



JAEA-Review

2008-035

**余裕深度処分の概念調査**  
—フィンランドとスウェーデンの事例より—  
(委託研究)

Investigation of Sub-Surface Disposal Concept  
- The Cases of Finland and Sweden -  
(Contract Research)

鯉渕 浩人 土肥 輝美 中越 章雄\* 雨宮 清\*  
Hiroto KOIBUCHI, Terumi DOHI, Akio NAKAGOSHI\* and Kiyoshi AMEMIYA\*

バックエンド推進部門  
事業計画グループ  
Project Planning Group  
Nuclear Cycle Backend Directorate

JAEA-Review

February 2009

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。  
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)  
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail: [ird-support@jaea.go.jp](mailto:ird-support@jaea.go.jp)

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,  
Japan Atomic Energy Agency  
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail: [ird-support@jaea.go.jp](mailto:ird-support@jaea.go.jp)

© Japan Atomic Energy Agency, 2009

余裕深度処分概念調査  
—フィンランドとスウェーデンの事例より—  
(委託研究)

日本原子力研究開発機構 バックエンド推進部門  
埋設事業推進ユニット  
鯉渕 浩人、土肥 輝美、中越 章雄\*、雨宮 清\*

(2008年5月16日受理)

わが国では、原子炉施設から発生する炉内構造物等廃棄物及び再処理施設、混合酸化物燃料加工施設から発生する TRU 廃棄物の一部について、余裕深度処分を行うことが提案されている。現在、事業の実施に向けて安全規制を含めた制度の整備が行われているところである。これらの状況を踏まえ、安全な処分を実現するためには、既に余裕深度処分相当の廃棄物処分を実施している諸外国の事例が参考となる。従って本報告書では、実施国の中でも埋設深度や処分対象廃棄物等が日本と類似しているフィンランドとスウェーデンを調査対象として、廃棄物の分類、処分の考え方、処分施設の構造等の調査結果に基づき、両国の余裕深度処分概念について以下のとおり報告する。

フィンランドでは、放射性廃棄物の管理、処分方法は原子力エネルギー法や政府の方針により定められている。対象廃棄物は、原子力発電事業者によって、各々の発電所サイト内地下 100m 前後の岩盤空洞内において処分されている。

スウェーデンでは原子力活動法により、原子力発電所の事業者が使用済燃料及び原子炉廃棄物の安全な取扱いと処分に対して責任を有している。対象廃棄物は、原子力発電事業者の共同出資により設立された会社を実施主体として、海底下約 60m の岩盤空洞内に処分されている。

上記のほか、両国の余裕深度処分相当以外の処分事業、関連法規制、資金計画、研究開発の概況なども本報告書にまとめている。

---

本調査は、株式会社間組が日本原子力研究開発機構との契約に基づいて平成 19 年度に実施した成果である。

東京事務所（駐在）：〒100-8577 東京都千代田区内幸町 2-1-8 新生銀行本店ビル 11 階

\* 株式会社間組

Investigation of Sub-Surface Disposal Concept  
- The Cases of Finland and Sweden -  
(Contract Research)

Hiroto KOIBUCHI, Terumi DOHI, Akio NAKAGOSHI\* and Kiyoshi AMEMIYA\*

Radioactive Waste Management Unit  
Nuclear Cycle Backend Directorate  
Japan Atomic Energy Agency  
Uchisaiwai-cho, Chiyoda-ku, Tokyo

(Received May 16, 2008)

Sub-surface disposal is one of the disposal methods for low-level radioactive waste in Japan. It will operate below the generally used depth domestically. The waste disposed by this method is assumed to be core internals and part of TRU (the transuranium elements) waste from reprocessing and MOX (mix oxide fuel) fuel fabrication facilities. These contain the waste generated as a result of research activities, too. In order to establish a safety regulation for the disposal, a case study of the overseas disposal is useful. The similar disposal plan of Japan has been considered or already operated especially in Finland and Sweden. Therefore, in this study, we investigated current status and concept of appropriate sub-surface disposal in both countries as below.

In Finland, waste management and disposal methods are regulated by Nuclear Energy Act and national policy. Low and intermediate level wastes are disposed into the cave in bedrock at each nuclear power plant site.

In Sweden, safety handling and disposal of waste are regulated by Act on Nuclear Activities. The disposal of low and intermediate level wastes has been operated under the seabed. This operation is carried out by a joint company which the nuclear companies have formed.

In addition, we reported a site selection, burial depth and financial plan etc. in both nations.

Keywords: Sub-Surface Disposal, Disposal Concept, Radioactive Waste, Finland, Sweden

---

This work was performed by the contract with Hazama Corporation in the fiscal year 2007.

