

日本保健物理学会専門研究会報告書シリーズ

Vol. 14 No. 2

放射性廃棄物の管理・処分に係る人文・社会科学的
視点からの考察に関する専門研究会

活動報告書

2024年9月

一般社団法人 日本保健物理学会

「放射性廃棄物の管理・処分に係る人文・社会科学的視点
からの考察に関する専門研究会」
活動報告書

概 要

核分裂に伴って放出されるエネルギーを利用する原子力発電においては、様々な放射性核種が不可避免的に発生する。そのなかでも、放射能レベルが高くかつ半減期の長い放射性核種を高濃度に含んだ廃棄物、いわゆる「高レベル廃棄物」の長期にわたる安全な処分は、原子力発電を利用している多くの国で長く懸案事項となっている。現在、これらの国では、高レベル廃棄物を厳重な管理のもとに地表付近で貯蔵しているが、これは中間的な措置であり、廃棄物の増加と施設設備の劣化等による潜在的なリスクの増大が懸念されている。最終的には、遠い将来にわたり人や環境に影響を与えないような地中深くに高レベル廃棄物を埋設処分（地層処分）することが計画されている。しかしながら、多くの国では、埋設処分場の立地選定や処分施設の適合性評価の方法などについて十分な社会的合意を得るに至っておらず、地層処分を実際実施するまでには相当の時間がかかる見通しである。

筆者らは、高レベル廃棄物に関わる現在の懸念される状況を改善するためには、これまで行われてきたような理工学的視点からの説明だけでなく、人文・社会科学的視点からの考察が重要であるとの認識に立ち、2022年度より2年間、日本保健物理学会に設置された「放射性廃棄物の管理・処分に係る人文・社会科学的視点からの考察に関する専門研究会」において、委員を務めてくださった本学会員の専門家（表A）と共に、関連する幅広い分野の専門家を講師やオブザーバーとして迎えて情報・意見交換を行ってきた（表B）。本報では、それらの議論を経て共有された知見や合意された考え方等について報告する。

表A. 本専門研究会の会員（任期：2022年4月～2024年3月）.

役割	氏名	所属
委員（主査）	保田 浩志	広島大学
委員（幹事）	麓 弘道	日本検査株式会社
委員（会計兼幹事）	齋藤 龍郎	日本原子力研究開発機構
委員	笠井 篤	元 日本原子力研究所
委員	金 千皓	東京大学
委員	杉山 大輔	電力中央研究所
委員	菅原 慎悦	関西大学
委員	土田 昭司	関西大学
委員	山口 文恵	日本原子力研究開発機構
委員（企画委）	清岡 英男	東京電力ホールディングス株式会社

表 B. 本専門研究会の活動の経緯.

回	開催日／期間	主な審議事項
1	2022 年 11 月 16 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本専門研究会の設置趣旨 ・ 招待講演「地層処分による安全性の確保とセーフティケース」(外部専門家：石田圭輔氏 原子力発電環境整備機構 技術部)
2	2023 年 3 月 23 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 招待講演「高レベル放射性廃棄物の処分における終着点」(外部専門家：稲垣八穂広氏 九州大学工学研究院 エネルギー量子工学部門)
3	2023 年 6 月 27 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「放射性廃棄物処分の背景にある倫理基盤：西欧と日本の比較」(麓幹事) ・ 上記の問題提起に係る意見交換 ・ 本専研の今後の活動計画とそれについての意見交換
4	2023 年 10 月 31 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「RICOMET2023 参加報告」(菅原委員) ・ 「地層処分における社会受容：将来世代への配慮を中心に」(土田委員) ・ 「放射性廃棄物処分場の受容における手続き的公正」(山口委員)
5	2023 年 11 月 10 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日本保健物理学会第 56 回研究発表会 (於・台場) での本専研中間活動報告 (保田主査)
6	2024 年 3 月 13 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本専研活動報告書(案)に関する意見交換 ・ 今後の予定等についての確認
7	2024 年 6 月 27 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日本保健物理学会 2024 年度シンポジウム (オンライン) での本専研最終活動報告 (保田主査、齋藤幹事、麓幹事、土田委員)

目次

第1章	はじめに	1
第2章	地層処分による安全性の確保とセーフティケース.....	4
2.1	地層処分の安全確保と安全評価	4
2.2	安全基準	4
2.3	セーフティケースの概念と地層処分の技術的成立性に関する検討事例.....	5
第3章	高レベル廃棄物の埋設処分における終着点	6
3.1	高レベル廃棄物を地層処分することの妥当性	6
3.2	安全性の理解に必要な情報.....	7
3.3	処分実施に必要な信頼を得るために	9
第4章	高レベル廃棄物処分と人文・社会科学	9
第5章	放射性廃棄物処分の背景にある倫理基盤.....	12
5.1	安全は自己責任とする西欧の文化と安全を当然と考える日本.....	12
5.2	放射線防護の3原則と西欧文化的背景	12
5.3	日本における放射線防護の3原則の導入	13
5.4	北欧における高レベル廃棄物に関する議論	14
5.5	中国における放射性廃棄物処分に関する議論	15
第6章	放射性廃棄物処分場の受容における手続き的公正.....	16
第7章	高レベル放射性廃棄物の処分における社会受容性.....	17
7.1	意思決定にかかる権利と義務についての市民（有権者）の階層性・多様性.....	18
7.2	個人の納得・合意に影響する情報・知識の質	18
7.3	信頼による社会的合意	19
第8章	まとめと提言	20
謝辞	21
参考文献	21

第1章 はじめに

文明の進展に伴い、人類は多くの廃棄物を生み出してきた。文明が高度化するにつれ、廃棄物の種類や性質は多岐にわたるようになり、現代社会においてはその全容を把握することができないほどに多種多様な廃棄物が発生しており、それらが長期にわたって人の健康や生態系の健全さに及ぼす悪影響について懸念が高まっている。そうした廃棄物のうち、原子力の利用に伴い発生する長寿命の放射性核種を多く含む高レベル放射性廃棄物（以下「高レベル廃棄物」という）をどう処分するかは、現世代の大きな課題となっている。

現行の原子力発電、すなわち ^{235}U の原子核を分裂させることによって発生する熱エネルギーを電力として利用する発電方式では、生産するエネルギーに応じて、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 等の核分裂生成物や ^{241}Am 、 ^{237}Np 等のアクチニド元素が発生し、使用済みの核燃料（以下「使用済燃料」という）の中に残る。その放射能レベルは、原子炉から取り出した直後に最も高く、短寿命放射性核種の壊変に伴って急速に減少する。時間の経過に伴い長寿命放射性核種の寄与が増し、最初の数百年間は核分裂生成物が放射能の大半を占め、それらの減衰に伴って次第にアクチニド元素が支配的になり、数百万年後には極めて寿命の長い ^{238}U （半減期: 45 億年）や ^{129}I （1570 万年）がわずかの割合で残ると予測される（図1）。

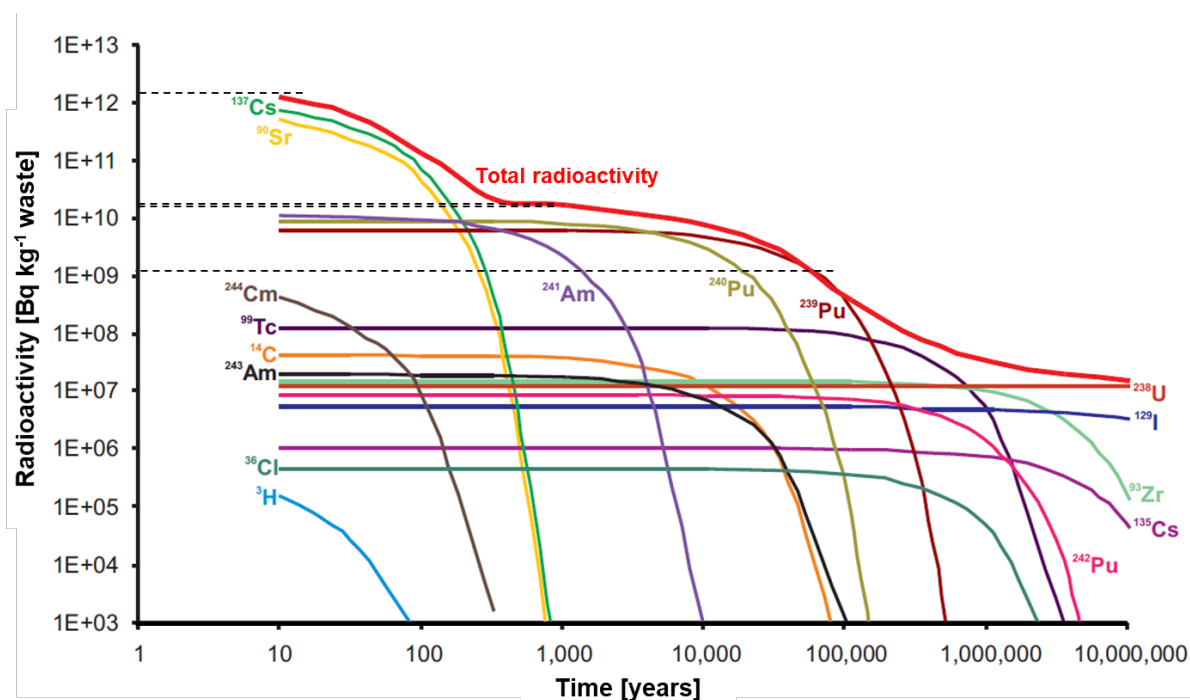


図1. 高レベル廃棄物中の主要な放射性同位体の相対放射能とその経時的な減衰パターン. 赤太線は総放射エネルギーを示す（[1]より改変）。

Fig. 1 The relative radioactivities of major radio isotopes in high-level radioactive waste and their decaying patterns over time. The red bold line shows the total radioactivity (modified from [1]).

高レベル廃棄物の定義には、国により若干の違いが見られる。再処理（残存しているウランと新たに生成されたプルトニウムを取り出す工程）を行わないカナダやスウェーデン等では、使用済燃料そのものが高レベル廃棄物として扱われる。一方、再処理を行う方針である日本やフランス等では、使用済燃料を再処理する過程で再利用できないものとして残った放射能レベルの高い廃液をホウケイ酸ガラスと溶かし合わせて固めたガラス固化体が高レベル廃棄物とさ

れ、これを金属製の容器や緩衝材で保護したものを地層処分することが計画されている（図 2）。なお、我が国では、再処理の際に発生する超ウラン元素（TRU）を含む TRU 廃棄物のうち、放射能レベルが一定以上のものも高レベル廃棄物と同様に地層処分することとしている。

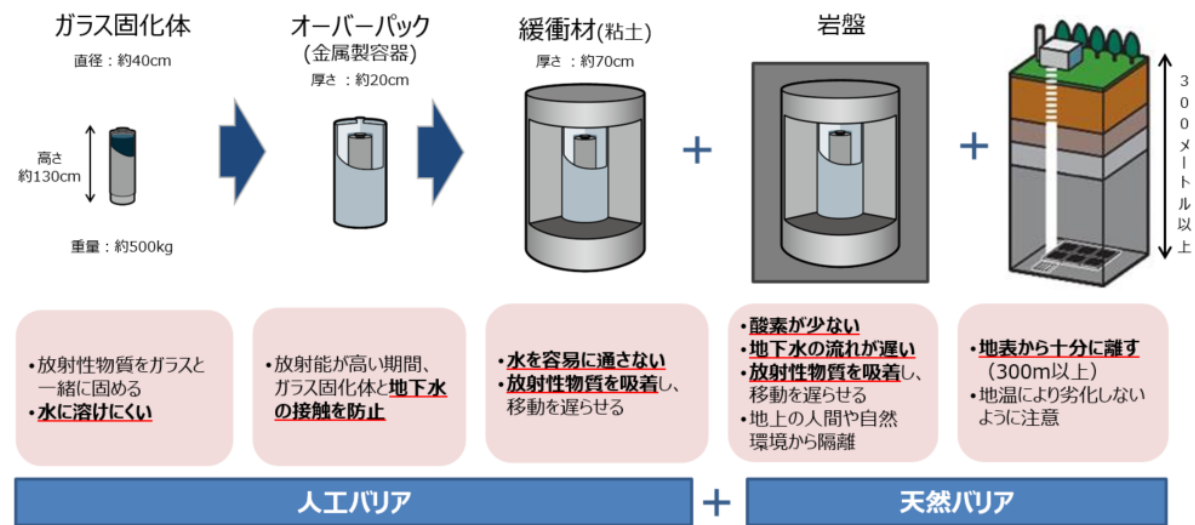


図 2. 現在我が国で実施・計画されている高レベル廃棄物の処分方法[2].

