

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

和田隆太郎*1 田中知*1 長崎晋也*2

潜在的な危険性があり、身近になく高度で巨大な科学技術は、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処分地の立地問題はその代表例の1つである。現在、日本には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もある。本研究では原子力バックエンド以外の他分野の専門家等へ説明するために適切な選択肢を設けるポイントを検討した。

最初に本研究では過去の専門家間の議論において高レベル放射性廃棄物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。

そのため、選択肢を設けるのはこの評価等の部分であり、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ものと考えられる。また、これらの選択肢を使って学会の会場等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以外の専門家に繰り返し説明し、繰り返し討論するのが良いと考えられる。

Keywords: 社会科学, 社会的受容, 高レベル, 放射性廃棄物, 地層処分, 立地, 専門家, 選択肢, 位置, 形態, 評価

Generally speaking, a vast, advanced and unfamiliar science and technology which has the potential hazard, is unacceptable by public for the fear of its unknown nature. The siting problem of geological disposal for high level radioactive wastes is one of the typical examples.

There is only one disposal concept in Japan now. However, there might be a lot of choices because it can be promoted greater understanding by comparative study. This study examined the point that installed appropriate choices to explain in specialists in another field etc. other than the nuclear backend field.

At first, this study surveyed the part where recognition and understanding of the safety when disposing of high level radioactive wastes (HLW) were not able to be shared by the discussion between specialists before. As a result, it has been understood that it is the evaluation etc. part which are "Disposal scenario and safety evaluation result" and "Forecast of a technology concerned in the future".

Therefore, it seems as the position and the region of the evaluation etc. good to install these choices. Moreover, the form of choices seems to be good two or more disposal concepts that cost and safety are evaluated on one candidate site. In addition, it seems that these choices are used and it is good for "Specialists other than the nuclear power back end to which the range in the field made a specialty has adjusted" at the academic society etc. to repeat the explanation and the discussion.

Keywords: social science, social acceptance, high-level, radioactive waste, geological isolation, location, specialist, position, region, form, choices, evaluation

1 序論

1.1 背景と目的

現在、商業用発電原子炉はわが国で54基が運転しており、原子力発電が総発電電力量の約3分の1を占める基幹電源として重要な役割を果たしている。使用済み燃料の再処理時に発生する高レベル放射性廃棄物(以下「HLW」という)の処分事業主体である NUMO(原子力発電環境整備機構)は、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律(以下「特廃法」という) (平成12年6月7日法律第107号)に基づく国の認可法人として2000年10月に設立された。

しかし、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[1]。

現状の日本ではHLWは地層処分が基本方針[2]であり、1999年11月の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)[3]で示された処分概念が既存案となっている。すなわち、選択肢としては1つの処分概念しかない。しかしながら、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[4]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[5]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[6, 7]ことが示されている。

そのため、本研究ではHLW地層処分の安全評価の概要とこれに関する過去の専門家間での議論で認識や理解を共有できない部分を調査し、選択肢を設けるポジション、すなわち地位(position)・領域(region)およびその形態(form)を具体化する。

1.2 本研究の位置付け

選択肢同士を比較検討することでより理解を深めるこ

Study on the high level radioactive wastes geological isolation seen from the social acceptance of science and technology; (2) Point that installs choices in explanation to the another field specialist by Ryutarō Wada (wada.ryutarō@kobelco.com), Satoru Tanaka, Shinya Nagasaki

*1 東京大学大学院 工学系研究科 原子力国際専攻
The Department of Nuclear Engineering and Management,
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo
〒113-8685 東京都文京区本郷 7-3-1

*2 東京大学大学院 工学系研究科 原子力専攻
Nuclear Professional School, Graduate School of Engineering, The
University of Tokyo
〒319-1188 茨城県那珂郡東海村白根白方 2-22

(Received 26 October 2009; accepted 27 January 2010)

とが出来るため、既存案以外の選択肢があった方が良いとの考え方もある[8]。現状の日本では HLW は地層処分が基本方針[2]であり、現状の選択肢としては第 2 次取りまとめ[3]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[9]による既存案が 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[10]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。本研究では、その選択肢を設定とした場合、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、第 2 次取りまとめ[3]で示された処分概念とその安全性を調査し、科学技術へのリスク認知と判断基準について調査した。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報告書[11]で批判し、それに対して当時の中核的な研究開発機関の推進側の専門家らが批判に対する見解をまとめた報告書[12]を公開した事例などを調査した(2 章)。

