

高レベル放射性廃棄物処分の課題 —使用済燃料・ガラス固化体の地層処分—

国立国会図書館 調査及び立法考査局
主幹 経済産業調査室 小池 拓自

目 次

はじめに

I 原子力発電による高レベル放射性廃棄物

- 1 原子力発電の使用済燃料
- 2 核燃料サイクルとガラス固化体
- 3 高レベル放射性廃棄物の貯蔵状況

II 高レベル放射性廃棄物の処分方法

- 1 処分の構想
- 2 地層処分の具体的方法と評価

III 地層処分の具体化

- 1 日本の取組
- 2 諸外国の動向

IV 日本における地層処分の課題

- 1 地層・地質環境と安全性
- 2 地層処分の特異性
- 3 原発事故後の取組

おわりに

要 旨

- ① 原子力発電によって生じる使用済燃料や、使用済燃料からプルトニウムなどを取り出した後の廃液を加工したガラス固化体は、数万年以上の長期にわたって環境や人体に有害な放射線を発する強い放射能を持つ。既に、日本には、使用済燃料 17,394tU とガラス固化体 2,167本が蓄積されており、原発の再稼働によってその量は増えていく。
- ② 高レベル放射性廃棄物を人間が管理するのではなく、深地層に隔離する地層処分が、有力な方法と国際的に認知されたのは 1970 年代である。日本においても昭和 51 (1976) 年には地層処分の研究に重点が置かれることとなった。地層による自然バリアと工学的な人工バリアによって、放射線の影響を数万年単位で極小化する多重バリアシステムが考案された。
- ③ しかし、地層処分の処分地選定は、いずれの国においても、困難な問題となっている。既に処分地を決定している国は、フィンランドとスウェーデンの 2 か国のみであり、一旦、候補地を決定した米国やドイツは見直しを余儀なくされている。日本も平成 14 (2002) 年から候補地の公募を開始したが、文献調査による概要調査地区の選定にすら入っていない。
- ④ 数万年単位の安全の検証が必要な地層処分は、科学技術的にも難しい取組であり、安全について人々の納得を得ることは容易ではない。日本の場合、地震や火山活動が活発な変動帯に位置することと、放射性物質を地上に運ぶ可能性を持つ地下水が豊富なことが厳しい条件となっている。さらに、東日本大震災が人々に過酷な自然環境を再認識させ、福島第一原発事故が原子力事業や科学技術に対する不信感を与えたことも加わった。日本学術会議が現代の科学の限界を指摘し、地層処分を前提としない暫定保管を提言したことは、一般の人々のみならず、科学界においても合意形成が難しいことを示している。
- ⑤ 丁寧に社会的合意を得る必要がある一方、このまま見通しが立たず、使用済燃料やガラス固化体が増えていくことも許されない。政府は、最新の科学的知見によっても安全な地層処分は可能との立場で、前面に立って地層処分を進める方針である。今後、社会的合意形成を深めるためには、安全についての科学的見解を継続的に確認をすること、科学的あるいは社会的見解の変化に応じた処分計画の必要な見直しなどを着実に実施すること、そしてそのための枠組みを透明性の高い形で担保することが重要であろう。高レベル放射性廃棄物の取扱いについての規制や監督体制を整備し、信用と信頼を再構築することが求められている。

はじめに

原子力発電は、ウラン燃料の核分裂によって発生する膨大な熱を用いた発電方法である。核分裂後に生じる使用済燃料⁽¹⁾には、プルトニウムを含む放射性物質が多く含まれている。日本は、使用済燃料を化学的に再処理することで、ウランやプルトニウムを分離回収し、再び燃料として用いる核燃料サイクルに取り組んでいる。この場合、回収対象外となる多種の放射性物質を含んでいる高レベル放射性廃液の取扱いが問題となる。一方、米国、スウェーデン、フィンランドなどのように再処理を行わない場合には、使用済燃料自体の取扱いが問題となる。いずれも、数万年単位の超長期にわたって人間や環境に有害な強い放射線を発する能力(放射能)を持つ高レベル放射性廃棄物⁽²⁾である。

高レベル放射性廃棄物の取扱方法としては、適切な処理を施した上で、地下 300m 以深に隔離する地層処分が、信頼性の高い方法として国際的に認知されている。日本も、高レベル放射性廃液をガラスで固め、ガラス固化体とした上で、地層処分を行う方針である。しかし、最終処分場選定の用途は全く立っていない。世界的にみても、処分地を決定しているのは、フィンランドとスウェーデンのみであり、実際の処分はこれからである。

日本には、既に 17,394tU (ウラン換算トン、使用済燃料中の金属ウランの重量。17,394tU はガラス固化体換算約 24,000 本に相当する) の使用済燃料と 2,167 本のガラス固化体がある⁽³⁾。原子力発電を利用することの是非にかかわらず、我々はこれらの高レベル放射性廃棄物の問題から逃れることはできない。

本稿は、Ⅰにおいて、高レベル放射性廃棄物についての基本的事項を整理し、Ⅱにおいて、その処理方法の検討経緯と、地層処分が信頼性の高い方法として認知された根拠を確認する。続くⅢでは、日本を中心に各国の最終処分事業の取組を概観する。さらに、Ⅳにおいて、日本における地層処分の論点や課題をまとめる。

Ⅰ 原子力発電による高レベル放射性廃棄物

1 原子力発電の使用済燃料

(1) 核分裂による発電

天然ウランは、核分裂しやすいウラン 235 を約 0.7%、核分裂しにくいウラン 238 を約 99.3% 含んでいる。世界の原子力発電の主流である軽水炉⁽⁴⁾の場合、天然ウランを加工し、ウラン 235 を 3

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、平成 27 (2015) 年 11 月 25 日である。

- (1) 原子力発電にかかわるものであるため、一般的には「使用済核燃料」、場合によっては「核のゴミ」と呼ばれることもある。法律では「使用済燃料」とされているため(例えば、「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)第 2 条第 4 項は、「使用済燃料」を「発電用原子炉において燃料として使用した核燃料物質(原子力基本法第 3 条第 2 号に規定する核燃料物質をいう。以下同じ。)をいう。」と定義)、本稿も「使用済燃料」と表記する。
- (2) 日本においては、核燃料サイクルを前提として、高レベル放射性廃液をガラスで固めたガラス固化体を高レベル放射性廃棄物と定義している。しかし、核燃料サイクルを行わない国では、使用済燃料も高レベル放射性廃棄物である。本稿では、「高レベル放射性廃棄物」の用語を、ガラス固化体に限定せず使用済燃料を含む広い意味で用いる。
- (3) 日本原子力研究開発機構「高レベル放射性廃棄物 地層処分研究開発の現状」(原子力委員会第 14 回臨時会議資料 1) 2014.5.9, p.3. <<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siry02014/siry014/siry01.pdf>>

～5%とする低濃縮ウランを燃料としている。

ウラン 235 の原子核に中性子がぶつかることで、原子核は 2 つに分裂 (核分裂) し、熱エネルギーを発生する。この際に新たに 2～3 個の中性子が発生し、別のウラン 235 の原子核にぶつかることで、次の核分裂が起きる。この繰り返しによって次々と連続して核分裂が起これ、大きな熱エネルギーが発生することになる。また、ウラン 238 は中性子を吸収することによりプルトニウム 239 となり、これに中性子がぶつかることでも核分裂が起き、熱エネルギーが発生する。核分裂により発生した熱エネルギーによって、水を蒸気とし、その蒸気によってタービンを回すことで発電が行われる。⁽⁵⁾

(2) 使用済燃料の特性

原子力発電の燃料は、核分裂を繰り返すことで、核分裂性物質が減少し、トリチウム、クリプトン、ヨウ素、セシウム、ストロンチウムなどの核分裂生成物が蓄積される。このような変化によって使用不可能となった燃料を使用済燃料と呼ぶ。

使用前の低濃縮ウランは、ウラン 235 を 3～5% とウラン 238 を 95～97% 含んでいるが、3 年程度、発電に用いられた使用済燃料は、核分裂性を持つウラン 235 を 1%、プルトニウム 239 を 1% 含み、このほかにウラン 238 を 92～95%、核分裂生成物を 3～6% 含んでいる。核分裂生成物は、放射線を出し、崩壊熱を発生しながら、別の物質に変化していく。このため、少なくとも数年間、使用済燃料を原子力発電所 (以下「原発」) 施設内の使用済燃料プールにおいて、水によって冷却しながら保管する必要がある。保管にあたっては、核分裂の連鎖が続く臨界を防止することや、密封や遮蔽によって放射線を管理することが重要である。⁽⁶⁾

2 核燃料サイクルとガラス固化体

(1) 核燃料サイクル

使用済燃料を化学的に再処理し、分離回収したウランやプルトニウムを加工したウラン・プルトニウム混合酸化物 (MOX) 燃料を発電に再利用することを、核燃料サイクル⁽⁷⁾という (図 1)。日本は、核燃料サイクルの推進を基本の方針としている。資源の有効活用を通じてエネルギー自給率を高める点や、使用済燃料からウランやプルトニウムを抽出するため、高レベル放射性廃棄物の放射能を低減させ、容積を小さくできること (減容化) がメリットとされる。⁽⁸⁾

核燃料サイクルの当初の構想では、プルトニウムを燃料とし、投入量を上回るプルトニウムを生

(4) 軽水炉とは、中性子の減速材および炉心から熱を取り出す冷却材に軽水 (普通の水) を用いているものである。なお、軽水炉には、蒸気を発生させる仕組みの違いによって沸騰水型炉 (BWR) と加圧水型炉 (PWR) の 2 種類がある。 (「軽水炉のしくみ」電気事業連合会 HP <<http://www.fepc.or.jp/enterprise/hatsuden/nuclear/keisuiro/>>)

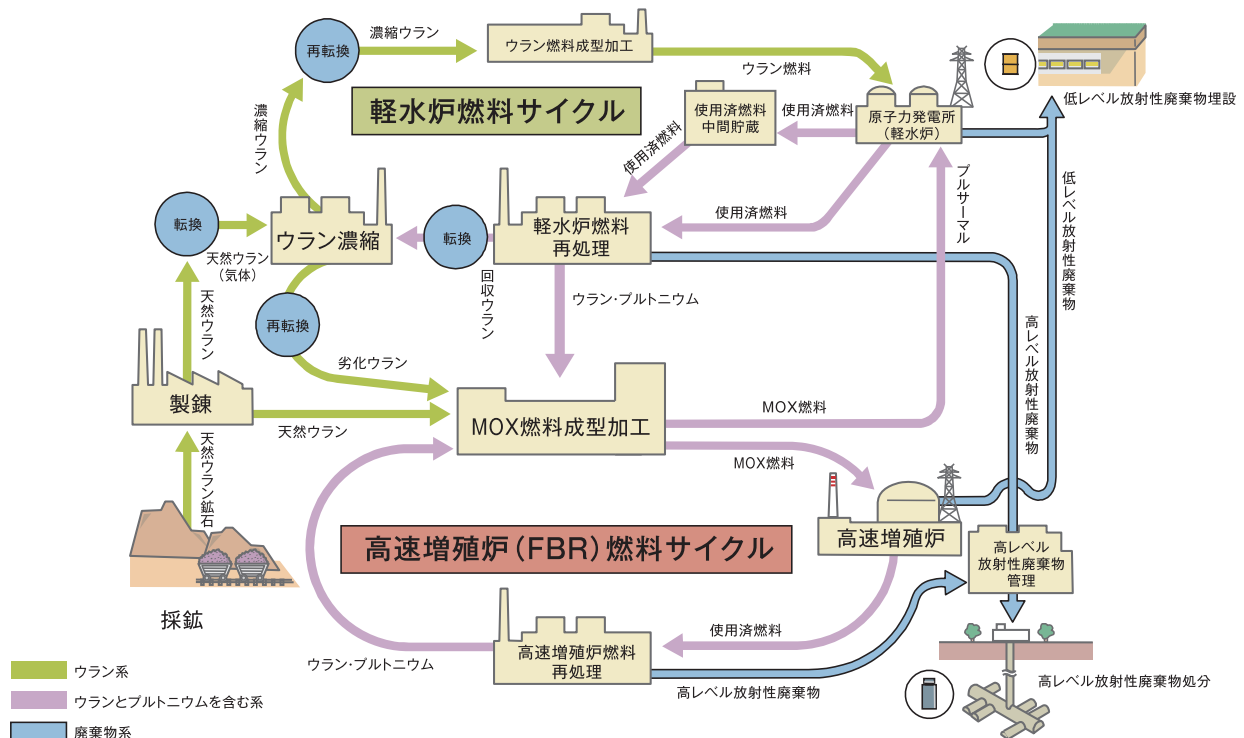
(5) 日本原子力文化振興財団『原子力総合パンフレット 2014』2014, p.11; 「原子力発電のしくみと種類」電源開発株式会社 (J-POWER) HP <http://www.jpowers.co.jp/bs/field/gensiryoku/atomic/mechanism/mechanism_and_kind/index.html>

(6) 電力中央研究所『使用済核燃料貯蔵の基礎』ERC 出版, 2014, pp.1-4.