\* Hazama Corporation

目 次

1. 緒言	1
2. フィンランドにおける余裕深度処分	2
2.1 原子力発電の状況	2
2.2 原子力及び放射性廃棄物管理対策にかかる政策	2
2.3 放射性廃棄物管理の現状	2
2.4 関連組織体制	4
2.5 関連法規制	5
2.6 資金計画	5
3. スウェーデンにおける余裕深度処分	7
3.1 原子力発電の状況	7
3.2 原子力及び放射性廃棄物管理対策にかかる政策	7
3.3 放射性廃棄物管理の現状	7
3.4 関連組織体制	13
3.5 関連法規制	14
3.6 資金計画	14
参考文献	15

Contents

1. Introduction .....	1
2. Study of Sub-surface Disposal in Finland .....	2
2.1 Nuclear Power Plants .....	2
2.2 Strategy of the Nuclear Power and the Radioactive Waste Management .....	2
2.3 Nuclear Waste Management .....	2
2.4 Authorities and Companies .....	4
2.5 Laws and Regulations .....	5
2.6 Financial Provision .....	5
3. Study of Sub-surface Disposal in Sweden .....	7
3.1 Nuclear Power Plants .....	7
3.2 Strategy of the Nuclear Power and the Radioactive Waste Management .....	7
3.3 Nuclear Waste Management .....	7
3.4 Authorities and Companies .....	13
3.5 Laws and Regulations .....	14
3.6 Financial Provision .....	14
References .....	15

## 1. 緒言

本調査では、諸外国の中深度の空洞型処分施設、特に実際の施設を展開しているフィンランドとスウェーデンの事例について、廃棄物の分類、処分の考え方、処分施設の構造などの調査を行った。また、併せて、中深度の処分と並行して進められている他の廃棄物の処分方策の推進状況についても調査を行ったので、以下に報告する。

## 2. フィンランドにおける余裕深度処分概念

### 2.1 原子力発電の状況

フィンランドには、原子力発電所 2 カ所に原子炉が 4 基、合計 2656MW<sub>e</sub> (Loviisa : 488 MW<sub>e</sub> PWR 2 基、Olkiluoto : 840 MW<sub>e</sub> BWR 2 基) の発電設備があり、フィンランドの電力全体の約 28.4%を原子力が供給している<sup>2)</sup>。

また、Olkiluoto で 3 番目となる 1600 MW<sub>e</sub> PWR 1 基が建設中で、2009 年操業開始の予定である。

### 2.2 原子力及び放射性廃棄物管理対策にかかる政策

1988 年に公布された原子力エネルギー法(Nuclear Energy Act)で、フィンランドにおける放射性廃棄物管理に関する方向性が示され、1994 年にそれが改定されて、廃棄物はフィンランド国内で管理することが決定された (以前は Loviisa プラントの使用済み燃料はソ連に持っていくことになっていたが、1996 年末で終了した)。また、1995 年に FPH 社と TVO 社によって Possiva 社が設立され、フィンランドにおける使用済み燃料処分の開発と実施の責任を持つこととなった。

低中レベル放射性廃棄物については、政府の方針として発電所のサイト内の基盤岩の中に処分することになっている。

### 2.3 放射性廃棄物管理の現状

#### (1) 使用済み燃料

使用済み燃料は、原子炉建物の中のプールで保管後、貯蔵プールに移され、数十年間貯蔵する。最終的には、Olkiluoto の基盤岩中に地層処分する計画になっている。現在の貯蔵プールの容量で 2010 年までの容量は十分に確保されている。

Loviisa プラントからロシアへの使用済み燃料の搬出は 1996 年末で終了し(合計で 330 tU を搬出)、その後は同プラントで貯蔵されている。

インベントリーの現状は以下の通りである(2004 年末)。

Loviisa : 351 tU (保管容量 520 tU)

Olkiluoto : 1026 tU (保管容量 1570 tU)

#### (2) 放射性廃棄物

##### (a) 区分・インベントリー

放射性廃棄物は、大きく核燃料サイクルから出る核廃棄物(Nuclear waste)と核燃料サイクル以外の活動から出るその他の放射性廃棄物に分けられ、それがさらに処分方法に従って分けられている (図 2 - 1)。

○核廃棄物 (原子力エネルギー法を適用)

・使用済み燃料 (深地層処分場)

1,377 tU (2004 年末の貯蔵量)