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(3 章)。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方法の妥当性を考察した(4 章)。

科学技術に対する批判や批判に対する見解が公開の場で議論されている事例として、放射線リスクにおけるしきい値無し直線仮説(以下、「LNT 仮説」という)の科学的根拠の有無に関するもの[13-16]、動物の福祉や愛護の観点から動物実験のあり方に関するもの[17-19]等がある。LNT 仮説の科学的根拠については Radiation Research 誌に批判[14]や支持[15]の意見が記述された数件の論文が寄稿^りされている。しかし、そ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いない。また、動物実験のあり方については生命倫理や動物愛護の視点からの批判を背景として、日本学術会議等が社会的理解の促進について議論[17, 18]し、ガイドラインを制定[19]している。しかし、動物実験のあり方に関して公開の場で議論された結果や批判や批判に対する見解を示す公開資料は見当たらない。

一方、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 CO₂ 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[20]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[21]。しかし、京都議定書(COP3)²⁾とそれ以降の国際的な議論により論点は CO₂ 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%)[20]と明白であることもあり、選択肢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[22]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議論の上で、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[22]。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、選択肢のあり方についての検討は行われていない。

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、その選択肢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。なお、HLW 処分について過去の科学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。そのため、選択肢の設定と選択肢のあり方の重要性が文献で主張されているながら、その両方を研究の対象としたものはない。そのため、本研究はこれを題材とした研究報告である。

2 現状の調査・分析と検討の方法

ここでは、既往の処分研究と処分時の安全評価と、それに対する専門家同士で議論された内容を調査し、科学技術へのリスク認知と判断基準について調査した。

2.1 既往の HLW 処分の安全評価の状況

2.1.1 既往の処分研究

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、多くの研究報告が日本原子力研究開発機構(JAEA)等から公開されている。1999 年 11 月の第 2 次取りまとめ [3]ではそれまでの処分研究の成果が集大成

-
- 1) LNT 仮説の科学的根拠に関する論争は、電力中央研究所[12]がホームページその関連や内容を整理している。
 - 2) 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。

(2) 他分野の専門家への説明に選択肢を設けるポイント

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」が示されている。さらに、2004年に NUMO から「処分場の概要」[23]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。ここで示された高レベル放射性廃棄物地層処分の概念と多重バリアの構成を Fig. 1 [23]に示す。

2.1.2 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**

日本では特魔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、特魔法では 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。さらに、NUMO[24]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[3]としている。

(2) 多重バリアの構成

特魔法のもとに策定された基本方針[25]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[25]。

人工バリアは、ガラス固化体、オーバーバック、緩衝材等で構成され、Fig. 1 [23]中に示す機能を期待している。第 2 次取りまとめ[3]では炭素鋼製オーバーバ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。



Fig. 1 The set up of the multiple barrier for the geological disposal of HLW [23]

2.1.3 HLW 処分地の選定基準と多重バリアの構成

(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。すなわち、一般公衆に対する評価線量が最大となる時期でも、あらかじめ基準値として定めた放射線防護レベルを超えないことが規制要件[26]となっている。

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配慮することが必要である。地層処分の不確実性を考慮した安全評価は、シナリオ、モデル及びデータ等の基本的な要素の取り扱いについて国際的に確立されてきた基本的な手順[27]に則って評価されている。しかし、極めて長い時間スケールと天然の地層という不均質で大きな空間スケールを対象とすることに加え、そこで起こり得る現象の複雑さや知識の限界、さらに人間侵入等の評価そのものへの過誤があることが、地層処分の安全評価に不確実性をもたらしている[23]。なお、2002年にOECD/NEA [28]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ことを指摘している。

(2) 安全評価の基本シナリオとレファレンスケース[3]

第2次取りまとめ[3]の地下水シナリオは、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[3]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。レファレンスケースについての線量推定の結果[3]は、Fig. 2[23]の通り人間への影響が最大となるのは処分後約80万年で線量として $0.005 \mu\text{Sv/y}$ となったとされている。また、その際の地下水シナリオに基づく安全評価解析のパラメータをTable 1[3]に示す。

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Fig. 3[23]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(100~300 μSv)を下回ることが示されている。

なお、Fig. 3[23]において#1がFig. 2[23]で示したレファ

レンスケースの最大線量(0.005 $\mu\text{Sv/y}$)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2.2項で議論されている。また、Fig. 3 [23]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。

