには、まず、現状の情報でリスク・ベネフィットの原則に基づいた安全評価結果を示せるか否かを確認する必要がある。この検討では前述した約３兆円の費用試算結果とは第２次取りまとめ[12)]に基づく４万本での年間の最大放射線量（最大被ばく線量当量：処分後約 80 万年で 0.005 μSv/y）を引用した。また、前述の図2.2.3-4 の各国の比較結果より安全評価結果を引用し、各国の廃棄物発生量と処分費用の調査結果[139)]から処分単価を導出して表3.1.1-1 に示した。なお、廃棄物発生量は燃

料状態でのウラン重量換算で規格化した。再処理施設におけるガラス固化体の発生量は使用済み燃料 1ton（ウラン換算）当たりで約 1.25 本とした。また、図2.2.3-4 にはフィンランドの年間の最大放射線量が示されていないため、別途の文献[140]より引用し、表3.1.1-1 に反映した。ベルギー(GF1)、スイス(GF2)はガラス固化体の年間の最大放射線量を記載した。また、フィンランド(SF1)、スウェーデン(SF2)、米国(SF3)は参考情報との位置付けで使用済み燃料直接処分時の年間の最大放射線量を記載した。なお、表3.1.1-1 で年間の放射線量は年間被ばく線量当量の意味である。

なお、米国は確率論的安全評価（PSA）を行っており、１万年以降は破壊的シナリオの評価を組み込んでいる等により、評価体系が大きく異なっている。例えば 10 万年後辺りでは火成侵入シナリオ等により放射線量の数値が大幅に増加している。そのため、表3.1.1-1 では米国の放射線量の数値は確率論的シミュレーション結果の平均値を示し、処分後経過時間の異なる３つの最大放射線量の情報を示した。また、本研究では米国の安全評価の代表値としては６万年後の放射線量である 0.01μSv/y を利用することとした。

表3.1.1-1 の個人の最大被ばく線量当量と処分単価の相関を図3.1.1-1 にプロットした。海外事例等は各々の処分概念に基づく安全性と費用との相関図で比較して議論しようとするのが、リスク・ベネフィットの原則に基づいて本研究が見出した説明方法の重要なポイントである。これは前述の岡[63]が指摘する費用効果分析に近い考え方に基づくものである。また、国内規制・基準がまだ整備されていないため、諸外国で提案されている安全基準である 100～300μSv／年を図中に表示した。

図3.1.1-1 の A 点が日本の評価例であり、その他の点である GF1～GF2、SF1～SF3 は海外事例である。本研究では、まず、これらの点をトレードオフ対比することで技術的に専門家の理解を深めることができると考えている。

心理学的研究でいう品質と処分時安全性は必ずしも完全に一致するものではない。しかし、処分時の安全性は「あらかじめ基準値として定められた放射線防護レベルを超えていないこと等を確認する行為」を基本的な考え方としており、この基準値への合否という視点からは広義で処分場の品質と表現することができると考えられる。

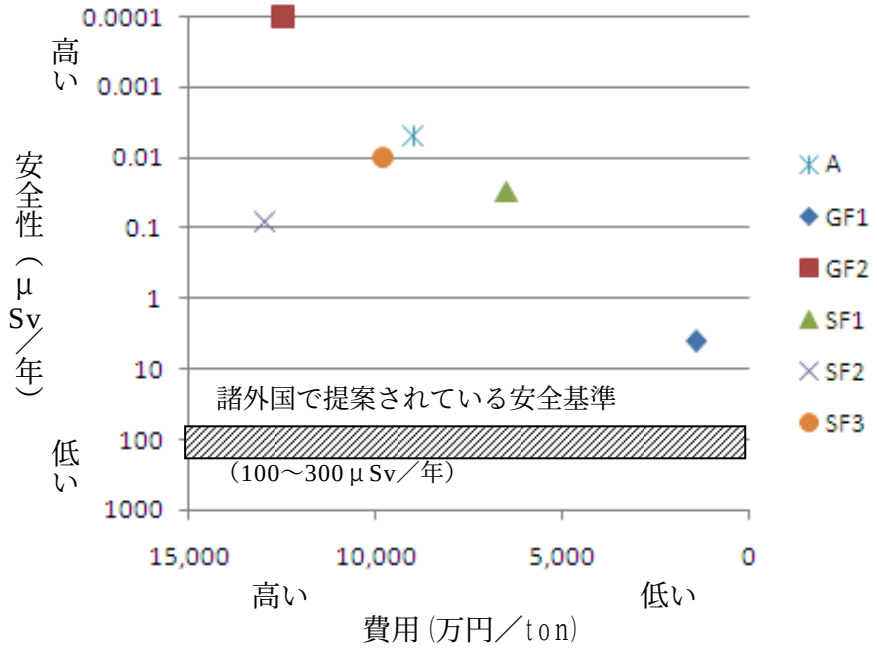
図3.1.1-1 では海外事例も合わせて HLW 処分費用と処分時安全性との相関で表現できることが判った。また、図3.1.1-1 の A 点を見れば、日本の現時点での HLW 処分事業化検討の成果は、費用の点でも安全性の点でも、国際的にバランスがとれたものである。

但し、日本で利用できる選択肢は１点で良いのかという議論はある。図3.1.1-1 のような形で提示していないものの、現状では第２次取りまとめ[12]の成果で社会的合意が得られていないため、A 点以外の選択肢は必要である。なお、ここでは選択肢の必要性を提言するまでとし、具体的な選択肢の設定方法は次節に記載する。

表3.1.1-1　HLW 処分事業の費用と安全性の国際比較[138)]

項目 / 対象国		発生量[139)] (ton) * (a)	年間の最大放射線量 *2 (μSv/y)	処分後の時点 (万年)	総費用[139)] (億円) (b)	処分単価 (万円/ton) (c=b÷a)	(備考) 円換算ﾚｰﾄ
日本	A	32,000	0.005	80	29,000	9,000	―
ﾍﾞﾙｷﾞｰ	GF1	4,934	4.00 *1	20	707*4	1,400	1EUR=158 円
スイス	GF2	3,455	0.0001*3	100	4,300	12,500	1SSF=98 円
ﾌｨﾝﾗﾝﾄﾞ	SF1	6,500	0.03 [140)]	1	4,200	6,500	1EUR=158 円
ｽｳｪｰﾃﾞﾝ	SF2	9,300	0.08	20	12,100	13,000	1SEK=17 円
米国 *5	SF3	70,000	(0.0001)	1	68,400	9,800	1$=119 円 確率論的評価の平均値
			0.01	6			
			(1520)	48			

*1 発生量は燃料状態でのウラン重量換算
*2 図2.2.3-4 の年間の放射線量の最大値を読取
*3 再処理に伴うガラス固化体分として表示
*4 幅として表示されている費用の中央値
*5 米国は６万年時点の放射線量をプロット



A は第２次取りまとめ処分概念の安全評価と費用試算した研究事例(日本の既存のデフォルト案)
GF1（ベルギー)、GF2（スイス)は海外のガラス固化体処分の研究事例
SF1（フィンランド)、SF2（スウェーデン)、SF3（米国)は海外の使用済み燃料直接処分（参考情報）の研究事例

図3.1.1-1 リスク・ベネフィットの原則に基づいた HLW 処分時の安全評価結果の表示[138)]

なお、このリスク・ベネフィットの原則の基づく説明には、前述の①電力料金－原子力発電－HLW 処分費用のリンク、②現世代における HLW 処分費用の徴収と変動の可能性等のベネフィット情報について、広域広報等により国民に周知させることが前提であることに注意しなければならない。

また、ここでは安全性については、処分場閉鎖後の公衆の放射線安全性のみを記載している。本来的には操業時の従業員（作業員）の作業安全性と放射線安全性および操業時の公衆の放射線安全性について述べる必要がある。しかし、現状では世界的にこれらを示す定量的なデータは提示されておらず、事業形態が明確になっていない時点でこれらを算出することも難しい。そのため、今回はこれらを除外しており、その定量化は今後の課題と位置付けた。

(3) 検討結果のまとめ

専門的に深い領域の技術情報である HLW 処分時の安全性を、費用（経済性）の情報と伴にリスク・ベネフィットの原則に基づき説明することにより、他分野専門家が適切に理解することができるような説明内容について検討した結果は以下の通りである。

① 現状では原子力エネルギーの利用に伴う放射性廃棄物の課題解決には経済原則が働いていない。経済原則が働かせ、リスク・ベネフィットの原則[61]から合理的な説明をするためには、HLW処分の費用（経済性）に関する情報と共に、その安全性を示すべきである。

② 上記①の手法により、日本の既存のデフォルト案（第２次取りまとめ[12]で示された安全性と国の委員会[14]で示された費用試算結果）は、海外事例との相関を整理できる。また、海外事例も合わせて地層処分にかかる費用と、達成されるHLW処分時の安全レベルの関係を示すことにより、どこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を「S to S」において他分野の専門家もまじえて議論できるものと考えられる。

③ 但し、現時点の我が国で利用可能なものとしてプロットできるのは日本の既存のデフォルト案の１点であり、HLW処分地を確保することについて「S to S」において他分野の専門家と議論するためには他の選択肢を準備するべきである。

3.1.2　リスクとベネフィットの相関の考察

前章ではリスク・ベネフィットの原則に則った安全性と費用の相関図により、日本の既存のデフォルト案と海外事例との相関で相対的な位置付けを説明出来ることを述べた。本章ではそこで利用した費用試算結果に見直す要因はないかを考察する。

現状では、個々には整合させていないが各関係機関の発信する意見を集約し、総括的に見れば、図3.1.1-1 の日本の既存のデフォルト案である A 点について、「日本のどの場所に作っても、徴収する約 3 兆円の費用の下で十分な安全性を確保した処分場を設置できる」と言っているようにも聞こえる。著者は日本の国・電力・事業主体等の関係機関が責任を全うして真面目に取り組もうとする結果、約 3 兆円の費用の枠内で HLW 処分を実現したいとする気持ちの表れと理解しているが、これが一般的に理解されているか否か、リスク・ベネフィットの原則から妥当な内容であるか否かは疑問がある。

2.4　(4) 項で示した通り、岩盤の強度が低く、安定性が悪い地質の場合、建設工事には費用と期間がかかる。さらに、湧水量が多い地質の場合は止水工事を伴うため、一層の費用と期間がかかる。これらは 7 カ月を要して 80mの破砕帯を突破し、1963 年に完成した黒部ダムの建設記録[141)、142)]からも明らかである。黒部ダムは当時の金額で予算約 380 億円に対して実際は 513 億円を要したとされている。特に難工事を極めた大町トンネルを担当した第 3 工区は当時の予算約 16 億円に対して、実際は約 30 億円と約 2 倍になったとされている[141)]。

他方、上述を踏まえてか、NUMO のホームページ[13)]では「国が処分に必要な金額（単価）を定めており、この単価は、毎年見直され、また計画の見直し等があった場合にも見直され、適切な処分費用が確保される」ため、不足することはないと述べられている。将来の実処分場で実際に破砕帯との遭遇等により総費用が増加すれば、電力料金による追加徴収等の方法で消費者に負担がかかるものと予想される。しかし、その変動幅や費用が不足する際の対応策は必ずしも国民が周知するところとはなっていない。

図3.1.1-1 の日本の既存のデフォルト案である A 点についても、前述の理由で費用試算を見直す必要が生じる可能性がある。費用が増額になれば電力料金による追加徴収等の方法で消費者に負担がかかるため、最初からサイト選定の評価の中にどのサイトは費用が高く、どのサイトなら費用は安いという経済性の項目が入っていることを周知とする方が合理的である。将来、複数の候補サイトが現れ、処分サイトを選定する段階となれば、経済原則からして安い費用で高い安全性が得られる場所が選定されるべきである。また、一国のエネルギー利用にかかる負担を一身に背負い、電力消費者＝国民の負担低減に寄与するため、処分地となる当該の地域は他の地域より誉れをもって賞賛されるべきである。

そのため、図3.1.1-1 の A 点については、現状の約 3 兆円の費用積算のベースを明らかにし、仮に岩盤の強度（安定性）不足や湧水により建設費用が増加した場合、あるいは、

良好な岩盤による工学バリアが合理化できた場合の費用の変動幅と変動した場合の対策を明らかにし、経済原則が働くようにするべきである。また、場合によっては、A 点は横軸（費用）との相関またはその変動幅を見直さなければならない。

3.1.3 リスクとベネフィット原則に基づく説明内容のまとめ

放射性廃棄物処分分野は高い安全性を求めるが余り、費用との相関を議論されていない。そのために経済原則が働かず、際限なく安全性だけを求める動きとなっていた。ここでは HLW 処分の社会的受容性から端を発した検討の結果として、リスク・ベネフィットの原則[61]に則った意思決定が可能となるために費用（経済性）の情報と共に HLW 処分の安全性を示す説明の内容を検討した。

その結果、この原則に則った費用と安全性の相関図では、第２次取りまとめによる日本の既存のデフォルト案と海外事例との相関を適切に説明できる。また、海外事例も合わせて地層処分にかかる費用と、達成される HLW 処分時の安全レベルの関係を示すことにより、どこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を他分野の専門家もまじえて議論できるものと考えられる。これにより、他分野専門家は、専門的に深い領域の技術情報である HLW 処分時の安全性を、費用（経済性）の情報と伴にリスク・ベネフィットの原則に基づき説明することにより、適切に理解することができる。

なお、このリスク・ベネフィットの原則の基づく説明には、①電力料金－原子力発電－HLW 処分費用の相関、②現世代における HLW 処分費用の徴収と変動の可能性等のベネフィット情報について、国・電気事業者等の広域広報により国民に内容を説明し、理解されることから始まる。

3.2 他分野専門家への説明に設ける選択肢

選択肢同士を比較検討することでより理解を深めることが出来るため、既存のデフォルト案以外の選択肢があった方が良いとの考え方もある[138]。現状の日本では HLW は地層処分が基本方針[7]であり、現状の選択肢としては第 2 次取りまとめ[12]で示された処分概念とその安全性および国の委員会で示された費用試算結果[14]による既存のデフォルト案が１つあるのみである。フランスのようにバックエンド政策そのものに選択肢とも見える 3 つの領域の研究計画を設定[139]する考えもあるが、本研究では上述の基本方針に則り、そのうえで理解促進が進んでいない地層処分の範囲で選択肢を設けることを考える。

本項では、既往の選択肢に関する考え方を調査した上で、適切に他分野専門家に説明する際に必要と考えられる選択肢を設けるポイント[143]（①選択肢を設ける地位(position)、②同・領域(region)および③同・形態(form)）と選択肢の数を検討する。そのうえで理解促進が進んでいない地層処分の範囲で選択肢を設ける方法を検討した。

3.2.1 既往の選択肢に関する考え方の調査

(1) 選択肢を設けた例

科学技術に関する内容で選択肢を設けた例として、2008年より開催されている地球温暖化問題に関する懇談会がCO_2排出量の削減目標・国民のコスト負担をパッケージで6ケース提示した地球温暖化対策の中期目標[144]等がある。ここではアンケートによる世論調査が行われ、これら選択肢について各界代表、懇談会の委員等が意見を述べている[144]。しかし、京都議定書（COP3）[15]とそれ以降の国際的な議論により論点はCO_2排出量の削減目標と明確化されており、選択肢を設けるポイントはその削減率（選択肢①：1990年比＋4%～選択肢⑥：同-25%）[145]と明白であることもあり、選択肢の数のあり方についての検討は行われていない。

また、選択肢を設けるまでは至らず、選択肢を設けることに言及した例として2009年に開催された遺伝子組換え農作物（GMO）の技術的側面、社会的側面に関するコミュニケーション[146]等がある。ここでは政府の話題提供者と消費者・生産者・学識者で構成されるパネリストによる討論の上で、コーディネーターが総括として「人にはそれぞれの価値観、人生観があり、GMOを受容したくない人のための選択肢を設けて進むのが、成熟した社会ではないか」と述べている[146]。しかし、これは選択肢の必要性を述べたまでであり、消費者と生産者の見解が異なる点の抽出により選択肢を設けるポイントの検討は行われておらず、また、選択肢の数のあり方についての検討は行われていない。

---

[15] 気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書（Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change）。これは 1997 年 12 月に国立京都国際会館で開催された第 3 回気候変動枠組条約締約国会議（地球温暖化防止京都会議、COP3）で議決された議定書である

すなわち、過去に科学技術に関する内容で選択肢を設けた事例はあるが、一般市民の個の判断を司る心理学の領域まで踏み込んで、その選択肢の数のあり方について論述したものは調査した範囲では見当たらない。さらに、科学技術的な知見を有する専門家における選択肢の数のあり方について論述したものは調査した範囲では見当たらない。

(2) 心理学などの既往の研究例の調査と分析

ここでは認知的なバイアス（情報を取捨選択したり、特定の情報や記憶に影響を受けたりといったヒトの知覚や判断の特徴）や選択のパラドックス等を取り扱う認知心理学、行動経済学等の心理学的な分野を中心に文献調査した。

1) 意志決定における認知的なバイアスの存在

ここでは選択や選好といったヒトの判断のプロセスについて文献調査した。今日の認知心理学や社会心理学での科学的理解の多くは、主に1970年代から1980年代にかけてのTversky & Kahnemanの研究業績[147)-150)]に基づいており、彼らの実験によって人間の判断と意思決定が合理的選択理論とは異なった方法で行われていることを示した。

期待効用最大化（最大の期待値のものを論理的に選択する）の原理に反して人々は（金額の大小ではなく）確実に利益を得られる行為選択肢を好むことをAllaisのパラドクスが示している[151)]。Tversky & Kahneman[149)]はこれを「確実性効果」と呼んだ。これをさらに拡張し、行為選択肢を分割して提示し、一部分に確実性を文脈として“表現”することで確実性効果と同じ効果があることを実験的に示し、これを疑似確実性効果と呼んだ。Tversky & Kahnemanが提唱したプロスペクト理論[148)]はリスクを伴うヒトの意志決定がどのように行われるかについての理論であり、期待効用理論よりも心理学的にさらに現実的な記述的理論であるとしている。すなわち、ヒトは目の前に利益があると、論理的に期待値を最大化する方ではなく、リスク回避して確実に利益を得られる方を選択し、損失を目前にするとそれを回避する方を選択することを示している。

プロスペクト理論に関連の高い認知的なバイアスの１つに、判断の結果が最初に与えられた情報に影響されるアンカリング効果と、表現によって判断が左右されることに起因するフレーミング効果がある。アンカリング効果[147)]とは、船がいかり（アンカー）を下ろして停泊したら、いかりを中心にした一定の範囲から動くことができないように、何かの基準値を与えると、判断がそれに引きずられる効果のことを言う。Tversky & Kahneman[147)]による実験では、アフリカの国々が国連メンバーとなっている割合を訊ねられた人々について、最初に「45%より上か下か?」と訊かれた人々は最初に「65%より上か下か?」と訊かれた人々よりも小さい値を答える傾向があることが示された。このパターンは他のさまざまな推定についての実験でも同様であった。すなわち、一般にこのような意思決定には、最初に注目した値についてのバイアスが

存在する傾向を意味している。

Tversky & Kahneman[149]は、問題が表現される方法を判断や選択にとっての「フレーム」と呼び、フレームが異なることによって異なる判断や選択が導かれることをフレーミング効果と呼んだ。フレーミング効果がある場合には、期待効用理論の前提である「不変性」（同一の問題がどのような表現で示されたとしても選択には影響を及ぼさない）が満たされなくなる。フレーミング効果は、600人を殺すと予想される異常なアジアの疾病の発生に備えとして「200人は助かる」というフレーミングと、「400人は死ぬ[16]」というフレーミングでは期待値が同じであるにも係わらず前者が選択されやすいとした有名な「アジアの疫病問題」と称される調査[149]により確認されている。

2）選択肢の意思決定の結果に与える効果

ここでは、選択肢の意思決定の結果に与える効果に関する心理学などの分野の文献を調査した。本節で示した文献は主に 2003 年以前の研究によるものである。

Slovic ら[152]は、選好はあらかじめ定まっているというよりもむしろ意志決定の過程において形成されるものと述べている。すなわち、選好が選択の過程で形成され、対象の選択肢の数が選好の結果に影響を与える可能性を指摘しているものと考えられる。

Schwartz[153]は、現代のアメリカでは選択の自由が広がっているというのに、満足を感じていないひとが増えていると述べている。また、Schwartz[153]が提唱する選択のパラドックスでは、選択肢が多いほど自由に選べる可能性が広がり、より充実度は高くなるはずだという信仰は幻想であり、人にとって選択肢が多いことは幸福度を高めるどころかかえって低下させてしまうと述べられている。さらに Schwartz[153]は消費者行動を取り扱った心理学研究では、消費者に商品を購買させるには選択肢の数はあまり多すぎるとかえって選択できなくなることを指摘している。

友野[154]は、「初期値（設定）効果」を指摘している。これは、2つの状態ＡとＢのどちらかが初期値とされるかによって選択が変わってしまうことであり、フレーミング効果の一種であると述べている。結果的に公共政策に関連する場合には、初期値は政策決定者（多くは政府）の「おすすめ」だと考え、それを良いことだとみなすことがあるとしている。これは前述のアンカリング効果[147]の一例と見ることができると考えられる。

Shafirら[155]は、アンカリング効果を別の実験例で示している。これはCDプレイヤーの1日限りのバーゲンを仮定したアンケート調査の結果を報告したものである。第1の状況で高級品メーカーS社製人気機種$99と汎用品メーカーA社製高級機種$169の両方が正価よりも安いバーゲン価格で売られた場合は、買うと答えたのは両方とも27%で、見送るとの回答が46%だった。第2の状況でS社製だけがバーゲン価格$99で売られた場合、買うが66%、見送るが34%であった。第3の状況としてS社製$99とA社製$109で売ら

16 アジアの疫病問題は原文では「200 人は助かる」と「1／3 の確率で 600 人が救われ、2／3 の確率で誰も救われない」との表現がある。

れた場合、S社を買うが73%、A社を買うが3%、見送るが24%であった。すなわち、下位の選択肢（A社製）の存在がアンカー効果の役割を果たし、そのため上位機種（S社製）の値下げがより魅力的に見えて購入の理由付けができたのだと考えている。

選択肢が 2 種類の場合は上述のようにアンカリング効果により意志決定が促進されることが確認されたが、次に選択肢が多い場合の報告例を調査した。Iyenger ら[156]は、高級食品雑貨店でジャムの試食販売した実験例を報告している。6 種類のジャムの陳列テーブルを訪れた客のうち実際に購入したのは 30%だが、24 種類のジャムの陳列テーブルを訪れた客のうち実際に購入したのは 3%であった。そのため、Iyenger ら[156]は、一般に消費者は多様な選択肢が用意されている方が魅力に感じるが、結局、選択肢が多すぎると決定ができないと述べている。

上述した多くの著書[153)-156)]の中では、「ヒトは選択肢の数は１つではなく複数あった方が良いと考えている」と述べられている。しかしながら、Schwartz[153]は「人にとって選択肢が多いことは幸福度を高めるどころかかえって低下させてしまう」と述べ、Iyenger ら[156]は「選択肢の数があまり多すぎるとかえって良くない」ものと考えている。

最近（主に 2005 年以降）の Scheibehenne ら[157]や Reutskaja ら[158]の研究としては、上述の影響を過剰選択肢効果[too-much-choice effect]と呼び、この効果があるかどうか、また、それを説明できる要因があるのかを考察している。Scheibehenne ら[157]は、過剰選択肢効果が起こり得るかどうかは疑問であるとし、Schwartz[153]の選択のパラドックスを否定する方向で結論付けているが、選好を説明できる調節因子等の他の要因を見出した訳ではない。これらについては 3.2.3　(1) 2) 項にて詳説する。

他方、最近、Dhar[159]、Jessup ら[160]、White ら[161]により選択を回避または延期する行動は研究が進められている。White ら[161]は選択を回避または延期しなかった人により選択された結果だけを議論するのではなく、選択する行為に参加した人数の割合を考慮する必要があると述べている。しかし、過剰な選択肢が与える影響等を理解する上では定量的にこれを把握し、境界（しきい）条件等を評価する必要があるが、これについて現時点では一般性のある説明ができていない状況にあるものと考えられる。これらについても 3.2.3　(1) 3) 項にて詳説する。

(3) 選択肢に関する考え方の調査のまとめ

上述の通り、多くの選択肢があることによる影響については現在議論中[157]であるが、より多くの選択肢が提供されることが意思決定者へ利益をもたらす[162]ことは一般に理解されているものと考えられる。また、関与度が高く、知識が豊富な意思決定者は選択肢を複数考慮する[163),164)]ことが示されている。

そのため、ここでは適切に他分野専門家に説明する際に必要と考えられる選択肢を設けるポイント（①選択肢を設ける地位(position)、②同・領域(region)および③同・形

態(form)）と選択肢の数を検討する。

3.2.2 選択肢を設けるポイントの検討

本項では、その選択肢を設定するとした場合、選択肢はどのような地位・領域および形態のものであれば良いかを検討した。

まず、 2.2 節に前述した第 2 次取りまとめ[12]で示された処分時安全性の中のいくつかの内容に対する専門家同士の誌上の討論を更に詳細に分析・調査した。

次に、上述の調査内容を検討・分析し、過去の専門家間での議論で合意に至らなかった領域を見出した。なお、ここでは報告書・雑誌で議論される内容の経緯・変遷を追い、技術的な視点から論点に関する認識や理解を共有できたかどうかをする手法を用いた。その上で、専門家間での議論で合意に至らなかった領域の特徴から選択肢を設ける地位・領域を見出した。

さらに、そこに見合う選択肢の形態を検討した。その上で、本研究の主旨を考慮して分析的な視点から、この選択肢を使った説明の内容の妥当性を考察した。

(1) 科学技術的な知見を有する反対意見の専門家が指摘する点

ここでは、処分時安全性の中のいくつかの内容に対して、反対意見の専門家が公開の雑誌で批判し、それに対して推進側の賛成意見の専門家らが批判に対する見解をまとめた報告書を公開した事例とその経緯などを調査した結果を以下に示す。

1) 専門家同士の議論の概要

核燃料サイクル開発機構（JNC：現 JAEA）が 1999 年に発行した第 2 次取りまとめ[12]のいくつかの内容に対して、科学技術的な知見を有する 7 名の構成員から成る地層処分問題研究グループ（以下、「地問研」という）が報告書（以下、「批判レポート」という）[110]を 2000 年 7 月に公開し、批判した。また、これに対して JNC は批判に対する見解をまとめた報告書（以下、「JNC 見解レポート」という）[111]を 2000 年 10 月に公開した。これらの報告書では①地質環境の長期安定性（地震・断層活動等)、②工学技術と深部坑道の安定性（岩盤物性、坑道の力学的安定性)、③人工バリアの特性（ガラス固化体の全溶解までの期間、オーバーパックの腐食寿命等)、④地下水シナリオに基づく安全評価等の科学技術的な内容について説明され、お互いの見解が述べられている。また、その後、双方が現代科学の最新動向を的確かつ平易に解説することを趣旨とする雑誌「科学」[112)-114)]で意見を述べている。但し、雑誌「科学」[112)-113)]で反対意見を述べたのは地問研の構成員 7 名中の後述する 3 名である。これらの議論から主な論点を摘出し、その論点の各図書での扱いの有無を表3.2.2-1[143)]に示した。また、その主な内容を以下に紹介する。

表3.2.2-1　第２次取りまとめへの批判に関する推進／反対意見の専門家の論点とその経緯[143)]：１／2

区分		抽出された論点（カッコ内は批判レポートでの記載箇所）	批判レポート[110] (地問研)	JNC見解レポート[111] (JNC)	科学00年12月号[112] (地問研)	科学01年3月号[113] (地問研)	科学01年11月号[114] (JNC)
1. 地質の長期安定性（第3章）							
	1-1	処分場の深度は地質環境と工学的な制約によって自由自在に選べる訳ではない	○	○	×	－	×
	1-2	安定性に疑問があり変動帯では処分地を選べない	○	○	○	－	○
	1-3	地質特性などばらつきの大きいデータが平均値で処理している	○	○	×	－	○
	1-4	「地震はすべて活断層の活動によるもの」は理解が間違っている	○	○	○	－	○
	1-5	「活断層はすべてわかっている」は理解が間違っている	○	○	○	－	○
	1-6	活断層の空白地域でも、大小の地震が少なからず発生している	○	○	×	－	×
	1-7	今後10万年間地震の影響を免れる場所を高い信頼度で選定することは、ほとんど不可能である	○	○	○	－	○
	1-8	地震の結果、変形･応力変化により，人工バリア周辺の岩盤中の大小無数の亀裂を閉じたり開いたりして地下水の流動特性を変化させる効果を考慮していない			◎	－	○
	1-9	見切り発車でもよいのだといわんばかりの基本姿勢は，どんな最悪の事態がおこりうるかの徹底的な検討をおざなりにするという形で，‘第2次取りまとめ’の工学技術と安全評価の議論にも共通している			◎	－	○
	1-10	これまでに地表に断層を生じていない断層は地震の規模も小さく、今後もそのような規模の断層運動がおきる可能性は非常に小さいとし、こうした問題を切り捨てている			◎	－	○
	1-11	変化の仕方や程度を実証するためには、少なくとも100～200年間の観測･調査を続けなければならない			◎	－	○
2. 処分場の建設（第4章）							
	2-1	圧縮強度のばらつきを考慮せず、様々な岩種の平均的な強度から設計している	○	○	－	△	△
	2-2	岩盤の強度を表す特性値の一つである内部摩擦角が，平均値よりも著しく過大評価されているのが目につく	○	○	－	×	×
	2-3	ばらつきの大きいデータに関して少なくとも 10 倍の余裕度を見込む必要があると考えねばならない	○	○	－	×	×
	2-4	JNCによる安定計算は、空洞の安定を 7.2 倍も過大に評価していると言わねばならない	○	○	－	×	×
	2-5	地下の鉛直方向と水平方向の応力比(側圧係数)について恣意的な平均値を使用している	○	○	－	△	△

凡例　◎:別の形態に発展した新たな記載あり、○:記載あり、△:直接的ではないが関係する記述がある、×:記載なし、－:対象外

略語注）地問研:地層処分問題研究グループまたはその構成員個人、 JNC:核燃料サイクル開発機構（現･日本原子力研究開発機構（JAEA））

表3.2.2-1　第2次取りまとめへの批判に関する推進／反対意見の専門家の論点とその経緯：2／2[143)]

区分		抽出された論点（カッコ内は批判レポートでの記載箇所）	批判レポート[110] (地問研)	JNC見解レポート[111] (JNC)	科学00年12月号[112] (地問研)	科学01年3月号[113] (地問研)	科学01年11月号[114] (JNC)
3. 人工バリア機能（第5章、第6章）と埋設作業（第6章）							
	3-1	一部のガラス固化体の内蔵放射能量(発熱量)が過小評価されている	○	○	―	○	○
	3-2	発熱量が高くなりすぎて現在の地層処分のシナリオは成り立たない	○	○	―	○	○
	3-3	ガラス固化体一本が溶けきるまでの時間は270年である	○	○	―	×	×
	3-4	鉄腐食生成物の連続的な供給により，ガラスの溶解速度が長期的に下がらなくなった場合の検討がない	○	○	―	×	×
	3-5	炭素鋼オーバーパックの不動態化挙動の根拠データがJNCの内部データであり、証拠能力が極めて低い	○	○	―	×	×
	3-6	腐食実験に使われた試験片のサイズが小さく、これではいかにも観測の精度が悪い	○	○	―	×	×
	3-7	オーバーパック腐食は短期間の試験結果で1000年間の外挿するのは乱暴である	○	○	―	○	○
	3-8	平均的に、おそらくは水の還元によるものは酸素による酸化よりは速い速度で炭素鋼は腐食していく	○	○	―	×	×
	3-9	緩衝材（ベントナイト）が 100℃ 以上になってしまって，期待される機能を発揮できなくなる	○	○	―	×	×
	3-10	厚みの変更は、オーバーパックの工作上（例えば溶接）、大きな困難をもたらす	○	○	―	×	×
	3-11	表面線量率の高いオーバーパックのハンドリングの無人化･自動化は実現困難である	○	○	―	○	○
	3-12	埋設後の非管理区域化は難しく、地下坑道の埋め戻しの実行可能性は低い	○	○	―	○	○
4. 天然バリア機能（第7章）と安全性の評価							
	4-1	恣意的なデータの扱いをして(中略）地下水流量を100 倍ほど過小評価して設定している	○	○	―	△	△
	4-2	上記から人間環境に達する放射性物質の量も核種によっては数万倍も過小評価されている	○	○	―	○	○
	4-3	過度に保守的’（安全側の意）な評価はしないとするのは，想定が甘い	○	○	―	○	○
	4-4	現段階ではボーリング孔における透水試験の試験区間を適切に設定して個々の亀裂の透水量係数を直接測定することは難しいなどにより、個々の亀裂に対する透水量係数の実測データは得られていない		◎	―	○	○
	4-5	（前略）河川流量の少ない上流や深井戸を用水とする場合には，希釈水量は50分の1から100分の1になる	○	○	―	○	○
	4-6	簡単な試算の結果、地下水流速がレファレンスケースの2000倍になることが見込まれる	○	○	―	○	○
	4-7	最悪の場合を想定し，“破局的なシナリオ”のような事態が地下深くの処分場でおきていないということを長期にわたって常に確認できるようにする手だてが，周辺住民を含む社会全体の安心のために必要不可欠である				◎	○

凡例　◎：別の形態に発展した新たな記載あり、○：記載あり、△：直接的ではないが関係する記述がある、×：記載なし、―：対象外

略語注）地問研：地層処分問題研究グループまたはその構成員個人、 JNC：核燃料サイクル開発機構（現･日本原子力研究開発機構（JAEA））

2) 地質環境の長期安定性についての議論

地質環境の長期安定性については、天然バリアとして好ましい地質環境、特に地震現象と活断層の活動の相関について、議論されている。

批判レポート[110]が指摘した“処分場の深度は地質環境と工学的な制約によって自由自在に選べる訳ではない（表3.2.2-1の1-1項）”と“活断層の空白地域でも、大小の地震が少なからず発生している（同1-6項）”については、JNC見解レポート[111]が同意した後は議論されなかった。また、「活断層」の定義、「断層活動」という用語についてはJNC見解レポート[111]で説明された後は両者でその意味が認識されている。

批判レポート[110]は、JNCが第2次取りまとめ[12]で“地層処分場に影響を与える地震はすべて活断層の活動によるもの（同1-4項）”との認識の下で“日本列島の活断層はすべてわかっているという前提にたっている（同1-5項）”と指摘し、“地震現象の理解が間違っている”“処分場への地震の影響についても甚だしく過小評価している”と批判している。藤村ら[112]は、JNC見解レポート[111]が“10万年後の地質環境の評価には不確かさが伴う、という点は共通の認識”であり、“相違があるとすれば、そういう科学的な理解を踏まえて、地層処分をどうとらえるかという点”であると述べていることを認識している。 一方で、JNC見解レポート[111]は“より具体的な根拠をもって変動帯に位置する日本においても地層処分にとって十分な地質環境が存在し得る”と述べ、“現在の科学技術を駆使すれば、不確かさを考慮しても地層処分の安全性を十分に確保することはできる”と述べているが、これについて藤村ら[112]、石橋ら[115]が認識したと述べた形跡はない。特に、石橋[115]は2001年6月時点で主に地質関係の部分について同意できないことを学会報告している。批判レポート[110]の“今後10万年間地震の影響を免れる場所を高い信頼度で選定することは、ほとんど不可能である（同1-7項）”という主張は、用語上の表現はその後多少変わっているが、主旨は以降の図書[112),113),115),117)]中で継承されている。

藤村ら[112]は、“地震の結果、変形・応力変化により、人工バリア周辺の岩盤中の大小無数の亀裂を閉じたり開いたりして地下水の流動特性を変化させる効果を考慮していない（同1-8項）”との点を指摘した。これについて、清水ら[114]は“安全評価上のパラメータ（中略）にある程度の幅を持たせることによって処分システムの安全性を十分な余裕をもって評価できる”“これによって場所による地形条件や地質条件の違いはもとより、地震を被ったときの振動や応力状態などの影響も十分に包含できている”と述べている。

さらに藤村ら[112]は“見切り発車でもよいのだといわんばかりの（あるいは、仕方がないのだという）基本姿勢は、どんな最悪の事態がおこりうるかの徹底的な検討をおざなりにするという形（同1-9項）”とし、“高レベル放射性廃棄物の後始末にどんな方法を選ぶべきかを社会全体で考えて、合意を形成するためには、提案する側は、おこりうる結果をできるだけ幅広く予測して示す必要がある”と結論している。また、

藤村ら[113]は “ 今後10万年程度の超長期間には、日本列島のほとんどの地点が大地震の影響を何回か受けて、多重バリアシステムの性能が徐々に変化し、健全性が劣化していく場合も多いと考えるのが自然 ”“ しかし、‘ 第2次取りまとめ ’ は、このようなケースを考慮していない（同1-7項）” と述べている。そのため、清水ら[114]はJNC見解レポート[111]と同様の説明として “ 地層処分の工学技術については（中略）今後も技術開発が進められていくのである ” と繰り返し述べている。

3) 工学技術と深部坑道の安定性（岩盤物性、坑道の力学的安定性）

批判レポート[110]が “ 岩盤の内部摩擦角が過大評価（同2-2項）”“ ばらつきの大きいデータの余裕度を大きくするべき（同2-3項）” および “ 空洞の安定性（強度計算における安全率）が低い（同2-4項）” と指摘した点は、JNC見解レポート[111]で誤解が確認され、安全率の数値が確認されている。また、“ 圧縮強度のばらつきを考慮せず、様々な岩種の平均的な強度から設計（同2-1項）”“ 側圧係数について恣意的な平均値（同2-5項）” との指摘した点は、JNC見解レポート[111]で誤解やデータの性質や数値を確認した後は議論されなかった。

4) 人工バリアの特性と埋設作業

批判レポート[110]が “ ガラス固化体一本が溶けきるまでの時間は270年（同3-3項）” と指摘した点は、JNC見解レポート[111]で誤解が確認され、安全率の数値が確認されている。また、“ 一部のガラス固化体の内蔵放射能量(発熱量)が過小評価されている（同3-1項）”“ 発熱量が高くなりすぎて現在の地層処分のシナリオは成り立たない（同3-2項）” と指摘した点は、JNC見解レポート[111]で “ 引用されたデータは総数3、500本の返還ガラス固化体のもの ”“ 総数は（処分場の規模4,0000本の）10%未満である ”“（引用されたデータは）ガラス固化体の落下による損傷事故の安全評価を行うために放射性物質の量を安全側に設定したもの ”“ 地層処分の長期的な安全性を検討する場合にはこのような想定は必要ない ” と述べられている。その後も議論は継続され、藤村ら[113]は同じ論点で指摘し、清水ら[114]が“ ガラス固化体の大部分が日本原燃㈱仕様のものであることを踏まえ ”“ 発熱量が『第2次取りまとめ』の設定より大きくなれば、その分、ガラス固化体近傍の温度は高くなるが、サイトの地質環境条件に応じて処分場を適切に設計することなどにより対応は可能である ” と述べている。

他方、室内実験結果への指摘、すなわち “ 鉄腐食生成物の連続的な供給により、ガラスの溶解速度が長期的に下がらなくなる（同3-4項）” “ 不動態化挙動の根拠データがJNCの内部データであり、証拠能力が極めて低い（同3-5項）”“ 腐食実験に使われた試験片のサイズが小さく、これではいかにも観測の精度が悪い（同3-6項）” および “ 厚みの変更は、オーバーパックの工作上（例えば溶接)、大きな困難をもたらす（同3-10項）” と指摘した点は、JNC見解レポート[111]で他の室内実験の結果または計画

および産業界での事例を確認した後は議論されなかった。

しかし、実験結果を外挿した評価やまだ検討されていない点への指摘、すなわち“オーバーパック腐食は短期間の試験結果で1,000年間の外挿するのは乱暴（同3-7項）”および“表面線量率の高いオーバーパックのハンドリングの無人化・自動化は実現困難（同3-11項）”“埋設後の非管理区域化は難しく、地下坑道の埋め戻しの実行可能性は低い（同3-12項）”との指摘は、JNC見解レポート[111]で説明された後にも継続している。すなわち、藤村ら[113]は“オーバーパックの腐食やガラスの溶解速度が遅いことは、処分場の地下水固有の化学的性質や緩衝材の健全性に依存する．したがって、それらが長期にわたって期待通りの状態に保たれなければ、安全性の予測は大きく狂う可能性がある”“そもそも、放射能が強いガラス固化体の実物を使った試験を非常におこないにくいのが、高レベル放射性廃棄物処分技術の本質的な困難の一つである” と述べている。また、“ガラス固化体から出る放射線の被曝がさけられないため、事故への対応も含めてすべての作業が無人化・遠隔操作でおこなわなければならない．しかし、そのための技術開発はまだこれからである”“大規模のトンネルを、そのように純粋に“埋め戻す”ことを目的として埋め戻すのはあまり例がなく、そのための技術はまだ研究段階である”と述べている。そのため、清水ら[114]はJNC見解レポート[111]と同様の説明として“『第2次取りまとめ』は必要な技術開発がすべて完了したと主張しているわけではない”と繰り返している。

5) 地下水シナリオに基づく安全評価についての議論

地下水シナリオに基づく安全評価については、地下水流動パラメータの設定方法と将来を予測する安全評価の妥当性・保守性について議論されている。批判レポート[110]は、JNCが“恣意的なデータの扱いをして、標準的と考えられる条件よりも地下水流量を100 倍ほど過小評価して設定している（同4-1項）”と指摘し、“人間環境に達する放射性物質の量も核種によっては数万倍も過小評価されている（同4-2項）”と批判している。また、藤村ら[112]は“適切な処分地選定と工学的対策をするということを理由に、‘過度に保守的’（安全側の意）な評価はしないとするのは、想定が甘い（同4-3項）”と批判している。これに対して、JNC見解レポート[111]は “現段階ではボーリング孔における透水試験の試験区間を適切に設定して個々の亀裂の透水量係数を直接測定することは難しいなどにより、個々の亀裂に対する透水量係数の実測データは得られていない（同4-4項）”と弁明している。その上で、“地下深部での地下水流動特性を現段階において合理的に評価したもの”であり、“今後とも地下深部の研究により地下水流動特性に関し一般的な知見を蓄積させると共にサイト調査によりこれらの特性をより詳細に把握し評価に取り込むことにより地層処分の安全性を確認していくことが重要” と述べている。

さらに、藤村ら[113]は“地下水流速は核種の移動量を大きく左右する”“‘山地など河

川流量の少ない上流や深井戸を用水とする場合 ' 等には、希釈水量はレファレンスケースの50分の1から100分の1になっている（同4-5項）" としている。これにより図3.2.2-1[113)]により " 簡単な試算[110)]の結果、地下水流速がレファレンスケースの2,000倍になることが見込まれる（同4-6項）"" これに生活様式に応じた被曝線量の幅を考えると、国際的な防護水準を越える " と指摘している。これに対して、清水ら[114)]は " 深井戸での用水を組み合わせたとしても、線量は諸外国で提案されている安全基準の範囲（100～300μSv/年）におさまっている "" 単純に山地の動水勾配と、地表近傍の透水係数分布を組み合わせることは、（中略）いたずらに保守的な設定をしたことになる " と回答している。

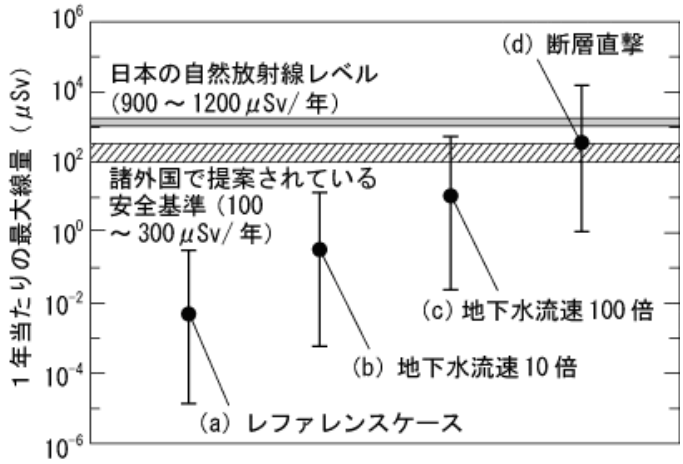


図3.2.2-1　反対意見の専門家による様々な条件での最大被ばく線量の比較[113)]

6）総括の内容についての議論

科学（2001年3月号）で藤村ら[113)]は " 第2次取りまとめは、今後10万年以上にわたって地層処分が確実に安全にできることを、特定の場所についてあらかじめ科学的に保証することはしていない "と批判している。また、これはこれに対して、科学（2001年11月号）で清水ら[114)]は（場所を特定しないサイトゼネリックな評価を行った）" 第2次取りまとめの目的を理解していない " と反論している。また、藤村ら[113)]は "' 現在の知識で最善をつくす ' ということと " 見切り発車 ' との違いは紙一重である .' 最善をつくす ' のであれば、' 確実に安全にできる ' と断言できない地層処分だけに固執するのではなく、これをあくまでも選択肢の一つにとどめ、積極的な管理をおこなう場合などと徹底的な比較検討をすべきである " と指摘している。これに対して、清水ら[114)]は " 地層処分の信頼性の向上と安全評価手法の高度化に向けて研究開発を着実に推進 "" 研究開発に対する批判的な見解についても真摯に受け止め、研究の内容や成果を広く社会に情報発信しながら品質の高い研究開発を透明性をもって進めていく所存 " と回答している。

7) その後の議論

2000年～2001年にかけての上述の議論の後、2002年9月には経済産業省（METI）、NUMO、JAEA等の推進側の賛成意見の専門家と原子力資料情報室、高木学校等の反対意見の専門家が対峙した公開シンポジウム「地層処分シンポジウム2002」[116]が両者の共催で開催された[17]。このシンポジウム[116]では、時間の制約もあり技術的な部分に関して突っ込んだ討論とはなっていないが、不確かさを考慮しても地層処分の安全性を十分に確保できるかどうか（同1-7～1-8項関連）、それが実証できるかどうか（同1-11項関連）、安全評価は本当に悪い条件を並べ立てるぐらい保守的にやっても問題にならないレベルでなければならないのではないか（同4-7項関連）等の論点に基づく上述と同様の議論が反復された。

また、地問研が2004年に公開した総括報告[117]では、地質環境の長期安定性に関して表3.2.2-1の1-2項、1-7項、1-9項～1-10項および地下水シナリオに基づく安全評価に関して同4-2項、4-5項～4-7項等の論点に基づく上述と同様の意見が述べられた。すなわち、①（地質環境の長期安定性）と④（地下水シナリオに基づく安全評価）のこれらの論点は、その後2004年に至るまで平行線のままであったものと考えられる。

8) 専門家間で議論が噛み合わない点のまとめ

ここでは推進側の賛成意見の専門家と反対意見の専門家（以下、「両専門家」という）の議論の状況を調査した。上述の通り、②工学技術と深部坑道の安定性と③人工バリアの特性では全ての点について合意に至ったのかどうかは明記されていないが、2001年11月以降の議論では話題にあがっていない。

一方、①地質環境の長期安定性と④地下水シナリオに基づく安全評価では、用語の定義や測定結果等では合意に至り、他の部分では2001年11月以降の議論でも話題にあがっている。しかし、2001年11月以降の議論において、両専門家の見解・主張の間の溝は埋まらず、平行線のままである。

すなわち、両専門家の議論では、議論が途中で行われなくなった部分、合意に至って議論がその後行われなかった部分（これらを合わせて、以下では「反論がなくなった部分」という）と、最後まで平行線のままで合意に至らなかった部分がある。

(2) 認識や理解を共有できない部分の抽出

前述の(1)項で調査した2000年レポートへの批判に関して両専門家が取り上げた論点において、両専門家の反論がなくなった部分と両専門家が認識や理解を共有できない部分とを整理して表3.2.2-2に示す。なお、ここでは議論される内容の経緯・変遷を追い、技術的な視点からその論点に関する認識や理解を共有できたかどうかを判定し

[17] 日本で最初の賛成意見と反対意見の両専門家による公開シンポジウムの議事録は経済産業省のホームページ http://www.enecho.meti.go.jp/rw/rikai/rikai00.html（last visited at June.26、2009）に掲載されている

た。また、表3.2.2-2の結果より特徴を整理して類型分類し、認識や理解を共有できない部分を整理・抽出した。

1) 認識や理解を共有できない部分の抽出と特徴による類型分類

表3.2.2-2が示す結果を類型分類して以下に列記する。また、カッコ内には表3.2.2-2中の該当項目の番号を記載した。

a. 両専門家の反論がなくなった部分の特徴の整理と類型分類（表3.2.2-2 左欄）

① 用語の定義の違いは、説明後に両専門家が理解を共有した。（表3.2.2-2 にはないが「地質環境」「断層活動」という用語[110]）

② 説明または理解が十分ではなかった事項は、JNC 見解レポート[111]による説明後に両専門家が理解を共有した。（同 1-1 項、1-4 項、1-5 項、2-3 項、2-4 項、3-1 項、3-5 項、3-6 項、3-10 項）

③ 地質に関する現象の測定結果は議論すれば両専門家の理解は共有または近づいた。（同 1-3 項、2-1 項、2-2 項、2-5 項）

④ 室内実験結果は議論すれば両専門家の理解は共有または近づいた。（同 3-3 項、3-4 項、3-8 項、3-9 項）

b. 両専門家が認識や理解を共有できない部分の特徴の整理と類型分類（同・右欄）

① 未検討な内容については認識が噛み合わず、今後検討するとした内容については両専門家の予測結果が噛み合わなかった。（同 1-7 項、3-2 項、3-7 項、3-11 項、3-12 項）

② 処分シナリオ・安全評価等の将来の予測結果に関する双方の見解・主張の間の溝は埋まらなかった。（同 1-2 項、1-6 項、1-8 項、1-9 項、1-10 項）

③ 地下水シナリオに基づく安全評価　）については専門家間でも言及している対象が整合せずに議論が噛み合わなかった。（同 4-1 項、4-2 項、4-3 項、4-4 項、4-5 項、4-6 項）

④ 技術開発の進め方および今後の科学技術の進歩への認識に関する双方の見解・主張の間の溝は埋まらなかった。（同 1-11 項、3-11 項、3-12 項）

2) 両専門家が認識や理解を共有できる部分とできない部分

前項の検討により、表3.2.2-2では2項（工学技術と深部坑道の安定性）は両専門家の反論がなくなっており、1項（地質環境の長期安定性）、3項（人工バリアの特性）は両専門家が認識や理解を共有できない部分が残されていることが判った。また、4項（地下水移行シナリオによる安全評価）は両専門家の反論がなくなったものはなく、全てが認識や理解を共有できない部分として残されていることが判った。なお、上述のうち誤

解・説明または理解不足、用語の定義の違いおよび未検討な内容については説明手法の改良や追加検討の実施等が必要であるが、本研究の目的とは異なるため今回は検討対象から除外する。

両専門家の反論がなくなった部分は、同じ条件なら誰がやっても同じ答えが得られ、再測定・再実験も可能な科学的な事実である地質等の現象の測定結果、室内実験結果（以下、「測定・実験結果」という）であり、これらについては議論すれば両専門家の認識や理解は近づいている。

一方、両専門家が認識や理解を共有できない部分は、技術開発の進め方、処分シナリオ・安全評価等の将来の予測結果および今後の科学技術の進歩への認識（以下、これらを総括して「評価等」と呼ぶ）である。これらについては人為的な要素を含まれており、議論しても双方の見解・主張の間の溝は埋まらず、平行線のままであり、多くは最後までそのまま残っていることがわかった。すなわち、両専門家が認識や理解を共有できないのは、評価等の部分である。

表3.2.2-2　選択肢を設けるポイントの抽出[143)]

名称	両専門家の反論がなくなった部分		両専門家が認識や理解を共有できない部分	
1.地質環境の長期安定性	1-1	処分場の深度は自由自在に選べる訳ではない	1-2	安定性に疑問があり変動帯では処分地を選べない
	1-3	ばらつきの大きいデータを平均値で処理	1-6	活断層の空白地域でも、大小の地震が少なからず発生している
	1-4	地震はすべて活断層の活動によるものは理解が間違い	1-7	今後10万年間地震の影響を免れる場所を高い信頼度で選定することは、ほとんど不可能である
	1-5	活断層はすべてわかっているとの理解が間違い	1-8	変形・応力変化による地下水の流動特性の変化を考慮していない
	（余白）		1-9	どんな最悪の事態がおこりうるかの徹底的な検討をおざなり
			1-10	地表に断層を生じていない断層は地震の規模も小さく、今後もそのような可能性は非常に小さいとし、問題を切り捨てている
			1-11	変化の仕方や程度を実証するためには、100～200年間の観測・調査を続けなければならない
2.工学技術と深部坑道の安定性	2-1	圧縮強度のばらつきを考慮せず、平均値で設計	（該当なし）	
	2-2	岩盤の内部摩擦角が、平均値よりも過大に評価		
	2-3	ばらつきの大きいデータへの余裕度が小さい		
	2-4	空洞の安定計算では安全率を 過大に評価		
	2-5	側圧係数に恣意的な平均値を使用		
3.人工バリアの特性	3-1	内蔵放射能量(発熱量)が過小評価されている	3-2	発熱量が高くなりすぎて現在の地層処分のシナリオは成り立たない
	3-3	ガラス固化体の溶解寿命は270年である	3-7	腐食は短期間の試験結果で1,000年間の外挿するのは乱暴である
	3-4	鉄腐食生成物によりガラス溶解速度が増加する	3-11	表面線量率の高いOPハンドリングの無人化･自動化は実現困難である OP:オーバーパック
	3-5	不動態化挙動の根拠データがJNCの内部データ		
	3-6	腐食実験に使われた試験片のサイズが小さい	3-12	埋設後の非管理区域化は難しく、地下坑道の埋め戻しの実行できない
	3-8	水の還元による腐食速度は速い	（余白）	
	3-9	緩衝材が>100℃ になると機能を発揮できない		
	3-10	厚みが増えるとオーバーパック溶接が困難		
4.地下水移行シナリオによる安全評価	（該当なし）		4-1	恣意的なデータの扱いをして(中略）地下水流量を100 倍ほど過小評価して設定している
			4-2	上記から人間環境に達する放射性物質の量も核種によっては数万倍も過小評価されている
			4-3	過度に保守的な評価はしないとするのは、想定が甘い
			4-4	河川流量の少ない上流や深井戸を用水とする場合には、希釈水量は50分の1から100分の1になる
			4-5	簡単な試算の結果、地下水流速がレファレンスケースの2,000倍になることが見込まれる
			4-6	最悪の場合を想定し、長期にわたって常に確認できるようにする手だてが、必要不可欠である
更なる説明の要否	不要		要	

(3) 両専門家の技術的専門性の確認

JNCは組織として地質、地下水、化学、土木、材料、構造等の多数で多様な分野の専門家を擁しており、推進側は各分野に技術的専門性が確保された専門家が参画している。

前述の(1)2)項（表3.2.2-2の1項）は地質の安定性とその安全評価での取り扱いに関する議論分野であり、(1)5)項（同4項）は地下水移行シナリオに基づく安全評価における数値シミュレーション解析の評価手法に関する議論である。雑誌「科学」[112),113)]で前述の(1)2)項と(1)5)項の部分は地問研の構成員のうち藤村、石橋、高木が対応している。藤村[165),166)]は物理化学、化学反応動力学、分子分光学等の専門家である。石橋[167),168),169)]は地球科学、地震テクトニクス等の専門家である。高木[170),171),172)]は化学、放射化学等の専門家である。共に理学系であり工学系ではないが、反対意見側も領域を限れば技術的専門性が確保された専門家が参画している。但し、JNCの推進側の専門家が工学系を含めた専門分野であるのに比べると、この3名の反対意見の専門家は理学系に限られており、やや狭い専門領域となっていることには留意が必要である。一方、地問研の他の4名の構成員は雑誌「科学」[112),113)]には寄稿しておらず、また、各々の専門分野を確認できる学術論文等を見付けることができなかった。なお、前章の(1)4)項（表3.2.2-2の3項）は人工バリアの特性に関する議論であるが、表3.2.2-2の3-2項、3-7項、3-11項、3-12項の内容は、批判レポート[110)]の当該部分の著者ではなく、雑誌「科学」[113)]に寄稿した藤村、石橋、高木により執筆されている。

そのため、少なくとも前述の(1)2)項（表3.2.2-2の1項）と(1)5)項（同4項）の議論は、両専門家の技術的専門性が確保された下で実施されている。

(4) 選択肢を設けるポイント

上述の通り、両専門家の技術的専門性の整合が確保された下で、土田ら[57)]が指摘するように学会等において討論（対話）を長期的に継続すれば、原子力バックエンド以外の他分野の専門家は本分野の専門家の説明に対して、中心ルートによる処理（前述）により科学的な根拠をもって測定・実験結果を理解するものと考えられる。

両専門家が討論により測定・実験結果に関する認識や理解を共有した後に、残された評価等を中心に討論する段階に移行していくが、前項で述べた通り、ここでは人為的な要素を含む評価等への見解が異なるため態度が賛成意見と反対意見に別れることが予想される。これは木下[35)]が指摘した「客観的なリスクの中にも主観が入り込む」ことに相応している。

しかし、両専門家がこのままの形で平行線のまま賛成や反対という態度自体を議論する意味はなく、評価等のポイントにおいて中谷内[45)]が指摘した「リスクのモノサシ（判断基準）」の違いや、これを議論するために木下[39),40)]が指摘した「正しい知識」について理解を共有することが本質的である。

より多くの選択肢が提供されることが意思決定者へ利益をもたらす[162]ことは一般に理解されてものと考えられ、関与度が高く、知識が豊富な意思決定者は選択肢を複数考慮する[163)-164)]ことが示されている。そのため、両専門家が議論を重ねながら理解を深めるためには、既存のデフォルト案以外の複数の選択肢を設け[143)]、各々をトレードオフ対比しながら討論を重ねるのが良いものと考えられる。この考え方に則って検討した「選択肢を設けるポイント」を表3.2.2-3[143)]に示す。すなわち、両専門家による学会等での討論が前項のものと同様であり、同様の論点で議論されるとすれば、処分シナリオ･安全評価結果や当該技術の将来予測などの評価等の部分に選択肢を設けるのが良いものと考えられる。

表3.2.2-3　選択肢を設けるポイント[143)]

名称	内容	検討結果	選択肢の要否
測定・実験結果	地質等の現象の測定結果、室内実験結果等を指す。 すなわち、同じ条件なら誰がやっても同じ答えが得られ、再測定・再実験も可能な科学的な事実を指す。	賛成／反対意見の両専門家が時間をかけて議論を重ねれば測定結果・実験結果に対する認識や理解を共有できる。	不要
評価等	技術開発の進め方、処分シナリオ・安全評価等の将来の予測結果および今後の科学技術の進歩への認識を指す。	人為的な要素を含んでおり、そこに複雑さ･理解の難しさが重なって評価結果に対する見解が異なるため、両専門家は認識や理解を共有できない場合がある。	要

(5) 検討結果のまとめ

ここでは前述の(1)項の調査結果に基づき、両専門家の反論がなくなった部分と認識や理解を共有できなかった部分との見極め、選択肢を設けるポイントを検討した。その検討結果のまとめを以下に示す。