Fig. 2. Methods for high-level radioactive waste disposal conducted or planned in Japan[2].

現在、原子力発電を行っている多くの国では、高レベル廃棄物を厳重な管理のもとに地表付近で貯蔵している。これは中間的な措置であり、最終的には、遠い将来にわたり人と環境に影響を与えないような数百メートル以深の岩盤内に高レベル廃棄物を埋設すること（地層処分）を基本方針として、処分計画の具体化と社会的受容の獲得に向けた取組みが国のプログラムとして進められてきた。その結果として、スウェーデンやフィンランド等では、地下深くの結晶質岩（crystalline rock）中に高レベル廃棄物を埋設する地層処分計画に大きな前進が見られ、2023 年時点において、処分子定場所の詳細な土地特性の評価、処分場の建設方法、閉鎖後の安全評価に重点を置いた具体的な検討が国家プログラムとして進んでいる[3]。一方で、我が国を含むほとんどの国では、埋設処分場の具体的な場所を決定するには至っておらず、埋設場所を具体的に選定するまでには相当の時間がかかる見通しである。

我が国では、1976 年に原子力委員会により高レベル廃棄物の処分方策として地層処分に重点を置く旨の方針が示され、1989 年には原子力委員会放射性廃棄物対策部会が「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」と題するガイドラインを策定・公表した。そこでは、地層処分の具体的な方法として、人工的な複数の障壁（人工バリア）と地下深くの安定した地層（天然バリア）を組み合わせた多重バリアシステムが有効であると言及されている。これを受けて、動力炉・核燃料開発事業団（当時）は、1992 年に地層処分の有効性に係る総合的な報告書（通称「第 1 次とりまとめ」）を公表し、そのなかで、「安定な地質環境に、性能に余裕を持たせた人工バリア（ガラス固化体、オーバーパック、緩衝材で構成される）を含む多重バリアシステムを構築する」こと（図 2）を地層処分の基本概念としている。この概念は 1999 年に核燃料サイクル機構（当時）が公表した報告書（通称「第 2 次とりまとめ」）[4]でも踏襲され、高レベル廃棄物の地層処分において長期的な安全性を確保するための対策として以下の 3 つの方針が明示されている：

- ・地層処分にとって適切な地質環境を選定すること。

- ・安定な地質環境に対して、人工バリアや処分施設を合理的に設計、施工すること。
- ・構築された地層処分システムの安全性を評価すること。

その後、この概念に沿った諸々の検討が進められ、2021年には原子力発電環境整備機構（NUMO）が、地層処分に関わる科学的知見や関連技術の情報を集約した包括的技術報告[5]を公表し、以下のような事項について広範な説明を行っている：

- ・対象となるサイトの地層処分への適合性を評価し判断するための方法。
- ・サイトの特徴を考慮した処分場の設計を行うための方法。
- ・建設・操業を安全に執り行うための方法。
- ・閉鎖後の長期間の安全性を評価・確保するための方法。

こうした取組みにより、地層処分の安全性に関わる科学的及び工学的（理工学的）な問題に係る検討は大きく進み、比較的短半減期の放射性核種が十分に減衰する千年程度の期間であれば、高レベル廃棄物を地表の生態系から隔離できる見通しが得られている。

一方、地層処分場のサイトとして選ばれた地域に居住する人々が施設の建設を受け入れるか否かの判断は、上記の理工学的なアプローチだけでは解決できない、超長期の予測における不確かさに大きな影響を受ける。高レベル廃棄物の地層処分においては、放射能レベルの高い初期期間（～数千年）は完全な封じ込めが必要であり、その後も放射線被ばくのリスクが許容可能なレベルに低下するまでの長期間（～数百万年）生態系から隔離する必要がある[6]。この時間スケールは、通常の人工構造物について耐久性を保証できる期間を大きく上回る。おそらく数万年後までには人工バリアの完全性が破られ、放射性核種が付近の地下水に溶解し徐々に地表の生態系へ移動すると想定せざるを得ないが、その過程は数千～数万年後の天然バリアの状態（亀裂や地下水の流路等）に大きな影響を受ける。予期せぬ気候変動や自然災害の結果として、想定よりも速く優先的な流れが生じることも有り得る。しかしながら、そうした遠い将来に起き得る地質学的な事象を精緻に予測することは極めて困難である。加えて、人類史の観点から見て、数千～万年という期間は、人々の文化や生活形態、社会制度等が現在とは全く異なるものに変化していることを視野に入れなくてはならない時間スケールでもある。

超長期の予測には不可避免的に大きな不確かさが伴うことから、高レベル廃棄物の地層処分の長期安全性を評価・判断するための明確な指針は未だ示されていない。そこで、筆者らは、この指針の策定に貢献することを目的として、2020～2021年度に活動した前専門研究会「人文・社会科学的視点から考察する自然起源放射性物質含有廃棄物の取扱い専門研究会（主査：保田浩志、幹事：麓弘道・齋藤龍郎）」（以下「前専研」という）を発展する形で本専門研究会（以下「本専研」という）を立ち上げ、理工学的なアプローチだけでは解決できない地層処分の問題点について、人文・社会科学的な視点から考察を深め、提言の創出を目指した議論を行ってきた[7,8]。なお、前専研では、主としてウラン廃棄物の処分に関わる問題について議論を行い、放射能レベルの低い放射性廃棄物であっても、これまでの自然科学的知見（環境中挙動に関するパラメータ値やそれらを用いたモデル計算予測、予測結果の線量基準値との適合等）に基づく説明のみでは、必ずしも対象地域の人々が埋設処分を受け入れることにはならないことを指摘し、世代間倫理の観点から真摯に対応を考えることの重要性について新たに認識を共有した。

本専研では、上記の認識を共有することを端緒として、前専研においてウラン廃棄物について検討してきたアプローチが高レベル廃棄物の地層処分の考え方にも拡張できるか、超長期にわたるシナリオの不確かさを踏まえたうえで廃棄物の発生者である現世代がどれだけの責任を負うべきか、また、現在の放射線防護の原則やその倫理基盤に照らして将来世代に伝えるべき事項は何か等について、幅広い視点から情報・意見交換を行った。本報告書は、それらの議論

を経て共有できた、高レベル廃棄物処分の現状に関する認識や課題の解決に必要な知見等を取りまとめたものである。

第2章 地層処分による安全性の確保とセーフティケース

2.1 地層処分の安全確保と安全評価

我が国では、高レベル廃棄物の処分方策として地層処分の実施を前提に技術開発や環境影響評価等が進められてきた。2024年現在、原子力発電に伴って発生する高レベル廃棄物については、地層処分相当低レベル放射性廃棄物（TRU 廃棄物）も含めて、原子力発電環境整備機構（NUMO）が地層処分の計画実施を担っている。本章では、NUMOが2021年に取りまとめた包括的技術報告書[5]を参考に、地層処分における安全確保の考え方を概観する。

地層処分の対象廃棄物には、長半減期の放射性核種が高い濃度で含まれている。そのため、数万年以上にわたって廃棄物が人間の環境に許容しえない影響（リスク）を及ぼさないように、確実に隔離し、閉じ込める必要がある。この極めて長期間の安全を、人間の管理がなくても確保できるようにするための方法として、地層処分の概念は構築されてきた。地下深部に処分施設を設置することによって生活環境から大きく離すとともに、ガラス固化体・オーバーパック・緩衝材等のいわゆる人工バリアと、天然バリアとしての特性を持つ岩盤を組み合わせた多重バリアシステムによって、放射性物質は閉じ込められ、安全の確保の達成が図られている（図2）。これによって、将来、放射性物質が地表に到達するとしても非常に長い時間がかかり、その間に放射能が減衰し、将来の人間が受ける放射線リスクは十分低くなるものと考えられる。

このような地層処分システムの構築は、まずは適切な地質環境を選定することから始まる。火山・火成活動、地震・断層活動、著しい隆起・侵食が認められる地域を避け、天然バリアとしての特性を確認して、地質環境モデルを設定する。これに、地質環境と両立性のある十分な安全裕度を持った処分施設の設計を組み合わせる。ここでは、土木分野で豊富な経験がある材料や技術を適用した、シンプルな設計が志向される。こうして構築された地層処分システムについて、その長期間にわたる安全性を解析によって評価・確認する安全評価を行う。これは、通常の工学システムのように全時間スケール・空間スケールに対して機能を実証することは不可能であるためにとられる方法論であり、地層処分の大きな特徴である。

安全評価では、地質環境モデルと処分施設設計の組み合わせに基づき、処分場の将来の状態を設定して、安全上重要と考えられる核種の移行挙動をシナリオとして記述する。これを数理モデル化し、多重バリアシステムの各特性をパラメータとして入力して、算出した生活環境における人の被ばく線量を、放射線防護基準と比較することで、地層処分システムの安全性を確認する。

2.2 安全基準

数万年以上の評価期間においては、時間の経過に伴い、減衰によって廃棄物の放射能は低減するが、安全評価の不確実性は増大する可能性がある。きわめて長い時間スケールと、不均質で広大な地質環境を考慮して、将来の処分場の状態を過不足なく抽出したうえで起こり得る事象のシナリオを想定し、ある事象が仮に発生した場合の影響の程度をその発生可能性に応じて評価し、対応する線量基準を段階的に設定するリスク論的なアプローチが求められる（表1）。

表 1. リスク論的考え方による安全基準.

Table 1. Safety standards derived from the risk-based theory.