2.2 科学技術へのリスク認知と判断基準

前述したHLW地層処分の安全性についての反対意見の専門家と推進側の専門家との議論を調査するのに先立ち、専門家と一般市民(公衆)の関係や相違を理解するために科学技術へのリスク認知と判断基準を調査した結果を以下に示す。

2.2.1 リスクの認知と正しい知識

Slovic[29]は、公衆(一般市民)が「恐ろしさ」と「未知性」の2つの評価次元でハザードをとらえ、リスクの大きさを感じていると述べている。また、原子力発電所事故が恐ろしいものであり、災害から自発的に避けられず、未知の技術というイメージが持たれているため公衆にとっては受け入れがたいオプションであると認識されがちであると述べている。

木下[30]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[31, 32]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[33]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。

さらに、木下[34]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するかその対処法を考えて納得することが重要であるという。そのためには、まずは正し

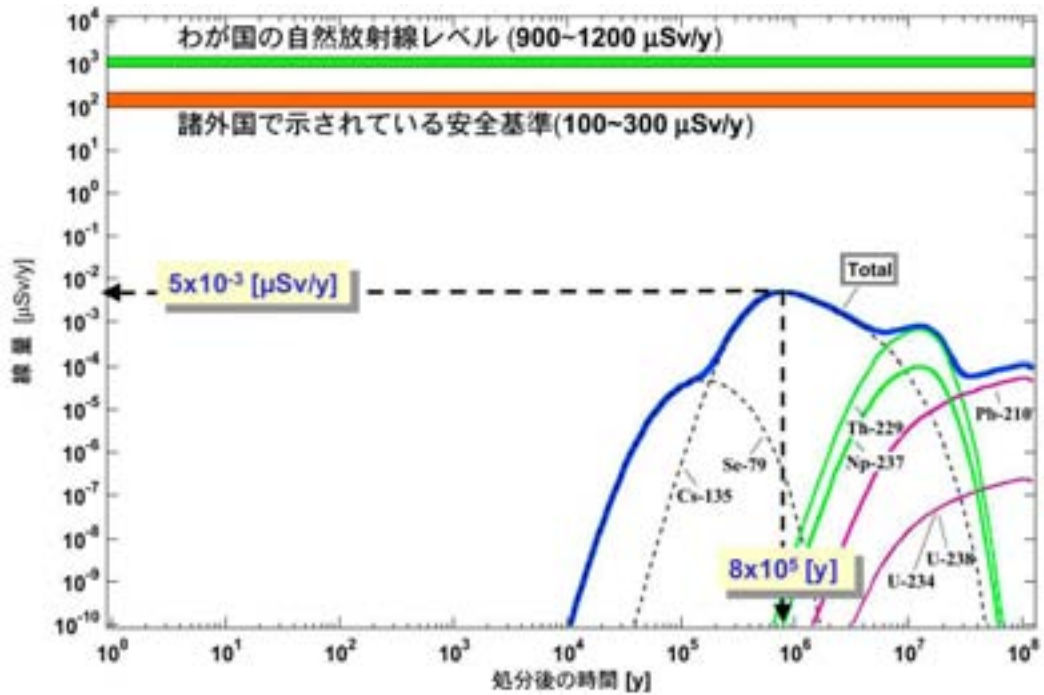


Fig. 2 The safety evaluation results of the 2000 report for HLW disposal[23]