① 批判とその見解に関する議論のうち、地質の長期安定性と地下水シナリオに基づく安全評価は、両専門家の技術的専門性が確保された下で実施されている。

② 研究開発成果の公開と原子力バックエンド以外の他分野の専門家への説明と討論を進めれば、地質等の現象の測定結果・室内実験結果等の科学的な事実である「測定・実験結果」ついては両専門家の認識や理解は近づいていくことがわかった。

③ 技術開発の進め方、処分シナリオ・安全評価等の将来の予測結果および今後の科学技術の進歩への認識などの「評価等」の部分は人為的な要素を含んでおり、見解がわかれ、両専門家は認識と理解を共有できない可能性がある。

④ 比較検討により理解を深めるための選択肢は、見解の分かれる処分シナリオ・

安全評価結果や当該技術の将来予測などの評価等の部分に設けるのが良いものと考えられる。

(6) 選択肢を設けるポイントに関する考察

ここでは前章で述べた評価等の地位･領域に見合う選択肢の形態を検討した。その上で分析的な視点から、この選択肢を使った説明の内容の妥当性を考察した。

1) 設けるべき選択肢の形態

前述の通り、両専門家が討論を重ねながら理解を深めるためには、既存のデフォルト案以外の複数の選択肢を見解の分かれる処分シナリオ･安全評価結果や当該技術の将来予測などの評価等に設けるのが良いものと考えられる。冒頭に述べた通り地層処分の範囲で選択肢を設けることを前提にすると内的なモノサシが良いものと考えられる。また、内的なモノサシとしては同類のもの同士をトレードオフ対比しながら討論を重ねるのが理解し易いものと考えられる。

HLW 処分時の安全性について、複数の候補サイトの間で対比するとの考えがあるが、これは場によって決まる条件が違うため一概には比較できず、立地サイトの地質（岩盤）の優位性などの地の利だけを議論することになり、対比により個々の技術的内容の理解を深めるのに良い対象ではない。また、 表2.2.3-1[12)]の通り性能評価のためのパラメータは多数あり、そのパラメータ値の設定の考え方も多数あるために、それぞれ対比するような議論から始めると取り扱うパラメータが多いため、解析モデルの前提条件の確認やパラメータの妥当性の評価等の詳細な議論になってしまうので、専門家間でも一般性のある議論とはなり難い。また、これらの技術的に詳細な内容を候補サイト間で対比することも難しい。さらに候補サイト間で対比する場合は 2009 年 6 月のスウェーデンのサイト選定[139)]での例 [18] にあるように同一レベルの安全性を得るために必要な費用（経済性）と処分場建設による派生効果や景観・風土等への社会的な影響を考慮しなければならない可能性がある。候補サイト間でこれら社会的な影響を対比することは HLW 処分の安全性・経済性を原子力バックエンド以外の他分野の専門家へ説明し、討論することを目的とした本研究の範囲を超えるため今回の検討対象から除外する。

他方、図2.2.3-3 に示したシステム全体の安全評価結果、すなわち、安全シナリオの違いと性能評価パラメータの感度解析の結果のように同一の処分場の処分概念でシ

[18] 2009 年 6 月 3 日のスウェーデンの核燃料／放射性廃棄物管理会社（SKB）のホームページ情報によれば、エストハンマル自治体のフォルスマルクを選定した理由として、「フォルスマルクでは、岩盤の水分含有量が少なく、亀裂も少ない。これらが長期安全性に非常に重要な特性であるとしている。また、同サイトでは、オスカーシャム自治体のサイトと比べ、処分場に必要となる地下空間が小さいため、掘削する岩盤や埋め戻し材が少ないという利点があるとしている。さらに、地上施設については、既存の工業地域に建設するため、環境影響を低減できるとともに、地域インフラへのアクセスが容易にできるとしている」と述べられている。http://www.skb.se/Templates/Standard____26400.aspx（last visited at July.5、 2009）

ナリオ・パラメータを変化させ、安全評価結果の感度（ロバスト性）を評価することは各々のケースで重要である。しかし、これは評価手法の保守性を示す行為であり、この行為が選択肢を提示したことにはならない。

一方、1999 年に国の委員会[14)]で 11 ケースを比較して HLW 処分事業の費用を試算した結果が公開されている。この 11 ケースは、同一の処分場で廃棄体の定置方法やオーバーパック・緩衝材等の人工バリアの仕様を変更した場合の費用の感度を評価したものであり、各々のケースの安全評価は行われていない。そのため、これは費用試算のためのケース区分を示すものであり、このケース区分が選択肢を提示したことにはならない。

HLW 処分時の安全性は「あらかじめ基準値として定められた放射線防護レベルを超えていないこと等を確認する行為」を基本的な考え方[27)]としている。そのため、１つのサイトの中でも、透水性が高い場合は HLW 処分場として一定レベルの安全性を確保するために、費用をかけて人工バリアの仕様やプラグ設置等による修復行為により工学バリアを補強し、透水抑制機能を強化する場合[12)]も考えられる。逆にその場の透水性が低い場合は、緩衝材やオーバーパックの厚みを薄くする場合[137)]も考えられる。

さらに操業時の作業員の放射線安全性を確保するために、H3 レポート[128)]のようにオーバーパックの厚みを現行[12)]の 190㎜ から独自に十分な遮へい構造となる 240㎜ 以上まで増加[173)]させ、自己遮へい型オーバーパックを採用する場合も考えられる。一方で今後の遠隔ハンドリング技術の進歩に期待し、オーバーパックの厚みを現行[12)]の 190㎜ からさらに薄くする場合も考えられる。さらに現状は水平坑道の底面に垂直方向に掘削した処分孔内にオーバーパックを定置（垂直定置）する概念[14)]であるが、オーバーパックを水平坑道内に定置（水平定置）し、坑道の掘削量を低減することで経済性の高い構造とする場合[12), 16)]も考えられる。

上述のように１つの候補サイトの中でも地質環境の状態、人工バリアへの依存度合い、掘削・埋め戻し費用等の視点から工学バリアへの期待値（基準）が異なる場合がある。

本研究では、処分深度、岩種、廃棄体（ガラス固化体とオーバーパック）・緩衝材の仕様およびそれを埋設・定置（垂直／水平）する方法、周囲岩盤の透水抑制性能を強化する工学バリアの仕様と設置方法とこれに基づく費用試算（経済性評価）、ならびに、これらを前提としてその場の天然バリアの条件に基づく安全評価を行ったものを総称して“処分概念”と呼ぶ。

そのため、HLW 地層処分の範囲内で選択肢を設ける場合は、候補サイト間で対比するようなものではなく、１つの候補サイトの中でトレードオフ対比できる内的なモノサシとして費用と安全性が評価された複数の“処分概念” という形態の選択肢を設けるのが良いものと考えられる。

2) 選択肢による説明の内容

1.3.2　1) 項で述べた通り、中谷内ら[56)]と土田ら[57)]はプルサーマル等の科学技術に係る内容のリスクコミュニケーションで重要視される論点は、科学技術基準に関する理性的訴求が最も重要であると述べている。また、反対訴求には、長期にわたるリスクコミュニケーションにより態度変化の効果があったと述べている[57)]。しかし、関西の大学生の男性･女性を対象としたこれらの研究のアンケート調査ではHLW地層処分は対象とされていない。また、これらの調査は科学技術の専門家を主な調査対象とした訳ではない。この２点については調査結果を適用することについて整理が必要である。

(財)日本原子力文化振興財団の世論調査[19] [174)]によれば、関心がある原子力・エネルギーの分野を複数回答で尋ねたところ、2006年～2008年の間の３つのデータにおいて地球温暖化が60.1～65.3％であったに比べ、放射性廃棄物の処分について27.4～30.3％、プルサーマル・核燃料サイクルについて9.6～10.1％であった。プルサーマルの必要性[20] は2008年の世論調査[174)]の別途の質問で調査されており、HLW地層処分場の必要性[21] は同年に(社)日本原子力産業協会の別途体系で調査[175)]されている。調査体系が異なるため正対して比較できないが、数値上は全般的にHLW地層処分場に比べてプルサーマルの必要性を感じる程度がやや低いことは、前述の世論調査[174)]の関心度と同様の傾向であった。一方、田中[58)]も「賛否の態度やリスク認知、 あるいは施設から漏れた放射能の健康に対する影響などのいずれの項目においても、原子力発電所立地に対する場合よりもHLW地層処分場立地に対する場合の方が、人々はより拒否的あるいは否定的な態度を取る」と述べている。さらに、谷垣[176)]は2005年の関西地域での独自の調査結果に基づき、原子力発電所と再処理工場に対してその他の施設（濃縮、燃料加工等）より高い認知度と関心度をあらわす傾向になると述べている。また、比較していうと、HLW処分場と原子力発電所を再処理工場より危険と見なしていると述べている。さらに、物質等に関する危険イメージは、放射性廃棄物、次いで、回収プルトニウム、回収ウランに強くもたれていると述べている。これを受けて、谷垣[176)]は施

[19] (財)日本原子力文化振興財団は 2006 年より継続的に原子力利用の知識普及啓発に関する世論調査を実施している。2008 年[174)]は 10 月～11 月に全国の 15～79 歳男女個人 1200 名を対象に個別訪問留置調査を実施した。関心がある原子力･エネルギーの分野を複数回答で尋ねたところ、地球温暖化が 64.7%（2007 年は 65.3%、2006 年は 60.1%）であったに比べ、放射性廃棄物の処分について 27.4%（同 30.3%、28.5%）、プルサーマル・核燃料サイクルについて 9.8%（同 9.6%、10.1%）であった。

[20] (財)日本原子力文化振興財団の 2008 年の世論調査[174)]では脚注 8)とは別途の質問でプルサーマルについて、必要性を感じるかと尋ねた。得られた回答は、必要：18.8%、どちらかといえば必要：21.8%、どちらともいえない：44.8%、どちらかといえば必要でない：5.4%、必要ない：4.9%であった。

[21] （社）日本原子力産業協会が 2008 年 9 月～10 月に原発非立地 33 都府県の 16～59 歳の男女 2、365 名を対象に実施したインターネット調査。高レベル放射性廃棄物処理場が必要と思う程度の質問に対して得られた回答は、必要：17.5%、どちらかといえば必要：37.5%、どちらともいえない：30.7%、どちらかといえば必要ない：7.0%、必要ない：7.3%であった。

設名に物質名が含まれているものは、物資の危険イメージがそのまま施設の危険イメージに結びついていると考察している。そのため、HLWの処分はプルサーマル・核燃料サイクルよりも関心度は高いが、地球温暖化と比べると両者の関心度は同程度である。また、必要と思う程度はHLW処分がやや高いものの同じレベルにあると考えられる。危険イメージについてはHLW処分場の方が危険度はやや高いと認識されているものと考えられる。

原子力バックエンド分野以外（他分野）の専門家は科学者または技術者であるが、事前に詳細な情報を得ておらず、最初にHLW処分の説明を受ける段階で重要視する論点が上述の調査結果の内容と異なるとは思えない。すなわち、説明を受ける前の段階でプルサーマルに比べてHLW処分の関心度と必要と思う程度は高いとは限らず、危険度はやや高いと認識しているものと考えられる。むしろ、危険度はやや高いと認識していると一般の大学生よりもさらに科学技術基準に関する理性的訴求を重要視することが予想される。また、科学技術的な基礎知識があって内容の理解が早いため、その後の理解の度合いや態度変化が短期化し、その効果は一層大きいことが予想される。

そのため、HLW処分候補地と関係するNIMBY（Not In My Back Yard）[109]といった要素が含まれない国全体の議論に限れば、放射性廃棄物と原子力発電とは直結するベネフィットの認知に違いがあるにせよ、他分野の専門家はプルサーマルよりもHLW処分の方が、より科学技術基準に関する理性的訴求が重要度の高い論点になることが予想される。

従って、中谷内ら[56]と土田ら[57]によるプルサーマル等の科学技術に係る内容のリスクコミュニケーションで重要視される論点は、HLW処分における他分野の専門家との討論にも適用できるものと考えられる。すなわち、HLW処分の社会受容においても、処分概念の安全性・経済性等の諸要素を重要視した内容を繰り返し説明し、繰り返し討論（対話）することが重要であるものと考えられる。

3）選択肢による説明の対象

上述の通り、第2次取りまとめ[12]の内容を深く熟知した専門家同士が議論しても、処分シナリオ・安全評価結果や当該技術の将来予測などの評価等の部分では見解の分かれることが判った。また、表3.2.2-2の3.項（人工バリアの特性）の両専門家が認識や理解を共有できない部分の欄には「発熱量が高くなりすぎて現在の地層処分のシナリオは成り立たない(表3.2.2-2の3-2項)」、「表面線量率の高いオーバーパックハンドリングの無人化・自動化は実現困難である(同3-11項)」、「埋設後の非管理区域化は難しく、地下坑道の埋め戻しの実行できない(同3-12項)」等の記述がある。

もし、ガラス固化体の発熱量が受入れ基準の400Wよりも高いのであれば、技術上は地上での貯蔵期間を長くするだけで発熱量は低減[12]するため、地層処分の成立性を否定する原因にはならない。また、あくまでも発熱量の上限値を決めた伝熱解析は処分場閉鎖後の

体系で行っている[12]いるため、長期モニタリングのために長期間処分坑道を埋め戻さずに坑道を維持すれば放熱が確保され、その間に減衰により発熱量が低減するため問題が解消する可能性がある。さらに、現行のオーバーパックは非自己遮へい型として厚さ190mmの炭素鋼製の容器が考えられている[16]。オーバーパックは外側に位置する梱包容器とするため内部のガラス固化体のガンマ（γ）線等の放射線を遮へいする。すなわち、オーバーパックはガラス固化体よりも遠隔操作に必要とされる工夫は簡易なもので良い。しかし、ガラス固化体は既に国内外の原子力施設内で製造され、ハンドリングにより移動させ、貯蔵施設に保管されている[134]。一方、前述の自己遮へい型オーバーパック（厚さ240mm以上）を採用すれば有人・手動による作業が容認されるため無人化･自動化する必要性は無くなり、この問題の論拠自体が消失する。また、地下坑道の埋め戻しについても同様である。すなわち、ハンドリング重量と地下施設という違いがあるにせよ、経済性に言及しない前提ならば現時点で無人化･自動化および埋め戻しが工学的に実現できない理由は見当たらない。これらは専門家間でも技術的な内容を理解できないことを示す事例である。そのため、両専門家の専門分野は整合（例えば理学系と工学系）していることに配慮する必要がある。

１つの候補サイトの中で費用と安全性を評価した複数の処分概念を選択肢に設けた場合でも、上述のような状況を考えると内容を理解するための技術的な難易度は高いことが予想される。そのため、選択肢を使った説明と討論（対話）する最初の対象は工学を含む自然科学分野の専門家であることが望ましい。従って、これらの選択肢を使って、まず学会の場などで専門とする分野の範囲が整合している原子力バックエンド分野以外の専門家へ繰り返し説明し、繰り返し討論（対話）するのが良いものと考えられる。

4）検討結果の適用範囲と今後の課題

本研究は、第2次取りまとめ[12]の内容を深く熟知した推進側および反対意見の両専門家がHLW地層処分の安全性について報告書や雑誌で議論した内容を題材として、両専門家が認識や理解を共有できない部分を明らかにし、比較検討によりその部分の理解を深めるために選択肢を設けるべきポイントとその形態を検討したものである。しかし、必ずしも全ての場合に一般性を有するものではなく、その適用範囲には以下に述べるような制約がある。

ここで両専門家の討論を題材にしたのは、HLW処分の安全性という科学技術として高度であり、一般に理解することが容易ではない分野であると考えられたためである。しかし、前述した論点と議論の結果については議論の後半まで参画した3.2.2 (3) 項の反対意見の専門家は3名共に理学系の専門家であり、工学系の専門家がいなかったことの影響を考慮する必要がある。また、今回は規制側機関の専門家は関与しておらず、推進側の原子力バックエンド分野の専門家は事業側機関のみが関与している。そのため、仮に規制側機関が関与しておれば同じ分野の専門家でも立場の違いから異なる意

見や見解が出てくる可能性もある。

他方、雑誌や報告書の誌面で論点やお互いの意見を論述することの労力は大きく、議論されるべき内容の全てを記載することは難しかったものと考えられる。特に反対意見の専門家は別の職業があり、これを職業として実施している推進側の専門家に比べて大きな負担であったことが予想される。そのため、完全に公平な条件で議論が行われた訳ではなく、議論したいと考えていた全ての内容を網羅していない可能性があることに留意する必要がある。

その一方で、今回題材とした両専門家の討論は雑誌や報告書の誌面上であったこともあり実現できなかったが、複数回開催されるワークショップやシンポジウム形式のリスクコミュニケーションの場合、主催者側で前回の意見を受けた対立意見表を作成し、提示することができる筈である。本研究で見解が分かれた安全評価結果、将来予測等の価値観や将来展望の違いを整理して提示し、かつ、上述のような理学系と工学系の違いを埋めるような資料が準備できたとしたら討論の展開が変わっていた可能性がある。また、実際のリスクコミュニケーションの場ではこのような主催者の努力が重要であると思われる。

なお、本研究で対象とした範囲はサイトゼネリックなHLW処分時の安全評価に関するものであり、処分場候補地のサイトスペシフィックなものは含まれていない。しかし、立地が関与した場合は、NIMBY[109)]といった別の要素が関与してくるため、前項で述べた科学技術基準に関する理性的訴求の重要性が維持されなくなる可能性がある。そのため、本研究の結果は立地が関与しない国全体の議論の際のものであり、立地が関与する場合には別途に確認が必要である。

さらに本研究の調査対象は雑誌や報告書の誌面で何度かやりとりはしているものの、参加メンバーが固定した１つのケースを対象にしたに過ぎず、問題対象の代表性にも議論があることは否定できない。

その上、HLW処分のような長期間を対象とする場合は時間軸では時代背景によってその間に他分野専門家自体の評価基準（価値観）自体が経時的に変わる可能性がある。また、空間軸では他分野専門家の近くに位置し、両者間の関係から判断の結果に影響を与える一般市民の許容リスクの考え方や、他分野専門家が属する地域の社会情勢により変わる可能性があることを念頭に置く必要がある。

そのため、ここで対象とした理学系とは分野の異なる専門家等を対象とした場合、立地が関与する議論となった場合に、本研究の知見が当てはまるかなどの検討が今後必要であろう。また、プルサーマル等の科学技術に係る内容のリスクコミュニケーションで重要視される論点がHLW処分にも適用できることの検証も今後必要であろう。さらに、今後このような議論が行われる場合に、今回、本研究で得られた知見を検証することが必要であろう。

3.2.3 選択肢を設ける数の検討

本項では、前述の選択肢を設けるポイントに引き続き、選択肢を設ける数を検討[177]した。まず、3.2.1 (2) 項に前述した既往の心理学などの既往の研究例を更に深く調査・分析し、特定の選択肢が選択される理由、多すぎる選択肢の効果、選択を回避または延期する行動を調査した。次に、心理学研究で実験条件とされた選択肢の数を見出した。さらに、過剰な選択肢の効果と認知処理コストに係る議論の現状を考察した[177]。

その上で、本研究の主旨を考慮して分析的な視点から、この選択肢を使った説明の内容の妥当性を考察した。

(1) 既往の選択肢に関する研究例の調査

1) 特定の選択肢が選択される理由

何の事前の知識や関連もない人々によってなぜ特定の選択肢が選択されるという、ヒトが選択・選好する理由については、数多くの研究例がある。選択肢を提示する側が意図する場合、意図しない場合に係わらず、状況に応じて特定の選択肢が公衆等の意志決定者に選択される傾向があると言われている。ここではその代表例として、選択をもたらす効果という側面から文献調査した結果を以下に示す。本節で示した文献も主に 2003 年以前の研究によるものである。

従来は新製品の発売に伴って売上が減少するのは、その新製品と類似した製品だとする類似性仮説[178]が選択に関する多くの代替理論の根拠とされてきた。

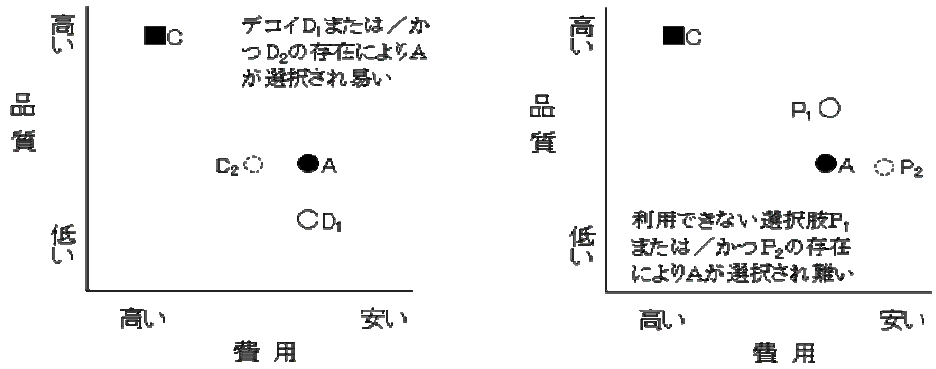
Huber ら[179]は、非対称的で優越されている（すなわち、劣等な）選択肢を追加することにより規則性と類似性仮説[178]が歪曲されることを示しており、劣等な選択肢の追加による「魅力効果」(Attractive effect)があると述べている。これは図3.2.3-1 (a)でＡよりは劣るが、C には影響されない選択肢である D_1 または／かつ D_2（デコイと呼ばれる）を加えることにより、デコイを優越するターゲット選択肢Ａが選択されやすくなるという現象を示すものである。なお、ここではデコイ D_1 または／かつ D_2 が C よりターゲット選択肢Ａに接近しており、負の類似性効果を示すことが条件とされている。

また、奥田[180]は、同一選択肢が加わることによってターゲット選択肢の選択率が向上する「多数効果」（Plurality effect）があると述べている。多数効果では 2 つの属性両方についてターゲット選択肢Ａと同じ値を持つ選択肢が加えられた場合、選択肢Ａが選択されやすくなることが示されている。

さらに、「幻効果」（Phantom effect）は、図3.2.3-1 (b)で基本集合に対して存在が呈示されているものの、品切れ等の理由のために利用可能ではない選択肢 P_1 または／

かつ P_2 を加えることでも、ターゲット選択肢 A が選択され易くなる現象である。幻効果が生じる条件として、標的よりも優れた選択肢が存在していることと、その選択肢が入手不可能であることの２つが必須だと考えられている[180]。

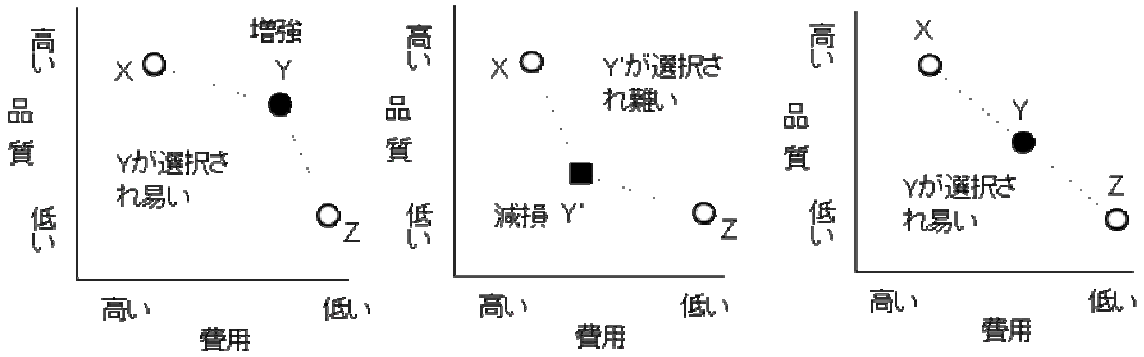
また、Simonson ら[181]は、魅力効果を説明する仮説としてトレードオフ対比と極端回避を提唱している。トレードオフ対比とは 3 つの選択肢を 2 つずつ対にして対比した場合に、ある選択肢が他の選択肢よりも相対的に得に見えたり、損に見えたりする考え方である。これには増強（Enhancement）と減損（Detraction）があると述べている。図3.2.3-2(a)の　X、Y、Z の 3 選択肢では、X と Y、X と Z および Y と Z の 3 対におけるトレードオフを比較すると、Y が最も有利となる。これを増強と呼んでいる。一方、X、Y’、Z の 3 選択肢では Y’が最も不利となり、これを減損と呼んでいる。他方、図3.2.3-2 (b)の X、Y、Z の 3 選択肢のように 3 選択肢が一直線に並んだ場合は、利益も損失も大きい両端の選択肢（X、Z）は避けられ、中間の選択肢 Y が有利となると述べている。



(a)デコイＤによる魅力効果　　(b)利用できない選択肢Ｐによる幻効果

選択肢は横軸X（価格）と縦軸Y（品質）の属性により表されるよう変更した。選択肢A と C は基本集合、D_1(または/かつD_2) はA に支配される選択肢P_1(または/かつP_2) はA を支配する選択肢である。

図3.2.3-1　意志決定に寄与する魅力効果の説明図
（奥田[180]の１つの図を説明用に２つに分割）



(a) トレードオフ対比の増強と減損（魅力効果）　　(b) 極端回避（妥協効果）

選択肢は横軸X（価格）と縦軸Y（品質）の属性により表されるよう加筆した。また、選択肢の数が判りやすいように、１つの図で説明されたものを複数の図に分割した。選択肢Yがターゲット選択肢である。トレードオフ対比は「魅力効果」の一部と考えられている。極端回避は「妥協効果」とも呼ばれている。なお、原典ではY‘はwと記載されていた。

図3.2.3-2　トレードオフ対比と極端回避の説明図
（Simonsonら[181]の２つの図を説明用に３つに分割）

Simonson ら[181]は、この中間的な選択肢が選択されやすくなるという現象を極端回避（Extremeness Aversion）と呼んでいる。また、Huber ら[182]は、これを「妥協効果」（Compromise effect）と定義している。

Simonson[183]は、電化製品店での実験で品質が良い順に価格も高くなるデジタルカメラで 2 種類の選択の際は 50%：50%だったのが、3 種類とすると 22%：57%：21%となったと報告している。すなわち、Simonson ら[181]は 3 種類準備すると真ん中が選ばれる傾向にあると述べている。なお、妥協効果ではターゲット選択肢は中間的な選択肢であり、他の選択肢と類似しない場合（他の点の近くにプロットされない場合）において効果が生じるものと考えられる。また、Simonson[183]は、魅力効果や妥協効果はヒトが自分の選択を正当化するために生じるのであり、個々の選択肢の望ましさを比較した結果生じるのではないと主張している。さらに、魅力効果および妥協効果が他者に選択結果を知られない場合より、知られる場合の方が大きくなることを示し、選択の正当化が魅力効果や妥協効果の原因であると主張している。

したがって、魅力効果、多数効果および幻効果は、ターゲット選択肢と同一または類似の選択肢が存在していることが前提条件と考えられる。逆に、妥協効果は、他の選択肢と類似しないことが前提条件と考えられる。また、これらすべての効果（社会心理学分野では「文脈効果：Context Effect」とも言われている）は、3 種類の利用可能な選択肢があることが共通した前提である。

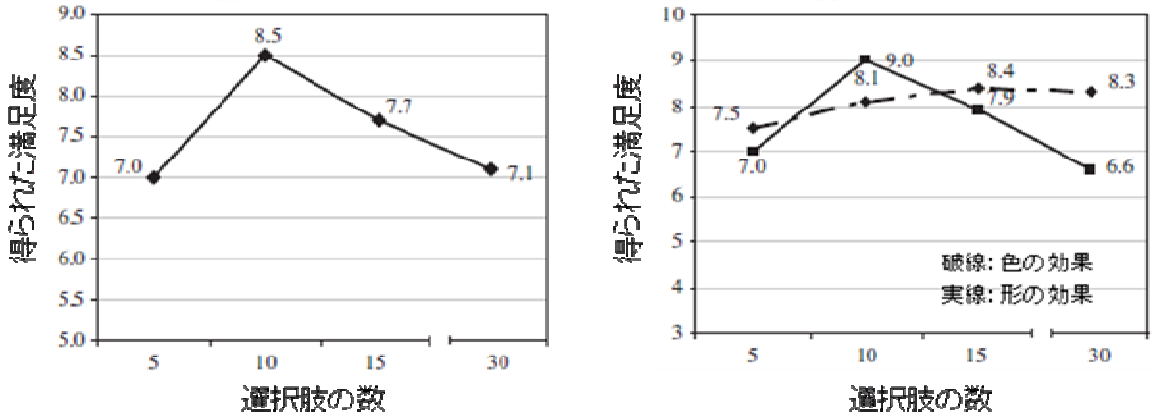
2) 多すぎる選択肢の効果

3.2.1 (2) 2) 項に述べた通り、Schwartz[153]は選択肢の数はあまり多すぎるとかえって選択できなくなると指摘している。

最近（主に 2005 年以降）の研究として Scheibehenne ら[157]は、上述の影響を過剰選択肢効果[too-much-choice effect]と呼び、大学生を中心とした参加者による心理学実験に基づき、この効果があるかどうか、また、それを説明できる要因を考察している。この要因として広い品揃え構造、選択の環境、個々の意思決定者の特性等の調節因子[moderator]による選択の正当化があると予想しており、これらを実験の変数としている。これらの実験[157]は ドイツとアメリカの大学生を中心とした男女延べ 598 名を対象とした、1)レストランリストから抽選でプレゼントされる可能性のある料理クーポンの選択、2)ゲームで獲得した１コイン（1EURO と＄1）による慈善団体リスト中から寄付先の選択、3)クラッシック音楽リストからのダウンロードする CD の選択の 3 つである。ここで得た選択後の満足度・後悔度、知覚された選択の難しさ、選択結果に対するモチベーション（支払い意志）、および、作業に要した時間等の事後アンケート結果を集計し、それを因子分析した結果を報告している。すなわち、この実験[157]の多くでは、過剰な選択肢の総数を一挙に提示するのではなく、品揃えリストをある種類とサイズに分類して段階的に被験者に提示している。上述の 3 つの実験の結果、Scheibehenne ら[157]は選択肢の総数が増えても選択に時間と手間がかかるようになるが満足度にはあまり影響しなかったため、過剰選択肢効果が確認できなかったと述べている。また、品揃えリストのサイズ、品揃えのバラエティー等の選択肢の範囲の意味の魅力、米独の文化の違い等の調節因子のいずれとも効果の相互作用を見つけることが出来なかったと述べている。これらを合わせ、過剰選択肢効果が起こり得るかどうかは疑問であると結論付けている。そこで、この研究[157]で取り扱った以外の類似性を加味した広い品揃え構造、選択の環境、個々の意思決定者の選択戦略等の変数について議論し、それを将来的な実験で確認することが必要であると考察している。

Reutskaja ら[158]は、選択による満足度が準備された選択肢の数(セットサイズ)の関数としてどう変化するかを調査している。この実験[158]ではスペインの男女 120 名の大学関係者がプレゼントを梱包するために買うギフト用の箱を選択する。セットタイプは選択セットのサイズの効果と色と形の視覚的効果の 3 つが準備され、ランダムに 2 つを掛け合わせることによって形成した 12 の実験群に分割された。参加者はギフト用の箱のセットを表す絵を１回に１つだけ見せられ、購入するギフト用の箱を選択した後に選択結果と選択プロセスへの満足度を 10 段階で評価するアンケートに回答した。調査[158]の結果、選択セットのサイズの効果は 5～30 個の範囲では中規模なセットサイズ（10 個）を最大値とし、満足度は選択結果で 8.5、選択プロセスで 6.6 を最大値とする逆U形関数となった。また、色の効果は選択肢の数に依存せずに全般に高い満足度を得られ、形の効果は選択セットのサイズの効果とあまり差がなかったと報告されている。選択肢の数の関数としての選択結果への満足度の例を図3.2.3-3 に示す。

Reutskaja ら[158]は、正味の影響（The net effect）として満足度は選択肢セットのサイズの逆U形関数であるとしている。また、視覚的効果として色は形よりも選択からの満足を与える、すなわち認知処理コスト(cognitive processing costs)を下げさせるものと見なされると述べている。



(a)選択セットのサイズの効果　　(b) 色と形の視覚的な効果

図3.2.3-3　選択肢(ギフト用の箱)の数の関数としての選択結果への満足度[158]

他方、Shah ら[184]は、上述のような選択に係る意思決定者の満足度ではなく、選択セットのサイズと選択される割合の相関を調査している。また、このセットサイズも過去の研究では 2 と 24 等の小さいものと大きなものだけが比較されているが、ここでは中ぐらいのものを研究対象としている。この実験[184]ではアメリカの男女 100 名の大学生の通行人にペンを格付けするように頼み、代償として＄1 割引した値段で販売するとして最も良い 1 個のペン（＄2）を選択させた。セットタイプは 2～20 個とされた。調査[184]の結果、8～12 個という中間的なセットサイズから選択する確率が最も高かったと報告されている。Shah ら[184]の選択セットのサイズと選択確率の相関は図 3.2.3-4 に示す。一方、過去には Miller[185]は、測定の単位がなく無次元量である『情報量』という概念について全く異なった実験的状況で得られた結果を比較できるようにすることを目的とした研究結果を報告している。この報告[185]の文献検索用の要約では不思議な数 7 プラスマイナス 2 があると記載され、これを引用して人の情報管理の容量を超えるためと説明[186]された経緯もある。

したがって、多すぎる選択肢の影響や最適な選択肢の数は、最近のものを含めて研究が進捗しているが、類似性を加味した広い品揃え構造や個々の意思決定者の決定戦略に依存することも否めず、現時点では一般性のある説明ができていない状況にあるものと考えられる。

3) 選択を回避または延期する行動

選択を回避または延期する行動については、過剰な選択肢が与える影響等に並行し

て研究を進められている。Dhar[159]は、明らかに一つが優れているケースよりも、それぞれの商品・サービスが許容できるにも関わらず優劣はつけ難いケースの方が、選択の繰り延べ（Choice deferral）をする傾向が高まると述べている。

Jessup ら[160]は、決定場の理論（decision field theory）[188]の中の、3 つの異なった心理学的な説明を評価することによって過剰選択肢効果が起こる境界状態について説明した。すなわち、選択が延期されるかもしれない 3 つの異なった理由として、1) 選択肢がないオプション、2) タイムアウト（時間切れ）、3) 優先変化（さらに優れた選択肢が逐次的に見つかる場合）を示している。その上、選択戦略と利用可能なオプションの分配との間の複雑な相関が見出され、過剰選択肢効果が起こるプロセスを説明することによって、効果がいつ・どのように現れるかを解明することが可能になるだろうと述べている。

White ら[161]は、選択セットのサイズと選択確率の相関を調査している。選択肢が存在する下で選択が回避または延期される理由としては、a)満足できるしきい値を超えた選択肢がないことによる“さらなる選択肢の魅力（the allure of more choice）”と、b)魅力的な選択肢が多すぎるという“多すぎる選択肢の圧制（the tyranny of too much choice）”があると述べている。この 2 つが別々に作用したと仮定することで、選択が延期されたことが説明できると述べている。調査[161]の結果、魅力的な選択肢が多すぎることにより、どれが最も良いか判断に迷うといった不確実性がある場合に選択の延期が最も増加したと述べている。

また、White ら[161]は各研究例における選択セットのサイズと選択確率の相関を調査し、比較している。例えば、前述のジャムの試食販売した実験例[156]における全通行人中の立ち止まった人数の割合、購入した人数の割合に着目し、選択確率を算出している。ここで 6 種類のジャムでは全通行人の 40%が立ち止まり、その中の 30%が購入したため選択確率は 12%としている。24 種類では 60%中の 3%が購入したため選択確率は 2%となったと述べている[161]。前述のペンの割引販売の実験例[184]については、選択肢の数が 4～10 まで増加するのに従って、ペンを買った参加者の割合は約 50%から 80%まで増加したが、10～18 とさらに増加するのに従ってペンを買う参加者の割合は約 80%から 30%まで減少したと述べている[161]。また、Scheibehenne ら[187]のデータには、多すぎる選択肢の圧制やさらなる選択肢の魅力といった傾向はいずれも観測できなかったと述べている[161]。上述の各研究例における選択肢のセットサイズの報告結果と、標準偏差等から White ら[161]がモデルの特性値を決めてシミュレーションにより導出したとする選択確率とを比較した結果を図3.2.3-5[161]に示す。なお、White ら[161]は、図3.2.3-5 の縦軸の選択確率は一部の研究例[156),187)]で観測された選択確率に良くフィッティング[22]できていると述べている。しかし、選択確率を定義したためにペンの実験で Shah ら[184]が述べた逆U字型のパターンの観測結果（図3.2.3-4 および図3.2.3-5 中

[22] 実験などで得られた曲線を多項式などの数式で近似することを指している[161]

の■）は、シミュレーションの予測結果（図3.2.3-5 中の□）では明瞭ではなくなったと述べている[161]。

その上で、上述の調査の結果を踏まえて、White ら[161]は“判断を処理（processing）するタイプとそれらに関連している選択の延期のタイプの効果を正しく評価すること”が求められると考察している。

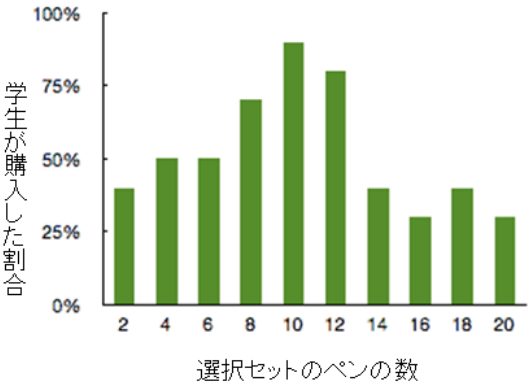


図3.2.3-4　セットサイズの関数としてペンを購入した対象の割合[184]

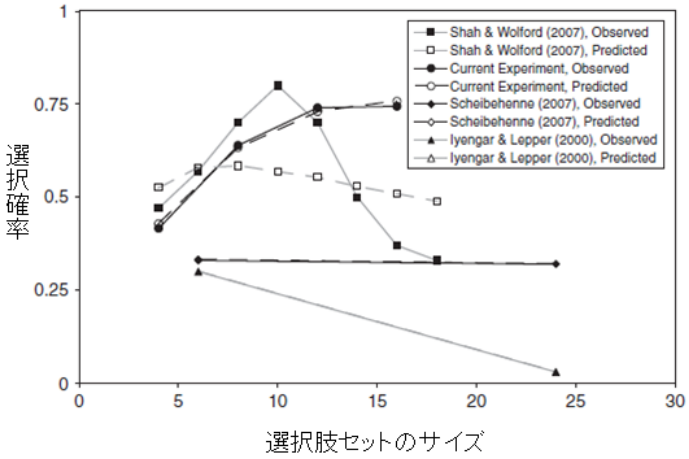


図3.2.3-5　各研究における選択セットのサイズと選択確率の相関の比較結果[161]

一方、Jessup ら[160]は選択の回避や延期には、決定戦略，すなわち、意思決定者が対象に対する知識と情報量に基づき意思決定について前向きに取り組むことができるかどうか，今回で選択を行う必要があるかどうかという因子が含まれていると指摘している。前述の Scheibehenne ら[157]は、選は，選択が容易であるか困難であるかは，適用された意思決定者の決定戦略に依存していると総合考察の節で述べている。また、同様に Reutskaja ら[158]も意思決定者が選択を回避または延期するような行動を予測することが重要であると述べている。なお、ここで Scheibehenne ら[157]が対象とした慈善行為・クラッシック音楽と、Reutskaja ら[158]が対象としたギフト用の箱とでは、意思決定者の決定戦略（意思決定への意欲）は異なっている[23]ことが予想される。その上、満足度は White ら[161]が整理したような選択確率が十分に評価されていないと考察されていることに留意が必要である。

したがって、選択を回避または延期する行動は研究が進められており、定性的な理由が提起されつつある状況にあるものと考えられる。しかし、過剰な選択肢が与える

[23] 本研究が対象とする HLW 処分では、ここで述べた実験で与えられた選択肢よりも、さらに意思決定者の知識と情報量と選択への取り組み姿勢（所謂“やる気”）が異なっていることが予想される。

影響等を理解する上では定量的にこれを把握し、境界（しきい）条件等を評価する必要があるが、これについて現時点では一般性のある説明ができていない状況にあるものと考えられる。

(2) 心理学研究で実験条件とされた選択肢の数

ここでは前述の社会心理学および心理学分野の調査結果を踏まえて、一般の消費行動において一般市民が意思決定し易いとされる選択肢の数を検討した

1) 既往の心理学研究例から導かれる最低限必要な選択肢

3.2.1 (2) 項では心理学分野で研究されているヒトのヒューリスティックに伴うバイアスと、一般市民の消費行動における適切な選択肢の数とそれに伴う意思決定との相関の調査結果を示した。ここでは調査結果から導かれる最低限必要な選択肢の数を検討した。前述した魅力効果、多数効果、幻効果および妥協効果を表3.2.3-1 に整理し、意志決定に対して心理学的に選択・選好への影響を与えることが報告されている実験条件とされた選択肢の数を表3.2.3-1 の右欄に記載した。

表3.2.3-1　心理学実験において選択・選好への影響が報告された選択肢[177)]

名称	心理学的な影響の内容	実験条件とされた選択肢の数
魅力効果 （図3.2.3-1-2） 178),179)	Aよりは劣るが、Bには影響されない選択肢D（デコイ）を加えることにより、デコイを優越するターゲット選択肢Aが選択されやすくなるという現象	3以上 デコイDはターゲット選択肢Aに被支配
多数効果 180)	AとBの比較において、Aに支配される選択肢が加わることによってターゲット選択肢Aの選択率が向上するという現象	3以上 ターゲット選択肢Aの付近に2以上
幻効果 （図3.2.3-1） 180)	AとBの比較において、品切れ等の理由のために利用可能ではない選択肢P（幻）を加えることでも、ターゲット選択肢Aが選択され易くなる現象	3以上 但し、Pは利用不可能な点
妥協効果 （図3.2.3-2） 181),182)	X、Y、Zの3選択肢が一直線に並んだ場合は、利益も損失も大きい両端の選択肢（X、Z）は避けられ、中間の選択肢Yが有利となる現象	3 事例として提示された選択肢数は3のみ

魅力効果、多数効果、幻効果による場合には、ターゲット選択肢（図3.2.3-1 の A 点）に対して少なくとも 2 種類の選択肢（図3.2.3-1 の C 点とデコイ：D または幻：P）を加えること、すなわち合計で3つ以上の選択肢を必要としている。また、妥協効果または魅力効果のうち増進や減損による場合でも、少なくとも全部で 3 種類（図3.2.3-2 の X、Y、Z）の利用可能な選択肢を必要としている。また、極端回避を意味する妥協効果では事例として提示されている選択

肢の数は 3 つである。さらに、奥田[180]は、2 つの選択肢に対する選好は、第 3 の選択肢が他の 2 つよりも優れていても劣っていても影響を受けると述べている。

すなわち，心理学分野の研究例の実験条件として、選択・選好に対して魅力効果，多数効果等の心理学的な影響を与えるとされた選択肢の数は 3 以上の場合であり、3 未満のものは見当たらない。また，同様に妥協効果（両端回避）をもたらすのは選択肢が 3 の場合のみが報告されている。すなわち，選択肢が 2 つの場合に心理学的な影響があることを報告した実験例はない。また，既往の研究では選択肢の数は 3 以上にすることよって費用と品質の相関をトレードオフ対比して良く考えることもあり、それによってある種のバイアス効果が作用する場合もあり、消費者の意志決定が進むからだと述べている。そのため、心理学的な効果を説明する全ての記述（表3.2.3-1 の心理学的な影響の内容）からは，選択肢が 3 未満であることは考えられない。そのため，一般の消費行動の実験条件で意志決定に対して心理学的な影響が確認された選択肢の数は 2 の場合はなく，3 以上である。

2) 既往の心理学研究例から適切と考えられる選択肢の数

前項ではアンケート調査等により商品の購買等の消費行動における選択結果・選択プロセスの満足度に関する調査結果を示した。ここでは適切と考えられる選択肢の数を検討した。

Iyenger ら[156]はジャム販売の実験を踏まえてヒトは選択肢が多過ぎてもかえって選択できないと述べ、Schwartz[153]はヒトにとって選択肢が多いことは幸福度を高めるどころかかえって低下させてしまうと述べている。一方、上述の研究例とやや異なる最近の研究[157),158),184)]で対象としているのは選択肢の総数は、前節で実験条件として示したものよりも多い。すなわち、大学生等の消費行動を対象とした実験例が示す結果からは、選択肢の数は前節で示した 3 つ限りで良いとは言えない。

Scheibehenne ら[157]は前節で示した 3 つの実験では選択肢の総数が増えても選択後の満足度にはあまり影響せず、過剰選択肢効果および調整因子の効果とその相互作用は共に確認できなかったと述べている。しかしながら、一層広い品揃えと意思決定者の決定戦略等の他の変数についての議論と将来の実験の必要性が述べられており、現状では結論には至っていない。

他方、Reutskaja ら[158]はギフト用の箱を選択する実験を踏まえ、正味の影響としては選択結果の満足度は選択肢が 5～30 個の範囲では中規模なセットサイズ（10 個）を最大値として逆U形関数になったと述べている。さらに認知処理コストを下げさせる視覚的な色の効果により、正味の影響よりもさらに多い選択肢の数にも関わらず高い満足度を得られたとしている。Shah ら[184]は、ペンの選択セットのサイズが 2～20 個の範囲の実験を踏まえ、中間的なセットサイズである 8～12 個という集合から 1 個のペンを選択する確率が最も高かったとしている。

したがって、上述の最近の研究による考え方を合わせても、過剰選択肢効果が確認されない実験条件があることが示されたが、だからと言って選択肢の数は多過ぎることが良いという考え方が示された訳ではない。

(3) 過剰な選択肢の効果と認知処理コストに係る議論の現状の考察

1) HLW 処分の場合の適切とされる選択肢の数の増減

上述の心理学分野の研究例は大学生等の一般市民の商品の購買等に係る消費行動を対象としたものである。ここでは HLW 処分という一般の消費行動とは異なるものを対象とした場合について考察する。HLW 処分への社会的な合意が得られていない現状において利用できる選択肢としての処分概念は１つで良いのかという議論がある。そのため、一般市民が自己の商品の購買等の対象ではない HLW 処分に対して賛成や反対を意思決定することへの影響や、適切とされる選択肢の数が増減する可能性を考察した。

a. 利用できる選択肢が１つであることの影響

現状の日本では地層処分が基本方針[7)]であり、第２次取りまとめ[12)]で安全評価を行ったものだけが安全性と費用の両方を評価した処分概念であり、既存案となっている。すなわち、現時点では利用できる処分概念の選択肢は１点である。

Tversky&Kahneman[147)]は、最初に１つだけ提示されたものには、アンカリング効果が起こる可能性を指摘している。また、選択肢が１つの場合は、友野[154)]が述べる初期値効果により、お薦め案として認識される可能性がある。しかし、前述の通り、高知県東洋町では HLW 処分時の安全性を議論する前に結審している[68)、102)、103)]。これは恐ろしさ、未知性に加え、風評や騒乱状態の継続を恐れた住民が周辺ルートによる処理（前述）により態度を決めた（文献調査への応募に反対した）ものと考えられる。そのため、上述の初期値効果のように、第２次取りまとめ[12)]がお薦め案を提示できたとは考え難い。

したがって、既存案である日本の処分概念は、安全性や費用を海外諸国のものとの比較情報を与えるものとして機能することは期待できる[138)]が、アンカリング効果があるかどうかは現時点では判断できず、少なくともお薦め案として評価されているとは考え難い。

b. 認知処理コストは高いことの影響

1.3.2 (6) 1) 項では、Slovic[34)]、木下[39),40)]、中谷内[45),47)]の研究例を引用し、HLW 処分等では一般市民側に恐ろしさや未知性が残っており、周辺的な手がかりによって態度を決めてしまうことになることを示した。また、中谷内ら[49)]は、この状況にある一般市民がリスク対象に対して十分な知識を持たない状況において、自分が情

報処理する代わりにその処理を自分が信頼する他者に委ねる手法[24]について述べている。中谷内[51]はここで人がある問題に深く関与している場合、その問題の解決を誰かに任せるとしたら、できれば自分と同じ考えを持ち自分が思っていることを実現できる人に任せたいと思うはずだと述べている。

HLW 処分の意思決定に必要とされる知識と情報量は極めて多い[138), 143)]。公衆・一般人等とも呼ばれる一般市民が恐ろしさや未知性を感じ、ゼロリスクを求め、情報処理を信用できる他人に任せようとするのは、これを理解するための知識や労力が大きいと感じているため[51]だと考えられる。すなわち、前述のギフト用の箱[158]やペン[184]の選択に比べれば、一般市民にとって HLW 処分の認知処理コストは高いものと考えられる。

前述の通り Reutskaja ら[158]は，視覚的な色の効果が認知処理コストを下げさせたため，選択肢を増やしても全般に高い満足度を得られたと述べている。これを逆説的に言うと，意思決定に労力や手間がかかる認知処理コストが高いものは選択肢を増やせば選択結果の満足度は低くなることになる。

和田ら[68]は、HLW 処分の意思決定に必要とされる知識と情報量は極めて多いと述べている。中谷内[51]が述べるところの公衆が恐ろしさや未知性を感じ，ゼロリスクを求め，情報処理を信用できる他人に任せようとするのは，これを理解するための知識や労力が大きいと感じていることも理由の１つであると考えられる。すなわち，前述のギフト用の箱やペンに比べれば，一般市民にとって HLW 処分の認知処理コストは高いものと考えられる。

上述で HLW 処分の認知処理コストが高いとすれば，正味の影響として選択結果の満足度が更に増すことや，満足度が最大となる選択肢の数が増えることは考え難い。これは１つ１つの選択肢を良く理解しようとすると，一般市民にとってさらに必要な知識や労力が大きくなるためである。すなわち、これは HLW 処分のような必要とされる知識と情報量が大きい問題に取り組んで認知処理コストが上がった場合，選択結果の満足度が最大となる選択肢の数は減る方向にあることを意味している

c. 選択を回避または延期する行動の影響

(1) 3) 項では Dhar[159]、Jessup ら[160]、White ら[161]の研究例を引用し，選択を回避または延期する行動（以下，回避等の行動）について示した。回避等の行動が起こる定性的な理由として，Dhar[159]により優劣つけ難いケース示した場合、Jessup ら[160]により 1) 選択肢がないオプション，2) タイムアウト（時間切れ），3) さらに優れた選択肢が逐次的に見つかる場合が示された。また，White ら[161]によりさらなる

[24] これは中谷内ら[49]による SVS（Salient Value Similarity：主要価値類似性）モデル[50]（相手が当該問題にかかわる主要な価値を共有していると感じると、その相手を信頼するというモデル）を対象とした研究である。

選択肢の魅力と、多すぎる選択肢の圧制が示された。これらを整理すると、a)選択の時間がない場合、選択肢が b)他にない場合, c)魅力的なものが逐次的に見つかる場合,d)差がない場合,e)多すぎる場合が、回避等の行動の理由である。

東洋町ケースでは，マスコミによる話題の表面化から出直し町長選挙による結審まで約 7 箇月と短い期間であったため, 上記 a)のタイムアウトが回避等の行動すなわち文献調査応募に反対）の理由になった可能性がある。和田ら[68),102),103)]によれば東洋町ケースは地域住民が HLW 処分の安全性を懸念したことは確かだが，HLW 処分の安全性が基準を満足するものかどうかを冷静に判断した訳ではないため、上記 c)が回避等の行動の理由になったとは思えない。日本では HLW 処分には選択肢が１つしかないため，上記 b)が回避等の行動の理由になっている可能性がある。また，今後設定する選択肢が優劣つけ難く，難解なものであれば，上記 d)により回避等の行動の理由になる可能性がある。

一方、Jessup ら[160)]は選択の回避や延期には、決定戦略（意思決定者の知識と取り組む姿勢）の因子が含まれていると指摘している。これと前項の HLW 処分が認知処理コストが高いことを合わると，ギフト用の箱やペンに比べて HLW 処分では選択結果の満足度が下がり，選択を回避または延期する行動が派生している可能性がある。しかし，これまで意思決定者の知識と情報量と選択への取り組み姿勢からみて与えられる選択肢の特性を判断し難い場合，すなわち，認知処理コストが上がる場合の選択結果の満足度や選択の回避や延期を調べる実験は現状では見当たらない。

d. 一般市民の選択肢の数の増減への考察のまとめ

上述の通り HLW 処分のような理解するための知識が大きい問題に取り組んで認知処理コストが上がった場合、選択結果の満足度が最大となる選択肢の数が減る方向にある可能性がある。また、難解な選択肢が増えること等により、意思決定に係る労力が大きくなると共に選択による満足度が低くなり、意思決定者が選択を回避または延期する行動が増える方向にある可能性がある。奥田[180)]は、とくに、日本人はさまざまな場面で依存的な価値判断や文脈を重視した判断を行う傾向が強いと述べている。これは一般市民が必ずしも論理的に判断しないことを示唆している。それでも自分が信頼する他分野専門家に委ねる手法[51)]等により HLW 処分の受容に向けての合理的で健全な判断を期待するならば、回避等の行動が出来るだけ少なくなり、選択による満足度を確保するためには、選択肢の数はあまり多くないのが望ましい。但し、この最適な選択肢の数や回避等の行動の理由は現時点では定量的に把握できておらず、今後の研究で検討すべき課題である。

上述の通り HLW 処分のような理解するための知識と労力が大きい問題に取り組んで認知処理コストが上がった場合，選択結果の満足度が最大となる選択肢の数が減

る方向にある可能性がある。また，難解な選択肢が増えること等により，意思決定に係る労力が大きくなると共に選択による満足度が低くなり，意思決定者が選択を回避または延期する行動が増える方向にある可能性がある。奥田[180]は，とくに，日本人はさまざまな場面で依存的な価値判断や文脈を重視した判断を行う傾向が強いと述べている。これは一般市民が必ずしも論理的に判断しないことを示唆している。それでも木下[35]や中谷内[51]が述べるように自分が信頼する他者（今回の場合は主に科学技術の専門家）にリスクマネジメントを委ねる手法等により HLW 処分の受容に向けての合理的で健全な判断を期待するならば，回避等の行動が少なくなる可能性がある。上述の通り、認知処理コストが高い対象の場合，選択結果の満足度なるべく高くし、回避等の行動を避けるには，選択肢の数はあまり多くないのが望ましい。

但し，現状ではこれを裏付ける知見は十分ではないため，認知処理コストが上がった場合での一般市民に選択を回避または延期する行動が起こらず、選択結果の満足度が最大となる選択肢の具体的な数を実験的に調査する必要がある。本研究は一般市民を対象に新たな実験を考案する立場にはないため、今後のリスク研究で検討されることを期待する。

2) 他分野専門家が HLW 処分の意思決定する場合の選択肢の数の増減

前節では一般市民の消費行動と HLW 処分との違いを考察した。しかし、専門家は選択肢の内容を論理的に判断することが期待されるため、一般市民とは異なったものとなる可能性がある。そのため、ここでは社会心理学分野の研究例を引用し、他分野専門家が意思決定することへの影響や、適切とされる選択肢の数が増減する可能性を考察した。

a. 専門家と一般市民とのリスク認知の違い

1.3.2 節によれば、Slovic[34]、木下[38),39),40)]、中谷内[45),47),51)]の研究例より、全般には専門家は過去のデータに基づく障害の重篤度と客観的な確率を重要視する傾向にあるが、一般市民は主観的な重篤度と確率によりリスク認知する傾向にあることを示した。但し、前述の消防署員の例[53]のように専門家にはかくあるべしとの主観的な判断が作用[51]し、客観的な確率を重要視しないという例外ケースがあることに注意が必要である。

また、3.1.1 節の通り、リスク・ベネフィットの原則[61]に則って HLW 処分の安全性と費用の２つの軸で評価することが提案[138]されている。ここで費用の評価軸は個々人での認識の違いによるバラツキはあるが、専門家と言われる科学者・技術者[25]の総人口[190]への割合が比較的多い[189]こともあり、一般市民と専門家でそのバラツ

[25]日本の就業人口は総人口の約 6 割と言われており[190]、科学者・技術者の割合は就業人口の約 3〜4 割と言わ

キの幅や分布が大きく異なるとは思えない。

また，一概に一般市民というが原[189]によれば専門家と言われる科学者・技術者は日本の就業人口の約 3～4 割と言われている。総務省統計局の国勢調査[190]によれば就業人口は総人口の約 6 割なので，総人口の約 1/5～1/4 が科学者・技術者の割合であり、統計上で一般市民に含まれる科学者・技術者は無視できない人数である。すなわち、費用への価値感は一般市民と専門家とでは大きな差異はないものと考えられる。

他方、HLW 処分の安全性の評価軸については一般市民と専門家では、HLW 処分の安全性の認知は異なるものと考えられる。これは上述の専門家の客観的な確率を重要視する傾向と一般市民の主観的な確率によりリスク認知する傾向の違い[45)、152)]に基づいている。また、図1.3.2-3[52)]の両者の犯罪発生件数推定の比較にもそのことが示されている。なお、上述の専門家の例外ケースについても HLW 処分の場合は費用ではなく、安全性の評価軸に関連するものである。そのため、安全性の評価軸は一般市民と専門家とで、そもそもの構成が違っている[45)]ものと考えられる。

上述を合わせて考えると、費用と安全性の２つの軸で評価した判断した結果に伴う行動は、費用への認識ではなく、一般市民と専門家との安全性の認知の違いに基づくものと考えられる。

b. 専門家の認知処理コストと回避等の行動への影響

(1) 3) 項で述べた通り，Jessup ら[160]は選択肢がないオプションが回避等の行動の理由に挙げているが，他分野専門家にとっても現在の HLW 処分概念のように選択肢が１つしかない状況は，選択肢がある場合に比べて理解するための労力がかかるため，出来るだけ避けたいものと予想される。しかし，他分野専門家は例えば指数グラフの読み方や統計の結果に対する理解といった科学技術の基本的な知識を持っており，各々の専門分野に対する深い専門的な知識を持っているため，一般市民に比べるとその労力はかなり軽減されることが予想される。認知処理コストが高くなる度合いは一般市民に比べると小さいことが予想されので、これは一般市民よりも専門家の方が回避等の行動を起こす可能性が低くなることを意味しているものと考えられる。

また, White ら[161]の述べたさらなる選択肢の魅力による回避等の行動を避けるために，他分野専門家に国際的な共通認識の基で HLW は地層処分に取り組んでおり、その安全性は国際機関や諸外国の安全基準を取り込んだ原子力安全委員会の安全基準(2000)を満足していることを最初に示すべきである。

さらに，Dhar[159]はより優劣つけ難いケース示した場合，White ら[161]はよりどれが最も良いか判断に迷うといった不確実性がある選択肢を示した場合に最も多く