(7) ここでは、使用済燃料の再処理、放射性廃棄物の処理と処分、MOX 燃料の製造加工、MOX 燃料の利用といった狭義 (バックエンド) の核燃料サイクルを指す。広義の核燃料サイクル (原子燃料サイクル) は、バックエンドに加えて、ウラン採鉱、ウラン製錬、ウラン転換、ウラン濃縮、燃料の成型加工のフロントエンド、原子炉内での核分裂を含む。

(8) 「エネルギー基本計画」(平成 26 年 4 月 11 日閣議決定) p.46. <<http://www.meti.go.jp/press/2014/04/20140411001/20140411001-1.pdf>>; 「核燃料サイクルについて」資源エネルギー庁 HP <http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/001/pdf/001_03_001.pdf> 核燃料サイクルの詳細については、本号小特集の青山寿敏「核燃料サイクルの現状と課題—再処理・プルサーマルをめぐる問題を中心に—」『レファレンス』779 号, 2015.12 参照。

図1 核燃料サイクル



(出典) 電気事業連合会「原子燃料サイクル（FBRを含む）」『原子力・エネルギー図面集2015』p.7-2-2。<<http://www.fepec.or.jp/library/pamphlet/zumenshu/pdf/all.pdf>>

み出す高速増殖炉を導入することが軸とされ、ウランの輸入に頼らず、原子力エネルギーの生産を日本国内だけで完結することが目指されていた（図1高速増殖炉燃料サイクル）。高速増殖炉の研究開発は、実験炉である「常陽」（昭和52（1977）年初臨界、平成19（2007）年実験装置事故のため運転休止）の成果を踏まえて、原型炉である「もんじゅ」（平成6（1994）年初臨界）に研究開発段階が進んでいった。しかし、「もんじゅ」は、平成7（1995）年にナトリウム漏えい事故を起こし、その後もトラブルが相次いだ結果、その研究開発は行き詰まっている⁽⁹⁾。

高速増殖炉の実用化の目途が立たない中、平成9（1997）年には、MOX燃料を既存の軽水炉で利用するプルサーマル⁽¹⁰⁾（図1軽水炉燃料サイクル）を早急に開始することが閣議了解された⁽¹¹⁾。電気事業者（9電力会社と日本原子力発電）はプルサーマル計画を策定し、平成21（2009）年以降、地元同意を得た4つの原子炉でプルサーマルが開始された⁽¹²⁾。

(9) 井上佐知子「高速増殖炉「もんじゅ」をめぐる経緯」『調査と情報—ISSUE BRIEF—』781号、2013.4.4。<http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_8179796_po_0781.pdf?contentNo=1>; 「高速増殖原型炉もんじゅの経緯」日本原子力研究開発機構（JAEA）HP <http://www.jaea.go.jp/04/turuga/monju_site/pdf/topic1.pdf>

(10) プルサーマルはヨーロッパで1960年代に開始され実用化済みである。日本においても実証実験が日本原子力発電の敦賀発電所1号機（BWR、昭和61年から平成2年）と関西電力の美浜発電所1号機（PWR、昭和63年から平成3年）で実施され、利用できることが確認されている（「プルサーマルの実施実績」電気事業連合会HP <<http://www.fepec.or.jp/nuclear/cycle/pluthermal/jisseki/index.html>>）。

(11) 「当面の核燃料サイクルの推進について」（平成9年2月4日閣議了解）この閣議了解以前に、平成6（1994）年の原子力長期計画には、1990年代後半からプルサーマルを計画的に導入することが盛り込まれている（原子力委員会編『原子力白書 平成10年版』1998, pp.3-9; 内閣府原子力政策担当室「原子力開発利用長期計画と原子力政策大綱」（原子力委員会の在り方見直しのための有識者会議第1回参考資料3-2）2013.7, p.6。<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/genshiryoku_kaigi/dai1/sankou3-2.pdf>）。

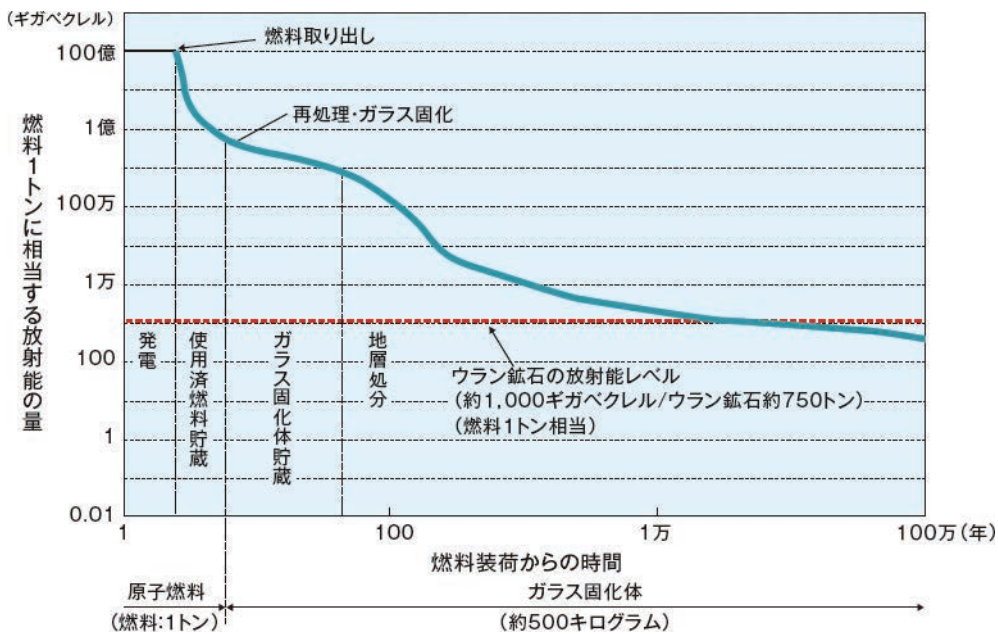
(12) 九州電力玄海原発3号機、東京電力福島第一原発3号機、四国電力伊方発電所3号機、関西電力高浜発電所3号機

(2) ガラス固化体

使用済燃料からウランやプルトニウムを分離回収する再処理過程で、放射能の強い核分裂生成物などの放射性物質を多く含む高レベル放射性廃液が発生する。高レベル放射性廃液は、ガラス原料とともに高温で溶かされ、キャニスターと呼ばれるステンレス製容器の中で冷却、固められて、ガラス固化体に加工される。放射性物質はガラスに取り込まれて一体化（全体の3%程度）するため、ガラスが割れても放射性物質は外に出にくくなる。

ガラス固化体は、直径約40cm、高さ約1.0～1.3m、重さ約400～500kgの円柱型である。ガラス固化体に含まれる核分裂生成物の多くは、半減期（放射能が半分となる期間）が短いため、当初、多量の放射線を発し発熱する。製造直後のガラス固化体表面の放射線量は20秒弱で人が死亡するレベルであり、表面温度は約200℃以上である。その後、時間とともに、放射線量と発熱量は低下していく。ガラス固化体の放射能は1,000年後に約1/3,000、1万年後に約1/10,000となる。ただし、半減期が長い長寿命核種も含まれているため、ウラン鉱石と同等レベルに低下するためには数万年の時間が必要となる（図2）。⁽¹³⁾

図2 ガラス固化体の放射能の減衰



(注) 電気事業連合会が核燃料サイクル開発機構（現日本原子力研究開発機構）『わ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—』1999を基に作成したものである。縦軸の放射能の量は1目盛りについて10倍となっている（筆者注）。
 (出典) 電気事業連合会「高レベル放射性廃棄物の放射能の減衰」『原子力・エネルギー図面集2015』p.8-3-9。<<http://www.fepec.or.jp/library/pamphlet/zumenshu/pdf/all.pdf>>

強い放射線と高熱を発生している製造直後のガラス固化体は、30年で放射線量は数十分の1に、温度も100℃程度まで低下する。ガラス固化体を専用の貯蔵施設で30～50年程度冷却しながら貯蔵した後、地下300m以深の地層（深地層）の中に処分（地層処分）することが日本の基本方針である（経緯と詳細はⅡにまとめる）。なお、貯蔵（storage）とは将来的に回収する意図を持って廃棄物を継続的に管理することであり、処分（disposal）とは回収する意図を持たず廃棄物を人間環境から隔

(13) 原子力発電環境整備機構編『地層処分—その安全性—』2003, pp.20-27; 「高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）とはどんなものでしょうか」資源エネルギー庁HP <http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/hlw/qa/syo/syo03.html>

離することである。

3 高レベル放射性廃棄物の貯蔵状況

(1) ガラス固化体

使用済燃料の再処理技術の研究開発は、動力炉・核燃料開発事業団（以下「動燃」。動燃は核燃料サイクル開発機構を経て平成 17（2005）年に日本原子力研究開発機構（JAEA）が担った。動燃は、昭和 56（1981）年に、東海事業所において再処理を本格的に開始し、平成 7（1995）年からはガラス固化体の製造も始めた。平成 21（2009）年までの累積で約 1,140tU の使用済燃料が処理され、247 本のガラス固化体が製造、貯蔵されている。⁽¹⁴⁾

国内での再処理が本格化するまでの経過的措置として、一部の使用済燃料（累計 7,100tU）について、電気事業者はフランスとイギリスの専門事業者に再処理を委託している⁽¹⁵⁾。再処理によって回収されるウランやプルトニウムとともに、放射性廃棄物も電気事業者に返還される。放射性廃棄物のうち、高レベル放射性廃棄物はガラス固化体に加工されており、フランスからのガラス固化体の返還は、平成 7（1995）年に始まり、平成 19（2007）年に終了している（合計 1,310 本）。イギリスからのガラス固化体の返還は、平成 22（2010）年に開始され、現在も継続中である（全体で約 850 本の見込み）。国内に返還されたガラス固化体は、日本原燃（JNFL）⁽¹⁶⁾の高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター（青森県上北郡六ヶ所村）で貯蔵されている。平成 27（2015）年 8 月末現在、合計 1,574 本となっている。⁽¹⁷⁾

さらに、日本原燃が六ヶ所再処理工場で試験的に製造したガラス固化体が 346 本（平成 27（2015）年 8 月末）あり⁽¹⁸⁾、国内に貯蔵されるガラス固化体の合計は 2,167 本である。

(2) 使用済燃料

日本国内での再処理は、日本原燃が六ヶ所村に建設中の再処理工場で実施される。再処理工場の建設は平成 5（1993）年に開始されたが、竣工時期は既に 20 回以上も見直されており、現在の予定は平成 30（2018）年度上期である。平成 10（1998）年には再処理工場内の貯蔵施設への使用済燃料の試験搬入が実施された。平成 12（2000）年からは本格搬入が開始され、既に容量である 3,000tU

(14) 核燃料サイクル工学研究所「再処理技術開発センター」<<https://www.jaea.go.jp/04/ztokai/summary/center/saishori/>>; 同「沿革」<<https://www.jaea.go.jp/04/ztokai/summary/history.html>>

(15) 日本原子力発電は、東海発電所（ガス炉）の使用済燃料 1,500tU の再処理をイギリスの BNFL（当時、英核燃料公社（後に NDA（原子力廃止措置機関）に再処理業務を移管））に委託している。軽水炉の使用済燃料については、日本国内の電気事業者は、フランスの COGEMA（当時、仏核燃公社、現 AREVA NC 社）に 2,900tU、イギリスの BNFL に 2,700tU の再処理を委託している。（「海外委託再処理から返還される放射性廃棄物」『原子力百科事典 ATOMICA』高度情報科学技術研究機構 HP <http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=05-01-04-05>;「英仏への再処理委託」原子力資料情報室編『原子力市民年鑑 2001』七つ森書館, 2001, p.180.）

(16) 商業用使用済燃料の再処理を行う事業主体として昭和 55 年に発足した日本原燃サービス株式会社と、ウラン濃縮および低レベル放射性廃棄物埋設を行う事業主体として昭和 60 年に発足した日本原燃産業株式会社が、平成 4 年に合併して日本原燃株式会社となった。株主は全国 9 電力会社、日本原子力発電、その他民間 74 社である。（日本原燃「会社概況書 第 36 期」2015.6, p.2. <http://www.jnfl.co.jp/public_archive/7-2-36.pdf>;「会社のあらまし」日本原燃 HP <<http://www.jnfl.co.jp/jnfl/company.html>>）

(17) 日本原燃「高レベル放射性廃棄物貯蔵管理事業」<<http://www.jnfl.co.jp/recruit/business/chozou.html>>; 同「高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターの操業状況」<http://dailydb.jnfl.jp/daily-stat/cgi/pub_preview.cgi?d&3&20150930>

(18) 「六ヶ所再処理工場に係る定期報告書（平成 27 年 8 月報告）」日本原燃 HP <<http://www.jnfl.co.jp/safety-agreement/pdf/1508recycle-safety.pdf>>

に近い2,964tUの使用済燃料が貯蔵されている（平成27（2015）年8月末）⁽¹⁹⁾

再処理工場の竣工、商業運転の開始が大幅に遅れているため、再処理工場内の貯蔵分2,964tUとフランスとイギリスに再処理を委託した7,100tU以外の使用済燃料は、全国各地の原発内で貯蔵されている。各地の原発内に貯蔵されている使用済燃料の合計は、14,430tU（平成26（2014）年9月末、貯蔵容量全体の約50%）だが、このまま再稼働を進めれば、3年程度で貯蔵量の限界に達する原発もある⁽²⁰⁾。

(3) 全体像

これら全体で、日本国内には、使用済燃料17,394tUと、ガラス固化体2,167本が貯蔵されている（表1）⁽²¹⁾。両者の合計はガラス固化体に換算して約26,000本相当となる。なお、政府は原子力発電を今後も重要な電源と規定し、原発の再稼働が始まったことから、対処すべき高レベル放射性廃棄物は、今後も増加していくことになる⁽²²⁾。

表1 日本国内のガラス固化体と使用済燃料

ガラス固化体（本）		使用済燃料（tU）	
茨城県東海村（JAEA製造分）	247	全国の原子力発電所	14,430
青森県六ヶ所村（英仏再処理委託の返還分）	1,574	青森県六ヶ所村（再処理工場内貯蔵施設）	2,964
青森県六ヶ所村（JNFL製造分）	346	青森県むつ市（中間貯蔵施設）	0
合計	2,167	合計	17,394

（注1） JAEA：日本原子力研究開発機構、JNFL：日本原燃

（注2） 青森県むつ市の中間貯蔵施設（貯蔵量：5,000tU、ただし1棟目は約3,000tU）は、平成28（2016）年の事業開始を目指して原子力規制委員会の適合性審査を申請中のため貯蔵量ゼロ。

（注3） 上表以外に、イギリスに再処理を委託し、未返還のガラス固化体が約600本、東京電力福島第一原子力発電所事故炉内には溶け落ちた燃料（デブリ）などがある。

（出典） 日本原子力研究開発機構「高レベル放射性廃棄物 地層処分研究開発の現状」（原子力委員会第14回臨時会議資料1）2014.5.9, p.3. <<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siry014/siry01/siry01.pdf>>などを基に筆者作成。