シナリオ	対象とする現象	国際機関または諸外国の規制の基準値
発生頻度が比較的高いシナリオ	自然現象	<ul style="list-style-type: none"> - 線量拘束値 300 μSv/y、またはリスク拘束値 1×10^{-5}/y 以下[9,10] - 諸外国の規制においては 10~300 μSv/y [11-14]
隔離機能や閉じ込め機能に著しい擾乱を与えるが、極めて発生可能性が低いと考えられるシナリオ	破壊的な自然現象、偶発的な人間侵入	<ul style="list-style-type: none"> - 発生直後（1年間）は緊急時被ばく状況の参考レベルの幅（20~100 mSv）[10] - 長期間の被ばく（2年目以降）については、現存被ばく状況に対応する参考レベルの幅（1~20 mSv/y） <p>諸外国の安全規制</p> <ul style="list-style-type: none"> - 安全評価の対象として線量基準を設定 [11,12,14] - 発生可能性が極めて低い、または発生を考慮する必要がないとして安全性の判断の対象から除外[13,15]

2.3 セーフティケースの概念と地層処分の技術的成立性に関する検討事例

NUMOの包括的技術報告書[5]では、地層処分システムに対して発生する可能性が最も高いと想定される基本シナリオとともに、不確実性を考慮して様々な解析ケースを設定した変動シナリオ、さらに偶発的な人間侵入シナリオや発生可能性の極めて低い稀頻度事象シナリオで過酷な条件を想定した評価まで実施し、表1のリスク論的な安全基準を十分に満たす見通しが得られていることを示している。

地層処分事業を進めるにあたって、安全評価によってリスクが許容できることが示されることは不可欠である。しかしながら、これだけでは十分ではない。安全規制機関を含む様々なステークホルダーが受け入れることのできるような十分な信頼を獲得できるかどうか、本質的に重要である。そこで導入されたのが、安全評価の結果だけでなく、安全性の確保に関する様々な論拠・証拠を統合して、地層処分システムの安全性を説明する「セーフティケース」¹の概念である。セーフティケースは、サイトが適切に選定され、処分施設が適切に設計され、信頼できる安全評価手法によって、安全基準が満足されるという一連のプロセスに、最大限の努力が払われていることを、集めた証拠とともに論を尽くして説明したものであり、地層処分計画を段階的に進める中で科学技術的の進歩やサイトの地質環境情報の蓄積を反映して繰り返し作成し、信頼性を向上していくものとされている。本章で参照したNUMOの包括的技術報告書は、この概念に基づいていることを明言して作成された。

¹セーフティケースは、地層処分に限らず、幅広い放射性廃棄物処分施設を対象に、事業者が開発・維持すべきもの[9]とされている。諸外国では、放射性廃棄物処分に限らず、航空管制システムや鉄道の安全性の保障など、様々な産業分野で提出が義務付けられている[16]。

地層処分の段階的な進め方とセーフティケースの概念はなじみが良い。研究開発からサイト調査、サイト選定、建設、操業、閉鎖の各段階での実施に係る意思決定に、適宜必要な技術情報や論拠がセーフティケースとして、各段階・各時点での最新の状態で共有され、用いられることになるためである。またこのプロセスは、百年単位の期間にわたる事業において、さらには処分施設閉鎖後の長期にわたり、世代を超えたステークホルダーの参加を可能とする。サイトが不特定な段階での（ジェネリックな）セーフティケースとしては、日本の NUMO や英国 RWM 社の文書がある。サイトが特定されたフランスでは Andra（放射性廃棄物管理機関）により、さらにサイトと処分施設が特定され許認可申請の段階に入ったフィンランドとスウェーデンではそれぞれ Posiva 社と SKB 社により、具体的（スペシフィック）なセーフティケースと位置付けられた文書が編成されている。

地層処分の技術的成立性については、国際的に、専門家による合意形成が進んできている。しかしながら、上述の通り、技術的成立性のみで地層処分を進めることはできず、ステークホルダーの参加と社会的受容が不可欠である。セーフティケースをプラットフォームとして、開かれたコミュニケーションが期待される。2024 年現在、北海道の寿都町及び神恵内村並びに佐賀県玄海町で文献調査が進められているが、これらの町村では、包括的技術報告書を用いながら NUMO が地層処分事業に関する情報を提供するとともに、地域社会の将来に関する展開も含めて、意見交換が重ねられている。この経験は、地層処分が社会に認識され、受容されていくために本質的に必要な要素を浮き彫りにしてくれるものと考えられる。

ここで、本専研で包括的技術報告書を参照して実施された議論で言及のあった、人文・社会科学的視点からの論点について例示する。

- ・「地層処分について、事故や想定外の事態が起きたらどうするのか、打つ手が無くなるのはどの場合かを提示してほしい。」－これは、セーフティケースが扱う安全の概念に、最も安全から離れてしまう場合の想定をも含めておくべきではないか、という問いかけである。
- ・「安全性の問題も含め、線量以外の基準は評価しないのか。ガラス固化体中の金属やそのほかの物質によって地下水を汚染する可能性等はセーフティケースに含めないのか。また含めるべきなのか。」－放射線以外のハザードの可能性に対する防護や環境保全を考えることが、人の心に地層処分を伝えることにつながるのではないかと指摘である。
- ・「今生きている人々と将来世代、対象をはっきりさせないと、議論が収斂しないのではないのか。」－数万年以上の評価期間は地層処分の特徴であるが、処分施設の建設・操業は、約 100 年の単位である。それぞれにおいて、不確実性の大きさも質も全く異なってくる。線量評価値についても、現在測定可能な線量と、将来の予測値に過ぎない線量を、いかなる基準と比較して安全を判断すべきか。さらに、基準値が放射線防護上持つ意味を共有することも重要と指摘できよう。

第 3 章 高レベル廃棄物の埋設処分における課題と見解

本専研では、第 2 回会合において外部講師として招聘した稲垣八穂広先生（九州大学）のご講演を基に、高レベル廃棄物の地層処分が妥当とされたプロセスや今後の処分実施に向けた課題等に係る見解について述べる。

3.1 高レベル廃棄物を地層処分することの妥当性

地層処分対象となる高レベル廃棄物は、核燃料サイクルから発生する全ての廃棄物の放射能の 9 割以上を占めるが、発生時は高レベル廃液であり、飛散、漏洩、容器腐食の危険性の大きい

硝酸溶液として管理のリスクが高い状態にある。そのため高レベル廃棄物処分の課題はまず、いかに高レベル廃液を速やかに化学的に安定な固体とし、安全に保管するか、すなわち固化方法の評価と選定であった。候補として高シリカガラス、シンロック（人造岩石）、テイラードセラミクス、高温高压プレスコンクリート、鉛マトリクス中ガラス、被覆ゾルゲル粒子などが挙げられたが、固化体性能（廃棄物含有量、機械的強度、浸出特性）及び製造容易性（操作の簡易性-信頼性、作業員の安全性、品質管理・品質保証、経済性）から、ホウケイ酸ガラス固化が採用された。

固化方法の次の課題である処分方法についても、宇宙処分、海洋底処分、氷床処分、また長期管理が地層処分の他に候補として出され、検討された経緯があった。このとき、宇宙処分は発射技術等の信頼性に問題があり、海洋底処分は海洋投棄を規制しているロンドン条約（1972年採択）により禁止された。また、氷床処分は南極条約により禁止され、氷床の特性解明も不十分とされた。最後に長期管理であるが、人による数万年以上の半恒久的管理は現実的に困難である。これらの中で地層処分が、地下資源等の長期間保存されてきた多数の実例があることから、実現可能性が最も高いとされた。

ここで重要なのは、各選定プロセスの候補技術について、公平で分かりやすい選定プロセスを設けて、広く公開する形で議論が進められたことである。世界共通の文明である科学技術を基盤とした共通の判断基準を設けつつ、各々の国が各々の立場や習慣、文化の立場から、公平で分かりやすいと納得できる選定を行うことが、手続き的な正当性を担保する方法として有効であると理解できる。なお、我が国では、高レベル廃棄物は、使用済燃料を再処理する過程で残った放射能レベルの高い廃液をガラス固化体にしたものとして法規上位置付けられているが、処分場建設予定地が選定されているスウェーデン及びフィンランドを含め[17]、国際的には使用済燃料そのものも高レベル廃棄物として扱われている[18]。日本でも幅広い選択肢を確保する観点から調査研究が進められている[19]。

3.2 安全性の理解に必要な情報

一方で、固化方法や地層処分が選定されたとして、それが安全に実施されるかを確認し評価するために、あるいは立場を変えれば、その安全性の適切な説明と理解のためには、安全性の評価と判断の指標が重要である。原子力や放射線被ばく分野で主要な単位として、放射能の量（Bq）と被ばく線量（Sv）がある。

公衆の被ばく量評価の視点からは最終的な評価量が被ばく線量であることは基本的な事実であるが、その評価には、廃棄物の核種組成、化学組成、人工・天然バリアの材料特性、地下環境・水理特性、核種移行モデル、生活様式等の多種の情報が高い品質で要求される。長期間の評価には多くの不確かさが含まれることは避けられない。公衆被ばくには、線量拘束値や線量限度などの明確な基準値があるが、処分安全の長期評価では、不確実性の幅が時間経過とともに広がることから、例え精緻な評価を行ったとしても、その前提となる多くの前提や条件について理解を得ることや、その採用の妥当性を説明することは困難となる。

対して、放射能の量は潜在リスクの変化の把握に適している。例えば、図1に示したような、放射能の時間変化予測に基づいて、高レベル廃棄物の地層処分がもたらす潜在的なリスクが長期にわたりどう推移するかを、廃棄物中の残留放射エネルギーの減少パターンから理解することには説得力があるだろう。このように、複数の様々な指標の提示ができ、それぞれの指標を安全性の評価や判断のために提示できることが重要である。そして、処分の決定が、公正な選定プロセスを経た最善の選択であると言えることが必要である。本専研の討論では、リスクを理解す

るための追加指標として、放射性核種の質量、廃棄物の体積及び周辺線量当量の活用等も議論された。

一方で地層処分概念は、天然の地質環境が備えている隔離や閉じ込めの特性に期待して提唱された。天然バリアの役割や寄与を線量評価で表現する際は、数値の大小ではなく、評価の信頼性を示すことが重要である。确实性、信頼性に照らしたときに、一体どこまで天然バリアに頼り、地質学的に「処分」することが何故必要かという原点に立ち返る必要がある。設計性能により性能を管理可能な人工バリアに対し、天然バリアは知識の水準を上げることが确实性と信頼性を高めるために必要となる。この点が、人工バリアと異なるという理解ができる。人間の主体的な関わりの程度による不確かさの分類を考えることで、地層処分の議論に深まりができるかも知れない。例えば、十万年に及ぶ処分の安全性担保に関して、日本の地質環境が米欧とは異なっていること等に基づく、一般の人々が持つ懸念に対してどう答えるのかには、人工バリアによる确实性の保証に加えて、長期評価における評価指標をどのように設け、何を判断材料として提示し、理解を深めるためにどう説明するのが重要になる。

ここで、理解のための説明は、地層処分の進展に伴って必要な用語の種類も進展していくことを考慮すべきである。専門家間の検討段階では、説明における技術用語や法律用語は、定義または原語(英語)が明確であれば、議論や情報共有が可能である。次に、分野の異なる多くの人々が参加する議論に進展する段階では、議論や情報共有には共通理解のため、正確で分かり易い用語選定が必要不可欠である。一方で、分り難い用語・表現は、議論を妨げる要因として無視できない問題になり得る。たとえば「処分」の日本語での意味には、決めつけや処罰などのネガティブなイメージが含まれ、これは英文の disposal には無いものである²。

他に、地層処分によく用いられる専門用語として、以下のような語句がある。

- ・ 受動的安全性: Passive safety
- ・ 制度的管理: Institutional control
- ・ 可逆性: Reversibility
- ・ 回収可能性: Retrievability
- ・ セーフティケース: Safety case
- ・ ステークホルダー: Stake holder

これらの多くの用語は原語(英語)の直訳(和訳)かカタカナ英語である。処分の正当性の理解を求め、議論により広く参加を求める際にそれらの用語を用いるとき、原語の定義・意味が十分に分かる日本語になっているか、選定に際して多様な観点から十分な検討がなされているか、多くの人が正しく理解できる最適な用語の選択が、説明者には求められる。

しかしながら、正確性と分かりやすさは同時に追求することが難しい。これらを追求することはコミュニケーションの分野に当たるが、単なる技術やテクニクとして語られがちであっ

² 「オックスフォード英単語由来大辞典」[20]によれば、disposal は古フランス語 disposer に由来する。語源はラテン語 disponere 「取り決める」である。綴りはラテン語 dispositus 「取りきめられた」と、古フランス語 poser 「置く」の影響を受けた。「適切な場所に配置する」(例: disposed in a circle 円状に置かれた)、あるいは「手筈を整える」(例: prolactin disposes you towards sleep プロラクチン〈ホルモン的一种〉は眠りを誘う)という意味でも使われている。また、Man proposes, but God disposes 「ことを図るは人、成敗を決めるは天」ということわざの中の dispose は、「事態の成り行きを決定する」という意味である。句動詞 dispose of の「...を処分する」という意味は17世紀初頭に生じた。