れている[189]ので、総人口の約 1/5～1/4 が科学者・技術者の割合だと考えられる。

回避等の行動が起こることが示された。そのために，選択肢間の優劣を判り易く説明できる不確実性が少ない選択肢により説明するべきである。

その上、White ら[161]が述べた多すぎる選択肢の圧制を避けるために、選択肢間の優劣を判り易く説明するのに必要十分な最低限の選択肢の数とするべきである。

上述の内容を整理すると HLW 処分の選択肢は知識と情報量は極めて多いことは本質的なものとしてやむを得ないが，妥当であることが立証できる選択肢を最初に全て一覧し、各々の選択肢に不確実性が少なく，差異が明確な選択肢を準備することが望ましい。また，回避等の行動を起こす可能性が低くするためには選択肢の数も必要最小限であることが望ましい。

c. 専門家の判断結果とそこへの心理学的な影響

ここではリスク・ベネフィットの原則に則って HLW 処分の安全性と費用の２つの軸で評価した場合の専門家の判断結果について考察した。

費用の評価軸は個々人での認識の違いによるバラツキはあるが，他分野専門家の人口割合からして，一般市民と専門家でそのバラツキの幅や分布が大きく異なるとは思えない。そのため，費用と品質の２つの軸で評価した判断した結果に伴う行動は，費用への認識ではなく，一般市民と専門家との安全性の認知の違いに基づくものと考えられる。しかし，上述の費用の評価軸の一般市民との同一性を考慮すると，安全性をその地位を認知した状態（すなわち、図3.1.1-1[138]の縦軸の安全性が相対的に A 点の位置と地位にあることを両者が認識した場合）での費用と安全性の２つの軸で評価した判断結果は，専門家と一般市民とで変わらない可能性も考えられる。なお，安全性は基準を満たすがどうかとの観点から一種の“品質”と見ることができる。また、(1) 1）項で述べた魅力効果・多数効果・妥協効果等のバイアスおよび利用可能性や経験等の各種のヒューリスティック[147]が論理的意思決定すると思われている専門家にも作用する可能性もある。しかし，これまで安全性等の品質の軸をその地位を認知した状態では、心理学的なバイアスおよび各種のヒューリスティックが専門家にも作用することを定量的に調べる実験は現状では見当たらない。

d. 専門家の選択肢の数の増減への考察のまとめ

科学者・技術者が実験を計画する場合，分野に関わらず評価因子（パラメータ）の種類が多い場合は谷津[191]が述べるような実験計画法等により，相関するものの組み合わせから１パラメータ当たりの水準数と１水準当たりの実験回数を削減することが一般的である。しかし，パラメータが少ない場合，水準の値が大きなものから小さいものに変わった場合の定量的な凹凸効果を見るために１パラメータ当たりで 3 水準以上とすることが一般的である。

上述の通り、他分野専門家が HLW 処分の安全評価結果を理解することは労力のか

かる作業であることに変わりないが、科学技術的な基礎知識があるため回避等の行動は一般市民よりも少ないと考えられる。回避等の行動をなるべく避けるためには、知識と情報量は極めて多いものの優劣を判り易く説明する必要がある。そのためには，妥当であることが立証できる選択肢を最初に全て一覧し、各々の選択肢に不確実性が少なく，選択肢間の差異が明確なものを準備することが望ましい。また，選択肢の数も 3 以上は必要であるが，必要最小限とすることが望ましい。

費用と安全性の 2 つの軸で評価した場合の一般市民と専門家との意思決定の違いは，費用への認識ではなく，安全性（品質）の認知の違いに基づくものと考えられる。安全性等の品質の軸をその地位を認知した状態では、費用と安全性の 2 つの軸で評価した判断結果は，専門家と一般市民とで変わらない可能性も考えられる。但し，現状ではこれを裏付ける知見は十分ではないため，安全性等の品質の軸をその地位を認知した状態での専門家の選択・選考を実験的に調査する必要がある。本研究は専門家へのバイアス等の影響を対象に新たな実験を考案する立場にはないため、今後のリスク研究として検討されることを期待する。

3) 本研究の適用範囲と今後の課題

本研究は，心理学分野の一般の消費行動におけるヒューリスティックやバイアスおよび最近の研究による選択セットのサイズや選択肢の総数の影響を調査し，そこで一般市民が意思決定し易いとされる適切な選択肢の数を見出した上で，HLW処分場の立地問題に関する一般市民および他分野専門家の意思決定における適切な選択肢の数をについて考察した。しかし，必ずしも全ての場合に一般性を有するものではなく，その適用範囲には以下に述べるような制約がある。

まず，上述の心理学分野の報告例は一般市民の商品の購買等に係る消費行動を対象としたものであり，特にその分野の専門家を対象としたものではない。すなわち，認知もしくはバイアスを前提とする意思決定，あるいは非論理的な意思決定をした場合のものを含んでいることを前提とすべきであり，論理的に個々の選択肢の望ましさを比較した結果として生じる選択・選好ではない可能性が含まれていることに留意する必要がある。また，前述したように選択・選好の対象に対する情報と理解度によって意思決定者の意思決定への意欲は異なることが予想される。それに対して本研究で専門家の対象としているものは、HLW処分の安全性という科学技術として高度であり[138]、一般市民には理解することが容易ではない[35]と言われる分野である。このHLW処分では，他分野専門家に知識と情報量が求められるが故に、他分野専門家の専門的な能力によっては選択への取り組み姿勢が変わり、回避や延期などの行動が生じる可能性がある。

さらにはHLW処分の場合、本分野の専門家にも反対意見の専門家の意見（批判）[110]と推進側機関の専門家の意見（批判への見解）[111]がある。さらにこれに加えて原子力

安全委員等の規制側機関[27]の専門家がおり，意見を述べるケースが考えられる。当該の分野で研究成果を公開して説明と討論を進めても、地質の特性等の測定結果・室内実験結果等の科学的な事実については認識と理解を共有できるが、処分シナリオ・安全評価結果や当該技術の将来予測などの評価等の部分は見解がわかれる可能性がある[143]と述べられている。すなわち，同じような科学技術分野の専門家でも専門性の違いや価値観によるリスクのエンドポイントの違いから見解の相違が現れ、異なる意見を述べている。一般市民には外部性のある他の分野の専門家が処分研究成果を垣間見ることで論理的な意思決定することが期待されているが，他分野専門家としてもこの状況下で理解することは容易ではない。

前節では理解するために多くの知識と情報量を要するHLWの処分概念に対する選択肢の数は「3つ以上が必要であるが，あまり多くないのが望ましい」としたが，他分野専門家はその労力と精神的な苦痛から本当に選択を回避または延期する行動を抑えることができるかどうかは必ずしも定かではない。さらに、仮に自分自身が理解して選択したとしても、彼への信頼関係から判断を委した一般市民[51]に意思決定に至ったプロセスを説明しなければならない。自分自身が理解するためと，それを論理的に他人に説明するための理解度では，それを得るための労力は異なることが一般に知られている。この理由からも選択肢の数も3つ以上は必要であるが，必要最小限であることが望ましい。

その上、HLW処分のような長期間を対象とする場合は時間軸では時代背景によってその間に他分野専門家自体の評価基準（価値観）自体が経時的に変わる可能性がある[143]。また、空間軸では他分野専門家の近くに位置し、両者間の関係から判断の結果に影響を与える一般市民の許容リスクの考え方や、他分野専門家が属する地域の社会情勢により変わる可能性がある[143]ことを念頭に置く必要がある。

そのため，ここで述べた他分野専門家によるHLW処分の受容と処分概念の選択を対象とした場合に，その時点・その場所・特定の他分野専門家に本研究の知見が当てはまるかなどの検討が今後必要であろう。さらに，今後このような議論が行われる場合に，今回，本研究で得られた一般市民での知見を専門家に拡張する手法の妥当性を検証することが必要であろう。

(4) 選択肢を設ける数のまとめ

現状の日本では、HLW は地層処分が基本方針であり、第 2 次取りまとめで示された処分概念とその安全性と国の委員会で示された費用試算の結果が既存案である。現状の選択肢は 1 つの処分概念でしかないが、比較検討により理解を深めることができるため選択肢が多い方が良いとの考え方もある。本研究では、一般の消費行動における意思決定し易い適切な選択肢の数を見出した上で、処分場立地問題に関する一般市民および他分野専門家の意思決定について考察した。

一般の消費行動の実験条件で心理学的な影響が確認された選択肢の数は 2 の場合はなく，3 以上である。また、最近の研究における選択のパラドックスに基づく過剰な選択肢の効果を調査したところ,選択肢の数は多過ぎる方が良いという考え方が確認された訳ではない。一方、文献報告を考察すると、HLW 処分の安全性のように情報を理解するための労力である認知処理コストが高い対象の場合に,選択結果の満足度なるべく高くし、選択を回避または延期する行動を避けるには，選択肢の数はあまり多くないのが望ましい。

さらに、専門家にとっても HLW 処分の安全評価結果を理解することは労力のかかる作業であることに変わりないが、科学技術的な基礎知識があるため上述の回避等の行動が起こる可能性は一般市民よりも少ないと考えられる。回避等の行動をなるべく避けるためには,，妥当であることが立証できる選択肢を最初に全て一覧し、各々の選択肢に不確実性が少なく，選択肢間の差異が明確なものを準備することが望ましい。また，選択肢の数も 3 以上は必要であるが，必要最小限であることが望ましい。

そのため、認知処理コストが高いと思われる科学技術（例えば HLW 処分安全性等）を説明する時に、選択肢の数は 3 以上で、かつ、あまり多くないのが望ましい。但し，現状では上述の認知処理コストの高さや回避等の行動、専門家への選択肢の数のあり方を裏付けるための知見は十分ではなく,今後のリスク研究等で検討されることが期待される。

3.2.4 他分野専門家への説明に設ける選択肢のまとめ

現在、 日本には第２次とりまとめ[12)]の１つの処分概念しかないが、比較検討により理解を深めることができるため選択肢が多い方が良いとの考え方もある。ここでは「S to S」を有効に機能させるために適切な選択肢を設けるポイントと選択肢の数を検討した。

最初に過去の専門家間の議論[110)−117)]において HLW 地層処分時の安全性について認識や理解を共有できない部分を調査した。その結果、それは他分野の専門家と見解が分かれる可能性が高い処分シナリオ・安全評価結果や当該技術の将来予測などの評価等の部分であることが判った[143)]。そのため、選択肢を設けるのはこの評価等の地位(position)・領域(region)であり、選択肢の形態(form)は費用と安全性が評価された複数の処分概念が良いものと考えられる[143)]。また、複数の処分概念は候補サイト間で対比するようなものではなく、内的なモノサシとして１つの候補サイトの中でトレードオフ対比できる処分概念オプションを設けるのが良いものと考えられる[143)]。

また、心理学分野の一般の消費行動におけるヒューリスティックやバイアスを調査[178),179),181)]したところ、選択肢が 2 つの場合に心理学的な影響があることを報告した実験例はないことから、最低限必要な選択肢の数は 3 つである[177)]と考えられる。適切な選択肢の数については最近の一般の消費行動の研究で活発に議論[155)−161)]されているが、「選択

のパラドックス」[162]に基づく過剰選択肢効果が確認されなかった実験例が報告[157]されているものの、選択肢の数は多過ぎる方が良いという考え方が示された訳ではない[177]。逆に、意思決定に必要とされる知識と情報量は極めて多い HLW 処分のように認知処理コストが高いものは選択を回避または延期する行動が派生する[161]と言われている。この場合では、選択結果の満足度が最大となる選択肢の数が減る方向にあることを意味している[177]。

さらに上述の内容は一般市民を対象としたものだが、一般市民と専門家では、品質に関して認知する基準は異なるが、品質をそれと認知した後の行動（価格と品質の 2 つの軸で評価した意思決定）は変わらないものと考えられる[177]。

そのため、選択肢とする処分概念の数は 3 つ以上が必要であり、認知処理コストを高くしないためにもあまり多くないのが望ましい。これらの選択肢を使って「S to S」として学会の会場等で他分野専門家に繰り返し説明し、繰り返し討論する（対話する）のが良いと考えられる。

3.3 他分野専門家に専門的に深い領域の技術情報を適切に理解される説明内容

現状の日本では HLW は地層処分が基本方針[7)]であり、現状の選択肢としては第 2 次取りまとめ[12)]で示された処分概念とその安全性および国の委員会で示された費用試算結果[14)]による既存のデフォルト案が１つあるのみである。選択肢同士を比較検討することでより理解を深めることが出来るため、既存のデフォルト案以外の選択肢があった方が良いとの考え方もある[138)]。本研究では上述の基本方針に則り、そのうえで理解が進んでいない地層処分の範囲で選択肢を設けることを考えた。

3.1 節では、リスク・ベネフィットの原則[61)]に則った意思決定が可能となるために費用（経済性）の情報と共に HLW 処分の安全性を示す説明の内容を検討し、この原則に則った費用と安全性の相関図では、第２次取りまとめによる日本の既存のデフォルト案と海外事例との相関を適切に説明できることを述べた[138)]。また、また、海外事例も合わせて地層処分にかかる費用と、達成される HLW 処分時の安全レベルの関係を示すことにより、どこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を他分野の専門家もまじえて議論できることを述べた[138)]。

3.2 節では、選択肢を設けるのはこの評価等の地位(position)・領域(region)であり、選択肢の形態(form)は１つの候補サイトの中で費用と安全性が評価された複数の処分概念が良いことを述べた[143)]。また、選択肢とする処分概念の数は3つ以上が必要であり、あまり多くないのが望ましいことを述べた[177)]。

本節では、3.1～3.2 節で前述した内容を踏まえて、“３つ以上”“あまり多くない数”であり、資金と人的資源（以下、「研究資源」という）の制約等から処分概念オプションの選択肢は、まず、最低限必要な 3 つとした場合の他分野専門家に HLW 処分の安全性・経済性等の専門的に深い領域の技術情報を適切に理解される説明内容を具体化した。

3.3.1 既往の工学バリア等のオプション調査・検討

本項では、第2次取りまとめ[12)]で示された処分概念とその安全性および国の委員会で示された費用試算結果[14)]による既存のデフォルト案とされた処分概念以外またはそれ以降の処分研究で具体化された工学バリア等のオプションを調査した。また、調査した工学バリア等のオプションとその安全性・経済性における長所・短所を以下に示す。なお、安全性については、操業時と閉鎖時に区別して記載し、操業時[194),195)]は公衆と従業員（作業員）、放射線安全と作業安全とに区別して検討した。

(1) 廃棄体のオプション

1) オーバーパックの厚さと放射線安全性

3.2.2 (6) 1) 項、3) 項に前述した通り、過去に検討されたオーバーパックには、

その炭素鋼の肉厚に応じて H3 レポート[128]の自己遮へい型オーバーパック（厚さ300mm、重量約 10ton）と第２次取りまとめ[12]の非自己遮へい型オーバーパック（厚さ 190mm、重量約 6ton）がある。自己遮へい型オーバーパックは、ガラス固化体を収納した状態において公道で放射性物質を輸送できる所外輸送容器と同じ表面線量率（2mSv/h 以下）となるように設計された[128]。ガラス固化体を処分場に持ち込む際は所外輸送容器を使用するため、オーバーパックの状態でハンドリングするのは処分場敷地内のみである。公衆に影響ない場所でハンドリングであり、技術要件上は自己遮へい型オーバーパックと非自己遮へい型オーバーパックは共に成立性がある。そのため、ここではオーバーパックの厚さがオプションとして考えられる。操業費に含まれるオーバーパック容器費は非自己遮へい型オーバーパックの方がやや安い。建設費に含まれるこれを定置する坑道の掘削費も同様である。

処分場の地下施設で操業上のトラブルに遭遇した場合は自己遮へい型オーバーパックの方が有利であり、定性的には作業員に対する放射線安全性は自己遮へい型オーバーパックの方が優れている。但し、重量物ハンドリングにおける作業安全性という意味では、相対的に軽い非自己遮へい型オーバーパックの方が優れている面もある。そのため、オーバーパックについては作業員に対する放射線安全性と作業安全性とは相反する要因がある。また、操業時のガラス固化体の放射線の遮へいという観点では、システム上、オーバーパックの厚さと公衆の放射線安全性にはほとんど相関はない。

2）オーバーパックの材質と構造および開口寿命（閉鎖後安全性）

図2.2.1-1[16]の通り、オーバーパックには処分場閉鎖後の所期の期間、地下水との接触を確実に防止するため、地下水中での耐食性が要求されている[12]。また、ハンドリング時の吊り上げ荷重、地圧およびベントナイトの膨潤圧に自立して耐えるために、オーバーパック自体に一定の強度が要求されている[124]。また、一般に強度に必要な厚さは遮へいに必要な厚さより薄い[124]ため、これらを包含する形で上記 1)項の遮へい性が要求されている。

地下環境は一般に弱アルカリ性の還元性環境であり、地表起源の酸素がないことから金属腐食（酸化）は地表の酸化性環境に比べて起こりにくい[124]。そのため、地表では腐食進展の早い炭素鋼も腐食速度は著しく遅い[124]。そのため、上述の強度、遮へい等の要件を加味して、日本[12]やスイス[196]では厚肉の炭素鋼単肉オーバーパックが候補となっている。日本[12]ではオーバーパックが開口に至る寿命は 1,000 年間と設定している。

一方、地下水との接触面は外面であるため、高耐食性金属や不感態金属を設置する考え方もある。日本[12]ではチタン合金等、スウェーデン[197]、フィンランド[198]では銅がこれらの候補とされている。しかし、これら金属は一般に高価であるため、上述の強度、遮へい等の要件に対応するために、内側に炭素鋼（鋳鉄、鋳鋼を含む）の容器を設置した複合オーバーパックとしている。使用済み燃料（SF）の直接処分を計画し

ているスウェーデンは銅製複合オーバーパック[197]を採用しており、この開口寿命は確率的な取り扱いをしているが 10,000 年間を設定[130]している。

炭素鋼単肉オーバーパックと銅複合オーバーパックの概念図を図3.3.1-1 に示す。そのため、ここではオーバーパックの材質と構造および開口寿命の相関がオプションになると考えられる。銅が接触する地下水組成（特に硫酸イオン濃度）に腐食速度が依存する部分もある[124]が、スウェーデン[197]では高価な銅材料を使うことにより、オーバーパックを長寿命化している。オーバーパックが長寿命となれば、廃棄物が地下水と接触することなく、すなわち環境に放出されることなくオーバーパック内で減衰する放射性核種の放射能が増えるため、定性的には閉鎖後の公衆の放射線安全性はより優れたものとなる。

(a) 炭素鋼単肉オーバーパック[196]　　(b)銅複合オーバーパック[197]

図3.3.1-1　炭素鋼単肉と銅複合のオーバーパック概念図

3) その他のオーバーパック構造オプションと経済性

その他のオーバーパック構造オプションとしてマルチオーバーパック[199]とベントナイト・オーバーパック一体型の処分坑道横置概念（PEM）[200)、201)、202)]が挙げられる。

1) マルチオーバーパック

マルチオーバーパックは図3.3.1-2[199]に示す通り、複数のガラス固化体を収納するものである。定性的にはオーバーパック必要本数が低減し、廃棄体の搬送数量が低減するため、１本のガラス固化体を収納する場合に比べて操業費が安くなる。しかし、前述の通り、１体当たりの重量が増えるため、定性的にはマルチオーバーパックオプションの採用に関する従業員の作業安全性はやや劣る。ただ、発熱量制限（400W／本以下）は冷却貯蔵期間の短いガラス固化体の受入れを制限する因子となっており、マルチオーバーパックはかなり発熱量の低いガラス固化体の場合でしか対象にはならないものと考えられる。

2) ベントナイト・オーバーパック一体型の処分坑道横置概念（PEM）

PEM（Prefabricated Engineered Barrier System Module）[200]は図3.3.1-3 に示す通り、オーバーパックと緩衝材（ベントナイト）を１つの大型の容器に収納し、それを一体で搬送・定置することにより、廃棄体定置の品質管理を容易とし、搬送を合理化しようとしたものである。地下での作業量は低減するが、１体当たりの体積と重量が増えるため、PEM オプションの採用に関する従業員の作業安全性は相反する要因がある。しかし、炭素鋼単肉オーバーパック（直径φ0.82m）に比べ、PEM（直径φ2.28m）は寸法が大きくなるため、距離の効果等により表面線量率が少なくとも１オーダーは低減し、従業員の被ばくは低減し、放射線安全性を確保できる。

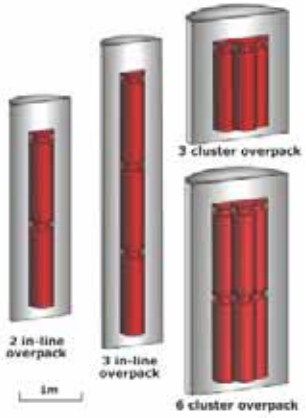
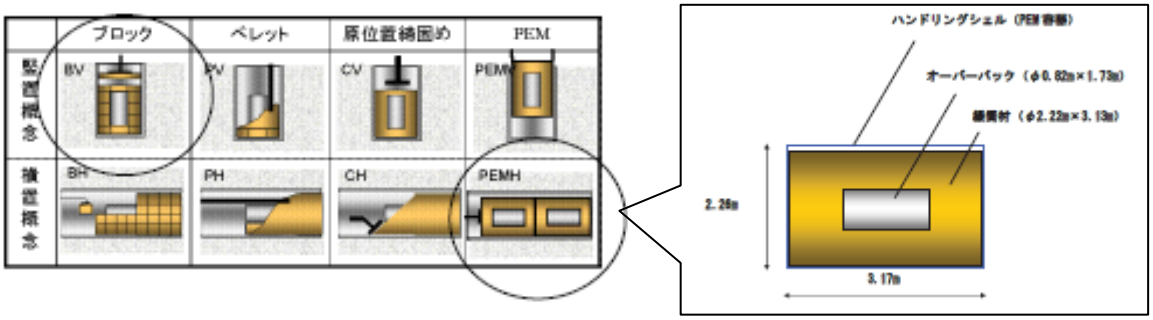


図3.3.1-2　マルチオーバーパックの概念図[199]



(a) 人工バリア定置概念[201]　　(b) PEM の概念図[202]

PEM：ベントナイト・オーバーパック一体型の処分坑道横置概念

図3.3.1-3　人工バリア定置概念と PEM の概念図

(2) 廃棄体の定置オプション

1) 廃棄体の 2 段定置

日本で処分費用が試算された唯一の既存のデフォルト案である処分概念においては、処分坑道に廃棄体を直接定置する方法（処分孔竪置き方式）が費用試算の前提となっている[14]。ここでは最も単純な形として一つの処分孔に１本の廃棄体の定置を想

定している。そのため、廃棄体の定置オプションとして、一つの処分孔に2本の廃棄体定置することが考えられ。廃棄体の2段定置の概念を図3.3.1-4 [16]に示す。

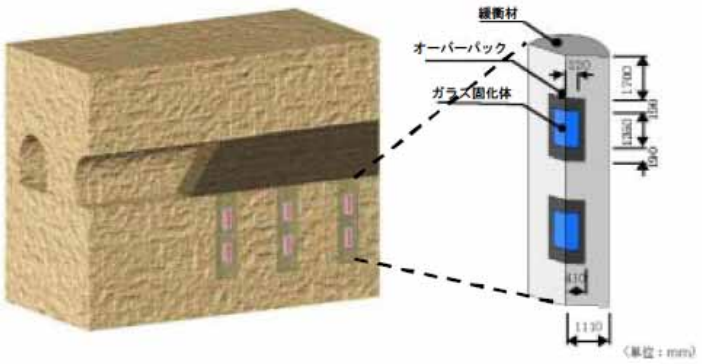
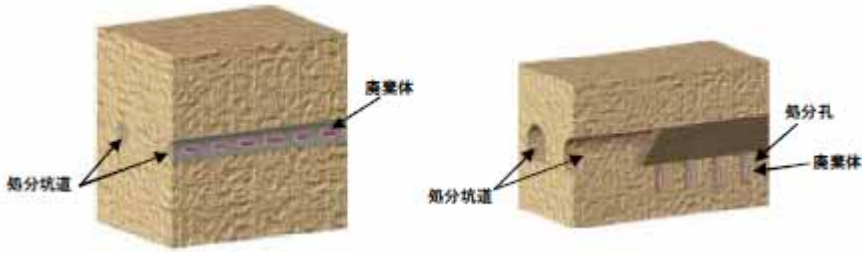


図3.3.1-4　廃棄体の 2 段定置の例[16]
（軟岩系岩盤、処分孔竪置き方式）

2）処分坑道横置き方式

上述の処分孔竪置き方式に加え、廃棄体の定置方式には、処分坑道に廃棄体を直接定置する方法（処分坑道横置き方式）が基本的なものとして考えられる[16]。第２次取りまとめ[12)、124)]でも両者が検討されており、これらの概念は図3.3.1-5[16]に示すとおりである。但し、国際的に処分孔竪置き方式よりも処分坑道横置き方式の方が定置技術は難しいと位置付けられており、EUでは大規模な国際共同実証研究プロジェクトESDRED[203]の中で数多くの横置き定置装置が開発された。また、日本でも処分坑道横置き方式を前提とした技術開発が推進されている[202]。なお、処分孔竪置き方式と処分坑道横置き方式の選択は、処分坑道の断面形状に影響を及ぼすが、これについては岩盤物性等の他の因子との関係があるため、次項で説明する。



(a)処分坑道横置き方式　　(b)処分孔竪置き方式
図3.3.1-5　処分坑道／処分孔への廃棄体の定置方式[16]

立地する地質条件等の不確定要素があるが鉛直方向の廃棄体定置エリアの断面積（地下水での投影断面積）が変わらないため、処分坑道横置き方式と処分孔竪置き方式とで閉鎖後の公衆の放射線安全性は大差ないものと考えられる。また、処分坑道横置き方式は廃棄体が曝露されている状態で周辺の坑道を埋め戻さなければならない

ため、作業員の作業安全性には大差ないが、放射線安全性は処分孔竪置き方式よりも劣るものと考えられる。

(3) 処分坑道の仕様オプション

1) 処分坑道の断面形状オプション

坑道断面を決定する上で必要となる設定項目として、断面寸法（断面積)、断面形状の2 つが挙げられる。このうち、断面寸法（断面積）は、廃棄体を定置でき、廃棄体の搬入路、人員の運搬路、資材の運搬路、換気路、給水路、排水路、給電路、通信路、緊急時避難路などを確保するために必要な面積として求められる。また、断面形状を決定する因子としては、力学的安定性、作業性、経済性が挙げられ、

・力学的安定性：空洞が力学的に安定でその変形量が小さいこと

・作業性：建設・操業・埋め戻しの作業を円滑に行うことができること

・経済性：必要断面積を包括しつつ極力小さな断面とすること

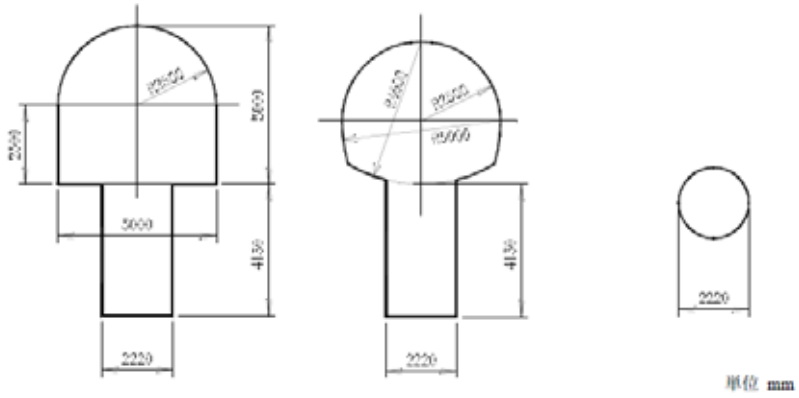
が必要とされている。

処分坑道横置き方式および処分孔竪置き方式の処分坑道断面の例を図3.3.1-6[124)]に示す。なお、第２次取りまとめ[124)]では処分孔竪置き方式の場合も、廃棄体の定置が終了した処分坑道は順次埋め戻しが行われるとされている。但し、国の委員会[25)]では、「処分場閉鎖に至るまでの間、廃棄体の回収可能性を維持する」ことが示されている。また、2010年のNUMO報告書[28)]「安全確保構想2009」では、「閉鎖後のモニタリングや回収可能性維持の可能性の要否についても、国際的な動向を含む様々な視点からの検討を続けることは、将来世代が適切な判断を行うための環境整備」とし、「技術的な備えを着実に進めるとともに、関係自治体や地域住民との間で相互に強い信頼関係を築いていく必要」があると述べている。

ここで、図3.3.1-6[124)]に示した処分坑道断面は、処分場の監視（サーベイランス）・モニタリング[23)、204)]および廃棄体の回収可能性[205)]に関する適応性が異なっているものと考えられる。すなわち、処分坑道横置き方式では廃棄体を定置する行為に伴って処分坑道を埋め戻すこととなる可能性がある。処分孔竪置き方式では廃棄体を定置する行為に伴って処分孔は埋め戻すが、上部の処分坑道は必ずしも埋め戻す必要はなく、坑道が工学的に維持できる期間は空けておくことも可能である。すなわち、処分坑道を廃棄体の定置と共に埋め戻さなくても良い処分孔竪置き方式の方が操業中の監視（サーベイランス）・モニタリング、廃棄体の回収は容易となるという利点はある。しかし、坑道を長期間維持することは維持管理費用がかかると共に、地下環境に大気が触れることにより岩盤が風化等による影響を受け、地層がもつバリア性能が損なわれるという欠点がある[124)]。

一方、建設費に含まれる掘削費用は、同じ岩種・岩盤物性の場所で地下施設を建設する際は掘削する容積に比例し、それは坑道の断面積にほぼ比例する。そのため、掘

削費用は、処分坑竪置き方式：処分坑道横置き方式が概ね１：0.63になると予想される。また、廃棄体・ベントナイトの搬送物量は差異がないが、埋め戻し材の搬送物量も概ね同程度が削減され、操業費もこれに比例して低減すると考えられる。すなわち、処分坑道横置き方式の方が建設費・操業費が安価になる可能性がある。



(i)硬岩系岩盤　　(ii)軟岩系岩盤

(a)竪置き方式 (坑道部断面積 6.25m²)　（b）横置き方式 (断面積 3.86m²)

図3.3.1-6　処分坑道断面形状[124)]

2) 岩種による処分坑道離間距離および廃棄体ピッチ

坑道の配置を検討するうえでは、合理的な処分坑道離間距離および廃棄体ピッチの組み合わせを設定する必要がある。これらを決めるには人工バリアに必要な寸法、建設・操業技術からの制限を考慮する必要がある。また、処分坑道離間距離は隣接する処分坑道や処分孔の空洞の力学的安定性による制限を、廃棄体専有面積はガラス固化体の発熱による人工バリアや周辺岩盤への熱的影響を考慮する必要がある。なお、廃棄体専有面積は処分坑道離間距離と廃棄体ピッチの積である。

第２次取りまとめ[124)]の坑道の配置検討に用いた主な岩盤のパラメータの例を表3.3.1-1 に示す。

表3.3.1-1　坑道の配置検討に用いた主な岩盤のパラメータの例[124)]

区分	特性値	[単位]	硬岩系岩盤	軟岩系岩盤
力学的なパラメータ	一軸圧縮強度 qu	[MPa]	115	15
	弾性係数 E	[MPa]	37,000	3,500
	ポアソン比 ν	[－]	0.25	0.30
	飽和密度 ρ	[Mg /m]	2.67	2.2
熱的なパラメータ	熱伝導率 λ_T	[W/m/K]	2.8	1.0
	比熱 C	[kJ/kg/K]	2.2	1.4

処分坑道離間距離は地下施設の構造解析を踏まえて決められた。土木分野の双設トンネルの知見から処分坑道の離間距離（中心間隔）は 2D～5D （D：坑道仕上がり径）の範囲で設定して検討された。その結果、坑道離間距離は横置き方式では硬岩系岩盤で 2.0D、軟岩系岩盤で 2.5D に、竪置き方式ではそれぞれ 2.0D、2.6D に設定されている。廃棄体専有面積は処分場の熱解析の結果により求められている。ガラス固化体の発熱量や放射能は、燃料のタイプ、原子炉における燃焼履歴、再処理工場での運転条件、貯蔵期間などに依存して変化する。ここではガラス固化後の貯蔵期間は 50 年間を前提とし、埋設時のガラス固化体の発熱量は約 350 W／本、放射能は約 4×10^{15} Bq／本を前提として試算されている。地下深部は天然に存在する放射性同位元素の崩壊熱によりやや高温（地下 1,000mで 45℃）となっていることから地表（平均気温として 15℃）に向けて熱が逃げる。この系で熱解析した結果、緩衝材の最高上昇温度が 100℃を下回る廃棄体専有面積は、いずれの坑道離間距離に対しても、硬岩系岩盤では 40m²/本（抜熱投影面積は 8.75W/ m²）程度、軟岩系岩盤では 30m²/本（同 11.67W/ m²）程度になったと述べている[124)]。この結果から、硬岩系岩盤と軟岩系岩盤等の岩種の熱伝導率等の違いが廃棄体専有面積（廃棄体ピッチ）に影響することが示される。

なお、上記項と同じ理由で上述の結果により、処分坑道横置き方式と処分孔竪置き方式とで閉鎖後の公衆の放射線安全性は大差ないものと考えられる。また、作業員の放射線安全性については、処分坑道横置き方式は処分孔竪置き方式よりも劣るのは同様であるが、作業員の作業安全性は定性的には搬送上の事故[194)]が坑道総延長距離に比例する可能性が指摘されており、処分孔竪置き方式よりも優れている可能性がある。

3) 処分坑道の総掘削量比

上述した検討により第２次取りまとめ[124)]で得られた処分坑道の仕様と廃棄体のピッチの例を図3.3.1-7 [124)]に示す。第２次取りまとめ[124)]では主要坑道と処分坑道の総掘削量比が小さくなるのは、硬岩系岩盤では坑道離間距離 6D(=13.32m)、廃棄体ピッチ 3.13m とした組み合わせ、軟岩系岩盤では坑道離間距離 4.5D(=9.99m)、廃棄体ピッチ 3.13m とした組み合わせであり、これらがそれぞれ合理的な組み合わせとして例示されている。

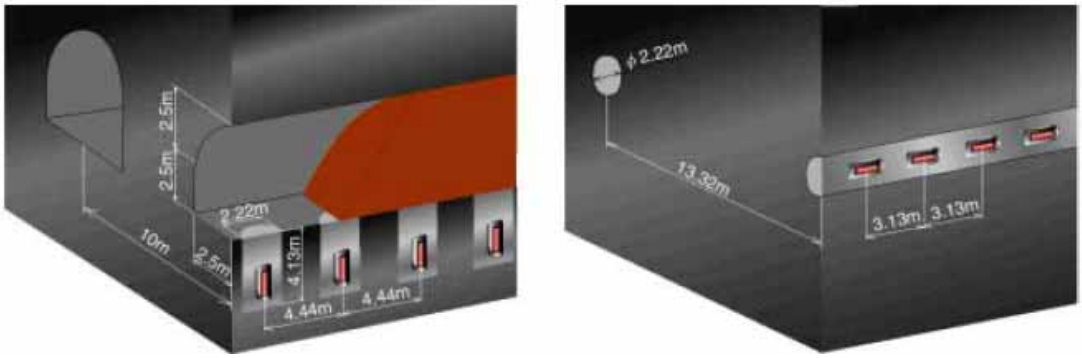
また、この結果から、ガラス固化後 50 年の貯蔵期間（炉取り出し後の冷却期間 54 年）を経た 4,0000 本の廃棄体を埋設するとして、処分坑道の総延長を概略的に見積もると、処分孔竪置き方式では、硬岩系岩盤の場合は 180km 程度以上、軟岩系岩盤の場合は 270km 程度以上必要となり、処分坑道横置き方式では、硬岩系岩盤、軟岩系岩盤とも 130km 程度以上必要となると述べられている。

すなわち、ガラス固化体の貯蔵期間（発熱量）、岩種（強度、熱伝導率等）、定置方式により処分坑道離間距離および廃棄体ピッチが変わり、地下施設の規模や処分坑道の総延長（地下施設規模）が変わっている。これにより定量的な費用は現時点では明

らかではないが処分場の建設費等が変わるものと考えられる。

処分坑道の断面形状オプションに伴う建設費の中の掘削費用、操業費の変動は上述の1）項の通りであるが、さらに上述の処分坑道の総延長を考慮すると、掘削費用は処分坑竪置き方式：処分坑道横置き方式が、硬岩系岩盤で概ね１：0.45 に、軟岩系岩盤で概ね１：0.30 になると予想される。すなわち、処分坑道横置き方式の方がさらに建設費・操業費が安価になる可能性がある。

但し、岩種およびその熱伝導率等に依存する坑道離間距離・廃棄体専有面積は立地場所に依存するものであるため、本研究では処分概念オプション案のパラメータとはしない。



(a)処分孔竪置き方式　　（b）処分坑道横置き方式

図3.3.1-7　処分坑道の仕様と廃棄体のピッチの例[124)]

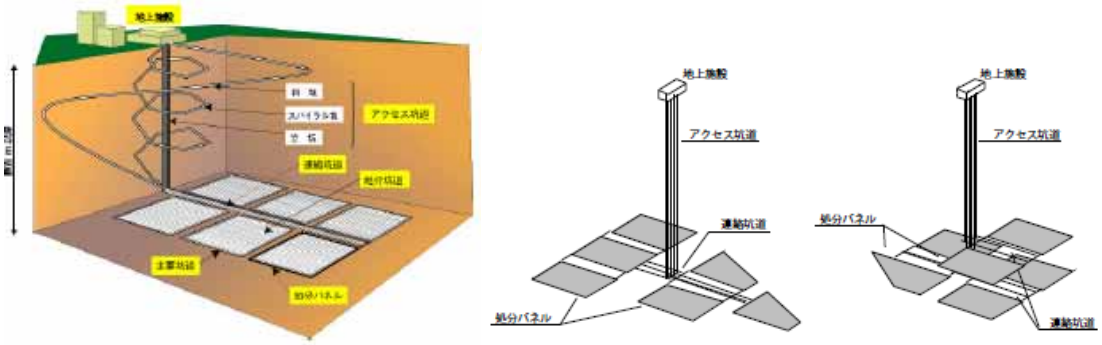
（硬岩系岩盤の例）

(4) 複数の地層・岩種を含むパネルレイアウトオプション

第２次取りまとめ[12),124)]のパネルレイアウトは、図3.3.1-8 の標準配置、分散配置、多層配置の３案が掲載され、これは NUMO の和文報告書[16)]でも踏襲されている。

立地地域が狭ければ多層配置も考えなければならないが、処分場の熱解析から得られた現状の結果（(3) 2) 項参照）からは多層配置は非発熱性廃棄物を対象とする以外には難しいものと考えられる。一方、パネルは断層や割れ目が少ない大きな地層に設置するべきであるが、その確保が困難な場合は地層のサイズに見合ったパネルを分散配置することが考えられる。

但し、パネルレイアウトも地層・岩種等に依存するものであるため、本研究では処分概念オプション案のパラメータとはしない。



(a)標準配置　　（b）分散配置　　（c）多層配置

図3.3.1-8　複数の岩種を含む処分場のパネルレイアウト[124)]

(5) 既往のオプションのまとめ

HLW 処分研究は、本分野専門家が工学的研究の観点から科学技術的に妥当なものに出来るだけ集約した処分概念に絞り込むことを目指してきたものと考えられる。そのためここでは国の委員会[14)]で費用試算ケースおよび第 2 次取りまとめ[12)]等で検討されたものに加え、過去に検討はされたがこれらに反映されなかったもの、および、最近提案されているものも含めて処分概念オプションを構成できる可能性のあるものを調査した。なお、これらを合わせたものとして処分概念オプションを構成できる HLW 処分の工学バリアやその組み合わせを「工学バリアの仕様等」と呼ぶ。現状の処分場立地地点を特定しないサイトゼネリックな検討に対して、工学バリアの仕様等を一覧表としたものを表3.3.1-2[192)]に示す。

表3.3.1-2　過去から最近にかけて研究された工学バリアの仕様等[192)]

No	工学バリアの仕様	仕様の種類（下線は既存のデフォルト案）*
①	オーバーパックの材質	炭素鋼／チタン(Ti)複合／銅複合
②	オーバーパックの厚さ	非自己遮へい型(18-19cm)／自己遮へい型(24cm)
③	廃棄体	１個収納／２個収納／多数収納
④	廃棄体の定置	処分孔竪置き方式／処分坑道横置き方式
⑤	（竪置きの場合の段数）	１段定置／２段定置／多段定置
⑥	緩衝材の厚さ	70cm／40cm
⑦	緩衝材の施工方法	ブロック型／PEM**
⑧	プラグの有無	無／有(粘土プラグ／コンクリートプラグ)
⑨	支保の有無	有***(コンクリート製セグメント)／無
⑩	処分坑道の仕様	処分坑道離間距離および廃棄体ピッチ****（約10～13m）

*　パネルレイアウト、地下施設へのアクセス方法は立地するサイトの場所や地質に依存する部分があるため、本表に反映しなかった
**　PEM：ベントナイト・オーバーパック一体型の処分坑道横置概念
***　軟岩系（堆積岩）の場合を引用
****　ガラス固化体の発熱量と岩盤の熱伝導率から熱解析をして決定する

上述した既存のデフォルト案とされた処分概念以外またはそれ以降の処分研究で具体化された工学バリア等のオプションを、経済性への寄与が主体のものと安全性への寄与が主体のものに区分し、以下に列記する。

また、これらオプションの経済性、操業時の安全性、閉鎖後の放射線安全性に対する得失をイメージとして図3.3.1-9 に示す。なお、図3.3.1-9 は定量的な経済性・安全性の確認を行った訳ではなく、概念を定性的に示すものとして作成したため、本図の使い方には注意が必要である。

・経済性への寄与が主体のオプション

E1 廃棄体のオプション（マルチオーバーパック）
E2 廃棄体のオプション（PEM）
E3 廃棄体の定置オプション（廃棄体の2段定置）
E4 廃棄体の定置オプション（処分坑道横置き方式）
E5 処分坑道の仕様オプション（岩種による処分坑道離間距離および廃棄体ピッチ）

・安全性への寄与が主体のオプション

S1 廃棄体のオプション（オーバーパックの材質と開口寿命）
S2 廃棄体のオプション（オーバーパックの厚さ）
S3 複数の地層・岩種を含むパネルレイアウトオプション

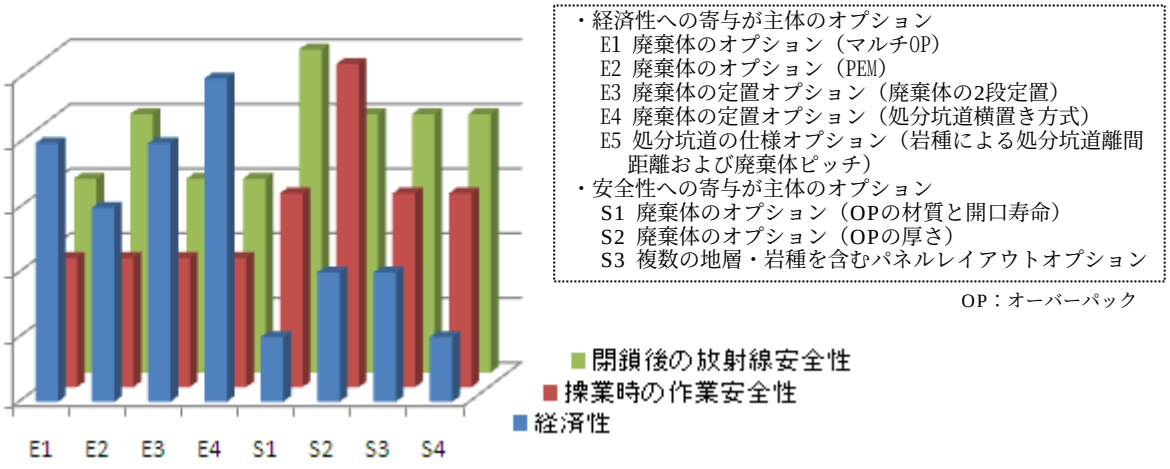


図3.3.1-9　工学バリア等の既往オプションの経済性・安全性への寄与イメージ

3.3.2 見解が分かれる評価等に設定する選択肢の抽出

本項では前述の調査・検討結果を集大成し、見解が分かれる可能性が評価等に選択肢として設ける工学バリアの仕様等および処分シナリオや安全評価手法（以下、処分シナリオ等）という）を摘出した。

(1) 認識や理解を共有できない部分と選択肢としての処分概念オプション案の相関

3.2.2 (4) 項では過去の推進機関と反対意見の専門家との専門家同士の閉鎖後安全性に関する議論を踏まえ、見解が分かれる可能性が高い処分シナリオ・安全評価結果や当該技術の将来予測などの評価等の部分に選択肢を設定することを述べた。

そのため、処分概念オプションは、代表的な論点について出来るだけ考え方が異なるものを準備し、こられをトレードオフ対比して説明と討論ができる選択肢として設定するべきである。

3.2.2 (1) 1) 項で示した専門家間の同士の議論において両専門家が認識や理解を共有できなかったものは、表3.2.2-2 の右欄に「1.地質環境の長期安定性」、「3.人工バリアの特性」、「4.地下水移行シナリオによる安全評価」に区分して列記した。この専門家同士の議論で安全性に関係する論点の全てが議論された訳ではないものと考えられる。しかし、ここでは実際に議論があった１つの具体例として着目し、表3.2.2-2 の右欄に列記した各項目と上述の複数の工学バリアの仕様等およびこれに従属する処分シナリオ・安全評価結果や当該技術の将来予測との相関を検討した結果を表3.3.2-1 に示す。表3.3.2-1 は表3.2.2-2 のの右欄より両専門家が認識や理解を共有できない部分を引用し、この各々の項目について選択肢としての処分概念オプション案への適用性を検討するために、評価等との相関を検討して処分シナリオのオプション案とするものを抽出し、それを具体化する形態として工学バリアの仕様等を抽出したものである。

表3.3.2-1 の「選択肢としての処分概念オプション案」の欄は、「評価等との相関」と「工学バリアの仕様等」に区分して記載している。すなわち、両専門家が認識や理解を共有できない部分について、選択肢を設けるのは工学バリアの仕様等だけで対応できるかどうかを「工学バリアの仕様等」の欄で述べ、対応出来ない場合はどんな処分シナリオ等を設定することで対応するべきかを「評価等との相関」の欄で述べている。

(2) 選択肢とするべき工学バリアの仕様等と処分シナリオ等

表3.3.2-1 の検討結果から導かれる選択肢とすべきものを上述の 3 つの区分について以下に示す。

1) 地質環境の長期安定性（表3.3.2-1 の 1.項）

反対意見の専門家は「1-7 項：10 万年間地震の影響を免れる場所を高い信頼度で選定することは、ほとんど不可能である」、「1-11 項：変化の仕方や程度を実証するためには、100～200 年間の観測・調査を続けなければならない」等の地質環境の長

期安定性に係る不確実性について指摘している。

一方、IAEA[23]は、廃棄物リスクの長期性を鑑み、「地層処分施設の長期的安全性はモニタリングを含む制度上の管理に頼ることができなくなるが、継続的モニタリングは処分場の閉鎖後しばらくは社会から要求されると考えられる」と述べている。また、日本原子力学会も NUMO 報告書「安全確保構想 2009」[28]をレビューした報告書[208]にて「閉鎖後長期安全性の繰り返しの確認に関しては、モニタリングが重要な役割を果たす」と述べている。

上述の反対意見の専門家の指摘に正対するものではないが、長期にわたる不確実性への技術的な対処方法としてモニタリングが位置付けられているものと考えられる。そのため、閉鎖後の長期モニタリングが1つの選択肢としての処分概念オプションになり、長期モニタリング期間を確保して閉鎖時期を遅らせるという処分シナリオでのオプションに該当する。これは3.3.1 (3) 1) 項でも述べられている。

また、工学バリアの仕様等としては 3.3.1 (3) 1) 項で述べた通り、長期モニタリングを容易にするものとして、廃棄体の定置オプション（処分孔竪置き方式）が該当する。但し、処分孔竪置き方式は既存のデフォルト案で設定されている。

2) 人工バリアの特性（表3.3.2-1 の 3.項）

反対意見の専門家は「3-2 項：発熱量が高くなりすぎて現在の地層処分のシナリオは成り立たない」と指摘している。しかし、これは工学バリアの仕様等におけるオプションとはならず、 3.2.2 (6) 3) 項で述べた通り、ガラス固化体の貯蔵期間または埋め戻しの時期（閉鎖時期）を変更するという処分シナリオでのオプションに該当する。

また、反対意見の専門家は「3-7 項：腐食は短期間の試験結果で 1,000 年間の外挿するのは乱暴である」と室内試験結果から外挿することの妥当性を批判している。これは既存のデフォルト案の炭素鋼単肉オーバーパックの開口寿命に対するものである。この開口寿命の議論を包含し、オーバーパック材質を含めて議論するものとして、3.3.1 (1) 2) 項で述べた廃棄体オプション（オーバーパックの材質と構造および開口寿命）が該当する。

さらに、反対意見の専門家は「3-11 項：表面線量率の高い OP ハンドリングの無人化・自動化は実現困難である」、「3-12 項：埋設後の非管理区域化は難しく、地下坑道の埋め戻しの実行できない」等の遠隔操作による操業時の作業員の被ばく（放射線安全性）について指摘している。これは非自己遮へい型／自己遮へい型オーバーパックによる遠隔操作の要否に対するものであるため、3.3.1 (1) 1) 項で述べた廃棄体オプション（オーバーパックの厚さ）が該当する。

3) 地下水移行シナリオによる安全評価（表3.3.2-1 の 4.項）

反対意見の専門家は「4-1 項：地下水流量を 100 倍ほど過小評価して設定している」、「4-4 項：河川流量の少ない上流や深井戸を用水とする場合には、希釈水量は 50 分の 1 から 100 分の 1 になる」等の立地場所･処分深度に依存する地下水流量について指摘している。さらには「4-3 項：過度に保守的な評価はしないとするのは、想定が甘い」等、その長期間の不確実性について指摘している。

まず、これは立地場所･処分深度およびその場を前提とした安全評価方法に帰属するものであり、工学バリアの仕様等におけるオプションとはならない。

一方、図2.2.3-3（システム総合安全評価結果）に示す通り、地下水流量や希釈水量の定量的なパラメータ幅は異なるが、既存のデフォルト案でも地質環境変更ケースで同様の評価を行っている。その安全評価パラメータの設定範囲の妥当性について両専門家の見解が一致していないものである。すなわち、これは処分シナリオを議論したものではない。

そのため、本項の議論は処分シナリオや工学バリアの仕様等におけるオプションに寄与するものではない。当該の処分概念オプションにおける安全評価の際に地下水流量や希釈水量を変更するという安全評価パラメータの１つの検討ケース（例えば高地下水流速ケース）という位置付けである。

4) 見解が分かれる評価等に設定する選択肢のまとめ

ここでは過去の専門家同士の安全性に関する議論を踏まえ、見解が分かれる可能性が評価等に選択肢を設定する際の、処分概念オプション案を検討・抽出した。

処分シナリオ等では、長期モニタリング期間を確保して閉鎖時期を遅らせるもの、ガラス固化体の発熱量が高い場合のガラス固化体の貯蔵期間または埋め戻しの時期（閉鎖時期）を変更するもの、がオプション案として摘出された。

また、工学バリアの仕様等では、オーバーパック材質を含めてを開口寿命を議論するための廃棄体オプション（オーバーパックの材質と構造および開口寿命）、操業時の作業員の被ばく低減（放射線安全性）のための廃棄体オプション（オーバーパックの厚さ）、がオプション案として摘出された。

なお、上述の反対意見の専門家の指摘に正対していないものもあり、関連または包含するものをオプションとして選定したものがある。また、この専門家同士の議論で HLW 処分事業の安全性に関係する論点の全てが議論された訳ではなく、あくまでも実際にあった１つの具体例として着目したものであることに注意が必要である。

表3.3.2-1　両専門家で見解が分かれる点と工学バリアの仕様等のオプション案との相関[193)]

名称	両専門家が認識や理解を共有できない部分（表3.2.2-2の右欄より引用）		選択肢としての処分概念オプション案	
			評価等との相関	工学バリアの仕様等
1.地質環境の長期安定性	1-2	安定性に疑問があり変動帯では処分地を選べない	左欄の反対意見の専門家の指摘は地質環境の長期安定性に係る不確実性について指摘したものである。 上述の指摘に正対するものではないが、長期にわたる不確実性への技術的な対処方法としてモニタリングが位置付けられている。 そのため、安全評価で長期モニタリングに対応し、閉鎖時期を延期した処分シナリオのオプションを設定	廃棄体の定置オプション（処分孔竪置き方式）が該当 但し、既存のデフォルト案で設定されている
	1-6	活断層の空白地域でも、大小の地震が少なからず発生している		
	1-7	今後10万年間地震の影響を免れる場所を高い信頼度で選定することは、ほとんど不可能である		
	1-8	変形・応力変化による地下水の流動特性の変化を考慮していない		
	1-9	どんな最悪の事態がおこりうるかの徹底的な検討をおざなり		
	1-10	地表に断層を生じていない断層は地震の規模も小さく、今後もそのような可能性は非常に小さいとし、問題を切り捨てている		
	1-11	変化の仕方や程度を実証するためには、100～200年間の観測・調査を続けなければならない		
(2.該当なし)			―	―
3.人工バリアの特性	3-2	発熱量が高くなりすぎて現在の地層処分のシナリオは成り立たない	ガラス固化体の貯蔵期間および埋め戻し時期（閉鎖時期）を変更した処分シナリオのオプションを設定	該当なし
	3-7	腐食は短期間の試験結果で1,000年間の外挿するのは乱暴である	オーバーパック材質とその開口寿命を変化させる方法をオプション案とする	廃棄体オプション（オーバーパックの材質と構造および開口寿命）が該当
	3-11	表面線量率の高いOPハンドリングの無人化･自動化は実現困難である　OP:オーバーパック	オーバーパック厚さから表面等の外部線量率を低減する方法をオプション案とする	廃棄体オプション（オーバーパックの厚さ）が該当
	3-12	埋設後の非管理区域化は難しく、地下坑道の埋め戻しの実行できない		
4.地下水移行シナリオによる安全評価	4-1	恣意的なデータの扱いをして(中略) 地下水流量を100倍ほど過小評価して設定している	左欄の反対意見の専門家の指摘は立地場所・処分深度に依存する地下水流速とその長期間の不確実性について指摘したものである。 そのため、処分シナリオのオプションはない。 当該の処分概念オプションにおける安全評価の際の地下水流速変更ケースで議論。	該当なし (安全評価でのケーススタディ)
	4-2	上記から人間環境に達する放射性物質の量も核種によっては数万倍も過小評価されている		
	4-3	過度に保守的な評価はしないとするのは、想定が甘い		
	4-4	河川流量の少ない上流や深井戸を用水とする場合には、希釈水量は50分の1から100分の1になる		
	4-5	簡単な試算の結果、地下水流速がレファレンスケースの2,000倍になることが見込まれる		
	4-6	最悪の場合を想定し、長期にわたって常に確認できるようにする手だてが、必要不可欠である		

3.3.3 処分概念オプション設定の基本的な考え方

本節では、内的なモノサシ（リスクの判断基準）として１つの候補サイトの中でトレードオフ対比できる３つの処分概念オプションを設定する際の基本的な考え方を整理した。

(1) １つの候補サイトの複数の工学バリアの仕様等の構成

3.2.2 (6) 1) 項では、候補サイト間の対比ではその特性の差異からパラメータ値の設定の考え方の部分で大きな違いが生じるため、候補サイト間で処分概念オプションを設定して比較検討することは避けるべきであると述べた。そのため、工学バリアの仕様等は、過去のものや最近のものを含めて表 3.3.1-2 に前述した工学バリアの仕様等を用いて処分概念オプションの構成を検討することとした。

１つのサイトの中でも、透水性が高い場合は HLW 処分場として一定レベルの安全性を確保するために、費用をかけて緩衝材の厚みの増加やオーバーパック材質変更等の人工バリアの仕様やプラグ設置等による修復行為により工学バリアの補強を行い、透水抑制機能を強化する場合も考えられる。逆にその場の透水性が低い場合は、緩衝材やオーバーパックの厚みを薄くする場合も考えられる。

さらに操業時の作業員の安全性を確保するために、第１次取りまとめ[128)]のようにオーバーパックの厚みを現行[12)]の 19㎝ から遮へい付き構造となる 24㎝ まで増加させる場合も考えられる。一方で今後の遠隔ハンドリング技術の進歩に期待し、オーバーパックの厚みを現行[12)]の 19㎝ からさらに薄くする場合も考えられる。現状は水平坑道の底面に垂直方向に掘削した処分孔内にオーバーパックを定置（垂直定置）する概念[12)]であるが、PEM[200)]を利用する等によりオーバーパックを水平坑道内に定置（水平定置）し、坑道の掘削量を低減することで経済性の高い構造とする場合[16),124)]も考えられる。上述のように１つの候補サイトの中でも地質環境の状態、人工バリアへの依存度合い、掘削・埋め戻し費用等の視点から工学バリアへの期待値（基準）が異なる場合がある。

そのため、選択肢としての１つの候補サイトの中で複数の処分概念オプションは、１つの候補サイトの複数の“処分概念”の成立性のある組み合わせにより、複数の工学バリアの仕様等の品揃えを一覧し、他分野専門家への説明と討論により、その特性を理解するべきである。

(2) トレードオフ対比できる選択肢

3.1.3 節では安全性と費用（経済性）を相関図にまとめて提示すると、他の学術領域の研究者が研究の対象として取り扱い易く、また引用する際も端的に表現することができると述べた。

本研究では、トレードオフ対比できる選択肢の設定について検討した。前述の通り、複数の工学バリアの仕様等の品揃えを一覧し、さらに色々な論点を集大成した処分概念オプションという形に纏めた上で選択肢として提示すると更に論点を明確にし、議論するこ

とができる。例えば、日本の既存のデフォルト案（図3.1.1-1のA点）と比べてコストをある程度は度外視し、安全性が高まるものだけを集めたものと、その逆に安全性をある程度は度外視し、経済性が高まるものだけを集めたものを作り、費用と安全性を評価し、相関図にまとめると論点が明らかになる。

さらに色々な論点を集大成した処分概念オプションという形に纏めた上で選択肢として提示すると更に論点を明確にし、議論することができる。これは分野や形態が異なるが米国の大統領選挙に例えることができる。米国の大統領選挙が１人の候補者（処分概念）という形で集大成するのと同じである。個々の政策（ex.処分シナリオと評価手法等）は、各々の論点（ex.パラメータ等）でしっかり議論されるが、最終的にはどの政党（ex.研究機関）の候補者（処分概念）を選ぶかで決まる。この米国の大統領選挙の手法が民主主義の長い歴史の中で、既に大衆に支持された仕組みであることは言うまでもない。もちろん、個々の論点を省略する訳ではない。議論を１つの処分概念オプションに帰属させることができる形とすることは、当該の専門分野以外の他分野専門家にも全体の中でどの部分を議論しており、議論の結果はその全体にどのように反映されたかを理解されやすくするものである。

そのため、処分概念オプションは、代表的な論点についてオプション間で出来るだけ考え方が異なるものを準備し、全体の中で位置付けを理解しながらこれらをトレードオフ対比して説明と討論ができるものを設定するべきである。

