

JNC TN8420 2001-006

放射性廃棄物の地層処分における再取り出し性
に関する一考察
(調査報告)

2001年12月

核燃料サイクル開発機構
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,

Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001年

放射性廃棄物の地層処分における再取り出し性に関する一考察
(調査報告)

佐々木憲明*

要旨

地層処分の実施は、専門家のみでの合意だけでは不十分であり、広く社会の理解と信頼が必須である。多くの国では、今日すでにこのような認識が一般的となっている。

地層処分における再取り出し性の概念は、まさにこのような認識の重要な一環として、近年欧米各国において急速に話題になり、検討が行われているテーマである。例えば、EC内では、9カ国の参加のもとに、各国の考え方や検討状況をまとめているし、一方スイスは、政府のもとに専門家グループを発足させて、再取り出し性を考慮した新しい廃棄物管理概念を打ち出している。また、OECD/NEA内でも、このテーマについての調査・検討を行ない、報告書を出している。すでに法律に基づいて、再取り出し性を義務付けている国もある。

本資料は、今後の我が国における地層処分に関する研究開発の参考とすることを目的に、スイスのEKRAレポート、ECのEURレポート、OECD/NEA内での調査や議論に基づいて、この概念の要点、留意点、研究開発課題などについて調査、考察した結果をまとめたものである。

* 東海事業所 環境保全・研究開発センター

A Consideration of Retrievability in Geologic Disposal of Radioactive Wastes

Noriaki Sasaki*

Abstract

Geologic disposal cannot be implemented based only on the consensus of the engaged technical community, and needs the wide social agreement and confidence for it. This is now a common understanding in many countries.

Under this kind of recognition, the concept of retrievability in geologic disposal of radioactive wastes has been rapidly interested in recent years and has being discussed in several European countries. For example, EC has cooperated the concerted action on the retrievability of long-lived radioactive waste with the joining of nine countries, and the expert group on disposal concepts for radioactive waste (EKRA) set up by the Swiss government has presented its findings on the new concept of the long-lived radioactive waste management considering the retrievability. The OECD/NEA has also discussed on this issue and published the documents. There are some countries where the legislation requires the retrievability.

This paper briefly summarizes the important findings and recommendations on the concept of retrievability, as the results of review of some interesting documents from European countries, for the purpose of reflecting to the research and development of geologic disposal in Japan.

* Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works

目 次

1 . はじめに	1
2 . 「再取り出し性」の意味	2
3 . 再取り出しの検討を必要とする要因の例	3
4 . 「再取り出し性」の条件と関連事項	3
4.1 再取り出し性の条件	3
4.2 再取り出し性に関連する事項	4
5 . 各国の状況	8
5.1 再取り出し性の概念	8
5.2 研究開発	9
6 . 考察	10
7 . おわりに	11
参考文献	12

図目次

図 - 1	オランダの岩塩層処分概念 (METRO-I) で考えられている再取り出しの概念 ²⁾ -----	13
図 - 2	スイスで考えられている監視付き長期地層処分施設の概念 ¹⁾ ----	14

表目次

表 - 1	欧州 9 ヶ国における再取り出し性に関する検討状況 ²⁾ -----	15
表 - 2	欧州 9 ヶ国における地層処分工程の 13 の時間枠の考え方 (その 1) ²⁾ -----	16
表 - 2	欧州 9 ヶ国における地層処分工程の 13 の時間枠の考え方 (その 2) ²⁾ -----	17

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物をはじめとする長寿命の放射性廃棄物の地層処分については、原子力発電を行う各国において重要な課題として研究開発が進められ、現在、少なくとも専門家の間では、「地層処分は必要なレベルの安全性を確保できる現時点で唯一の実施可能な選択肢である」という合意に達するところまできている。しかし、すでに運転中である米国の WIPP(Waste Isolation Pilot Plant：軍事用核施設から発生した TRU 廃棄物の深地層(岩塩)処分場)や 2001 年に国会にて深地層処分場サイトを決定したフィンランドを除き、世界的には、技術的というよりむしろ社会的な合意という面で、地層処分の計画が足踏み状態になっている例が見受けられる。

地層処分の基本的な概念は、

「人工バリアと天然バリアからなる多重バリアシステムによって、モニタリングや監視などの能動的な制度的管理に依存することなく、長期の安全性を確保する」

ことである。

しかし、このような地層処分の概念には、最初から次のような懸念が持たれていたといわれる¹⁾：

(1) 廃棄物の長期的危険性と安全性の長期予測における信頼性の限界とのギャップ

地層処分の安全性は、廃棄物中に長半減期の放射性核種が多く含まれることから、少なくとも数万年間あるいはそれ以上の極めて長い時間について評価することが必要とされる。しかし、このような長い時間の安全性は実際に証明することが不可能であることから、科学的な知見や手法を用いて行う長期予測によって安全性が判断される。そのとき、遠い将来の予測であることから、科学的技術的知見や手法自体に不確実性が伴い、そのため、長期予測の信頼性に限界が生じ、安全性の判断が信用できないのではないかとの懸念である。