た。一般の非専門家と語る際には、より詳しい情報を提示することよりも、分かりやすさを重視し、聞き手がどれだけ理解できたかを評価していくことが必要である。表現や説明を多様に備え、その中から必要な表現を選んで説明をより理解しやすい良いものにしていくための能力とその担い手の養成が、専門家と非専門家の双方で今後重要性を増していくだろう。

3.3 処分実施に必要な信頼を得るために

これまで、地層処分の終着点について考えていく中で、自明で共通のハードウェアとしての文明と、個別で歴史や伝統を踏まえる価値観の集積としての文化の適切な組み合わせにより、多くの人々がそれぞれに納得するプロセスを経て、辿り着くとの議論を示した。そのためには、処分実施主体組織、規制者、自治体、その他の関係者などプロセスに参加する全てのメンバーが、プロセスを理解し、役割を持ち、それを実施することが必要である。特に、処分実施プロセスの説明を受ける関係者には、参加意識、当事者意識の醸成が重要である。むしろ選定プロセスそのものに不可欠な構成員として議論への参加を得て、はじめて処分のプロセスが進むと考えるべきである。進むと言っても、最終処分に近づくとは限らず、理解と正当性に近づく。これらの試みには議論の紛糾や意見対立の先鋭化等、実施上のリスクは当然存在するが、手続き的正当性の基本的な考え方として、海外では多くの事例で正当とされている。プロセス進行へのリスクを恐れる保守性自体が、却って処分の正当性を阻害し、プロセス停滞を起こす構図とならないようにすることが重要である。

地層処分が妥当とされたプロセスからは、科学的・技術的な終着点の世界共通の解として存在するのではないことが分かる。あらかじめ決まった終着点(解)は無く、多くの人々が納得することが唯一の解であって、終着点に到達するまでのプロセス自体が肝要であると言える。オープンで分かり易い選定プロセスを基本から詳細に至るまで維持することで、最終的な合意内容に関わらず、プロセスへの理解と共有を全ての関係者から得られるように努めることが最も重要である。

第4章 高レベル廃棄物処分と人文・社会科学

本専研は、「放射性廃棄物の管理・処分に係る人文・社会科学的視点からの考察」をミッションとして掲げている。本章では、人文・社会科学 (Social Sciences and Humanities: SSH) に求められる視点とは何か、高レベル廃棄物処分 (地層処分) 問題における人文・社会科学の役割とは何かについて、反省的に論じてみたい。

よく知られているように、これまでに多くの原子力利用国が放射性廃棄物処分問題の解決に向けて努力を積み重ねてきたが、米欧ではいずれも大きな躓きを経験している。各国の「失敗」の背景は様々だが、多くの国では技術主義的な処分政策の進め方にその原因を求め、90年代後半頃からは、限られた専門家や実務者のみならず様々な関係主体が政策過程に参加する、より民主的なアプローチへと転換を図ってきた。廃棄物処分問題をめぐる意思決定過程を参加型に変えていく大きな流れは、Decide-Announce-Defend から Announce-Discuss-Decide アプローチへの転換[17]や、「参加型への転回」(participatory turn) [21]などと呼称されている。処分場の立地段階での候補地点における対話や参加型手法の実施 (例: スウェーデン) や、地層処分に限らない廃棄物処分政策全般についての参加型評価の実施 (例: 英国) など、参加の程度や範囲は国により様々であり、またそれぞれに長短があると論じられている[22-24]。ただ、「参加型への転回」自体は民主主義社会が処分問題に適切に向き合う上で必要なことであると評価されており、スウェーデンをはじめとする複数の国では、こうしたアプローチの転換に人文・社会

科学が大きな役割を果たしたことが指摘されている[25]。いわば人文・社会科学は、廃棄物処分政策・事業の遂行に、特に地層処分場立地の「成功」にとって、不可欠な知見を提供するものとして重要視されてきたと言ってよい。

では、廃棄物処分について人文・社会科学が研究し提供してきた知とは、具体的にどのようなものなのか？ 欧州では、上記の問いについて各国の経験を共有したり、人文・社会科学の研究者自身が整理したりする取組がしばしば行われている[26]。このうち、管見の限りで最も新しいレビューである Hietala と Geysmans は、2000 年から約 20 年間の人文・社会科学的研究を俯瞰した上で、人文・社会科学の関わりは社会的な側面に偏っていると批判的に論じている[27]。多くの人文・社会科学的研究が、放射性廃棄物や地層処分場に関するリスク認知やその受容性、参加手続きの公平性・公正性やガバナンスなどを扱っており、これらは無論重要であるものの、廃棄物処分の技術的な内実には踏み込んでおらず、結果として技術／社会の二分法的な枠組みを引きずったままになっていることを問題点として指摘している。その背景には、廃棄物処分問題は、技術問題としてのみ、あるいは社会問題としてのみ解くことはできない“社会技術的 (socio-technical)”な問題であるから、安全の問題は技術者や自然科学系の研究者に委ね、人文・社会科学は心理的な研究や制度的側面を扱うという二分法的な役割分担では、適切に対処できないという認識がうかがえる。同様の視点から、廃棄物処分をめぐる技術と社会の絡まり合いやハイブリッド性に対してより明示的に焦点を当てることの重要性を、科学技術社会論分野の複数の研究者が論じている[28,29]。東京電力福島第一原子力発電所事故以前の我が国の原子力における「文理協働」が、安全やリスクの中身の議論は工学や技術の側に任せ、コミュニケーションや合意形成を人文・社会科学が担当するという暗黙の二分法を超えられていなかったことに鑑みると[30,31]、人文・社会科学の関わりに関する上記の批判は真剣な考慮に値すると思われる。

では、放射性廃棄物処分や地層処分をめぐり、人文・社会科学が向き合うべき社会技術的な問いとは、どのようなものだろうか。以下、我が国の状況を踏まえて特に重要と思われる問いを、ごく少数ではあるが例示したい。

まずは、超長期の時間軸を考えたときに、社会の安定性よりも深地層の包蔵性のほうが信頼に足るという判断が、日本の地理的・地質的条件を踏まえた上でも成立するかどうかという問いが挙げられる。その背景には、高レベル廃棄物は、政府や法律などの社会制度が継続的に機能するであろう時間軸をはるかに超えて隔離を担保する必要があることから、長期の安定性が見込まれる地下深部に埋める方が人間の能動的な管理に依存するよりも信頼でき、また世代間倫理の観点からも望ましいという価値判断があり、それは国際的に多くの議論を積み重ねながら確立されてきた[32,33]。我が国における地層処分の説明会等においても、この点は既に国際的に決着がついている事項として簡単に触れられることが多い。

他方、日本はプレート境界に沿った変動帯に位置しており、北欧等とは地質環境の安定性が異なるため地層処分に適した場所を見つけることは困難との主張を目にすることも多い[34]。これに対し、地層処分の専門家は、地層処分の要件となる「安定な地質環境」の意味するところは、日本列島の地質学的な位置とは無関係な、深部の地質環境が共通して持つ性質であって、上記のような批判は「地層処分の安全性に関する本質的な論点から外れている」と応じている[35]。この点、NUMO の包括的技術報告書（レビュー版の付属書）では長期安定性の考え方が丁寧に示されているし[5]、関係学協会でも「地質環境」の意味について、より詳細な説明資料の作成が進んでいる[36]。

こうした応答や説明の努力は無論重要であるが、この点は決定事項の詳細な説明にとどめるのではなく、見方を異にする立場の間での議論を深めるべき論点であるように思われる。なぜ

なら、(1)人間社会よりも深地層の方が長期安定性に優れるという判断は、科学的に厳密な解というよりも、いくつかの経験的証拠や倫理的直観によって導かれた、まさに「価値判断」であり、(2)「長期安定性」について日本の地理的固有性を強調する立場からすると、(欧州を中心とした)国際的に確立された解をそのまま日本でも適用可能という説明は受け入れ難いと思われ、(3)仮にこの判断が共有されず、深地層よりも人間社会の方が超長期にわたり信頼できるとの見方に立つならば、地層処分という選択肢そのものの妥当性が大きく揺らいでしまうからである。それゆえ、いささか回り道には思えても、国際的に確立された価値判断を丁寧に説明するのみならず、我が国の諸条件を踏まえてもなお人間社会よりも深地層の安定性の方が信頼に足るであろうという判断を日本社会として改めて練り上げることが、長期的に見て地層処分の実現につながりやすいと考えられる。人文・社会科学の一つの役割は、この社会技術的な問いについて、技術専門家の見方を適切に踏まえた上で様々な視角を示し、質の高い考察を蓄積することで、価値判断に至る議論をより豊かなものにすると思料する。

また、これに関連して、どのような知見や証拠や推論が得られれば上記の判断に至ることができるのか、どうすればその判断を導くだけの確証を得たと様々な立場からみて納得しうるのか、その条件についての議論を深める上で、人文・社会科学の知見は有益であろう。専門家コミュニティの間では繰り返し強調されてきたように、処分システムが超長期にわたり安全であるかどうかの絶対的な証明は不可能であるし、他の技術システムのようにパイロット実験等を積み重ねて安全性を目に見える形で「実証」することも困難である。それゆえ、処分システムが将来にわたって安全であることを確信するための「間接的な実証」に多くを依存せざるを得ず、そのために安全評価手法やセーフティケースが開発されてきた[37,38]。科学史的に見ると、幾何学の証明のような思弁や論証こそが正しいとされていた時代から、いわゆる「科学革命」を経て実験と観察による知識生産が妥当性を持つ時代へと変革してきた[39]。地層処分の長期安全評価は、構築した処分システムによって好ましくないシナリオが十分に制限されるかどうかを、できる限りの考慮を尽くして確証を得ようとするものであり、シンプルな論証や実験とも、日常的な意味での「予測」とも意味合いを異にする。17世紀、実験による知識生産の妥当性を広く認めてもらうために英国 Royal Society は様々な努力をしたようだが(例：社会的地位のある人間を立てた上で公開実験の実施など)、地層処分の安全評価のような方法論により「確証」を得ることの妥当性が広く認められるには何が必要か、これは21世紀の人文・社会科学にとっても大きな検討課題であろう。

廃棄物処分の国際的な専門家コミュニティでは、地層処分の技術的な成立性に関する知見は十分に成熟しており、研究開発段階から実施段階へ移る時期にあるとの認識が、10年以上前から共有されている[38]。日本でも、現実に3つの自治体(北海道の寿都町及び神恵内村並びに佐賀県玄海町)が文献調査に応じている現在、地層処分は「立地問題」として議論され、人文・社会科学からの入力もこの点に焦点が当たっているように見受けられる[40,41]。しかし、地層処分システムが前提としている倫理的な前提や安全評価の考え方等をめぐる本質的な理解と議論が蓄積されないまま、候補地点での「対話」や「コミュニケーション」に注力するという方法では、当該地域に不公正なほどの大きな負荷をかけることにつながり、立地が「成功」する見通しも立ちにくいだろう。人文・社会科学は、社会的(social)な側面にのみ自らの関与を限定するのではなく、社会技術的(socio-technical)な問いに向き合い続けることが重要である。

第5章 放射性廃棄物処分の背景にある倫理基盤

本章では、西欧における倫理基盤、具体的には社会の構成員の行動様式と日本の行動様式を比較することにより、放射線防護体系を西欧がどのように構築したのか、その適用をどのように考えているかを議論する。そして、放射性廃棄物の処分について、日本で議論する場合の参考とする。