(3) 相互に相関しない選択肢の設定

フランスのバックエンド政策として 1991 年放射性廃棄物等管理計画法[206]では、相互に相関する３つの領域（①分離・変換[26]、②深地層での処分、③コンディショニングと保管）の研究計画[206]を提示している。ここでは上述の①～③の 3 つの領域の研究計画は③のコンディショニングと保管を経た上で、一部の可能なものは①の分離・変換により放射能の低減または短半減期な核種への変換を図り、長半減期な核種を含む廃棄物を②の深地層での処分というように、独立なものではなく相互に相関するものと述べている。また、2006 年放射性廃棄物等管理計画法[207]には上述の①～③の 3 つの研究計画はそれぞれ進捗させつつ、②の深地層での処分を事業として推進するとした。

しかし、これらの研究計画や政策が提示されていたにも関わらず、フランス市民の意識調査[108]の結果は政策の目指すところとは異なっていたものと予想される。一例を示すと、EU 意識調査 2008[108]で 1,054 名の街路アンケート調査の結果では、「HLW の課題は現世代で解決すべき」と考えるフランス市民が 97%もの高い数値であったにも関わらず、「深地層での処分が HLW 長期管理のための最も適切な解決」に同意したのは 36%であ

[26]①の分離・変換は高レベル廃液中の長半減期なもの等の特定の核種を吸着・抽出等の操作で分離し、それを高速増殖炉や加速器で照射して短半減期なものへ核変換させることを指す。一般的に分離・変換は研究開発段階と理解されており、②の深地層での処分するべき廃棄物の量は①の分離・変換を行うことにより低減するが無くなることはないと言われている。

り、これは EU27 カ国中で下から 2 番目に低い数値であった。

この結果からは予測の域を出ないが、フランス市民が 3 つの領域の研究計画を 2 ないし 3 の選択肢として誤解し、上述②以外の研究計画の中で最適な方法が他にあると考えた可能性がある。すなわち、現時点では十分な裏付けはないが、これはフランス市民が 3 つの研究計画は選択肢であり、上述②以外に他に選択の余地があると誤解した可能性を意味している。現時点では科学的根拠をもって説明することは難しいが、フランスのように相互に相関する 3 つの領域の研究計画を提示すると誤解を招く可能性があるため、相互に相関のあるものを選択肢として提示することは避けるべきである。

本研究では、相互に相関しない選択肢の設定について検討した。上述したフランスのように異なる技術の段階のものを相互に比較しないことが基本である。フランスの例では実証段階にある地層処分と基礎段階にある分離・変換があたかも選択肢に見えるような形で提示されていたものと考えられる。地層処分なら地層処分同士、出来れば条件の異なるサイト間ではなく、同一サイト内で比較するべきである。

さらに、複数の異なる仕様の工学バリアやその組み合わせは、選択肢間で相関のある（親子の）構造になっていないことである。フランスの例では地層処分や分離・変換の前段階にあるコンディショニングと保管が同列に並べられ、相関があるものとして提示された。一部に相関があれば、相関のある部分とない部分を仕分ける必要があり、本質的ではない部分でかえって説明に手間がかかるものと考えられる。そのため、本研究の対象とする処分概念オプションは、相互にあえて相関のない工学バリアの仕様等で構成するべきである。

従って、処分概念オプションは、１つの候補サイトの複数の異なる工学バリアの仕様等で構成されるものとし、オプション間で相互に相関しないものを選定するべきである。これらは、１つの候補サイトの複数の工学バリアの仕様等で構成される 3 つの処分概念オプションについて安全性と費用（経済性）を相関図にまとめ、それを技術要素は相互に相関しない選択肢として提示する方法が良い。

3.3.4 処分概念オプションの設定

(1) 今回対象とする処分概念オプションの数

3.2.3 (2) 項では選択肢の数について検討し、既往の心理学研究例から選択肢の数は 3 つ以上が必要であり、あまり多くないのが望ましいことを述べた。

また、3.2.3 (3) 項では、現時点ではまだ研究が進捗中なので科学的根拠は十分ではない状況にあるが、理解するために多くの知識と情報量を要する HLW の処分概念のように認知処理コストが高いものを対象とする場合、これが選択の回避または延期する行動の理由になる可能性について述べた。加えて他分野専門家が選択を回避または延期する行動は一般市民よりも少ないと考えられるが、労力のかかる作業であることに変わ

りなく、選択肢の数も 3 つ以上は必要であるが、認知処理コストの観点からあまり多くないのが望ましいことを述べた。

一方、日本の既存のデフォルト案である第２次取りまとめ[12]という１つの処分概念を作るのに H3 レポート[128]以降の 8 年間以上の歳月と数百億円の費用[27]を要している。費用と安全性が評価された１つの処分概念をまとめるためには相当の資金と人的資源（以下、「研究資源」という）を要するため、その制約の観点からは選択肢の数は少なければ少ない方が良い。

そのため、上述した内容を踏まえれば、選択肢の数は“3 つ以上 ”“ あまり多くない数 ” とされており、認知処理コストが高いことから選択の回避または延期する行動の理由になる可能性が指摘されているため、必要最小限であることが望ましいとされている。その上、研究資源の制約等から処分概念オプションの選択肢は、少なければ少ない方が良いとされている。

従って、ここでは、最初のアプローチとして、最低限必要な 3 つとした場合の他分野専門家に HLW 処分の安全性・経済性の説明する内容を具体化した。

(2) ３つの処分概念オプション

上記を踏まえ、ここでは３つの処分概念オプションを準備する方法を検討した。なお、３つの内の１つは日本の既存のデフォルト案（図3.1.1-1 の A 点）とする。３つの処分概念オプションの考え方を表3.3.4-1 に示す。

表3.3.4-1　3 の処分概念オプションの考え方[192),193)]

呼称	選択肢名称	処分概念のオプション案の考え方
A点	既存のデフォルト案	第2次取りまとめ[12)]の安全評価結果とその処分概念による費用試算（約3兆円）により構成される日本の既存のデフォルト案。 但し、処分事業者は、必要に応じて今後の費用の増減見通しを明らかにする必要がある。
B点	合理性向上オプション	研究開発による工学バリア性能および評価技術の向上に伴い、第２次取りまとめの安全性と同等になるまで、工学バリア仕様等の合理化し、処分費用を合理化した評価例。
C点	安全性向上オプション	研究開発による工学バリア性能および評価技術の向上を第２次取りまとめに加算することで、工学バリアの仕様の変更等により多少費用はかかるが、さらに安全性を向上させた評価例。

3つの選択肢とする処分概念オプションは、上述の A 点（日本の既存のデフォルト案）に加え、B 点（合理性向上オプション）と C 点（安全性向上オプション）を設定する。

B 点と C 点とは一見相反するように見えるが、著者は基本的には基盤研究や安全研究に

[27] 当時の核燃料サイクル開発機構（JNC）の地層処分研究の予算は、平成３年度(1991 年)頃までは 30～40 億円／年であったが、それ以降に増額し、平成 12 年度（2000 年）頃には 60～70 億円／年程度となっていた。

より工学バリア性能および評価技術を向上させた個々の成果（研究要素）の活用方法が異なるだけであると考えている。合理性向上オプションの B 点は、今後の研究開発により工学バリア性能および評価技術の向上した結果と3.3.1 (5) 項の工学バリアの仕様等の経済性への寄与が主体のオプション等を適用し、第２次取りまとめの安全性と同等になるまで、工学バリア仕様等の合理化し、処分費用を合理化した評価例となる。また、安全性向上オプションの C 点は、同様に今後の研究開発の成果と3.3.1 (5) 項の工学バリアの仕様等の安全性への寄与が主体のオプションや3.3.2 (1) 項の既存のデフォルト案から変更した処分シナリオ等を適用し、多少費用はかかるがさらに安全性を向上させた評価例となる。

(3) 利用可能な既往のオプションの抽出

3.3.1 (5) 項で述べた既往のオプションから、今回利用可能なものを抽出した。なお、処分概念パラメータは、立地地点の地質環境が特定できない精密調査前の時点では、サイト間の比較や当該サイトの地質環境（地層・岩種、断層・割れ目、地下水）に関係する技術要素は、今回、選択肢として設定する処分概念パラメータ（選択肢）に含めないものとする。

1) 合理性向上に関する選択肢

合理性向上に関する選択肢として3.3.1 (5) 項で 5 つの経済性への寄与が主体のオプションが示された。この内、E5「処分坑道の仕様オプション（岩種による処分坑道離間距離および廃棄体ピッチ）」は、当該サイトのパネルレイアウトに関するものであるため、対象外とする。また、１箇所の処分位置に複数のガラス固化体を収納するという E1「廃棄体のオプション（マルチオーバーパック）」、E3 廃棄体の定置オプション（廃棄体の 2 段定置）は前節の通り、ガラス発熱量の課題が解決しなければ採用できないオプションであるため今回は対象外とする。その結果、経済性向上という視点からは以下の項目を 3 つの処分概念オプションの具体例に反映する。

・E2 廃棄体のオプション（PEM）

・E4 廃棄体の定置オプション（処分坑道横置き方式）

2) 見解が分かれる評価等に設定する安全性向上に関する選択肢

前述の通り、過去の専門家同士の安全性に関する議論を踏まえ、見解が分かれる可能性が評価等に選択肢として設ける複数の工学バリア等と処分シナリオ等を抽出した。その結果、安全性という視点からは以下の項目を 3 つの処分概念オプションの具体例に反映する。

①処分シナリオ等

・ガラス固化体の貯蔵期間または埋め戻しの時期（閉鎖時期）を変更するもの

・長期モニタリング期間を確保して閉鎖時期を遅らせるもの

②工学バリアの仕様等

・開口寿命を議論するための廃棄体オプション（オーバーパック材質と構造および開口寿命）
・操業時の作業員の被ばく低減（放射線安全性）のための廃棄体オプション（オーバーパックの厚さ）

上述②の工学バリアの仕様等の結果は、合理性向上に関する選択肢として抽出した項の S1、S2 に等しい。すなわち、当該サイトの地質環境に依存する S3「複数の地層・岩種を含むパネルレイアウトオプション」を除外したものに等しい。

但し、この専門家同士の議論で HLW 処分の安全性に関係する論点の全てが議論された訳ではなく、あくまでも実際にあった１つの具体例として着目したものであることに注意が必要である。

(4) 具体的な処分概念オプションの設定例

1) 具体例の設定の考え方

ここでは、前述の3.3.1 ～3.3.2 節の調査・検討結果より、処分概念オプション設定の考え方を理解する上での参考となる事例を検討した。基本的に合理性向上オプションでは経済性が各々のオプションで顕在的となるものを事例として挙げた。安全性向上オプションも同様に安全性が顕在的となるものを事例として挙げた。また、処分坑道の仕様オプションや複数の地層・岩種を含むパネルレイアウトオプションは立地地点の地層・岩種等に依存するものであるため、ここでは処分概念オプション案のパラメータとはしていない。また、同様に立地地点に依存する地下水についても分概念オプション案のパラメータとはしていない。上述の考え方に基づき、表3.3.4-1 の 3 つ選択肢に対する１つの候補サイトで3つの工学バリアの仕様等で構成される具体的な処分概念オプションの設定例を表3.3.4-2 に示す。

表3.3.4-2 では、3 つ選択肢（処分概念オプション）の処分開始までの期間の処分シナリオ、工学バリアの仕様等、安全評価における相違点を示している。

なお、処分概念オプションは別途に安全性・経済性の定量的な評価を行い、そのオプション案の特性を理解してから設定するものもあると考えられる。ここでは処分概念オプション設定の考え方を説明することを目的としており、合理性向上オプションと安全性向上オプションのあり方や事例を示そうとしている訳ではないことに注意が必要である。

2) 処分概念オプションの具体例の説明

a. 既存のデフォルト案（A 点）

既存のデフォルト案（A 点）は、第 2 次取りまとめ[12]の安全評価に NUMO 報告書「安全確保構想 2009」[28]とその日本原子力学会によるレビュー報告書[208]の内容を反映したものである。A 点の地上で冷却・貯蔵期間は 30～50 年間である。

表3.3.4-2　具体的な処分概念オプションの設定例（参考）[193)]

呼称		A 点	B点	C 点
選択肢名称		既存のデフォルト案	合理性向上オプション	安全性向上オプション
処分シナリオ		再処理後、ガラス固化体は所定期間を地上で冷却・貯蔵し、発熱量 400W／本を下回ったガラス固化体を処分場に搬入する。処分場地上施設でオーバーパックに梱包後、廃棄体は地下深部の処分場地下施設に搬送し、処分坑道（または処分孔）内に定置する		
		所定期間：30～50 年間	所定期間：30～100 年	
		主要坑道・立坑・斜坑は空洞状態を維持するが、処分坑道は直ちに埋め戻す。なお、操業期間中はモニタリングを継続し、回収可能性を維持する[25)]。		処分孔は直ちに埋め戻すが、処分坑道・主要坑道・立坑･斜坑は空洞を維持した状態で長期間モニタリングを継続し、回収可能性を維持する[25)]。
		閉鎖の条件が満たされ次第、処分場を閉鎖する。		
		モニタリングにより閉鎖後長期安全性の繰り返しの確認を継続する[208)]。 モニタリングは、合意を得られるまで継続する。	― （モニタリングは操業期間中のみ実施する）	（既存のデフォルト案と同じ） モニタリングにより閉鎖後長期安全性の繰り返しの確認を継続する[208)]。 モニタリングは、合意を得られるまで継続する。
		処分開始から時間経過後に緩衝材が地下水で飽和し、オーバーパックが腐食により開口する。開口部よりガラス固化体内の核種が浸出し、緩衝材・地質媒体で吸着されて遅延しながら、地下水によりゆっくりと移動する。		
工学バリアの仕様等	岩種	立地地点に依存するため、ここで設定しない		
	オーバーパック材質	炭素鋼		銅＋炭素鋼
	オーバーパック構造	単肉オーバーパック（ガラス固化体収納本数：１本）		複合オーバーパック（同左：１本）
	オーバーパック厚さ	190mm	100mm (+PEM 厚 20mm)	250㎜
	オーバーパック型式	非自己遮へい型オーバーパック		自己遮へい型オーバーパック
	オーバーパック定置方法	処分孔竪置き方式	処分坑道横置き方式	処分孔竪置き方式
	竪置き時の定置段数	１段	－（横置き）	１段
	緩衝材定置方法	独立に定置	PEM	オーバーパックとは独立に定置
	パネルレイアウト	立地地点の地層・岩種および地下水に依存するため、ここで設定しない		
安全評価	安全評価シナリオ	「接近シナリオ」と「地下水シナリオ」の二つのタイプに分類して閉鎖後安全性を評価する。 「地下水シナリオ」はさらに、システムが長期間にわたって安定で外的な擾乱もなく、システムの安全機能が期待どおり発揮されるとする「基本シナリオ」と、将来において何らかの擾乱を想定する「変動シナリオ」とに分類にして閉鎖後安全性を評価する。		
	オーバーパック開口寿命	1,000 年		10,000 年

PEM：ベントナイト・オーバーパック一体型の処分坑道横置概念

注）処分坑道の仕様オプション（岩種による処分坑道離間距離および廃棄体ピッチ）と複数の地層・岩種を含むパネルレイアウトオプションは立地地点の地層・岩種等に依存する。また、地下水も同様である。そのため、本研究ではこれらを処分概念オプション案のパラメータとはしていない

非自己遮へい型（厚さ 190㎜）の炭素鋼単肉オーバーパックと緩衝材とを個別に処分孔内に竪置きで定置後、処分孔・処分坑道は直ちに埋め戻す。操業期間中はモニタリングを継続し、回収可能性を維持する[25]が、閉鎖の条件が満たされ次第、処分場を閉鎖する。モニタリングにより閉鎖後長期安全性の繰り返しの確認を継続する[208]。なお、厚さ 190㎜ の炭素鋼単肉オーバーパックの遮へい効果により、その表面線量率は 2.7㎜Sv／時と評価されている[209]。閉鎖後安全評価では炭素鋼単肉オーバーパックの開口寿命は 1,000 年と設定されている[12]。この処分概念に基づく処分費用は、国の委員会[14]により約 3 兆円と見積もられており、費用徴収の拠り所となっている。但し、比較的建設し易い地質を前提に費用評価しているため、3.1.2 節に示す通り、立地地点の地質によっては費用が変動する可能性がある。

b. 合理性向上オプション（B 点）

合理性向上オプション(B 点)は第 2 次取りまとめ[12]以降の技術開発の成果により、上述の既存のデフォルト案（A 点）に比べて、経済性が各々のオプションで顕在的となるものを事例として挙げた。まず、廃棄体の定置オプションは前述の3.3.1 (3) 項にて示した総掘削量が半分以下となる処分坑道横置き方式を挙げた。また、廃棄体オプションは前述の3.3.1 (1) 2) 項にて地下での作業量と作業員被ばくの低減の可能性を示した PEM を挙げた。PEM を採用することにより、処分坑道の隙間充填を除き、緩衝材定置方法は単独では必要なくなる。最近の技術開発の成果からは処分時安全評価で設定された基本シナリオの地下水水質中の腐食速度および地圧の条件範囲では、厚さ 190㎜ の肉厚ｂの 150㎜ 腐食減肉し、40㎜ になっても緩衝材（ベントナイト）の物理的緩衝能力によりオーバーパックは開口しないとの報告[210)、211]がある。最も新しい知見では緩衝材中・低酸素濃度雰囲気における炭素鋼の腐食速度[212]は 10μm/年よりもはるかに低いので、基本シナリオの開口寿命は 15,000 年以上となる可能性がある[210]。既存のデフォルト案が 1,000 年なのでこのままでは合理性向上オプション（B 点）の方が安全性能は上回ってしまう。表3.3.4-1 に示した合理性向上オプションの定義から安全性は既存のデフォルト案と同レベルしなければならない。上述の残った肉厚 40㎜ と 1,000 年間の還元性条件下の腐食代に相当する 10㎜ および酸化性条件下の腐食代 24.4～31.8 ㎜[124]を合計し、PEM に内蔵される炭素鋼単肉オーバーパックの厚さは余裕をみて 100㎜ とした。その他の条件は、既存のデフォルト案（A 点）と同じとした。肉厚を薄くすることにより遮へい能力が低減する分は、肉厚と距離と表面線量率の相関[124]より、直径が約φ2m の PEM 容器の厚さ（20㎜）[200]と表面までの距離の増加による減衰効果により確保することで同レベルの操業時の作業員の被ばく低減（放射線安全性）を確保できるものと考えた。

このオプション案に基づく処分費用はまだ試算されていないが、既存のデフォルト案（A 点）に比べ、建設費と操業費が大幅に低減するものと予想される。また、B 点の地上で冷却・貯蔵期間は 30～100 年間と幅を持たせており、経済性の視点の判断から適切な冷却・貯蔵期間を選定できるようにしている。

c. 安全性向上オプション（C 点）

安全性向上オプション（C 点）は同様に、上述の既存のデフォルト案（A 点）に比べて、安全性が各々のオプションで顕在的となるものを事例として挙げた。まず、廃棄体オプションは高価ではあるが、前述の3.3.1 (1) 2) 項にて長い開口寿命と作業員の被ばくの低減（放射線安全性）を期待できる銅製複合オーバーパックを挙げた。前述の通り、地下水水質の議論はあるが、立地場所に依存するパラメータであるため、ここで開口寿命はスウェーデン[130]と同様に 10,000 年間と仮定した。なお、厚さ 250㎜の炭素鋼の遮へい効果により、その表面線量率は約 1㎜Sv／時になると評価[173]されている。

また、廃棄体の定置オプションは処分孔竪置き方式を挙げた。これは既存のデフォルト案（A 点）の設定と同じであり、処分孔は埋め戻すが、処分坑道を空洞の状態で保つこととしている。すなわち、処分場の閉鎖までの間は、既存のデフォルト案（A 点）や合理性向上オプション（B 点）に比べて長い期間を監視（サーベイランス）・モニタリングにあてることを考えており、同時に廃棄体を容易に回収[28]できる期間も長くなる。しかし、特に軟岩系岩盤では、空洞の長期安定性や坑道の支保工の寿命からくる坑道の巻き替えの必要性等により立坑・主要坑道・処分坑道を長期的に健全な状態で維持することには時間的・経済的な限界があり[134]、3.3.2 (2) 1) 項で反対意見の専門家に指摘されたような 100 年～200 年間維持するのは立地地点の地質によっては容易ではない場合がある。また、前述の3.3.1 (3) 1) 項で述べた通り、地下環境に大気が触れることの影響も懸念されるため、空洞を維持すれば総合的な安全性が向上するという訳ではなく、空洞を維持することのリスクとベネフィットのバランスを考慮する必要がある。また、C 点の地上で冷却・貯蔵期間は 30～100 年間と幅を持たせており、安全性の視点の判断から適切な冷却・貯蔵期間を選定できるようにしている。

3.3.5 選択肢による専門的な技術情報の示し方

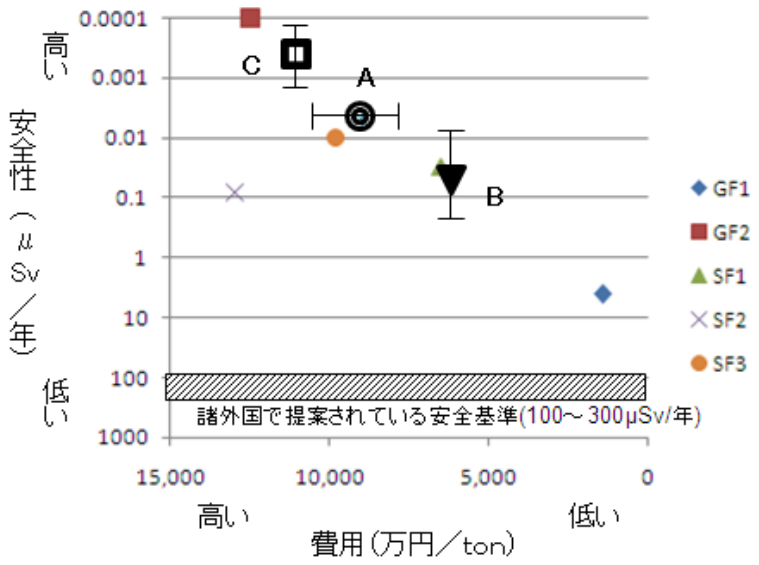
(1) 3 つの処分概念オプションのある安全性と費用の相関図の提示

前項ではモノサシとしては内的にﾄﾚｰﾄﾞｵﾌ対比してする手法が良いこと、相互に相関しない選択肢は１つの候補サイトの複数の工学ﾊﾞﾘｱの仕様等で構成される3つの処分概念ｵﾌﾟｼｮﾝが良いことを述べた。

選択肢とする3つの処分概念オプションは、上述の日本の既存のデフォルト案に加え、新た

[28] ここでは、あくまでも処分坑道が空洞として維持されるため廃棄体を容易に回収できる操作について述べている。廃棄体はキャニスタ・オーバーパック等が金属であり、これらは天然には存在しないことから、金属が埋設されている位置は反射率の違いから比較的容易に地中レーダー、超音波検層等により検出することができる。すなわち、立坑・主要坑道・処分坑道を埋め戻した状態でも労力はかかるが廃棄体を回収することは技術的に可能である。遺跡の発掘調査のように一度掘削した坑道の位置は埋め戻し後も容易に判別できるが、埋め戻す前にチタン等の高耐食性金属製の小片マーカー（道しるべ）を設置しておくと、より一層、坑道位置を容易に検出することができる。

に 2 つのオプション案を準備する必要がある。3 つの選択肢は図3.3.5-1[192]のようなイメージで提示できる。図3.3.5-1[192]は、3.1.1 (2) 項で示した図3.1.1-1 に B 点と C 点を上書きしたものである。横軸は心理学分野におけるトレードオフ対比の図（図3.2.3-2）の文献と同じ費用（処分単価）だが、縦軸は品質に変えて安全性（個人の最大被ばく線量当量）とした。また図3.1.1-1[138]と図3.3.5-1[192]は A 点が日本の既存のデフォルト案あり、GF1～GF2、SF1～SF3 は海外事例であることは同じである。ベルギー(GF1)とスイス(GF2)はガラス固化体の地層処分時の例を記載した。また、フィンランド(SF1)、スウェーデン(SF2)、米国(SF3)は参考情報との位置付けで使用済み燃料直接処分時の例を記載した。



注１）A点◎は日本の既存のデフォルト案（第２次取りまとめ結果）のプロットである。A点◎は費用試算の点で見直しになる可能性があるため、横向きのエラーバーを表示している。
注２）B 点▼と C 点□は今後の研究開発を集大成して求める点である。実際にやってみないと本図のプロット位置になるかどうか判らないため、縦向きのエラーバーを表示している。
注３）GF1（ベルギー)、GF2（スイス)は海外のガラス固化体処分の研究事例。SF1（フィンランド)、SF2（スウェーデン)、SF3（米国)は海外の使用済み燃料直接処分の研究事例（参考情報）である。

図3.3.5-1 １つのサイト・3 つの処分概念オプションによる専門的な技術情報の表示[192]

A 点は日本の既存のデフォルト案であり、3.2.1 (2) 項で述べたアンカリング効果[147]をもたらす可能性がある。GF2－A 点－GF1 は A 点が中央に位置して選択され易くなるという妥協効果（極端回避性）をもたらす可能性がある。また、GF1～GF2、SF1～SF3 の海外事例は利用できない例という意味で前述（表3.3.4-1 参照）の多数効果・幻効果[180]をもたらす可能性がある。しかし、妥協効果（極端回避性）や多数効果・幻効果をもたらす可能性のある海外事例は、廃棄物量・特性等の前提条件、サイト特性および安全評価手法も異なるため、前述のようにデフォルト案とのトレードオフ対比により他分野専門家が理解を深める作用があるかどうかは疑問である。

一方、B 点は合理性向上オプションであり、C 点は安全性向上オプションであり、共に

１つの候補サイトを対象に検討されたものである。図3.3.5-1[192]では B 点・C 点はあくまでもイメージ図であり、今後の研究開発の成果によってプロットの位置は異なるものになると考えられる。なお、A 点については3.1.2　節に示した通り、候補サイトが決定した際の当該サイトの地質の岩盤強度・湧水量等の特性により費用試算の見直しが必要となる可能性がある。A 点の費用が見直しとなる可能性が残されているため、A点は横向きのエラーバーを表示している。B 点・C 点は定量的な安全性・経済性の評価をやってみなければ、図3.3.5-1[192]のようなプロット位置になるかどうか判らないため、縦向きのエラーバーを表示している。

また、ここで安全性として示したのは閉鎖後の公衆の放射線安全性のみである。操業中の作業員と公衆の作業安全性および放射線安全性はまだ定量化されておらず、それらを示していないことに注意が必要である。

(2) トレードオフ対比による説明と討論

前節では HLW 処分の社会的受容性から端を発した検討の結果として、リスク・ベネフィット原則に則った意思決定が可能となるために費用（経済性）の情報と共に HLW 処分の安全性を示す説明の内容として A～C 点の安全性と費用（経済性）の相関図として３つの処分概念オプションを提示する内容を検討した。A～C 点は「S to S」により本分野専門家がトレードオフ対比させながら他分野専門家に説明し、討論する。

他分野専門家は A 点－B 点、 B 点－C 点、 A 点－C 点、というトレードオフ対比の過程で本分野専門家がオプション案の工学バリアの仕様等を変更する際に考えた道筋に沿って思考することが予想される。

その結果、この原則に則った費用と安全性の相関図では、第２次取りまとめによる日本の既存のデフォルト案と海外事例との相関を適切に整理できる。また、海外事例も合わせて地層処分にかかる費用と、達成されるHLW処分時の安全レベルの関係を示すことにより、どこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を他分野の専門家もまじえて議論できるものと考えられる。

本分野専門家と他分野専門家は、このリスク・ベネフィット[61]の評価基準（モノサシ）を共有の認識（共通の土俵）として持ち、トレードオフ対比により理解を深めながら、評価等の結果とそれに対する見解、並びに適切な選択肢について討論（対話）するのが良いものと考えられる。

3.3.6　他分野専門家に専門的に深い領域の技術情報を適切に理解される説明内容のまとめ

見解がわかれる評価等の位置に必要最低限の選択肢である３つの処分概念オプションを設け、本分野専門家が説明し、他分野専門家と討論（対話）する専門的に深い領域の技術情報を適切に理解される説明内容について検討した結果を以下にまとめる。

①各々の処分概念オプションは、内的なリスクの判断基準（モノサシ）として品質（安全性）と

費用（経済性）の２つの評価軸で量り、集大成させた複数の処分概念オプションを安全性と費用（経済性）を相関図にまとめ、トレードオフ対比しながら個々の処分シナリオや工学バリアの仕様等の違いの効果や影響および各々の機能・特性等の論点を適切に説明する手法が良い。

②上記の本分野専門家の説明に基づき討論（対話）することにより、「S to S」において他分野専門家は比較評価により理解を深めながら、測定・実験結果および評価等とそれに対する見解、並びに適切な処分概念のあり方について議論することできる。

③これにより、他分野専門家は、専門的に深い領域の技術情報であるHLW処分時の安全性を、費用（経済性）の情報と伴にリスク・ベネフィットの原則に基づき選択肢を設けて説明することにより、適切に深く理解することができる。

④また、常に安全性と費用（経済性）を相関図に立ち戻って全体の中で位置付けを把握しながら討論（対話）を進めることにより、「S to S」においてどこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を他分野専門家もまじえて議論することできる。

3.3.7 選択肢による説明内容とリスク・ベネフィットの相関の考察

前章では見解がわかれる評価等の部分で本分野専門家が他分野専門家に適切に説明し、両専門家は比較検討により理解を深めながら評価等の結果とそれに対する見解を討論（対話）する内容について述べた。ここでは前章の理解を深めながら討論（対話）するという議論の方法の具体化に続き、適切な処分概念のあり方について討論（対話）する方法について述べる[192)]

(1) 評価等と選択肢の相関の検証

ここでは、前章の検討結果において設定したトレードオフ対比できる選択肢とする処分概念により専門家同士の見解が分かれる可能性が高い評価等を論点として顕在化できることを検証する。

表3.2.2-3[143)]に示す通り、選択肢が必要とされた「評価等」は、①技術開発の進め方,②処分シナリオ･安全評価等の将来の予測結果および③今後の科学技術の進歩への認識を指している。

①の技術開発の進め方は、技術開発フェーズの異なる技術要素を処分概念オプションの一部に構成させることで議論できる。表3.3.1-2[192)]の過去の自己遮へい型の厚肉の炭素鋼単肉オーバーパックや最近の PEM[200)]を工学バリアの仕様等の一部に含めることにより議論できる。②の処分シナリオ・安全評価等の将来の予測結果は、物理的閉じ込め機能が開口に至る寿命の年数が異なる銅－炭素鋼複合オーバーパック等により議論できる。③の今後の科学技術の進歩への認識は、1999 年の国の委員会[14)]当時には提案されていなかった処分坑道横置き方式が PEM[200)]の利用等で実用化の見通しが得られつつあることにより議論できる。

すなわち、上述の技術要素を処分概念オプションの一部に構成させることで、専門家同士の見解が分かれる可能性が高い評価等を論点として顕在化できることが判った。

(2) 見解がわかれる評価等の部分の説明内容の検討

HLW 処分研究は大規模で裾野が広く、安全評価や経済性評価は多数のパラメータがあり、その算出・設定を少数の研究者がやっている訳ではないので、集大成するまで全体像は把握できない。しかし、得られた A 点～C 点がその時点での安全規制の考え方[27]で示された安全基準値よりも低い数値であった場合（すなわち安全性が高い場合）、いずれのケースを選択しても論理的に一定水準の安全性は満たされていると理解するべきである。このような場合、リスク・ベネフィットの原則[61] の考え方からは他の評価軸である費用（経済性）の評価軸を踏まえて選択されるべきである。以下では「S to S」の際の、A 点／B 点／C 点の選択の考え方や議論のあり方を示す。

1) 心理学的なバイアス効果とシステマティックな費用対効果分析

最終的なプロット位置によっては、B 点－A 点－C 点の結果が表3.2.3-1 と図3.2.3-2 で前述した「魅力効果（増強、減損）」をもたらす図となるか、「妥協効果」をもたらす図となり、結果的に心理学的なバイアス効果が作用することで選定することになってしまう可能性があることは否定できない。一方、専門家ではこれらのバイアス効果は作用せず、システマティックに費用対効果の優れた点を選定する可能性もある。A 点～C 点の各点のエラーバー中の１つの位置を摘出した３つの極端な事例を図3.3.7-1[192]に示す。

図3.3.7-1[192]の(a)では、前述のバイアス効果の説明に基づけば A 点が減損により選択され難い[181]とされているが、費用対効果からは A 点とほぼ同等の安全性を安い費用で入手できる B 点に優位性があると考える可能性がある。また、C 点を選ぶのは別の考え方であり、費用をかけてでも要求レベルよりはるかに高い安全性を得ようとするものである。

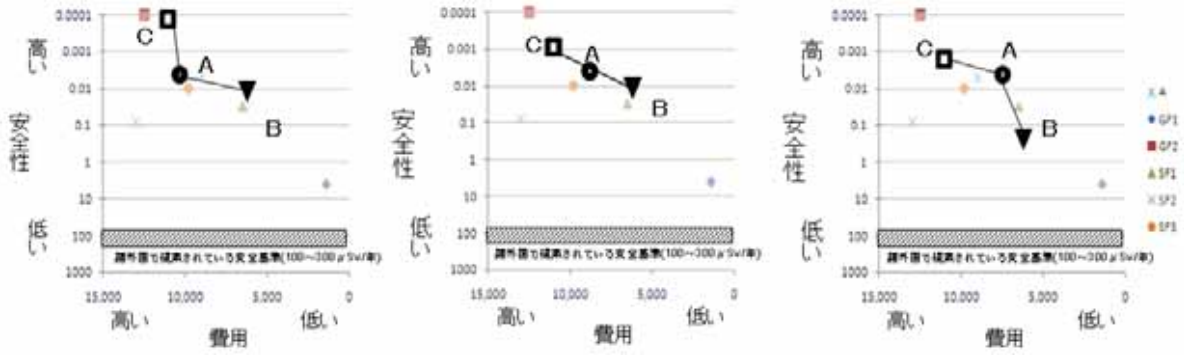
図3.3.7-1[192]の(b)では、前述のバイアス効果の説明に基づけば B 点と C 点が極端回避により回避され易い[181]とされているが、費用対効果からは安全性と費用の相関は直線関係なので結局は必要と考えた安全性に正比例する費用を要することになり、得たいとした安全性により費用が決まる可能性がある。

図3.3.7-1[192]の(c)では、前述のバイアス効果の説明果に基づけば A 点が増強により選択され易い[181]とされているが、費用対効果からは C 点とほぼ同等の安全性を安い費用で入手できる A 点に優位性があり、そこまでの安全性が必要とされなければ B 点に優位性があると考える可能性がある。

但し、非専門家に起こると考えられている心理学的なバイアス効果が専門家に起こるか否かは議論の途上である。その一方で、専門家が常に論理的に費用対効果で判断しているかどうかも議論の途上であり、両者共に現時点では結論が得られていないことに注意が必要である。

なお、ここではこれらのバイアス効果が専門家に起こるか否かについては研究の対象

とはしていない。ここでは評価等の部分の選択肢として１つのサイトの３つの処分概念を設け、これらをトレードオフ対比しながら議論することで、他分野専門家が理解し易くできることが本研究の目指すところである。そのため、上述の内容と図3.3.7-1 の考え方は参考事例とする。



(a)A が減損され易い構成　(b)B と C が回避され易い構成　(c)A が増強され易い構成

図3.3.7-1　各点のエラーバー中の１つの位置を摘出した３つの極端な参考事例[192)]

2) トレードオフ対比により判る内容と妥当と考えられる選択肢の数

他分野専門家は A 点－B 点、 B 点－C 点、 A 点－C 点というトレードオフ対比の過程で本分野専門家がオプション案の工学バリアの仕様等を変更する際に考えた道筋に沿って思考することが予想される。

前述の表3.3.4-2 で示した処分概念オプション設定の考え方の参考事例を引用し、各点のトレードオフ対比により他分野専門家が定量的な違いを理解できる項目を以下に例示する。

例 1）A 点－B 点のトレードオフ対比では、モニタリング継続期間、オーバーパック厚さ、オーバーパックと緩衝材の定置方式が異なっている。そのため、安全性では3.3.4 (4) 2) c. 項で述べたモニタリングを継続することの便益（ベネフィット）と課題（リスク）、すなわちモニタリングの意義が判る。また、費用（経済性）ではモニタリング期間の違いによる費用影響と3.3.1 (3) 1) 項で述べた処分坑道断面形状の違いと3.3.1 (2) 2) 項で述べたオーバーパックの処分坑道横置き定置と緩衝材の PEM 定置方式の違いによる経済効果が判る。さらに冷却・貯蔵期間の違いからガラスの発熱量の経済性への影響が判る。

例 2）A 点－C 点のトレードオフ対比では、オーバーパックの材質（開口寿命）と厚さが異なっている。そのため、安全性では3.3.4 (4) 2) c. 項で述べたオーバーパックの材質（開口寿命）の違いによる効果と3.3.1 (1) 1) 項で述べた操業時の作業員被ばく低減効果が判る。また、費用（経済性）では3.3.4 (4) 2) c. 項で述べた銅複合オーバーパックの材質と厚さの影響が判る。さらに冷却・貯蔵期間の違いからガラスの発熱量の安全性への影響が判る。

例 3）B 点－C 点のトレードオフ対比では、上述した全ての要因が異なっている。そのため、安全性ではモニタリングの意義、開口寿命の効果、作業員被ばく低減効果が判る。一方、費用（経済性）では大幅な差異があることが予想され、モニタリング期間の影響、横置き・PEM 定置の効果、オーバーパック材質の差異が判る。ここでは合理性向上オプション（B 点）の経済性への効果と安全性向上オプション（C 点）の安全性への効果とを費用対効果として定量的に把握することができる。

そのため、これらをトレードオフ対比することにより他分野専門家が理解を深める作用があるものと考えられる。また上述の例 1）～例 3）で説明される通り、処分概念オプションとしての選択肢が３つあれば、3.3.1　節にて前述した工学バリアの仕様等のオプション案の殆どをカバーして他分野専門家に説明することができている。但し、3.3.1 節では地層・岩種・地下水をパラメータとしないことを注記している。

すなわち、１つの候補サイトを対象とし、地層・岩種・地下水をパラメータとしない段階においては、処分概念オプションとしての選択肢の数は３つで妥当であると考えられる。

3) 安全性と費用の相関図の見方と考え方

最終的に B 点と C 点のプロットを行った上で、「S to S」で本分野専門家と他分野専門家が議論し、A 点／B 点／C 点のどれを選択することになるかは、今後の研究開発に基づく安全評価や費用試算の結果による。これはいい加減なように聞こえるかも知れないが、操作（manipulation）なく成り行きの検討結果を素直に反映し、それでいて理解し易く、リスク・ベネフィットの原則[61]に基づき共に評価することが、最も公正なプロセスである。また、今回の A 点／B 点／C 点の３つは過去の専門家間で論点とされた項目を網羅できることを目指したものであり、極端に言えば多少非現実的なものも含めて設定している部分もある。そのため、本研究は A 点が良いとか、B 点が良いとか、C 点が良いとかを主張するものではない。さらに、他分野専門家との討論のうえで、最終的な結論は A 点に B 点・C 点の良いところを補強したような A’ 点となっても良いものと考えられる。他分野専門家との討論が進めば、A’ 点なり、B’　点なり、C’　点なりを専門家間で創造し、より適切なものを安全性と費用の相関を踏まえて考えていけば良いものと考えられる。

すなわち、今後の研究成果により、操作のない安全評価と費用（経済性）評価により B 点と C 点を新たに導出し、必要に応じて A 点の費用との相関を見直し、リスク・ベネフィットの原則[61]に基づいた安全性と費用の相関図上にプロットし、その意義や位置付けについて他分野専門家と本分野専門家の両専門家が理解を深めることが重要である。

(3) フェーズ・ルールが示唆するものの検討

3.1 節では、リスク・ベネフィットの原則に基づく安全性と費用（経済性）の相関図（図 3.3.5-1）を対象に、意志決定に寄与する心理学的なバイアスとの関係を述べた。ここで

図3.3.5-1[192]の相関図について前述のリスク･ベネフィットの原則[61]に基づくフェーズ・ルールが示唆するものを検討する。なお、中西[61]は、フェーズ・ルールは厳密な意味で正しいものではないが、概念を示すものとして使っていると述べていることに注意が必要である。

1.3.3 (3) 項に前述の通り、フェーズ・ルール[61]は、第Ⅰ象限は経済的な利益と環境保全とが一致するケースとしており、先進国等が技術開発により目指す部分とされている。また、第Ⅱ象限は環境を守るために経済的な支出をしなければならない行為であり（技術開発の途上にある状態では）先進国の役割分担の領域とされている。

図3.3.7-2[192]の HLW 処分に係る安全性と費用（経済性）の相関図には、縦軸と横軸と並行に、それぞれ１本の破線を付しており、これで第Ⅰ象限から第Ⅳ象限を区分けしている。但し、この破線の位置は相対的なものであり、現在の位置となることが絶対的に示せる訳ではない。フェーズ・ルールをどこまで説明に取り入れるか、破線を付す位置はどこにするかは、今後更に議論しなければならない。

現状の破線を付した位置では、Ａ点（日本の既存のデフォルト案）とＣ点（安全性向上オプション）は第Ⅱ象限に位置し、Ｂ点（合理性向上オプション）の安全性が高めとしたものが第Ⅰ象限に位置している。すなわち、これは合理性向上を目指す方向の検討を行い、その安全性を日本の既存のデフォルト案（Ａ点）と同等まで高いと評価できるものが今後の研究開発に望まれる姿であることを示している。

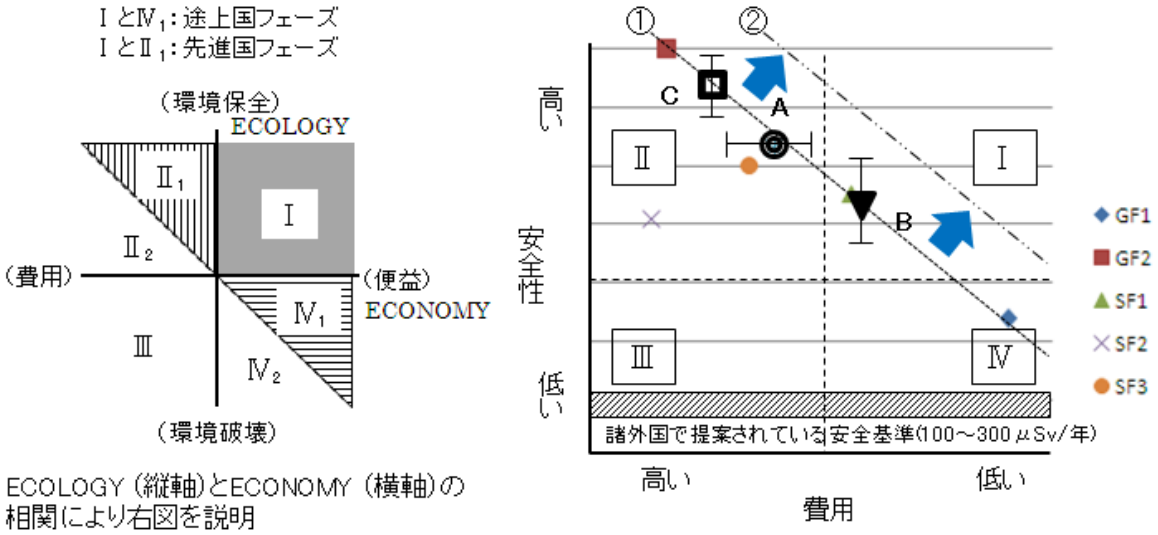


図3.3.7-2 フェーズ･ルールが示す今後の処分研究が進むべき方向の概念[192]

(4) 選択肢による説明内容のまとめ

ここでは上述で述べてきた選択肢による説明内容とリスク･ベネフィットの相関の考察の内容を整理し、「S to S」における選択肢による説明内容と本研究の立ち位置を明らかにした。

まず、「S to S」では、リスク・ベネフィットの原則に則り、HLW 処分時の安全性と費

用（経済性）の２つの軸により議論を進めることを基調とする。また、１つの候補サイトにおける３つの処分概念オプションをトレードオフ対比しながら論点を適切に説明する。すなわち、「S to S」は他分野専門家に専門的な技術情報を正確に、かつ、平易に（選択の回避や延期が起こり難くするために3.2.3 (3) 項で前述した認知処理コストを出来るだけ低くして）伝えることを目的としている。

この過程で重要なのが、常に安全性と費用の相関図に立ち戻ることにより、全体の中での位置付けを把握しながら、各々のオプション案のトレードオフ対比から、個々の処分シナリオや工学バリアの仕様等の違いの効果や影響および各々の機能・特性を討論し、3.2.2 (4) 項（表3.2.2-3）に前述した測定・実験結果を理解することである。なお、表3.2.2-3に前述した評価等については、他分野専門家は説明された本分野専門家の評価等の考え方は理解するが、同意するとは限らないと考えている。これは木下[35)]が指摘する通り、科学技術の知識が十分にあった上での判断（態度の決定）は、個人の価値観より決まるリスクのエンドポイントとの比較において論理的に決めているものと考えられるためである。HLW 地層処分事業への賛成／反対等の意思と態度や、図3.3.5-1 の A 点（日本の既存のデフォルト案）、B 点（合理性向上オプション）、C 点（安全性向上オプション）のどのオプション案が好ましいかは、専門的な技術情報を正確に理解・把握した他分野専門家個人の判断に任せる。

但し、本研究が前提とした地層処分の範囲では、今後の技術開発により目指すべきは図3.3.7-2[192)]のフェーズ・ルールの図でいう第Ⅰ象限の方向（費用は低く、安全性は高く）であり、この方向に向けた課題を摘出し、課題の解決策について議論するべきである。

3.4 HLW 処分の専門的な技術情報の適切な説明内容のまとめ

ここでは、専門的な技術情報の本分野専門から他分野専門家への説明とそれに続く討論である「S to S」において、HLW 処分時の安全性・経済性等の専門的な技術情報を他分野専門家に適切に説明する内容を検討した。

放射性廃棄物処分分野は高い安全性を求めるが余り、費用との相関を議論されておらず、経済原則が働かないために、際限なく安全性だけを求める動きとなっている。リスク・ベネフィットの原則に則った意思決定が可能とするために費用（経済性）の情報と共に HLW 処分の安全性を示す説明の内容を検討した結果、費用と安全性の相関図に整理することにより第２次取りまとめと国の委員会の費用試算による日本の既存のデフォルト案と海外事例との相関を適切に説明できることが判った。

次に、「S to S」を有効に機能させるために必要と考えられる選択肢を設けるポイント（地位(position）と領域(region)および形態(form)）と選択肢の数を検討した。過去の専門家間の議論の調査により、認識や理解を共有できない部分は処分シナリオ・安全評価結果や当該技術の将来予測などの評価等の部分であることが判った。そのため、選択肢を設けるのは

この評価等の地位・領域であり、選択肢の形態は費用と安全性が評価された複数の処分概念が良いと考えられる。また、複数の処分概念は候補サイト間で対比するようなものではなく、内的なモノサシとして１つの候補サイトの中でトレードオフ対比できる処分概念オプションを設けるのが良いと考えられる。さらに、心理学分野の一般の消費行動におけるヒューリスティックやバイアスの調査により、心理学的な影響があることを報告した実験例で最低限必要な選択肢の数は 3 つであると考えられた。適切な選択肢の数については最近の一般の消費行動の研究で活発に議論されている途上であるが、選択肢の数は多過ぎる方が良いという考え方が示された訳ではない。逆に、専門家にとっても意思決定に必要とされる知識と情報量は極めて多い HLW 処分のように認知処理コストが高いものは、選択を回避または延期する行動が派生する傾向があると言われている。そのため、選択肢とする処分概念の数は 3 つ以上が必要であり、あまり多くないのが望ましい。

上述の２つの検討結果より、他分野専門家へ説明は、１候補サイトに複数の処分概念を選択肢として設け、安全性と費用（経済性）を相関図にまとめ、個々の処分シナリオや工学バリアの仕様等の違いの効果や影響および各々の機能・特性等の論点によりトレードオフ対比しながら説明するのが適切である。経済原則が働く処分概念オプションの選択肢の数は、認知処理コストの高さと研究資源の制約等から最低限必要な 3 つとした場合の、HLW 処分の安全性・経済性の説明する内容を具体化した。選択肢とする処分概念は、上述の既存のデフォルト案（A 点）に加え、合理性向上オプション（B 点）と安全性向上オプション（C 点）として事例検討した。また、事例検討の結果、3 つの選択肢は１つの候補サイトを対象とし、地層・岩種・地下水をパラメータとしない段階（すなわちサイト候補地選定前）の処分概念オプションの数としては妥当である。

上述の説明内容に基づき討論（対話）することにより、他分野専門家は、専門的に深い領域の技術情報である HLW 処分時の安全性を、費用（経済性）の情報と伴にリスク・ベネフィットの原則に基づき選択肢を設けて説明することにより、適切に理解することができる。また、比較評価により理解を深めながら、測定・実験結果および評価等とそれに対する見解、並びに適切な処分概念のあり方について議論することできる。さらに、常に安全性と費用（経済性）を相関図に立ち戻って全体の中で位置付けを把握しながら討論（対話）を進めることにより、どこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を他分野専門家もまじえて議論することできる。

ここで述べる適切な説明内容とは、前述の通り、専門的に深い領域の技術情報を、誤解されることなく、また、いたずらに時間を浪費することなく伝えることができ、結果として、合理的な判断を行うことに資するような説明内容のことである。本章では、評価項目は従来の安全性に加えて費用を追加し、また、従来は１個であった選択肢は安全性に費用を相関させた複数個の選択肢を設けることを検討している。すなわち、これは適切な説明内容について検討したものである。

第4章　科学者への信頼と専門的な技術情報の説明方法

前述の第 2 章では、既往の科学技術コミュニケーションおよび社会心理学分野における既往の研究例を調査し、一般市民等（一般市民と地域住民）および専門家同士の HLW 処分時の安全性に係る議論の現状を調査・分析した。

また、第 3 章では、専門的な技術情報の本分野専門から他分野専門家への説明とそれに続く討論である「S to S」において、HLW 処分時の安全性・経済性等の専門的に深い領域の技術情報を他分野専門家に適切に説明する方法を検討した。

本章では、「S to S」に引き続き、他分野専門家が一般的な領域のものを含めて専門的な技術情報を一般市民等へ説明する方法について検討した。すなわち、科学技術や専門家およびその組織への信頼の考え方を調査し、信頼される専門家の要件と区分を摘出し、それに基づき信頼を得た他分野専門家を介して一般市民等へ HLW 処分時の安全性・経済性等の専門的な技術情報を伝える 2 段階の説明プロセスを検討した。科学者への信頼と専門的な技術情報の説明方法の研究フローを図 4-1 に示す。

まず、最初に【1】既往の科学技術への信頼に関する考え方、【2】HLW 処分の情報と実践研究等から得られた知見を調査する。

次に、上述の情報に基づき、【3】信頼される他分野専門家の要件と区分を検討し、関心度・対象領域による信頼される専門家の区分を摘出する。さらに、【4】他分野専門家への専門的な技術情報の説明の方法を検討し、「S to S」が行われる場や「S to S」で説明するべき内容を検討・整理する。

その上で、【5】専門的な技術情報を一般市民等に伝える 2 段階のプロセスを検討し、HLW 処分の安全性・経済性等の専門的な技術情報を、信頼を得た他分野専門家を介して一般市民等に伝える方法を検討する。また、これに基づいた【6】一般市民等への専門的な技術情報の説明の方法を検討・整理する。

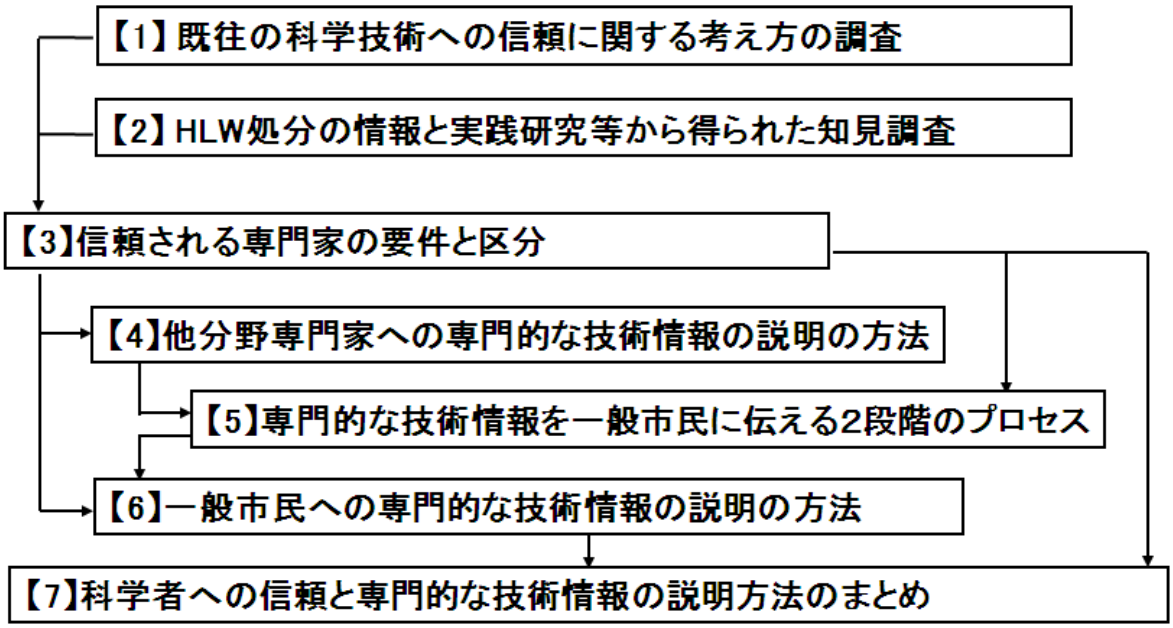


図 4-1　科学者への信頼と専門的な技術情報の活用方法の研究フロー

4.1 既往の科学技術への信頼に関する考え方の調査・検討

ここでは科学技術への信頼に関する考え方を対象として、社会心理学分野において研究されている内容と、原子力分野での調査事例について述べる。

4.1.1 社会心理学分野における信頼に関する考え方

リスクマネジメントに携わる人や組織への信頼が公衆のリスク認知や、リスクを伴う科学技術の受容を規定することが明らかになってきたこともあり、近年、リスクマネジメントに関連する研究領域においては、信頼が主要な関心事の一つとなっている[45)]。

従来、リスク管理機関への信頼は、相手への能力認知と公正さ認知が信頼をもたらすという伝統的な見解（以下、「伝統的信頼モデル」という）が主な考え方であった。しかし、最近ではリスク認知研究分野では、価値の類似性認知が信頼をもたらすという主要価値類似性モデル(Salient Value Similarity（SVS）モデル)[29]が注目を浴びるようになってきていると言われている[35)、49)]。

ここでは伝統的信頼モデルと最近の社会心理学分野での研究例について調査結果を述べ、さらにそこで議論されている信頼の定義について述べる。なお、本節の引用には経緯を判りやすくするために、必要なものには年代を併記している。

(1) 伝統的信頼モデル

Hovland ら(1953)[213)]はどのような相手が信頼されるかを扱った社会科学的研究の出発点としては、情報の送り手の信愚性をとりあげた。そして、McGinnies ら（1980）[214)]は、専門性は技術的な知識や能力についての評価によってもたらされ、信頼性は正直さの評価や説得意図がないことの評価によってもたらされるとされた。

近年では、山岸(1998)[48)]も、相手が自分にひどい結果をもたらさないだろうという肯定的な期待を導く二つの構成要素として「能力への期待」と「意図への期待」とをとりあげている。また、山岸(1998)[48)]は、原子力発電所に対する住民の不安を例に、電力会社や政府と住民のこの区別について説明している。すなわち、近くに原子力発電所の建設計画が発表されて住民はその安全性について不安を感じた際に、電力会社や政府は原子力発電所の安全性という「能力」について説明を行う。しかし、いくら安全性を説明しても住民の不安があまり低下しないのは、住民には彼らの「意図」に対する不信があって、電力会社や政府は本当のことを住民には知らせないだろうと思っているからだと指摘している。

リスクマネジメントにおける信頼研究を概観してみても、能力についての認知と意図

[29]主要価値類似性モデル(Salient Value Similarity（SVS）モデル)については1.3.2 (4) 項で前述した。

についての認知によって信頼が規定されると解釈できる研究が数多く報告されている。中谷内ら(2008)[49]は、両者のうち、能力認知についてはかなり一般的に信頼を規定する独立した要因として確認されているが、もう一方の、意図に関連する評価に関しては、公正性、相手への思い、誠実さや正直さ、透明性、客観性等の概念的に類似性のあるさまざまな変数があげられていると述べている。

(2) 他者に依存しなければならないリスク管理と信頼性

木下(2002)[35]は、リスクとのつき合い方に関して、自分でリスクとの接し方をコントロールできるものとできないものの２種類があると述べている。例えば前者はロッククライミングや食べ物の嗜好品等であり、これらは危険だと思えば自分から避ければ良いしまたそれが可能であるが、後者の地震や食品添加物等はもともと危険が見えにくいし、見えたとしても避ける手段に乏しいことを指摘している。また、原子力発電も後者のタイプであるだろうと述べている。

木下(2002)[35]は、後者のタイプのリスクの場合、自己責任でそれを回避することは困難であるから、そのリスクマネジメントは他者に依存しなければならず、そこから出てくるのが信頼性の概念であると述べている。信頼を持つことのできる相手が安全を保障した場合、われわれは通常、それを信用してリスク管理を相手に委ねることができる。しかし、これまでの調査によると、科学技術の推進側である行政、政治家、企業に対する国民の信頼は低いため、国民は、一体誰を頼りにリスクに対応すればよいのか回答が困難であると指摘している。木下(2009)[39]は一例として、かつて BSE（牛海綿状脳症）が問題になった時に日本の政治家たちが牛肉の安全をアピールしようということで肉を食べるというパフォーマンスをした結果、全国の焼き肉店の客足は激減してしまったことを紹介している。これは政治家が信用されていないためであり、信用されていない人がパフォーマンスをしても誰も信用しないことが分かると説明している。

木下(2002) [35]は、「信頼性」をキーワードとし、少なくとも行政、政治家、企業、それに国民を含めたリスクのステークホルダー（利害関係者）たちが、あらゆる機会を通じてリスク情報を公開し共有し合うこと、それを通じて相互の意志疎通を図ることがまず出発点となるだろうと述べている。

(3) 伝統的信頼モデルと SVS モデルの統合モデル

中谷内ら(2008)[49]は、科学技術のように他者に依存しなければならないリスクについて、個人の問題への関心という媒介要因に応じて伝統的信頼モデルと SVS モデルの説明力がかわってくるのではないかという考えに基づいた、新たな統合モデルを提唱している。伝統的信頼モデルとは上述の通りであり、SVS モデルは1.3.2　(4) 項述べた通りである。