(19) 竣工前ではあるが、使用済燃料の貯蔵、再処理、ガラス固化などの試験・試運転は実施されている。搬入量は3,389tU、内425tUが既に再処理されたため、貯蔵量は2,964tUである。（同上；資源エネルギー庁「競争環境下の核燃料サイクル事業の課題」（総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会第2回原子力事業環境整備検討専門WG参考資料1）2015.7, p.4. <http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denkijigyou/kentou_senmon/pdf/002_s01_00.pdf>; 日本原燃「日本原燃の事業を支えている原動力について（過去の経緯等も踏まえた考察）」（総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会第2回原子力事業環境整備検討専門WG会議資料4）2015.8.7, p.2. <http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denkijigyou/kentou_senmon/pdf/002_04_00.pdf>; 日本原燃「再処理事業変更許可申請書の一部補正の主な内容について」2015.11.16. <<http://www.jnfl.co.jp/press/pressj2015/20151116-1besshi1.pdf>>

(20) 電気事業連合会「各原子力発電所の使用済燃料の貯蔵量」『原子力・エネルギー図面集2015』p.7-7-1. <<http://www.fepec.or.jp/library/pamphlet/zumenshu/pdf/all.pdf>>; 資源エネルギー庁「核燃料サイクル・最終処分に関する現状と課題」（総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会第1回原子力事業環境整備検討専門WG参考資料2）2014.9, p.4. <http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denkijigyou/kentou_senmon/pdf/001_02s.pdf>

(21) 原発、ウラン濃縮工場、燃料加工工場、再処理工場、MOX燃料加工工場においては、施設の操業や解体に伴って、高レベル放射性廃棄物のみならず、様々な放射性廃棄物が生じる。これらは、低レベル放射性廃棄物と呼ばれ、放射能レベルは様々であるため、そのレベルに応じて埋設処分される。本稿は、高レベル放射性廃棄物について議論を進め、低レベル放射性廃棄物については取り扱わない。

(22) 出力100万kWの原発を1年間運転することで発生する使用済燃料を再処理すれば、約30本のガラス固化体が生じる（日本原子力研究開発機構 前掲注(3)）。

II 高レベル放射性廃棄物の処分方法

1 処分の構想

(1) 草創期の動向

(i) 海外の動き

原子力開発の当初、高レベル放射性廃棄物の取扱いについては、現在と比較すれば、極めて楽観的に考えられていた⁽²³⁾。1945年に米国で開始された方法は、使用済燃料の再処理により生じた廃液を50～100年の耐久性があるとされる炭素鋼のタンクに貯蔵するものであった。しかし、1957年頃から漏えい事故がたびたび起こり、1972年には6週間にわたって管理者が認識しないまま、大規模な漏えい事故が発生している。この経緯から、液体形態での長期貯蔵や、人間による長期管理の限界が明らかとなった。⁽²⁴⁾

1946年に発足した米原子力委員会 (Atomic Energy Commission: AEC) は、放射性廃棄物の処分方法の検討を、米国科学アカデミー (National Academy of Sciences: NAS) に委託した。1957年に公表されたNASの勧告は、使用済燃料の再処理によって生じる高レベル放射性廃液を岩塩層の空洞に貯留する、あるいは、安全性を高めるために固体化して定置するとし、その期間は600年程度とされていた。この勧告に沿って、1965年からカンザス州ライオンズ (Lyons) において廃坑となった岩塩鉱山での試験が開始された。1970年にはライオンズを正式に処分場とする方針をAECが示したが、廃棄物の発熱による岩塩の変性や、地下水による放射性物質の移行の可能性などの技術的問題点が指摘され、地元の反対は強く、1972年にはこの計画は放棄された。⁽²⁵⁾

その後、AECは高レベル放射性廃棄物を再取出し可能な地表施設 (Retrievable Surface Storage Facility: RSSF) で長期貯蔵する計画を策定した。しかし、米環境保護庁 (Environmental Protection Agency: EPA) は、処分の研究開発計画がないため、結果的にRSSFが最終処分場になってしまうと批判し、社会的な反発も強かったため、1975年にAECは同計画を放棄した。⁽²⁶⁾

(ii) 日本の動き

原子力委員会の廃棄物処理専門部会は、放射性廃棄物の処理処分の基本方針を検討し、高レベル放射性廃棄物について、タンク貯蔵などによる「閉込め方式」を原則とする報告書を昭和37(1962)年にまとめている。ただし、タンク貯蔵は、常時監視が必要な点で最終処分とは言えないとして、最終処分として最も可能性がある「容器に入れて深海に投棄する」方法の研究を進めるべきとしている。地質構造を利用した「準閉込め方式」や、人が立ち入れない土中などへの処分については、ちよう密な人口、狭あいな国土、複雑な地質構造、地震などの多い環境条件、地下水の分布と利用

⁽²³⁾ 安俊弘「高レベル放射性廃棄物地層処分—概念発展史と今日の課題—」『科学』974号, 2013.10, pp.1152-1163.

⁽²⁴⁾ 村野徹「高レベル放射性廃棄物地層処分の歩み—主として米国の歴史を中心に—」『日本原子力学会誌』37(1), 1995.1, pp.29-35.

⁽²⁵⁾ National Academy of Sciences (NAS), *The disposal of radioactive waste on land: Report of the Committee on Waste Disposal of the Division of Earth Science*, National Academy of Sciences-National Research Council, 1957. <<http://www.nap.edu/catalog/10294/the-disposal-of-radioactive-waste-on-land>>; 安 前掲注⁽²³⁾; 同上 岩塩層は水をほとんど含まない点や可塑性 (かそせい: 自在に変形する性質) が大きい点などが、放射性物質の漏出防止に有効と考えられた。

⁽²⁶⁾ 村野 同上; 増田純男「地層処分概念の開発経緯」(日本原子力研究開発機構第8回地層処分コロキウム資料) 2014.7.28, pp.1-4. <http://www.jaea.go.jp/04/tisou/colloquium/pdf/08_1.pdf>

状況などを踏まえて、実現が困難とされていた。⁽²⁷⁾

その後、原子力委員会の環境・安全専門部会放射性固体廃棄物分科会は、放射性廃棄物の処理処分の具体案を検討し、昭和 48（1973）年に報告書をまとめた。低レベル放射性廃棄物については具体的な方法が示されているが、高レベル放射性廃棄物については、「アメリカ等と同様人造の保管施設を用いた保管方式を採用する」、「国際的な技術の進展に注目しつつ研究開発をすすめる」といったことのみが記載されている。⁽²⁸⁾

(2) 地層処分の選択

(i) 海外の動き

人間が長期にわたって管理する貯蔵の限界が明らかとなり、1970 年代中頃以降、環境への社会的関心が高まったことによって、原子力を継続利用するためには、高レベル放射性廃棄物問題の解決策を模索することが不可欠となった。米国のみならず、欧州でもこの問題についての検討が進んだ。

1977 年、経済協力開発機構原子力機関（OECD Nuclear Energy Agency: NEA）は、高レベル放射性廃棄物の処分について、「原子力発電計画にともなう放射性廃棄物管理の目標・概念・戦略」（Polvani レポート）を公表した。同報告書は、①人による制度的・継続的な管理を用いる必要がない点で、貯蔵（storage）よりも処分（disposal）が望ましいこと、②安定な地層に閉じ込める地層処分が最も進歩した処分方法であり、処分に適した地層として、岩塩層に加えて、粘土質層と硬岩層も候補となることなどを示した⁽²⁹⁾。

なお、高レベル放射性廃棄物を人間や環境から安全に隔離する方法として、地層処分以外に海洋底下または底上の処分（含む海溝処分）、南極での氷床処分、宇宙空間への処分などが選択肢として検討されてきた。海洋については、「廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約」（ロンドン条約）で禁止されており、南極については「南極条約」で禁止されている。宇宙空間への処分は、衛星打上げの事故リスクが大きいとされる。⁽³⁰⁾

(ii) 日本の動き

放射性廃棄物を含む全ての廃棄物の海洋投棄を規制するロンドン条約が昭和 50（1975）年に発効したことや、海外の調査研究動向を踏まえて、昭和 51（1976）年、原子力委員会は従来の方針を大きく転換した。高レベル放射性廃棄物対策として、「当面地層処分に重点をおき、我が国の社会的、地理的条件に見合った処分方法の調査研究を早急に進め、今後 3～5 年のうちに処分方法の方向付けを行うものとし、さらに昭和 60 年代から実証試験を行うことを目標とする」との方針を決定した⁽³¹⁾。

⁽²⁷⁾ 「廃棄物処理専門部会中間報告書を提出」1962.4.11. 原子力委員会 HP <<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/ugoki/geppou/V07/N05/19620506V07N05.html>>

⁽²⁸⁾ 「環境・安全専門部会中間報告書（放射性固体廃棄物分科会）」1973.6.25. 原子力委員会 HP <<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/ugoki/geppou/V18/N09/197314V18N09.html>>

⁽²⁹⁾ OECD Nuclear Energy Agency (NEA), *Objectives, concepts and strategies for the management of radioactive waste arising from nuclear power programmes: report by a group of experts of the OECD Nuclear Energy Agency, 1977* (JAEA HP <http://www.jaea.go.jp/04/tisou/haikai/haikai_01.html> に原文抜粋と仮訳が掲載されている); 増田 前掲注⁽²⁶⁾, pp.7-8; 安 前掲注⁽²³⁾; 村野 前掲注⁽²⁴⁾

⁽³⁰⁾ 総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会放射性廃棄物 WG「放射性廃棄物 WG 中間とりまとめ」2014.5, pp.13-14. <http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/genshiryoku/houshasei_haikibutsu_wg/report_001.pdf>

(3) 多重バリアシステム

(i) 海外の動き

米国では、放射性廃棄物の管理に関する省庁間レビューグループ（IRG）が組成され、①早期に実用可能な処分方法は地層処分との結論を示した上で、②地層の持つ安定性と隔離機能（自然バリア）に、廃棄物を格納する容器や定置する構造物（人工バリア）を加えた多重バリアによって環境への影響を遮断する考え方を導入することや、③処分問題についての制度整備などを提言する報告書が1979年にまとめられた⁽³²⁾。

1970年代後半以降、地層処分についての研究が各国で進み、①一定の条件を満たす地層であれば、処分地を岩塩層に限定しないこと、②天然の条件（自然バリア）のみに依存することなく、工学的対策（人工バリア）を合わせた多重バリアシステムで放射線の影響を遮断すること、③システム全体の安全性について合理的かつ科学的な評価を行うことを柱とする現在の地層処分システムの技術的な骨格が1980年代前半におおむね確立された。⁽³³⁾

NEAに設置された放射性廃棄物管理委員会は、技術的側面のみならず、環境や倫理の側面から、高レベル放射性廃棄物処分について検討を行った。1995年にまとめられた「長寿命放射性廃棄物の地層処分の環境のおよび倫理的基礎」は、世代内および世代間の公平と公正に焦点を当てて、①将来世代の利益（選択肢）の確保や負担の軽減の観点から、制度的管理を必要とする貯蔵よりも、長い期間にわたり受動的に生物圏から放射性廃棄物を隔離する地層処分が優れていること、②地層処分を段階的に実施することが、将来の科学的進歩と社会的受容性の変化に適合した別の選択を可能とすることなどを指摘している⁽³⁴⁾。

2000年頃までには、各国において地層処分の技術的基盤と制度が整備され、処分地選定の段階に入る準備が整った⁽³⁵⁾。

(ii) 日本の動き（第2次取りまとめ）

地層処分の研究開発は、動燃が中核となって1980年代中盤から本格化した。動燃の後継機関である核燃料サイクル開発機構（現日本原子力研究開発機構（JAEA））は、約20年間の研究の成果をま

(31) 「放射性廃棄物対策について」1976.10.8. 原子力委員会 HP <<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/ugoki/geppou/V21/N10/197603V21N10.html>>

(32) Interagency Review Group on Nuclear Waste Management (IRG), *Report to the President by the Interagency Review Group on Nuclear Waste Management*, 1979. <http://curie.ornl.gov/system/files/documents/SEA/Interagency_Review_Group_Report_MOL.19980625.0169.pdf>; 安 前掲注(23); 増田純男ほか「地層処分概念の変遷（第1回）地層処分黎明期（1950年代～1980年代中頃）」『ATOMOS（日本原子力学会誌）』57(5), 2015.5, pp.325-330.

(33) 安 同上; 村野 前掲注(24); 増田ほか 同上 研究成果をまとめた主な報告書として、NEA, *op.cit.*(29); IRG, *ibid.*; NAS, *A Study of the Isolation System for Geologic Disposal of Radioactive Wastes*, 1983. <<http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0330/ML033040264.pdf>>; Swedish Nuclear Fuel Supply Co., *Final storage of spent nuclear fuel - KBS-3*, 1983（スウェーデン核燃料公社が地層処分の概念設計をまとめたもの）などがある。

(34) 動力炉・核燃料開発事業団『長寿命放射性廃棄物の地層処分の環境のおよび倫理的基礎（邦訳版）』1995（原書名：NEA, *The environmental and ethical basis of geological disposal of long-lived radioactive wastes*, 1995. <<http://www.oecd-neo.org/rwm/reports/1995/geodisp/geological-disposal.pdf>>); 増田 前掲注(26), p.27; 核燃料サイクル開発機構『わ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—別冊 地層処分の背景』1999, pp.19-21. <<http://jolissrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/pdfdata/JNC-TN1400-99-024.pdf>> なお、②（地層処分の段階的实施）はIVで扱う可逆性の議論につながる。

(35) 増田純男ほか「地層処分概念の変遷（第2回）地層処分概念の形成と分化（1980年代中頃～2000年頃）」『ATOMOS（日本原子力学会誌）』57(6), 2015.6, pp.408-413.