(2) 事故時や予想外の事象の発生時における処分場へのアクセス可能性の欠如

地下の処分場を埋め戻して閉鎖した後に、事故や予想外の事態が発生した場合、発生事象を早期に検知し、地下の処分場にアクセスして必要な措置を取ることができないのではないかとの懸念である。

(3) 処分の不可逆性

いったん地層処分を行うと意思決定して実行する場合、新技術の開発、社会の意思決定の変化などの状況変化に対して、やり直しがきかず、対応できないのではないかと、将来世代の決定権や選択肢を制限するのではない

かとの懸念である。

これらに対して、これまでに開発されてきた地層処分の概念では、

- ・長期の安全性の判断は、不確実性を考慮しても、十分な保守性を確保していることから、信頼性高く行うことができる、
- ・閉鎖後に事故や予想外の事態が発生して処分場の安全が損なわれることはないとの確信と合意が得られて初めて処分場が埋め戻されるので、そのような事態の発生は考えられない。よって、モニタリングや監視に依存しないで長期の安全性を確保できるが、安心や確認のためにこれらを行うことができる、
- ・意思決定しさえすれば地下にアクセスして必要な措置をとることは技術的には可能であり、状況の変化にも対応は可能である、

という説明が行われてきた。しかし、それにもかかわらず、社会では、上記のような懸念を払拭することができておらず、納得できていないということが、足踏み状態になっている理由の一部であるように思われる。

このように、地層処分の実施は、専門家のみでの合意だけでは不十分であり、広く社会の理解と信頼が必須であることは明白であり、多くの国で今日すでにこのような認識が一般的となっている。すなわち、「地層処分については、広く社会の理解と信頼を得ることが必須であり、そのためには、情報公開に基づいて社会が参加した、融通性を備えた段階的な意思決定を踏まえて計画を進めることが必要である」というのが、各国が学んで得た現在の認識といえるだろう。

地層処分における再取り出し性の概念は、まさにこのような認識の重要な一環として、近年欧米各国において急速に話題になり、検討が行われているテーマである。例えば、EC内では、9カ国の参加のもとに、各国の考え方や検討状況をまとめている²⁾、一方スイスは、政府のもとに専門家グループを発足させて、再取り出し性を考慮した新しい廃棄物管理概念を打ち出している¹⁾。また、OECD/NEA内でも、アドホックグループを編成して、このテーマについての調査・検討を行い、報告書を出している³⁾。また、すでに法律に基づいて、再取り出し性を義務付けている国もある²⁾。

本資料は、今後の我が国における地層処分に関する研究開発の参考とすることを目的に、スイスのEKRAレポート¹⁾、ECのEURレポート²⁾、OECD/NEA内での調査や議論³⁾に基づいて、この概念の要点、留意点、研究開発課題などについて調査、考察した結果をまとめたものである。

2. 「再取り出し性」の意味

欧州における検討を参考に、ここでは、「再取り出し性」は、

“Retrievability”の和訳として用いているもので、

- ・いかなる理由であれ必要であると認められた場合には、定置した廃棄物を再び取り出すことができること

を意味している。なお、再取り出し性と関連して、「可逆性」「Reversibility」が使われることがあるが、その意味は、

- ・処分場の計画や開発において、いかなる段階でも、1つあるいはいくつかの段階を後戻りしうるということである。技術的、政策的な観点を含め、意思決定を後戻りさせうるということである。

これらの意味からわかるように、「可逆性」の概念のなかには、「再取り出し性」の概念が含まれる。なお、「可逆性」「再取り出し性」ともに、それぞれ実行することを言っているのではなく、あくまで潜在的な可能性を言っていることに留意しておくことが重要である。

3. 再取り出しの検討を必要とする要因の例

地層処分の安全を確保するために、また将来世代の不当な負担を回避するためにも、再取り出しの必要がないように、処分場を設計、建設、操業、閉鎖すべきであり、それができるといのが地層処分に関する国際的な技術的合意である。しかし、再取り出し性の議論のなかで、再取り出しを検討する必要があり得る要因として考えられているいくつかの例は、次のとおりである：

- ・安全上の懸念、
- ・安全基準の変更、
- ・資源としての回収、
- ・異なる処理処分技術の適用、
- ・倫理的、社会的、政策的な変化など。

このような要因に対して対応する必要が生じたときに、柔軟に対応が可能であるように備えをしておくべきという考えである。

4. 「再取り出し性」の条件と関連事項

4.1 再取り出し性の条件

廃棄物の再取り出し性は、次の3つの基本条件によって影響される¹⁾：

- ・廃棄物容器(廃棄物自体を中に含む)への接近性、
- ・廃棄物容器のなかへの廃棄物の閉じ込め性、
- ・廃棄物容器を再び取り出す技術的可能性。

廃棄物の再取り出し性は、これらの3つの条件がどのように満たされているかによって、処分の概念あるいは段階によって影響を受ける。したがって、再取り出し性を検討する場合には、処分場の設計、建設、操業、閉鎖、閉鎖後の