- ・低中レベル廃棄物（中深度の岩盤空洞） 1,984 m<sup>3</sup>（2004 年末の貯蔵量）
  - ・低レベル廃棄物：原子力発電所の管理区域から出る短寿命 βγ 放射性核種だけを含む廃棄物で取り扱いに特別な防護装備(設備)を必要としないもの。原則として放射能が 1MBq/kg 以下。
  - ・中レベル廃棄物：取り扱いに特別な防護装備（設備）を必要とするもの。原則として放射能が 1MBq/kg～10GBq/kg。
  - ・放出（海水、大気、埋め立て処分場）
- その他の放射性廃棄物（放射線法を適用）
- ・処理済み固体廃棄物（集中処分場）
  - ・液体廃棄物（下水システム）
  - ・固体廃棄物（埋め立て処分場）
  - ・エアボーン排気（大気）

(b) 管理技術の概要

低中レベル廃棄物は、基本的に発電所で分別、処理、パッケージ化、放射能計測、貯蔵された後、処分場に輸送して処分されている。

Loviisa では湿式の中低レベル廃棄物（廃イオン交換樹脂、腐食スラッジ、吸収剤の炭素スラッジ、除染スラリーなど）は当面タンク貯蔵した後、セメント固化することになっており、プラントが 2006 年に稼動予定となっている。Olkiluoto では、これらの廃棄物はアスファルト固化されている。

いずれのプラントでも、固体廃棄物はコンディショニングした後、処分施設に移送される。新規プラントでは、液体廃棄物の処理により発生するスラッジ、濃縮廃液、廃樹脂はドラム乾燥し、コンクリートボックスに入れて処分されることになっている。

(c) 放射性廃棄物処分場の状況

○高レベル廃棄物

使用済み燃料は、キャニスターに封入して Olkiluoto の地下 400～700m の基盤岩中に地層処分する計画になっている。処分概念は、スウェーデンの KBS-3 に似た概念で、キャニスター、ベントナイト、岩盤よりなる多重バリア概念となっている。Olkiluoto を処分サイトにするのは 2000 年に政府が決定し、2001 年には議会がそれを承認した。Posiva 社は議会での承認を受け、Olkiluoto に地下研究施設（ONKALO）を建設して岩盤の詳細調査に着手する方針である。ONKALO の建設は 2004 年に開始された。調査結果が良好であれば同地に処分場が建設されることとなるが、処分場の建設や運転には許認可が別途必要であり、Posiva 社は 2012 年頃に建設許可を申請、2020 年頃の運開を目指す方針である。

フィンランドでの使用済み燃料の総発生量は 5640 トンと見込まれている。内訳は、Loviisa 1, 2 号炉が 2030 年までの操業で 1020 トン、Olkiluoto 1, 2 号炉で 2030 年までに 2620 トン、Olkiluoto3 号炉で 2070 年までに 2000 トンとなっている。

○低中レベル廃棄物

・ Loviisa 処分場

花崗岩の基盤岩の地下約 110m のところに建設されている。処分場は、低レベル廃棄物を収納するトンネル 2 本と固化した中レベル廃棄物を収納する空洞一つで構成されている。2004 年末現在での処分量は、1234m<sup>3</sup>（放射エネルギー 0.26TBq）となっている。処分場の容量は 2500m<sup>3</sup>である。

中レベル廃棄物用の空洞は、掘削が終了し、建設作業や設置作業の終了は 2006 年末になる予定。その後、規制当局の審査を経て、操業となる（図 2 - 2）（図 2 - 3）。

・ Olkiluoto 処分場

石英閃緑岩の基盤岩の地下 60m～90m のところに建設されている。二つのサイロで構成され、一つは固体の低レベル廃棄物用、もう一つはアスファルト固化した中レベル廃棄物用となっている。固体低レベル廃棄物用のサイロは、岩盤にコンクリートを吹き付けた構造で、アスファルト固化体用のサイロは、岩盤のサイロの中に厚いコンクリート壁のサイロを設置した構造となっている。全ての廃棄物はコンクリートボックス（ドラム缶 16 本）に収納されて、定置されている。

2004 年末現在での処分量は、4140m<sup>3</sup>（放射エネルギー 62.9TBq）となっている。処分場の容量は 9100m<sup>3</sup>。操業期間 60 年間に受け入れを続けるために、増設が予定されている（図 2 - 4）（図 2 - 5）。

(d) 研究開発の概況

フィンランドの基盤岩についての研究開発は 1970 年代に開始された。研究の第一段階は、低中レベル放射性廃棄物の地下処分場を開発することであった。これらの処分場は Loviisa と Olkiluoto に建設され、1992 年と 1997 年にそれぞれ操業を開始した。

使用済み燃料の深地層処分場のための研究は 1980 年代初期に始まり、適切なサイトの選定のためにいろんな場所で調査が行われた。1999 年に Olkiluoto サイトが選定され、Posiva から政府に申請が出されて、2001 年に最終的に議会で承認された。