とめた技術報告書（第2次取りまとめ）を平成11（1999）年に原子力委員会に提出した。第2次取りまとめは、以下の3点を指摘して、地層処分を事業化の段階に進めるための、信頼性のある技術的基盤が整備されていると総括している（この結論についての議論はⅡ-2-(4)で紹介する）⁽³⁶⁾。

- 地層処分概念の成立に必要な条件を満たす地質環境がわが国に広く存在し、特定の地質環境がそのような条件を備えているか否かを評価する方法が開発された
- 幅広い地質環境条件に対して人工バリアや処分施設を適切に設計・施工する技術が開発された
- 地層処分の長期にわたる安全性を予測的に評価する方法が開発され、それを用いて安全性が確認された

原子力委員会は、第2次取りまとめについて議論の上、平成12（2000）年、地層処分の事業化に向けての技術的拠り所となると判断した⁽³⁷⁾。

2 地層処分の具体的方法と評価

(1) 自然バリアの役割

地層処分が選択された背景には、その他の処分方法（海洋、氷床、宇宙などでの処分）が困難であることもあるが、深い地層自体が高レベル放射性廃棄物を閉じ込める力、すなわち自然バリアを備えているとの判断がある。

処分地について、火山噴火、隆起、侵食といった事象の可能性を調査し、これらを回避する必要があるが、深地層は地表と比較して、地震、津波、台風などの自然現象や、戦争、テロなどの破壊行為による影響を受けにくいと、長期間にわたって、高レベル放射性廃棄物を人間の活動領域から隔離できると考えられた。また、深地層内は、地下水が還元（酸素が少ない）状態にあるため、放射性物質が地下水に溶け込みにくく、後述する人工バリアの腐食も進みにくい環境である。極めて長い時間の経過の中では、人工バリアの機能が低下し、放射性物質は地下水に溶け出すことになるが、動水勾配（地下水面の高低差）が小さい場所であれば、地下水の動きは緩慢であり、高濃度から低濃度へ物質を拡散させる動きはあるものの、地層自体も、放射性物質をろ過あるいは吸着するため、その移行を遅延させる。深地層内のこのような地球化学的な作用によって、地下水が放射性物質を人間の活動領域まで運ぶためには極めて長い時間が必要となると考えられている。⁽³⁸⁾

深い地層自体に高レベル放射性廃棄物を閉じ込める力がある事例として、アフリカのガボン共和国で発見された「オクロ天然原子炉」が有名である。1972年、ガボン共和国のオクロウラン鉱床において、核分裂によって生じたプルトニウムが地表から400mの深さで発見されたのである。20

⁽³⁶⁾ 核燃料サイクル開発機構『わ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— 総論レポート』1999, p.ix. <<http://jolissrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/pdfdata/JNC-TN1400-99-020.pdf>> 本報告書は、ほかに3つの分冊と1つの別冊（同 前掲注⁽³⁴⁾）がある。<<http://www.jaea.go.jp/04/tisou/houkokusyo/dai2jitoimatome.html>> これに先立って、平成4（1992）年には「高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書」（第1次取りまとめ）が公表されている。

⁽³⁷⁾ 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会「わ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」2000.10.11. <http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/docs/library/rprt/rprt05-0.pdf>

⁽³⁸⁾ 原子力発電環境整備機構編 前掲注⁽¹³⁾, pp.52-53, 62-63, 118-121; 古田英一「日本でも地層処分は可能です」『Energy for the future』150号, 2014, pp.30-33.

億年前と推定される核分裂後、核分裂生成物が地下環境において保持されていたことは、地層処分の可能性を示唆するものとされている。⁽³⁹⁾

(2) 人工バリアの役割

地層への放射性物質の漏えいを遅延させる役割を担うのが人工バリアである。地層の自然バリアとともに、放射性物質が地表に近づくことを防ぐ多重バリアを形成している。

人工バリアは、ガラス固化体、オーバーパック（金属製容器）、緩衝材（ベントナイト：粘土）で構成される。前述したように、高レベル放射性廃液は、ステンレス製容器（キャニスター）内にガラスで固められることで、溶解度が低いガラス固化体に加工される（I-2-(2)）。このガラス固化体は厚さ20cm程のオーバーパックに封入されて、約1,000年の間、ガラス固化体と地下水の接触が防止される。オーバーパックは徐々に腐食して放射性物質を吸着する性質を持つ鉄酸化物となり、同時に周囲を還元（酸素が少ない）状態に変えてガラス固化体の溶解を抑制する。オーバーパックの外側約70cmは、緩衝材として、水を通しにくく、放射性物質を吸着する性質を持つベントナイト（粘土）で固められる。このような人工バリアと前述の自然バリアを合わせて、地層処分は多重バリアシステムとなる。（図3）⁽⁴⁰⁾

なお、使用済燃料を再処理しない直接処分の場合には、使用済燃料は金属製のキャニスター（ガラス固化体処分のオーバーパックに相当）に格納され、周囲をベントナイトで固められて処分される（Ⅲ-2-(2)）。

図3 地層処分システムの構成要素と期待される安全機能



(注) 核燃料サイクル開発機構（現日本原子力研究開発機構）『わ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—』1999を基に委員会審議のために作成されたもの（筆者注）。
 (出典) 「我が国における高レベル放射性廃棄物処分への取組状況」（文部科学省原子力分野の研究開発に関する委員会第4回RI・研究所等廃棄物作業部会資料4-2）2006.3.28, p.9. <http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/011/shiryo/06050201/003.pdf>

39) 吉田英一『地層処分—脱原発後に残される科学課題—』近未来社, 2012, pp.32-34. 20億年前の天然ウランには核分裂性のウラン235が5%程度含まれていたと考えられる。

40) 同上, pp.26-32; 原子力発電環境整備機構編 前掲注(13), pp.55-61.

(3) 安全性の評価

地層による自然バリアと工学的な人工バリアで構成される多重バリアシステム全体としての有効性について、数万年単位の評価が必要となる。具体的には、ガラスの溶解、金属の腐食、緩衝材の冠水などの人工バリアの機能変化、放射性物質の地下水への溶出、地下水を介した放射性物質の移動などの天然バリア内の動向、火山、地震、隆起・侵食などによる環境変化などの事象について、多数のシナリオを想定し、物理・化学的法則に基づくモデルを策定して、地上への影響を合理的かつ科学的な形で解析することになる。⁽⁴¹⁾

第2次取りまとめは、以下の3点を仮定する場合を基本シナリオ、仮定が満たされない場合を変動シナリオとして評価を実施している。

- 現在の地層環境が有する特性が将来においても安定して変わらないこと
- 人工バリアは設計どおりに製作・施工され期待される安全機能を発揮すること
- 現在の地表の環境（気候、表層水系）の状態が将来も継続すること

基本シナリオは、岩盤の種類、地下水の状況などの組合せ、データやモデルの不確実性の考慮、天然バリアが機能しない場合などにより35ケースに分類されて評価が行われている。変動シナリオは、隆起や侵食などの天然現象、施工不良などを想定して2ケースに分類されて評価が行われている。基本シナリオと変動シナリオの合計37ケースの評価は、地下水を介した影響分析であり、地下水シナリオと呼ばれる。第2次取りまとめは、地下水シナリオに加えて、地震の原因となる活断層のずれ（断層活動と呼ばれている）などによってガラス固化体と人間の物理的距離が接近する接近シナリオについて、その可能性は小さいとしながらも、仮想的事象として評価を行っている。

基本シナリオ35ケースのうち、評価の基準となる標準ケースをレファレンスケースと呼ぶ。レファレンスケースでは、1,000年後にオーバーパックが腐食により消滅して、ガラス固化体からの放射性物質の地下水への溶出が進み（約7万年で全量溶解）、汚染された地下水が緩衝材を経て、岩盤内（酸性の結晶質岩）を移動して河川に流れ込むことによって、放射性物質が人間環境に運ばれるとの想定が与えられている。ガラス固化体4万本を地層処分した場合、レファレンスケースでは、地上の人間にもたらされる放射線量の最大値が80万年後に毎年0.005マイクロシーベルト（以下「 μSv 」）となる。この値は、日本における自然放射線レベル（毎年900~1,200 μSv ）や諸外国で提案されている安全基準（毎年100~300 μSv ）と比較して十分に小さいと評価されている。

地下水の流れが速い場合や天然バリアの機能を除外した場合の基本シナリオや変動シナリオにおいては、環境への影響が大きくなるが、35種類の基本シナリオと2種類の変動シナリオの全てについて、放射線量の最大値は諸外国で提案されている安全基準を下回ると評価されている。また、断層が処分施設を横切り、人工バリアと天然バリアが作用することなく高レベル放射性物質が地下水に溶出する接近シナリオについても、日本における自然放射線レベルを著しくは超えないと評価されている。⁽⁴²⁾

(41) 原子力発電環境整備機構編 同上, pp.64-73.

(42) 核燃料サイクル開発機構 前掲注(36), pp.V1-V155; 資源エネルギー庁「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」2008.4, pp.39-48. <http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/docs/library/pmpht/hlw.pdf>

(4) 安全性への懸念

第2次取りまとめの見解については懐疑的な見方もある。地層処分を批判的に検討する市民団体である地層処分問題研究グループは、開かれた議論が行われていない、測定結果や計算結果の公開が限定的である、根拠となる文献やデータは第三者の審査を経ていない内部資料が多く含まれているなど、検討過程を批判した上で、検討結果についても、地質の長期安定性、人工バリアの機能、自然バリアの機能などの観点から、日本での地層処分の安全性についての懸念を示した⁽⁴³⁾。

具体的には、①変動帯（地震、火山活動、地殻変動が活発な地域）にある日本列島において、適切な地層を持つ処分地を選定することの困難、②処分場建設や埋設作業の安全性への疑義、③ガラス固化体の発熱によるオーバーパック（金属製容器）への影響や、有機物や微生物による緩衝材（ベントナイト：粘土）への影響によって人工バリアが想定どおりに機能しない可能性、④地下水流量や地下深部の亀裂の状況の変化によって天然バリアの有効性が損なわれる可能性などによって、仮定次第では評価結果がより厳しいものになるとし、第2次取りまとめは、技術的可能性を示したに過ぎないとの見方が示されている。

これに対して、核燃料サイクル開発機構（現日本原子力研究開発機構（JAEA））は、指摘された事象もシナリオに反映させて検討しているとして、判断の変更はないとしている。また、研究開発から実施に進むこの段階において、「地層処分の成立が困難な条件を並べ立てることは適切でない」としている。⁽⁴⁴⁾

Ⅲ 地層処分の具体化

1 日本の取組

(1) 法整備と実施体制

地層処分の技術的基盤が整ったことを受けて、最終処分を計画的かつ確実に実施するため、平成12（2000）年5月、「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」）が成立した。最終処分法は、最終処分を実施する主体の設立など主に以下の事項を定めている。⁽⁴⁵⁾

(43) 地層処分問題研究グループ（高木学校＋原子力資料情報室）編『「高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性」批判』2000, pp.1-5; 藤村陽ほか「高レベル放射性廃棄物の地層処分はできるか(1) 変動帯日本の本質」『科学』70(12), 2000.12, pp.1064-1072; 同ほか「高レベル放射性廃棄物の地層処分はできるか(2) 安全性は保証されてはいない」『科学』71(3), 2001.3, pp.264-274.

(44) 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』2000.10. <<http://jolissrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/pdfdata/JNC-TN1410-2000-008.pdf>>; 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—『地底処分研究開発第2次取りまとめ』批判への見解」『科学』71(11), 2001.11, pp.1479-1494. <http://www.jaea.go.jp/04/tisou/kenkai/pdf/kagaku_vol71_2001.pdf>

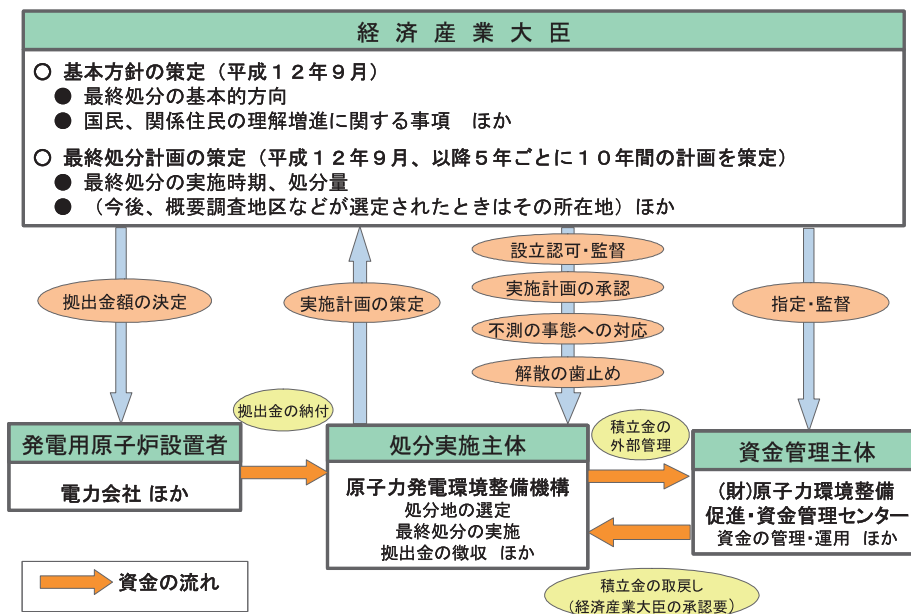
(45) 「最終処分に関する法律」資源エネルギー庁 HP <http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/gaiyo/gaiyo03.html> 平成19（2007）年の改正によって、最終処分の対象となる特定放射性廃棄物として、従来の高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体、第一種特定放射性廃棄物）に TRU 廃棄物（半減期の長い超ウラン核種を含む廃棄物、第二種特定放射性廃棄物）が追加された。また、再処理を委託したイギリスから返還予定であった TRU 廃棄物の代替として返還されるガラス固化体も第一種特定放射性廃棄物に加えられた。（資源エネルギー庁電力・ガス事業部放射性廃棄物等対策室「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律の改正について」（原子力委員会第10回定例会議資料2-3）2007.3.13, pp.6, 10-11, 13-14. <<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siry02007/siry010/siry023.pdf>>）

- ①経済産業大臣が策定する最終処分の基本方針と最終処分計画を閣議決定すること
- ②処分事業の実施主体として、認可法人である原子力発電環境整備機構を設立すること
- ③処分費用は事業者が拠出し、指定法人が管理し、実施主体に提供されること
- ④3段階（概要調査地区、精密調査地区、最終処分施設建設地）の選定プロセスを定義し、選定の際の調査・評価事項を明確化すること

最終処分法に基づき、平成12（2000）年9月、通商産業大臣（当時）が策定した「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」（以下「基本方針」）と「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」（以下「最終処分計画」）が閣議決定された。また、同年10月には、認可法人として原子力発電環境整備機構（Nuclear Waste Management Organization of Japan: NUMO. ニューモ）が設立された。⁽⁴⁶⁾