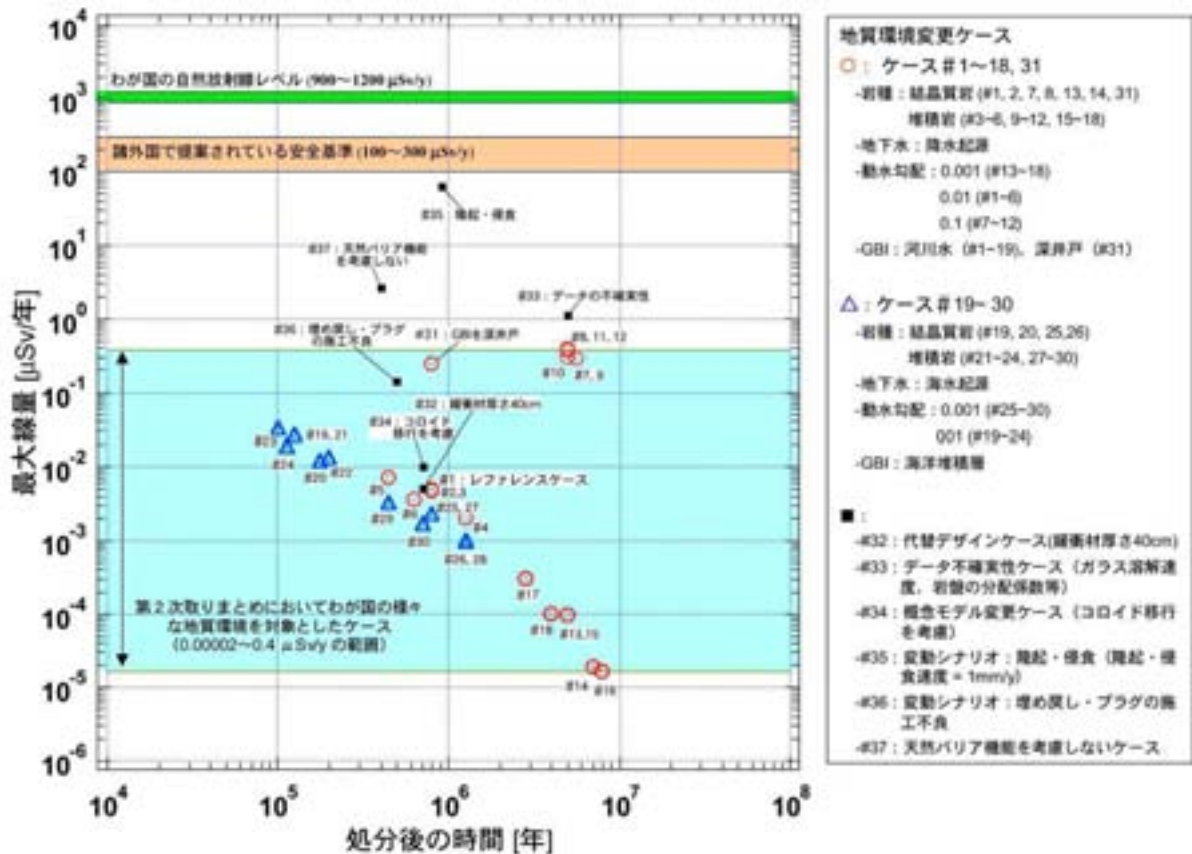


Fig. 3 The safety evaluation results of total system[23]

い知識を身につける必要があり、推進側のフェアかつ十分な情報提供とリスクコミュニケーションの開催がその有力な手段のひとつである[35]と述べている。

すなわち、上述の木下[30-35]の述べるところは専門家と一般市民を区別したものではないが、他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た

Table 1 The parameter of the safety evaluation analysis based on a groundwater scenario [3]

天然バリアのパラメータ	単位	人工バリアのパラメータ	単位
移行距離	m	ガラス固化体近傍の仮想的な領域の体積	m ³
動水勾配 (i)	—	ガラス固化体中の核種インベントリ	mol
透水量係数 (T)	m ² /s	ガラス固化体の体積減少率	1/y
巨視的 (縦方向) 分散長	m	緩衝材長さ	m
マトリクス拡散深さ	m	間隙水中の拡散係数	m ² /y
マトリクス拡散寄与面積率	%	緩衝材の間隙率	-
有効間隙率	%	ガラス固化体中心からの距離	m
乾燥密度	Mg/m ³	緩衝材内側半径	m
実効拡散係数	m ² /s	オーバーパック破損後の経過時間	y
分配係数	—	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

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。

2.2.2 リスクの判断基準(モノサシ)

社会心理学者である中谷内[36]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(一般市民)と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、中谷内[36]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。

また、中谷内[37]は、人間がある事柄についての「良し」「悪し」を判断する方法、すなわち、態度を決めるプロセスには2種類あると述べている。1つは「中心的ルート処理」と呼ばれ、問題対象に関する情報を十分に吟味して態度を決定する方法である。他の1つは「周辺的ルート処理」と呼ばれ、「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。周辺的ルート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。さらに、周辺的ルート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的ルート処理が用いられやすいと述べている。その上で中谷内[37]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かったりことが起こるためである。また、中谷内[37]は、対処を誤ると、あたふたと場当たりの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。

すなわち、眼前のリスクと別のリスク(作用のリスクと副作用のリスク)をバランス良くマネジメントできるように、専門家同士または一般市民や専門家などの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と述べている。

2.2.3 科学技術に関するリスクコミュニケーションで重要視される論点

中谷内ら[38]と土田ら[39]は、科学技術に係る内容のり

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、ブルサーマル[40]をテーマとした際には、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、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つたと述べている。