中谷内ら(2008)[49]は、リスク問題では、SVS モデルが伝統的信頼モデルよりも、当て

はまりがよいことを示唆する例もあるが、それだけで伝統的信頼モデルが実は低い予測力しか持ち得ず、SVS モデルに凌駕されてしまうというのは早計であると述べている。それは、例えば科学技術の問題にふだんから深い関心を寄せている人は多くはなく、このような場合はそれらの問題をどのように見立て、どのような要素を重視し、そして、どのような結果を選好するのか、といったことがらについて多くの人は明快な意見は持ち合わせてはいない、つまり、自らの主要価値が確定していないからであると述べている。すなわち、中谷内ら(2008)[49]は、長年にわたって自明視されてきた伝統的信頼モデルの一般性に制約を与えつつ、同時に、新しい SVS モデルとの関係を整理しようとしている。そのため最初に、質問紙を用いた社会調査を踏まえて、信頼規定因についての相関分析を行い、この統合モデルの妥当性を実証的に検証している。

中谷内ら(2008)[49]は、2006年1月下旬から2月上旬に遺伝子組み換え作物（GMO）を題材として首都圏40㎞以内に在住する20歳から70歳の合計1,000名の男女への戸別調査（回答率は約26%）により、個人と中央官庁とが重要視していること（価値類似性評価）、個人の中央官庁への信頼・能力評価・公正さ評価および個人の関心との相関を分析している。その結果、信頼への結びつきは、高関心者（n=150）にとっては価値類似性が、低関心者（n=113）にとっては公正さが強いと述べている。また能力評価は信頼との結びつきは弱く、研究者としての価値（科学的・技術的レベルの高さ）を一般市民に押しつけても信頼は得られてないと述べている。

以上の議論とGMO等に関する調査結果をまとめ、中谷内ら(2008)[49]は、何が社会的な信頼を導くのかについてのモデルの統合を以下のように提案している。すなわち、対象となるリスク問題への関心が高い場合は、SVSモデルが説明するように、主要価値の類似性評価が相手への信頼を導き、決定結果に関係する道義的価値が信頼に強く影響する。また、決定過程に携わる相手の能力や公正さ評価などの影響は比較的小さい。一方、関心が低い場合は、伝統的信頼モデルが説明するように、相手の能力評価や公正さに代表される意図（動機付け）評価の影響が相対的に高まり、価値類似性評価の信頼への影響が低下する。そして、決定結果に示される道義的価値よりも決定手続きの公正さや専門能力の利用が重要となる。中谷内(2008)[51]が述べたGMO等に関する専門家の組織への信頼の考え方は図1.3.2-2に示した通りである。

(4) 信頼の定義について

堀井[215]は、安心を達成したいということは、人々の欲求のなかではかなり基本的なものだと述べ、安全と安心は同じものではなく、安全を確保しても必ずしも安心が得られるわけではないと述べている。したがって、安全安心を達成するには、安全のためにこれまで構築してきた工学的な枠組みだけでは不十分であり、安心を取り扱う心理的なアプローチはもちろん、それを包含したもう少し大きな、そして新しい枠組みが必要であると述べている。

社会心理学者の山岸[48]は、安心と信頼を区別して定義している。なお、山岸[48]は上述(1)項での第２の意味での信頼、すなわち、相手の「意図への期待」としての信頼に限って定義するとしている。そこで、相手が自分を搾取する意図をもっていないという期待の中で、安心（assurance）とは「相手の自己利益の評価に根差した部分」を意味し、信頼（trust）とは「相手の人格や相手が自分に対してもつ感情についての評価にもとづく部分」を意味すると述べている。また、相手の意図についての情報が必要とされながら、その情報が不足している状態を社会的不確実性の高い状態と定義している。すなわち、「安心が提供されやすいのは信頼が必要とされていない安定した関係においてであり、信頼が必要とされる社会的不確実性の高い状況では安心が提供されにくい」 と述べている。また、山岸[48]は、上述の定義に基づき、信頼は社会的不確実性が存在している状況でしか意味を持たないことを指摘している。つまり、親子の間や家族の中のように「常識的」には信頼が最も育成されやすい安定した状況や他人に騙されてひどい目に遭う可能性がまったくない状況では、信頼そのものが必要とされないものだと説明している。なお、山岸[48]は、低信頼者（他人に対する信頼である一般的信頼の低い人）は、高信頼者（一般的信頼の高い人）よりも、社会的不確実性に直面した場合に、特定の相手との間にコミットメント関係を形成し維持しようとする傾向がより強いことを指摘している。また、社会関係や人間関係がより安定して継続的であり、それらの関係が相互信頼によって成り立っている程度がより強いように思われる日本社会での方が、アメリカ社会でよりも、他者一般を信頼する傾向が低いことを指摘している。

中谷内(2008)[51]は、信頼を、"相手の行為が自分にとって否定的な帰結をもたらしうる不確実性がある状況で、それでも、そのようなことは起こらないだろうと期待し、相手の判断や意思決定に任せておこうとする心理的な状態"と定義している。すなわち、相手を信頼して何らかの行為選択を任せることは、それによってベネフィットを受けることを期待しながら、同時に、相手への依存によって、損害を受けやすい立場に身を置くことを受け入れる(willingness to be vulnerable)ことになると述べている。また、中谷内(2008)[51]も同様に、このように、信頼を、不確実性があるのに何かを委任しようとする心理的状態として定義する以上、相手に対する監視や裏切り行為に対する制裁を準備することで、否定的な帰結をもたらさないだろうと期待することは信頼とはいえないと指摘している。なぜなら、そのような状況は否定的な帰結をもたらす不確実性そのものが削減されているためだと説明している。

本研究は安心や信頼の定義について議論するものではないが、上述の共通したものとして、信頼は「不確実性があるのに何かを委任しようとする心理的状態」としての定義を踏襲する。この定義を踏襲すれば、原子力発電や放射性廃棄物処分などのある科学技術や人間活動がもたらすリスクをどう扱うかについて、行政・電気事業者・処分事業者等の特定のリスク管理機関に業務を任せてしまってよいと感じることが、その管理機関（組織）を信頼することになる。

但し、後述4.5　節での議論において他分野専門家（例えば、世帯主）と一般市民（例えば、配偶者）との個人間の信頼関係に基づく意思決定について考える場合、山岸[48]が信頼と区分し、安心として定義した「親子の間や家族の中のように「常識的」には信頼が最も育成されやすい安定した状況」に基づけば安心関係に基づく意思決定と言うべきだが、本研究では特記がない限り信頼という用語で統一して表現することとする。

4.1.2　原子力分野における信頼に関する調査事例

(1) 英国の原子力施設で働く労働者の事例

Wynee ら(1990)[216]は、セラフィールド核燃料再処理施設で働く労働者たちの放射線(能)の危険性への知識について調査している。Wynee ら(1990)[216]は、当初、この施設で働く労働者たちは、放射線(能)の危険性について科学的なことを学び理解しようとする意欲が強いと予想した。しかし、調査の結果、労働者たちはこれらの知識はあまりないことが判った。

また、Wynee ら(1990)[216]は、労働者たちが放射線(能)の危険性に ” 無知（英）” であったことについて弁明する理由は以下の通りであったと述べている。

- 放射線(能)の危険性に関しては少なからぬ論争があり、それらをフォローすることは時間的に無理である。
- 個別の事情・状況に関して自分で的確な判断を下せるまでに理解することは至難の業である。
- 社内および社外に、すでに専門家集団がいて、科学に基づいて施設を設計し作業手順も決めてくれている。
- そうした仕組みがあるのに自ら放射能の危険性について科学的に理解しようとすることは、既成の社会秩序を脅かすものであり、自分たちを守ってくれる組織に対し不信を表明することになる。

さらに、杉山[73]は Wynee ら(1990)[216]の文献を引用し、科学教育において科学知識や科学の方法の伝達を重視するという発想の基礎には諸問題について最終的には自分の判断力で決定を下すことができなければならないという考え方があるが、現実には他人への「信頼」が重要な役割を果たしていると指摘している。また、上述のセラフィールド核燃料再処理施設で働く労働者たちの行動様式がそのことを如実に示していると述べている。

(2) EU の 2008 年度の原子力に関する世論調査（EB297）

EU では、3 年ごとに加盟 27 カ国の市民を対象に「放射性廃棄物に対する姿勢」の意識調査を継続実施している。以前の調査は 1998 年 6 月、2001 年 7 月、2005 年 8 月に行われ、最近では 2008 年 3 月に実施された。2008 年 3 月に実施した意識調査（以下、「EB297」

という）[108]は、TNS 等の社会ネットワークによるインタビュー調査であり、EU に加盟する 27 カ国の 26,746 人の EU の市民を対象とした。

EB297[108]の QB8 では「あなたは、放射性廃棄物が自国で管理する方法に関してどこから情報を与えることを期待しますか」と複数回答で尋ねた。その結果、「科学者」が 40%と最も高く、次いで、NGO（38%）、平和利用に取り組む国際機関（32%）、放射性廃棄物を担当する国の政府機関（30%）、国の政府（21%）、EU(17%)、原子力産業界(12%)、メディア(12%)の順であったと報告されている。この EB297[108]の調査結果を 2005 年 8 月に実施された世論調査（以下、「EB227」という）[217]の結果と合わせて図4.1.2-1 に示す。EB297[108]は、2008 年の調査結果ではヨーロッパ人は 2005 年の EB227[217]と基本的に同じ情報筋から放射性廃棄物に関する情報を得ることが信じられるようだと述べている。

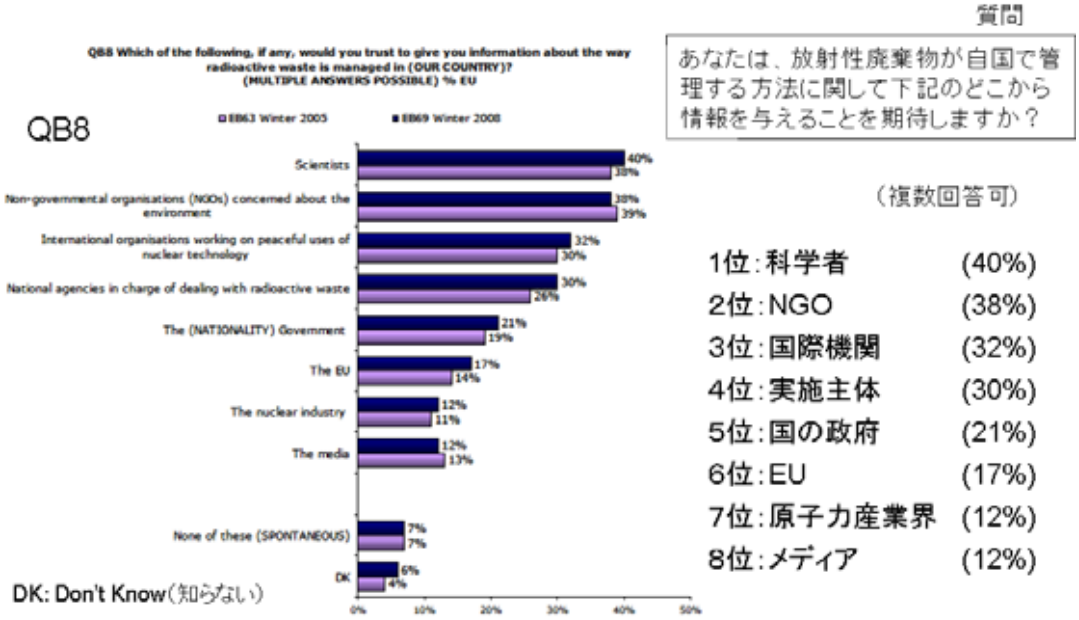


図4.1.2-1　EU で廃棄物の情報を与えることを期待されている機関[108]

(3) 日本での情報の信頼性に関する 2007 年度の意識動向調査

国の委託調査[218]では、2007 年度の国の委託調査で原子力・エネルギーに関する意識動向調査を行い、エネルギー・原子力に関する情報や理解・関心について報告している。2008 年 10 月の調査では全国 95 の市区町村（一般都市地域）に在住する成人 3,000 人と人口 1 万人以上の原子力発電所立地市区町村に在住する成人 500 人を対象に、個別訪問留置調査を行っている。図4.1.2-2[218]は 2008 年度に調査した原子力に関する情報源と原子力に関する信頼できる情報源の一般都市地域と立地地域との比較を示す。図4.1.2-2[218]によれば、立地地域と一般都市地域で多少の差異はあるものの、原子力に関する情報源としてよく利用されているのは、テレビ番組、新聞記事等、自ら収集するというよりも受け身で与えられる情報が中心であることが判る。また情報の信頼性について

も、上位にあがっているのは新聞記事、専門家の提供情報、テレビ番組、政府のパンフレット、自治体の広報誌など、やはり受け身で与えられる情報であることが判る。すなわち、原子力に関する情報はメディア等から与えられるものであり、与えられた情報は信頼できると思われていると考えられる。但し、情報源としては上位にない専門家・政府関係者およびＮＰＯ・ＮＧＯが信頼できる情報源には上位に来ている。また、その傾向は立地地域の方が強く表れている。

原子力に関する情報源　　原子力に関する信頼できる情報源

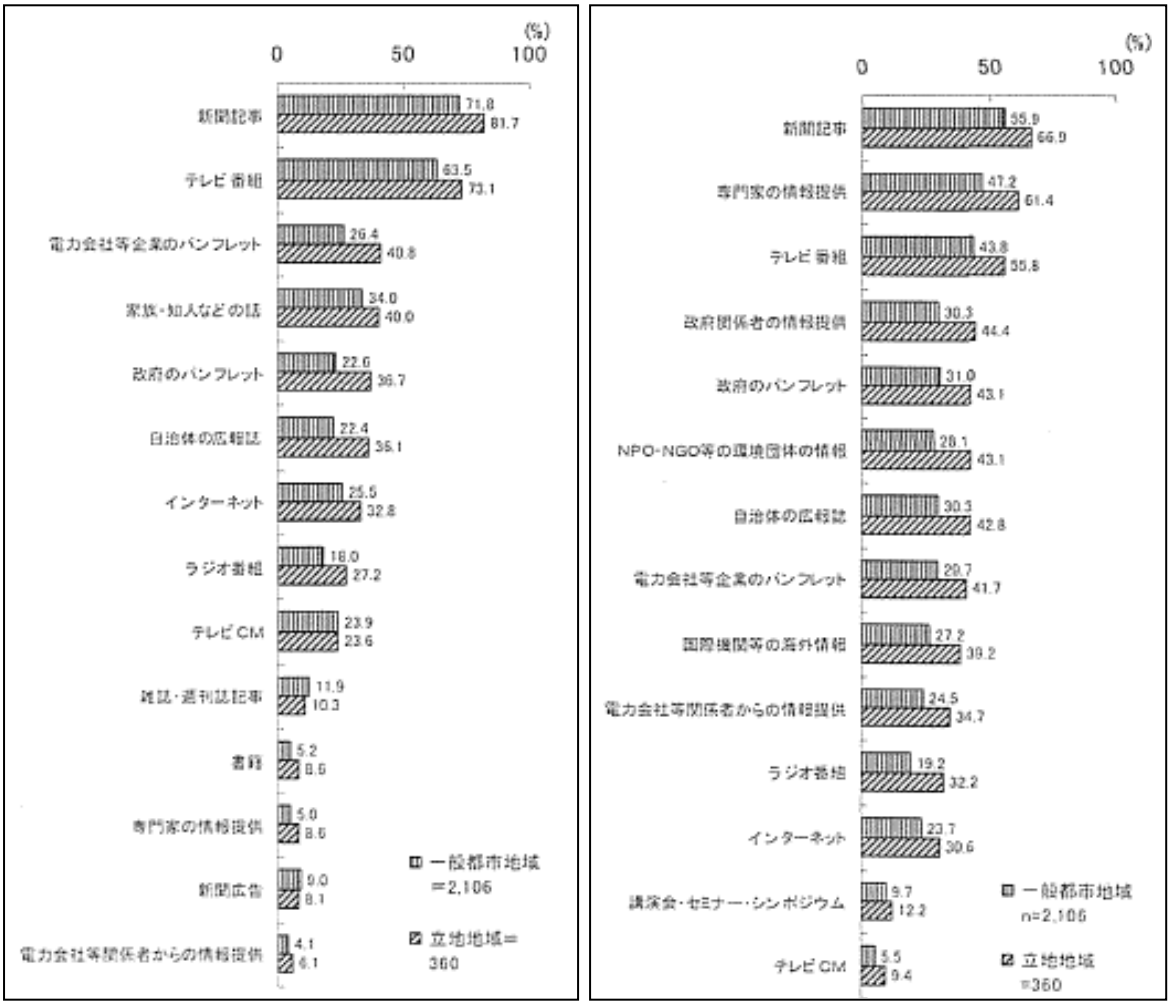


図4.1.2-2　原子力に関する情報源と信頼できる情報源[218)]
（一般都市地域と立地地域との比較）

(4) 日本での専門家の信頼性に関する 2008 年度の世論調査

日本原子力文化振興財団（JAERO）は、2006 年度より継続して原子力利用の知識普及啓発に関する世論調査を行い、年次報告[219)]している。本調査は、様々なステークホルダーにおける原子力に関する知識普及啓発活動や広報活動のあり方などを検討するた

めの重要な知見として、全国規模の世論調査によって原子力に関する世論の動向や情報の受けての意識を正確に、かつ経年的・定点的に把握することを目的に実施されている。

2008 年 10 月の第 3 回調査（その 3）[219]では全国の 15～79 歳男女個人 1,200 人（住宅地図データーベースから世帯を抽出し、個人を割当）を対象に、個別訪問留置調査を行っている。ここでは、専門家への信頼、政府管理への信頼、信頼できる原子力技術、原子力平和利用への信頼および放射性廃棄物処分への感情等の質問項目について調査し、その結果を 2007 年 3 月の調査結果（以下、「その 2」という）[220]と比較している。2008 年調査結果（その３）の主な質問項目を表4.1.2-1 に示し、その調査結果を表4.1.2-2 に示す。また、その中の代表的な調査結果について以下に述べる。

表4.1.2-1　専門家の信頼性等に関する 2008 年度の世論調査の主な質問項目[219]

質問 No	主な質問項目
問 9-1	原子力やエネルギーに関する日頃の情報源
問 9-2	原子力やエネルギーに関するよい情報と悪い情報の入手経路
問 11-1	原子力に携わる専門家や原子力関係者を信頼できるか
問 12	原子力分野で活躍を期待する立場の人
問 13-1	原子力の安全管理や規制を行っている国や自治体を信頼できると思うか
問 14	原子力の安全管理を国や自治体に安心して任せるための配慮点
問 15	日本の原子力技術のうち、信頼しているもの
問 18	放射性廃棄物の処分について、どの程度安心（不安）に感じるか
問 23	原子力の平和利用(原子力発電、再処理、放射線利用等)で信頼できるもの

1)「原子力に携わる専門家や原子力関係者を信頼できるか(その理由)」(問 11-1、2)

原子力に携わる専門家や原子力関係者を信頼できると思うか尋ねた[219]ところ、肯定派小計（「信頼できる」+「どちらかといえば信頼できる」）は 25.3%に対し、否定派小計（「信頼できない」+「どちらかといえば信頼できない」）は 15.6%と肯定派がやや上回る結果となった。一方、「どちらともいえない」という態度保留者が 58.4%と多数を占めている。その 2[220]と比較すると肯定派はやや増加し、否定派はやや減少という結果となっている。年代別にみると、20～30 代での態度保留者が６割半ばと他の年代に比べて多く、70 代の「信頼できる」は 11.4%と高いと報告されている。

「どちらともいえない」と答えた層の主な理由について JAERO は、「知識がない、難しくてわからない」「隠す、嘘つき、都合が悪いことを言わない」「情報公開されていない、情報が少ない」などが多いと述べている。

2) 原子力分野で活躍を期待する立場の人 (問 12)

今後の安全な原子力の利用を続けていくために、どのような立場の人の活躍を期待

するかを複数回答で尋ねた[219]ところ、「大学や研究所」が 53.9%と最も高く、次いで、「国や自治体」(52.0%)、「電力会社などの事業者」(46.5%)、「NPO（非営利組織）」(24.9%)、「公益法人（財団法人、社団法人）」(7.3%)の順であったと報告されている。その 2 と比べると、「大学や研究所」が 10 ポイント近く増加し、その 2[220]の 2 位からトップになったと述べている。

ここで原子力分野の関係者への信頼に関係する調査結果として、前述(2)項（図 4.1.2-1）で EU が 2008 年 3 月に実施した意識調査（EB297）[108]と上述の 2008 年度の世論調査の結果[219]を比較し、表4.1.2-3 に示す。その結果、国・地域の範囲や回答数、質問内容と回答の選択肢の数や内容等が異なっており、全く同列で比較することは難しいが、少なくとも現状または将来的に信頼に関係する原子力分野関係者として大学や研究機関等の科学者をイメージできる回答が日本と EU で共に上位であることは言える。

表4.1.2-2　専門家の信頼性等に関する 2008 年度の世論調査の結果（1／2）[219)]

質問 No	調査結果
問 9-1	原子力やエネルギーに関する日頃の情報源 よい情報、悪い情報とも「テレビ・ラジオなどのアナウンサー」が最も高く、次いで「新聞・雑誌などの記者」が続くという順序は同じであるものの、反応水準は悪い情報の方が大きく上回ると報告されている。その 2[220)]と比較すると、「専門家」はよい情報・悪い情報とも５ポイント以上の減少しており、また、悪い情報で「テレビ・ラジオなどのアナウンサー」「新聞・雑誌などの記者」を挙げる人も 5 ポイント以上減少していると述べている。
問 9-2	原子力やエネルギーに関するよい情報と悪い情報の入手経路 「テレビ」（81.2%）、「新聞」（55.6%）が主な情報源となっていると報告されている。この傾向はその 2 と同様であるが、スコアを見ると、その 2 で減少した「新聞」が今回は約６ポイントアップし、前々回である 2006 年 3 月の調査結果[221)]の水準に近づいていると述べている。今回調査から選択肢の表現を変えた「博物館・展示館・PR 施設」は約 6 ポイントダウンと報告されている。年代別にみると、10～20 代の若い層は「インターネット」、40～70 代の中・高年層は「新聞」で全体よりも 5 ポイント以上高いと報告されている。
問 11-1	原子力に携わる専門家や原子力関係者を信頼できるか 安心（「安心」（0.8%）+「どちらかといえば安心」（5.6%））という回答は 6.4%であるのに対し、不安（「不安」（18.8%）+「どちらかといえば不安」（35.7%））という回答は 54.5%と不安が圧倒的に高いと報告されている。その 2[220)]と比べても、反応傾向は同様であると述べている。年代別でみると、40 代で「不安」+「どちらかといえば不安」という回答は 6 割を超えると報告されている。
問 12	今後の安全な原子力の利用を続けていくために、どのような立場の人の活躍を期待するか 「大学や研究所」が 53.9%と最も高く、次いで、「国や自治体」（52.0%）、「電力会社などの事業者」（46.5%）、「NPO（非営利組織）」（24.9%）、「公益法人（財団法人、社団法人）」（7.3%）の順であったと報告されている。その 2[220)]と比べると、「大学や研究所」が 10 ポイント近く増加し、その 2[220)]の２位からトップになったと述べている。
問 13-1	原子力の安全管理や規制を行っている国や自治体を信頼できると思うか 信頼できる（「信頼できる」（3.6%）+「どちらかといえば信頼できる」（19.4%））という回答は 23.0%に対し、信頼できない（「信頼できない」（7.8%）+「どちらかといえば信頼できない」（15.4%））という回答は 23.2%とほぼ同率であったと報告されている。また、「どちらともいえない」という態度保留者が 53.3%と多数を占める結果であり、その 2[220)]と比べると、肯定派が若干増加していると述べている。年代別でみると、おおむね肯定的な回答は、年代が上がるにつれて高まる傾向にあり、特に 70 代では「信頼できる」という回答が 11.4%と他の年代に比べて高いと報告されている。

引用：財団法人日本原子力文化振興財団、平成 20 年度原子力利用の知識普及啓発に関する世論調査（その 3）(2008)

表4.1.2-2　専門家の信頼性等に関する 2008 年度の世論調査の結果（2／2）[219)]

質問 No	調査結果
問 14	原子力の安全管理を国や自治体に安心して任せるためには、どういった点が配慮されるべきだと思うか 「事故原因の徹底究明」、「情報公開」（ともに 71.8%）、「安全管理規制の強化」（56.5%）、「事故に対する未然防止策」（55.1%）、「放射線管理の徹底」（50.3%）の回答が５割を超えたと報告されている。一方、「展示館の設置」（6.3%）、「地域振興」（7.8%）は１割未満の水準であり、その 2[220)]に比べて、「責任の所在の明確化」は約６ポイントアップしていると述べている。
問 15	日本の原子力技術のうち、信頼しているもの 「放射線の医療利用」が 69.9%と最も高く、次いで「発電」が 40.8%と、この２項目への反応が高いと報告されている。それ以外の項目については、「非破壊検査」（11.8%）を除いて１割に満たない水準にあり、その 2 と[220)]比べると、２位の「発電」が約７ポイントアップしていると述べている。
問 18	放射性廃棄物の処分について、どの程度安心（不安）に感じるか 安心（「安心」（0.8%）+「どちらかといえば安心」（5.6%））という回答は 6.4%であるのに対し、不安（「不安」（18.8%）+「どちらかといえば不安」（35.7%））という回答は 54.5%と不安が圧倒的に高いと報告されている。その 2[220)]と比べても、反応傾向は同様であると述べている。年代別でみると、40 代で「不安」+「どちらかといえば不安」という回答は 6 割を超えると報告されている。
問 23	現在日本が進めている原子力発電、再処理、放射線利用などの原子力の平和利用について信頼できると思うか 信頼できる（「信頼できる」（3.8%）+「どちらかといえば信頼できる」（20.5%））という回答は 24.3%に対し、信頼できない（「信頼できない」（4.8%）+「どちらかといえば信頼できない」（10.3%））という回答は 15.1%と低いと報告されている。しかし、「どちらともいえない」という態度保留者が 59.5%と多数を占めることが示されている。その 2[220)]と比べると、否定派が若干減少していると述べている。性別でみると肯定的な回答は男性の方が高めであり、年代別では、肯定的な回答は 50 代以上で 3 割前後の比率を示すと報告されている。

引用：財団法人日本原子力文化振興財団、平成 20 年度原子力利用の知識普及啓発に関する世論調査（その 3）(2008)

表4.1.2-3　原子力分野関係者への信頼に関係する調査結果の日欧比較

項目		日本 JAERO の世論調査(2008)[219]		EU の意識調査 EB297(2008)[108]	
質問内容		今後の安全な原子力の利用を続けていくために、どのような立場の人の活躍を期待するか		あなたは、放射性廃棄物が自国で管理する方法に関して下記のどこから情報を与えられることを期待しますか	
調査方式		個別訪問留置調査		街角でのインタビュー調査	
回答数		全国の 15～79 歳男女個人 1,200 人		EU 加盟 27 カ国の 26,746 人	
回答方式		複数回答		複数回答	
回答結果	1 位	大学や研究所	53.9%	科学者	40%
	2 位	国や自治体	52.0%	NGO	38%
	3 位	電力会社などの事業者	46.5%	国際機関	32%
	4 位	NPO（非営利組織）	24.9%	実施主体	30%
	5 位	公益法人	7.3%	国の政府	21%
	6 位	－		EU	17%
	7 位	－		原子力産業界	12%
	8 位	－		メディア	12%

3)「原子力の安全管理や規制を行う国や自治体を信頼できるか(その理由)」(問 13-1,2)

原子力の安全管理や規制を行っている国や自治体を信頼できると思うか尋ねた[219]ところ、肯定派小計は 23.0%に対し、否定派小計は 23.2%とほぼ同率であったと報告されている。また、「どちらともいえない」という態度保留者が 53.3%と多数を占める結果であり、その 2[220]と比べると、肯定派が若干増加していると述べている。年代別でみると、おおむね肯定的な回答は、年代が上がるにつれて高まる傾向にあり、特に 70 代では「信頼できる」という回答が 11.4%と他の年代に比べて高いと報告されている。「どちらともいえない」と答えた層の主な理由について JAERO は、問 11-2 と同様であったと述べている。また、国や自治体不信層では「職員の姿勢」「責任の所在の明確化」という要望が高いと述べている。さらに、JAERO は、関心がないため知ろうとしない、知ろうとしないからわからない、わからないから関心がない、という「負のスパイラル」に陥っていることがわかり、この悪循環を断ち切るためにこそ、知識の普及や啓発に効果的な手法の明確化が求められていると考察している。

4) 日本の原子力技術のうち、信頼できるもの(問 15)

日本の原子力技術のうち、信頼しているものを尋ねた[219]ところ、「放射線の医療利用」が 69.9%と最も高く、次いで「発電」40.8%、「非破壊検査」（11.8%）の順となったと述べている。

4.1.3 科学技術への信頼に関する考え方のまとめ

前述の4.1.1　節では、社会心理学分野の既往の研究の文献調査により、能力（科学的・技術的レベルの高さ）・意図（公正さ・真面目さ・思いやり）・主要価値類似性（SVS）等の信頼と結びつく要因が検討された。また、4.1.2　節では原子力分野における信頼に関する事例が文献調査された。本項で検討された結果を以下に列記する。

① 原子力に係るリスクは、もともと危険が見えにくいし、見えたとしても避ける手段に乏しく、自分でリスクとの接し方をコントロールできないものに位置付けられる。

② このタイプのリスクの場合、自己責任でそれを回避することは困難であるから、そのリスクマネジメントは他者に依存しなければならず、そこから出てくるのが信頼性の概念である。

③ 原子力等の科学技術の情報については受け身で与えられる情報が中心であり、得た情報についての判断も現実には他者に依存しなければならず、他人への「信頼」が重要な役割を果たしている可能性があるものと考えられる。

④ 本研究では、信頼は「不確実性があるのに何かを委任しようとする心理的状態」とする別途の定義を踏襲する。この定義を踏襲すれば、原子力発電や放射性廃棄物処分などのある科学技術や人間活動がもたらすリスクをどう扱うかについて、行政・電気事業者・処分事業者等の特定のリスク管理機関に業務を任せてしまってよいと感じることが、その管理機関（組織）を信頼することになる。

⑤ 日本では原子力に関する情報源としては、テレビ番組、新聞記事等がよく利用されている。情報の信頼性についても、テレビ番組、新聞記事、自治体の広報誌が上位にあがっている。すなわち、自ら収集するというよりも受け身で与えられる情報が中心であることが判る。

⑥ 日本では原子力に携わる専門家や原子力関係者を信頼できるとする肯定派小計は25.3%であり、信頼できないとする否定派小計 15.6%と肯定派がやや上回る結果となった。また、「どちらともいえない」という態度保留者が 58.4%と多数を占めている

⑦ 日本では国や自治体を信頼できるとする肯定派小計は 23.0%であり、信頼できないとする否定派小計は 23.2%とほぼ同率であった。また、「どちらともいえない」という態度保留者が 53.3%と多数を占める。

⑧ 日本の原子力技術では「放射線の医療利用」が最も信頼（69.9%）されている。

⑨ 原子力分野の関係者への信頼に関係する調査結果では、信頼に関係する原子力分野関係者として大学や研究機関等の科学者をイメージできる回答が日本と EU で共に上位である。

4.2 HLW 処分の情報と実践研究等から得られた知見調査

ここでは一般市民と地域住民が知りたい HLW 処分の情報と、実践研究等から得られた知見について調査する。

4.2.1 一般市民と地域住民が知りたい HLW 処分の情報の文献調査

(1) 一般市民が知りたい HLW 処分の情報

日本原子力産業協会(JAIF）は、2008 年 9 月～10 月に原発非立地 33 都府県の 16～59 歳の男女 2,365 名を対象にインターネットを用いてエネルギーに関する意識調査[175]を実施した。本調査は、様々なステークホルダーにおける原子力に関する知識普及啓発活動や広報活動のあり方などを検討するための重要な知見として、全国規模の世論調査によって原子力に関する世論の動向や情報の受けての意識を正確に、かつ経年的・定点的に把握することを目的に実施されている。この中で「HLW 処分場について知りたい内容」と質問に複数回答を求めた[175]。その結果[175]、一般市民が HLW 処分場について最も知りたいとしたのは、①処分の安全対策（72.3%）であり、次は②廃棄物処分による放射線（能）の環境・人体への影響（71.1%）であり、この２つが群を抜いて高かった。以下は、③廃棄物処分の仕組み（47.3%） 、④海外の廃棄物処分の現状（43.4%） 、⑤処分場の建設場所を決める基準・決め方（42.7%）、⑥廃棄物処分にかかる費用（36.3%）、⑦廃棄物処分の必要性（31.1%）、⑧処分場立地に伴う地方への交付金（19.0%）の順であったと報告されている。

本調査[175]はインターネット調査であり、回答した対象者が特定できず、また、２重の記入も否定できない点は考慮に入れる必要があるが、不特定の一般市民が HLW 処分場について知りたい内容は、廃棄物処分の安全性と放射線の健康影響等といった技術そのものの安全性と経済性である可能性が示唆された点は参考になる。

(2) 地域住民が知りたい HLW 処分の情報

前項は全国の原発非立地 33 都府県を対象に一般市民が知りたい HLW 処分の情報について述べた。本項では地域住民が知りたいだろうと予想する HLW 処分の情報を調査した。本項については日本の調査結果が見当たらなかったので、前述の 2008 年に行った EU の意識調査（EB297）[108]の調査結果を引用した。

EB297[108]の QB9 では「放射性廃棄物のための深い地中処分サイトがあなたの家の近くに建設されることになっていた場合、あなたは何に最も心配するでしょうか」と択一回答で尋ねた。その結果、「環境と健康に対する影響」が 51%と最も高く、次いで、「操業中の放射能漏れ」（30%）、「処分場への廃棄物の輸送」（7%）、「テロリスト攻撃」

（4%）、「不動産価格の下落」（3%）の順であったと報告されている。この EB297[108] の調査結果を 2005 年の EB227[217]の結果と合わせて図4.2.1-1 に示す。すなわち、EU の一般市民は自分の子孫に影響を及ぼすかもしれない 1～100 万年後の閉鎖後安全性を心配しているのではなく、自分や自分の家族に影響を及ぼすかもしれない放射線安全や操業安全について心配していることが判る。

一方、2008 年の EB297[108]はヨーロッパ人の放射性廃棄物処分に伴うリスク認知は 2005 年の EB227[217]と同じであったと述べている。また、EB297[108]は最も衝撃的な結果は、EU のすべての国の回答者において、放射性廃棄物の処分場の環境と健康への潜在的効果は、自分の家の近くのそのようなサイトがもたらすことは最も厄介な局面であると考えられているということであると述べている。すなわち、これは 2.2.4(2)項で述べた日本での NIMBY 傾向と根底を通じるものであり、その意味では日本と EU の一般市民の基本的な認識は大差ないことが予想される。

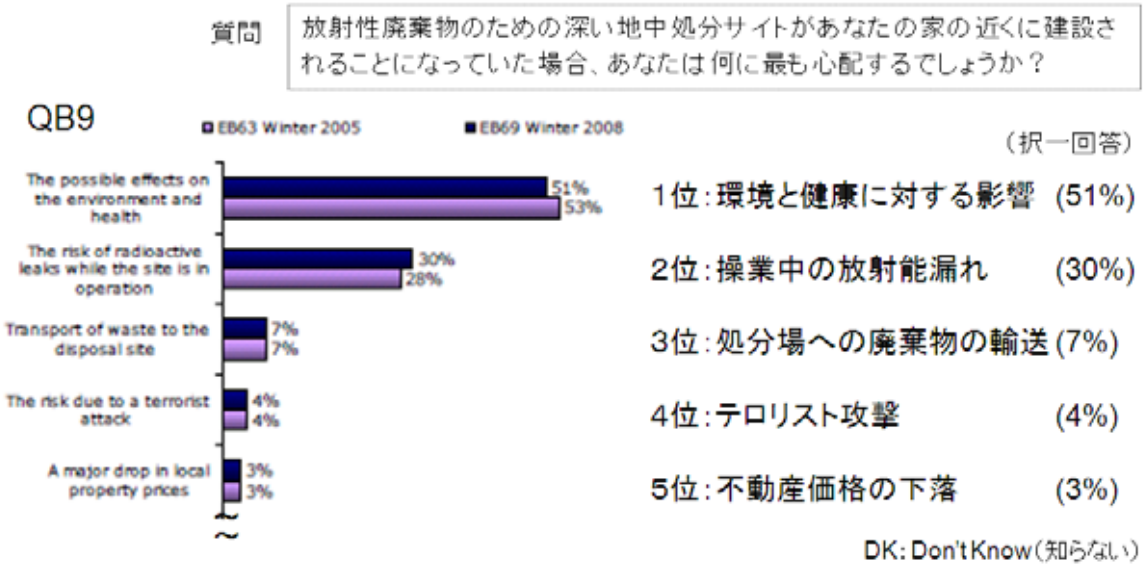


図4.2.1-1　EU において地域住民が知りたい安全性の情報[108]

4.2.2　地域住民との実践研究から得られた知見

(1) 日本における実践研究の事例

核燃料サイクル開発機構(JNC)東海事業所では、2000 年頃より地元・東海村でのリスクコミュニケーションに取り組んでおり、その取組みのひとつとして JNC の従業員が地域住民との少人数での対話を行っている[222)-224)]。地域住民ら[225)]は、従来の原子力や放射線に関するパンフレット等をはじめとしたメッセージ（広報素材）は、事業者が伝えたいことをできるだけ正確に伝えようとする内容になっているため、専門用語やカタカナ言葉が多く、また、情報量も多いため、有効・的確に受け入れ難かった

としている。そこで東海村在住の 20 代～60 代の地域住民男女 7 名が「メッセージ作成ワーキンググループ（以下、「住民 WG」という）」を 2004 年 8 月に結成し、住民の視点から原子力や放射線について体験を通して習得し、メッセージを作成する取り組みを行った[222)-224)]。住民 WG の職種は農業、主婦、会社経営など様々であり、原子力に対する知識・関心度も様々であり[222) -224)]、活動は地域の交流館に専用スペースを設置し、月 3 回、3 時間／回の頻度で活動したと説明されている[223)]

住民 WG[225)]は自分達が放射線について基本的なことを知り、それを伝えていくこと「放射線と被ばく」をテーマにスタートした。米澤ら[222)]は、活動を開始した当初は、事務局がテーマ案など様々な情報を準備し、それをもとにメンバーから多くの意見を引き出そうとしたが、あまり活発な議論はできなかったと述べている[222),223)]。しかし、回を重ねるごとに、メンバー同士のコミュニケーションが取れ、お互いに打ち解けあい、また、勉強会や体験を通して放射線に関する理解が深まったことによって、様々な意見や提案がスムーズに出るようになり、少しずつではあるが、住民主導の会合ができるようになっていったと述べている[222),223)]。

上述の活動で理解した内容は、住民 WG により日本原子力学会[225)] 、日本保健物理学会[226)]でポスター発表された。住民 WG[225)]はリスクメッセージ作成への取り組みのポスターを見た他の地域住民のアンケート結果は「より親しみやすい、住民の関心にあったメッセージと評価された」と述べている。また、米澤ら[222)]は、これまでのパンフレット等と比べ、「親近感が湧いた」、「視点や興味が自分とあっている」との好意的な意見も多くみられたと述べている。さらに、住民 WG[226)]はパネルの結論として「将来のエネルギー危機を視野に入れて、住民と原子力がうまく共生できるよう橋渡し役として安全・安心に結びつく活動をしていきたい」と述べている。

米澤ら[222)]は、パネルを見た多くの住民の立場から、協働した住民の原子力や放射線に対する疑問や不安を拾い上げ、メッセージに表現することで、東海村に住む多くの住民の関心や興味をひく内容のメッセージにつながったと述べている。

高下ら[224)]は、これは住民 WG が、理解した内容を地域の住民だけでなく、自分たちの活動を専門家にも伝えたい、専門家に住民の考えを知ってもらいたい、専門家と対話してみたいという気持ちから派生したものであると述べている。また、住民 WG の発表ポスター[226)]について、高下ら[224)]は「参加した地域住民に橋渡し役としての意識が高まっていることが伺える」と述べている。

(2) 実践研究から得られた知見の考察

茨城県東海村における実践研究を行った米澤ら[222)]、高下ら[224)]は核燃料サイクル技術の開発拠点である JNC 東海事業所の従業員であり、一般に地域住民からは本分野専門家と見られる可能性が高い。また、この専門家は信頼に関係する原子力分野関係者としての大学や研究機関等の科学者（以下、「科学者等」という）である。一方で

JNC の従業員は東海村と隣接するひたちなか市を中心とした同じ地域に科学者等が長年居住している（以下、「居住地域同一性」という）。これに伴い、地域のコミュニティとして子息を中心とした学校等での父母会、趣味のサークル活動、住居での近所付き合い、その他の友人関係等が地域住民との間で形成されている可能性も否定できない。他方、住民 WG と JNC の専門家とはかなりの長期間にわたり月 3 回、3 時間／回の頻度で何回も繰り返し面談している。これにより地域住民と科学者等が知り合ってから同じコミュニティ内で一緒にいた時間が長い（以下、「認知後経過時間長期性」という）と考えられる。JNC 東海事業所の従業員は、本来、本分野専門家として扱われる可能性があるが、地域に長年居住し、地域のコミュニティに溶け込み、その上で何度も繰り返し面談することで、本研究で後述する他分野専門家として機能している可能性がある。但し、この点については後述の4.5.2　節にてさらに検討する。

さらに、住民 WG は「自分たちが知ったことをひとつでも多く他の人に伝えたい、理解してほしいという気持ちが出てきた」[222]、「自分たち（住民 WG）は住民と事業者との「橋渡し役」である」[226]との表現があることを考慮すると1.3.2　(5) 1) 項で述べた高関心者であると考えて良いものと思われる。高関心者であるとすれば4.1.1 (3) 項で述べた統合モデルを適用すれば主要価値類似性(SVS)を満たすことが信頼と結びつくこととなる可能性がある。

すなわち、JNC の専門家は、住民 WG がやりたいと思う内容の実現を支援する立場となっているものと考えられ、主な価値観を共有した状態となって信頼関係を構築している可能性がある。また、その主要価値類似性(SVS)を満たすことで信頼される関係になる過程では、居住地域同一性や認知後経過時間長期性が主な価値観を共有することに寄与している可能性がある。

しかし、上述の内容はあくまでも作業仮説であり、JNC の従業員や地域住民らの個人情報を含む内容のアンケート調査に基づき科学的な根拠により確認できた内容ではない。そのため、今後の社会受容研究分野における進捗が期待される。

4.2.3　HLW 処分の情報と実践研究等から得られた知見のまとめ

4.2.1　節では、一般市民等が知りたい HLW 処分の情報を文献調査した。また、4.2.2 節では原子力バックエンド分野が専門と思える科学技術の専門家が地域住民に説明し、対話した結果を調査した。ここで検討された結果を以下に列記する。

(1) 一般市民と地域住民が知りたい HLW 処分の情報の調査結果のまとめ

① JAIF が 2008 年に原発非立地 33 都府県の男女 2,365 名を対象に行ったインターネット調査によれば、一般市民が HLW 処分場について知りたい内容は、廃棄物処分の安全性と放射線の健康影響等といった技術そのものの安全性と経済性である可

能性が参考情報として示唆された。

② 2008 年の EU の意識調査（EB297）[108]によれば、自宅の近くに HLW 処分場が建設されることになっていた場合に最も心配する項目を択一で尋ねたところ、「環境と健康に対する影響」と「操業中の放射能漏れ」が卓越した回答項目であったと報告されている。EU の一般市民は自分の子孫に影響を及ぼすかもしれない 1 万年、100 年後の閉鎖後安全性を心配しているのではなく、自分や自分の家族に影響を及ぼすかもしれない放射線安全や操業安全について心配していることが判る。

③ なお、EB297[108]は、EU のすべての国の回答者が HLW 処分場による環境と健康に対する影響の潜在的効果が最も厄介な局面であると考えているのだろうと述べている。すなわち、これは前出の日本の NIMBY[109]傾向と根底を通じるものであり、その意味では日本と EU の一般市民の基本的な認識は大差ないことが予想される。

(2) 日本における実践研究から得られた知見のまとめ

① 「メッセージ作成ワーキンググループ」活動を行った東海村の住民 WG は、「他の人に伝えたい」「理解してほしい」「橋渡し役」と自らやりたいと思う内容を表現しており、高関心者に位置付けられる。そのため、主要価値類似性(SVS)を満たすことが信頼と結びついた可能性がある。

② JNC の専門家は、住民 WG がやりたいと思う内容の実現を支援する立場となっているものと考えられ、主な価値観を共有した状態となって信頼関係を構築している可能性がある。

③ 主な価値観を共有し、主要価値類似性(SVS)を満たすことで信頼される関係になる過程では、居住地域同一性や認知後経過時間長期性が価値観を共有することに寄与している可能性がある。

④ JNC 東海事業所の従業員は、本来、本分野専門家として扱われるべきであるが、地域に長年居住し、地域のコミュニティに溶け込み、その上で何度も繰り返し面談することで、本研究で後述する他分野専門家として機能している可能性がある。

⑤ 但し、上述はあくまでも作業仮説であり、個人情報を含む内容のアンケート調査に基づき科学的な根拠により確認できた内容ではないことに注意が必要である

4.3 信頼される専門家の要件と区分

ここでは社会心理学分野の既往の研究等の調査結果から、信頼される専門家の要件を摘出し、関心度・対象領域（地域）により信頼される専門家の区分を検討することにより、信頼される専門家の考え方を整理する。

4.3.1 信頼される専門家の要件の摘出

前述の1.3.2　節および4.1.1　節では、社会心理学分野の既往の研究により、能力（科学的・技術的レベルの高さ）・意図（公正さ・真面目さ・思いやり）・主要価値類似性（SVS）等の信頼と結びつく要因が検討され、GMO については専門の組織を対象としたアンケート調査により検証された。

また、4.1.2　節では原子力分野における信頼に関する事例が文献調査され、一般市民を対象とした質問紙調査等により現状または将来的に信頼を得られる職種としての科学者等をイメージできる回答が日欧で共に上位であることが判った。但し、これについては表4.1.2-3 に示す通り直接的にこの質問と回答があった訳ではなく、本来は別の主旨の質問への回答である。すなわち、EU のもの[108]が「どこから情報を与えられることを期待しますか」と現在のことを質問しており、日本のもの[219]が「今後（中略）どのような立場の人の活躍を期待するか」と将来のことを質問している。そのため、日本のもの[219]が現時点で信頼されているとは限らない。しかし、現状または将来的に信頼を得られる職種と考えれば、科学者等がそれに該当すると理解して良いものと考えられる。また、この傾向は図4.1.2-2[218]にも現れており、原子力に関する情報源としては上位にない専門家が、信頼できる情報源には上位に来ており、より関心が高いと考えられる立地地域の方がその傾向が強く表れている。

加えて4.2.2　節では本来は本分野として取り扱うべき JNC の専門家が、かなり長い期間にわたり何回も繰り返し面談し、住民 WG がやりたいと思う内容の実現を支援する立場となることで主な価値観を共有し、信頼関係を構築している可能性が示された。また、科学的な根拠はないが、ここに居住地域同一性や認知後経過時間長期性が価値観を共有することに寄与している可能性があることが示された。

上述の検討により信頼される科学者の要件となるキーワードが以下のように摘出された。以下のキーワードはいずれも原子力などの科学技術に関係する専門家への信頼に関与するものと考えられる。しかし、これらの相関関係はまだ理解されていない。そのため、これらの相関関係や区分は次節以下で議論を進めることとする。

- 意図（公正さ・誠実さ・真面目さ・思いやり）
- 主な価値観（主要価値類似性：SVS）

・能力（科学的・技術的レベルの高さ）
・現在または将来に信頼を得られる職種としての科学者等
・居住地域同一性*
・認知後経過時間長期性*　　*現状では作業仮説としたのもの

4.3.2 関心度・対象領域による信頼される専門家の区分

前節で摘出された要件となるキーワードから、一般市民の関心度・対象とする領域によって信頼される専門家を区分することを検討した。

(1) 関心が低い状況で信頼される専門家

4.1.1 (3) 項で述べた通り、統合モデル（図1.3.2-2）に HLW 処分への関心が低い場合を適用すると、相手の能力評価や公正さ・真面目さ・思いやりに代表される意図（動機付け）評価の影響が相対的に高まり、価値類似性評価の信頼への影響が低下する。すなわち、信頼との結びつきは4.1.1 (1) 項で述べた伝統的信頼モデルが説明できるようになる。しかし、中谷内[51]が指摘するように能力評価は関心の度合いに関わらず信頼との結びつきは弱く、研究者としての価値（科学的・技術的レベルの高さ）を一般市民に押しつけても信頼は得られない。そのため、関心が低い状況（低関心）では山岸[48]が指摘するように伝統的信頼モデルの２番目の項目である公正さ・誠実さ・真面目さ・思いやり等の意図（動機付け）評価が信頼に強く結びつくこととなる。

一方で、前述の表4.1.2-3 で述べた通り、一般市民への日本の質問紙調査[218]と EU の街頭インタビュー調査[108]では、信頼を得られる職種としての大学・研究機関の科学者をイメージできる回答があった。

中谷内ら[49]は、遺伝子組み換え作物（GMO）を題材とした一般市民を対象とした調査結果を踏まえて信頼への結びつきは、低関心者にとっては公正さが強いと述べている。また、中谷内[51]は、一般市民に信頼されている立場にいる科学技術の専門家が問題の解決（リスク情報の処理）を行うことが重要であると述べている。

上述をさらに掘り下げると、関心が低い状況で信頼される科学者等の像が見えてくる。すなわち、科学技術の専門家が、個人として4.1.1 (1) 項で述べた伝統的信頼モデルの２番目の意図（動機付け）評価にあげられている公正さ・誠実さ・真面目さ・思いやりがあることは重要であるし、HLW 処分の社会受容に取り組む上では最低限、必要なものである。一方、組織としてこれらに取り組むには組織が基本骨格とその運用方法を示していかなければならない。すなわち、組織の基本骨格とは HLW 処分の広域広報や地域との相互理解に取り組む部署があることを明示する必要があり、その運用方法を行動規定・倫理規定として示す必要がある。また、その運用された結果の品質を管理し、失敗事例をフィードバックする組織があることを明示し、その運用方

法を示す必要がある。また、それを監視する当事者以外の第３者性のある組織があることを示す必要がある。しかし、これらは普通に企業等で行われていることであるが、これが備わったとしてもその組織が信頼されている訳ではない[227]。原子力発電や原子力立地地域の地方公共団体の高信頼性組織の条件を含めて研究対象としている中西[228]はこれら以外に必要な条件について以下のように述べている。中西[228]は「高信頼性組織の原則」として、正直さ、慎重さ、鋭敏さ、機敏さ、柔軟さという５つの組織プロセス上の特性があると述べている。また、高信頼性組織における組織デザインの特徴は、単純なヒエラルキー構造を許さず、冗長性と柔軟性および意思決定の権限を必要に応じてオペレーションの現場に委譲するという中央集権と自立分散のハイブリット構造を取ることができるものであると述べている。但し、中西[228]は原子力立地地域の地方公共団体のように社会的影響が大きな組織については、能力や規模的な限界から単一組織の境界を越えた事実上の組織を予め整備しておく必要性を指摘している。

しかし、関心が低い状況では HLW 処分の基本的な情報を伝えることも困難な状況にあるのに、それに関与するいくつかの組織の個々の基本骨格や運用方法さらには品質管理や失敗事例のフィードバックまで説明して伝わるとは思えない。そのため、上述した高信頼性組織の条件は高関心者を対象としたものと考えられる。低関心者を対象とした場合はどうかと言えば、外見や肩書き等によりもっと受け入れられ易いものを求めることが考えられる。すなわち、信頼される専門家とは「全国を対象に説明した際にその公正さを納得されやすい組織上の立場にある大学・研究機関の科学者」と考えるべきである[30]。

(2) 関心が高い状況で信頼される専門家

4.1.1　(3) 項で述べた通り、統合モデル（図1.3.2-2）に HLW 処分への関心が高い場合を適用すると、主要価値類似性(SVS)を満たすことが信頼と結びつくこととなる。なお、SVS モデルは一般市民がリスク対象に対して十分な知識を持たない状況において、自分が情報処理する代わりにその処理を自分が信頼する他者に委ねる手法を指している。すなわち、SVS モデルが説明するように、主要価値の類似性評価が相手への信頼を導き、決定結果に関係する道義的価値が信頼に強く影響する。また、中谷内[51]が指摘するように、ここでは決定過程に携わる相手の能力や公正さ評価などの影響は比較的小さいものと考えられる。

一方で、前述の4.1.2　(4) 2) で述べた通り、JAERO の意識調査[219]では、信頼を得られる職種としての大学・研究機関の科学者をイメージできる回答があったが、同じ

[30] これは例えば、HLW 処分以外の科学技術的な活動において既に国民に評価されている大学・研究機関の一定の地位としての呼称（いわゆる肩書き）のある科学者であり、有名な大学の理工学系の教授や有名な研究機関のフェロー等がそれに相当するものと考えられる。

者が自分の居住する市区町村または近隣市区町村が HLW 処分場を設置することに79.6%が反対している。この回答をした母集団である全国の一般市民が HLW 処分への関心が高いかどうかは判らない。むしろ原子力施設の立地地域と非立地区域を区別して意識調査した訳ではないため、あまり当事者としての関心が高くない者が多く含まれていたと考えられる。

前項と同様に上述をさらに掘り下げるていくと、関心が高い状況となった HLW 処分場立地候補地点の地域住民の場合は、信頼される専門家の像は前項 1)のそれとは異なってくるものと考えられる。なぜならば、この場合の他分野専門家になる者を決めるのは推進側機関ではなく、一般市民や地域住民が推挙する可能性があるためである。中谷内ら[49]は、遺伝子組み換え作物（GMO）を題材とした一般市民を対象とした調査結果を踏まえて信頼への結びつきは、高関心者にとっては価値類似性が強いと述べている。すなわち、主要価値類似性(SVS)が強いことから地域住民と古くからの係わりがあり（認知後経過時間長期性)、運命共同体として同じ地域に長年住み（居住地域同一性)、地域にとっての得失を十分に理解している科学者等が信頼される専門家になる可能性がある。但し、ここにおいても中谷内[51]が指摘する通り、科学者等の能力（科学的・技術的レベルの高さ）の信頼への結びつきは強くないため、中央にある有名な大学・研究機関の専門家よりも地域に共存する科学技術の専門家の方が地域住民から望まれる可能性がある。これは前述の4.2.2　(2) 項で示した茨城県東海村における本分野専門家と東海村の地域住民との事例でも示されている。この地域住民との実践研究は、前述の「S to S」（本分野専門家から他分野専門家への説明とそれに続く討論）ではなく、原子力バックエンド分野が専門と思える科学技術の専門家が地域住民に説明して、対話したものである。また、住民 WG が自ら橋渡し役と言っており、先導的な地域住民が他の住民を説明したものである。慣れない原子力に係る科学技術的な内容を理解し、一定の知識を身につけた住民 WG が他の地域住民から理解し易いと評されることは、一般市民への信頼の結びつきでは能力評価はあまり強くないことを示す事例となっているものと考えられる。

すなわち、高関心者を対象とした場合の信頼される専門家とは「一般市民がリスク対象に対して十分な知識を持たない状況において、自分が情報処理する代わりにその処理を委託するために推挙する、主な価値観を共有できる科学者等」と考えるべきである[31]。

4.3.3　信頼を得た他分野専門家の形成

上述の信頼される専門家の要件と区分を踏まえ、前章で述べた「S to S」の他分野専

[31] これは例えば、地域の大学の理工学系の教授や地域と共生する製造業の技師および地域の医師等の科学者がそれに相当するものと考えられる。

門家において、信頼を得た他分野専門家が形成される過程について述べる。信頼を得た他分野専門家の形成過程を図4.3.3-1 に示す。

従来の説明プロセスでは本分野専門家が、直接、一般市民等に HLW 処分の安全性等を説明することが考えられていた。しかし、説明される専門的な技術情報は科学技術的な基礎知識のない一般市民等には理解されなかった。また、本分野専門家は一般市民等から信頼されていないため、推敲咀嚼された技術情報としても伝えることができなかった。従来の説明プロセスで公正さや透明性を示すという醸成的な段階が重要なのは、本分野専門家である説明者が信頼されていないことが主な理由である。一般市民等に専門的な技術情報を伝える科学技術の専門家はこの醸成的な段階を経て信頼を得た者でなければならない。

本研究の説明プロセスでは、本分野専門家は最初から HLW 処分の安全性等を説明しようとするのではなく、他分野学協会、マスコミ、地域公共団体等の一般市民等に、媒介役となる科学技術の専門家を推挙して欲しいと依頼する。例えば、事例として最も容易な地域の場合、他分野専門家は地域（住民）から推されてこの科学技術の専門的な技術情報の媒介役となる。地域（住民）がその個人を選ぶのは能力、意図（真面目さ、公正さ、思いやり等)、主要価値類似性（SVS）等からそもそも信頼しているためであり、この他分野専門家は地域（住民）より HLW 処分の安全性等の専門的な技術情報に関するリスクマネジメントを委される。その上、科学技術の専門家としての知識・慣習とステータスを持っているため、一定の科学技術の専門家を対象とする場合は、公衆への説明の場合とは異なり、討議や論文引用の形式は科学技術系の学協会等で多用されている手法に則ることができる。このように場のルールが決まっていることにより、「S to S」では、上述の醸成的な段階にあるような場の設定に関する事項は著しく軽減されることになる。

一方、一般市民等から信頼を得た他分野専門家は、もともと信頼されているから推されるのであり、他分野専門家と一般市民等の間では、信頼感がないことに起因する諸問題は派生しない。信頼の構図からは一般的には4.1.1　(4) 項で示すような示すような山岸[48)]の安心関係にあるような他分野専門家を強く信頼している人は彼が判断した結果（結論）だけを聞きたいと思い、必ずしも強く信頼していない人は彼が結論に至ったプロセスを含めて聞きたいと思うものと考えられる。