2.4 関連組織体制

(1) 廃棄物発生者

(a) 電力会社

- ・ TVO 社(TVO: Teollisuuden Voima Oy)
- ・ FPH 社(FPH: Fortum Power and Heat Oy)

(b) 研究炉

- ・ フィンランド国立技術研究センター（VTT: Technical Research Center of Finland）

(2) 規制当局

- ・ 貿易産業省(MTI: Ministry of Trade and Industry)

最高の監督機関であり、政府に代わって許認可を出す。原子力エネルギーの分野で全体的な権限を有している。

- ・ 社会保健省(Ministry of Social Affairs and Health)  
原子力以外の廃棄物を管轄している。
- ・ フィンランド放射線・原子力安全局(STUK: Radiation and Nuclear Safety Authority)  
独立した政府機関で、放射線及び原子力の安全に係わる規制管理をおこなう。
- ・ 原子力安全諮問委員会(Advisory Committee on Nuclear Safety)  
重要な安全問題及び規制に関して STUK に助言する。放射性廃棄物を専門に担当する部門を持っている。

### (3) 処理、処分の実施主体

- ・ Posiva 社 (Posiva Oy)  
1995 年に電力会社がフィンランドにおける使用済み燃料処分の開発と実施のために設立した機関である。

### (4) その他

- ・ フィンランド地質調査所 (GTK : Geological Survey of Finland)  
VTT の中に、放射性廃棄物処分の分野で STUK を技術的に支援するためのグループが編成されており、GTK などの政府組織から派遣された約 30 名の人員で構成されている。

## 2.5 関連法規制

- ・ 原子力エネルギー法(Nuclear Energy Act)  
意志決定プロセスが規定されている。最初のステップは、政治的な意志決定、次に環境影響評価をおこなってこれらの評価に対する規則に適合させる。次に担当する機関が申請を出し、政府は STUK と自治体に諮問してコメントをもらう。これらのコメントが賛成のものであれば政府はこれを決定し、議会が承認する。ただし、これは建設の許可ではなく、建設、操業の許認可申請は別途おこなう必要がある。  
意志決定プロセスに関連して、当局の検討のために、Posiva 社が科学的、技術的資料を提出した。
- ・ 放射線法 (Radiation Act) および放射線規則(Radiation Decree)  
放射線安全に関して規定されている。原子力以外の分野からの放射性廃棄物に関する規定は、この中で扱われている。

## 2.6 資金計画

放射性廃棄物管理にかかる費用はすべて原子力発電所の所有者の負担となる。原子力発電を使用することによる料金に基づく基金が作られ、国家放射性廃棄物管理基金(State Nuclear Waste Management Fund)として積み立てられている。

廃棄物の発生者は、発生した廃棄物（使用済み燃料の処分、廃炉を含む）の管理に必要な

費用を毎年、見積り、MTI がそれに対する発生者の負担と基金への支払額を承認する仕組みとなっている。

### 3. スウェーデンにおける余裕深度処分概念

#### 3.1 原子力発電の状況

三つのサイト(Forsmark, Oskarshamn, Ringhals)で10基(PWR3基: 2,750 MW<sub>e</sub>, BWR7基: 6,167 MW<sub>e</sub><sup>7)</sup> (文献7に記載されている原子炉のうち、Barsebaeck-2は2005年に運転を停止)の原子炉が稼働中である。

スウェーデンの電力の46.4%を原子力が供給している。

#### 3.2 原子力及び放射性廃棄物管理対策にかかる政策

スウェーデンにおける使用済み燃料及び放射性廃棄物管理の基本は、法律により規定されている。

原子力活動法(Act on Nuclear Activities)では、原子力発電所の事業者が使用済み燃料及び原子炉で発生した放射性廃棄物の安全な取り扱いと処分に対して、一義的な責任を有することが規定されている。また、事業者は、放射線による人の健康と環境への障害を防ぐあるいは妨げるのに必要な対策、予防措置をとる責任もあることが放射線防護法(Radiation Protection Act)により定められている。また、使用済み燃料のための将来の費用の資金に関する法律(Act on the Financing of Future Experiences for Spent Nuclear Fuel etc.)で、デコミッショニング、使用済み燃料および放射性廃棄物管理にかかる経費は全て原子力会社が負担するよう規定されている。