すなわち、大学生を対象としたアンケートでは、ブルサーマル等の科学技術に関する内容は、技術そのものの安全性・発電効率(すなわち経済性)等の諸要素を重要視した説明が重要であり、それを長期的に継続することが重要である。

2.2.4 科学技術に関するリスクとモノサシの認知

上記によれば、リスクの判断基準(モノサシ)を作るだけでは十分ではなく、長期的に継続することで科学技術についての情報量を増やして専門性を高め、モノサシ等が意味するものを理解できるだけの正しい知識を身につけていることが重要であることが述べられている。

筆者は初報[1]で技術的な基礎知識がある他分野専門家(原子力バックエンド以外の技術者層・科学者層)を介した演繹的な説明と討論(対話)を行うことにより、一般市民が潜在的な危険性があり、身近になく高度で巨大な科学技術に関する内容について健全で合理的な意思決定に基づき態度を決める方法を提案している。

中谷内ら[41]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について述べており、これはSVS(Salient Value Similarity: 主要価値類似性)理論[42]と呼ばれている。また、言い換えれば、SVSモデル[42]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[43]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。中谷内ら[41]は、遺伝子組み換え作物(GMO)を題材として首都圏40 km 以内に在住する20歳から70歳の合計1000名の男女への戸別調査により、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、高関心者にとっては

価値類似性が、低関心者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。

すなわち、一般市民を対象としたアンケートでは、GMO等に関する組織への信頼度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。

2.3 科学技術的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示す。

2.3.1 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[3]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)[11]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)[10]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」[44-46]で意見を述べている。但し、雑誌「科学」[44, 45]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Table 2 に示した。また、その主な内容を以下に紹介する。

2.3.2 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[11]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(Table 2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[10]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

Table 2 Discussion point under and the details of specialist of promotion/dissenting opinion concerning criticism to the 2000 Report for HLW disposal (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 ト[11] (地問研)	JNC見解レ ポート[12] (JNC)	科学00年12 月号[44] (地問研)	科学01年3月 号[45] (地問研)	科学01年11 月号[46] (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、人工リ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おきき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))

(2) 他分野の専門家への説明に選択肢を設けるポイント

Table 2 Discussion point under and the details of specialist of promotion/dissenting opinion concerning criticism to the 2000 Report for HLW disposal (2/2)

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[11]	JNC見解レポート[12]	科学00年12月号[44]	科学01年3月号[45]	科学01年11月号[46]
		(地問研)	(JNC)	(地問研)	(地問研)	(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線量(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	炭素鋼オーバーバリア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	オーバーバリア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、期待される機能を発揮できなくなる	○	○	—	×	×
3-10	厚みの変更は、オーバーバリアの工作上(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バリア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と、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、地下水流速がフレックスケースの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部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))

見解レポート[10]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[11]は、JNCが第2次取りまとめ[3]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[44]は、JNC見解レポート[10]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[10]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[44]、石橋ら[47]が認識したと述べた形跡はない。批判レポート[11]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、表現は多少変わっているがその主旨は以降の図書[44, 45, 47-49]中で継承されている。

藤村ら[44]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[46]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[44]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 [45]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[46]はJNC見解レポート[10]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。

2.3.3 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[11]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[10]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[10]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。

2.3.4 人工バリアの特性と埋設作業

批判レポート[11]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[10]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エネルギー(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[10]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40,000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[45]は同じ論点で指摘し、清水ら[46]が“ガラス固化体の大部分が日本原燃株式会社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[10]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1000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[10]で説明された

後にも継続している。すなわち、藤村ら[45]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げられないため、事故への対応も含めてすべての作業が無人工・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[46]はJNC見解レポート[10]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。

2.3.5 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[11]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[44]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[10]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[45]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)”としており、これによりFig. 4 [45]により“簡単な試算[11]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(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[46]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(100~300 μ Sv/年)におさまっている”“単純に

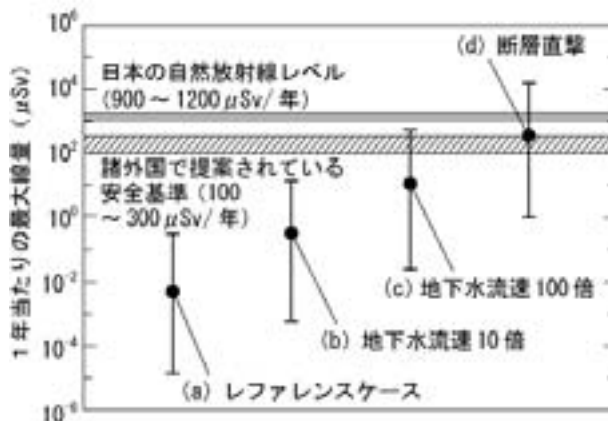


Fig.4 The comparison of the maximum dose of radioactivity in various conditions brought up by opposing activists[45]