各段階毎に、これらの条件を考慮しながら評価し、設計変更、操業計画の見直し、モニタリング計画の立案、技術開発などの必要な対応をとることになる。EUR レポートにおいて、各国の処分概念に対して、以下のような 13 の異なる時間枠に分割して、再取り出し性を整理しているのがその例である²⁾。

- Interim storage at or near surface
- Design and construction of the repository and completion of the first disposal cells
- Period of filling one disposal cell with waste packages
- Period of keeping the package accessible before backfilling and sealing the disposal cell
- Backfilling and sealing of the disposal cell
- Period of keeping the backfilled and sealed disposal cell accessible before backfilling the depositing tunnel
- Backfilling the depositing tunnel
- Period of keeping the access tunnel open, after having backfilled the depositing tunnel
- Backfilling of the access tunnel
- Period of keeping the access shafts open, after having backfilled the access tunnel
- Backfilling and sealing the shafts
- Post-closure phase with institutional control
- Post-closure phase without institutional control

4.2 再取り出し性に関連する事項

再取り出し性に関連して考察すべき事項の例は、以下のとおりである²⁾：

(1) 設計との関連

通常、地層処分概念には、すでに再取り出し性がある程度固有に含まれているが、設計を変えることで、再取り出し性を高めることは可能である。例えば、処分場のレイアウトの改良、廃棄物容器と直近の人工バリアとの間にライナーの設置、除去が容易な埋め戻し材やシーリング材の利用などである。再取り出し性を高める別の方法は、廃棄物容器への接近性を保つこと、すなわち埋め戻しやシーリングの時期を遅らせることである。

(2) 安全性との関連

再取り出し性を高めるために、安全性が損なわれるようなことがあってはならない。長期の安全性や操業の安全性に著しい影響がない範囲で、再取り出し性の検討が行われることになる。

処分場の閉鎖の時期を遅らせることに対しては、操業上及び長期の安全上、以下のような影響がありうると言われている²⁾：

- ・長期間の排気や排水の影響（人工バリアの酸化や不飽和、セメントの炭酸化、地下水中の溶質の処分場壁への沈殿と再飽和時の再溶解による塩濃度の一時的な増加）
- ・掘削影響ゾーンの性質の変化
- ・母岩の支補への影響
- ・火災、洪水などの予期せぬ出来事、設備の誤使用
- ・操業時の安全性への影響（廃棄物の定置に伴うトンネルの高温化、有毒ガス・可燃性ガス濃度の上昇、母岩・支補の安定性の低下、作業員の被ばくの増加、事故シナリオによる放出口リスクの増加など）

（３）社会、政治的な関連など

現在の多くの地層処分計画では、最初にすべてを決めてしまうのではなく、途上での変更の可能性を含め融通性を備えるように、小刻みに段階的に意思決定を行うという進め方が選ばれており（欧米では、これを意味する“stepwise approach”が、キーワードになっている）再取り出し性は、この段階的な進め方の必須の要素とみなされている。また、倫理的に責任ある進め方の一部であるとも考えられている。

（４）モニタリングとの関連

モニタリングは、処分場の開発のなかで、重要な役割を持つ。その計画は、国あるいは国際的な規制要件を満足していることの証明や社会的な意思決定のために使われる。モニタリングによって、もし要求基準が満足されていないとか、予想外の現象が示されれば是正行為が行われる。また、再取り出しが容易であるかあるいは複雑であるかも、モニタリングによって判断される。

（５）保障措置との関連

核分裂性物質を多く含む放射性廃棄物、特に使用済み燃料を直接処分する場合には、保障措置との関連が重要である。地層処分と保障措置の終了との関係、再取り出し性を高めることと保障措置の実施との関連など、十分な検討が必要である。

（６）資金、制度との関連

再取り出し性を高め維持するための資金、制度のあり方についての検討が必要である。

OECD/NEA の報告書³⁾では、以下のような結論あるいは勧告がまとめられており、重要な視点が含まれている。

地層処分に対する社会の幅広い信頼を得るためには、処分へ向う進捗が、注意深く柔軟な段階的なアプローチで行なわれることを示すことが重

要である。地層処分が、一般的にも特定のサイトでも、不満足な解決策であることがわかったならば、処分に向けての段階を逆戻りできなければならないし、廃棄物管理の関係者は、この可能性について備えてあることを示さなければならない。

放射性廃棄物問題を解決する第1の責任は依然として現世代にある。現世代は、処分場の条件を維持しモニターするための努力とその結果としての再取り出しの容易さとの間のバランスについて決定をしなければならない。これらの決定は、将来世代に利用可能なオプションと負荷に関連する。意思決定において柔軟性を大切にする方法は、決定の自由を含め将来世代のニーズや抱負が尊敬されるべきであるという倫理的な原則に合致するものである。