NUMOは、「特定放射性廃棄物の最終処分の実施に関する計画」（以下「実施計画」）を策定して経済産業大臣の承認を受けた上で、最終処分施設建設地の選定、最終処分施設の建設と管理、最終処分、処分場の閉鎖、閉鎖後の管理などを行う地層処分の実施主体である。地層処分に必要となる費用は、原子力発電を行う事業者などが納付する拠出金とその運用益が充てられる。この資金の管理と運用は、経済産業大臣が指定した原子力環境整備促進・資金管理センター⁽⁴⁷⁾に委託されている。（図4）⁽⁴⁸⁾

図4 特定放射性廃棄物の最終処分事業の基本スキーム



（出典）「高レベル放射性廃棄物の最終処分について」（総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会平成17年度第1回放射性廃棄物小委員会資料5）2005.7.27, p.1（基本スキーム図）。
 <http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/nuclear_subcommittee/002/002_001/pdf/001_005.pdf>

(46) 「高レベル放射性廃棄物の最終処分について」（総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会平成17年度第1回放射性廃棄物小委員会資料5）2005.7.27。<http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/nuclear_subcommittee/002/002_001/pdf/001_005.pdf>

(47) 放射性廃棄物に関する調査研究機関として昭和51（1976）年に発足した財団法人原子力環境整備センターが、最終処分法の指定法人となり、名称を原子力環境整備促進・資金管理センターに改め、調査研究業務と資金管理業務を行う組織となった。平成22（2010）年には公益財団法人に移行した。（「沿革」原子力環境整備促進・資金管理センターHP <<http://www.rwmc.or.jp/organization/history/>>）

(48) 「高レベル放射性廃棄物の最終処分について」前掲注(46)

NUMOは最終処分事業の実施主体として、安全な実施と経済性や効率性の向上などを目的とする技術開発を担う。一方、最終処分の調査研究の中核であり、第2次取りまとめを作成した核燃料サイクル開発機構（現日本原子力研究開発機構（JAEA））などの研究開発機関は、深地層の科学的研究、地層処分技術の信頼性向上や安全評価手法の高度化に向けた基盤的な研究開発などを引き続き実施する（例えば、JAEAは岐阜県瑞浪市と北海道天塩郡幌延町の2か所に深地層研究施設を建設している⁽⁴⁹⁾）。平成17（2005）年の原子力政策大綱は、国、研究開発機関、そしてNUMOに対して、「それぞれの役割分担を踏まえつつ、密接な連携の下で、高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る研究開発を着実に進めていくことを期待する」⁽⁵⁰⁾としている。

(2) 実施計画と候補地公募

最終処分施設建設地の選定については、表2に示すように3段階に分けて、地層や地層内の地下水の状況などを調査することで絞り込む計画である（段階的アプローチ）。当初の最終処分計画は、文献調査による概要調査地区の選定を経て、地表からの現地調査による精密調査地区の選定時期を平成20年代前半、地下に建設する調査施設での調査結果を踏まえた最終処分施設建設地の選定時期を平成30年代後半、施設建設後、最終処分を開始する時期を平成40年代後半という目途を設定した。

表2 日本国内の高レベル放射性廃棄物

段階	概要	時期的目途 ⁽⁶⁾
第1段階 概要調査地区の選定	文献調査 ⁽¹⁾ による概要調査地区の選定 活断層、火山、隆起・侵食などについて調査し、応募地区が建設地としての適性が明らかに劣る場合には概要調査地区とはしない	
第2段階 精密調査地区の選定	地表からの現地調査による精密調査地区の選定 概要調査地区とその周辺の地層、それらの地層を構成する岩石や地層内の地下水位の状況等を地表踏査 ⁽²⁾ 、物理探査 ⁽³⁾ 、ボーリング ⁽⁴⁾ 、トレンチの掘削 ⁽⁵⁾ などによって調査	平成20年代前半 →平成20年代中頃
第3段階 最終処分施設建設地の選定	地下に実際に建設する調査施設における調査による最終処分施設建設地の選定	平成30年代後半 →平成40年前後

(注1) 公開された文献その他の資料（記録文書、学術論文、空中写真、地質図など）による調査

(注2) 地層・岩石の分布、地質構造、活断層の分布等を地表面から調査するもの

(注3) 人工的に発生させた地震波や電磁波等によって、地下の地質構造、鉱床の有無等を調査するもの

(注4) 地中に数百～千mの円筒状の孔を掘り、地下の岩石、地下水等に関する情報を取得するもの

(注5) 断層線を横切る方向に細長い溝を掘り、断層のずれかたや地層の年代などから活断層の既往歴を調査するもの

(注6) 時期的目途は、平成20（2008）年に一部見直し（→は見直し・変更を意味する）

(出典) 「概要調査地区等の選定手続きの進め方は？」原子力発電環境整備機構 HP <http://www.numo.or.jp/q_and_a/04/#qa01>などを基に筆者作成。

第1段階の概要調査地区選定を行うため、NUMOは全国の市町村を対象に、平成14（2002）年12月、文献調査を行う候補地の公募を開始した。平成19（2007）年1月に高知県安芸郡東洋町が応募したものの、民意を問う町長選挙で反対派が勝利したため、同年4月に応募は取り下げられている。東洋町の動きを踏まえて、国民全般に対する広報の充実、地域広報の充実、地域振興構想の提示、体制や機能の強化など事業推進の取組の強化策がまとめられた⁽⁵¹⁾。東洋町以外にも10以上の市町村について、応募を検討するとの報道があったものの、住民や周囲自治体の反対が強く正式

(49) 「東濃地科学センター」JAEA HP <<http://www.jaea.go.jp/04/tono/index.htm>>; 「幌延深地層研究センター」JAEA HP <<http://www.jaea.go.jp/04/horonobe/index.html>>

(50) 「原子力政策大綱」（平成17年10月11日原子力委員会決定、同年10月14日閣議決定）pp.24-25. <<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/tyoki.htm>>

な応募には至っていない。⁽⁵²⁾

本来、段階的アプローチは、地域とのコミュニケーションを深めつつ、個別の候補地における調査や開発を進めるものである。しかし、公募後、専門家が受け身の姿勢となる一方、国民は関心を持たず、国民合意を醸成することができなかつたとの指摘がある⁽⁵³⁾。また、日本列島が変動帯にあるため、最終処分に適切な地域の有無について疑念が生じやすいことや、原子力発電のトラブル隠しなどによって事業者への信頼が必ずしも十分でないことも、最終処分地選定が進まない要因であろう。

最終処分地の公募が不調となっていることも踏まえ、平成 20（2008）年には最終処分計画は改定され、精密調査地区の選定期間は平成 20 年代中頃（旧：平成 20 年代前半）、最終処分施設建設地の選定期間は平成 40 年前後（旧：平成 30 年代後半）に見直された（ただし、事業推進の取組の強化策をまとめたことも踏まえて、最終処分を開始する時期は平成 40 年代後半のままとされた）⁽⁵⁴⁾。東日本大震災以後の直近の取組は、IV-3 でまとめる。

2 諸外国の動向

(1) 総論

地層処分の実施は、諸外国においても、大きな課題となっている。処分地が決定しているのは、フィンランドとスウェーデンのみである。フィンランドは 2001 年にオルキオトを処分地に決定した。事業者は、地下調査施設の建設を 2004 年に開始し、2012 年には処分場の建設許可を申請し、2015 年に建設許可を受けており、処分の開始は 2022 年の予定である⁽⁵⁵⁾。スウェーデンでは、事業者が 2009 年にボスニア湾に面した同国中部のフォルスマルクを処分地に決定し、2011 年に建設許

(51) 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は、「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—」2007.11.1. <<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g80206c03j.pdf>> をまとめている。提言内容は、国が前面に立った取組以外は、おおむね実行されている（「高レベル放射性廃棄物処分について」（総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会平成 25 年度第 1 回放射性廃棄物小委員会資料 2）2013.5.28, p.15. <http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denkijigyuu/houshasei_haikibutsu/pdf/25_01_02_00.pdf>）。

(52) 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』709 号, 2010.2, pp.112-113（表 3）。<http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_1166407_po_070905.pdf?contentNo=1&alternativeNo=>；「高レベル放射性廃棄物処分について」同上, p.14. ほかに報道された町村は、福井県和泉村、高知県佐賀町、熊本県御所浦町、鹿児島県笠沙町、長崎県新上五島町、滋賀県余呉町、鹿児島県宇検村、高知県津野町、長崎県対馬市、福岡県二丈町、鹿児島県南大隅町、秋田県上小阿仁村、福島県楡葉町である（名称は当時のもの）。

(53) 安 前掲注(23)

(54) 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」（平成 20 年 3 月 14 日閣議決定）、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」（平成 20 年 3 月 14 日閣議決定）<http://www.rwmc.or.jp/law/file/saishu_hoshin_kaitei.pdf>; 資源エネルギー庁「「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」の改定について」（総合資源エネルギー調査会電気事業分科会第 16 回原子力部会資料 3-1）2008.2.6. <<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g80206c04j.pdf>> この改定は、平成 19（2007）年に最終処分法が改正され、最終処分の対象に TRU 廃棄物が追加された（前掲注(45)）ことも背景にある。なお、最終処分法は最終処分計画を 5 年ごとに定めることを規定しており、平成 17（2005）年に最初の改定が実施されている。同改定は、最新データに基づき特定放射性廃棄物の量およびその見込みなどを見直したが、概要調査地区などの選定期間や最終処分を行う時期は見直していない（「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画の改定について」（総合資源エネルギー調査会電気事業分科会第 2 回原子力部会資料 4）2005.8.9. <http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/nuclear_subcommittee/001/001_002/pdf/002_004_01.pdf>）。

(55) “When will final disposal begin?” Posiva HP <<http://www.posiva.fi/en>>; “General Time Schedule for Final Disposal.” Posiva HP <http://www.posiva.fi/en/final_disposal/general_time_schedule_for_final_disposal#.VgnOu6wscYI>

可申請を行っており、2030年代初めの処分開始を計画している⁽⁵⁶⁾。フランスは北東部のムーズ県のビュール地下研究所近傍を候補地として精密調査の段階にある。これらの3か国は、地層処分の実現に向けて相対的に進展している国と言えよう。⁽⁵⁷⁾

公募や文献調査によって、処分候補地を探している段階にある国は、米国、ドイツ、日本、イギリス、スイス、中国、カナダなどである（米国とドイツの状況については後述）。処分の方法を含めて検討している国には、スペイン、ベルギー、韓国などがある。また、原子力発電量が少ない一部の国（オランダなど）は、廃棄物の発生量が少なく、現時点では地層処分が非効率であるため、当面は、保管を継続する方針である。⁽⁵⁸⁾

(2) フィンランドの事例

(i) オルキルオトの選定

フィンランドは、1983年に放射性廃棄物の管理に関する研究、調査、実施計画についての原則決定⁽⁵⁹⁾を行った。最終処分場の選定を、①サイト確定調査（1983～1985年）、②概略サイト特性調査（1986～1992年）、③詳細サイト特性調査（1993～2000年）の3段階で進め、処分地選定後、建設許可申請を2010年（後に2012年に延期）、地層処分の開始を2020年（後に2022年に延期）とする目標が設定された。⁽⁶⁰⁾

使用済燃料の最終処分の責任がある原子力発電事業者のテオリスーデン・ヴォイマ社（Teollisuuden Voima Oyj）は文献調査などによるサイト確定調査や現地ボーリング調査などによる概略サイト特性調査によって、1992年までに最終処分地候補を3か所に絞り込んだ。1995年、同社は、もう1つの原子力発電事業者であるファルツム・パワー・アンド・ヒート社（Fortum Power and Heat Oy）と共同で最終処分実施主体となるポシヴァ社（Posiva Oy）を設立した。ポシヴァ社は、既に絞り込まれた3か所に1か所を加えて詳細サイト特性調査を実施し、1999年には安全評価と環境影響評価をまとめた。4か所の中から、地盤、原発との距離（輸送コストの抑制）、地域住民の意向などを踏まえ、ユーラヨキ（エウラヨキ）自治体のオルキルオトが選定された。その後、規制機関である放射線・原子力安全センター（The Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland: STUK）による安全評価の審査や、地元議会の同意を経て、2000年にオルキルオトを最終処分地とする原則決定を政府が行った（2001年の国会承認により正式決定）。⁽⁶¹⁾

⁽⁵⁶⁾ “Our Task.” Svensk Kärnbränslehantering HP <<http://www.skb.com/about-skb/our-task/>>

⁽⁵⁷⁾ 資源エネルギー庁『諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について』2015.2, pp.1-7. <<http://www2.rwmec.or.jp/publications/hlwkj2015/>>; 総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会放射性廃棄物WG前掲注⁽³⁰⁾, p.4.

⁽⁵⁸⁾ 同上

⁽⁵⁹⁾ 原則決定とは、フィンランド特有の政策決定手段であり、政府や行政省庁が政策を進める根拠として政府が決定する文書とその内容を閣議で決定すること（資源エネルギー庁 前掲注⁽⁵⁷⁾, p.45.）。

⁽⁶⁰⁾ 田辺博三「フィンランドの高レベル放射性廃棄物政策は—オルキルオト地層処分場におけるオンカロ建設の今—」『エネルギーレビュー』389号, 2013.6, pp.42-45.