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。

2.3.6 総括の内容についての議論

科学(2001年3月号)で藤村ら[45]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、これに対して、科学(2001年11月号)で清水ら[46]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[45]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[46]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。

2.3.7 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」が両者の共催で開催された³⁾。このシンポジウム[48]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[49]では、地質環境の長期安定性に関してTable 2 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。

2.3.8 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。

3 検討の結果

ここでは、両専門家が認識や理解を共有できない部分を抽出し、その特徴・内容をさらに深く検討する。その上で両専門家の相互の理解を促進するために、認識や理解を共有できない部分を対象とした選択肢を設けるポイントを具体化する。

3.1 認識や理解を共有できない部分の抽出

前章の2.3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Table 3 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た。また、Table 3 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。

3.1.1 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

Table 3 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 Table 3 中の該当項目の番号を記載した。

(1) 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(Table 3 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。(Table 3にはないが「地質環境」「断層活動」という用語[11])
- 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[10]による説明後に両専門家が理解を共有した。(Table 3の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。(Table 3の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。(Table 3の3-3項、3-4項、3-8項、3-9項)

(2) 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(Table 3 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。(Table 3の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。(Table 3の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⁴⁾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。(Table 3の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。(Table 3の1-11項、3-11項、3-12項)

3.1.2 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、Table 3では2項(工学技術と深部坑の安定性)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

3) 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。

4) 地下水シナリオに基づく安全評価については Table 1 で示した通り取り扱うパラメータが多く、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。

(2) 他分野の専門家への説明に選択肢を設けるポイント

Table 3 Extraction for point of choices that should be prepared

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	1-2
	1-3	1-6
	1-4	1-7
	1-5	1-8
		1-9
2. 工学技術と深部坑道の安定性	2-1	
	2-2	
	2-3	
	2-4	
	2-5	
3. 人エバリアの特性	3-1	3-2
	3-3	3-7
	3-4	3-11
	3-5	
	3-6	
	3-8	
	3-9	
	3-10	
4. 地下水移行シナリオによる安全評価		4-1
		4-2
		4-3
		4-4
		4-5
		4.6
更なる説明の要否	不要	要

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ではなく、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、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。

3.2 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。

前章の2.3.2項(Table 3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、2.3.5項(Table 3の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」[44, 45]で前章の2.3.2項と2.3.5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[50, 51]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[52-54]は地球科学、地震テクトニク

ス等の専門家である。高木[55-57]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」[44, 45]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2.3.4項(Table 3の3項)は人工バリアの特性に関する議論であるが、Table 3の3-2項、3-7項、3-11項、3-12項の内容は、批判レポート[11]の当該部分の著者ではなく、雑誌「科学」[45]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、少なくとも前章の2.3.2項(Table 3の1項)と2.3.5項(Table 3の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。

3.3 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[39]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、中心的ルート処理(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[30]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

Table 4 Position in which choices should be installed

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

ントにおいて中谷内[37]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[34, 35]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[5]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[6, 7]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、既存案以外の複数の選択肢を設け[8]、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 Table 4 に示す。すなわち、両専門家による学会等での討論が前章 2.3 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。

3.4 検討結果のまとめ

ここでは2.3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事実である「測定・実験結果」に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。

4 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方法の妥当性を考察した。

4.1 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、Table1[3]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、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[10]での例⁵⁾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、Fig. 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[58]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

5) 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)

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[59]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[3]も考えられる。逆にその場の透水性が低い場合は、緩衝材やオーバーバックの厚みを薄くする場合[58]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、H3 レポート[60]のようにオーバーバックの厚みを現行[3]の 190 mm から遮へい付き構造となる 250 mm まで増加させ、遮へい付きオーバーバ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、オーバーバックの厚みを現行[3]の 190 mm 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バックを定置(垂直定置)する概念[9]であるが、オーバーバ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[3, 23]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バック)・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。

4.2 選択肢による説明の方法

2.3.3項で述べた通り、中谷内ら[38]と土田ら[39]はプルサーマル[40]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つたと述べている[39]。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⁶⁾[61]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⁷⁾は2008年の世論調査[61]の別途の質問で調査されており、HLW地層処分場の必要性⁸⁾は同年に(社)日本原子力産業協会の別途体系で調査[62]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[61]の関心度と同様の傾向であった。一方、谷垣[63]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かず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[63]は施設名に物質名が含まれているものは、物質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