処分場の段階的な開発計画のなかに、可逆性を折込むことは、これは廃棄物の再取り出し性を高める方法を含むが、国の政策や規制及び社会の態度の変化への対応能力を含め、科学的知識や技術の進歩を取り入れる機会を与える。しかし、決定の後戻りや廃棄物の再取り出しは、他のオプションと一緒に考えなくてはならない。特に再取り出しは、処分場の長期の受動的な安全性を改善するために導入するものではない。また、処分概念の第1の目的ではなく、融通性を好ましいとする選好にすぎない。

廃棄物の再取り出し性は、今日処分に考えられているすべての地層で可能であるが、より便利により効率的に再取り出しができる処分概念がある。付加的な融通性を与える価値に対して、技術的な機会や社会の受け入れがどうかという点で、バランスを考えなければならない。

最終閉鎖は、施設が意図したように機能していることを合理的に証明することができるように適切な確信的なデータが集められ、地下のモニタリングが中断し再取り出しの困難さが増すことを是認するのに公衆の信頼が十分であるときに、実行されるべきである。従って、この段階後に廃棄物を再取り出しする必要は極めて低い。

地層処分が持つ受動的な安全性の大きなマージンのゆえに、廃棄物を緊急に再取り出ししなければならないような事態は判明していない。よって、いつか再取り出しの決定がなされたとしても、再取り出しの計画を実行し、別の処分ルートを研究する前に廃棄物を貯蔵するのに必要な施設を建設するのに時間があるであろう。

再取り出しの技術的複雑さとコストは閉鎖に向って段階が進むにつれて増加する傾向にある。廃棄物の定置期間中や本格的な埋め戻しの前であれば、再取り出しは定置システムを逆に使うことでできる。埋め戻した

後であれば、特別な技術が必要である。再取り出しに関連する技術の研究開発が続けられるべきである。特に、再取り出し技術の実証は、国内・国際研究計画で強化すべきである。そのような実証は、再取り出しの実行可能性に技術的信頼性や広い非技術的信頼性を与える。

閉鎖に向けて次の段階に進むか、現段階を維持するのか、それとも必要ならば再取り出しも含め逆戻りするのかの適切性と必要性について定期的な評価を行うことができるように、制度的な工夫がなされなければならない。再取り出しが行なわれる条件がまだ存在していることを証明するために、モニタリングが必要である。

政府の政策には、再取り出し性を考慮する程度についての指示が、可能な資源の価値や他の要因を考慮しながら、含まれるべきである。

原子力産業は、モニタリングや管理の期間を含め処分場の開発の明確な計画に対しては資金を用意できるが、再取り出し性の維持が終わりのないようなことになれば、政府がこの責任を取るべきであろう。

政府は、組織的な工夫により、放射線関係を取扱える能力と合わせ、再取り出し性に必要な技術的専門性を適切に維持できるようにしなければならない。適切なレベルの専門性を維持するためには、政府の介入が必要であろう。

もし、国の廃棄物政策で再取り出し性が要求されれば、延長された開口期間及び長期間ともに、放射線防護と保障措置を含め、規制上の要求が、防護と安全を維持する観点を反映していることをチェックするためにレビューされなければならない。

再取り出しは段階が閉鎖へ向うにつれてより技術的な要求が高くなる。再取り出しは、閉鎖後も含め、すべての段階で可能であるが、再取り出し性は主に閉鎖前の期間に考えるべきと思われ、研究開発はこの期間での再取り出しの可能性に集中すべきである。同様に、再取り出しの制度的な工夫や計画は閉鎖前の期間に集中すべきである。閉鎖後の再取り出しは、技術的には可能であるが、著しい資源が必要である。処分場の開発の各段階で適切な利害関係者で逆戻りの必要性が注意深く評価されるのであれば、再取り出しの技術的社会的理由がないということを、閉鎖の決定がなされる時までには、高いレベルの信頼性によって達成すべきである。

5．各国の状況

5．1 再取り出し性の概念

再取り出し性に関する欧州9ヶ国の状況は、EURレポートにまとめられている²⁾。その中では、使用済み燃料や高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）に加えて、低中レベル放射性廃棄物についても、再取り出し性の検討状況が示されている。表-1はその状況をまとめたものである²⁾。ドイツ以外の国では、再取り出し性について、すでに何らかの検討が行われており、特にフィンランド、フランス、オランダでは法的な対象になっている。また、ほとんどの国において、再取り出し性が国民の関心事であることが示されている。また、表-2に示すように、地層処分を13の時間枠に分けて考えた場合に、それぞれの時間の長さについての考え方も示されており²⁾、各国の処分概念の特徴が現れている。

なお、米国においては、50年間は廃棄物に直接アクセス可能、設置開始から100年間の再取り出し性（300年間まで延長可能）が考えられている²⁾。

このほか、スペインでは低中レベル放射性性廃棄物の浅地中処分場であるEI Cabril 処分場において、すでに再取り出し性を取り入れた設計、操業が行われている。図-1は、オランダの岩塩層処分概念（METRO-1）で考えられている再取り出しの概念図である²⁾。