5.1 安全は自己責任とする西欧の文化と安全を当然と考える日本

西欧では、安全は努力によって得られるものであるのに対して、我が国では何もしなくても当然に安全は与えられている、あるいは安全は与えられなければならないと考えられている。この違いは歴然とあり、例えばリスクという概念について、西欧では、利益があるからリスクという概念が成立すると考えるのに対して、我が国ではリスクは小さければ小さいほど良い、利益がなくてもリスクはリスクとして認識し得るとされている。一般に我が国では、「自己責任」という用語を良い意味に使う場合は少なく、むしろ皆が決めたことに異議を唱えて勝手な行動をする場合に用いられることが多い。これは日本社会の形成過程に関係していると考えられる。社会活動を唯一人間と動物とを区別するものと位置付ける西欧社会では、社会として集団行動する場合に、徹底的な議論を行い、安全を確保しながらリスクをどう考えるか、社会として許容できる範囲について考慮する。そして、一度決めると、それに従って各自が行動するのであるが、その行動の規範となるものが自己責任であり、社会を構成して人々の幸福に貢献することに意義を感じるものである。我が国も集団的合意の形成を目指してはいるが、そこでは、安全は当然確保されなければならないので、便益に対するリスクという議論よりも、リスクは少なければ少ないほど受け入れやすいと判断される傾向にある。

5.2 放射線防護の3原則と西欧文化的背景

では、上記の文化的背景が、放射線防護の適用にどのような違いを生み出しているのだろうか。ICRPによれば、放射線防護の原則は以下の3つとなる[42]。

- (1) 行為の正当化
- (2) 防護の最適化
- (3) 個人の線量限度

これらの原則は放射線防護の議論がはじまった当初に国際的に合意され、その後本質的に変更されることなく現在に至っている。

日本においては、この3原則は国際的権威である組織から与えられたものであり、自己責任の西欧文化から生まれたこの3原則を分析することは稀である。このことは、どんなに放射線量が低くても人体への生物的影響は排除できないという考えを前提として現在の放射線防護体系が構築されていることを全面的に受け入れていることを意味する。

最初の放射線防護体系は、放射線の発生源が X 線と医療用ラジウム線源に限定されていたので、どのように医療従事者の健康を守るかが議論されていた[43]。また、ラジウムペインターの女性が放射線障害を起こした米国では、ラジウム負荷を推定して、許容範囲を提唱していた[44]。これらの基準値の成立過程を見ると、放射線防護の3原則は当時明言されてはいないものの、防護基準の設定には現在の3原則が同様に適用されていると考えられる。つまり、放射線防護の3原則は何か基準を考える場合に、その便益(ここでは医療における X 線や航空機の夜間飛行のためのラジウム塗料の利用)を害せずに、放射線の医療従事者やラジウムペインターの健康を守る基準をどのように定めればよいかという問いかけへの回答である。そして、これらの基準は何

らかの基準を作らなくてはならないという専門家の意志により制定されたものであることに、自己責任である西欧文化の特徴がある。

上記の放射線防護の3原則を言い換えれば、安全の閾値がないことを前提として、どこまで放射線を許容するのかの判断は、法令によるのではなく、我々の倫理観に基づいて、便益と害のバランスを考慮して定められるものであるとすることができる。

なお、ICRPは、2018年に刊行されたPubl.138において、放射線防護体系の根底にある倫理基盤について論じている[45]。Publ. 138は、キリスト教的背景から成立している放射線防護体系に世界の他の民族の倫理観の導入を求めたもので、斬新な試みであった。そこでは、韓国で普及している儒教の考え方（仁、義、禮、智、信の5つの徳等）が西洋文化との対比で紹介され、現在の放射線防護体系を支える4つの中核となる倫理的価値、すなわち「善意/無危害性」「慎重さ」「正義」「尊厳」が示されている。また、これら倫理的価値が放射線防護の原則（正当化、最適化及び線量制限）やその社会における実装（説明責任、透明性、包括性）にどう関連するかについても説明している。しかしながら、「尊厳」と「正義」は主に西洋世界で発達した概念で、これら2つの概念の基本的特徴の一部は普遍的であるとはいえ、西洋で得られたコンセンサスは、東洋の儒教思想等を背景に持つ人々の間では必ずしも共有されていない。例えば、「正義」は西洋では広く公平さと理解されているのに対し、一部の非西洋文化では、一般に平等な権利は正義として認識されていない。Publ. 138の本文や付属書Cで結んでいるように、言葉の置き換えだけでは限界があることを認識した上で、哲学的思考を模索することが重要と考える。

5.3 日本における放射線防護の3原則の導入

本節では、安全が確保されて当然と考える我が国で放射線防護の3原則が適用されるとどのようになるか議論してみたい。

3原則の1つ目「行為の正当化」とは、語感として明らかに、自己責任を持ち正当性を判断する主体を感じさせる。放射線利用では被ばくは避けられず、現実にX線利用では多くの医療従事者が健康被害を受けている。これをどこまで許容するかについては、各人が主体的に考えて社会が定めるとするのが西欧社会で重んじられている判断基準と推察される。

これに対して、安全を同然と考える日本では、原子力のエネルギーとしての利用に関して批判が沸き起こり、これを收拾するために、放射線の健康影響を排除して、便益を強調する形で議論を収束させてきたと推察される。

3原則の2つ目「防護の最適化」とは、「行為の正当化」をさらに展開したものと推察される。「行為の正当化」で放射線を利用すべきと判断した後でも、なるべく影響がないようにしたいとは誰でも考える訳で、「行為の正当化」を理解した当事者が行き着く次の段階とみなされる。なお、1935年制定の最初のX線技師の放射線防護では、技師に休暇を取り健康を回復することが盛り込まれている。一見放射線とは関係ないように思えるが、心身を健康に保つための方策として明記されているのである。

一方、我が国では、原子力エネルギー利用に関しては既に「行為の正当化」で引っかかっているため、「防護の最適化」について展開できない状況にあると考えられる。一時期、西欧では、経済最適化の手法で最適化を議論する時代もあったが、人の余生を価格に変換することへの抵抗から西欧でもそのような解析は下火になっている。我が国では全てが線量に変換されて、「個人の線量限度」の議論に集約される傾向にある。

3原則の3つ目「個人の線量限度」は、「行為の正当化」と「防護の最適化」を経た最終段階の原則であり、ここで示されている公衆の線量限度としての1mSv/年は、多くの国で受け入れられ法令に組み入れられている。ただし、これは安全か不安全かの境界を示す数値ではないことに注意しなければならない[46]。放射線被ばくの確率的影響に関する知識に基づけば、この線量レベル以下なら安全とは言えないことから、被ばく管理においては放射線防護分野の専門家の倫理が問われることになる。その際には、法令で定められた唯一の判断基準ではなく、各専門家の判断が寄与することになる。放射線防護の専門家は、一般の人々から、どのように放射線を取り扱うべきかの判断を求められる。その判断は専門家個人の倫理観に基づくことになるので、西欧社会では、放射線被ばく健康影響に関する知識に基づいて人々を正しい理解に導くことから、放射線防護の専門家を聖職者になぞらえる傾向がある[47]。

先述したように、我が国では、エネルギーとしての原子力利用を始める際に、集団的合意を形成するため、便益のみがあつて害はないという見解が必要とされた。その結果として、原子炉について言えば「日本では炉心溶融は絶対に起こりません」という説明となり、放射性廃棄物処分について言えば「放射能はいずれ全てなくなります」という説明になってきたと思われる。そして放射能がなくなるまでは、公衆に対して、些細なリスクとして許容できる10 μ Sv/年までの線量しか与えないという説明がなされてきた[48]。

世界的に自然放射線レベルは2mSv/年程度であるが、自然放射線は正しく評価することが容易ではない上に、自然放射線の変動範囲に完全に入ってしまう10 μ Sv/年というレベルであることから、この説明は社会への配慮によって提案された数値と考えられる。なお、10 μ Sv/年の増加は測定によって検証できないレベルであるため、被ばく線量に変えて放射性物質の濃度に換算した数値であるクリアランスレベルが採用された[49]。

このことは、原子力のエネルギー利用を進めても放射性物質の増加は生物圏ではない、あるいは、あつたとしても非常に微量の放射性物質の増加が観測されるだけであるということ強調するものであり、安全はリスクが限りなくゼロに近いことと受け止めている一部の人々から社会的合意を得るための説明として必要であつたと思われる。

5.4 北欧における高レベル廃棄物に関する議論

本節では、高レベル廃棄物処分で先行している北欧の例について述べる。これらの国々では原子力のエネルギー利用により発生する負の遺産である放射性物質の増加を自然放射性物質の賦存性と比較検討することを1980年代から続けており、放射性廃棄物の処分に必要とされるものは個人への被ばくを議論する自然科学的議論ではなく、社会が共有すべき哲学であると認識に立ち、廃棄物処分に係る社会科学的な研究を主体的に続けてきた歴史がある。

スウェーデンでは、放射線利用の理解を促進するには、社会のリスクに関する認識を深めることが必要であるとの認識のもと、1994年にはスウェーデンリスクアカデミーがIAEAからの委託を受けて、「放射線と社会:放射線リスクの理解」と称するIAEA会合を開催し、報告書をまとめている。同報告書は、

- 確率の概念
- リスクの認識
- 疫学的結果の解釈
- 放射線リスク評価における問題点
- 総合死亡原因の構成
- 放射線レベル
- リスク比較の問題点

- リスクコミュニケーション
- リスクと倫理

の項目から構成されている[50]。そして、放射線影響に対する正しい理解を社会から得る努力の上に放射性廃棄物処分を受容するかどうかの選択があると述べられている。

こうした基盤の上に、原子力のエネルギー利用で増加した放射能とエネルギーとしての利用前の自然放射性物質に含まれる放射能の比較という議論に到達する。高レベル廃棄物の放射能量は、図1に示すように初めの数万年で大きく減少する（1,000年で約1%、10万年で約0.1%以下になる）が、10万年ほど経過すると、壊変によって新たに発生した放射能の相対的寄与が増し、原子力エネルギーを利用する前のウラン原鉱石の放射能レベルに漸近していく。

これは自然科学では容易に説明できることで、日本の公衆はそれでは納得しないとする反論が出るかもしれないが、国民の理解を促していく必要がある。例えばスウェーデンでは、放射性廃棄物の処分を説明する前に、放射線リスクに関する社会学的議論が活発に行われ[51]、既に多数の国民の理解を得て収束しつつある。その社会的合意を目指す議論のきっかけは、スウェーデンリスクアカデミーがIAEAの負託を受けて実施した会合にある。日本でも放射線防護の専門家は同様にアカデミーを構成しているが、そこでは国際社会での集团的合意をひたすら待つ会員が多く、こうした行動はほとんど見られない。やはり、自己責任である文化が、国際社会（ここではIAEA）に実質的な貢献をしようと主体的に行動を起こすことにより、問題の解決に向けて進むことができると考えられる。

高レベル廃棄物を地層処分とする発想が生まれた背景をもう一度考えると、大量の廃棄物を地表に長期間保管して何世代にもわたって人々を放射線被ばくの危機にさらすよりは、深地層に埋めて、人類が簡単に接近しないようにした方がよいのではないかというのか発端である。しかしながら、今となっては当初の考え方はあまり聞こえてこない。

北欧では今でも、この先何世代に渡って、高レベル廃棄物を地表に置いて、人が接触する可能性を持ち続けるよりも深地層に処分してしまう方がよいとする考え方が生きている。そして、問題は今後何世代にも渡り、放射性物質を処分した記録・記憶が伝承されるかどうかに移っている。過去の記憶の伝承例として、スウェーデンで紀元600-700年に建立されたと思われる外的の侵略を記録したBjorketorp石碑があり、東北地方の津波についても紀元800年代に建立したものが残っている[52]。このように1000年程度は記録・記憶の保存について実績があることは確認され、こうした記録を各世代が次の世代に引き継いでいくことにより、ある程度の伝承はできるのではないかと考えられる。