- 6) (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[61]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。
- 7) (財)日本原子力文化振興財団の2008年の世論調査[61]では脚注6)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。
- 8) (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。

(2) 他分野の専門家への説明に選択肢を設けるポイント

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つて内容の理解が早いと、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)[64]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[38]と土田ら[39]によるプルサーマル[40]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議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、繰り返し議論(対話)することが重要であるものと考えられる。

4.3 選択肢による説明の対象

上述の通り、第2次取りまとめ[3]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、Table 3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(Table 3の3-2項)」、「表面線量率の高いオーバーバ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可能性は低い(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、貯蔵期間を長くするだけで低減[3]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、オーバーバックは厚さ19cmの炭素鋼製の容器が考えられている[23]。オーバーバ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、オーバーバ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[49]。一方、上述の遮へい付きオーバーバックを採用すれば有人・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て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、繰り返し議論(対話)するのが良いものと考えられる。

4.4 本研究の適用範囲と今後の課題

本研究は、第2次取りまとめ[3]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。

ここで両専門家の議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3.1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合に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含まれていない。しかし、立地が関与した場合は、NIMBY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。

5 結言

潜在的な危険性があり、身近になく高度で巨大な科学技術は、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。

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もある。そのため、本研究では原子力バックエンド以外の他分野の専門家への説明に適切な選択肢を設けるポイントを検討した。

まず、HLW 処分時の安全性について過去の専門家間の議論で認識や理解を共有できない部分の特徴を調査した。その結果、研究成果の公開および説明と議論を進めることにより、地質の特性等の測定結果、室内実験結果等の科学的事実については認識と理解を共有することができる。しかし、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人為的な要素を含んでおり、その複雑さ・理解の難しさが重なって専門家の見解がわかる可能性がある。すなわち、評価等では原子力バックエンド以外の他分野の専門家と認識と理解を共有できない可能性がある。

そのため、選択肢を設けるのは安全評価や将来予測で見解が分かれるこの評価等の部分であり、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ものと考えられる。また、これらの選択肢を使って学会の会場等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以外の専門家に繰り返し説明し、繰り返し討論するのが良いと考えられる。

参考文献

- [1] 和田隆太郎 他: 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. 日本原子力学会論文誌 **8**[1], 19-33 (2009).
- [2] 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).
- [3] 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).
- [4] Scheibehenne B. et al. : What Moderates the Too-Much-Choice Effect?, *Psychology & Marketing* **26** (3), 229-253 (2009)
- [5] Schwartz, B. et al. : Maximizing versus satisficing: Happiness is a matter of choice, *Journal of Personality and Social Psychology* **83**, 1178-1197 (2002)
- [6] Peter J.P, Olson C. J. : *Consumer Behavior and Marketing Strategy* (6th ed), Mcgraw-Hill/Irwin Series in Marketing (2002)
- [7] 田中洋: 消費者行動論体系, 中央経済社, 東京 (2008).
- [8] 和田隆太郎 他: 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—, 原子力バックエンド研究 **16**(1), 17-33 (2009).