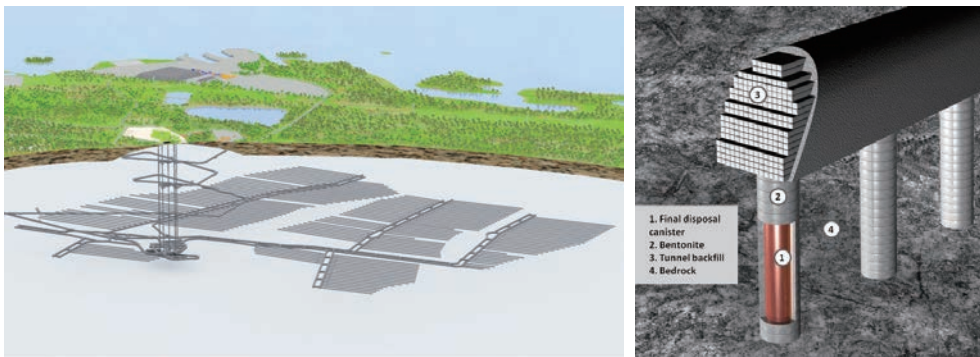
⁽⁶¹⁾ 佐原聡「最先端に行くフィンランド—2012年に建設許可申請へ—」『原子力eye』657号, 2009.12, pp.11-13. ユーラヨキ自治体（Eurajoki）は、人口約6,000人、フィンランドの首都ヘルシンキから北西に約240kmの距離にあり、オルキルオト（Olkiluoto）は、その西部にある7km²の島である。なお、ポシヴァ社設立の背景には、1994年の原子力法の改正がある。同改正によって、使用済燃料の輸出入が禁止され、フィンランドの原子力発電で発生する放射性廃棄物は自国内で最終処分することとなった。この改正までは、ファルツム・パワー・アンド・ヒート社は原子力発電の技術供与元であるロシアに使用済燃料を返還していたが、最終処分を実施する義務が発生したため、テオリスーデン・ヴォイマ社と共同でポシヴァ社を設立することとなった。

(ii) 地下調査施設オンカロと最終処分場

オルキオトには、オンカロ（ONKALO）と命名された地下特性調査施設が2004年から建設されている。坑道の深さ455m、トンネルの総延長は約5kmの施設内⁽⁶²⁾では、本格稼働に向けて岩盤や地下水のデータを収集するなどの調査や研究開発が行われている。調査研究を経て、2012年には建設許可申請が提出され、2015年には建設許可が交付された⁽⁶³⁾。

オルキオト最終処分場の計画によれば、地下400～450mの深さの岩盤に水平方向に多数のトンネル（処分坑道）が建設され、キャニスター（金属製容器）に格納された使用済燃料はトンネルに掘られた穴に埋設される（図5）。処分は2022年から約100年間進められ、その後には処分施設は封鎖される。地表と地中をつなぐトンネルは4本（人間用、キャニスター運搬用、各1本と換気用2本）あり、これらはオンカロのものが活用される。⁽⁶⁴⁾

図5 オルキオトの最終処分場と多重バリアシステム



(注1) 左図は多数の処分坑道が深地層内に広がる最終処分場の全体像（筆者注）
 (注2) 右図は深地層の岩盤⁽⁴⁾に設けられた処分坑道下に周囲をベントナイト⁽²⁾に固められたキャニスター⁽¹⁾が埋設されるイメージ。最終的には処分坑道も封鎖⁽³⁾されている（筆者注）。
 (出典) ポシヴァ社（Posiva Oy）, “Illustration repository 9000 tU,”; “Release barriers,” *Image gallery*. <http://www.posiva.fi/en/media/image_gallery?gfid_2061=92#gallery_2061>

フィンランドは、使用済燃料を再処理せずに直接処分する方針であり、地層処分の方法はスウェーデンと同じ方式を採用している。すなわち、①使用済燃料を燃料棒形態のままキャニスターに格納、②キャニスターの周囲を緩衝材であるベントナイトで固める、③最終的には坑道を埋戻し材によって封鎖、④処分場は地層深部の岩盤内に建設する多重バリアシステムである（図5）。使用済燃料は固体であり、燃料棒は金属で覆われているため、放射性物質の放出速度は遅くなる。キャニスター内の使用済燃料を格納する部分は鋳鉄製、周囲は対腐食性の高い銅製（厚さ5cm）となっており、外部からの影響を遮断する。ベントナイトは物理的な振動を吸収し、地下水の動きを抑制する。オルキオトの岩盤は、18～19億年前に形成された古いもので、地下水脈を避けることで極めて安定した処分環境が確保できるとされている。⁽⁶⁵⁾

⁽⁶²⁾ “ONKALO Excavation Situation.” Posiva HP <http://www.posiva.fi/en/final_disposal/onkalo/onkalo_excavation_situation#Vgn5aqwscYI>

⁽⁶³⁾ “Posiva is granted construction licence for final disposal facility of spent nuclear fuel,” 2015.11.5. Posiva HP <http://www.posiva.fi/en/media/press_releases/posiva_is_granted_construction_licence_for_final_disposal_facility_of_spent_nuclear_fuel.3225.news>

⁽⁶⁴⁾ “Repository.” Posiva HP <http://www.posiva.fi/en/final_disposal/final_disposal_facility/repository#.VgtEVekhrWE> 処分場の規模は処分する使用済燃料の量に依存する。当初計画の処分量5,500tUの場合、2,800のキャニスターが埋設されることになり、処分坑道は137本、総延長42km、地下処分場面積は2～3km²となる（建設許可申請は処分量を9,000tUとしている）。なお、2014年末現在のフィンランド国内の中間貯蔵量は2,050tUである（Posiva, *ANNUAL REPORT 2014*, 2015, p.5. <http://www.posiva.fi/files/4004/Annual_Report_2014.pdf>）。

(iii) 特色

1983年の原則決定から2年の延期はあったが、フィンランドは世界で最初に処分地を正式決定し、最終処分開始も世界最初となることが見込まれている。最終処分される使用済燃料はキャニスターに格納する前に40年ないし60年の間、原発内の中間貯蔵施設において冷却する点からみても、2022年の処分開始は適当な時期と言える。

フィンランドの最終処分計画が順調に進んだ背景として、いくつかの要因が考えられる。1つは、大国ロシアに隣接するため、エネルギーの自給率を上げることが、国家としての重要課題であったことが挙げられる。原子力発電はその手段と位置付けられ、最終処分場の確保も計画的に進められた。次の要因としては、地域住民の規制当局や事業者への信頼が挙げられる。処分地決定については、事前の環境影響評価と地元議会の同意を前提とし、最終的には国会の同意を必要とする丁寧なプロセスが定められており、環境影響評価の内容は、市民に積極的に開示されている。特に、オルキオトでは、30年以上前から2基の原子炉が稼働中であり（このほかに、建設中1基、計画中1基）、長年のコミュニケーションによって原子力に対する住民の理解が深まっていた。さらに別の要因としては、フィンランドの岩盤が極めて安定的である点が挙げられる。文献などによるサイト確定調査では102の地点が候補となり、ボーリング調査を含む概略サイト特性調査は5か所で実施された。詳細サイト特性調査対象の4か所については、地質条件の差異は小さく、環境影響評価が行われた上で、地域の意向や使用済燃料の輸送距離などからオルキオトが選択された。候補が複数あった点が注目される。⁽⁶⁶⁾

米国はネバダ州ユッカマウンテンを最終処分地に決定し、ドイツはニーダーザクセン州ゴアレーベンを候補地として調査を開始したものの、地元の反対や政策の見直しにより計画は一旦中止となっている⁽⁶⁷⁾。地元とのコミュニケーションを密にした上で、高い透明性を確保して、段階的に進めるスウェーデンやフィンランドの方法が、結果としては適切であったと言えよう⁽⁶⁸⁾。

(65) “Multiple barriers helps to ensure that no nuclear waste will be released to living nature.” Posiva HP <http://www.posiva.fi/en/final_disposal/basics_of_the_final_disposal#.VgtYTukhrWE>

(66) 最首公司「『エコ・エネルギー・ツーリズム』を探る（前編）フィンランドの「ファラオの棺」—使用済み核燃料最終処分場」『エネルギーフォーラム』55(657), 2009.9, pp.104-107; 「諸外国における立地選定プロセスについて」（総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会第5回放射性廃棄物WG参考資料1）2013.11.8, pp.1-5. <http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/genshiryoku/houshasei_haikibutsu_wg/pdf/005_01_02.pdf>; 資源エネルギー庁 前掲注(57), pp.54-57. なお、フィンランドにおいては、処分場を含む原子力施設の立地自治体に対して、固定資産税の上限が引き上げられる優遇措置がある。しかし、日本の電源三法交付金制度のような大規模な財政措置はなく、固定資産税以外の経済的メリットは、雇用創出や事業者による自治体支援にとどまる。

(67) 米国は、1987年にユッカマウンテン（ヤッカマウンテン）を最終処分地の唯一の候補地とすることを法定し、サイト特性調査を経て、2002年、ユッカマウンテンを処分地とすることをジョージ・ブッシュ（George W. Bush）大統領（当時）が承認した。地元ネバダ州の不承認通知を連邦議会が覆す決議を行ったことで正式決定となり、2008年に建設認可が申請されている。政権交代後、オバマ（Barack H. Obama）大統領が計画を白紙とし、実施主体であるエネルギー省は建設認可申請の取下げを米国原子力規制委員会（NRC）に申請し、NRCも審査を停止した（2010年）。しかし、取下げは認められておらず、2011年には裁判所が審査の再開を命じている。（河田東海夫「ヤッカマウンテン計画の失敗とブルーリボン委員会報告書」『ATOMOS（日本原子力学会誌）』54(12), 2012.12, pp.804-809; 「NRCがユッカマウンテン最終処分場の許認可審査を再開」『海外電力』583号, 2014.2, pp.114-116; 「諸外国における立地選定プロセスについて」同上, pp.29-33.）また、ドイツでは、処分地候補地としてゴアレーベンでの現地調査が1970年代に始まっていたが、2000年以降に見直しの動きがあって、2013年にはゴアレーベンを含めて新たな方法で選定することが決まっている（「諸外国における立地選定プロセスについて」同, pp.34-38.）。

(68) 安俊弘・カリフォルニア大学教授は、「一言で言うと、「急がば回れ」であろう。」としている（安俊弘「ヤッカマウンテン処分場計画の終焉と今後」『ATOMOS（日本原子力学会誌）』53(11), 2011.11, pp.728-729.）。

IV 日本における地層処分の課題

1 地層・地質環境と安全性

(1) 変動帯にある日本列島

日本列島は、2つの陸のプレート（西日本のユーラシアプレートと東日本の北米プレート）の上であり、太平洋側の日本海溝や南海トラフで、2つの海のプレート（太平洋プレートとフィリピン海プレート）が陸のプレートに沈み込んでいる。プレートの境界やその周辺に大きなひずみが蓄積されるため、日本は、活発な地震・断層運動（地震の原因となる断層面の急激なずれ）と火山活動が見られる、「世界の代表的な変動帯」である⁽⁶⁹⁾。フィンランドのような古く安定した岩盤を持つ国とは立地条件が大きく異なっていることは、地層処分を検討する上で重要な問題である⁽⁷⁰⁾。

第2次取りまとめは、日本列島が変動帯にあることを前提として検討し、火山活動や断層運動は限られた地域で繰り返し起こっているため、これら避けることが可能であり、隆起・沈降・侵食による影響も評価できるとして、地層処分の条件を満たす地域が広く存在すると結論付けている⁽⁷¹⁾。しかし、東日本大震災（平成23（2011）年）や近年の火山噴火（御嶽山：平成26（2014）年、阿蘇山：平成27（2015）年など）によって、広く一般市民が日本列島の特性を再認識させられている。地層処分に不適切な場所を科学的に回避することが可能とする政府やNUMOの考え方が、立地地域の住民や国民全体から理解されることは、従来よりも難しくなっているのではないかと。

(2) 事象別検討

日本が変動帯に位置することは、地層処分にとって厳しい条件である。変動帯において活発に生じる火山活動、隆起・沈降・侵食、地震・断層運動、地下水の変化などの自然現象は、地層処分システムにおける深地層および地質環境が果たすべき以下の①～③の重要な機能に影響を及ぼすため、慎重に検討する必要がある。

- ①物理的隔離：高レベル放射性廃棄物の人間生活圏からの隔離
- ②保護的条件：人工バリアが十分に機能するための環境を維持
- ③天然バリア：将来的に深地層内に漏えいする放射性物質の移行を遅延、分散、希釈

地形変化によって高レベル放射性廃棄物が人間の活動領域に接近することや、地質環境の変化によって想定以上に早くまたは大量に放射性物質が地上に到達することは回避しなければならない。以下、変動帯における特徴的な事象（火山活動、隆起・侵食、地震・断層運動）が3つの機能に及ぼす影響と、これらを回避することの可能性についてまとめる。

⁽⁶⁹⁾ 太田陽子ほか『日本列島の地形学』東京大学出版会、2010、p.2。なお、日本の陸地面積は世界の0.3%に満たないが、世界で発生するM5.0以上の地震の10%が日本近辺で発生している（気象庁「地震について 世界や日本周辺ではどのくらい地震が起こっているのですか？」<<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/faq/faq7.html#9>>）。

⁽⁷⁰⁾ 以下では、変動帯の特徴である、火山、隆起・侵食、地震について取り上げるが、このほかに、変動帯であるため、地殻変動による岩石内の亀裂が多いことにも注意が必要である。降水量が多いことと、これらの亀裂が、日本が地下水に恵まれる背景であるが、地層処分にとっては、工事の難易度を高め、放射性物質の移動を容易とするリスクにつながるとの指摘がある（土井和巳『日本列島では原発も「地層処分」も不可能という地質学的根拠』合同出版、2014、pp.68-70.）。

⁽⁷¹⁾ 核燃料サイクル開発機構 前掲注(36)、pp.iii-iv。

(i) 火山活動

火山噴火に伴って高レベル放射性廃棄物が地上に拡散することは、絶対に回避しなければならない。また、火山活動に伴う地熱によって処分場を含む人工バリアの機能が低下することも回避しなければならない。高レベル放射性廃棄物の放射能が減衰する数万年以上にわたって、火山活動の影響が及ばない地域を選択する必要がある。

日本には110の活火山（過去1万年以内に活動した火山）があるが⁽⁷²⁾、国土全体に均一に分布するのではなく、日本列島沿いの海溝と平行に連なっている。現在の火山分布は、過去数百万年程度の間、大きな変化はない。火山活動は、地球のプレート運動によるため、今後の10万年程度についても火山分布に変化はなく、特に現在位置の海溝側に新たな火山が形成されることはないと考えられている。このような知見によって、火山活動の影響を避けた候補地選定は可能とされている。⁽⁷³⁾

(ii) 隆起・侵食

隆起や侵食によって高レベル放射性廃棄物が地上に露出することは絶対に回避しなければならない。また、隆起・侵食によって地上までの距離が短くなることや、地形の変化によって地下水の流動性が変化することで、放射性物質の地上への到達が想定を上回る可能性があることに留意する必要がある。したがって、処分地選定にあたっては、当該地域の隆起・侵食について数万年単位の予測を行う必要がある。