我が国では、各世代が何らの努力を払わなくても安全であることが当然のこととして要求されているが、各世代がリスクを伝承することで安全が確保できると期待して、それを実現するための具体的方策について検討してもよいのではないだろうか。

5.5 中国における放射性廃棄物処分に関する議論

西欧や日本の社会人文・歴史文化に基づく、放射線防護と共に放射性廃棄物処分の実施には、地域特徴があり、この数十年間でそれぞれ最適な方向に向けて発展を続けている。社会人文学的視点から、歴史文化によって、上記の2つの地域と異なる状況にある中国における、放射性廃棄物処分に関する現状と進展を本節では紹介する。

中国は、地域が広く、歴史背景の異なる民族が多数あり、古代から、文化の多様性と社会の安定を考慮して、民衆の安全、民生や、社会意識も含め、集団利益を保障するため、資源を集中して、統一された管理、処理や再配分をすることがある。その歴史文化から、集団利益を中

心に据えて、監督官庁で戦略を決める形になっている。中華人民共和国が建国されてから、広い地域と民族の多様性を考えた上で、同じやり方で集団利益を考えながら戦略を作っている。社会及び一般民衆として、多くの人の利益を考慮した決定は、集団主義を納得するとともに、疑問や反対意見も適切に持ち込んで処理したあとで順調に実行される。そのため、国の健全な発展によって、完全な計画を考えなければならない状況が多いが、戦略的に計画を実行する効率は高くなっている。中国の原子力技術の発展は、1950年代から、旧ソ連に従い、核技術を軍事、工業などに利用する研究を行ってきた。1960年代から、原子力技術の利用によって発生した放射性廃棄物を一時的に保管する貯蔵庫の建設が始まった。貯蔵庫は、各省、自治区、直轄市に各1つと国集中管理貯蔵庫を建設することになっており、現在31の貯蔵庫が建設されている[53]。原子力発電所における高レベル廃棄物に関しては、1985年に最初の原子力発電所の建設が始まった同年に、高レベル廃棄物深地層処分研究開発計画が提出された。最終処分施設の用地選定作業は1986年に開始されて、1990年代初期甘粛省北山地区と定めた。施設は現在建設中で、2040年頃に完成することを最終目標としている[54]。すべての処分施設は国有集団会社で管理され、各地域の貯蔵庫が管理対象範囲内の放射性廃棄物を集中管理し、統一基準で分類したあとで適切な処理処分施設に移送する。

放射性廃棄物処分については、2018年に施行された中華人民共和国核安全法に従い、高レベル廃棄物を集中して地層処分する方針となっている。具体的には、高レベル廃棄物深地層処分研究開発計画に沿ってサイトの選定、処分場の建設、安全評価等を行うとともに、過去10年にわたりIAEAと協力しながら高レベル廃棄物を含む処分を系統的に進めている。

中国は原子力発電導入の開始は遅いが、原子力発電を含む原子力技術利用の発展が非常に早く、放射性廃棄物処分施設の決定、用地選定、建設や運行は、現在、さらに効率高く進められている。集団利益の保証を中核に、利益関係者と一般民衆も納得し、社会に対して説明と意見交換を十分に言い、疑問と反対意見を尊重し、その疑問を解決のため工夫することが有用である。監督官庁と実行している国有集団会社を十分信用し、放射性廃棄物を各地域の政府と指定された国有集団会社で集中管理することは地上管理期間の状況の透明性、管理即時対応性と実行力には有利である。

第6章 放射性廃棄物処分場の受容における手続き的公正

放射性廃棄物、特に高レベル廃棄物の処分は典型的なNIMBY型の事業である。NIMBYとはNot in my backyard（我が家の裏庭にはお断り）の頭文字を取った略語であり、理念には賛成していても、現実問題として自分にその迷惑が及ぶと反対に回る現象である[55]。NIMBY型事業の受容に影響する要因として、受容を働きかける側に関する要因（事業を実施する組織に対する信頼）、受容する側に関する要因（性差、知識）、受容の対象に関する要因（事業の実質性、ベネフィット認知、リスク認知、結果の公正さ、分配的公正さ、施設からの距離）、決定に至る過程に関する要因（メディア、手続き的公正）、その他の状況的要因（事業に関連した事故等）が挙げられる[56]。これらのうち、信頼、ベネフィット認知、リスク認知は、原子力関連施設である原子力発電所や高レベル廃棄物処分場の受容に共通して影響する要因である。信頼は、手続き的公正と互いに強く関連しており[57]、信頼が手続き的公正に影響することを示す研究（例えば[58,59]）と、手続き的公正が信頼に影響することを示す研究とがある。

この手続き的公正とは、決め方や決定プロセスに対する公正のことである。人々は権威者（authorityやleader）から集団のメンバーとしてふさわしい扱いを受けたと感じることを重視するため、公正な手続きによってもたらされる結果よりも「手続きそのもの」を重視する（集団

価値モデル) [60]。手続き的公正は、結果（分け前）に対する公正である分配的公正とは区別され、手続き的公正があれば望まない結果であっても受け入れやすくなり、利己的損失がある場合でも不満が抑制されることが指摘されている[61-63]。高レベル廃棄物処分場の受容に関する研究では、信頼が手続き的公正を高めることが示されている[59]。ただし、手続き的公正が原子力関連施策の受容に及ぼす影響の大きさは研究間で異なっており、手続き的公正が強く影響しているという研究[64]と、逆に、その影響は小さいという研究[65]もある。

では、手続き的公正は何によって高められるだろうか。Leventhal は、手続き的公正を高める要素として、6つの基準（一貫性、偏見の抑制、正確さ、修正可能性、代表性、倫理性）を指摘した[66]。ここで、一貫性は、ある手続きが特定の個人や集団だけに適用されるのではなく、その手続きに関わる人々に一貫しているかといった個人を超えた一貫性と、いつも同じ手続きであるかという時間を超えた一貫性がある。偏見の抑制は、手続きの決定権を持つ者が利害をもっていないか等、個人的な利益や先入観がないことを意味する。正確さは、決定の基になった情報が正確であるかどうか、修正可能性は、後から決定を変更・修正できるか、代表性は手続きの影響を受ける人々の関心、価値観、見解を反映しているか、倫理性は手続きが倫理的であり道徳的であることを示す。手続き的公正に関する研究では、この6つの基準に加え、十分な情報が提供されているか、人々が手続きに参加する機会があるか、人々の意見が反映されているか、進め方そのものに丁寧さがあるか、参加者が尊重されているか等も検討されてきた。

しかし、原子力関連施設以外も含めた公共事業に対する手続き的公正について検討した研究では、題材に応じて研究者側が選択した要因が別々に検討されており、すべての要因は同時には検討されておらず、どの要因が相対的に重要であるかは評価されていない。手続き的公正の代表的な判断基準であるこれら6つの基準を測定した研究も多くない。仮想シナリオや実験による研究では、手続き的公正の判断基準をすべて満たすような設定は難しく、場面設定に当てはめられる基準に幅があることが背景にあると思われる。

東京電力福島第一原子力発電所事故前後に、高レベル廃棄物の地層処分施設の立地調査の社会的受容がどのように変化したかを縦断調査により検討した研究[59]では、事故前後とも共通して世代間主観的規範、手続き的公正、社会的便益が受容の規定因となり、その中でも手続き的公正が一貫して強い影響を及ぼしていることを示した。

以上に述べた通り、放射性廃棄物の管理及び処分について意思決定や合意形成をする際は、その結果だけでなく方法や過程に対する手続き的公正感が受容や拒否といった態度に影響するため、手続き的公正を十分考慮した上で進めると、人々の納得感が高まると考えられる。例えば、手続き的公正の観点から欠けているところがないか、チェックリストを用意することも一案である。なお、手続き的公正は受容を高めるための道具ではなく、住民説明会を開催したり、パブリックコメントを募集するだけでは手続き的公正にはならないことや、放射性廃棄物処分場については意見表明をためらう場合があることにも留意が必要である。

第7章 高レベル放射性廃棄物の処分における社会受容性

1972年にWeinbergはトランスサイエンスという概念を提唱した[67]。それまでの社会においては自然科学的な物事については自然科学の専門家（いわゆる科学者）のみで物事を評価、判断して対処を決定することができた。それ以外の、社会についての物事は、社会（有権者）の代表である政治家のみで物事を評価、判断して対処することができた。しかしながら、原子力や放射線の利用などが社会にとって重要な物事となってくると、科学者のみあるいは政治家のみによる対処は困難あるいは不可能であるとの認識が広がってきた。このように科学者と政治

家が協同しなければ対処できない領域、換言すれば、自然科学だけでは答えを出せない問題群の領域があり、それをトランスサイエンスと呼んだのである。

20 世紀後半以降には、民主主義の成熟を背景に、社会についての物事への対処は政治家あるいは行政当局に任せきりにするものではなく、市民（有権者）にもその意思決定に対して発言する権利と義務があるとの認識が当然視されるようになってきた。また、社会の高学歴化に伴い、科学的な物事を深く考察、判断する基礎的な能力を有する市民が増加してきた。加えて、テレビ番組のいわゆるニュースワイドショーのように物事について市民に分かりやすく豊富に情報提供するメディアが、従来の紙媒体、電波媒体のみならず、インターネット上においても得られる環境ができた[68]。これらのことから、上記のように半世紀前には科学者と政治家が協同して対処すべき問題群の領域とされたトランスサイエンスが、今日では科学者と政治家・行政当局に加えて市民（有権者）の3者が協同して対処すべき問題群の領域となったといえよう。民主主義の下では、物事に対処する意思決定の最高かつ最終の権利と義務を持つのは市民（有権者）である。したがって、今日の民主主義社会においては、市民（有権者）が納得して同意すること、すなわち、社会的受容が物事への対処において最も重要な要素となる[69]。

高レベル廃棄物の地層処分においても、民主主義国家である日本では、上記の考え方が基本になる。すなわち、自然科学の知見に基づく処分計画や安全性評価については科学者が、法的な正当性や経済的正当性を含む社会的意義については立法・行政・司法が、それぞれ主に責任を持つものの、意思決定に対して最高かつ最終の権利と義務を持つ市民（有権者）の納得と同意が得られなければ、高レベル廃棄物の処分は実施できない。これが、高レベル処分において社会的受容が重要な理由である。

7.1 意思決定にかかる権利と義務についての市民（有権者）の階層性・多様性

日本の法律においては、高レベル廃棄物処分についての意思決定に係る権利と義務はすべての市民（有権者）で一様ではない。高レベル廃棄物処分場の立地基礎自治体（市町村）の市民としての権利と義務、立地都道府県の市民としての権利と義務、そして、日本国民としての権利と義務は異なる。原則的にはこれらすべての市民の納得と合意を得ることが必要であるが、権利と義務を定める法律により処分場を実現するために納得と同意を得ることが必須となる地域の市民と必須ではない地域の市民に二分されることになる。

また、意思決定にかかる市民の権利と義務の執行は、住民投票という例外的な方法で行われることもあるが、首長並びに議員の選挙という社会的装置を介することが通常である。首長並びに議員の選挙への投票行動は高レベル廃棄物処分以外の争点にも影響されるので、当該地域がかかえる問題の個別性を考慮しなければならない。