(2) 他分野の専門家への説明に選択肢を設けるポイント

- [9] 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).
- [10] (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)(2009).
- [11] 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).
- [12] 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).
- [13] 丹羽太貴: BEIR VII の主張と問題点, 仏科学アカデミーの主張と問題点, 第 9 回放射線安全規制検討会航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する検討ワーキンググループ資料第 9-2 号,平成 17 年 9 月 6 日(2005).
- [14] Tubiana, M., et.al.: Low-dose risk assessment: Comments on the summary of the international workshop, Radiation Research **167**, 742-744 (2007).
- [15] Brenner, M. et.al.: Low-dose risk assessment: We still have much to learn., Radiation Research **167**, 744 (2007).
- [16] 電力中央研究所: LNT 理論に関する論争, 電力中央研究所原子力技術研究所放射線安全研究センター <http://criepi.denken.or.jp/jp/ldrc/trend/20080604/index.html> (last visited at September.21, 2009).
- [17] 篠田義一: 社会的合意のために, 特集「動物実験」, 学術の動向 **9**, pp.8-21, 日本学術会議 SCJ フォーラム, 東京 (2002).
- [18] 日本学術会議: 動物実験に対する社会的理解を促進するために(提言), 日本学術会議第 7 部, 平成 16 年 7 月 15 日 (2004).
- [19] 日本学術会議: 動物実験の適正な実施に向けたガイドライン (2006).
- [20] 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).
- [21] 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).
- [22] 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).
- [23] 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ー「処分場の概要」の説明資料ー, NUMO-TR-04-01(2004).
- [24] 原子力発電環境整備機構: 「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, 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, 平成 14 年 7 月 16 日(2002).
- [25] 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, 通商産業省告示第 591 号, 平成 12 年 10 月 2 日 (2000).
- [26] 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).
- [27] 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 (1991).
- [28] 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).
- [29] Slovic, P.: Perception of Risk, Science **236** (280) (1987).
- [30] 木下富雄: 私たちの社会はリスクとどうつき合うか「リスクと, どうつきあうかー原子力安全委員会は語りあいたいー」, 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).
- [31] 木下富雄: 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).
- [32] 木下富雄: 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).
- [33] 木下富雄: 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).
- [34] 木下富雄: 安全と安心ーその真実と虚構, ヒューマンセキュリティ・サイエンス (2009).
- [35] 木下富雄: 科学技術と人間の共生ー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).
- [36] 中谷内一也: ゼロリスク評価の心理学, ナカニシヤ出版, 東京 (2004).
- [37] 中谷内一也: リスクのモノサシ, NHK ブックス, 東京 (2006).
- [38] 中谷内一也ら: 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**, 33-50 (2008).

- [39] 土田昭司ら：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), 44-55 (2009).
- [40] 原子力ハンドブック編集委員会編：原子力ハンドブック，オーム社，東京 (2007).
- [41] 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), 259-268(2008).
- [42] Earle T.C , Cvetkovich G: Social trust: Toward a cosmopolitan society, C. T. Preger Press, Westport (1995).
- [43] 中谷内一也: 安全. でも安心できないー信頼をめぐる心理学, 筑摩書房, 東京 (2008).
- [44] 藤村陽 他: 高レベル放射性廃棄物の地層処分はできるか Iー変動帯日本の本質一, 科学 **70**, 岩波書店, 東京, 1064-1072, 2000 年 12 月 (2000).
- [45] 藤村陽 他: 高レベル放射性廃棄物の地層処分はできるか IIー地層処分の安全性は保証されていないー, 科学 **71**, 岩波書店, 東京, 264-274, 2001 年 3 月 (2001).
- [46] 清水和彦 他: 『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, 1479-1494, 2001 年 11 月 (2001).
- [47] 石橋克彦 他: 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ー地層処分問題に積極的に関わるためにー」A0-004, 東京・代々木, 2001 年 6 月 4 日-8 日 (2001).
- [48] 経済産業省資源エネルギー庁ー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」ー議事録ー, 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 September.21,2009).
- [49] 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 September.21, 2009)
- [50] Fujimura, Y. et al.: Reaction between electronically excited species: $O(^1D_2)+NO_2^* \rightarrow NO(A)+O_2$, Chemical Physics Letters **140** (3), pp.320-324 (1987).
- [51] 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), 2309-2336 (2002).
- [52] Ishibashi, K.: Status of historical seismology in Japan, Annals of Geophysics **47**, 339-368 (2004).
- [53] Ishibashi, K.: Seismotectonic modeling of the repeating M 7-class disastrous Odawara earthquake in the Izu collision zone, central Japan, Earth Planets Space **56**, 843-858 (2004).
- [54] 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).
- [55] Takagi, J.: Rare gas anomalies and intense muon fluxes in the past, Nature **227**, 362-363 (1970).
- [56] Takagi, J., Oi, N.: Determination of ^{240}Pu and ^{239}Pu ratio by spontaneous fission counting, Journal of Nuclear Science and Technology **2** (5), 178-180(1965).
- [57] Takagi, J.: Evaporation behavior of non-gaseous fission products from UO_2 , Zeitschrift Naturforschung Teil A **20**, 1566 (1965).
- [58] 総合エネルギー調査会: 高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方, 総合エネルギー調査会原子力部会中間報告, 平成 11 年 3 月 23 日 (1999).
- [59] 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).
- [60] 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ー平成 3 年度ー, PNC TN 1410 92-081 (1992).
- [61] (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).
- [62] (社) 日本原子力産業協会: エネルギーに関する意識調査 (2008).
- [63] 谷垣俊彦: 原子燃料サイクルに関する社会意識, INSS Journal **13**, 27-36 (2006).
- [64] 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).