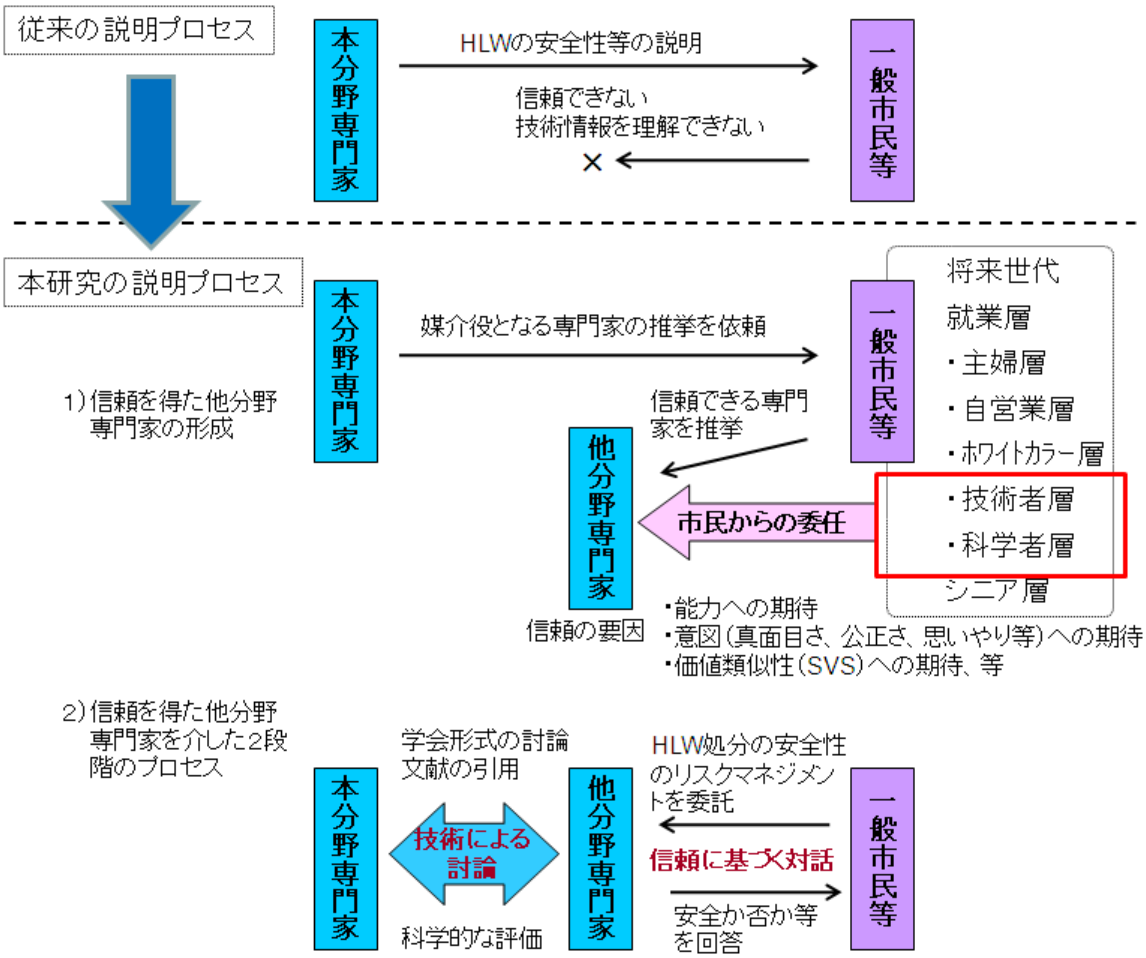


図4.3.3-1　信頼を得た他分野専門家の形成過程

4.3.4　信頼される専門家の考え方のまとめ

(1) 信頼される専門家の要件と区分

低関心者を対象とした場合の信頼される専門家の要件は、公正さ・真面目さ・思いやり等の意図（動機付け）との結びつきが強いと感じられる科学技術の専門家等である。信頼される専門家の像は「全国を対象に説明した際にその公正さを納得されやすい組織上の立場にある大学・研究機関の科学者」と考えるべきである。関心が低い状況は「話題の表面化」以降の処分場立地候補地点では考えにくく、全国または話題の表面化以前の処分場立地候補地点に多くあるものと考えられる。

高関心者を対象とした場合の信頼される専門家の要件は、主な価値観が同じ（主要価値類似性（SVS）が強い）科学者等であり、これに居住地域同一性、認知後経過時間長期性が加わる可能性がある。信頼される専門家の像は「一般市民がリスク対象に対して十分な知識を持たない状況において、自分が情報処理する代わりにその処理を

委託するために推挙する、主な価値観を共有できる科学者等」と考えるべきである。関心が高い状況は全国的であることが望まれはするものの、現実にはなかなか考えにくく、「話題の顕在化」以降の処分場立地候補地点にあるものと考えられる。なお、上述の関心度・対象領域に基づく信頼される専門家の区分を整理し、表4.3.4-1 に示す。但し、現状では GMO で検証された関心が高い場合に寄与が高いとされる上述の SVS モデルが原子力分野、特に HLW 処分分野に適用できることが科学的な根拠により確認できた訳ではない。また、居住地域同一性・認知後経過時間長期性は事例が確認されているのみであり、科学的な根拠はない上に、そのものの効果であったのか、他からの寄与だったのかも現時点では明らかではない。

そのため、上述の内容は作業仮説の域を出ておらず、今後の社会心理学分野・社会受容研究分野での研究の進捗が期待される。

(2) 信頼を得た他分野専門家の形成過程

本研究の説明プロセスでは、HLW 処分の安全性に関して説明を求めている状況となった際には、一般市民等に、媒介役となる他分野専門家を推挙して欲しいと依頼する。信頼されることでて一般市民等より推された他分野専門家は、HLW 処分の安全性等の専門的な技術情報に関するリスクマネジメントを委される。他分野専門家が科学技術の専門家としての知識・慣習とステータスを持っているため、討議や論文引用の形式は科学技術系の学協会等で多用されている手法に則って行うことができる。

表4.3.4-1　関心度・対象領域に基づく信頼される専門家の区分の提案

一般市民の関心度	信頼される専門家の要件	信頼される専門家	対象とする地域	
			全国	処分場立地候補地点
1) 関心が低い状況 （低関心）	・意図（動機付け） ：公正さ・真面目さ・思いやり ・信頼を得られる職種（科学者等）	科学者等のうち、 全国を対象に説明した際にその公正さを納得されやすい組織上の立場にある大学・研究機関の科学者	△ 近年、原子力発電・HLW 処分への関心が高まりつつある	△ 「話題の表面化」以前の状態
2) 関心が高い状況 （高関心）	・主な価値観 ：主要価値類似性（SVS） ・信頼を得られる職種（科学者等） ・居住地域同一性* ・認知後経過時間長期性* *作業仮説	科学者等のうち、 一般市民がリスク対象に対して十分な知識を持たない状況において、自分が情報処理する代わりにその処理を委託するために推挙する、主な価値観を共有できる科学者等	△ 現状は NIMBY の傾向にあるが、広域広報を重ねて関心が高くなることが望ましい	○ 「話題の顕在化」以降の状態

凡例　○：該当する、△：ある程度該当する、×：該当しない

注１）能力（科学的・技術的レベルの高さ）を一般市民に押しつけても信頼は得られていないため、上表の要件から除外した

注２）上述の内容には科学的な根拠により確認できていないものが含まれるため、取り扱いには注意が必要である

用語注）

・意図（動機付け）　：リスク管理する専門家の公正さ・真面目さ・思いやり
・主な価値観　：リスク管理する専門家との主要価値類似性（SVS）
・能力　：リスク管理する専門家の科学的・技術的レベルの高さ
・信頼を得られる職種　：原子力分野関係者としての大学や研究機関等の科学者（「科学者等」という）
・居住地域同一性　：科学者等が同じ地域に長年居住していること
・認知後経過時間長期性　：科学者等が地域住民と知り合ってから同じコミュニティ内で一緒にいた時間が長いこと
・主要価値類似性（SVS）モデル：当該問題にかかわる主要な価値を共有していると感じると、その相手を信頼するというモデル
・話題の表面化　：当該の地域が HLW 処分事業に興味を持ち、勉強会等を踏まえて検討していることがマスコミ等の報道により公開される時点を指す
・話題の顕在化　：話題の表面化以降の情勢より、反対意見の市民団体等の活動家やマスコミが当該の地域で展開し、地域住民にとって騒々しいと感じる状態（騒乱状態）が始まる時点を指す

4.4 他分野専門家への専門的な技術情報の説明の方法

前章でも概念を述べたが、本項では上述で述べた成果を図3.1.1-1 や図3.3.5-1 のようなリスク・ベネフィットの原則に基づく安全評価結果の説明図にまとめた後に実施することになる、本分野専門家と他分野専門家により「S to S」が行われる場を検討し、そこで説明するべき内容を具体的に整理した。

4.4.1 「S to S」が行われる場

(1) 「S to S」が行われる場の整理

従来の経験より、「S to S」が行われる場としては、分野学会が最もイメージし易く、適切であるものと考えられる。分野学会以外のものとして、技術説明会、科学技術アセスメント等の場が考えられる。ここでは、これらを調査し、その中で、「S to S」に適性が高いと考えられる他分野専門家との説明と討論（対話）の場を摘出した。

1) 分野学会

説明と討論（対話）を行う対象が本分野と他分野の専門家（技術者／科学者）であるため、まずは両専門家の所属する分野学会での各セッションでの通常の発表や専門的な討議セッションでの発表、および、２つの学会の共同で開催する企画セッション等の場が考えられる。

2) 国・事業者等による技術説明会

広域と地域を対象とする国や事業者さらに文献調査等への応募がある程度議論された時点で地方公共団体が主催する技術説明の場が考えられる。これらは技術ワークショップ／シンポジウム、さらには理解促進施設やバーチャル処分場[32、1)]、公開実験[33]等の場が考えられる。

3) 地方公共団体や地域の各種団体による科学技術アセスメント

さらに進んで、HLW 処分場の概要調査地区等への応募がある程度議論された時点で地方公共団体や地域の各種団体が主催する、地域の他分野専門家と各種科学技術アセスメント手法の中のある役割で登場する他分野専門家との説明と対話が行われることも考えられる。現在提起されている科学技術アセスメント[229)-234)]とその説明を

[32]地層処分概念とその工学的な実現性や長期挙動までを実感・理解できる設備を整備し、国民全般の理解促進活動に展開。実規模・実物を基本として、地層処分の地上施設と地下施設の一部の実証施設を整備するもの。廃棄物の定置・施工技術、モニタリング技術、回収技術等を実証する計画

[33]ガラス固化体の耐浸出性や緩衝材（ベントナイト）の物理的緩衝能およびオーバーパックの堅牢性（落下強度など）を運動場や河川敷等の公開の場で実験する構想。

表4.4.1-1 に列記する。また、各々の科学技術アセスメントにおいてその枠組みと構成から、他分野専門家との説明と対話が有効なものとの相関を表4.4.1-1 に付記して示す。

コンセンサス会議[229)-233)]は、一般市民が周知に基づき意思決定することを目的とするものであり、専門家は市民パネルに情報を提供し、鍵になる質問等へ回答する立場にある。賛成意見／反対意見の両専門家が参加する可能性はあるが、両専門家が討論することを主目的とするものではない。そのため、「S to S」にはあまり好ましくない。

市民陪審[229)，230)]は、一般市民が陪審員となり、複数の専門家が証人となって尋問するものであり、「S to S」を行うことが適当な場ではない。

シナリオワークショップ[229)、231)]は、事業推進側が準備した当該プロジェクトの適用シナリオについて何フェイズかにわたって議論するものであり、ある意味ではこの適用シナリオは本研究の前述する3.2.4　節の選択肢として処分概念オプションと地位(position）がよく似ている。ここでの題材は、例えば本研究で前述の選択肢の領域(region)と形態(form)として１つの候補サイトで 3 つの処分概念オプションを設定すれば、シナリオワークショップは「S to S」に適用性が高い科学技術アセスメントとなる。

サイエンスカフェ[234)]は、一般市民と専門家がくつろいだ雰囲気で自由に語り合うことを目的としたものであり、「S to S」を行うことが適当な場ではない。

そのため、「S to S」に適性が高い科学技術アセスメントとして、シナリオワークショップが摘出された。

4) 対話フォーラムとオープンフォーラム

八木ら[118)-120)]により本来的に意見が異なる専門家同士を囲んで議論するとした対話フォーラム[118)，119)]やオープンフォーラム[120)]という科学技術コミュニケーション手法が提案されている。対話フォーラムとオープンフォーラムの概要を表4.4.1-2 に示す。ここで対話フォーラム[118)，119)]は推進側の専門家と非専門家である一般市民との双方向コミュニケーションを図ることを目的としているため専門家同士での説明と討論（対話）の趣旨とは異なっている。一方、オープンフォーラム[120)]はファシリテーターを設けて賛成意見／反対意見の両専門家を壇上で議論し、フロア参加者も一定の参加ができる点で画期的であるが、開催場所と時系列的な位置付けは上述の技術ワークショップ／シンポジウムと同様であることから、技術説明手法の項目の１つと位置付けるものとする。

(2) 「S to S」に適性が高い説明と討論（対話）の場

上記を踏まえ、本研究で「S to S」に適性が高いと考えられる他分野専門家との説明と討論（対話）の場と形式を表4.4.1-3 に整理して示す。「S to S」に適性が高い説明と

討論（対話）の場として、最も自然な場である分野学会では通常の発表、専門討議での発表、２つの学会の企画セッション等での発表が考えられる。国・事業者等による技術説明会では、技術ワークショップ／シンポジウムおよび双方向コミュニケーション手法としてさらに進化したオープンフォーラム[120)]が考えられる。また、実際の「もの」の展示や実験を伴う理解促進施設やバーチャル処分場[1)]、公開実験等も適性が高い場であると考えられる。さらに科学技術アセスメントとして適性が高い科学技術アセスメントは、シナリオワークショップと考えられる。

また、上記の学会、技術説明会、科学技術アセスメント等で「S to S」が行われる場を時系列でまとめて表現したものを図4.4.1-1 に示す。説明方法を考える上での空間の範囲（where）[235)]としては、広い方から狭い方へ、広域広報から学会や技術説明会を介して特定の地域を対象とした科学技術アセスメントであると整理できる。同様に時間の範囲（when）[235)]としては、現状のサイトを特定しない広域広報の時点から、当該地域での話題の表面化～同・顕在化～同・受容の決定（または拒否）～同・処分場の建設との時系列として整理できる。

上述の「S to S」に適性が高い説明方法のうち、シナリオワークショップは地域を特定する必要があるため、話題の表面化以降で利用することになるが、その他のものは当該地域での話題の表面化以前より広域広報の一環として利用することができる。なお、これらの説明手法はいずれも受容決定・建設を介して処分場の閉鎖に至る迄の間、継続されるが、次第に広域広報としての形態から地域を特定したシナリオワークショップの形態に変化していくものと予想される。

表4.4.1-1　科学技術アセスメントの概要と「S to S」への適否

名称	内容	専門家間討論への適否
コンセンサス会議[87),229),231), 233)]	設定されたテーマに基づく市民へのアンケート調査により、まず、「鍵になる質問」が設定される。テーマに基づき「鍵になる質問」への回答に関係する内容を専門家が説明し、市民パネルと専門家パネルの間で質疑応答する。この議論を踏まえて、市民パネルのメンバーだけによる討論を重ね、その中で合意に至るよう努力する。	△
市民陪審[229) , 230)]	国民や地域住民から無作為抽出された12人ほどの非専門家の陪審員が、異なる意見を持つ複数の専門家の証人を尋問し、4日程度の審理の後、最終的な結論を短い報告書にまとめる。	×
シナリオワークショップ[229)、229)、231)]	対象の技術や開発プロジェクトを適用した場合のシナリオを何通りか準備し、各シナリオをもとに、何段階(「フェイズ」)かにわたって利害関係者ごとに議論する。 何フェイズかにわたる討論を経て、それぞれの立場から見て望ましい未来像(ヴィジョン)を描き、最終的に全員が共有できるヴィジョンと、それを実現するための行動プランを定める	◎
サイエンスカフェ[234)]	科学者などの専門家と一般の市民が飲み物を片手に気軽に科学などの話題について自由に語り合う新しいコミュニケーションの場	×

凡例　◎：かなり適している,○：適している,△：適否に議論があるもの,×：あまり適していない

表4.4.1-2　対話フォーラムとオープンフォーラムの概要と「S to S」への適否

名称	内容	専門家間討論への適否
対話フォーラム[118) ,119)]	既往の市民参加型手法をベースにし、立地地点等において、事前に情報を提供し、（多くの場合、推進側の）専門家と非専門家（一般市民、反対意見を含む）がファシリテーターを介して原子力やその技術について「双方向コミュニケーションと認識の共有」を目的として打合せの場で繰り返し議論を行う	△
オープンフォーラム[120)]	立地地域住民および市民の「原子力専門家（推進・反対）の本音の対話を聴きたい」というニーズに応えるために、推進派の専門家1名、反対派の専門家1名の合計2名のみを招聘し、フロア参加者および専門家同士の通訳の役割を担うファシリテーターを設け、壇上でパネル討論を行う。事前にフロア参加者から鍵となる質問を募集し、同一の質問を二人の専門家へ投げかけてパネル説明のテーマとする。	○

凡例　◎：かなり適している,○：適している,△：適否に議論があるもの,×：あまり適していない

表4.4.1-3　「S to S」における他分野専門家との説明と討論の場と形式

No	場の区分	説明と討論（対話）の形式の名称
I	分野学会	①各セッションでの通常の発表 ②専門的な討議セッション ③２つの学会の共同で開催する企画セッション等
II	広域と地域を対象とする技術説明会	①技術ワークショップ／シンポジウム ②オープンフォーラム ③理解促進施設、バーチャル処分場[1)] ④公開実験
III	地域を特定した科学技術アセスメント	①シナリオワークショップ

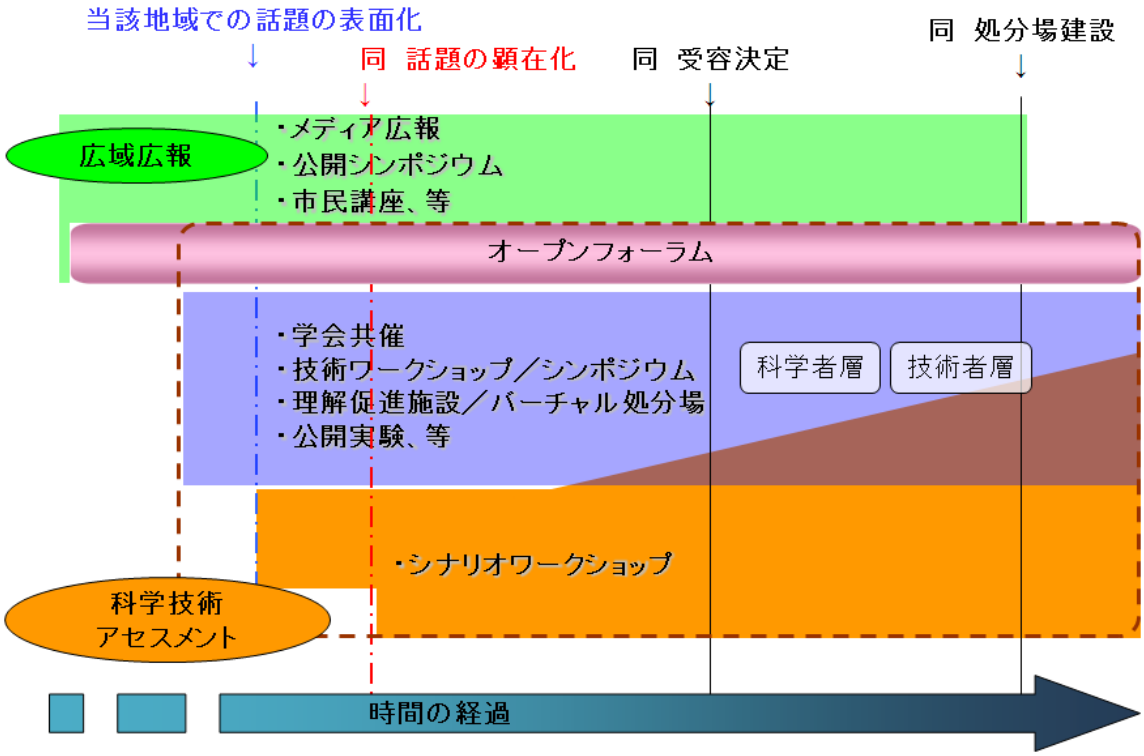


図4.4.1-1　他分野専門家との説明と討論（対話）が行われる場の時系列による整理

4.4.2 「S to S」で説明するべき内容

ここでは、まず、「S to S」で説明すべき内容として前述の第 3 章で検討した内容を整理した。その上で、本来なら「S to S」として説明すべきであるが、前述の第 3 章ではあまり触れられておらず、追加して説明するべき内容を考察した。

(1) 前述の検討で説明すべきとした内容の整理

前述の第 3 章では、リスク・ベネフィットの原則に則って HLW 処分時の安全性と費用（経済性）の２つの軸で議論を進めることを基調とし、常に安全性と費用の相関図に立ち戻ることにより、全体の中での位置付けを把握しながら、各々のオプション案のトレードオフ対比から、個々の処分シナリオや工学バリアの仕様等の違いの効果や影響および各々の機能・特性を説明し、討論すると述べた。

また、第 3 章では、このリスク・ベネフィットの原則の基づく説明には、①電力料金－原子力発電－HLW 処分費用の相関、②現世代における HLW 処分費用の徴収と変動の可能性等のベネフィット情報について、国・電気事業者等の広域広報により国民に内容を説明し、理解されることから始まると述べた。

(2) 説明すべき内容で不足している点

1) HLW 処分の基本的な情報

他分野専門家は科学技術の素養はあるが、もとより HLW 処分の専門家ではなく、また、興味があるとは限らない。そのため、「S to S」の説明の冒頭では、HLW 処分の概念・制度（枠組み）・スケジュール、海外情報および両作用のリスク情報等の HLW 処分の基本的な情報を説明する必要がある。

なお、ここで両作用のリスク情報とは①直面する問題の直接リスクと副作用のリスク、②これらを選択すればどんな効果と影響があるかの情報である。例えば、HLW 処分事業の文献調査に応募した場合には生活環境が変化し、騒乱状態の派生や風評を含む周辺地域への影響、自然環境の破壊と景観の阻害、交付金の交付および社会資本の整備と地域振興がある。他方、応募しない場合には環境・景観の保護や過疎化および従来と同じ生活環境の維持がある。その時点で予想できたこれらの両方のリスク情報を包み隠さず公明正大に示すことが重要である。

2) 閉鎖後の放射線安全性以外の定量的なリスク情報

本研究の前述でリスクとして定量的に示したのは閉鎖後の公衆の放射線安全性のみであり、操業中の作業員の作業安全性および放射線安全性は定性的に述べただけである。操業中の公衆の作業安全性（ガラス固化体輸送時の交通事故等）および放射線安全性（敷地境界における外部放射線による被ばくと処分場から放出される

放射能による内部被ばく）については定量的には触れていない。さらに、放射線（能）に関する知識を持つことや環境影響の監視や管理および地域の通報・保全・緊急医療体制の整備等の管理など（以下、「原子力防災体制の整備等」という）に係る手間と費用等の直接的なリスクについては定性的にも触れていない。さらに周辺地域への影響および自然環境の破壊と景観の阻害等の社会的なリスクについても定性的に触れていない。これらを整備していくことが処分事業における今後の検討課題である。

3) 処分場費用以外の定量的なベネフィット情報

本研究の前述でベネフィットとして定量的に示したのは処分場の直接の費用である建設費・操業費および閉鎖費等のみであり、工学バリアのオプション案によるこれら費用の低減効果は定性的に述べただけである。さらに、処分場の誘致に伴う社会基盤や情報インフラおよび公共インフラの整備による地域の生活水準や所得水準の向上等の地域振興に係る直接的なベネフィットについてはここでは触れていない。その他の原子力エネルギーの発電利用（温暖効果ガスの放出低減）や処分場を確保して核燃料サイクルを完結することの社会貢献等の社会的なベネフィットについては全く触れていない。これらを整備していくことが社会受容における今後の検討課題である。

(3) 従来の知見と経験からの教訓の調査

このように前述した「S to S」の説明に追加するべき内容を摘出するために、従来の知見による経験からの教訓を導いた例として国の委託調査による有識者ミーティングと東大寄付講座の HLW 模擬討論会（１回目）の成果報告を調査し、専門的な技術情報との側面で追加して説明するべき内容を摘出し、考察した。以下のその調査内容の概要を示す。

1) 国の委託調査[236)-238)]による有識者ミーティングによる有効性調査

原子力環境整備促進・資金管理センター（以下、「RWMC」という）では、HLW 処分事業地層処分事業の推進において必要とされる説明情報の整備や説明手法等に関する調査・検討を行い、地層処分事業に関する国民への理解を深めることにより、HLW 処分事業地層処分事業の円滑な推進に資するために、国（経済産業省）の委託調査として 2003～2005 年度に技術情報広報調査[236)-238)]を実施している。その中の１つの項目として、効果的な説明方法等の調査として地元の有識者と位置付けられる数人の教授（処分事業の非専門家）で構成される有識者ミーティングによる情報提供の有効性の調査（以下、「有効性調査」という）を行っている。

すなわち、これは地層処分事業に対する理解増進に資する効果的な情報提供の観点から、地層処分事業の技術的側面に焦点を当てて、既に事業関係者等より提供されている各種情報についての問題点の有無を各分野の科学技術の専門家（有識者）に面会

調査し、その改善等に向けた検討を行ったというものである。有識者ミーティングは、１回のミーティングでの有識者参加数は 5～8 名のグループミーティング形式で開催し、ミーティング時間は実質 4～6 時間／1 回である。開催時間の制約から地層処分の特徴的な所に的を絞った内容として、ミーティングでの主要な情報提供内容を「高レベル放射性廃棄物処分事業の長期安全性」に絞ったとされている。ミーティングは 2 部構成とし、第 1 部では地層処分の基礎的情報を、第 2 部では高レベル放射性廃棄物処分事業の長期安全性として本書の2.2　節に該当する内容を説明し、その後にコメントを受け付けた。有識者ミーティングは約 4 年間にわたり日本各地で計 13 回開催された。参加した大学教員は自然科学・社会科学分野[34]の延べ 94 名（内訳は、医学生物分野 4 名、理学分野 23 名、土木・都市工学分野 12 名、工学分野 14 名、原子力・放射性廃棄物分野 14 名、社会科学分野 27 名）である。13 回のうち 2 回（第 4 回と第 8 回）は社会科学分野の専門家のみが出席した有識者ミーティングとなった。

RWMC[236)-238)]がまとめた有識者ミーティングによる情報提供の有効性調査の意見集約結果の概要とその意見が述べられた有識者ミーティングの回数を表4.4.2-1 に示す。

表4.4.2-1　有識者ミーティングによる情報提供の有効性調査の意見集約結果の概要[238)]

No.	意見集約結果	回数
i	地域住民による意思決定プロセスとしてのパブリック・インボルブメント（ＰＩ）手法等の導入検討の必要性	5
ii	国の存続・体制を含めた将来世代への責任のあり方の明確化	5
iii	処分問題の存在や公募情報の幅広い情報認知や問題喚起のためのＰＲの必要性	4
iv	シナリオや、データ信頼性確保のための体制やシステム構築の必要性	6
v	情報提供・説明における目的・目標（どこまで、何を伝えるか）の明確化、それに伴う内容の再考	5
vi	第３者（専門家）の役割の明確化・活用可能性模索の必要性	4
vii	リスク・ベネフィット（インセンティブ）把握や、地域共生（振興策）の具体的情報の拡充（振興策提示に関する国の積極的関与）の必要性	4
viii	信頼間の醸成が重要	3
ix	検討自治体サポート体制の模索	2
x	信頼ある情報発信チャンネル増設の模索（大学等の活用可能性の模索）	2
xi	異分野専門家とのクロスオーバーの必要性・重要性	2
xii	メディア対策（活用含む）の模索	2
xiii	異なる思考方法や方法論で、多重的に見ていくことが必要	2

RWMC は表4.4.2-1[238)]において、長期安全性に関する説明に対して、多くの意見は、提供情報の確認等が中心となる傾向が示されていると述べている。

また、この傾向のなかで、技術的視点で今後の研究開発計画等に直接的、間接的に関

[34] 本研究の「S to S」は原子力バックエンド分野以外の科学技術に関係する他分野専門家に説明することを対象としている。そのため、有識者ミーティングには社会科学分野と放射性廃棄物分野の専門家が含まれている点が、「S to S」と異なっている点である。

連する情報も含まれていると述べている。

さらに、表3.2.2-1 に示した反対意見の専門家との誌上での議論では、地質環境の長期安定性、人工バリアの特性、地下水移行シナリオによる安全評価において、認識や理解が共有できない点が最後まで残った。これと比較的近い技術内容を説明し、有識者のコメントを受け付けた項目は「わが国における地層処分による安全確保の考え方」である。また、これは表4.4.2-1[238]No．iv）の「シナリオや、データ信頼性確保のための体制やシステム構築の必要性」として最も多い回数のコメントがあったとされている。上述を踏まえ、有効性調査には示唆に富む情報が含まれているが、有識者コメントは極めて膨大なデータ量であることもあり、ここでは一例として「わが国における地層処分による安全確保の考え方」の主要な部分である以下の３項目への有識者コメントを表4.4.2-2[237)、238)]に示す。

①受動的安全とその他のオプション（リバーシビリティ（可逆性）を残す、モニタリングを実施するなど）についての詳細情報の提示（表4.4.2-2 の 1／4）

②安全評価において想定したシナリオの詳細な紹介、および、想定外事象の扱いに関する情報の提示（同　2／4～3／4）

③安全評価に用いるパラメータに関する詳細情報提示の必要性（同　4／4）

なお、表4.4.2-2 では紙面の都合上、説明内容に対する単純な質問等は除外している。また、備考欄には以下の記号を付記し、筆者による分類で整理した。

M&R　：モニタリングおよび可逆性（回収可能性）に関するコメント
DS　　：処分シナリオ・評価シナリオに関するコメント
PAM　：性能評価モデルと解析手法に関するコメント
PAD　：　同　評価パラメータやデータに関するコメント
他　　：その他のコメント（社会科学的なものを含む）

表4.4.2-2 の有識者コメントは、専門的な技術情報への馴染みがあまりない社会科学分野から、馴染みの深い放射性廃棄物処分分野のものが混在しており、多岐にわたるコメント内容となっている。すなわち、社会科学分野からと予想される他１～５のようなコメントと、放射性廃棄物処分分野のものと予想される特に PAM（性能評価モデル等）と PAD（性能評価パラメータ・データ）、一部では DS（処分シナリオ・評価シナリオ）の中に含まれる詳細な処分時の閉鎖後の安全評価の技術内容に立ち入ったコメントは、「S to S」が対象とする他分野専門家（原子力バックエンド分野以外の科学技術の専門家）の場合は考え難く、上述の有効性調査に特徴的な有識者コメントであるものと考えられる。

一方、主に M&R（モニタリングと可逆性）、 DS に分類される多数の有識者コメントは、「S to S」が対象とする他分野専門家からも普遍的にコメントされることが予想される。「S to S」では表3.3.4-2 に１つの候補サイトで３つの工学バリアの仕様等で構成される３つの処分概念オプションの設定例に示す通り、A 点- B 点- C 点の間で、モニタリングと回収可能性、処分シナリオについて選択肢を設けることとしている。前

述の通り、選択肢を設けるのは各オプション案をトレードオフ対比して説明と討論し、他分野専門家が理解し易くするためである。すなわち、ここで有効性調査の結果を引用して考察することにより、表3.3.4-2 の 3 つの処分概念オプションが選択肢としての設定されたことが妥当であると確認される方向にある。しかしながら、表3.3.4-2 では地層・岩種・地下水に関係し、閉鎖後の公衆の放射線安全性評価の基本シナリオの１つである地下水移行シナリオの評価シナリオについては選択肢を設定していない。有効性調査において「FEP（評価シナリオ）以外に他に想定すべき事象がないか」、「他にないことをどうやって証明するか」等の詳細なコメントは放射性廃棄物処分分野（本分野）の専門家のコメントである可能性もある。ここで得られた内容は1.5.4　節、3.2.2　節で抽出した内容と同様の内容が示されており、他分野専門家との「S to S」で議論すると予想したものである可能性はある。しかし、RWMC の報告書[236)-238)]からは発言者を特定することが出来ないため、発言者が他分野専門家かどうかは判らない。そのため、評価シナリオの選択肢としての取り扱いは、今後の検討課題である。

上述の通り、RWMC の有効性調査の報告[238)]では、社会科学分野から理学系・土木等の工学系および原子力・放射性廃棄物処分分野という「S to S」よりも幅広い領域の大学関係者による、情報提供の有効性に関する有識者コメントを収集している。有識者の専門分野に伴い、摘出されたコメントも幅広く、「S to S」への反映には発言者に立ち戻ったコメントの精査・分類を伴う分析が必要である。概要としての考察からは、「S to S」でモニタリングと回収可能性、処分シナリオについて選択肢を設けることの妥当であることが確認される方向にあるが、地下水移行シナリオの評価シナリオを選択肢とする必要があるか否かは、立地地点の地質の特性にも依存する今後の検討課題である。

表4.4.2-2　有効性調査での地層処分による安全確保の考え方に対するコメントの一例(１／４)[237)、238)]

項目	有識者のコメント	備考
① 受動的安全とその他のオプション（リバーシビリティを残す、モニタリングを実施するなど）についての詳細情報の提示	・日本人は、最初はよく考えて、決めてしまうと後はよく考えず、水に流してしまう。モニタリングもしない。プラグマティックに、フレキシブルに、リバーシブルにしないと受け入れられない。	M&R1
	・テロリストが来て取り出せるというリスクがある。回収できればできるほど安全性はゆらぐ。	M&R2
	・坑道は必ず埋め戻さなければならないのか。	M&R3
	・地層処分では、受動的な安全系（passive safety system）を採用しているが、それが安全であるというのは、どの程度客観的なものか。イギリスで市民会議をやったときには、深層処分ではなく、もっと浅いところに埋めるという結論になったと聴いている。それは、自分達が出したものを、passive safety にしてしまうのではなく、常に、もう一度取り出せる、技術の進展と共に変えられる、リバーシビリティを残すためには余り深いところに埋めない方がよいという考え方によるものである。	M&R4
	・処分事業を進めていく上で、passive safety にするか、リバーシビリティを残すかなどのオプションについて自治体との議論の余地はあるのか。	M&R5
	・きちんと人手をかけるから安全だと判断する人もおり、人手をかけなくても安全を確保する仕組みが最も良い方法であるというのは、それは価値観の分裂である。人がずっと見ているから安全だという社会意思もあると思うが、それを採用しないという技術者的な判断は、社会的判断として正しいのか。	
	・処分場の閉鎖後も管理するという選択肢があることを明言した方がよい。	M&R6
	・あまりモニタリングはしないという印象を受けたが、50 年後にオーバーパックを取り出して鉄の腐食状況を調べたりするのか？	
	・化学プラントでは、安全管理をしなくて良いということは絶対にない。放射能という重大なものを扱うにも関わらず、管理しなくても良いと言われると抵抗がある。	M&R7
	・一度埋めたら手は付けないのか。また何かモニターをするのか。回収するといった時には何らかの確認がないとできないから、そういう点では「正常である」、「想定内」ということをモニターする技術が必要ではないか。	M&R8
	・処分場を造った後、地盤のひずみをモニタリングすることも必要ではないか。安全を主張する意味で、モニタリングを公開することも継続して実施することも必要だ。何をモニタリングするかも充分検討して欲しい	M&R9

注）備考欄の記号（M&R、 DS、 PAM、 PAD、 他等）は筆者が本文中に示す整理のために記入した
M&R　：モニタリングおよび可逆性（回収可能性）に関するコメント
DS　：処分シナリオ・評価シナリオに関するコメント
PAM　：性能評価モデルと解析手法に関するコメント
PAD　：　同　評価パラメータやデータに関するコメント
他　：その他のコメント（社会科学的なものを含む）

略語注）
passive safety　：受動的安全性。万一事故が起きた際に安全性を確保する対策。対する active safety は事故を未然に防止する対策である。
リバーシビリティ　：可逆性。地層処分では、建設段階から設計段階等へ前の段階に立ち戻ることができること。

表4.4.2-2　有効性調査での地層処分による安全確保の考え方に対するコメントの一例（２／４）[237)、238)]

項目	有識者のコメント	備考
② 安全評価において想定したシナリオの詳細な紹介、および、想定外事象の扱いに関する情報の提示	・FEP（評価シナリオ）以外で想定すべき事象はないのか。FEP は人々の持っている因果的な思考に基づいて作成している。想定外を想定できるか。	DS1
	・人の行為は環境を乱すため、評価の前提がくずれる可能性がある。	
	・日本では 1,000 年後に放射性核種が漏れ出すとしているが意味がよく分からない。	
	・評価シナリオに抜けはないのか。社会的な問題であるので、評価シナリオについて一緒に考えていくべきである。反対派のシナリオについて精査してみてもよいかもしれない。	DS2
	・気候変動の予測は、自然からのフィードバックが多く複雑である。1 つのシナリオ、1 つのモデルでやるのは不適切である。個別に開発されたモデルを複数のシナリオを使って将来を予測している。過去 40 万年間の変化を再現しようとしているが複雑なモデルでシミュレートするとうまくいかない。対象としているシステム、例えば海を想定した場合、それ自体が現在と過去とでは異なる。的を射たシンプルなモデルで予測を行うことが望ましい。地層処分では 10 万年間の予測を行っているが、前提としている環境条件が変わってしまうのではないか。	DS3
	・初期欠陥については、溶接不良などのミスだけではなく、オーバーパックの中に砂や水を入れて封入するなどの悪意を持った行為（意図的な入れ替えなど）についても含めることが、良いのではないか。	
	・以前は、ミスがあると原子力でそんなことがあるのかと言われたが、今はミスもありうるという方が正直。	
	・ヒューマンエラーを考慮したシナリオというのも作っているのか。	
	・断層が直撃した場合にどうなるかは重要であると思う。さらに、もっと気になるのは人が動かすことである。	
	・埋設後にどのような現象を想定しているのか。	
	・モデルについて何らかの説明（放射性物質が地下環境に出て地表まで移動すると想定したモデル）があってもいいように感じる。何を想定してどういう評価をしているのか簡単な説明があった方が納得も理解も得やすい。	DS4
	・放射性物質が地下環境に出てから地表に至るまでの段階があるということを説明した方が良い。	
	・還元性の環境が非常に大事で、酸化性雰囲気になるのを防ぐためにすぐに埋め戻した方が良いとの話であった。そうすると、掘削をした際には酸化性雰囲気になるはずである。そのあたりの評価はいろいろなモデルの中で、どのように扱われているのか。どのように還元性に戻るのか。	
	・起こりうるすべてのシナリオが列挙できる訳ではない。もしかしたら、重要な見落としがある可能性もある。その見落としについては、どのように評価していくのか。	DS5
	・接近シナリオとして人間侵入をあげているが、意図的な侵入に対する対策はあるのか。また、その様な意図的な侵入（例えば、テロリストなどの侵入）は想定されているのか。	DS6
	・人工バリアがまったく機能しなかった場合には、天然バリアでどの程度大丈夫なのか。想定しているのは、閉鎖直前にテロリストが爆破してしばらく中に入れない状況が続く・・・といった最悪のシナリオである。	DS7
	・それぞれのケースの発生確率は計算しているのか。	

注）備考欄の記号（M&R、 DS、 PAM、 PAD、 他等）は筆者が本文中に示す整理のために記入した

表4.4.2-2　有効性調査での地層処分による安全確保の考え方に対するコメントの一例（３／４）[237)、238)]

項目	有識者のコメント	備考
②（続） 安全評価において想定したシナリオの詳細な紹介、および、想定外事象の扱いに関する情報の提示（続）	・地震で断層破壊した場合や、予想より腐食が早い場合のケーススタディを数値的に示して説明することが必要。	DS8
	・高速道路が壊れないと言っていたのに倒壊した例もある。少なくとも地震で断層が走ることは容易に想像できるので、その影響についての説明が必要ではないか。以前も事故の時に 100%安全だから予測していなかったということがあったが、それではまずいと思う。	DS9
	・地震は必ずあるので、その場合でも安心と言うには、ワーストケースのシミュレーションをして数値化した方がよい。ここまできちんとやっていると説明できる。	DS10
	・（前略）想定内シナリオと想定外シナリオという形で考えたときに、10 年後だったらどうか。100 年後からスタートするとどうか。（後略）	DS11
	・隠すという意図はないと思うが、実際には相当なデータを持っている筈だ。シナリオに入ってくる不確実性のファクターがどこまで確実なものかを、ある程度ランク分けをして説明をすると一般の方にとっては判り易い。想定外のシナリオにはどのような危険性があるかにも一般の方には興味がある。	DS12
	・ポリシーの前提条件が見えない。安全性をどのように確認するのか。（後略）。	DS13
	・何が最悪のケースかわからない。	DS14
	・不確実性に対してシミュレーションをするのは良く判る。作業員の誤作動など原発などではその種の事故が起こりがちだ。一般人に対してはどのように考えているのか説明したほうが、安全性という面でより説得力がある。	PAM1
	・（前略）「地層処分の技術的基礎（長期安全）（本書の図2.2.3-2 が相当）」で安全性評価のデータが示されているが、事故時のシミュレーションも行われているのか。	PAM2
	・（前略）「地層処分システムの全体性能の解析（本書の図2.2.3-2 が相当）」の＃36 番だったら横のタイムスケールが 1,000 年以内のところは見られないのか。ピークだからというわけか。これは全て単一のそういう不確実性のモデルか。複数の場合は想定していないということか。複数要因が入ってくる場合、そのモデルを挙げると天文学的な組み合わせになるため、想定できないのか。	PAM3
	・（前略）「地層処分システムの全体性能の解析（同上）」の縦軸（線量[μSv/y]）の意味がピンと来ない。レントゲンの何倍に相当するかなど身近な基準を基に目安をつけた方が判り易い。	他 1
	・（前略）「地層処分システムの全体性能の解析（同上）」のようにグラフの縦軸には放射線量で表す場合が多いが、判り易い指標として、放射線以外の環境に影響を及ぼす物質が入った指標はないか。	他 2
	・放射性物質に対する毒性がずっと言われているが、施設がその周りに与える影響を示す指標はないのか。	
	・何かあった時の安全性。何か起きたときに放射能が漏れ出す場合などの想定はどうか。	
	・横軸の時間からいくと自然放射線レベルの線よりずっと下になっている。いわばどうなってもいい時間帯に入っている。千年とか数百年で色々な事象が起こらないことが肝要であり、放射線レベルが充分に低くなったら、そんなに問題にはならないのか。	他 3

注）備考欄の記号（M&R、 DS、 PAM、 PAD、 他等）は筆者が本文中に示す整理のために記入した

表4.4.2-2　有効性調査での地層処分による安全確保の考え方に対するコメントの一例（４／４）[237)、238)]

項目	有識者のコメント	備考
③ 安全評価に用いるパラメータに関する詳細情報提示の必要性	・生物圏モデルは生物が介在した形でのモデルとして構築されているのか。また、生物圏は将来においてもずっと同じであると仮定しているのか。将来において生物圏が変わるということはないのか。	DS15
	・核種が人間生活圏に出てきたときに、人間が食べる確率がどうかといったことで決まってくるのか。	DS16
	・人間の考えている時間軸ではない。工学系の時間軸でもない。総合評価ではなく、個別にみていってどんなパラメータが効いているのか、個別に議論すべし。	PAD1
	・評価上、水の通り道がどの程度分布しているのかは、何を根拠にしているのか。	PAD2
	・人工バリアと天然バリアのどっちが効いているのか。人工よりも天然バリアが 4 桁大きく効いている。ちゃんとサイトを選ばないといけないということか。人工バリアは人工物なのでよくわかっている。天然バリアはそのときの条件で異なるし、コントロール不能なので、ここに大きく依存するのは怖い。	
	・全体のレートを決めているキーのところがあっているかどうかが問題（性能評価のパラメータについて）	PAD3
	・沿岸海底下で 40 万年くらい前の古い化石水が出てくるようなサイトでは、地下水シナリオを考えなくてよいか？	
	・花崗岩を全て一つに扱っているが、生成される年代によって、その性質は全然違う。白亜紀系のものしか処分地の対象とならないのではないか。	PAD4
	・生物圏での動態（特に生物濃縮）を提示して欲しい。	PAD5
	・拡散係数の違いで、評価結果はどの程度変わってくるのか。	PAD6
	・数学モデルの中で一番変動し得るのが拡散係数であり、ここでは透水係数のようなパラメータと関連すると思われるが、透水係数は 5 桁、6 桁、あるいは 10 桁くらい変わるのは当り前である。このような拡散係数を用いてモデル計算をする場合、最大値（安全側）を使っているのか。	PAD7
	・どのバリア、すなわちガラス固化体から出てきて、母岩を通って大きなフラクチャーとなる時に、どこが一番抵抗の大きい接点となるのか。	PAD8
	・地下水流速は、どの程度評価結果に影響を及ぼすか。	PAD9
	・結果に対して一番大きく影響するのはどこか。	
	・律速となっているものを抑えれば信頼性もあがるのではないか。	
	・（前略）「レファレンスケースの解析結果（本書の図2.2.3-2 が相当）」の説明では 1,000 年後に廃棄体に穴が空いた場合のシミュレーションとのことだが、このグラフでは 10,000 年から立ち上がっている。1,000 年後と説明しながら、10,000 年が出てくれば見る者は混乱する。	他 4
	・地域住民にとっては、将来（明日あるいは 10 年後）に何が起こるかに関心がある。実験的に検証できるものについては、実験による具体的なデータを示したほうが判断材料となり判り易い。日常生活の中で経験していることを基準にどうなのかを検討した上で、説明することが大事ではないか。	他 5

注）備考欄の記号（M&R、 DS、 PAM、 PAD、 他等）は筆者が本文中に示す整理のために記入した

なお、上述の有効性調査は、本研究の「S to S」と異なり、HLW 処分の閉鎖後の公衆の放射線安全性のみを説明した上で議論している点、他の安全性を含めた処分時の安全性と費用（経済性）の相関で議論していない点については注意する必要がある。

2) 東大寄付講座の HLW 模擬討論会[239] による説明資料の改良

東京大学「核燃料サイクル社会工学」寄付講座（以下、「東大寄付講座」という）では、「S to S」における他分野専門家への直接説明と討論の具体的な進め方を検討するために高レベル放射性廃棄物処分の安全性に関する模擬討論会「（以下、「HLW 模擬討論会」という）」を開催している[239]。すなわち、東大寄付講座は他分野専門家への説明と討論を行うシンポジウムを模擬した討論会と反省会を開催し、その場での討論状況の分析・考察や聴衆へのアンケート結果等から得られた知見により他分野専門家への説明方法（説明資料・説明の仕方等）を改良するとしている。

2009 年 5 月の第 1 回 HLW 模擬討論会[239]は、既存の説明資料を使用して仮想した地域の地元商工会議所が仮想の処分事業主体を招聘した公開説明会を模擬して開催した。ここには仮想の地元の大学・企業および反対意見の市民団体の代表質問者の質問に仮想の処分事業主体が回答する形式とした。なお、第 1 回 HLW 模擬討論会ではこれらの仮想のアクターは全て本分野専門家が務めた。

第 1 回 HLW 模擬討論会とその後の議論により、30 項目以上の説明資料の改良点を見出したとされている。また、ここで直ちに改良することができた説明資料は以下に一例を示す通りとされている[239]。

ⅰ）国民に深く議論することを期待した「原子力への期待の高まりと現世代の責務」を十分に主張する資料を具体化した。

ⅱ）ガラス固化体の埋設本数 4 万本は 2020 年頃までの原子力発電による便益に伴い発生する廃棄物であることを説明する資料を具体化した。

ⅲ）放射線量・発熱量が低減するまで地上で保管する（図2.1.1-1 参照）

ⅳ）他分野専門家等に健全で合理的な判断をして貰うために、両作用のリスクの情報（メリット／デメリット）を国と地域とで別個に示す資料を具体化した。

ⅴ）リスクの“ものさし”として自然被ばく等からの放射線量を示し、閉鎖後の処分安全性の相対的な位置付けが判る資料を具体化した。（図4.4.2-1 参照）

さらに、直ちに説明資料を改良することはできないが、近未来的に改良すべき点として摘出されたものは、以下に一例を示す通りとされている[239]

①地層処分のリスク－ベネフィット分析と経済性との相関検討に関する説明資料

②1 万年以上におよぶ閉鎖後の放射線安全性ではなく、処分場を誘致した場合の

直近の問題となる操業安全（輸送および処分場ハンドリング）に関する説明資料

③処分地選定の段階的なプロセスにおける定性的な判定条件の説明資料

④不確実性のある事象の現時点の取り組み姿勢と将来的なプロシジャーを示す説明資料

⑤その他、４万本以降の処分場の立地確保に関する説明資料、ナチュラルアナログの説明資料、断層が地下施設を破壊する可能性、水みちが変わる可能性とその影響の説明資料の見直し等

すなわち、東大寄付講座の第１回 HLW 模擬討論会の報告[239]では、主に以下の項目の必要性と重要性について指摘している。

a）国・地域にとってのリスクとベネフィットについて具体的に説明すること

b）リスクの“ものさし”として判りやすい指標を示して説明すること

c)閉鎖時の放射線安全性より優先して直近の問題である操業安全に関して説明すること

d）不確実性のある事象を対象としているために尚更に段階的なプロセスとして説明すること

e）相手が聞きたいとする内容に直接的に回答するような資料で説明すること

上述の通り、東大寄付講座の HLW 模擬討論会[239]では、本分野専門家が務める仮想のアクターによる模擬討論（ディベート）により、説明資料の改良点を摘出した。その結果、本分野専門家の視点から見て多岐にわたる「S to S」の説明に追加するべき内容を摘出した。なお、上述の第１回の HLW 模擬討論会は「S to S」と異なり、HLW 処分全体の安全性と費用の相関で議論していない点については注意が必要である。

(4) 「S to S」で追加して説明するべき内容の摘出

ここでは、上記の各項目について本研究で前述した内容との整合性を説明し、「S to S」の説明に追加するべき内容を摘出した。

・上記(3)1）項の閉鎖後の公衆の放射線安全性評価の基本シナリオの１つである地下水移行シナリオの評価シナリオの「S to S」の説明への追加と選択肢としての取り扱いは立地地点の地質の特性にも依存する今後の検討課題である。

・上記(3)2)a）（並びにⅰ～iiiおよび①）項のリスクとベネフィットについての説明が必要とする点は、上記(1)項で述べた直接的なベネフィットおよび社会的なベネフィットに符合するものである。定量化が困難な場合は定性的であっても以下のものは「S to S」の説明に追加するべきである。また、定量化できる条件が満たされれば費用と安全性の相関図で整理し、議論することが今後の課題である。

－原子力防災体制の整備等に係る手間と費用等の直接的なリスク

－周辺地域への影響、自然環境の破壊と景観の阻害等の社会的なリスク
－地域振興に係る直接的なベネフィット
－原子力エネルギー利用に伴う社会貢献等の社会的なベネフィット

- 上記(3)2)b)（並びにiv）項のリスクの“ものさし”として判りやすい指標を示すことは（2)、(3)項で述べた中谷内[45]の指摘するところであり、表4.4.2-2 の他１～３の有識者コメントに符合するものであり、既存の説明資料を改良する必要がある。
- 上記(3)2)c)（並びに②）項の操業安全に関する説明は、範囲が制約された有識者コメントにはないが、前述の4.2.1　(2) 項に示す通り、EU 諸国の原子力に対する意識調査結果[108]からは既に閉鎖後安全性よりも一般市民の要求が高いことが示されている。そのため、操業安全（輸送および処分場ハンドリング）に関する説明は、安全性と費用を定量化したものを「S to S」の説明に追加するべきである。
- 上記(3)2)d)（並びに③、④）項の不確実性のある事象を対象とする際には段階的なプロセスを具体的に示すことについては、有効性調査のモニタリングと可逆性（表4.4.2-2 の 1／4）の指摘を総括した内容に相当する。また、NUMO 報告書「安全確保構想 2009」[28]およびそれをレビューした日本原子力学会のレビュー報告書[208]にも段階的なプロセスによる安全確保の重要性が述べられており、今後の地層処分の安全性確保方策の基軸になる可能性がある。そのため、段階的な安全性確保のプロセスに関する説明は、「S to S」の説明に追加するべきである。

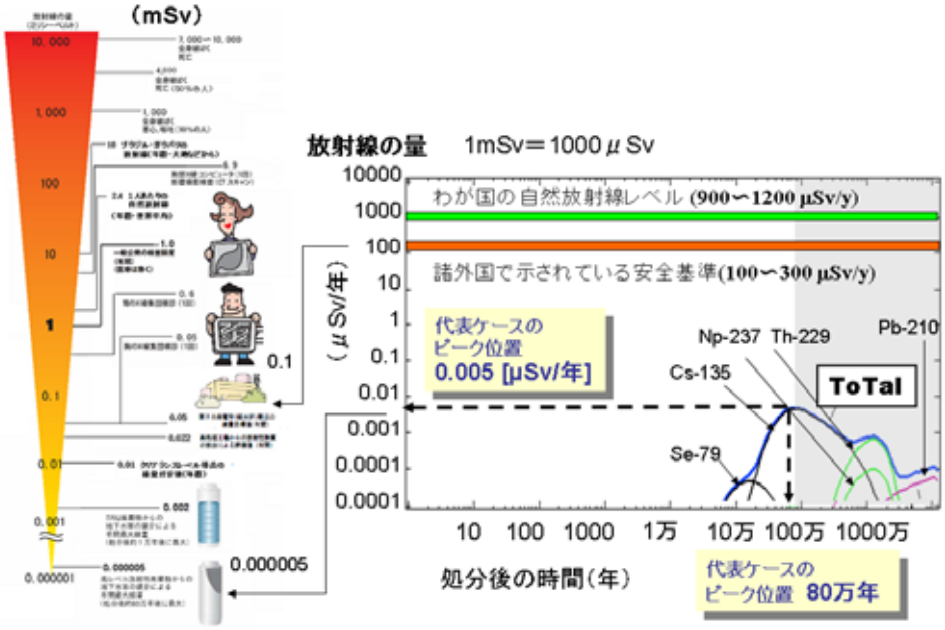


図4.4.2-1　リスクの“ものさし”を付した閉鎖後の公衆の放射線安全性[240]

(5) 「S to S」が取り扱う情報のまとめ

1) 前述の検討で説明すべきとした内容

前述の第 3 章では、リスク・ベネフィットの原則に則って HLW 処分時の安全性と費用（経済性）の 2 つの軸で議論を進めることを基調とし、１つの候補サイトの複数の工学バリアの仕様等から構成される処分概念オプションを安全性と費用の相関図を用いて説明し、討論すると述べた。

2) 説明すべき内容で不足している点

冒頭に他分野専門家には HLW 処分の概念・制度（枠組み）・スケジュール、海外情報および両作用のリスク情報等の HLW 処分の基本的な情報を説明する必要がある。

また、上述ではリスクとして閉鎖後の公衆の放射線安全性のみを定量的に示しているが、操業時の安全性についてはあまり触れていない。また、原子力防災体制の整備等に係る手間と費用等の直接的なリスクや周辺地域への影響および自然環境の破壊と景観の阻害等の社会的なリスクについても触れていない。一方でベネフィットとして処分場の建設費・操業費および閉鎖費等のみを一定の部分を定量的に示したが、地域振興に係る直接的なベネフィットについてはここでは触れていない。また、原子力エネルギーの利用に伴う社会貢献等の社会的なベネフィットについても触れていない。さらには、リスク・ベネフィットの両面に影響する、核不拡散を管理する上での負荷については言及していない。

操業システム（輸送および処分場ハンドリング）とその安全性は具体化されたものが公表されていないが、前述の4.2.1　(2) 項に示す通り、EU 諸国と同様に地域住民が要求しており、日本にも同様の要求が生じる可能性がある。そのため、早急にこれらの安全性と費用を定量化し、それを「S to S」の説明に追加するべきである。また、建設－操業－閉鎖－閉鎖後の段階的な安全性確保のプロセスに関する説明は、「S to S」の説明に追加するべきである。上述の直接的なリスク、社会的なリスク、直接的なベネフィット、社会的なベネフィットは直ちに定量化することは困難と考えられるが、その場合は定性的であっても「S to S」の説明に追加するべきである。また、定量化できる条件が満たされれば費用と安全性の相関図で整理し、議論することが今後の課題である。

4.4.3 他分野専門家への専門的な技術情報の説明の方法のまとめ

(1) 「S to S」が行われる場

「S to S」の場として、最も自然な場である分野学会の通常の発表、専門討議での

発表、２つの学会の企画セッション等での発表である。そのため、他分野学協会との連携・提携は本分野学会の活動として重要である。

また、国・事業者および地方公共団体等による技術説明会では、技術ワークショップ／シンポジウムおよびオープンフォーラムが考えられる。さらに地域が特定された時点からは科学技術アセスメント手法の１つであるシナリオワークショップが適していると考えられる。

(2) 「S to S」で説明するべき内容

ここでは、上記の検討結果を踏まえ、「S to S」で説明すべき内容を整理した。整理した結果を表4.4.3-1 と以下に示す。

まず、最初には、各所での説明事例にあるように、HLW 地層処分の基本的な情報として、処分概念、制度（枠組み）、スケジュール、海外情報および直面する問題の眼前のリスクと別のリスク（作用と副作用のリスク）に関する情報（以下、「両リスクの情報」という）を説明する必要がある。また、ここでは上述の国・地域にとってのリスクとベネフィットについて定性的なものであっても説明するべきである。

次に、専門的な技術情報として、2.2　節に示したような HLW 処分地の選定基準、多重バリアの構成、地層処分の閉鎖後安全性および安全性確保の基本的な考え方を説明する必要がある。ここで説明する内容は第 2 章に示したような内容である。この中では安全評価の方法論や不確実性への対処、基本シナリオとレファレンスケース、そのケーススタディを上述のリスクの“ものさし”を利用して適切に説明するべきである。但し、ここには閉鎖後安全性よりも優先する位置付けで近未来的な操業システム（輸送および処分場ハンドリング）とその安全性について説明する必要がある。なお、段階的な安全性確保の考え方によれば、モニタリング期間は「安全確保構想 2009」[28)] に述べられるように、立地地域との協議事項と位置付ける可能性もあると説明するべきである。

その上で、１つの候補サイトの複数の工学バリアの仕様等で構成される処分概念オプションによる安全性と費用の相関図を、国際比較と共に説明するべきである。ここで説明する内容は第 3 章に示した内容である。ここでは、本分野専門家が代表的な論点を織り込んだ処分概念オプションをトレードオフ対比して説明し、他分野専門家は相関図により全体の中で位置付けを把握しながら理解を深めていくべきである。なお、ここで説明する安全性は閉鎖後の公衆の放射線安全性のみではなく、操業から閉鎖に至る公衆と作業員の全ての安全性について定量的に示すべきである。

表4.4.3-1　「S to S」で説明すべき内容のまとめ

No	項目	「S to S」で説明すべき内容 （本分野専門家(S)から他分野専門家(S)への説明）
a)	基本的な情報	①最初に、HLW 地層処分の基本的な情報として、処分概念、制度（枠組み）、スケジュール、海外情報および両リスクの情報*を説明する。 ②ここでは上述の国・地域にとってのリスクとベネフィットについて定性的なものであっても説明するべきである。
b)	専門的な技術情報（その1） 安全確保の基本的な考え方	①次に、専門的な技術情報として、HLW 処分地の選定基準、多重バリアの構成、地層処分の閉鎖後安全性および安全確保の基本的な考え方を説明する（2.2 節に例示したもの等）。 ②ここでは安全評価の方法論や不確実性への対処、基本シナリオとレファレンスケース、そのケーススタディを上述のリスクの“ものさし”を利用して適切に説明する。 ③加えて、ここでは閉鎖後安全性よりも優先する位置付けで近未来的な操業システム（輸送および処分場ハンドリング）とその安全性について説明する。 ④なお、段階的な安全性確保の考え方によれば、モニタリング期間は「安全確保構想 2009」[28]に述べられるように、立地地域との協議事項と位置付ける可能性もあると説明する。
c)	専門的な技術情報（その2） 処分概念オプションによる安全性と費用の相関図	①その上で、1つの候補サイトの複数の工学バリアの仕様等で構成される処分概念オプションによる安全性と費用の相関図を、国際比較と共に説明する。 ②ここでは、本分野専門家が代表的な論点を織り込んだ処分概念オプションをトレードオフ対比して説明し、他分野専門家は相関図により全体の中で位置付けを把握しながら理解を深める。 ③なお、ここで説明する安全性は閉鎖後の公衆の放射線安全性のみではなく、操業から閉鎖に至る公衆と作業員の全ての安全性について定量的に示す。