7.2 個人の納得・合意に影響する情報・知識の質

社会的受容を成り立たせているのはその社会（地域）を構成している個々人の納得と合意である。個人が理性的に高レベル廃棄物処分について納得、合意できるかには、前提として、科学者などの専門家、政治家・行政当局、メディアや知人などを含む第三者などから提供される情報の真偽判断が個人にとって可能であることが重要であろう。

一般に、情報・知識が正しいかどうかを判断する難易度には、情報・知識の質が関係する。情報・知識にはその性質によって、1) 単純な情報・知識、2) 複雑な情報・知識、3) 不確実な情報・知識、4) 多義的な情報・知識がある[70]。

単純な情報・知識：「雪は冷たい」「鉄は固い」のように、体験上よく知っている事柄や、体験すればすぐに了解できる情報・知識を単純な情報・知識という。単純な情報・知識は、その真偽を誰でも容易に判断できる。しかしながら、高レベル廃棄物処分にかかる問題は単純な情報・知識だけで説明できるものではない。ただし、「〇〇を食べて死者が出た」「〇〇航空会社は事故を起こしたことがない」などの事実情報は、単純な情報・知識として機能して大きな説得効果を生じる。

複雑な情報・知識：理解するのにある程度の背景情報あるいは教養が必要である情報・知識、あるいは、演繹や帰納など論理操作ができなければ理解できない情報・知識、さらには、数式などの特殊な言語能力が無ければ理解できない情報・知識などは、複雑な情報・知識と言える。こうした複雑な情報・知識は、非専門家にとって理解することに困難を伴う。一方、複雑な情報・知識であっても、分かりやすくなるよう工夫をし、時間をかけて根気よく説明をすれば、非専門家に深く理解してもらうことも可能である。

不確実な情報・知識：10年以内に富士山が噴火するか、喫煙の習慣がある者が癌を発症するか、自分がいつか交通事故に遭うかなどは、不確実な情報・知識である。これらが絶対に生じないと言い切ることにはできないし、必ず生じると決めつけることもできない。意味する内容が真実であってもそれが現実化するかは確率などでしか表現できないのが不確実な情報・知識である。高レベル廃棄物処分にかかる情報・知識には不確実なものが多く含まれている。「少しでも危険なことが起こる可能性があるのであれば、万一のことを考えて認められない。」との意見に対して、たとえ正しい情報・知識であったとしても、不確実な情報・知識を提供するだけで市民の納得・合意を得ることは非常に困難である。

多義的な情報：100 mSvより低いレベルの放射線被ばくが発がん率に影響するかは、実はよく分かってはいない。そのため、低レベル放射線の健康影響については、研究者によってさまざまな考え方が示されていて、現在も決め手となる情報・知識がない。このように、真実は誰にも分かっていない、あるいは、同じ事象についてさまざまな見解や理論などが併存しているような情報・知識は多義的な情報・知識と呼ばれる。科学技術だけではなく、学問一般に言えることとして、活発に取り組まれている研究分野ほど、その成果は多義的な情報・知識となる。高レベル廃棄物処分にかかる情報・知識にも多義的なものがある。科学者が見解を求められた場合に専門家として正直に回答しようとするほど多義的な情報・知識を伝えざるを得なくなる。しかしながら、非専門家にとって、多義的な情報・知識による説明は、何も回答していないのに等しい。何を正しいとするかを非専門家が判断しなければならなくなるからである。このように、多義的な情報・知識をいくら提供したとしても、それだけで市民の納得・合意を得ることは不可能であると言える。

7.3 信頼による社会的合意

現代社会は高度に分業化している分業化社会である。それはいわゆる専門家と呼ばれる人々にも影響を与えている。地盤工学の専門家は遺伝子組み換え技術については素人であり、その逆も然りである。よって、様々な検討事項を含む高レベル廃棄物処分では、多くの分野の専門家が分業し協力することが必要となる。このことは、高レベル廃棄物処分の特定の分野に関わる問題については全て（単純／複雑／不確実／多義的な情報・知識）を適切に判断できる優秀な専門家であったとしても、それ以外の分野の問題に関しては素人であり適切な判断ができる保証がないことを意味している。ましてや高レベル廃棄物にこれまで関与したことがない大多数の市民にとっては、高レベル廃棄物やその処分方法に係る情報・知識について自分で真偽判断することは、理性的であろうとするほど困難になるであろう。

前述のように、民主主義社会における意思決定にかかる最高かつ最終の義務と権利を負っているのは市民であり、その義務と権利を行使する結果が社会的合意である。高レベル廃棄物処分のように大多数の市民にとって真偽判断が困難な問題についての社会的合意は、情報・知識の発信者に対する信頼に基づくことになる。信頼とは、対象者を信じて頼り任せることである。高度な分業化社会はお互いに信頼し合うことで、すなわち、自分には出来ないことについては他者を信じて頼り任せることによって機能している。そのため、高レベル廃棄物処分にかかる社会的合意は、多くの市民（有権者）が信じて頼り任せることができると考える者、組織が提供する情報・知識にもとづいて形成されることになる[71]。

第8章 まとめと提言

核分裂に伴って放出されるエネルギーを利用する原子力発電においては、様々な放射性核種が不可避的に発生する。そのなかでも、放射能レベルが高くかつ半減期の長い放射性核種を高濃度に含んだ廃棄物、いわゆる「高レベル廃棄物」の長期にわたる安全な処分は、原子力発電を利用している多くの国で長く懸案事項となっている。こうした現状を踏まえ、筆者らは、高レベル廃棄物の処分を実施するにあたっては、これまで行われてきたような理工学的視点からの説明だけでなく、人文・社会科学的視点からの考察が重要であるとの認識に立ち、日本保健物理学会内に本専研を立ち上げ、2022年度から2年間、本学会員のみならず、幅広い分野の専門家を講師やオブザーバーとして迎えて情報・意見交換を行った。そして、それらの議論を経て、以下に述べるような知見や考え方を共有した。

原子力エネルギーは、過去数十年間、発電に広く利用されてきた。化石燃料の使用に起因する気候変動の悪影響が深刻になりつつある現在、再生可能エネルギーによる代替には限界があることを踏まえると、現代の文明社会が続く限り原子力エネルギーの利用は今後も長く続き、それに伴い放射性廃棄物の量は増え続けると予想される。このうち、放射能レベルが高く長寿命の核種を含む高レベル廃棄物については、人や環境にもたらし得る潜在的なリスクが大きいことから、早急に適切な処分を行う必要がある。2024年現在、多くの国では、中間的な措置として高レベル廃棄物を厳重な管理のもとに地表付近で貯蔵しているが、時間の経過と共に廃棄物の増加や施設設備の劣化等により潜在的な脅威が増すことは避けられない。

高レベル廃棄物の最終処分の方法としては、遠い将来にわたって人や環境に悪影響が及ばないよう、地中深くの安定した岩盤内に廃棄物を長期間埋設するやり方、すなわち地層処分が最も適切であると考えられる。その実施に必要な技術的基盤は入念に整備されており、北欧では実際に高レベル廃棄物の地層処分に係る工事に着手した国もある。一方、我が国では、国としての処分方針は確定しているものの、処分場の建設に地元住民らの同意が得られる見込みが立たない状況、いわゆる NIMBY（我が家の裏庭にはお断り）の状態が長く続いており、具体的な処分場所の選定や処分施設の建設計画策定を行える段階にはまだ至っていない。

こうした状況をもたらしている要因として、日本を含む多くの非西洋諸国では、歴史的・文化的な背景から、必ずしも公正さが正義とはされていないという点が指摘できる。一方、今日の民主主義社会においては、意思決定にかかる最高かつ最終の義務と権利を負っているのは市民（有権者）であり、ある社会的な問題について解決を図るには、大多数の市民からの同意（社会的合意）を得ることが不可欠である。社会的合意を得られない膠着した状態が続けば、重要な社会的問題の解決が遅れ、より深刻な事態に至る恐れがある。放射性廃棄物処分の問題に関しても、人や環境の健康に甚大な悪影響をもたらし得るも高レベル廃棄物の埋設処分を先

送りにし続ければ、その間に地表で保管される廃棄物の量が増え、将来世代が受ける潜在的な脅威がより高まっていく。

こうした道徳的ジレンマと呼べる問題は、当事者の道徳的な判断を促すことによって解決を図ることが適切であると考えられる。まず、多くの市民にとって正確な理解や真偽の判断が困難な、放射性廃棄物に関わる様々な情報・知識に基づいて社会的合意を形成するためには、情報・知識の発信者に対する市民からの信頼が不可欠であることを当事者が認識しなくてはならない。そして、処分場の立地建設に関係するあらゆる人々が、原子力エネルギーの必要性和高レベル廃棄物処分の公益性を十分に理解し、地層処分の正当性とそれに協力することの道徳的意義について理解し納得できるようにすることが肝要である。この過程では、信頼の醸成をもたらす公正さを伴った継続的で一貫した説明と、市民（有権者）の倫理観と主体的判断に基づく同意のプロセスが不可欠であり、関連分野の専門家には、処分システムの安全性に関わる技術的側面の説明だけでなく、自然科学と人文・社会科学の両分野にまたがる社会技術的（socio-technological）な問いに真摯に答えていく姿勢と努力が求められる。

謝辞

本報告書を取りまとめるに当たり、外部専門家として専門研究会の場において貴重な情報をご提供いただいた、原子力発電環境整備機構 技術部 性能評価技術グループ課長（当時）の石田圭輔先生並びに九州大学工学研究院エネルギー量子工学部門 エネルギー物質科学大講座 准教授（当時）の稲垣八穂広先生に深く感謝いたします。またシンポジウムの場において、貴重なご意見と忌憚ないコメントをいただいた指定発言者並びに貴重な提言や情報提供をいただいたシンポジウム参加者の皆様に深く感謝いたします。そして最後になりますが、全5回にわたる研究会において貴重な提言や情報提供をしていただき、専門研究会の運営や報告書のとりまとめにご協力いただいたオブザーバー参加の皆様、(株)千代田テクノル・青山伸先生、日本保健物理学会の伊藤浩志先生、福山大学・占部逸正先生、原子力発電環境整備機構・越後谷浩二先生、関ルミ先生、黒澤進先生、高橋美昭先生、藤崎先生、藤山哲雄先生、前田正先生、真壁佳代先生、山田基幸先生、量子科学技術研究開発機構・江田和由先生、産業医科大学・岡崎龍史先生、高木学校・瀬川嘉之先生、原子力安全技術センター・世木田邦生先生、東京電力ホールディングス・平純一先生、福島大学・塚田祥文先生、三菱マテリアル(株)・辻本恵一先生、つくば国際大学・福土政広先生、(株)ワカイダ・エンジニアリング・三ヶ尻元彦先生、原子力コミュニケーションズ・三谷信次先生、並びに日本アイソトープ協会・三輪一爾先生に、心からの感謝の意を表します。

参考文献

1. European Geosciences Union (EGU), 2024. Radioactive waste. EGU Blogs. <https://blogs.egu.eu/network/geosphere/tag/radioactive-waste/> (accessed on 17 May 2024)
2. 経済産業省資源エネルギー庁, 2024. 放射性廃棄物について. https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/hlw/hlw01.html (accessed on 17 May 2024)
3. Zhou, L., Cvetkovic, V., 2023. Disposal of high-level radioactive waste in crystalline rock: On coupled processes and site development. *Rock Mechanics Bulletin*, 2(3), 100061.