スイスのEKRAレポートでは、監視付き長期地層処分（monitored long-term geological disposal）の概念が提示されている¹⁾。この概念は、

- ・人および環境の保護
- ・将来世代への不当な負荷の回避
- ・将来世代の選択肢の不当な制限の回避
- ・修正行動の可能性
- ・社会の受容性

を考慮して打ち出されたとされているもので、処分と可逆性とを結びつけた概念である。この概念の中核となる要素は、図-2に示すように、地下に試験施設、主施設、パイロット施設を建設するというものである¹⁾。試験施設の目的は、選定した処分サイトの適性を決定することであり、主施設へ廃棄物を定置する前に運転される。主施設は廃棄物のほとんどを受け入れて定置するもので、再取り出し性が技術的に保持される。パイロット施設は、廃棄物の一部を定置し、温度、圧力、地下水流動などについて主施設と同じ条件でモニターするものであり、人工バリアおよびニアフィールドの長期変化のモニタリング、長期安全性を証明するために使われた予測モデルの検証などが行われる。その結果によっては、必要な場合には、主施設の天然バリアおよび人工バリアのチェック、人工バリアの修理・改良、核種の予想外の漏洩時における除染、廃棄物の

再取り出しなどが可能になるとしている。また、試験施設、主施設の建設、運転結果と合わせて、パイロット施設の結果は、長期安全性の確認の中心的な情報として使われ、主施設を閉鎖しても運転を続けてデータを取得し、後で閉鎖するという選択もできるとされている。

この概念の安全上の長所、短所としては、以下のことが挙げられている：

長所

- ・知識の増加および技術の進歩の結果として、安全性が高まる可能性がある、
- ・予想外の好ましくない展開の早期発見ができる、
- ・再取り出しおよび必要ならば施設の修理の可能性がある。

短所

- ・運転員の被ばくの長期化、
- ・第三者による望ましくない侵入によるリスクの増加
- ・戦争やシステムの変化などの、予想困難な予見できない社会的・政治的現象から生じる負の結果。

このほか、この概念は、地層処分と比べて、建設および運転コストを高めるとしている。

このように、この概念は、長期の安全確保の要件を満たす現時点での唯一の選択肢であると見なされる地層処分と社会が要求する可逆性とを結びつけたものである。この概念においてさらに検討を要することの一つは、どのくらいの期間モニタリングを行うことができ、閉鎖を判断できるかということであろう。

パイロット施設に一部の廃棄物を定置しモニタリングを行うという考えに近い概念は、スウェーデンがすでに打ち出している試験的処分という考えがある⁴⁾。これは、処分の対象となる使用済み燃料の10%を最初の段階で定置し、5年間継続してその結果を評価した後、残りの廃棄物の定置の判断を行うというものである。評価の結果、処分を継続することが適切であれば、第2段階として全体の処分場が建設され、すべての廃棄物の処分が続けられる。

5.2 研究開発

地層処分の概念自体にある程度の再取り出し性がすでに取り込まれていること、法的に再取り出し性が要求されていないなどの理由で、研究開発を具体化していない国があるが、いくつかの国では研究開発が進められている。スペインはそのような国の例であり、再取り出し性がEl Cabril処分場の要件とされていることもあり、再取り出し性の可能性を証明するための研究開発を行うように上院委員会が勧告している²⁾。スペインはスイスNAGRAとの共同研究としてFEBEXプロジェクトを進めてきているが、その設備の解体段階で、再取り出しに伴う問題点を摘出するなど、有用な経験が得られるかどうか検討してい

る²⁾。英国の NIREX では、低中レベル放射性廃棄物の地層処分に関して、再取り出し性についての研究開発が幅広く行われている。その内容は、容器の腐食、廃棄体の安定性、埋め戻し材の物理的・化学的性質の研究、大規模な埋め戻し試験、埋め戻し材の除去試験、再取り出し性を高めるための設計研究である²⁾。

フランスでは、再取り出し性あるいは可逆性についての検討が法的にも必要なことから、研究開発が行われ、その内容は、

- ・ 接近性と再取り出し性に関する技術的可能性の評価
- ・ 一部あるいは全体の閉鎖を遅らせる可能性の評価

である²⁾。

ドイツでは、現在の処分概念には、再取り出し性の意図は含まれていない。技術的には、岩塩ドーム処分場の温度と熱応力の問題が大きいとのことで、処分場全体についての詳細な熱解析を行い、温度分布や応力の時間変化を解析し、作業の可能性の時期、場所などの検討を行っている²⁾。

6. 考察

以上に、主に欧州における再取り出し性に関する検討結果を引用しながら、この課題に関する各国の状況を述べてきた。地層処分の体制、制度、研究開発、立地活動などにおいて世界をリードし、我が国もお手本として学んできた欧州各国において、地層処分に対する社会の理解と合意の面から足踏み状態にある国がいくつか見受けられ、その対策の一つとして再取り出し性に関する調査検討および研究開発が勢力的に行われていることは、我が国としても多いに参考とすべきである。