隆起・沈降は、火山活動と同様、プレート運動によって、日本列島が応力（ストレス）を受けた結果である。応力によって岩盤の破壊が生じ地震が発生し、地盤の隆起・沈降が生じている。大きな隆起が起きた場所では、風化、崩壊、流水などによって山地や丘陵地が削られる侵食が見られるが、侵食量は隆起量と同等かそれ以下である。このような地形の変化は、地域的に相違があり、隆起する場所、沈降する場所、それらの速度も地域ごとに異なる。日本では、中央アルプス付近の隆起速度が最も速く、1万年で数十m隆起している。隆起速度の速い地域を避けて、処分場を300m以深に建設することが対応策と考えられている。このような知見によって、隆起・侵食の影響を抑えた候補地選定は可能とされている。⁽⁷⁴⁾

(iii) 地震・断層運動

地震の原因である活断層のずれ（第2次取りまとめは断層活動と呼んでいる）によって、処理場を含む人工バリアが破壊されることは絶対に避けなければならない。また、地震の揺れによって人工バ

(72) 「解説」（日本活火山総覧 第4版 Web掲載版）気象庁 HP <<http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/souran/main/kaisetsu.pdf>>

(73) 火山は、沈み込む海のプレートが含んでいる水を放出することで、マンツルの一部が融けてマグマとなり、それが地表に噴出して形成されている（「火山噴火の仕組み」気象庁 HP <<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/2-4.html>>）。日本近辺のプレート配置は1000万年前に形成されており、今後10万年単位では変化しないことが見込まれるため、火山配置は変わらないと考えられている。また、プレートからの水の放出は、一定の深さまで沈み込んだ位置であることから、現在の火山の位置よりも海溝側に新たな火山が形成されることはないと考えられている。（吉田英一「放射性廃棄物の地層処分と長期安全性」『検査技術』208号、2014.2、pp.1-6；原子力発電環境整備機構編 前掲注(13)、pp.46-47、116-119.）

(74) 吉田 同上；原子力発電環境整備機構編 同上、pp.52-53、130-131. 10万年あたり100mを超える隆起が見込まれる地域は、山岳地域以外では関東以西の太平洋側と北陸以东の日本海側の海岸地域に限定される。なお、気候変動による海水準の変動は侵食に影響がある点にも注意が必要である。例えば、過去の氷期には海面が最大100～120m下がっており、地層処分における検討材料の1つである。

リアの機能が低下することや、地下水の特性が変化して、放射性物質の地上への到達が想定を上回る可能性にも留意する必要がある。したがって、処分地の選定にあたっては、地震の発生源となる活断層を避け、また、近傍で発生する可能性のある地震の影響について考慮する必要がある。

第2次取りまとめは主要な活断層の分布はおおむね明らかになっており、これらを避けた上で、候補地において詳細な調査や観測を行うことで、未知の活断層によるものを含めて、ずれによる被害を避けることができるとしている。また、近傍の地震による地下水の特性変化は、一時的であるとしている。このような知見によって、地震・断層運動の影響を抑えた候補地選定は可能との結論が導かれている。⁽⁷⁵⁾

地震についてのこのような考え方に対しては、第2次取りまとめ段階から現在まで、批判が続いている。具体的には、発見できない活断層や、地震による地下水や地盤への応力の変化などについての検討が不足しているとの批判である⁽⁷⁶⁾。

このほか、現地調査の在り方も議論の対象となる可能性がある。原発内の断層調査において専門家の意見が分かれ、断層の危険性について判断が容易ではなかったことは記憶に新しい⁽⁷⁷⁾。また、内陸地殻内地震のみならず、東日本大震災のような海溝型地震や、海洋プレート内地震にも注意が必要である。

2 地層処分の特異性

(1) 超長期の事業

事業の時間軸が極めて長いことが、地層処分と他の事業の大きな相違点であり、安全性を考えることを難しくしている要因である。処分地選定、処分場建設、廃棄物の埋設、処分場の封鎖までで100年単位の事業であり、その後、放射能が減衰する時間は、使用済燃料であれば10万年、ガラス固化体であっても数万年である。人類の記録されている歴史をはるかに上回る超長期の安全が問われている。「放射性廃棄物を1万年を超える期間、人間圏から隔離しておくことができるのだろうか、と考えるのは当然の感覚」、「この感覚は科学的にも追及しきれない不確実性と強く結びついている」といった指摘は、地層処分を是とする科学者からもある⁽⁷⁸⁾。

1万年を超える安全性を実際に再現して示すことは不可能である。第2次取りまとめの評価は、多数のシナリオを想定し、物理・化学的法則に基づくモデルを策定して、地上への影響を合理的かつ科学的な形で解析したものとされる。専門的知見に依拠した抽象性の高い議論となるため、人々の理解を得ることは容易ではない。また、現在の科学的知識や技術的能力に限界がある中では、安全基準設定には社会的な議論と意思決定が不可欠となる。さらに、超長期であるために、厳重に管理する対処ではなく、人間環境から隔離する処分が望ましいとする見解も一般市民にとって理解が

(75) 武田精悦「高レベル放射性廃棄物の地層処分について—地層処分技術の概要—」『学術の動向』207号, 2013.6, pp.20-26; 原子力発電環境整備機構編 同上, pp.48-51, 120-129. 東日本大震災(東北地方太平洋沖地震)以後、地下水の特性変化はおおむね1年で元に戻ったものの、その後も変化が継続している例もあり、この点は今後の検討材料である。

(76) 地層処分問題研究グループ 前掲注(43); 石橋克彦「変動帯の日本列島で高レベル放射性廃棄物地層処分の適地を選定できるか?」『学術の動向』207号, 2013.6, pp.27-33.

(77) 小池拓自「原子力発電所の地震リスク—耐震設計基準と活断層評価を中心として—」『レファレンス』754号, 2013.11, pp.71-98. <http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_8358452_po_075405.pdf?contentNo=1>

(78) 千木良雅弘「高レベル放射性廃棄物の地層処分について—地質環境の長期安定性の観点から—」『学術の動向』207号, 2013.6, pp.46-49.

困難な部分であろう。⁽⁷⁹⁾

高速炉などを利用して、放射性廃棄物に含まれる半減期が長い長寿命核種を、短寿命核種や安定的な核種に変換（核種変換）し、高レベル廃棄物の放射能減衰を早めることや、廃棄物の容積を小さくする研究が進められているが、実用化の目途は立っていない。実用化したとしても、長寿命核種を全て変換することは原理的・工学的に不可能とされており、極めて長い期間にわたって廃棄物を人間の活動領域から隔離する必要性はなくなる⁽⁸⁰⁾。したがって、核種変換が実用化したとしても、超長期の困難を完全に解決することにはならない。

(2) 世代間の公平と公正

放射性廃棄物を隔離する地層処分が選択された理由は、厳重かつ制度的な管理が必要となる貯蔵は、将来世代への負担の先送りであり、自然災害、戦争、テロなどの危険もあるためである。しかし、科学の限界を踏まえれば、地層処分も将来世代に放射能汚染の被害の及ぶ可能性がゼロとは断言できない。

哲学者・倫理学者であるクリスティン・シュレーダー＝フレシェット（Kristin Shrader＝Frechette）米ノートルダム大学教授は、現世代が監視の費用を積み立てて残すことで、世代間の不公平は軽減可能であるとした上で、科学技術の限界や今後の進展を考慮すれば、将来世代に把握困難な危険性を与える可能性が残る地層処分よりも、問題が発生した場合に対処が可能であり、将来世代に選択肢を残す貯蔵のほうが望ましいとしている。将来世代に負担を残さないことよりも、将来世代が危険を知ることの権利と対処を選択する権利を重視する考え方である。⁽⁸¹⁾

いずれの選択肢であっても世代間の公平や公正を完全に達成することは難しく、確かな解がない問題である。次に議論する可逆性と回収可能性の重要性が認識された背景には、地層処分において、将来世代に一定の選択肢を残す狙いがあると言えよう。

(3) 可逆性と回収可能性

処分事業進行中に、必要な段階まで決定や事業を戻すことや、別の選択肢に移行することを可能としておくことを可逆性（reversibility）と呼ぶ。また、一旦埋設した廃棄物を回収可能としておくことを回収可能性（retrievability）と呼ぶ。最終処分施設建設地の選定から処分場の封鎖まで100年単位の時間があり、その間にも、科学技術は進歩し、社会的な認識は変化する。したがって、建設地の選定のみならず、施設建設後の事業実施についても段階的に進め、その都度、安全を確認しつつ、最新の科学的知見や政策などに応じて、処分事業を改善する段階的アプローチが望ましい。可逆性と回収可能性（R&R）の確保については、国際的にも議論が深まっている。⁽⁸²⁾

可逆性と回収可能性を確保しておくことで、新たな科学技術の知見を用いて⁽⁸³⁾、より精度の高い安全評価や、より安全な処分技術が地層処分に適用されることや、新たな処分方法が開発されることが期待できる。ただし、処分地選定の段階や、実際に処分が始まった後においても、必要なら

(79) この段落は寿楽浩太「高レベル放射性廃棄物処分の「難しさ」への対処の道筋を探る一求められる知の社会的な共有と「価値選択」の議論—」『科学』974号、2013.10、pp.1164-1173を参考にして整理した。

(80) 原子力発電環境整備機構編 前掲注(13)、pp.34-35；総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会放射性廃棄物WG 前掲注(80)、p14。

(81) 寺本剛「科学技術の長期的リスクと世代間の公正—高レベル放射性廃棄物の処理方法をめぐって—」『社会と倫理』27号、2012、pp.121-133。

ば従来の決定を覆し、以前の状態に戻す行為を排除しないことは、時間的にも金銭的にも大きなコストを負担する覚悟が必要である。事業者が必要な計画の見直しを意図的に回避することがないよう、規制や監督体制の整備も課題となろう。

3 原発事故後の取組

(1) 原発事故の影響

平成 23 (2011) 年の東京電力福島第一原子力発電所事故 (以下「福島第一原発事故」) では、地震直後の非常停止は成功したものの、電線鉄塔の倒壊によって外部電源が絶たれ、非常用電源は津波によって失われた。核燃料の冷却が不可能となり、炉心溶融 (メルトダウン) や水素爆発を伴う重大事故となり、大量の放射性物質が漏出した。「想定外」とも説明された地震動や津波が原発を襲った結果ではあるが、そもそも想定が適切になされていたのか、なぜ全電源喪失対策は不十分だったのかといった批判が、事業者である東京電力や規制当局である経済産業省などに向けられた。また、科学技術全般への不信も広がった可能性がある。このような不信感は、最終処分事業にも負の影響を与えている。

高レベル放射性廃棄物の処分は、原子力発電そのものとは別の事業であるが、福島第一原発事故は原子力施設や原子力関係者全般の信用を損なうものであった。事故後の調査によれば、原子力施設が危険なものとの認知が広がり、放射能汚染への忌諱や将来世代への悪影響への懸念などの負のイメージが事故以前よりも強くなっている。安全性の科学的説明を中心とする方法では、概要調査地区などの選定は従来以上に困難になっている。手続的公正が判断に大きな影響を与える傾向があるとして、人々の様々な価値観を反映させるような参加型の決定プロセスが重要との指摘もある。⁽⁸⁴⁾

(2) 学術会議の提言

日本学術会議は、平成 22 (2010) 年の原子力委員会の審議依頼を受けて、高レベル放射性廃棄物の処分について検討し⁽⁸⁵⁾、平成 24 (2012) 年 9 月に回答を提言の形でまとめた⁽⁸⁶⁾。処分地の決定が難航する理由は、説明や情報提供の問題以上に、処分の安全性が保証されないことであるとの認識の下、原子力政策についての社会的合意の欠如や、現時点の科学の限界を指摘した上で、①国民的合意形成のため、多様な関係者が参加する討論の場を設けて、抜本的な議論を行うこと、②専門性と独立性の高い討論の場を設けて、科学的知見について議論を行うこと、③政策や科学的知見について合意が確立するまで、高レベル放射性廃棄物の暫定保管や総量管理を導入することなどを提

⁽⁸²⁾ NEA, "Reversibility and Retrievability (R&R) for the Deep Disposal of High-Level Radioactive Waste and Spent Fuel," 2011. <http://www.oecd-nea.org/rwm/rr/documents/RR-Final-Report_GD.pdf> (日本語訳:「高レベル放射性廃棄物および使用済燃料の深地層処分のための可逆性と回収可能性」<<http://www.oecd-nea.org/rwm/rr/documents/rr-final-report-gd-j.pdf>>; 日本語概要説明:「地層処分における可逆性の決定および廃棄物の回収可能性に関する国際理解」<<http://www.oecd-nea.org/rwm/rr/documents/r-scale-leaflet-jpn-web.pdf>>); 増田純男ほか「地層処分概念の変遷 (第 3 回・最終回) 地層処分計画の実施段階 (2000 年頃以降)」『ATOMOS (日本原子力学会誌)』57(7), 2015.7, pp.480-485. 例えば、フランスは少なくとも 100 年以上可逆性を確保することを、スイスは長期の監視と回収可能性を確保することを法定化している (資源エネルギー庁 前掲注57, pp.62-63, 108-109.)。

⁽⁸³⁾ 例えば、処分地選定に重要な役割を果たす理論であるプレートテクトニクスが、日本で定着したのは 1980 年代半ばである (泊次郎『プレートテクトニクスの拒絶と受容—戦後日本の地球科学史—』東京大学出版会, 2008, pp.i, 229-235.)。今後、知見が拡充する可能性は小さくないと言えよう。

⁽⁸⁴⁾ 大友章司ほか「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(1), 2014. 春, pp.49-59.