*両リスクの情報：直面する問題の眼前のリスクと別のリスク（作用と副作用のリスク）に関する情報

4.5 専門的な技術情報を一般市民に伝える２段階のプロセス

「S to S」は、3.3.5　節で述べたような１つの候補サイトにおける３つの処分概念オプションをトレードオフ対比しながら論点を適切に説明する。すなわち、「S to S」は他分野専門家に専門的な技術情報を正確に、かつ、平易に（選択の回避や延期が起こり難くするために3.2.3　(3) 項で前述した認知処理コストを出来るだけ低くして）伝えることを目的としている。

HLW 処分の専門的な技術情報を理解することは、本質的に他分野専門家にとっても認知処理コストが高く、労力を要するものであるが、科学技術の一般的な素養がない一般市民にとっては尚更である。そのため、ここでは他分野専門家に前述の4.2.2　(1) 項で示したような一般市民への橋渡し役（媒介的な役割）を期待する２段階のプロセスを検討した。

4.5.1 第１段階：「S to S」

(1) 「S to S」の定義と活動概要

本分野専門家は、前章で述べた HLW 処分の基本的な情報と安全性・経済性等の専門的な技術情報等を適切に説明し、それに基づき他分野専門家と学会等の場で討論（対話）する。これにより、他分野専門家は基本的な情報と専門的な技術情報を十分に理解し、中心ルートによる処理によって自らの意志を決定する。これにより、他分野専門家は基本的な情報と専門的な技術情報を十分に理解し、中心ルートによる処理によって自らの意志を決定する。

前述の通り、「本分野専門家から他分野専門家への説明とそれに続く討論（対話）」は「S to S」と定義した。

(2) 「S to S」における本分野側の要件と事前準備

「S to S」において説明する相手は科学技術の専門家としての知識・慣習とステータスを持っている他分野専門家である。他分野専門家は一般市民等から推挙され、または請われてその任につくが、必ずしも個人の本意ではない場合がある。その場合、他分野専門家への醸成的な段階での背景的な情報の説明方法を考慮する必要がある。他分野専門家の具体的な姿や背負っているミッションは後述の通り、対象の属性や場の設定でまちまちだが、後述する専門的な技術情報を説明する前に、一般的に本分野専門家が注意しなければならない点を以下に列挙する。

・公正さや中立性を示すために、討議や論文引用の形式は科学技術系の学協会等で多用されている手法に則って行うことを冒頭に提示する必要がある。

・本分野側が持っている専門的な技術情報（日本の報告書本冊、関連する投稿論文、および、海外の参考事例の報告書等）は本分野側で優先順位をつけず、冒頭に公明正大に全てを提示する必要がある。
・しかしながら、説明の際には情報量を落として、順番に説明する必要がある。その際にどういう順番に説明するのかを冒頭に十分に説明する必要がある。
・さらに、実際の説明の中で、報告書本冊の情報をどういう風に要約（加工）したかを明確に提示する必要がある。また、引用文献等には丁寧な説明を付し、その概要と主旨を明確に提示する必要がある。
・その任に適切な本分野専門家が説明するものとし、その来歴（研究歴、論文投稿歴、著作歴）等は事前に提示する必要がある。

上記は対象の属性や場の設定により適切にアレンジする必要があるが、これらにより説明プロセスの公正さや中立性および透明性を担保する必要がある。

(3) 「S to S」で推挙される他分野専門家

「S to S」で本分野専門家から説明を受け、一般市民等への橋渡し役となる他分野専門家は前述の4.3.2　節で示すところの一般市民等から信頼される科学者である。前述により信頼される科学者は、関心の低い状態では「公正さを納得されやすい組織上の立場にある大学・研究機関の科学者」、関心の高い状態では「主な価値観を共有できる科学者等」であると述べた。本研究では、一般市民等から信頼され、本分野専門家と一般市民等との橋渡し役となる他分野専門家を「信頼を得た他分野専門家」と定義する。対象が全国の一般市民である場合、地域（住民）である場合、不定形な場である場合で、他分野専門家の姿と彼が負っているものが異なる。また、場も同様に学会会場なのか、マスコミの放送局の一室なのか、事業主体の説明会なのか、地域の小規模な集会なのかで、他分野専門家の姿と彼が背負っているミッションが異なる。

上述の背景により、他分野専門家は、地域の方が事例として容易なのでそちらより説明する。地域では、他分野専門家は地域（住民）から推されて橋渡し役に就任する。地域（住民）が他分野専門家を選んだのなら、そこではそもそも信頼しているから選ばれるのであり、本来的にそこでは既に信頼の構図を議論する意味がない。他分野専門家は地域（住民）と同じ価値観（利害関係）にあると同時に、科学技術の専門家としての知識・慣習とステータスを持っている。従って、一定の科学技術の専門家を対象とする場合は、公衆への説明の際とは異なり、討議や論文引用の形式は科学技術系の学協会等で多用されている手法に則ることができる。このように場のルールが決まっていることにより、「S to S」の段階では、少なくとも前提とされる討議や論文引用の形式等の場の設定に関する事項は著しく軽減されることになる。

例えば、関心の高い状態となった処分場立地候補地点の地域住民にとっての信頼を得た他分野専門家は、「主な価値観を共有できる科学者等」であり、一例をあげると

以前より別途の事由で構築されていた信頼関係に基づいた地元の大学や研究機関の役職者、地元の医師、地元に根ざした企業の技術者等が考えられる。また、さらに時間が経過して、さらに具体的な内容を多くの地域住民が知りたいとする段階になれば、理工系出身の地域コミュニティの代表・町内会長や、さらには自分の配偶者・家族・親族・友人・知人等もこれに該当することになる可能性もある。

一方、周囲に処分場立地候補地点がなく、関心の低い状態の一般市民にとっての信頼を得た他分野専門家は、「公正さを納得されやすい組織上の立場にある大学・研究機関の科学者」であり、一例をあげると有名な大学の理工学系の教授や有名な研究機関のフェロー等が考えられる。全国の一般市民を対象とした場合の他分野専門家は、上述の地域（住民）の代わりにマスコミや他分野学協会内から推されてその任につくことが考えられる。また、国民投票という意味では、立候補の際にこれらエネルギーと環境の問題を指摘して当選した国会議員もその任につくことが考えられる。

(4) 「S to S」での他分野専門家への説明

他分野専門家は一般市民等と同じ価値観（利害関係）にあると同時に、科学技術の専門家としての知識・慣習とステータスを持っている。他分野専門家への醸成的な段階での説明は重要であるが、それは科学技術系の学協会等で多用されている手法を丁寧にやることだと考えられる。そのため、一定の科学技術の専門家を対象とする場合は、公衆への説明の際とは異なり、討議や論文引用の形式は科学技術系の学協会等で多用されている手法に則ることができる。

他分野学会と本分野学会（例えば日本原子力学会バックエンド部会等）の 2 学会共催による分野学会の場で専門家を説明対象とする場合は、十分な説明を行うことで他分野側の学会主催者が主旨、概要、スケジュールを十分に説明するような状況を実現するべきである。また、学会の場では最初に全ての情報を公明正大に提示するべきだと考えられる。例えば、日本の報告書本冊、関連する投稿論文、および、海外の参考事例の報告書の電子媒体情報ファイルを分野別に格納し、検索機能を付けた電子媒体メディア（CD-R 等）を渡すべきである。

また、説明する本分野専門家の来歴（研究歴、論文投稿歴、著作歴）等は、2 学会共催による分野学会の場で紹介されているべきである。

本分野専門家の概要説明の冒頭に、全体の説明要領とスケジュール（すなわち、説明のプロセス）を説明するべきである。また、引用文献等には丁寧な説明を付し、他分野専門家には説明の中で、報告書本冊から要約（加工）した部分は何であるかを説明するべきである。

(5) 他分野専門家が理解すべき情報

本分野専門家は他分野専門家に表4.4.3-1 で 3 つに区分して示した情報、すなわち

a) 基本的な情報、b) HLW 処分時の安全性、c) HLW 処分概念オプションによる安全性と費用の相関図を説明する。b) 項の HLW 処分時の安全性で説明する内容は第 2 章に示したような内容である。また、c）項の安全性と費用の相関図で説明する内容は第 3 章に示した内容である。特に、「S to S」により選択肢としての処分概念オプションを安全性と費用の相関として提示することで専門的な技術情報を本分野専門家が適切に説明し、それに基づき他分野専門家と学会等の場で討論することが重要である。この過程で重要なのが、常に安全性と費用の相関図に立ち戻ることにより、全体の中での位置付けを把握しながら、各々のオプション案のトレードオフ対比から、個々の処分シナリオや工学バリアの仕様等の違いの効果や影響および各々の機能・特性を討論し、3.2.2 (4) 項（表3.2.2-3）に前述した測定・実験結果を理解することである。

(6) 他分野専門家との討論とその結果の反映

例えば表3.3.4-2 に示した今回の A 点（日本の既存のデフォルト案)、B 点（合理性向上オプション)、C 点（安全性向上オプション）の３つの選択肢は、極端に言えば非現実的なものも含めて説明のために設定している。すなわち、A 点が良いとか、B 点が良いとか、C 点とかを主張している訳ではなく、従来の専門家間での議論で論点とされた項目を網羅できることを優先させている示している。そのため、他分野専門家との討論のうえで、最終的な結論は A 点に B 点・C 点の良いところを補強したようなものとなっても良いものと考えられる。また、彼らの意見を反映して、A＇'点、B＇点、C＇点 （場合によっては D 点）を新たに創造し、それを結論にするのも良いと考えている。このプロセスの公正性、透明性は他分野専門家の意見を取り入れて最終案を決めるという民主的なプロセスで確保することが最も重要なことであると考えられる。

(7) 討論の結果に基づく善し悪しの判断

専門家も個々の成長の過程を経ていることから価値観は個々に異なるものと考えられ、そのためリスクのエンドポイントが個々人の間で異なるのは一般市民と同じである。例えば、世界の平均的な値として自然放射線による年間被ばく線量が 2.4㎜Sv／年[241] であるのに対して、国際放射線防護委員会（ICRP）[242]は年間被ばく線量が増える量が、原子力・放射線利用に伴う公衆の年間被ばく線量が増える量として 45%増（線量限度として 1㎜Sv／年[35]）を許容するが、社会的・経済的要因を考慮にいれながら合理的に達成できる限り低く被ばく線量を制限するべきである[36]と勧告している。

[35] 放射線作事する作業者に対する線量限度は、任意の５年間の平均で年あたり 20mSv、すなわち 100mSv/５年であるが、5 年のうちのどの一年をとっても 50mSv を超えてはいけないという条件が付与されている。

[36] ALARA（As Low As Reasonably Achievable）の原則と呼ばれており、ICRP により防護の最適化（The optimization of protection）として、「社会的・経済的要因を考慮にいれながら合理的に達成できる限り低く被ばく線量を制限する」ことが求められている

しかし、この「合理的に達成できる限り低く被ばく線量を制限」の解釈として著者の周囲にも 10%増までなら許容して良いと言う専門家と、45%増までを許容して良いと言う専門家がいる。また、制限値があるので規定上遵守するが、本来的には低線量な放射線被ばくにはホルミシス効果[243)]があり、この程度の被ばくならかえって人体にとって良いはずだと言う専門家もいる。このように専門家でもリスクのエンドポイントはまちまちなため、3.2.2 (4) 項（表3.2.2-3）に示した HLW 処分の閉鎖後安全性の評価等については、他分野専門家は説明された本分野専門家の評価等の考え方を理解はするが、同意するとは限らない。すなわち、図 1.3.4-1 の脚注でも述べたが年間被ばく線量等の数値が定量的に示された場合、ある割合の専門家は推進側機関の考えに賛成し、ある割合の専門家は反対し、残りのある割合は態度を保留することが考えられる。そのため、HLW 地層処分事業への賛成／反対等の意思と態度や、図3.3.5-1 の A 点（日本の既存のデフォルト案）、B 点（合理性向上オプション）、C 点（安全性向上オプション）のどのオプション案が好ましいかは、専門的な技術情報を正確に理解・把握した他分野専門家個人の判断に任せるべきである。

4.5.2 第２段階：「S to P」

(1) 「S to P」の定義と活動概要

一般市民等が選択の回避や延期することなく HLW 処分の「専門的な技術情報」に取り組むためには、専門的な内容を全て自ら理解することは難しいため、一定の専門能力があり、信頼できる科学技術の専門家に技術情報の内容の善し悪しの判断を委せることになるものと考えられる。前項により、まず、信頼を得た他分野専門が理解し、その上で、推敲・咀嚼された一定の範囲と詳細さに限定された専門的な技術情報（以下、「一定の専門的な技術情報」という）や自らの判断結果を、周りの一般市民に、自分の意見と共に伝える。これにより、技術的には周辺ルートによる処理で判断せざるを得ない一般市民等の態度の決定を助長する。

なお、ここで述べた「信頼を得た他分野専門家（Another field Specialist）から一般市民（Public）への説明と対話」は、「S to P」と定義する。

(2) 「S to P」で一般市民等に説明する他分野専門家

「S to P」で一般市民等に説明する他分野専門家は上述の信頼を得た他分野専門家があたるが、前節でその具体例を検討した。なお、前述の4.2.2 (2) 項で述べた通り、本来は本分野専門家として見られると思われる JNC 東海事業所の従業員が、地域に長年居住し、地域のコミュニティに溶け込み、その上で何度も繰り返し面談することで、本研究で後述する他分野専門家と見なされるような事例も考えられる。２カ所の処分場立地候補地点の両方で 80%近い住民の支持を得た上で処分地をエルトハンメ

ル自治体のフォルスマルクに選定したスウェーデンの場合[139]も、30 年間のパブリックコミュニケーションの歴史の中で地域に長年居住し、地域のコミュニティに溶け込み、その上で何度も繰り返し面談することの重要性が述べられている[243]。将来的に処分場立地候補地点が決まり、処分事業主体等の担当者が地域に長年居住し、地域のコミュニティに溶け込み、その上で何度も繰り返し面談するようになれば、本研究が述べるような別途の事由で既存の信頼関係がある他分野専門家に本分野専門家が置き換わり、「S to S」で本分野専門家と他分野専門家とを区別することは必要ないのかも知れない。但し、現状の日本では処分場立地候補地点がまだない状況であり、仮に近年中に候補地点が決まったとしても地域に長年居住した状態となるのは近未来的なことなので、当面は本分野専門家と他分野専門家とを区別し、一般市民等には信頼を得た他分野専門家を介した説明を行うことが望ましい。

他分野専門家から一般市民等への説明は、地域の方が事例として理解し易いのでそちらより説明する。例えば、他分野専門家は、地域（住民）から「HLW 処分が安全なのかどうかを判断してほしい」と求められて媒介者に就任する。そのため、従来の公衆への説明の際のような「何で自分がそこに連れて行かれたのか」とか、自分がそこで説明する意義は何なのか」を考えることは地域（住民）から推された段階で解消している。さらに、同様に「一般市民にどうやって説明するか」と考える必要はなく、地域（住民）からは「HLW 処分が安全なのかどうかを判断すること」を最初から他分野専門家に期待する役目（ミッション）として提示とされることが予想される。信頼の構図からは一般的には4.1.1　(4) 項で示すような山岸[48]の安心関係にあるような他分野専門家を強く信頼している人は彼が判断した結果（結論）だけを聞きたがり、必ずしも強く信頼していない人は彼が結論に至ったプロセスを含めて聞きたがることになるものと考えられる。いずれにせよ、地域（住民）の局面では「S to P」の場の設定に、他分野専門家が苦慮することは考えにくい。逆に不定形な場などで色々な角度・深さからの質問に合理的に回答する手法を考える必要が生じることになることが予想される。逆にもっと身近ではない状況で地域から選任された地方大学の教官などの他分野専門家を強く信頼している人は多いとは思えないため、彼は本分野専門家と同レベルまで理解し、多くの内容を地域住民に説明しなければならないことが予想される。

一方、全国の一般市民を対象とした場合の他分野専門家は、マスコミや他分野学協会から推されて任につくことが考えられ、推された組織・機関に向けて請われる角度・深さからの質問に合理的に回答することになることが予想される。この場合、全国の一般市民にはマスコミや他分野学協会から技術情報や判断した結果や見解をステートメント等として発信することになるものと考えられる。また、前述の要件を満たす国会議員の場合を含め、これらステートメントをインターネットに掲載し、マスコミが報じることにより、一般市民の周知するところになるものと考えられる。

(3) 他分野専門家が説明するべき情報の種類と量

表4.4.3-1 に示した a) 基本的な情報は、一般市民等に全てを伝えて理解してもらう必要がある。但し、これは専門的な技術情報は含まないので理解し易いこともあり、他分野専門家を介するのではなく、一般市民等が国・地方公共団体または事業者等から直接説明を聞いて理解することが望ましい。

表4.4.3-1 の b) 安全確保の基本的な考え方、c) 処分概念オプションによる安全性と費用の相関図等は、他分野専門家が判りやすく推敲・咀嚼した一定の専門的な技術情報を一般市民等に伝える必要がある。信頼を得た他分野専門家は一般市民等とは既に信頼関係があり、本分野専門家に比べると一般市民等からみて身近な存在にある。特に信頼を得た他分野専門家と地域住民の距離が近い場合は、求められる種類と量の情報を求められた時にタイムリーにわたすこともできる。また、4.1.1 (4) 項で山岸[48)]が述べるところの親子・家族等における安心関係に基づく意思決定の場合は、必ずしも詳細な技術情報や経過報告は必要なく、信頼を得た他分野専門家の最終的な判断結果（例えば、これで良い／これでは良くないとの結論）のみで十分と感じて、他の構成員の態度が決まる可能性がある。このように、「S to P」は「S to S」とは異なり、説明を行う場（会場）や説明の内容を定形に決める必要はなく、非定形なものとしてタイムリーに行うこともできる。

このように一般市民等に詳細な専門的な技術情報をわたすことなく、途中にいる信頼を得た他分野専門家の意見や判断と共に伝えることにより、技術的には周辺ルートによる処理で判断せざるを得ない一般市民等の態度の決定を助長することを「信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセス」と呼ぶ。

(4) 説明結果に基づく一般市民の善し悪しの判断

一般市民等に信頼された他分野専門家は、彼らの意見（判断の結果）と共に、判りやすく推敲・咀嚼された一定の専門的な技術情報を一般市民に伝える。一般市民等は他分野専門家を介して専門的な技術情報の概要を知り、他分野専門家への信頼関係とのバランスでその結果に対する意見（判断）を含む情報を収集し、自らの態度を決めるものと考えられる。

このように信頼を得た他分野専門家に科学技術に関する問題の解決（リスク情報の処理）を委ねて、「S to P」を行うことにより、一般市民等は一定の科学技術リテラシーが求められるという制約条件の中において相対的に健全で合理的な意志決定を行うことができる。

4.5.3 専門的な技術情報を伝える２段階のプロセスのまとめ

ここでは科学技術の専門家にとっても認知処理コストが高く、労力を要する HLW 処分の専門的な技術情報の理解において、信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスを検討した。上述の内容を整理した信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスを図4.5.3-1 に示し、その説明を表4.5.3-1 に示す。

1) 第１段階：「S to S」

本分野専門家は、「S to S」により、HLW 処分の基本的な情報と安全性・経済性等の専門的な技術情報を適切に説明し、それに基づき他分野専門家と学会等の場で討論する。これにより、他分野専門家は基本的な情報と専門的に深い領域の技術情報を十分に理解し、中心ルートによる処理によって自らの意志を決定する。

なお、HLW 地層処分事業への賛成／反対等の意思と態度や、オプション案が好ましいかは、専門的な技術情報を正確に理解・把握した他分野専門家個人の判断に任せるべきである。

2) 第２段階：「S to P」

一般市民等に信頼された他分野専門家は、「S to P」により、判りやすく推敲・咀嚼された一定の専門的な技術情報と自らの判断結果を、彼らの意見と共に、周りの一般市民等に伝える。これにより、技術的には周辺ルートによる処理で判断せざるを得ない一般市民等の態度の決定を助長する。

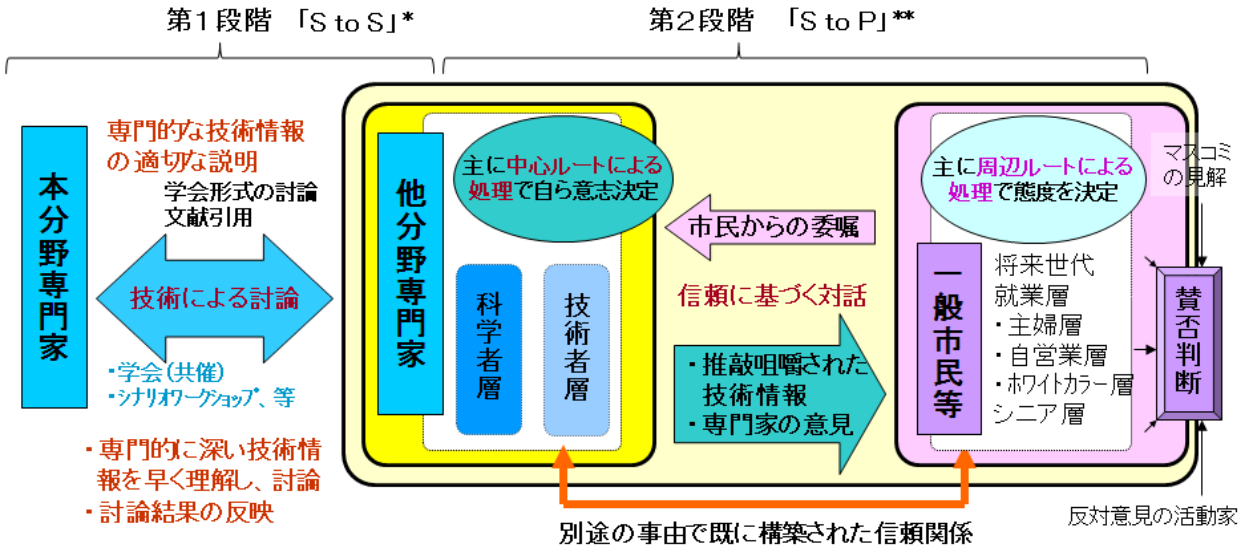
なお、「S to P」は「S to S」とは異なり、場や説明の内容を定形とする必要はなく、サイエンスカフェ等で行われる説明と対話のように非定形なものをタイムリーに行うことができる。

「S to S」は、極端に言えば、本分野専門家と他分野専門家間の信頼関係の構築があまり進んでいない状況下からでも、科学技術系の学協会等で多用されている討議や文献引用のルールに則って着手することができる。ここで討議を重ねれば、専門的に深い領域の技術情報を議論し、同意に至ればそれを伝えることも可能である。

一方、「S to P」は、極端に言えば、一般市民等の科学技術に関する基礎知識が低い状況下からでも、別途の事由で既に構築された他分野専門家と一般市民等との信頼関係により、他分野専門家が理解した専門的な技術情報から判断した結果（意見）は、一般市民等に伝えることができる。

従来の HLW 処分時の安全性等の説明で支障が生じているのは、説明者としての本分野専門家が、一般市民等から信頼されていないことが主な理由である。地域を例とする

と、地域（住民）から推挙された他分野専門家は、もともと信頼されているから推されるため、「S to P」では信頼されていないことを原因とする諸問題は派生しないものと考えられる。



* 「S to S」：本分野専門家から他分野専門家への説明とそれに続く討論（対話）
**「S to P」：信頼を得た他分野専門家から一般市民等への説明と対話

図4.5.3-1　信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセス

表4.5.3-1　専門的な技術情報を伝える２段階のプロセスの説明

項目	内容
第１段階 「S to S」	本分野専門家が、HLW 処分の基本的な情報と安全性・経済性等の専門的な技術情報を適切に説明し、それに基づき他分野専門家と学会等の場で討論（対話）する。これにより、他分野専門家は基本的な情報と専門的な技術情報を十分に理解し、中心ルートによる処理によって自らの意志を決定する。
第２段階 「S to P」	その上で、他分野専門家が、一定の専門的な技術情報や自らの判断結果を、周りの一般市民に、自分の意見と共に伝える。これにより、技術的には周辺ルートによる処理で判断せざるを得ない一般市民等の態度の決定を助長する。

「S to S」：本分野専門家から他分野専門家への説明とそれに続く討論（対話）
「S to P」：信頼を得た他分野専門家から一般市民等への説明と対話

4.6 一般市民への専門的な技術情報の説明の方法

ここでは他の関係から得た強い信頼で結ばれていることにより既に信頼されている他分野専門家を介して、彼らの意見（判断の結果）と共に、判りやすく推敲・咀嚼された情報を一般市民に伝える方法を具体化する。

4.6.1 「S to P」が行われる場

前述4.4.1 (1) 項では、「S to S」が行われる場を検討した。「S to S」では分野学会（通常の発表、専門的な討議セッション、企画セッション等）、技術説明会（技術ワークショップ／シンポジウム、オープンフォーラム等）、科学技術アセスメント（シナリオワークショップ）が摘出された。

本項では「S to P」が行われる場を検討する。「S to P」では分野学会の一般公開された公開討論等で対応することは考えられなくはないが、説明される内容や参集する出席者との質疑応答の内容は専門用語や略語も多いと考えられ、一般市民等が直ちに理解することは難しいものと考えられる。そのため、ここでは定形で大規模な会場で行うものの内、分野学会を除外し、残った技術説明会と科学技術アセスメントについて検討した。また、会場等の場や決まった説明の内容を必要としない非定形なものとして個人とその社会集団の場について検討した。検討した結果を以下に示し、そこで検討された各種コミュニケーション手法の「S to P」への適否を表4.6.1-1 に整理した。

表4.6.1-1 各種コミュニケーション手法の「S to P」への適否

区分	名称	「S to P」への適否	「S to S」への適否(参考)
分野学会	一般公開された公開討論等	×	◎
技術説明会	ワークショップ／シンポジウム	○	○
科学技術アセスメント	コンセンサス会議[87),229),231), 233)]	○	△
	市民陪審[229) , 230)]	未定*	×
	シナリオワークショップ[229)、229)、231)]	○	◎
	サイエンスカフェ[234)]	○	×
対話フォーラム等	対話フォーラム[118),119)]	○	△
	オープンフォーラム[120)]	○	○
その他	個人が関係する社会集団の場	○	－
	その他非定形なもの	○	－

*市民陪審の適性については将来的に判断

凡例 ◎：かなり適している,○：適している,△：適否に議論があるもの,×：あまり適していない

(1) 技術説明会

技術説明会には技術ワークショップ／シンポジウムおよびオープンフォーラム等があり、国・地方自治体や事業者が主催するものの他に、関連学協会、NPO、市民団体が主催するものがある。ここでは開催地域と一般市民等の関心度に応じて推挙された前述の信頼される専門家が一般市民等に説明するものと考えられる。

例えば、スウェーデンの場合、第３者的な諮問機関との位置付けの原子力廃棄物評議会（KASAM）[245), 37] が一般市民向けに技術説明会を開催している。この技術説明会は年に２回程度、首都で開催される場合が多い[38]とされている。また、定期的には１年に１回の最新レポート、3 年に 1 回の定期レビューおよび特別な諮問事項がある度にその都度、報告書[39]を発行している。なお、KASAM の委員には、科学、工学に加え、神学・倫理学及び社会科学といった放射性廃棄物処分に関して重要な様々な分野の独立した専門家が含まれている。これらは本分野専門家が開催する技術説明会とは異なり、KASAM の委員となった“他分野専門家”が一度読み下して理解した内容を一般市民等に説明する主旨のものであり、用語も平易なものとし、理解し易い内容とすることを主眼に置いている[246)]。

なお、KASAM の委員は、他の原子力関係の業務には参加しないことで独立性を確保している。また、スウェーデンの場合は国のあらゆる機関が同様であるが、KASAM の活動と経費に関する全ての情報は開示され、公開性と透明性を確保している。

(2) 科学技術アセスメント

科学技術アセスメントは、前述の通り地域を特定する性質のものが多い。処分場立地候補地点の地域住民を対象とする「S to P」では、「S to S」で前述した4.4.1　(1) 3) 項と同様にシナリオワークショップ[229),231)]の適性が高いものと考えられる。また、地域住民を対象とする「S to P」では、「S to S」で適性が低いとされた他のものも対象に考えることができる。それは「S to S」と「S to P」では説明する者と説明される者がそれぞれ異なるためである。

コンセンサス会議[229)-233)]は、地域住民が周知に基づき意思決定することを目的とするものであり、定形な会議で専門家は市民パネルに情報を提供し、鍵になる質問等へ回答する立場にある。対話するテーマに基づく「鍵となる質問」を決めるのは地域住民の提

[37]原子力廃棄物評議会（KASAM）は、1985 年に設立され、行政組織上は環境省に所属する委員会組織である。政府の承認の下に環境大臣が任命する委員長及び最大 10 名の委員から構成されている。委員には経費のみが支払われ、原則、本活動に関する報酬はない。

[38]KASAM 事務局長によれば、出席者はターゲットグループ（行政庁、規制当局、事業者(SKB)、NGO、政治家、メディア）とスウェーデンの２箇所の候補地点の地域住民等が多いとのとこである。候補地点で開催したいと考えたこともあるが、エルトハンマル自治体には 200 名ほど収容できる施設がないため、首都（ストックホルム）で開催することにしたの述べている（Eva Simic 氏への 2010 年 6 月 3 日インタビュー）

[39]KASAM が発行する不定期な報告書には、①最終処分のシステムの分析(2008 年）、②サイト選定－どの場所か、③市民参加と民主主義(2008 年 12 月)、④銅の腐食のメカニズムに関する国際科学的ワークショップ(2009 年 11 月)等がある。

案に基づくため「S to P」には適性が高い。しかし、小林[232]はコンセンサス会議について「リスクとベネフィットの比較考量」という課題は達成したが、現実的な課題として①会議開催・運営のコストが高いこと、②会議後も専門家側の態度は変わらない可能性があること、③研究者の社会リテラシーの問題は残されたままであることを指摘している。さらに、小林[232]は、a) 最近は参加疲れ(participation fatigue)の傾向[40]がある、b)社会的論争の沈静は果たして良いことなのか、c)コンフリクトマネジメントに過ぎないのではないか、d)科学技術の方は何も変わっていないのではないか等を根本的な問題として指摘している。

市民陪審[229),230)]は、英国の事例が報告[229)]されているのみである。最近は日本でも裁判員制度が開始され、一般市民が所謂“陪審員”となって刑事裁判の罪状と量刑の判断の場に参加するようになっている。しかし、市民陪審は刑法や民法等のように法律上の拘束力のある内容を対象とするものではないが、地方公共団体の施策の拠り所とするのであれば陪審員の資質である科学技術リテラシーについての選任基準等を整備する必要がある。これらの環境整備を待たなければ「S to P」への適性があるかどうかを判断することは難しい。そのため、「S to P」への市民陪審[229)、230)]の適性については将来的に判断するものとする。

サイエンスカフェ[234)]は、非定形な会議で一般市民と専門家がくつろいだ雰囲気で自由に語り合うことを目的としたものであり、対話の内容（質問内容）を決めるは地域住民にあるため「S to P」には適性が高いと考えられる。

そのため、「S to P」に適性が高い科学技術アセスメントとして、現状ではシナリオワークショップ、コンセンサス会議、サイエンスカフェが摘出された。科学技術アセスメントの場合の主催者は国・事業者である可能性もあるが、地方自治体・NPO・市民団体が主催することも考えられる。関心が高まった後の状況では主要価値類似性から信頼されるのは主な価値観を共有できる専門家であり、前述の通り、例えば地元の大学や研究機関の役職者、地元の医師、地元に根ざした企業の技術者、理工系出身の地域コミュニティの代表・町内会長等（以下、「地域住民から信頼を得た他分野専門家メンバー」とよぶ）がそれに該当する。地域に流通する情報から適切な地域住民から信頼を得た他分野専門家メンバーを選任し、運用するという意味では、地域における科学技術アセスメントは後者が主催した方が、対話の結果について住民から信頼を得やすい可能性がある。

(3) 個人間の関係とその社会集団の場

本研究では理論上、「S to P」が社会集団の場で非定形に行われることは、「S to S」に参加した地域住民から信頼を得た他分野専門家メンバーが、個人が関係する社会集団の場にいる場合に実現する。また、個人間の関係の場においては、「S to S」に参加した

[40] コンセンサス会議を続けても市民パネルの中で議論は平行線となり、会議の最後に多数決で賛成／反対を決めるような状況を指したものである。

自分の配偶者・家族・親族・友人・知人等が、個人間の関係の中にいる場合に実現する。

ここで社会集団の場とは、例えば地元の企業での業務以外の活動、子弟の学校等を中心とした父母会や学校行事、趣味のサークル活動、住居での近所付き合い（町内会）等である。また、個人間の関係とは、例えば婚姻関係、家族関係、姻戚関係、友人関係、会社の同僚等である。これらの場での「S to P」はサイエンスカフェのように非定形で自由に語り合うことで行われる。

4.6.2 「S to P」で説明することが期待される内容

前述の通り、信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスでは、推敲・咀嚼した一定の専門的な技術情報を自分の意見と共に伝える一般市民等に伝える。また、「S to P」が行われる場と説明の内容は非定形である場合がある。そのため、ここでは最低限説明が必要と考えられる専門的な技術情報の説明内容を検討した。この説明することが期待される専門的な技術情報は、全国と地域では前述により説明する対象（一般市民等）の関心度とそれに相関して信頼を得た他分野専門家の種類が異なるため、全国の一般市民を対象としたものと、地域住民を対象としたものに区分して示した。

(1) 全国の一般市民を対象とした「S to P」で説明するべき内容

全国の一般市民を対象とした「S to P」で、説明することが期待される一定の専門的な技術情報の説明内容を以下に示す。なお、以下の説明内容は他分野専門家が推敲・咀嚼して説明する際に、最低限必要と思われる内容についてのみ述べている。

1) 安全確保の基本的な考え方

前述の1.2.2 (4) 項の通り、地層処分は、原子力安全委員会[27]の「一般公衆に対する評価線量が最大となる時期においても、あらかじめ基準値として定められた放射線防護レベルを超えていないこと等を確認することが基本」との考え方の下で安全が確保されることを説明する。

2) 地層処分の安全性

処分事業者（NUMO）は、上記 1)に準拠し、処分場立地候補地点の地質環境に基づき、一定水準以上の安全性を確保するための処分概念を検討することを説明する。この処分概念は、前述の3.2.2 (6) 項で定義したものである。

3) 地層処分の費用に関する情報

前述の2.3 節の通り、3 兆円と試算された日本の既存のデフォルト案の処分概念に基づき、現時点では約 20 銭／KWh の費用を負担していることを説明する。

4) 候補サイト間の地質環境と費用の相関

安全基準で規定される一定水準以上の安全性を確保するための処分費用は、前述の2.5 節の通り立地場所の地質環境の良し悪しにより異なることを説明する。す

なわち、地質環境が悪い場所は工学バリアの仕様等により地質環境の天然バリアを補うため、地質環境が良い場所は処分費用が安く、地質環境が悪い場所は処分費用が高い。従って、処分場立地候補地点によっては総費用が高い場所と安い場所が存在することを説明する。

なお、上述の 1)～4)項に示した全国の一般市民を対象とした「S to P」で、最低限説明が必要と考えられる一定の専門的な技術情報を、専門的な技術情報(1)と呼ぶ。この専門的な技術情報(1)には、HLW 処分の安全性と経済性の基本情報と地質環境と処分費用との相関が含まれている。

(2) 処分場立地候補地点の地域住民を対象とした「S to P」で説明するべき内容

処分場立地候補地点の地域住民を対象とした「S to P」で、説明することが期待される一定の専門的な技術情報の説明内容を以下に示す。なお、以下の説明内容は他分野専門家が推敲・咀嚼して説明する際に、最低限必要と思われる内容についてのみ述べている。

1) ～4) については上記(1)の一般市民と同様である。

5) 近未来的な操業システムとその安全性

前述の4.4.2 (2) 項の通り、地域住民にとって閉鎖後安全性よりも優先する位置付けである近未来的な操業システム（輸送および処分場ハンドリング）とその安全性について説明する。

6) 閉鎖後安全性の１つの候補サイトにおける安全性と費用の相関図

前述の3.3.6 節の通り、１つの候補サイトの複数の工学バリアの仕様等で構成される処分概念オプションにより、必要とされる費用と得られる安全性に相関があることを説明する。信頼を得た他分野専門家は、リスク・ベネフィットの原則に基づき、海外事例も合わせてどこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を議論した結果を説明する。なお、本分野専門家と議論した結果の判断は、他分野専門家個人に任せるべきである。

7) 閉鎖後モニタリングの取り扱いの考え方

段階的な安全性確保の考え方に基づく､閉鎖後の断続的なモニタリングのもたらす安全性と費用について説明する。

なお、上述の 5)～7)項に示した地域住民を特に対象とした「S to P」で、最低限説明が必要と考えられる一定の専門的な技術情報を、専門的な技術情報(2)と呼ぶ。この専門的な技術情報(2)には、次章で議論する HLW 処分事業による現世代での安全確保および閉鎖後モニタリングを含む将来世代の安全性と経済性との相関が含まれている。

4.6.3 一般市民への専門的な技術情報の説明の方法のまとめ

「S to P」は場や説明内容に依存し難く、別途の事由で既に構築された他分野専門家と一般市民等の信頼関係との相関で相対的に決まる情報の種類と量をタイムリーに提供することにより、一般市民等が態度を決めるのを助長できるものと考えられる。「S to P」が行われる場と説明するべき内容を検討した結果のまとめを以下に示す。

(1) 「S to P」が行われる場

「S to P」が行われる場として、一般市民等への技術説明会（技術ワークショップ／シンポジウムおよびオープンフォーラム）は、国・事業者が開催するものと、関係学協会・地方公共団体・NPO・市民団体等が開催するものがある。

また、地域が特定された時点からは地域住民を対象とした科学技術アセスメントのうち、定形のものとしてシナリオワークショップとコンセンサス会議があり、非定形のものとしてサイエンスカフェがある。さらに、同様に非定形のものとして、個人間の関係とその社会集団の場がある。「S to P」は「S to S」とは異なり、会場等の説明の場や説明の内容を定形に決める必要はなく、非定形なものとしてタイムリーに行うことができるものがあることが特徴である。

(2) 「S to P」で説明するべき内容

ここでは、上記の検討結果を踏まえ、「S to S」で信頼を得た他分野専門家(S)から一般市民等(P)へ説明することが期待される内容を整理した。整理した結果を表4.6.3-1 および以下に示す。

まず、最初に、HLW 地層処分の基本的な情報（処分概念、制度（枠組み）、スケジュール、海外情報および両リスクの情報等）を説明する。但し、これは専門的な技術情報は含まないので理解し易いこともあり、他分野専門家を介するのではなく、一般市民等が国・地方公共団体または事業者等から直接説明を聞いて理解することが望ましい。

次に、全国の一般市民と処分場立地候補地点の地域住民には、信頼を得た他分野専門家が専門的な技術情報を推敲・咀嚼し、専門的な技術情報(1)に分類される 1) 安全確保の基本的な考え方、2) 地層処分の安全性を説明する。さらに、処分場立地候補地点の地域住民には、3) 近未来的な操業システムとその安全性、4) 閉鎖後モニタリングの取り扱いを説明する。

他方、同様に専門的な技術情報(2)に分類される 1) 地層処分の費用に関する情報、2) 候補サイト間の地質環境と費用の相関を説明する。さらに、処分場立地候補地点の地域住民には、3) 閉鎖後安全性の１つの候補サイトにおける安全性と費用の相関図、の考え方を説明する。

表4.6.3-1　「S to P」で説明することが期待される内容のまとめ

項目		「S to P」で説明することが期待される内容 (信頼を得た他分野専門家(S)から一般市民等(P)へ)	「S to P」の対象	
			全国の市民	地域住民
基本的な情報		①HLW 地層処分の基本的な情報として、処分概念、制度（枠組み）、スケジュール、海外情報および両リスクの情報等を説明する。	○	○
専門的な技術情報①	1)安全確保の基本的な考え方	①地層処分は、「一般公衆に対する評価線量が最大となる時期においても、あらかじめ基準値として定められた放射線防護レベルを超えていないこと等を確認することが基本」との考え方の下で安全が確保されることを説明する。	○	○
	2)地層処分の安全性	②処分事業者（NUMO）は、(1)に準拠し、処分場立地候補地点の地質環境に基づき、一定水準以上の安全性を確保するための処分概念を検討することを説明する。	○	○
	3)近未来的な操業システムとその安全性	①地域住民にとって閉鎖後安全性よりも優先する位置付けである近未来的な操業システム（輸送および処分場ハンドリング）とその安全性について説明する。	△	○
	4)閉鎖後モニタリングの考え方	①段階的な安全性確保の考え方に基づく、閉鎖後の断続的なモニタリングのもたらす安全性と費用について説明する。	△	○
専門的な技術情報②	1)地層処分の費用に関する情報	①３兆円と試算された日本の既存のデフォルト案の処分概念に基づき、現時点では約 20 銭／KWh の費用を負担していることを説明する。	○	○
	2)候補サイト間の地質環境と費用の相関	①安全基準で規定される一定水準以上の安全性を確保するための処分費用は、処分場立地候補地点の地質環境の良し悪しにより異なることを説明する。 ②従って、処分場立地候補地点によっては総費用が高い場所と安い場所が存在することを説明する。	○	○
	3)閉鎖後安全性の１つの候補サイトにおける安全性と費用の相関図	①1つの候補サイトの複数の工学バリアの仕様等で構成される処分概念オプションにより、必要とされる費用と得られる安全性に相関があることを説明する。 ②信頼を得た他分野専門家は、リスク・ベネフィットの原則に基づき、海外事例も合わせてどこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を議論した結果を説明する。	△	○

適用　○：説明することが期待される内容、△：出来れば説明して貰いたい内容

4.7 科学者への信頼と専門的な技術情報の説明方法のまとめ

ここでは信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスという説明プロセスが良いとされた科学者への信頼と専門的な技術情報の説明方法をまとめた。

4.7.1 技術情報を活用した一般市民等の意思決定に至る基本的な流れ

「S to S」は“本分野専門家から他分野専門家への説明とそれに続く討論（対話）”である。ここでは、本分野専門家が、HLW 処分の基本的な情報と安全性・経済性等の専門的な技術情報を適切に説明し、それに基づき他分野専門家と学会等の場で討論（対話）する。これにより、他分野専門家は基本的な情報と専門的な技術情報を十分に理解し、中心ルートによる処理によって自らの意志を決定する。

これに続く「S to P」は“信頼を得た他分野専門家から一般市民等への説明と対話”である。ここでは、他分野専門家が、一定の専門的な技術情報や自らの判断結果を、周りの一般市民等に、自分の意見と共に伝える。すなわち、別途の事由で既に構築された他分野専門家と一般市民等の信頼関係との相関で相対的に決まる専門的な技術情報の種類と量を、他分野専門家が非定形な場と内容で一般市民等へタイムリーに提供する。これにより、技術的には周辺ルートによる処理で判断せざるを得ない一般市民等の態度の決定を助長する。また、親子・家族等における安心関係に基づく意思決定の場合は、信頼を得た他分野専門家の最終的な判断結果のみで十分と感じて、他の構成員の態度が決まる可能性がある。

上述の「S to S」と「S to P」の信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスにより、本分野専門家から直接説明されるに比べて理解し易い、信頼関係に基づき推敲・咀嚼された一定の専門的な技術情報を得ることができ、相対的[41]に健全で合理的な意志決定を行うことができる。すなわち、地域（住民）が HLW 処分の安全性に関して説明を求めている状況となった際には、地域（住民）に専門的な技術情報を説明しようとするのではなく、地域（住民）の皆が信頼できる科学技術の専門家個人を推すことが求められるべきである。但し、一般市民等は提供される専門的な技術情報の種類と量に応じて一定の科学技術リテラシーが求められるという制約条件はあることには注意するべきである。

[41]社会心理学分野では一般市民等の能力評価は信頼との結びつきが弱いとされている。また、一般市民等から信頼を得た他分野専門家の科学技術的な能力がHLW処分の科学的な妥当性を判断するのに不足している場合がある。一般市民等が信頼した他分野専門家の能力が不足している場合は、一般市民等は誤った情報と意見の提供の下で意思決定を行わなければならなくなる。

4.7.2 信頼を得た他分野専門家による説明の場と方法

(1) 一般市民等から信頼される他分野専門家

「S to S」で本分野専門家から説明を受け、一般市民等への橋渡し役となる他分野専門家は、一般市民等から信頼される科学者であるものと考えられる。

例えば、周囲に処分場立地候補地点がなく、関心の低い状態の一般市民にとっての信頼を得た他分野専門家は、公正さを納得されやすい組織上の立場にある有名な大学の理工学系の教授や有名な研究機関のフェロー等が考えられる。

例えば、関心の高い状態となった処分場立地候補地点の地域住民にとっての信頼を得た他分野専門家は、主な価値観を共有できる科学者等であり、以前より別途の事由で構築されていた信頼関係に基づいた地元の大学や研究機関の役職者、地元の医師、地元に根ざした企業の技術者等が考えられる。

(2) 「S to S」の説明の場と説明されるべき内容

「S to S」の場として、最も自然な場である分野学会の通常の発表、専門討議での発表、２つの学会の企画セッション等での発表である。また、技術説明会として技術ワークショップ／シンポジウムおよびオープンフォーラムが考えられる。さらに地域が特定された時点からは科学技術アセスメント手法の１つであるシナリオワークショップが適していると考えられる。

「S to S」で説明されるべき内容は、最初に、HLW 地層処分の基本的な情報（処分概念、制度（枠組み）、スケジュール、海外情報および両リスクの情報等）を説明し、次に専門的な技術情報を２つのカテゴリーで説明する。１つ目は HLW 処分地の選定基準、多重バリアの構成、近未来的な操業システム、地層処分の閉鎖後安全性、モニタリング期間および安全性確保の基本的な考え方を説明する必要がある。２つ目は１つの候補サイトの複数の工学バリアの仕様等で構成される処分概念オプションによる安全性と費用の相関図を、国際比較と共に説明するべきである。ここでは、本分野専門家が代表的な論点を織り込んだ処分概念オプションをトレードオフ対比して説明し、他分野専門家は相関図により全体の中で位置付けを把握しながら理解を深めていくべきである。

(3) 「S to P」の説明の場と説明されるべき内容

「S to P」が行われる場として、一般市民等への技術説明会（技術ワークショップ／シンポジウムおよびオープンフォーラム）、科学技術アセスメントの（シナリオワークショップとコンセンサス会議およびサイエンスカフェ）が考えられる。「S to P」は、非定形なものとしてタイムリーに行うことができるものがあることが特徴であり、これには個人間の関係とその社会集団の場が考えられる。

「S to P」で説明されるべき内容は、最初に、HLW 地層処分の基本的な情報を説明し、次に一定の専門的な技術情報を説明する。説明されるべき一定の専門的な技術情報は全国の一般市民と地域住民で異なる。全国の一般市民と処分場立地候補地点の地域住民には、信頼を得た他分野専門家が専門的な技術情報を推敲・咀嚼し、専門的な技術情報(1)に分類される 1) 安全確保の基本的な考え方、2) 地層処分の安全性を説明する。さらに、処分場立地候補地点の地域住民には、3) 近未来的な操業システムとその安全性、4) 閉鎖後モニタリングの取り扱いを説明する。次に、同様に専門的な技術情報(2)に分類される 1) 地層処分の費用に関する情報、2) 候補サイト間の地質環境と費用の相関を説明し、処分場立地候補地点の地域住民には、3) 閉鎖後安全性の１つの候補サイトにおける安全性と費用の相関図の考え方を説明する。

上述した「S to S」と「S to P」の２段階のプロセスの説明に適切な場を総括して表4.7.2-1 に示す。また、２段階のプロセスで説明すべき内容を総括して表4.7.2-2 に示す

表4.7.2-1　２段階のプロセスの説明に適切な場の総括

区分	名称	場の適否	
		「S to S」	「S to P」
分野学会	一般公開された公開討論等	◎	×
技術説明会	ワークショップ／シンポジウム	○	○
科学技術アセスメント	コンセンサス会議	△	○
	市民陪審	×	未定*
	シナリオワークショップ	◎	○
	サイエンスカフェ	×	○
対話フォーラム等	対話フォーラム	△	○
	オープンフォーラム	○	○
その他	個人が関係する社会集団の場	－	○
	その他非定形なもの	－	○

*市民陪審の適性については将来的に判断

凡例　◎：かなり適している,○：適している,△：適否に議論があるもの,×：あまり適していない

表4.7.2-2　２段階のプロセスで説明すべき内容の総括

項目		「S to S」	「S to P」	
			一般市民	地域住民
基本的な情報　(HLW 処分の概念・制度・スケジュール,海外情報等)		○	○	○
専門的な技術情報（1）	HLW 処分事業の安全性に関する情報	○ →		
	1)安全確保の基本的な考え方		○	○
	2)地層処分の安全性		○	○
	3)回収可能性		○	○
	4)近未来的な操業システムとその安全性		△	○
	5)閉鎖後モニタリングの考え方		△	○
技術情報（2）	HLW 処分概念オプションによる安全性と費用の相関に関する情報	○ →		
	1)地層処分の費用に関する情報		○	○
	2)候補サイト間の地質環境と費用の相関		○	○
	3)閉鎖後安全性の１つの候補サイトにおける安全性と費用の相関図		△	○

凡例　○：説明することが期待される内容、△：出来れば説明して貰いたい内容

専門的な技術情報（1）：HLW 処分事業の安全性に関する情報

専門的な技術情報（2）：HLW 処分概念オプションによる安全性と費用の相関に関する情報

4.7.3 信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスのまとめ

(1) 信頼を得た他分野専門家を介した 2 段階のプロセスの形成と運用の考え方

本研究の説明プロセスでは、HLW 処分の安全性に関して説明を求めている状況となった際には、一般市民等に、媒介役となる他分野専門家を推挙して欲しいと依頼する。一般市民等がその個人を選ぶのは能力、意図（真面目さ、公正さ、思いやり等)、主要価値類似性（SVS）等からそもそも信頼しているためであり、この他分野専門家は地域（住民）より HLW 処分の安全性等の専門的な技術情報に関するリスクマネジメントを委される。他分野専門家が科学技術の専門家としての知識・慣習とステータスを持っているため、討議や論文引用の形式は科学技術系の学協会等で多用されている手法に則って行うことができる。

上述のように場のルールが決まっていることにより、「S to S」は、極端に言えば、本分野専門家と他分野専門家間の信頼関係の構築があまり進んでいない状況下からでも、科学技術系の学協会等で多用されている討議や文献引用のルールに則って着手することができる。ここで討議を重ねれば、専門的に深い領域の技術情報を議論し、同意に至ればそれを伝えることも可能である。

一方、「S to P」は、極端に言えば、一般市民等の科学技術に関する基礎知識が低い状況下からでも､別途の事由で既に構築された他分野専門家と一般市民等との信頼関係により、他分野専門家が理解した専門的な技術情報から判断した結果（意見）は、一般市民等に伝えることができる。他分野専門家は、もともと一般市民等から信頼されているから推されるため、「S to P」では信頼されていないことを原因とする諸問題は派生しないものと考えられる。

信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスの形成と運用の考え方を図4.7.3-1に示す。

(2) 2 段階のプロセスにより伝えることのできる情報の種類と量

2 段階のプロセスにより伝えることのできる情報の種類と量は、説明される内容により異なる。2 段階のプロセスにより伝えることのできる情報の種類と量を図4.7.3-2 に示す。

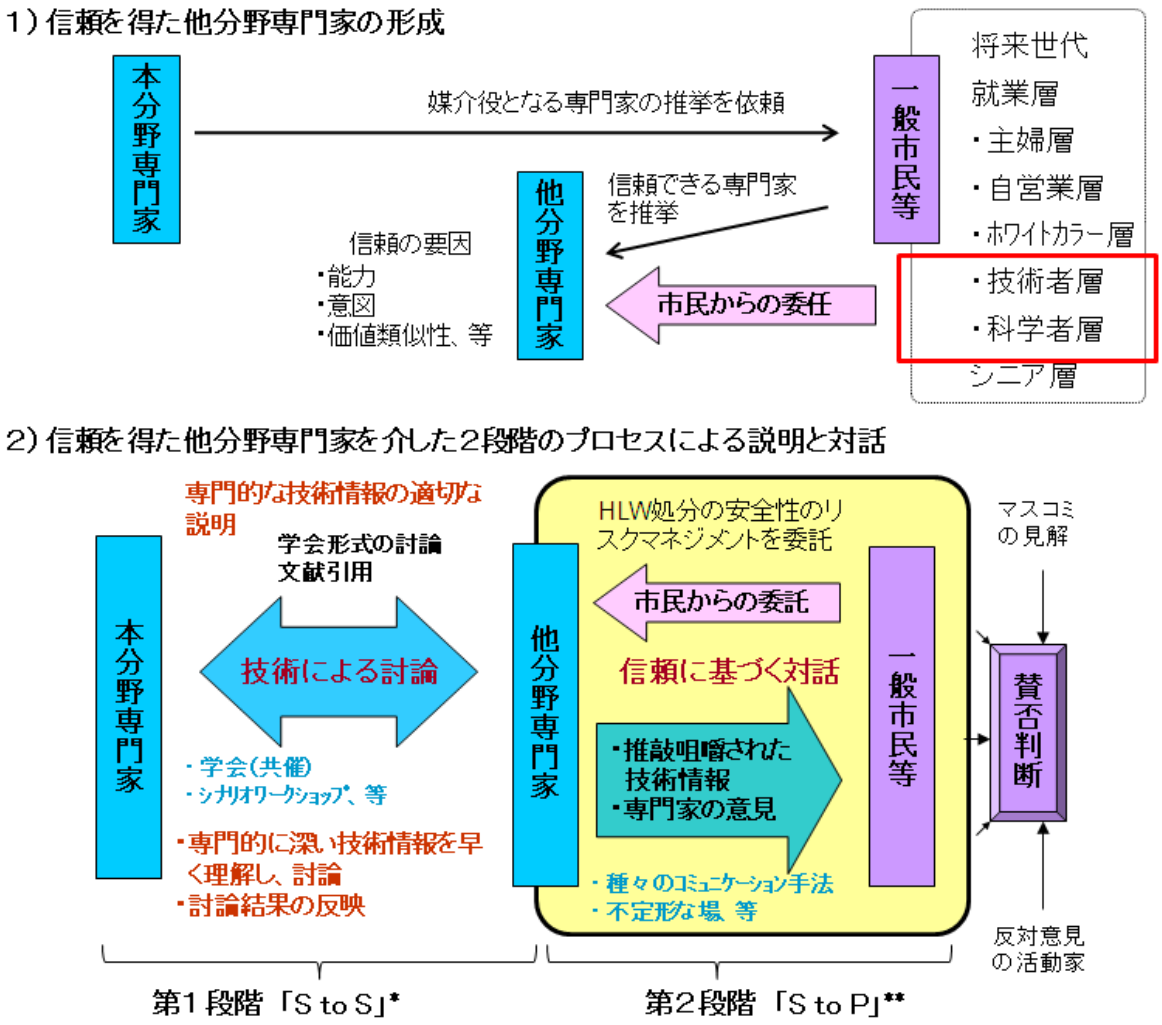
基本的な情報（図4.7.3-2 の a)項）は、国や事業者が HLW 処分の概念・制度・スケジュール、海外情報等および両リスクの情報を他分野専門家を含む一般市民等に説明するが、その情報量は専門的な技術情報に比べて少ない。また、専門的な内容は多くないため、説明した内容に対する質問も多くはないことが予想される。但し、国や事業者が信頼が得られていない段階で説明を行った場合、説明した以外の内容での疑問・質問があるものと予想される。

専門的な技術情報（その１）（同・b)項）は、本分野専門家が HLW 処分事業の安全性に関する情報を他分野専門家に説明する。これは本論文の 2 章に相当する内容であり、2 章に付随する説明内容を含めてその情報量は比較的多い。また、安全評価等では技術的に複雑

な内容も含まれているため、基本的な情報よりも多い質問があることが予想される。

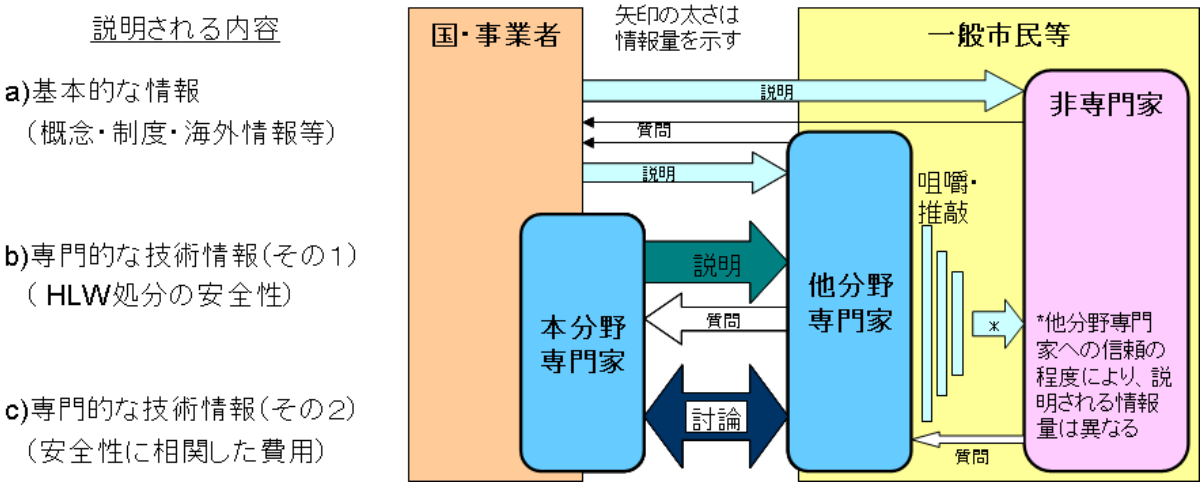
専門的な技術情報（その２）（同・c)項）は、本分野専門家が HLW 処分概念オプションによる安全性と費用の相関に関する情報を他分野専門家に説明し、討論する。これは本論文の 3 章に相当する内容であり、その情報量はやや多い。また、費用の評価軸を追加し、3 個以上の選択肢を設けるために、他分野専門家からの質問や意見が多くなる、すなわち、討論できることが予想される。そのため、双方向の説明・質問・意見により、やり取りされる情報量は合計すると多くなることが予想される。

すなわち、これが「S to S」に期待できる効果であり、HLW 処分時の安全性に相関した費用等の専門的に深い領域の技術情報を適切に説明し、他分野専門家との討論を可能とするためには、従来の技術情報に安全性に相関した費用の情報を加え、選択肢を設けることが重要であるものと考えられる。