これまで、地層処分の考え方において、「再取り出しする必要がない。」というのが重要な要素となっているが、「安全を損なうことなく、廃棄物の再取り出し性を高めておく」ことは、これと矛盾することではないと考えられる。地層処分の設計、建設、操業、閉鎖、閉鎖後管理の各段階において、安全上再取り出しが必要ないように手当てしておくことは、実際上重要なことであり、それが達成できると判断されなければならないと思われる。しかし、その判断を信頼性を持って行うことができる根拠を整備できるような、さらに不測の事態へも備えられるような状態をある期間維持することは、技術的にも社会的にも必要なことであると考えられる。

我が国においても、原子力安全委員会が平成 12 年 11 月に取りまとめた「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について（第 1 次報告）」⁵⁾において、閉鎖段階の安全確認として、「処分場の閉鎖に際しては、建設段階及び操業段階に得られたデータを追加し、安全評価の結果が妥当であることの確認を行う。また、その妥当性を確認するまでの期間は、高レベル放射

性廃棄物の回収の可能性を維持することが重要である。」とされており、安全規制の基本的な考え方の一つとして、再取り出し性の確保が打ち出されてきている。今後、閉鎖段階以外の段階も含めて、安全規制がより具体化されていくためにも、さらなる検討が必要であると考えられる。

このように考えると、我が国においても、欧州で行われているような再取り出し性あるいは可逆性についての検討を十分に行い、我が国に適した地層処分概念の一層の高度化を図ることが重要であると考えられる。その中では、処分場の設計、建設、操業、閉鎖、閉鎖後のすべての段階にわたった検討が必要になると思われるが、特に、以下の内容が重要であると考えられる：

- ・ 処分場の設計、特に、人工バリアの設計ならびに設置技術
- ・ 処分場の操業計画、特に閉鎖までのタイムスケジュール
- ・ モニタリングの目的、内容、方法、実施場所、実施期間

研究開発の項目としては、以上に関連する内容、実証試験に加えて、5.2に紹介したような、天然バリアや人工バリアの特性変化、劣化などについての研究も合わせて行うことが必要であるかもしれない。これらの成果を統合した形で、これまでの地層処分概念で見直すところがあれば見直しを行って、より社会の理解と合意を得やすい処分システムを構築することが必要であると考えられる。

7. おわりに

地層処分の再取り出し性については、これまで我が国では、本格的な検討・考察がなされていないが、上記に述べたように、単に技術的な問題ではなく、広く社会的、倫理的、制度的な問題を含むものであり、その価値を含め、今後詳細な検討を行って地層処分に対する社会の理解と合意を得ていくための糧とすべきであると考えられる。事故がいかに起こりそうもないかということよりも、起こったときに何がなされるかを知っているとき、その技術は安全であると人々は考えるのである³⁾。

研究開発の分野では、これまでに得られてきた成果を基盤として、再取り出し性に係る検討に基づいて必要な項目を摘出整理して計画を定め、地層処分の実施、規制、および社会の理解と合意の構築への寄与を目標として研究開発を実施していくことが必要である。

参考文献

- 1) W. Wildi, D. Appel et al.: “ Disposal Concepts for Radioactive Waste ” ,
Expert Group on Disposal Concepts for Radioactive Waste (EKRA), Federal
Office of Energy, Switzerland(2000).
- 2) J.B.Grupa, D.H.Dodd et al.: “ Concerted action on the retrievability of
long-lived radioactive waste in deep underground repositories ” ,
EUR19145EN, European Commission(2000).
- 3) OECD/NEA, “ Reversibility and Retrievability in Geologic Disposal of
Radioactive Waste, Reflections at the International Level(2001).
- 4) SKBF/KBS, Final Storage of Spent Nuclear Fuel-KBS-3(1983).
- 5) 原子力安全委員会:「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考
え方について(第1次報告)」(2000)。