言している。⁽⁸⁷⁾

日本学術会議の回答を踏まえて、平成 24 (2012) 年 12 月、原子力委員会は地層処分についての見解をまとめた。原子力政策についての合意形成は段階的に進められてきたとしつつ、これが認知されていないことを教訓とするとして、今後の地層処分について、①総量管理の提言を踏まえて、原子力発電(含む核燃料サイクル)と廃棄物処分を一体で議論する必要があること、②科学の限界の指摘に対しては、地層処分の実施可能性について広く国民と情報を共有し、検討する体制を再構築すること、③暫定保管と処分方法の再検討の提案については、地層処分を維持し、可逆性と回収可能性を確保した段階的アプローチの実施を周知することで理解を得ること、④地層処分の技術や立地選択についての認識を社会と共有するため、独立した第三者組織の助言を活用する仕組みを構築すること、⑤国が前面に立って地層処分事業を再構築することなどが重要としている。⁽⁸⁸⁾

原子力委員会は、日本学術会議の指摘を参考として、国が前面に立って地層処分の取組を再構築することなどの踏み込んだ見解も示しているが、原子力政策についての抜本的な議論や、暫定保管や総量管理の必要性については受け入れていない。⁽⁸⁹⁾

(3) 国の対応

(i) 審議会での議論

第 2 次安倍晋三内閣は、「第 4 次エネルギー基本計画」(平成 26 年 4 月 11 日閣議決定)をまとめ、原発依存度を可能な限り低減させるとしつつも、原子力を重要なベースロード電源とした⁽⁹⁰⁾。高レベル放射性廃棄物については、原子力政策の重要課題の 1 つとして、「国が前面に立って最終処

85) 原子力委員会の依頼は、高レベル放射性廃棄物の処分の取組における国民に対する説明や情報提供の在り方について意見を求めるものであったが(近藤駿介「高レベル放射性廃棄物の処分に関する取組みについて(依頼)」2010.9.7. <<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-k159-1-shingi.pdf>>)、審議中に東日本大震災と福島第一原発事故があったため、日本学術会議は高レベル放射性廃棄物処分について根本から検討することになった(日本学術協力財団編『高レベル放射性廃棄物の最終処分について』2014, pp.2-5.)。日本学術会議は、昭和 24 (1949) 年に、内閣総理大臣の所轄の下、政府から独立して職務を行う「特別の機関」として設立されており、人文・社会科学、生命科学、理学・工学の全分野の約 84 万人の科学者を内外に代表する機関として、①政府に対する政策提言、②国際的な活動、③科学者間ネットワークの構築、④科学の役割についての世論啓発を主な役割としている(「日本学術会議とは」日本学術会議 HP <<http://www.scj.go.jp/ja/scj/index.html>>)。

86) 日本学術会議「回答 高レベル放射性廃棄物の処分について」2012.9.11. <<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-k159-1.pdf>>

87) 同上; 日本学術会議「回答 高レベル放射性廃棄物の処分について(概要)」(原子力委員会定例第 39 回会議資料 1-1) 2012.9.11. <<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siry02012/siry039/siry01-1.pdf>> この提言をより具体化するため、日本学術会議は「高レベル放射性廃棄物の処分に関するフォローアップ検討委員会」を発足させ、「提言 高レベル放射性廃棄物の処分に関する政策提言—国民的合意形成に向けた暫定保管—」2015.4.24. <<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t212-1.pdf>> をまとめている。

88) 原子力委員会「今後の高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る取組について(見解)」2012.12.18. <<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/121218.pdf>>

89) 日本学術会議の回答と原子力委員会の見解の対比については、定松淳「高レベル放射性廃棄物をめぐる「公共圏の豊富化」の試みについての分析—日本学術会議「回答」と原子力委員会「見解」—」『環境社会学研究』20 号, 2014, pp.180-195 が参考になる。

90) 「エネルギー基本計画」前掲注(8), pp.21, 44-45. 重要なベースロード電源とは、発電コストが低廉で、安定的に発電することができ、昼夜を問わず継続的に稼働できる電源のこと。なお、東日本大震災後、野田佳彦内閣時代には、「2030 年代に原発稼働ゼロを可能とするよう、あらゆる政策資源を投入する」との方針であった(「革新的エネルギー・環境戦略」(平成 24 年 9 月 14 日エネルギー・環境会議決定) <http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/pdf/20120914/20120914_1.pdf>)。

分に向けた取組を進める」とし、その具体策として、「科学的により適性が高いと考えられる地域(科学的有望地)を示す」ことを例示した。

第4次エネルギー基本計画に先立って、平成25(2013)年、経済産業省は、総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会に、放射性廃棄物ワーキンググループ(廃棄物WG)と地層処分技術ワーキンググループ(処分技術WG)を設置した⁽⁹¹⁾。廃棄物WGは、最終処分の取組を見直すために専門的な審議を行う会議体であり、処分技術WGは最新の科学的知見による地層処分の技術的信頼性についての再評価を担う会議体である。平成26年5月には、両WGは中間とりまとめを公表している。

廃棄物WGは、①制度的管理ではなく、最終処分を目指すこと、②可逆性と回収可能性を確保して将来世代の選択肢を残すこと、③地層処分が有力な方法であること、④原子力政策の在り方と合わせて、社会的合意形成を進めることが不可欠であることなどを指摘している。最終処分問題について国が前面に立って取り組むべきとして、⑤科学的により適性が高いと考えられる地域(科学的有望地)を示すこと、⑥地域選定時に住民参加型の検討の場を設置すること、⑦信頼性確保のための第三者評価を実施することなどを提案している。⁽⁹²⁾

処分技術WGは、第2次取りまとめ以降の最新の科学的知見を踏まえた検討を行い、①地層処分に好ましい地質環境特性が広く存在するであろうこと、②地質環境に著しい影響を与える火山活動、隆起・侵食、断層運動は段階的な調査によって回避可能なことを確認して、「好ましい地質環境とその地質環境の長期安定性を確保できる場所をわが国において選定できる見通しが得られた」との判断を示している⁽⁹³⁾。

(ii) 基本方針の改定

専門家の議論を踏まえ、平成27(2015)年5月、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」が改定され、最終処分について、国が前面に立って取り組むため、以下のような具体的な方針が示された⁽⁹⁴⁾。

- 将来世代に負担を先送りしないよう、現世代の責任で取り組みつつ、可逆性・回収可能性を担保し、代替オプションの技術開発も進める
- 事業に貢献する地域への敬意や感謝の念の国民間での共有を目指す
- 国が科学的有望地を提示し、調査への協力を自治体に申し入れる
- 地域の合意形成や持続的発展に対して支援を行う
- 技術開発の進捗等について原子力委員会が定期的に評価を行う

(91) 当初、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(平成25年5月に第1回会合を開催)として設置されたが、審議会組織が見直され、平成25年7月以降は廃棄物WGとなった。処分技術WGは、平成25年10月に第1回会合を開催している。〔総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会〕経済産業省HP <http://www.meti.go.jp/committee/gizi_8/21.html>;〔総合資源エネルギー調査会電気事業分科会〕経済産業省HP <http://www.meti.go.jp/committee/gizi_8/13.html>

(92) 総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会放射性廃棄物WG 前掲注(30), pp.7-32; 資源エネルギー庁「高レベル放射性廃棄物の最終処分に向けた取組の見直しについて」(全国知事会原子力発電対策特別委員会資料1-1)2014.6.20, p.10. <<http://www.nga.gr.jp/ikkrwebBrowse/material/files/group/2/010620%20siryou.pdf>>

(93) 総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会地層処分技術WG「最新の科学的知見に基づく地層処分技術の再評価—地質環境特性および地質環境の長期安定性について」2014.5. <http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/genshiryoku/chisou_shobun_wg/report_001.pdf>; 資源エネルギー庁 同上, p.11.

(iii) 論点

将来の科学技術の進歩や社会の変化に対応できるように可逆性・回収可能性を確保しつつ、社会的な合意形成を丁寧に進めた上で、地層処分を実施していくとの国の方針は、日本学術会議が地層処分を前提としない暫定保管を提案したことと対照的である⁽⁹⁵⁾。その相違は、日本における地層処分の可否についての科学的判断にある。日本学術会議は現時点の科学的な限界を重視し、地層処分の可否を含めて、処分方法自体をさらに検討する必要があるとしたが、処分技術 WG は最新の科学的知見を踏まえた上で、現時点の評価として日本において地層処分が可能としている。

科学的判断の信頼性を担保するためには、高い専門性や中立性が重要となる。処分技術 WG は、廃棄物 WG の技術系専門家 4 人に学会等からの推薦、紹介を受けた 8 人を加えた 12 人の専門家で議論を行い、審議情報を公開し、審議内容について専門家への意見募集を 3 回行うことなどで、審議の中立性・独立性を高めたとしている。社会的な合意を形成するためには、事業推進主体とは別の第三者組織の助言や評価を活用する仕組みが有効であるとの見方から、改定された基本方針では、原子力委員会が技術開発の進捗等について定期的に評価を行うとしている。

今般のこのような議論の進め方については、中立性などについて懸念する見方もある⁽⁹⁶⁾。政府が再構築した地層処分の取組が、広く国民からの信頼を得られるのか、今後の動向が注目されている。

おわりに

高レベル放射性廃棄物処分の行方が不透明であることから、原子力発電は「トイレのないマンション」などと揶揄されることも少なくない。既に日本は、使用済燃料 17,394tU とガラス固化体 2,167 本を保管している。また、原発の再稼働によって使用済燃料は増えていく。この問題が解決されない限り、原子力発電の持続可能性が問われることになる。

高レベル放射性廃棄物の放射能が自然界の放射線レベルに減衰するには、ガラス固化体で数万年、

94 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」（平成 27 年 5 月 22 日閣議決定）<<http://www.meti.go.jp/press/2015/05/20150522003/20150522003-1.pdf>>; 資源エネルギー庁「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針が改定されました―一国が前面に立って取り組みます―」2015.5.22. <<http://www.meti.go.jp/press/2015/05/20150522003/20150522003.pdf>> 今後、最終処分計画の改定が見込まれる。なお、内閣官房に設置された最終処分関係閣僚会議（内閣官房長官主宰）は、平成 27（2015）年 10 月、改定された基本方針を踏まえ、使用済燃料の中間貯蔵能力を強化するための取組をまとめている（「使用済燃料対策に関するアクションプラン」2015.10.6. <http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisyu_syobun_kaigi/pdf/1006siryu1.pdf>）。

95 可逆性と回収可能性を確保して地層処分を進めることは、暫定貯蔵期間において処分方法を定めることと決定的な違いはないとの意見もある（蛭沢重信「高レベル放射性廃棄物等の地層処分―事業化における海外の状況とわが国の最近の議論から―」『季報エネルギー総合工学』36(1), 2013.4, pp.18-32.）。

96 鈴木達治郎・長崎大学教授は、第三者機関の要件として、①公正中立を確保するため利害関係のないこと、②メンバー選定や運営が不偏不党であること、③独自の判断ができる自律性が制度的に担保されること、④事務局を含めて専門性があること、⑤提言を事業に反映させる権限の明確化を挙げて、原子力推進を担う機関である原子力委員会を第三者委員会とすることに懐疑的な見方を示している（日本学術協力財団編 前掲注85, pp.36-38.）。また、地震学会は、処分技術 WG の組織としての位置付けが不明確なことなどを理由として、委員の推薦を一時保留した（加藤照之「放射性廃棄物地層処分技術ワーキンググループ設立をめぐって―日本地震学会からの回答と考え方―」日本地震学会モノグラフ「日本の原子力発電と地球科学」編集委員会編『日本の原子力発電と地球科学』日本地震学会, 2015, pp.86-91.）。このほかにも、処分技術 WG の事務局側説明者は地層処分の実施主体である NUMO と第 2 次取りまとめを策定した核燃料サイクル開発機構の後継組織である日本原子力研究開発機構（JAEA）であり、審議は NUMO が提示する資料を基に行われたとのことも懸念材料となろう。独立性や事業者との緊張関係を重視する原子力規制委員会とは対照的とも言える。

使用済燃料であれば10万年の超長期の時間を要することが、最大の問題である。そのような超長期にわたって、自然災害、戦争、テロ、施設劣化などによる放射性物質の流出を防止し、安全を管理することは極めて難しい取組であろう。人間が廃棄物を制度的かつ継続的に管理する貯蔵ではなく、人間環境から隔離する処分が指向された理由はそこにある。

処分の方法としては、地層処分が現代の科学技術で実現可能とされ、各国で実現に向けた取組が進められている。地下300m以深に数km²の処分場を建設し、大量の危険物を埋設する工事は人類にとって未経験のものであり人々の懸念材料となる。1万年を超える安全性を実際に再現して示すことは不可能であるため、第2次取りまとめの評価は、多数のシナリオを想定し、物理・化学的法則に基づくモデルを策定して、地上への影響を合理的かつ科学的な形で解析したものとされる。専門的知見に依拠した抽象性の高い議論となるため、人々の理解を得ることは容易ではない。地層処分を実現するためには、科学技術、政府、事業者などへの人々の信用と信頼が不可欠である。

日本の場合は、地震や火山活動が活発な変動帯に位置することや、東日本大震災が人々に過酷な自然環境を再認識させ、福島第一原発事故が原子力事業や科学技術に対する不信感を与えたこともあり、社会的な合意形成は諸外国よりも難しいことが予想される。日本学術会議が現代の科学の限界を指摘し、地層処分を前提としない暫定保管を提言したことは、一般の人々はおろか、科学界においても合意形成が難しいことを示している。

高レベル放射性廃棄物の扱いについては、丁寧に社会的合意を得る必要がある一方、このまま見通しが立たず、使用済燃料やガラス固化体が増えていくことも許されない、極めて難しい問題である。政府は、最新の科学的知見による専門家の再評価を踏まえて、地層処分が可能であることを確認した上で、社会的合意形成に取り組んでいる。また、可逆性と回収可能性を確保することを明確にして、処分地の選定から処分地の封鎖までの間、科学技術の進歩や、社会的な認識の変化に応じて、処分計画を柔軟に見直すとしている。可逆性と回収可能性の確保は、安全性を高めるためにも、合意形成を円滑化するためにも有益であろう。

最新の科学的知見による安全の継続的な確認、そのプロセスの透明化、科学的見解の変化に応じた処分計画の必要な見直しなどを着実に実施することと、そのような枠組みを担保することが重要となろう。なお、電力自由化によって、事業者がコスト負担に従来以上に慎重になる可能性に留意する必要がある。東京電力福島原子力発電所事故調査委員会（国会事故調）が福島第一原発事故の反省点として指摘した「規制の虜（とりこ）」⁽⁹⁷⁾に陥ることがないように、高レベル放射性廃棄物の取扱いについての規制や監督体制を整備し、信用と信頼を再構築することが、社会的合意形成を進めるための必要条件となろう。

(こいけ たくじ)

⁽⁹⁷⁾ 規制当局と事業者の間で、規制する立場とされる立場の「逆転関係」が起き、規制当局が事業者の「虜（とりこ）」となり、監視・監督機能が失われること（東京電力福島原子力発電所事故調査委員会（国会事故調）『国会事故調東京電力福島原子力発電所事故調査委員会調査報告書 本編』2012, p.12. <<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naic.go.jp/blog/reports/main-report/conclusionsandrecommendations/>>）。