* 「S to S」：本分野専門家から他分野専門家への説明とそれに続く討論（対話）
**「S to P」：信頼を得た他分野専門家から一般市民等への説明と対話

図4.7.3-1　信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスの形成と運用



区分	技術情報の深さ	内容	事例
a)基本的な情報		HLW 処分の概念・制度・スケジュール,海外情報等および両リスクの情報*	
b)専門的な技術情報（その１）		HLW 処分事業の安全性に関する情報	第 2 章等の内容
c)専門的な技術情報（その２）	専門的に深い領域	HLW 処分概念オプションによる安全性と費用の相関に関する情報	第 3 章の内容

*直面する問題の眼前のリスクと別のリスク（作用と副作用のリスク）に関する情報

図4.7.3-2　２段階のプロセスにより伝えることのできる情報の種類と量

4.8 本研究の適用範囲と今後の課題

(1) 現状の知見から見た本研究・検討結果の適用限界

1) SVS モデルを加えた統合モデルの適用

科学技術を含めた組織への信頼との結びつきは、従来から述べられている「能力」、「意図（動機付け）」に「主要価値類似性」を加えた新たな統合モデルが中谷内ら[49]により提唱されている。この統合モデルは現時点では GMO への適用が検証された[49]のみであり、本論文の作成時点（2010 年 6 月）では SVS モデルを加えた統合モデルは原子力、特に HLW 処分分野に適用できることがまだ確認（検証）されていない。

但し、本研究の第 4 章では GMO で検証[49]された前述の信頼への結びつきが統合モデルが HLW 処分分野でも適用できるとの仮定に基づき、一般市民の関心と信頼される専門家の相関を考えていることに注意が必要である。

伝統的信頼モデルに SVS モデルを加えた統合モデルは原子力、特に HLW 処分分野に適用できるかどうかの検証は喫緊の課題であり、早期に確認することが必要である。

2) 他分野専門家を介した専門的な技術情報への適用

本研究は科学技術のリスクやベネフィットの説明において一般市民等への判りやすさを求める研究ではなく、専門家間で専門的に深い領域の技術情報についての討論を進め、それを間接的に一般市民等へ伝えることを検討したものである。

また、本分野専門家が説明と討論を行う対象とするのは、その外部性から監視役としての機能と、その専門性から媒介役として機能を兼ね備え、一般市民等から推されて登用された信頼を得た他分野専門家とした場合について検討したものである。

そのため、従来の本分野専門家から一般市民等への説明で難易度の高い課題であった信頼関係の醸成的な段階に正面から取り組むのでなく、本研究は他分野専門家が属する科学技術系の学協会等で多用されている討議や文献引用等の場のルールに則って技術による討論を行うことにより、醸成的な段階を軽減することを検討したものである。さらに、従来の一般市民等の科学技術に関する基礎知識を満たす努力を行うのではなく、信頼を得た他分野専門家が一般市民等と信頼に基づく対話を行うことにより、信頼がないことを原因とする諸問題の派生を軽減することを検討したものである。

従って、一般市民等との科学技術に関する対話やコミュニケーションを研究の対象としたものではない。

(2) 研究上の今後の検討課題

1) 「S to S」による説明の効果の測定

本研究の第3章の「S to S」では、他分野専門家が効率的に専門的な技術情報を理解し、主要な論点について十分に討論できるようになると述べた。これは従来の問題点を分析し、その改良点として従来の議論で共通の認識が得られなかった部分に論点を厳選した

複数の選択肢を設け、リスク・ベネフィットの原則に基づき、費用の情報と伴にHLW処分の安全性を示しているため、安全性・経済性等の専門的な技術情報は適切な説明内容（content）となっているものと考えられる。高度に専門的な技術情報であるため、その検証自体が容易ではないが、その効果は測定され、検証されることが望ましい。

2) ２段階のプロセスによる説明の効果の測定

本研究の第4章では、「S to S」と「S to P」による、既に信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスを踏まえることで、相対的に健全で合理的な意志決定を行うことができると述べた。これは従来の問題点を分析し、その改良点として上述の説明内容と科学技術の組織への信頼の構造に基づく説明の方法（method：説明プロセス）となっているため、一般市民等は本分野専門家から直接説明されるに比べて理解し易く、信頼関係に基づき推敲・咀嚼された一定の専門的な技術情報を得ることができるものと考えられる。但し、「S to P」では、別途の事由で既に構築された他分野専門家と一般市民等の信頼関係との相関で相対的に決まる専門的な技術情報の種類と量を、他分野専門家が非定形な場と内容で一般市民等へタイムリーに提供する。また、親子・家族等における安心関係に基づく意思決定の場合は、信頼を得た他分野専門家の最終的な判断結果のみで十分と感じて、他の構成員の態度が決まる可能性がある。このように非定形なプロセスも含まれるためその検証自体が容易ではないが、前項と同様にこの効果も測定され、検証されることが望ましい。

3) 選択肢である処分概念オプションの数の最適化

本研究の第3章では、費用と安全性が評価された処分概念を選択肢とする場合は3つ以上が必要であり、あまり多くないのが望ましいと考えた。また、経済原則が働く処分概念オプションの選択肢の数は、認知処理コストの高さと研究資源の制約等から最低限必要な3つとした場合の、HLW処分の安全性・経済性の説明する内容を具体化した。これによる事例検討の結果、3つの選択肢は１つの候補サイトを対象とし、地層・岩種・地下水をパラメータとしない段階の処分概念オプションの数としては妥当であると述べた。しかし、特に地層・岩種・地下水をパラメータとする段階の処分概念オプションの数として具体的に幾つが最適な数であるかは現時点では判らない。本研究で述べた「S to S」における説明内容と説明の方法は種々の要件を踏まえて検討しているため妥当と言われる領域にあると考えるが、最適であるとは限らない。そのため、心理学等の分野における今後の研究の進捗により、HLW処分のように認知処理コストが高いと予想されるものについての選択肢の数が具体化されることを期待する。

4) 作業仮説とした他分野と見なされる本分野専門家の要件の検証

本研究の4.2.2　節では、JNC 東海事業所の従業員は、本来、本分野専門家として扱われるべきであるが、地域に長年居住し、地域のコミュニティに溶け込み、その上で何度も繰り返し面談することで、他分野専門家として機能している可能性があると述べた。

そのため、JNC の従業員（本分野専門家）が地域でのコミュニケーション活動を行った際に、本研究で述べる「信頼を得た他分野専門家」と見なされた可能性について、アンケート調査等により確認する必要がある。また、その主要価値類似性(SVS)を満たすことで信頼される関係になる過程では、居住地域同一性や認知後経過時間長期性が主な価値観を共有することに寄与している可能性がある。これらをアンケート調査等により確認することが必要である。

5) 異分野専門家との協業

本研究の1.6　節では、科学技術の専門家を対象とする本研究の対象とはしないが、HLW 処分は①長い時間軸による世代間の公平性、②閉鎖後のモニタリング期間、③可逆性と回収可能性、④世代内の段階的なアプローチについては科学技術の範囲に留まらず、社会科学的な要因を含んだものもあるため、文・理融合した学際研究として解決策を見出していくことが必要であると述べた。

また、HLW 処分は典型的な NIMBY[109)]型の社会問題であることが指摘されており、NIMBY[109)]としての視点で社会科学的な解決手法を見いだすことが必要である。

第5章　結論

潜在的な危険性があり、身近になく、巨大で高度な科学技術は、その恐ろしさや未知性から社会的に受容され難いと言われており、高レベル放射性廃棄物（HLW）処分地の立地問題はその代表例の１つである。NUMO の立地検討に先立つ文献調査への応募を巡る賛否で揺れた高知県東洋町では事実上の住民投票である 2007 年 4 月の出直し町長選挙で推進派が敗れるなど、HLW 処分場の立地確保は困難を極めている。このような状況にあるのも、これまでの技術による説明と対話が十分ではないことが１つの原因である。その一方で、HLW 処分分野は高い安全性を求めるが余り、費用との相関を議論されていないことから経済原則が働かず、際限なく安全性だけを求める動きとなっていた。そのため、従来の安全性等の説明内容（content）と説明の方法（method：説明プロセス）を見直す必要がある。

本研究では、科学技術の専門家同士でも理解され難いとされ、専門的に深い領域の技術情報である HLW 処分の安全性・経済性等の専門的な技術情報について外部性もある原子力バックエンド分野以外の他分野専門家へ説明する方法を明らかにした。その結果、説明内容（content）としてはリスク・ベネフィットの原則に則り HLW 処分時の費用と安全性の相関図を複数の選択肢である処分概念オプションと海外事例を合わせて示し、これを外部性もある他分野専門家にトレードオフ対比しながら説明することにより、適切に理解することができることを見いだした。

また、科学者への信頼と他分野専門家を介して一般市民等へ HLW 処分時の安全性・経済性等の専門的な技術情報を説明する方法を検討した。その結果、説明の方法（method）として別途の事由で構築されている関係より既に信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスを踏まえることで、一般市民等は本分野専門家から直接説明されるに比べて理解し易く、信頼関係に基づき推敲・咀嚼された一定の専門的な技術情報を得ることができ、相対的に健全で合理的な意志決定を行うことができることを見いだした。

以下には、これまでに得られた具体的な成果を列挙する。

(1) HLW 処分の専門的な技術情報の適切な説明内容（3 章）

①ここでは、科学技術の専門家同士でも理解され難いとされる HLW 処分の安全性・経済性等の専門的な技術情報について原子力バックエンド分野以外の他分野専門家へ説明する方法を明らかにした。

②リスク・ベネフィットの原則に則って処分費用（経済性）の情報と共に HLW 処分時の安全性の相関図を示すことができ、日本の現状のデフォルト案と海外事例との相関を整理することで、その相対的な位置付けを説明できる。

③現在、日本には第２次とりまとめの１つの処分概念しかないが、比較検討により理解を深めることができるため選択肢が多い方が良いとの考え方もある。選択肢を設ける

べき地位と領域は過去の専門家間の議論において HLW 処分時の安全性について認識や理解を共有できなかった処分シナリオ・安全評価結果や当該技術の将来予測などの評価等の部分である。選択肢の形態は１つの候補サイトの中で費用と安全性が評価された複数の処分概念が良い。また、選択肢とする処分概念の数は 3 つ以上が必要であり、あまり多くないのが望ましい。

④他分野専門家へ説明内容は、1 候補サイトに複数の処分概念を選択肢として設け、安全性と費用（経済性）を相関図にまとめる。これを用いて個々の処分シナリオや工学バリアの仕様等の違いの効果や影響および各々の機能・特性等の論点によりトレードオフ対比しながら説明することにより他分野専門家は適切に理解できる。

⑤HLW 処分の認知処理コストの高さと研究資源の制約等から最低限必要な経済原則が働く処分概念オプションの選択肢の数は 3 つである。事例検討の結果、3 つの選択肢は１つの候補サイトを対象とし、地層・岩種・地下水をパラメータとしない段階の処分概念オプションの数としては妥当である。

⑥上述の説明内容に基づき討論することにより、他分野専門家は比較評価により理解を深めながら、評価等への見解、並びに適切な処分概念のあり方について議論することできる。すなわち、専門的に深い領域の技術情報である HLW 処分時の安全性を、費用（経済性）の情報と伴にリスク・ベネフィットの原則に基づき選択肢を設けて説明することにより、他分野専門家はそれを適切に理解することができる。

⑦また、海外事例も合わせて各処分概念の費用と HLW 処分時の安全性の相関を示し、常に安全性と費用（経済性）を相関図に立ち戻って全体の中で位置付けを把握しながら討論を進めることにより、どこまで費用をかけるべきか（＝どこまで安全性を追求すべきか）を他分野専門家もまじえて議論できる。

(2) 科学者への信頼と専門的な技術情報の説明方法（4 章）

①ここでは、科学者への信頼と「S to S」（本分野専門家から他分野専門家への説明とそれに続く討論）と「S to P」（信頼を得た他分野専門家から一般市民等への説明と対話）の２段階のプロセスによる専門的な技術情報の説明方法を検討した。

②「S to S」では、本分野専門家が、HLW 処分の基本的な情報と安全性・経済性等の専門的な技術情報を適切に説明し、それに基づき他分野専門家と学会等の場で討論（対話）する。一般市民等に推されて任につく他分野専門家は科学技術の専門家であるため、討議や論文引用の形式は科学技術系の学協会等で多用されている手法に則って行うことができる。これにより、他分野専門家は基本的な情報と専門的な技術情報を十分に理解し、自らの意志を決定する。

③「S to P」では、別途の事由で構築されている関係より既に信頼を得た他分野専門家が、一般市民等の信頼関係との相関で相対的に決まる一定の専門的な技術情報の種類と量をタイムリーに、かつ、自分の意見と共に提供することにより、一般市民等が態度を決めるのを助長できる。

④「S to S」と「S to P」による信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスを

踏まえることで、一般市民等は本分野専門家から直接説明されるに比べて理解し易い、信頼関係に基づき推敲・咀嚼された一定の専門的な技術情報を得ることができ、相対的に健全で合理的な意志決定を行うことができる。

以上を総括した結論は、以下の通りである。

潜在的な危険性があり、身近になく、巨大で高度な科学技術は、その恐ろしさや未知性から社会的に受容され難いと言われており、HLW 処分地の立地問題はその代表例の１つである。HLW 処分場の立地確保は困難を極めているが、このような状況にあるのも、これまでの技術による説明と対話が十分ではないことが１つの原因であり、従来の方法を見直す必要がある。

本研究は、専門家同士でも理解され難いとされる、専門的に深い領域の技術情報である HLW 処分の安全性・経済性等について、わが国の特質を考慮した説明内容と説明の方法を検討した。その結果、説明内容（content）は HLW 処分時の費用と安全性の相関図を複数の選択肢である処分概念オプションと海外事例を合わせて示し、これをトレードオフ対比しながら説明することにより、外部性と専門性を兼ね備えた他分野専門家は適切に理解することができることを見いだした。説明の方法（method）は別途の事由で構築されている関係より信頼を得た他分野専門家を介した２段階のプロセスとすることで、一般市民等は信頼の度合いに基づき推敲・咀嚼された一定の理解し易い専門的な技術情報を得ることができることを見いだした。

参考文献

【第１章】

1) 総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会原子力部会 放射性廃棄物小委員会:「放射性廃棄物小委員会 報告書中間とりまとめ～最終処分事業を推進するための取組の強化策について～」、 平成19年11月1日 (2007)
2) 原子力委員会：平成21年版原子力白書、平成22年3月 (2010)
3) 原子力委員会:原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画、平成12年11月24日(2000)
4) 環境省：2008年度（平成20年度）の温室効果ガス排出量（確定値）について、環境省地球環境局地球温暖化対策課、平成22年4月15日（2010）
5) 総合資源エネルギー調査会:長期エネルギー需給見通し（再計算）（案）の最大導入ケースにおける主要施策のCO_2削減効果等について（試算）、総合資源エネルギー調査会需給部会（第1回)資料3、平成21年8月5日（2009）
6) 総合資源エネルギー調査会：原子力立国計画、総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会 報告書、2006年8月8日(2006)
7) 原子力委員会：原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画、平成6年6月24日(1994)
8) 原子力委員会、原子力政策大綱、平成17年10月11日（2005）
9) OECD/NEA：Objectives、 Concepts and Strategies for the Management of Radioactive Waste Arising from Nuclear Power Programmes、 Report by an NEA Group of Experts.（1977）
10) 経済産業省：「放射性廃棄物のホームページ」 http://www.enecho.meti.go.jp/rw/gaiyo/gaiyo03-4.html （last visited at June.12、2010）
11) 原子力委員会：高レベル放射性廃棄物の処分に向けての基本的考え方、原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会、平成10年5月29日（1998）
12) 核燃料サイクル開発機構: わが国におけるHLW地層処分の技術的信頼性 -地層処分研究開発第2次取りまとめ-、 総論レポート、JNC-TN1400 99-020(1999)
13) 原子力発電環境整備機構: http://www.NUMO.or.jp/q_and_a/01/01.html(last visited at June.12、2010）
14) 総合エネルギー調査会 原子力部会中間報告、－高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方－ 平成11年3月23日 (1999)
15) 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター： http://www.rwmc.or.jp/organization/file/H20saishu_jigyohokoku.pdf（last visited at June.12、2010）
16) 原子力発電環境整備機構、高レベル放射性廃棄物地層処分の技術と安全性－「処分場の概要」の説明資料－（NUMO-TR-04-01)、2004年5月（2004）
17) 核燃料サイクル開発機構: わが国における HLW 地層処分の技術的信頼性 -地層処分研究開発第 2 次取りまとめ-、 第 3 分冊、JNC-TN1400 99-023 (1999)

18) 坂本修一、神田啓治：高レベル放射性廃棄物処分地選定の社会的受容性を高めるための課題に関する考察、日本原子力学会和文論文誌、Vol.1、 No.3 (2002)
19) 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会、我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的信頼性の評価、(2000)
20) 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会：「我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的信頼性の評価(案)」に対するご意見と回答(案)、第３５回原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会 資料(専)35-3、平成12年10月11日(2000)
21) OECD/NEA (1994)：The Environmental and Ethical Aspects of Long-lived Radioactive Waste Disposal、Proc. of an International Workshop、 Paris、 OECD/Nuclear Energy Agency、 Paris、 France、 September 1994.(1994)
22) 竹ヶ原 竜大、虎田 真一郎、朝野 英一、大内 仁、坪谷 隆夫:地層処分にかかわるモニタリングの研究－ 位置付け及び技術的可能性 －、原環センター技術報告書 RWMC-TRJ-04003、平成16年9月、財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター(2004)
23) IAEA: Monitoring of geological repositories for high level radioactive waste、IAEA-TECDOC-1208. (2001).
24) IAEA: Safety Principles and Technical Criteria for the Underground Disposal of High Level Radioactive Wastes、 IAEA Safety Series No.99. (1989)
25) 総合資源エネルギー調査会：総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会報告書「放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制制度のあり方について」、平成18年9月11日（2006）
26) 核燃料サイクル開発機構: わが国におけるHLW地層処分の技術的信頼性 -地層処分研究開発第2次取りまとめ-、 第１分冊　付録 A 、JNC-TN1400 99-021(1999)
27) 原子力安全委員会、高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について（第1次報告)、2000年11月 (2000)
28) 原子力発電環境整備機構：安全確保構想2009－安全な地層処分の実現のために－、NUMO-TR-09-05、2010年3月（2010）
29) 加藤尚武: 原子力問題に関する国民的な合意形成は可能であるか、高レベル放射性廃棄物の処分問題解決の途を探る－予稿集－、日本学術会議公開講演会実行委員会、2010年6月4日、日本学術会議講堂 (2010)
30) 田中知：放射性廃棄物処分に向けての学際交流の提言－日本における第三者機関の有効性－、高レベル放射性廃棄物の処分問題解決の途を探る－予稿集－、日本学術会議公開講演会実行委員会、2010年6月4日、日本学術会議講堂 (2010)
31) 木村逸郎：日本学術会議と高レベル放射性廃棄物の処分問題、高レベル放射性廃棄物の処分問題解決の途を探る－予稿集－、日本学術会議公開講演会実行委員会、2010年6月4日、日本学術会議講堂 (2010)
32) 村上陽一郎: 科学者とは何か、 新潮選書、東京(1994).
33) 村上陽一郎: 安全と安心の科学、 集英社新書、東京(2005).
34) P. Slovic：Perception of Risk 、Science 236、pp.280 (1987)

35) 木下冨雄: 私たちの社会はリスクとどうつき合うか「リスクと、どうつきあうか－原子力安全委員会は語りあいたい－」、パネル討論会第１部講演資料、原子力安全委員会安全目標専門部会、2002年7月13日 (2002).
36) 木下冨雄: 第1章 1.不確実性・不安そしてリスク、 増補改訂版 リスク学事典、日本リスク研究学会編、阪急コミュニケーションズ、 東京、 p.13-16 (2006).
37) 木下冨雄: 第7章 【概説】リスク認知とリスクコミュニケーション、 増補改訂版 リスク学事典、日本リスク研究学会編、阪急コミュニケーションズ、 東京、 p.260-266 (2006).
38) 木下冨雄: 悩ましく愛おしいリスクの女神たち、 1. リスク放談（第2回)、2007 Newsletter No.1 (30)、日本リスク研究学会 (2007).
39) 木下冨雄: 安全と安心－その真実と虚構、 ヒューマンセキュリティ・サイエンスNo.4 pp.1-30 (2009)
40) 木下冨雄: 科学技術と人間の共生－リスクコミュニケーションの思想と技術、(有福孝岳編 、環境としての自然・社会・文化） 京都大学学術出版会、京都（1997）
41) 神山貴弥：情報処理と説得：精査可能性モデル、説得心理学ハンドブック－説得コミュニケーション研究の最前線－（深田博己編著）第10章、北大路書房、京都、2002年09月 (2002)
42) Chaiken S.：Heuristic versus systematic information processing and the use of source versus message cues in persuasion、 J. of Personality and Social psychology 39 pp.752-766（1980）
43) Petty R. E. , Cacioppo J. T. , Communication & Persuasion: Central and peripheral routes to attitude change, Springer Verlag (1986)
44) 清水聰：新しい消費者行動、千倉書房、東京 (1999)
45) 中谷内一也: リスクのモノサシ、NHKブックス、東京(2006).
46) 中西準子: 環境リスク論－技術論からみた政策提言－、岩波書店、東京(1995).
47) 中谷内一也：ゼロリスク評価の心理学、ナカニシヤ出版（2004）
48) 山岸俊男：信頼の構造、 東京大学出版会、 1998 年 5 月、東京 (1998).
49) 中谷内一也、 Cvetkovich G.: リスク管理機関への信頼：SVSモデルと伝統的信頼モデルの統合、社会心理学研究23 (3)、pp.259-268 (2008)
50) Earle T.C 、 Cvetkovich G.: Social trust: Toward a cosmopolitan society、 C. T. Preger Press、 Westport (1995)
51) 中谷内一也: 安全。でも安心できない－信頼をめぐる心理学、 筑摩書房、 東京(2008)
52) 中谷内一也、島田 貴仁：犯罪リスク認知に関する一般人－専門家間比較：学生と警察官の犯罪発生頻度評価、社会心理学研究 24(1)、pp.34-44 (2008)
53) 中谷内一也：火災リスク認知に関する一般人-専門家間比較、応用心理学研究 33(1)、pp.26-27 (2007)
54) 高木彩・山崎瑞紀・池田謙一・堀井秀之「交通安全に関わる組織への社会的信頼とその構造」、『日本リスク研究学会誌』、 17、pp.115-122. (2007)

55) 堀井秀之：社会信頼のための社会技術、2008 年度「科学技術と社会安全の関係を考える市民講座」報告書、東京大学グローバル COE「世界を先導する原子力教育研究イニシアチブ」（2008）
56) 中谷内一也、土田昭司、木下冨雄、田中豊：災害リスクを伴う科学技術に対する受容・拒否判断：論理、 感情、 そして価値、 同志社大学ヒューマンセキュリティ・研究センター年報 5、 pp.33-50（2008）
57) 土田昭司、木下冨雄、中谷内一也、田中豊：リスク認知・リスク判断は感情か理性か：リスクコミュニケーションにおける訴求効果、 日本リスク研究学会誌 19（2)、pp.44-55(2009)
58) 田中豊:高レベル放射性廃棄物地層処分場立地の社会的受容を決定する心理的要因日本リスク研究学会誌10、(1)、pp.45-52(1998)
59) 木村浩 、古田一雄 、鈴木篤之:原子力の社会的受容性を判断する要因一居住地域および知識量による比較分析、日本原子力学会和文論文誌 Vol.2、 No.4（2003）
60) 木村浩 、古田一雄 、鈴木篤之:居住地域、知識レベルに着目した原子力認知構造の分析、日本原子力学会和文論文誌 Vol.2、No.4（2003）
61) 中西準子：水の環境戦略、岩波新書、東京（1994）
62) 椿 広計: 「特集 統計科学とリスク解析」について－リスク解析の価値依存性とプロフェッショナルの役割－. 統計数理 54[1]、1-3(2006)
63) 岡敏弘:「特集 環境・健康とリスク－何が課題か」リスク便益分析と倫理、科学 Vol.72、No.10、岩波書店、東京（2002）
64) 木下冨雄：日本における高レベル廃棄物（HLW）の諸問題、平成21年度廃棄物処分の社会的受容性に関する調査研究報告書、 財団法人新技術振興渡辺記念会助成、特定非営利活動法人パブリック・アウトリーチ、平成22年3月(2010)
65) 木下冨雄: 日本における高レベル廃棄物（HLW）の諸問題、高レベル放射性廃棄物の処分問題解決の途を探る－予稿集－、日本学術会議公開講演会実行委員会、2010年6月4日、日本学術会議講堂（2010）
66) 内閣府原子力安全委員会編：平成21年版原子力安全白書（2009）
67) 経済産業省資源エネルギー庁、TALK. 考えよう、放射性廃棄物のこと。～原子力エネルギーの未来のために、地層処分、平成21年6月(2009)
68) 和田隆太郎、田中知、長崎晋也: 高レベル放射性廃棄物処分場の立地確保に向けた社会受容プロセスモデル、日本原子力学会和文論文誌 8[1]、pp.19-33（2009）
69) The Royal Society：The Public Understanding of Science、The Royal Society、(1985)
70) Miller S.：Public understanding of science at the crossroads、 Public Understanding of Science 10、 pp.115–120（2001）
71) Wynne B.: Misunderstood misunderstanding: Social identities and public uptake of science. Public Understanding of Science 1(3)、pp.281-304.(1992)
72) Gregory J. & Miller S.: Science in Public: Communication Culture、 and credibility、 Plenum Press. (1998)

73) 杉山滋郎：科学教育―ほんとうは何が問題か、金森修・中島秀人編著『科学論の現在』、勁草書房、東京（2002）
74) Alan Gross:“The roles of rhetoric in the public understanding of science、“Public Understanding of Science 3, pp.3–23.（1994）
75) Wynne B.：“May the sheep safely graze? A reflexive view of the expert-lay knowledge divide”In: S. Lash et al.(eds.)Risk、 Environment and Modernity、 London Sage、pp. 44-83（1996）
76) House of Lords ：Science and Society ―THIRD REPORT―、Her Majesty's Stationary Office、London（2000）
77) Bauer M. W.、Allum N. and Miller S.：What can we learn from 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda、 PUBLIC UNDERSTANDING OF SCIENCE 16、pp.79–95（2007）
78) Rutherford F. J.、Ahlgren A. :Science for All Americans: Project 2061、 American Association for the Advancement of Science、 Oxford Univ. Press（1991）
79) Allum N., Sturgis P., Tabourazi D. and Brunton-Smith I.：“Science Knowledge and Attitudes across Cultures: a Meta-analysis,”Public Understanding of Science, 17(1), 35-54（2008）
80) Eagly, A.H. and Chaiken, S. ：The Psychology of Attitudes. Fort Worth: Harcourt Brace College Publishers.、(1993)
81) Miller, S., Caro, P., Koulaidis, V., de Semir, V., Staveloz, W. and Vargas, R.：Benchmarking the Promotion of RTD Culture and Public Understanding of Science. Brussels: Commission of the European Communities、(2002)
82) 渡辺 政隆 今井 寛：科学技術理解増進と科学コミュニケーションの活性化について、文部科学省 科学技術政策研究所第２調査研究グループ、2003年11月(2003)
http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/mat100j/pdf/mat100j.pdf（last visited at April.12、2010）
83) 田中久徳：科学技術リテラシーの向上をめぐって ―公共政策の社会的合意形成の観点から―、『リファレンス』平成18年3月号、 662、 pp.57-83.（2006）
http://www.ndl.go.jp/jp/data/publication/refer/200603_662/066203.pdf（last visited at April.12、2010）
84) 田柳恵美子：博士論文「研究組織のサイエンスコミュニケーション」、北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科(2008)
85) 藤垣裕子：科学技術の社会とのコミュニケーション―欠如モデル再考―、視える化―パブリック・アウトリーチ―求められる双方向の情報伝達、エネルギーレビュー、pp.7-10、2010年3月（2010）
86) 藤垣祐子：受け取ることのモデル（6章)、科学コミュニケーション論、東京大学出版会、東京（2008）
87) 小林傳司：トランス・サイエンスの時代、エヌティティ出版、2007年6月（2007）

88) Irwin A. and Wynee B.: Misunderstanding of Science: The Public Reconstruction of Science and Technology、 Routledge、 (1996)
89) Weinberg A.: Science and Trans-Science、 Minerva Vol.10、 No.2 (1972)
90) 齊藤萌木、 長崎栄三：日本の科学教育における科学的リテラシーとその研究の動向、国立教育政策研究所紀要第137集、文部科学省国立教育政策研究所、pp.9-26、2008
91) 内閣府：「科学技術基本計画」、平成18年3月28日閣議決定（2006）
92) 日本学術会議：報告「21 世紀を豊かに生きるための「科学技術の智」」、科学と社会委員会科学力増進分科会、平成20年9月18日（2008）
93) 内閣府大臣官房政府広報室:科学技術と社会に関する世論調査、世論調査報告書平成19年12月調査（2007）
94) 科学技術振興機構：研究開発プログラム「21世紀の科学技術リテラシー」、社会技術研究開発センターホームページ
http://www.ristex.jp/examin/science/literacy/index.html(last visited at April.12、2010)
95) 西條美紀(研究代表者)：平成20年度研究開発実施報告書「科学技術リテラシーの実態調査と社会的活動傾向別教育プログラムの開発」、科学技術振興機構社会技術研究開発センター「21世紀の科学技術リテラシー」研究開発プロジェクト、東京工業大学留学生センター／統合研究院、平成20年11月(2008)
96) 西條美紀、川本思心：社会関与を可能にする科学技術リテラシー一質問紙の分析と教育プログラムの実施を通じて一、 科学教育研究 32 (4) (2008)
97) 松井 博和(研究代表者)：研究開発実施終了報告書「研究者の社会リテラシーと非専門家の科学リテラシーの向上」、科学技術振興機構社会技術研究開発センター「21世紀の科学技術リテラシー」研究開発プロジェクト、北海道大学大学院農学研究科、平成20年11月(2008)
98) 土屋智子・谷口武俊・小杉素子：社会的論争を招く技術に対する専門家と市民のリスク認知の違いとその背景要因、日本リスク研究学会誌、Vol.18、 No.2、 pp.77-85. （2008）
99) 土屋智子・谷口武俊・小杉素子・小野寺節雄・竹村和久・帯刀治・中村博文・米澤理加・盛岡通、「市民と専門家の原子力安全に対する視点の違い～東海村におけるリスクコミュニケーション活動の実践から～」、社会技術研究論文集、Vol.6、p.16-25（2009）
100) 山口聡：高レベル放射性廃棄物最終処分施設の立地選定をめぐる問題、レファレンス平成22年2月号（2010）
101) 古川匡、木村浩、班目春樹：高レベル放射性廃棄処分場の公募制度に関する一考察、インタビューから見る東洋町の事例分析、原子力学会2009年春の大会要旨集H09、2009 年3月23日、東京工業大学　大岡山キャンパス（2009）
102) 和田隆太郎、田中知、長崎晋也: HLW 処分に係る東洋町ケースの原因分析と得られた教訓、原子力学会2009年春の大会要旨集H08、2009 年3月23日、東京工業大学　大岡山キャンパス（2009）
103) 和田隆太郎、田中知、長崎晋也: 高レベル放射性廃棄物処分場の立地確保に向けた社会

受容プロセスモデル、社会技術研究社会技術研究会ワークショップ、2009年6月5日、東京大学（2009）
104) 西郷貴洋、小松崎修作、堀井秀之:高知県東洋町における高レベル放射性廃棄物．処分地決定に係る紛争の対立要因と解決策、社会技術研究論文集 Vol.7、 pp. 87-98（2010）
105) 田嶋裕起：誰も知らなかった小さな町の「原子力戦争」、ワック（2008）
106) 第166回国会：衆議院議員辻元清美君提出高レベル放射性廃棄物の最終処分施設の設置可能性を調査する区域への高知県東洋町の応募に関する質問に対する答弁書、平成十九年三月三十日受領答弁第一三九号（2007）
107) 内閣府政府広報室「原子力に関する特別世論調査2009」、平成21年11月26日(2009)
108) European Commission:“Attitudes towards radioactive waste”、 Special Eurobarometer 297、 Fieldwork February-March 2008、 Publication June 2008(2008)
109) 東京大学・(財) 電力中央研究所：放射性廃棄物処分のセーフティケースを対象としたリスクコミュニケーション手法の開発に関する研究（平成19 年度 共同研究成果報告書)、L980801（2008）
110) 地層処分問題研究グループ：「高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性」批判、地層処分問題研究グループ：高木学校＋原子力資料情報室(2000).
111) 核燃料サイクル開発機構：『高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性』批判に対する見解、 JNC TN1410 2000-008（2000).
112) 藤村 陽、石橋克彦、高木仁三郎：高レベル放射性廃棄物の地層処分はできるかI－変動帯日本の本質－、科学 70、岩波書店、東京、 pp.1064-1072、 2000年12月(2000).
113) 藤村 陽、石橋克彦、高木仁三郎：高レベル放射性廃棄物の地層処分はできるかⅡ－地層処分の安全性は保証されてはいない－、科学 71、岩波書店、東京、 pp.264-274、 2001年3月(2001).
114) 清水和彦 、宮原　要：『高レベル放射性廃棄物の地層処分はできるか』に対して、科学71、岩波書店、東京、 pp.1479-1494、 2001年11月(2001).
115) 石橋克彦、藤村 陽：高レベル放射性廃棄物地層処分の安全性を保証する鍵（地震の影響に関連して)、地球惑星科学関連学会2001年合同大会「A0：放射性廃棄物の地層処分－地層処分問題に積極的に関わるために-」A0-004、東京・代々木、2001年6月4日-8日(2001).
116) 経済産業省資源エネルギー庁－核のゴミキャンペーン・高木学校・特定非営利活動法人原子力資料情報室:　高レベル放射性廃棄物シンポジウム2002「公開討論 どうする高レベル放射性廃棄物」－議事録－、 経済産業省資源エネルギー庁、平成14年9月8日(2002) http://www.enecho.meti.go.jp/rw/rikai/sympo2002/sympo02_01.html（last visited at April.12、2010）.
117) 地層処分問題研究グループ: 高レベル放射性廃棄物地層処分の批判的検討、高木基金助成報告集 1(2004)　http://www.takagifund.org/grantee/report/rep2004/01-040.pdf（last visited at April.12、2010）
118) 八木絵香、高橋信、北村正晴:「対話フォーラム」実践による原子力リスク認知構造の

解明、日本原子力学会和文論文誌、Vol.6、No.2、126-140 （2007）
119) 八木絵香、高橋信、北村正晴：新しい原子力コミュニケーションスキームの提案、質的研究に基づく新しい原子力コミュニケーションスキームの提案、日本原子力学会和文論文誌、Vol.6、No.4、 pp.444-459（2007）
120) 八木絵香・北村正晴: 原子力問題に関する新しい対話方式の可能性、科学技術コミュニケーション第3号（2008）
121) 狩川大輔、高橋信、鳥羽妙、北村正晴、八木絵香：原子力に関するオープンフォーラム研究；(6) 対話深化のためのコミュニケーション設計、原子力学会2009年春の大会要旨集H16、2009 年3月23日、東京工業大学　大岡山キャンパス（2009）
122) (社)日本原子力学会編、「原子力がひらく世紀」、2004年3月改訂

【第２章】
123) 原子力委員会：高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の重点項目とその進め方、原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会報告、平成元年12月（1988）
124) 核燃料サイクル開発機構: わが国における HLW 地層処分の技術的信頼性 -地層処分研究開発第２次取りまとめ-、 第２分冊、JNC-TN1400 99-022(1999)
125) 原子力委員会：高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について、原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告、平成９年４月（1998）
126) 通商産業省: 特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針を定めた件、平成12年10月2日 通商産業省告示第591号(2000)
127) OECD/NEA: Review of Safety Assessment Methods、 Disposal of Radioactive Waste、 A Report of the Performance Assessment、 Advisory Group of the Radioactive Waste Management Committee、 OECD/Nuclear Energy Agency、 Paris、 France(1991)
128) 動力炉・核燃料開発事業団：高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書 －平成3年度－、動力炉・核燃料開発事業団、PNC TN 1410 92-081 (1992)
129) OECD/NEA ：The Handling of Timescales in Assessing Post-closure Safety、 Lessons Learnt from the April 2002 Workshop in Paris、 OECD/Nuclear Energy Agency、 Paris、 France. 2002
130) SKB：SR 97 - Post-closure safety、 Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.（SKB)、 Technical Report、 TR-99-06、 Stockholm、 Sweden、 November 1999.(1999)
131) ONDRAF/NIRAS：Technical overview of the SAFIR2 report、 Safety Assessment and Feasibility Interim Report 2、 NIROND 2001-05E、 December 2001.(2001)
132) U.S.DOE：Yucca Mountain Science and Engineering Report Rev.1、 Technical Information Supporting Site Recommendation Consideration、 DOE/RW-0539-1、 U.S. Department of Energy、 Office of Civilian Radioactive Waste Management、 Washington D.C.、 U.S.A、 February 2002 (2002)
133) Nagra：Project Opalinus Clay、 Safety Report、 Demonstration of Disposal Feasibility for Spent Fuel、Vitrified High-level Waste and Long-lived

Intermediate-level Waste （Entsorgungsnachweis)、 National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste、 Technical Report 02-05、 Wettingen、 Switzerland、 December 2002.(2002)
134) 電力中央研究所・電気事業連合会：高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術、1999年2月(1999)
135) 経済産業省資源エネルギー庁：高レベル放射性廃棄物処分費用の見積もりについて、新計画策定会議第3 回技術検討小委員会資料第1号、平成16 年8 月（2004）
136) 資源エネルギー庁、日本原子力研究開発機構：「高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画」、2006年12月(2006)
137) 総合資源エネルギー調査会 原子力部会: 高レベル放射性廃棄物処分専門委員会技術WG（第２回）資料４、「概要調査地区の選定上の考慮事項」検討にあたっての基本方針、原子力発電環境整備機構、平成14年7月16日(2002)

【第３章】
138) 和田隆太郎、田中知、長崎晋也: 科学技術の社会的受容性から見た高レベル放射性廃棄物の地層処分研究―（1）リスク・ベネフィットの原則に基づく他分野専門家への説明―、日本原子力学会原子力バックエンド研究 16(1) (2009)
139) (財)原子力環境整備促進・資金管理センター: 諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について(経済産業省資源エネルギー庁監修)(2008)
140) Vieno T.、 Nordman H.: Safety Assessment of Spent Fuel Disposal in Hastholmen、 Kivetty、 Olkiluoto and Romuuvaaran TILA-99、 POSIVA99-07. WHO (1998); Guidelines for Drinking-water Quality、 World Health Organization (1999).
141) 木本正次: 『黒部の太陽』、信濃毎日新聞社、長野(1992).
142) 関西電力: 20世紀の大事業「黒部ダム建設」、http://www.fururu.net/e-patio/category/living/1128077761/ (last visited at April.12、2010)
143) 和田隆太郎、田中知、長崎晋也: 科学技術の社会的受容性から見た高レベル放射性廃棄物の地層処分研究―（2）他分野の専門家への説明に選択肢を設けるポイント―、原子力バックエンド研究 17(1) (2010)
144) 内閣官房：地球温暖化対策の中期目標について、第 8 回地球温暖化問題に関する懇談会資料 1-1、官邸４階大会議室、東京、2009 年 4 月 17 日(2009)
145) 地球温暖化問題に関する懇談会：各選択肢を支持する主な意見、第９回地球温暖化問題に関する懇談会 資料 1～3、2009 年 5 月 24 日、官邸２階大ホール、東京（2009）
146) 農林水産省：遺伝子組換え農作物に関する第 2 回コミュニケーションの概要、農林水産技術会議事務局技術安全課、大手町サンケイプラザ 4 階ホール、東京、平成 20 年 1 月 29 日（2008）
147) Tversky A.、Kahneman D.：Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases -Biases in judgments reveal some heuristics of thinking under uncertainty-、Science、 New

Series、 185(4157)、 pp.1124-1131.(1974)
148) Tversky A.、Kahneman D.：Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. Econometric. 、pp.263-291.(1979)
149) Tversky A.、Kahneman D.：The Framing of Decisions and the Psychology of Choice、Science、New Series 211(4481).、pp.453-45 (1981)
150) Tversky A.、Kahneman D.：“Judgments of and by Representativeness”. In Kahneman D. Slovic P. & Tversky A. (Eds). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. Cambridge University Press、pp.84-98(1982)
151) ALLAIS M.: "Le Comportement de 1'Homme Rationnel devant le Risque、Critique des Postulats et Axiomes de 1'Ecole Americaine、" Econometrica 21、pp.503-546 (1953)
152) Slovic P.：The construction of preference. American Psychologist 50、pp.364-371.（1995)
153) シュワルツ.B.：なぜ選ぶたびに後悔するのか－「選択の自由」の落とし穴－、瑞穂のりこ（訳)、ランダムハウス講談社、(2004)（Schwartz.B、The Paradox of Choice: Why More is Less、Harper Collins、2003）
154) 友野典男、行動経済学 経済は「感情」で動いている、光文社新書(2006)
155) Shafir.E、Simomson I. and Tversky A.、Reason-Based Choice、Cognition、vol.49、pp.11-36（1993）
156) Iyenger.S.S and Lepper M.、 When Choice Is Demotivating: Can One Desire Too Much of Good Thing?、Journal of Personality and Social Psychology、vol.76 , pp.995-1006 (2000)
157) Scheibehenne B.、Greifeneder R.、Todd P.M.：What Moderates the Too-Much-Choice Effect?、 Psychology & Marketing 26、pp.229-253(2009)
158) Reutskaja E.、Hogarth M. R.：Satisfaction in Choice as a Function of the Number of Alternatives: When “Goods Satiate”、Psychology & Marketing 26、pp.197-203 (2009)
159) Dhar R. P.：Context and task effects on choice deferral. Marketing Letters 8、pp.119-130 (1997)
160) Jessup R.K.、 Veinott E.S.、 Todd P.M.、& Busemeyer J.R.: Leaving the store empty-handed: Testing explanations for the too-much-choice effect using decision field theory. Psychology & Marketing 26、pp.299–320 (2009)
161) White C. M.、 Hoffrage U.: Testing the tyranny of too much choice against the allure of more choice. Psychology & Marketing 26、pp.280–298 (2009)
162) Schwartz B. et.al：Maximizing versus satisficing: Happiness is a matter of choice、Journal of Personality and Social Psychology 83、pp.1178-1197 (2002)
163) Peter J.P、Olson C. J.：Consumer Behavior and Marketing Strategy (6th ed)、Mcgraw-Hill/Irwin Series in Marketing (2002)
164) 田中洋：消費者行動論体系、中央経済社、東京 (2008)

165) Fujimura Y. et.al: Reaction between electronically excited species: $O(^1D2)+NO_2^*$ $\rightarrow NO(A)+O_2$、 Chemical Physics Letters 140 (3)、 pp.320-324 (1987).
166) Fujimura Y.: Stereo dynamics O(^1D) and O(^3P) reactions studied via Doppler-resolve polarization spectroscopy、 Bulletin of the Chemical Society of Japan 75 (22)、pp.2309-2336 (2002).
167) Ishibashi K.: Status of historical seismology in Japan、 Annals of Geophysics 47、pp.339-368 (2004).
168) Ishibashi K.: Seism tectonic modeling of the repeating M 7-class disastrous Odawara earthquake in the Izu collision zone、 central Japan、 Earth Planets Space 56、pp.843-858 (2004).
169) 石橋克彦:『阪神・淡路大震災の教訓』、岩波書店〈岩波ブックレット〉、東京 (1995).
170) Takagi J.: Rare Gas Anomalies and Intense Moon Fluxes in the Past、 Nature 227、pp.362-363 (1970).
171) Takagi J. Oi N.: Determination of ^{240}Pu and ^{239}Pu Ratio by Spontaneous Fission Counting、 Journal of Nuclear Science and Technology 2 (5)、pp.178-180 (1965).
172) Takagi J.: Evaporation Behavior of Non-gaseous Fission Products from UO_2、Zeitschrift Naturforschung Teil A 20、pp.1566 (1965).
173) 武田和生、谷内廣明、寺田進、森部正典、深田利昭 、松田文夫：オーバーパックの設計・製作と性能解析、R&D/神戸製鋼技報 Vol.41、 No.3、 Page.115-118 (1991)
174) (財) 日本原子力文化振興財団：平成20年度原子力利用の知識普及啓発に関する世論調査（その3）(2007)
175) （社）日本原子力産業協会：エネルギーに関する意識調査 (2008).
176) 谷垣俊彦：原子燃料サイクルに関する社会意識、INSS Journal 13、 pp.27-36、 (2006)
177) 和田隆太郎、田中知、長崎晋也:科学技術の社会受容において意思決定し易い選択肢の数－高レベル放射性廃棄物の地層処分の例－、日本リスク研究学会誌（投稿中）
178) Tversky A.：Elimination by Aspect; A theory of Choice、 Psychological Review 79、pp.281-299 (1972)
179) Huber J.、Payne J.W.、Puto C.：Adding asymmetrically dominated alternatives: Violations of regularity and the similarity hypothesis.、Journal of Consumer Research 9、 pp.90-98. (1982)
180) 奥田秀宇、意思決定における文脈効果 -魅力効果、幻効果、および多数効果-、社会心理学研究 18、pp.147-155 (2003)
181) Simonson I.、Tversky A.：Choice in context: Tradeoff Contrast and Extremeness Aversion、Journal of Marketing Research 29、pp.281-295 (1992)
182) Huber J.、& Put C.： Market boundaries and product choice: Illustrating attraction and substitution effects. Journal of Consumer Research 10、pp.31-44 (1983)
183) Simonson I.：Choice based on reasons: The case of attraction and compromise effects. Journal of Consumer Research 16、pp.158-174 (1989)

184) Shah A M.、Wolford G.：Buying behavior as a function of parametric variation of number of choices、Psychological Science. :a journal of the American Psychological Society 18(5)、pp.369-370 (2007)
185) Miller A.G.：The Magical Number Seven、 Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information、 Psychological Review 63、 pp. 81-97 (1956)
186) Mogilner C.、Rudnick T.、Iyengar S. S.：Knowing what you like versus discovering what you want: The influence of choice making goals on decision satisfaction. Economics working paper number 70、Institute for Advanced Study、Stanford、University School of Social Studies. (2006)
187) Scheibehenne B.Todd P.M.、Greifeneder R.：Does the too-much-choice effect exist?、Poster presented at the 28th Annual Meeting of the Society for Judgment and Decision Making、 Long Beach、CA USA (2007)
188) Busemeyer J.R. Townsend J.T.：Decision field theory: A dynamic-cognitive approach to decision making in an uncertain environments. Psychological Review、100、pp.432–459 (1993)
189) 原純輔編、『近代化と社会階層』、日本の階層システム 1、東京大学出版会、東京（2000）
190) 総務省統計局、平成１７年度国勢調査（2005）
191) 谷津進、すぐに役立つ実験の計画と解析〈基礎編〉、日本規格協会、東京（1991）
192) 和田隆太郎、田中知、長崎晋也：トレードオフ対比により他分野専門家に理解されやすい説明内容－高レベル放射性廃棄物の地層処分の例－、日本原子力学会和文論文誌（投稿中）
193) 和田隆太郎、田中知、長崎晋也: 科学技術の社会的受容性から見た高レベル放射性廃棄物の地層処分研究－（3）他分野専門家に理解され易い選択肢の姿－（投稿予定）
194) Yutaka Sugita、Yasushi Sakabe、Takuya Yamamoto、Koji Kinomura、Akihiko Okuzono、Kenji Yamaguchi、：Ryutaro Wada：”Approach to Operational Safety in the Japanese HLW Repository Project”、 10828、 the Fifteenth International Conference on Nuclear Engineering (ICONE-15) April 22-26 (2007)
195) 杉田裕、阪部靖、山本卓也、木ノ村幸士、和田隆太郎、山口憲治、奥園昭彦：「高レベル放射性廃棄物処分場における操業安全性の検討-(その1)操業安全性の取り組み-」、日本原子力学会春の年会要旨集、Vol.2007、Page.I50 (2007)
196) NAGRA ：Entsorgungsnachweis Project NTB 02-02、Projekt Opalinuston Konzept für die Anlage und den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers (2002)
197) SKB：RD&D-Programme 2007; Programme for research、 development and demonstration of methods for the management and disposal of nuclear waste、 including social science research、September 2007 (2007)
198) ポシヴァ社(Posiva Oy)：http://www.posiva.fi/en/（last visited at April.12、2010）
199) Nuclear Waste Management Organization of Japan (NUMO)：Development of Repository Concepts for Volunteer Siting Environments、 NUMO-TR-04-03、 August 2004 (2004)
200) 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター、平成 18 年度地層処分技術調査等委

託費遠隔操作高度化調査報告書（2／2)、平成 19 年 3 月（2007)
201) 原子力安全基盤機構、平成 20 年度放射性廃棄物処分に関する調査（地層処分に関する調査）報告書、平成 21 年 12 月（2009)
202) 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター、平成20年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第２分冊）－人工バリア品質評価技術の開発－（2／2)、平成21年3月（2009)
203) SEIDLER W、 FAUCHER B：EU's Esdred initiative、 Nuclear Engineering International Vol.49、 No.600、pp.19-21（2004)
204) 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター、平成 20 年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書「モニタリング技術の開発」、平成 21 年 3 月（2009)
205) IAEA: Safety Requirement‘ Geological Disposal of Radioactive Waste ’ International Atomic Energy Agency、 WS－R－4（2006)
206) Loi n° 91-1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs（91-1381/1991.12.30）（和訳注：1991 年放射性廃棄物管理研究に関する法律）
207) LOI n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs（和訳注：2006 年 6 月 28 日の放射性廃棄物及び放射性物質の持続可能な管理に関する計画法第 2006-739 号）
208) 日本原子力学会:2010 年技術レポート（2009 年度分）「安全確保構想2009」レビュー報告書、 日本原子力学会「NUMO 2010 年技術レポートレビュー」特別専門委員会、 平成22年3月（2010)
209) 経済産業省：高レベル放射性廃棄物の地層処分について考えてみませんか、経済産業省資源エネルギー庁、平成20年4月（2008)
210) 和田隆太郎、他：地層処分場の高圧環境における性能評価手法の開発 (10) 腐食生成物の発錆膨張の現実的評価、日本原子力学会秋の大会予稿集 Vol.2003、 第3分冊、Page.596 、2003.08.07（2003)
211) 神戸製鋼所、東京大学、コベルコ科研：「地層処分場の高圧環境における性能評価手法に関する技術開発」成果報告書、革新的実用原子力技術開発提案公募事業、平成14年3月（2002）
212) 核燃料サイクル開発機構：“ 高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基礎の構築－平成17 年取りまとめ－分冊2 工学技術の開発 ”、JNC TN1400 2005-015、(2005）

【第４章】

213) Hovland C.I.、Janis I.L. & Kelley、H.H：Communication and persuasion. New Haven、CT: Yale University Press. (1953). （辻正三・今井省吾(訳).コミュニケーションと説得.誠信書房 ,1960)
214) McGinnies E. & Ward C.D...Better liked than right: Trustworthiness and expertise

as factors in credibility. Personality and Social Psychology Bulletin 6、pp.467-472. (1980)
215) 堀井秀之（編）：安全安心のための社会技術、東京大学出版会、東京（2006）
216) Wynne B.、McKechnie R.、and Michael M.： Frameworks for understanding public interpretations of science and technology、 End-of-Award Research report to The Economic and Social Research Council (ESRC)、 Centre for Science Studies、Lancaster University. (1990)
217) European Commission、“Radioactive waste”、Special Euro barometer 、Fieldwork February-March 2005、 Publication September 2005 (2005)
218) みずほ情報総研株式会社：原子力・エネルギーに関する意識動向調査（平成20年度）調査結果報告書、平成21年3月（2009）
219) 日本原子力文化振興財団、平成20年度原子力利用の知識普及啓発に関する世論調査(その3) (2008)
220) 日本原子力文化振興財団、平成19年度原子力利用の知識普及啓発に関する世論調査(その2) (2007)
221) 日本原子力文化振興財団、平成19年度原子力利用の知識普及啓発に関する世論調査(その1) (2006)
222) 米澤理加、菖蒲順子：地域住民とのリスクメッセージの協働作成、日本原子力学会誌、47 (8)、(2005)
223) 高下浩文、米澤理加、菖蒲信博：東海事業所におけるリスクコミュニケーション研究と実践、今後の展開、サイクル機構技報 No.26、2005.3 (2005)
224) 高下浩文、米澤理加、菖蒲信博、菖蒲順子、郡司郁子、浅沼美鈴：リスクコミュニケーション活動報告書、日本原子力研究開発機構東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所 JAEA-Review 2008-048、October 2008 (2008)
225) メッセージ作成ワーキンググループ：住民主導によるリスクメッセージ作成への取り組み、日本原子力学会北関東支部若手研究者発表会、平成 17 年 4 月、茨城県東海村リコッティ（2005）
226) メッセージ作成ワーキンググループ：住民の視点から見た環境監視、日本保健物理学会第 40 回研究発表会ポスター、平成 18 年 6 月、広島プリンスホテル（2006）
227) 清水秀夫：表現の自由と第三者機関－透明性と説明責任のために－、小学館、東京（2009）
228) 中西晶：高信頼性組織の条件、生産性出版、東京（2007）
229) 藤垣祐子、科学技術と社会的合意形成を考える－市民参加をめぐって－、2007年度「科学技術と社会安全の関係を考える市民講座」第６回資料、東京大学グローバルCOE「世界を先導する原子力教育研究イニシアチブ」、東京大学、2008年1月19日
230) 藤垣祐子：市民参加と科学コミュニケーション(12章)、科学コミュニケーション論、東京大学出版会、東京（2008）
231) 藤垣祐子：専門知と公共性－科学技術社会論の構築に向けて－、東京大学出版会、2003

年5月
232) 小林傳司：科学技術と組織信頼を考える、2008年度「科学技術と社会安全の関係を考える市民講座」報告書、東京大学グローバルCOE「世界を先導する原子力教育研究イニシアチブ」 (2008)
233) 小林傳司、誰が科学技術について考えるのか－コンセンサス会議という実験－、名古屋大学出版会、2004年1月（2004）
234) 北海道大学科学技術コミュニケーター養成ユニット編、はじめよう!科学技術コミュニケーション、ナカニシ出版、2007年12月（2007）
235) 和田隆太郎、田中知、長崎晋也:情報の種類に応じたHLW処分に係る説明の方法、原子力学会2010年春の大会要旨集A12、2010年3月26日、茨城大学水戸キャンパス（2010）
236) 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 15 年度技術情報広報調査 報告書、平成 16 年 3 月（2004）
237) 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 16 年度技術情報広報調査 報告書、平成 17 年 3 月（2005）
238) 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 17 年度技術情報広報調査 報告書、平成 18 年 3 月（2006）
239) 東京大学:核燃料サイクル社会工学寄付講座年次報告 2009 年、東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻核燃料サイクル社会工学寄付講座、2009 年 12 月(2009)
240) 東京大学:核燃料サイクル社会工学寄付講座年次報告 2010 年、東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻核燃料サイクル社会工学寄付講座、2010 年 12 月(2010)（印刷中）
241) UNSCEAR: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCER2000 Report to the General Assembly、 Vol.Ⅱ、Annex D; Medical radiation exposures (203 pages)、United Nations、 New York. (2001) http://www.unscear.org/unscear/fr/publications.html#Pubimages （last visited at June.12、2010）
242) 国際放射線防護委員会（ICRP)、国際放射線防護委員会の1990年勧告（ICRP Pub.60)、日本アイソトープ協会（訳)、丸善、1991年11月(1991)（1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection、ICRP Publication-60E）
243) Luckey T. D.、松平寛通（監訳)：放射線ホルミシス（２)、ソフトサイエンス社（1993）
244) 東京大学:核燃料サイクル社会工学寄付講座ワークショップ「高レベル放射性廃棄物処分問題を掘り起こす」（平成21年2月1日）報告書、東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻核燃料サイクル社会工学寄付講座、2010年5月 (2010)
245) The Swedish National Council for Nuclear Waste（KASAM)：(スウェーデン原子力廃棄物評議会）http://www.karnavfallsradet.se/en （last visited at June.12、2010）
246) Eva Simic ：Experience as the Independent advisory council for Swedish nuclear waste management program and KASAM’s messages to Japan、高レベル放射性廃棄物の処分問題解決の途を探る－予稿集－、日本学術会議公開講演会実行委員会、2010年6月4日、日本学術会議講堂 (2010)

本研究に係る主要論文

・和田隆太郎、田中知、長崎晋也：高レベル放射性廃棄物処分場の立地確保に向けた社会受容プロセスモデル. 日本原子力学会和文論文誌 8[1]、 19-33 (2009)

・和田隆太郎、田中知、長崎晋也：科学技術の社会的受容性から見た高レベル放射性廃棄物の地層処分研究―(1) リスク・ベネフィットの原則に基づく他分野専門家への説明―、日本原子力学会原子力バックエンド研究 16(1) (2009)

・和田隆太郎、田中知、長崎晋也： 科学技術の社会的受容性から見た高レベル放射性廃棄物の地層処分研究―（2）他分野の専門家への説明に選択肢を設けるポイント―、原子力バックエンド研究 17(1) (2010)（web 先行公開中）

・和田隆太郎、田中知、長崎晋也：トレードオフ対比により他分野専門家に理解されやすい説明内容－高レベル放射性廃棄物の地層処分の例－、日本原子力学会和文論文誌（投稿中）

・和田隆太郎、田中知、長崎晋也：科学技術の社会的受容性から見た高レベル放射性廃棄物の地層処分研究―（3）他分野専門家に理解され易い選択肢の姿―、日本原子力学会原子力バックエンド研究（投稿中）

謝 辞

本研究は、東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻の博士後期課程において行われたものであり、終始、懇切なるご指導とご鞭撻を賜りました田中知教授に心から篤く感謝申し上げます。

本論をまとめるに際して、数々の有益なご教示を戴きました長崎晋也教授、神里達博特任准教授に深く感謝申し上げます。

また、本研究を進めるに当たっては、原子力国際専攻の株式会社東京電力「核燃料サイクル社会工学」寄付講座、田中研究室、原子力専攻の長崎・木村研究室および東京大学グローバル COE「世界を先導する原子力教育研究イニシアチブ」所属の教職員の方々、大学院生の方々には、貴重なご示唆や激励を賜り、厚く感謝いたします。

さらに、廃棄物勉強会、HLW 模擬討論会、および京都大学名誉教授・木下冨雄氏をはじめとする寄付講座ワークショップ（2010 年 2 月 1 日)、日本学術会議公開講演会（2010 年 6 月 4 日）に参加・支援頂いた各氏には、貴重なご示唆や関連する研究におけるご協力をいただき、深く感謝いたします。

その他、本研究は、株式会社神戸製鋼所の山本敬蔵氏、山田斉氏、中村好規氏、また、出向中にお世話になった公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センターの田辺博三氏、江守稔氏をはじめとする多くの方々のご支援、ご協力の下に行われており、関係の諸氏に改めて感謝の意を表します。さらに、スウェーデンの情報をご提供頂いた同国大使館の竜啓介氏に感謝の意を表します。何よりも、放射性廃棄物処理処分分野で、私を育て、多くの経験や知識を授けていただきました、全ての皆様に、心からお礼を申し上げたいと思います。

最後に、博士課程での研究を励まし、終始温かく見守ってくれた妻 由利子に心から感謝します。