4. 核燃料サイクル開発機構 (JNC), 1999. 我が国における高レベル放射性廃棄物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－, JNC TN1400 99-020.
5. 原子力発電環境整備機構 (NUMO), 2021. 包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現－適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築－, NUMO-TR-20-01.
6. Birkholzer, J., Houseworth, J., Tsang, C.F., 2012. Geologic disposal of high-level radioactive waste: Status, key issues, and trends. *Ann. Rev. Environ. Resour.*, 37, 79-106.
7. 保田浩志, 麓弘道, 齋藤龍郎, 2021. ウラン廃棄物処分における人文・社会科学的検討の必要性. *日本原子力学会誌 ATOMOΣ*, 63(8), 610-614.
8. 保田浩志, 齋藤龍郎, 麓弘道, 菅原慎悦, 土田昭司, 笠井篤, 古田定昭, 2023. ウラン含有廃棄物の取扱いに関する人文・社会科学的視点からの考察. *保健物理*, 58(3), 120-134.
9. International Atomic Energy Agency (IAEA), 2011. Disposal of Radioactive Waste: Specific Safety Requirements, Safety Standards Series No. SSR-5, IAEA.
10. International Commission on Radiological Protection (ICRP), 2013. Radiological protection in geological disposal of long-lived solid radioactive waste, Publication 122, *Ann. ICRP* 42(3).
11. Autorité de sûreté nucléaire (ASN), 2008. Guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde.
12. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), 2009. Specific design principles for deep geological repositories and requirements for the safety case, ENSI-G03.
13. Bundesministerium für Umwelt (BMU), 2010. Safety Requirements Governing the Final Disposal of Heat-Generating Radioactive Waste.
14. Säteilyturvakeskus (STUK), 2013. Disposal of Nuclear Waste, STUK YVLD.5.
15. Environment Agency (EA) and Northern Ireland Environment Agency (NIEA), 2009. Geological Disposal Facilities on Land for Solid Radioactive Wastes.
16. 原子力発電環境整備機構 (NUMO), 2021. なぜ、地層処分なのか, NUMO-TR-20-04.
17. Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency (OECD/NEA), 2004. Stepwise Approach to Decision Making for Long-term Radioactive Waste Management: Experience, Issues and Guiding Principles, NEA No.4429.
18. International Atomic Energy Agency (IAEA), 2009. Classification of Radioactive Waste: General Safety Guide, Safety Standards Series No. GSG-1, IAEA.
19. 日本原子力研究開発機構 (JAEA), 2015. わが国における使用済燃料の地層処分システムに関する概括的評価－直接処分第1次取りまとめ－, JAEA-Research2015-016.
20. 柊風舎, 2015. オックスフォード英単語由来大辞典. 2015年12月25日発行.
21. Bergmans, A., Sundqvist, G., Kos, D., Simmons, P., 2015. The participatory turn in radioactive waste management: deliberation and the social-technical divide. *Journal of Risk Research*, 18(3), 347-363.
22. Nucci, D., Rosaria, M., Brunnengräber, A., Losada, A.M.I., 2017. From the “right to know” to the “right to object.” A comparative Perspective on Participation and Acceptance in Siting Procedures for HLW Repositories. *Prog. Nucl. Energy* 100(c): 316-25.

23. Lehtonen, M., 2010. Deliberative decision-making on radioactive waste management in Finland, France and the UK: Influence of mixed forms of deliberation in the macro discursive context. *J. Integrative Environ. Sci.* 7 (3): 175–96.
24. Parotte, C. 2020. A nuclear real-world experiment: Exploring the experimental mindsets of radioactive waste management organisations in France, Belgium and Canada. *Energy Res. Soc. Sci.* 69: 101761.
25. Kaiserfeld, T., Kaijser, A., 2021. Changing the system culture: mobilizing the social sciences in the Swedish nuclear waste system. *Nucl. Technol.*, 207(9), 1456–1468.
26. Solomon, B.D., Andén, M., Strandberg, U., 2010. Three Decades of Social Science Research on High-Level Nuclear Waste: Achievements and Future Challenges. *Risk, Hazards Crisis Public Policy*, 1(4), 13-47.
27. Hietala, M., Geysmans, R., 2022. Social sciences and radioactive waste management: acceptance, acceptability, and a persisting socio-technical divide. *J. Risk Research*, 25(4), 423–438.
28. Brunnengräber, A., 2019. The wicked problem of long term radioactive waste governance: Ten characteristics of a complex technical and societal challenge. In Brunnengräber A. and Di Nucci, M. R. (Eds.). *Conflicts, participation and acceptability in nuclear waste governance: An international comparison (Volume III)*. Springer VS. pp. 335–355.
29. Barthe, Y., Meyer, M., Sundqvist, G., 2022. Technical Problematisation: A Democratic Way to Deal with Contested Projects? *Science, Technology and Society*, 27(1), 7-22.
30. 菅原慎悦, 2019. 社会系”の悲哀を超えて. *日本原子力学会誌* 61(4): 290–292.
31. 菅原慎悦, 2021. 「文理協働」と人文・社会科学の「批判性」. *日本機械学会誌* 124(1229), 12-17.
32. Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency (OECD/NEA), 1982. *Disposal of Radioactive Waste: An Overview of Principles Involved*.
33. Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency (OECD/NEA), 1995. *The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal; A Collective Opinion of the NEA Radioactive Waste Management Committee (RWMC)*.
34. 日本学術会議, 2012. 回答：高レベル放射性廃棄物の処分について, 2012年9月11日付.
35. 増田純男, 2016. 地層処分に適した安定な地質環境について—地層処分の安全性を担保する地質環境の安定性とは—. *日本原子力学会誌* 58(2):106-109.
36. 日本原子力学会特別専門委員会, 2024. 2023年度開催報告書: 地層処分のセーフティケースに係る様々なステークホルダーを対象とした理解促進に関する方法の検討.
37. Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency (OECD/NEA), 1991. *Can Long-Term Safety Be Evaluated? – An international Collective Opinion*.
38. International Atomic Energy Agency (IAEA), 2012. *The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste, No. SSG-23*.

39. Shapin, S., Schaffer, S., 1985. *Leviathan and the air-pump: Hobbes, Boyle, and the experimental life*. Princeton: Princeton University Press.
40. 菅原慎悦, 寿楽浩太, 2010. 高レベル放射性廃棄物最終処分の立地プロセスをめぐる科学技術社会学的考察—原発立地問題からの「教訓」と制度設計の「失敗」. *年報科学・技術・社会*, 19:25-51.
41. 寿楽浩太, 2016. 高レベル放射性廃棄物処分の「立地問題化」の問題点—最近の政府の政策見直しと今後のアカデミーの役割をめぐって. *学術の動向* 2016.6, 40-49.
42. International Commission on Radiological Protection (ICRP), 2007. *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37(2-4).
43. International X-Ray and Radium Protection Commission (IXRPC), 1934. *International Recommendations for X-Ray and Radium Protection*, p. 1, Zurich.
44. Fumoto, H. 2020. Ethical Value in Radiation Protection. *Bioethics in Medicine and Society*, IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.93786
45. International Commission on Radiological Protection (ICRP), 2018. Ethical foundations of the system of radiological protection. ICRP Publication 138. *Ann. ICRP* 47(1).
46. International Commission on Radiological Protection (ICRP), 1990. *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60, *Ann. ICRP* 21(1-3).
47. Tayler, L.S., 1980. Some nonscientific influences on radiation protection standards and practice, the 1980 Sievert Lecture, *Health Phys.*, 39(2) 851-874.
48. International Atomic Energy Agency (IAEA), 2005. *Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance*, Safety Reports Series No. 44, IAEA.
49. International Atomic Energy Agency (IAEA), 2004. *Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance: Safety Guide*, Safety Standard Series No. RS-G-1.7, IAEA.
50. Lindell, B., 1994. President's remarks, *Proceedings of an International Conference on Radiation and Society: Comprehending Radiation Risk* (Paris, 24-28 October 1994), International Atomic Energy Agency (IAEA).
51. Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM), 2008a. *The Swedish Radiation Safety Authority's regulations concerning safety in connection with the disposal of nuclear material and nuclear waste*, SSMFS2008:21.
52. Tondel, M., Lindahl, L., 2019. Intergenerational ethical issues and communication related to high-level nuclear waste repositories. *Curr. Environ. Health Rep.* 6, 338-343.
53. 中華人民共和国国家核安全局, 2023. 我国主要放射性废物贮存, 处理, 处置设施信息, 中华人民共和国生态环境部. <https://nnsa.mee.gov.cn/ztlz/jgdxsjk/fsxfwcc/> (accessed on 28 May 2024)
54. 宮尾恵美, 2012. 中国における放射性廃棄物の管理. *外国の立法* 252: 60-79.
55. 鈴木晃志郎, 2015. NIMBY から考える「迷惑施設」. *都市問題* 106(7), 1-11.

56. 尾花 恭介, 藤井 聡, 広瀬 幸雄, 2017. 公共事業の受容に影響を及ぼす要因の包括的理解のためのフレームワーク. 土木学会論文集 D3(土木計画学), 73:97-102.
57. Tyler, T. R., 2012. Justice and effective cooperation. *Soc. Justice Res.* 25, 355-375.
58. Tyler, T. R., 1994. Psychological models of the justice motive: Antecedents of distributive and procedural justice. *J. Pers. Soc. Psychol.* 67, 850-863.
59. 大友章司, 大澤英昭, 広瀬幸雄, 大沼進, 2014. 福島原子力発電所事故による高レベル放射性廃棄物の地層処分の社会的受容の変化. *日本リスク研究学会誌* 24:49-59.
60. Tyler, T. R., Lind, E. A., 1992. A relational model of authority in groups, In M.P. Zanna (Ed.), *Advances in experimental social psychology*, 25, pp.151-176. New York: Academic press.
61. Thibaut, J., Walker, L., 1978. A theory of procedure. *California Law Review*, 66, 541-566.
62. Lind, E. A., Tyler, T. R., 1988. *The social psychology of procedural justice*. New York: Plenum Press.
63. 藤井 聡, 竹村 和久, 吉川 肇子, 2002. 「決め方」と合意形成—社会的ジレンマにおける利己的動機の抑制にむけて. 土木学会論文集 709/IV-56:13-26.
64. Besley, J. C., 2010. Public engagement and the impact of fairness perceptions on decision favorability and acceptance. *Science Communication*, 32, 256-280.
65. Visschers, V. H. M., Siegrist, M., 2012. Fair play in energy policy decisions: Procedural fairness, outcome fairness and acceptance of the decision to rebuild nuclear power plants. *Energy Policy*, 46, 292-300.
66. Leventhal, G. S.(1980). What should be done with equity theory? New approaches to the study of fairness in social relationships. In Gergen, K., Greenberg, M., Willis, R. (eds.) *Social exchanges: Advances in theory and research*, pp.27-55. New York: Plenum Press.
67. Weinberg, A.M., 1972. Science and trans-science. *Science* 177(4045), 211-211.
68. 土田昭司, 2005, 民主主義システムにおけるリスク認知とリスク・コミュニケーション. *社会・経済システム* 26, 16-24.
69. 土田昭司, 1997, パブリックアクセプタンスと公的規制・情報公開. *日本リスク研究学会誌* 8(1), 96-104.
70. Renn, O., 2008, *Risk Governance: Coping with uncertainty in a complex world*. Routledge (Oxfordshire, UK)
71. 土田昭司, 2018, リスクのコミュニケーションとガバナンス, 土田昭司(編)『安全とリスクの心理学』89-119, 培風館.

日本保健物理学会専門研究会報告書シリーズ(ISSN 1881-7297) Vol. 14, No.2,
放射性廃棄物の管理・処分に係る人文・社会科学的視点からの考察に関する専門研究会
活動報告書

2024年9月

発行者 日本保健物理学会企画委員会
発行所 一般社団法人 日本保健物理学会
〒105-0004 東京都港区新橋 3-7-2 四鹿ビル 3階
日本保健物理学会事務局
TEL : 03-6205-4649
FAX : 03-6205-4659
E-mail : exec.off@jhps.or.jp
<http://www.jhps.or.jp/>