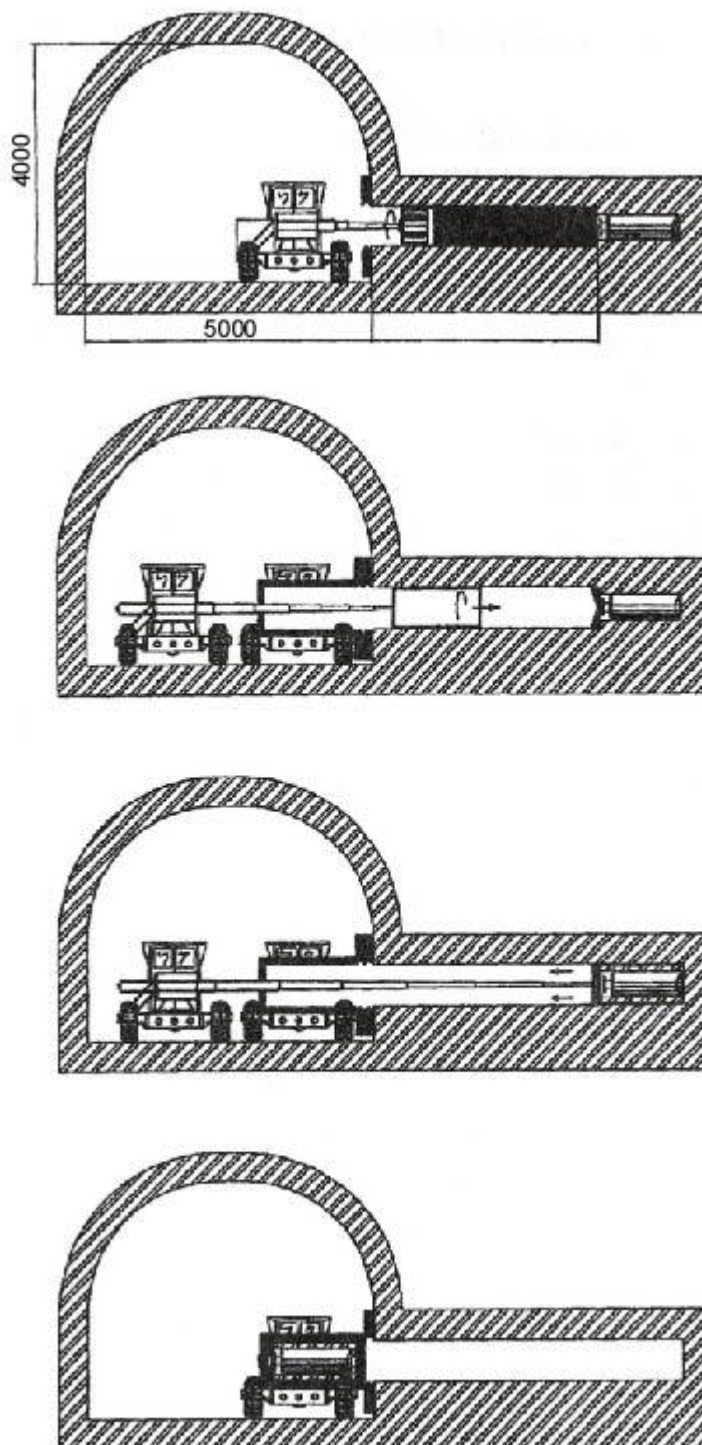


図-1 オランダの岩塩層処分概念 (METRO-I)で考えられている再取り出しの概念²⁾

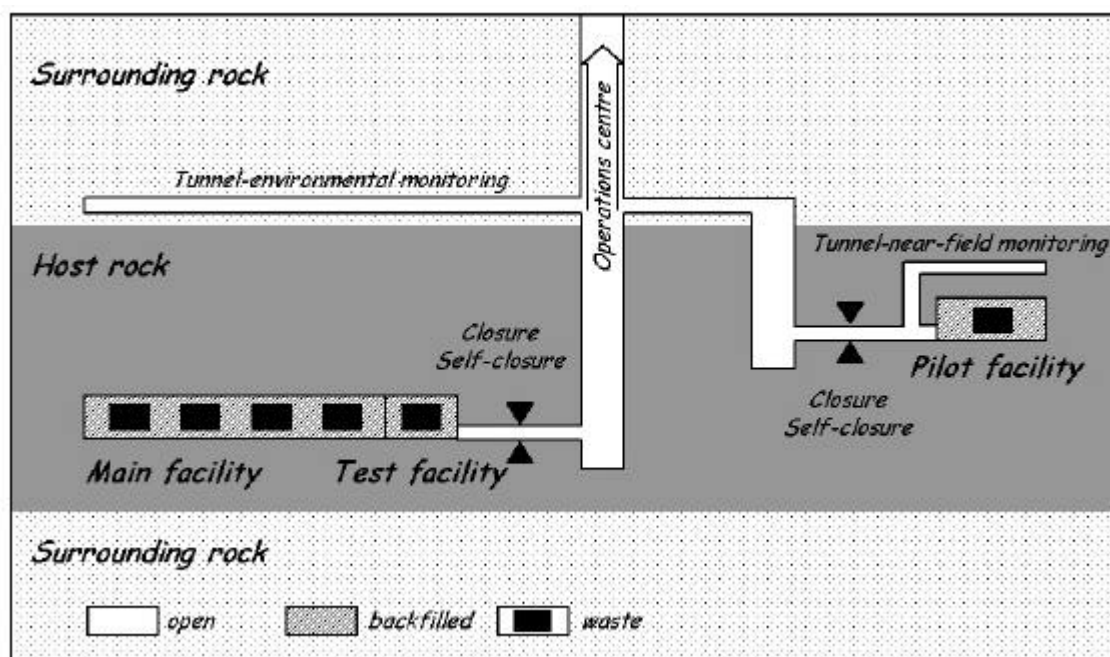


図-2 スイスで考えられている監視付き長期地層処分施設の概念¹⁾

表-1 欧州9ヶ国における再取り出し性に関する検討状況²⁾

	Belgium	Finland	France	Germany *	Netherlands	Spain	Sweden	Switz 1	Switz 2	UK
Waste type	HL/SF	SF	IL/HL/SF	LL/IL/HL/SF	HL	HL/SF	SF	LL/IL	HL/SF	IL
Host rock (reference)	clay	cr	clay/cr	salt	salt/clay	clay/cr	cr	marl	clay/cr	TBD
Retrievability inherent in disposal concept	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Duration of retrievability period	TBD	OP +	TBD	NA	OP +	TBD	OP +	OP +	OP +	OP +
Retrievability regulated/obligatory	TBD	Yes	Yes	No	Yes	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD
Retrievability seen as public concern	Yes	Yes	Yes	?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Design adjustments foreseen	TBD	TBD	TBD	No	TBD	TBD	TBD	Yes	TBD	TBD
Operational adjustments possible	TBD	Yes	TBD	No	Yes	TBD	Yes	Yes	TBD	Yes
Retrievability under investigation	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

LL Low level radioactive waste
 IL Intermediate level radioactive waste
 HL High level radioactive waste
 SF Spent nuclear fuel elements

TBD To be decided
 OP Operational period only
 OP + Beyond operational period

NA Not applicable
 ? Not clear
 cr Crystalline

* Entries for Germany according to the current Gorleben repository concept.
 In line with new international developments retrievability of disposed radioactive waste is presently under review in the Federal Republic of Germany.

表-2 欧州 9 ヶ国における地層処分工程の 13 の時間枠の考え方(その 1)²⁾

(d = day; wk = week; m = month, y = year)

Country	Belgium	Finland	France	Germany	Netherlands	Spain	Sweden	Switz 1	Switz 2	UK
Waste type	HL/SF	SF	IL/HL/SF	HL/SF	HL	HL/SF	SF	LL/IL	HL/SF	IL
Time-zone:										
1. Period of interim storage at or near surface	50 y	20-40 y	IL: 10 y HL: 30-50 y	15-60 y	50-100 y	40 y +	40 y	0-40 y	40 y +	0-100 y
2. Design and construction of the repository and completion of the first disposal cell	10 y	15 y	15-20 y	13 y	12-17 y	15 y	5-10 y	6 y	15 y	20 y
3. Period of filling one disposal cell with waste package(s)	1-5 y	< 1 wk	IL: few months few years HL: few days	0 y	several d	2 d	1 wk	several years	1 y	3 y
4. Period of keeping the package accessible before backfilling and sealing the disposal cell	XXXX	< 1 d	1-15 y	XXXX	XXXX	< 1 d	< 1 d	0-100 y	< 1 d	0->100 y
5. Backfilling and sealing of the disposal cell	1 y (incl in 3)	< 1 wk	few wk	XXXX	immediately after waste emplacement	(incl in 3)	(incl in 3)	1 y	(incl in 3)	5 m
6. Period of keeping the backfilled and sealed disposal cell accessible, before backfilling the depositing tunnel	XXXX	< 1 m	1-15 y	XXXX	> 25 y	< 1 d	XXXX	XXXX	XXXX	0->100 y
Country	Belgium	Finland	France	Germany	Netherlands	Spain	Sweden	Switz 1	Switz 2	UK

表-2 欧州 9 ヶ国における地層処分工程の 13 の時間枠の考え方(その 2)²⁾

(d = day; wk = week; m = month, y = year)

Country	Belgium	Finland	France	Germany	Netherlands	Spain	Sweden	Switz 1	Switz 2	UK
Waste type	HL/SF	SF	IL/HL/SF	HL/SF	HL	HL/SF	SF	LL/IL	HL/SF	IL
7. Backfilling the depositing tunnel	XXXX	1 y	few wk	XXXX	1-5 y	some d	few m	XXXX	XXXX	5 y
8. Period of keeping the access tunnel open, after having backfilled the depositing tunnel	not decided	20-40 y	not decided	0,5-5 y	XXXX	< 5 y	30 y +	XXXX	0-15 y	0->100 y
9. Backfilling the access tunnel	1-5 y	1 y	5 y	1-2 y	(incl in 7)	1 y	few y	XXXX	1 y	5 y
10. Period of keeping the access shafts open, after having backfilled the access tunnel	XXXX	XXXX	not decided	4,5 y	XXXX	XXXX	XXXX	not decided	0 y	0->100 y
11. Backfilling and sealing of the shafts	1-5 y	1 y	1-5 y	1,5 y	1-5 y	4 y	few y	2 y	2 y	1-2 y
12. Post-closure phase with institutional control	not decided (100-300 y)	not decided	0-500 y	undefined	undefined	not decided (x 100 y)	not decided	not decided	not decided	not decided
13. Post-closure phase without institutional control	unlimited	unlimited	unlimited	undefined	unlimited	unlimited	unlimited	unlimited	unlimited	unlimited
Country	Belgium	Finland	France	Germany	Netherlands	Spain	Sweden	Switz 1	Switz 2	UK