電力会社は、上記の事業者としての責任を果たすために共同でスウェーデン核燃料廃棄物管理会社(SKB)を設立し、使用済み燃料および放射性廃棄物の取り扱い、輸送、貯蔵の責任、さらには使用済み燃料および放射性廃棄物の管理に必要な施設の計画立案、建設、あるいは研究開発の責任を持たせている。政府は、SKBに対してその業務の状況を3年ごとに報告することを求め、それを指定した機関が評価する仕組みになっている。

#### 3.3 放射性廃棄物管理の現状

##### (1) 使用済み燃料

使用済み燃料は、使用済み燃料中間貯蔵施設 (CLAB: Central interim storage facility for spent nuclear fuel) に約30年間貯蔵することになっている。CLABは岩盤の地下25mに建設され、廃棄物は水中で貯蔵される。1985年から操業を始め、当初、保管容量5000トンだったが、最近、3000トン増設され(2005年に供用開始予定)、8000トンの使用済み燃料を貯蔵することができる。2004年末現在での保管量は4182トンとなっている。なお、原子力発電所サイトの使用済み燃料プールに保管されている量は2004年末で約734トンとなっている。

##### (2) 放射性廃棄物

###### (a) 区分・インベントリー

・使用済み燃料	発電所サイト	734 tU (2004年末現在の貯蔵量)
	CLAB	4182 tU (2004年末現在の貯蔵量)

- ・ 長寿命低中レベル放射性廃棄物

研究、産業、医療、原子炉からの炉内構造物などから発生する。現在、Studsvic 研究所と CLAB に保管されているが、集中貯蔵施設の計画もある。

- ・ 短寿命低中レベル放射性廃棄物

- ・ 極低レベル廃棄物

発電所から出る放射能が 300KBq/kg 以下の廃棄物で、低レベルのイオン交換樹脂、配管類、工具、紙やポリシート、ケーブル類といった雑廃棄物が相当する。

(b) 管理の概要

短寿命低中レベル放射性廃棄物は、廃棄物のタイプ毎に処理し、パッケージ化して SFR に処分している。イオン交換樹脂は、鋼製ドラムやコンクリート製角形容器にコンクリート固化あるいはアスファルト固化されている。金属スクラップ、スラッジなどもコンクリート固化されている。可燃物の一部は Studsvic 社に搬入して焼却処理が行われている。

長寿命低中レベル放射性廃棄物は、花崗岩の岩盤の処分場 (SFL-3) に処分される予定である。処分場ができるまでは原子力発電所や Studsvic 社のサイト、あるいは使用済み燃料の中間貯蔵施設 (CLAB) のプール中に保管される。

また、極低レベル放射性廃棄物は、次のいずれかとなる。

- ー 浅地中埋設処分場に処分する。
- ー SKI 及び SSI の要件と決定に従ってクリアランスされ、以下の措置がとられる。
  - ・ 無制限放出
  - ・ 産業廃棄物処分場に処分
  - ・ 専用の焼却炉で燃焼 (汚染した廃油)

(c) 放射性廃棄物処分場の状況

○ 高レベル廃棄物

使用済み燃料は 30 年間中間貯蔵した後、銅製の容器に封入して地下 500~700m の岩盤中に処分する計画となっている。処分は 2 段階でおこなわれることになっており、最初は、全体の約 10% にあたる 400 体を処分して材料及び処分方法を評価し、その時点で本格的な処分に進むか、処分したものを取り出すか判断する。

サイト選定に関しては、サイト固有の調査がおこなう場所として 3 カ所 (Osthammar, Oskarshamn, Tierp) が選定され、そのうちの 2 カ所 (Osthammar, Oskarshamn) の自治体がこの受け入れを承認している。最終的なサイト選定の条件は、次の 4 つが示されている。

- ・ 長期安全要件が満たされること
- ・ 岩盤が適切であること
- ・ 施設建設の前提条件が好都合であること
- ・ 地元自治体が同意すること

調査は 2002 年から 4~8 年かけておこなわれ、その後さらに 6 年くらいかけて最初の試

験段階の運転を開始する計画となっている。

○長寿命低中レベル廃棄物処分場

・SFL-5<sup>4)</sup>

長寿命低中レベル廃棄物を処分するための施設として検討が進められている処分場である。サイトは、使用済み燃料の処分場サイト、SFR サイト、全く別のサイトが検討されている。

処分の対象となる廃棄物は原子力発電所からの炉内構造物のほか、研究、産業、医療などから出る高放射能の廃棄物である。

処分空洞は、長さ 133m、幅 14m、高さ 19m の規模である。空洞の中に、碎石を敷き詰めた基礎の上にコンクリート構造物を設置している。コンクリート構造物は三つのセクションに分かれ、エキスパンジョンジョイントで接続されている。各セクションは、さらに7つのピットに仕切り板で分けられる。この仕切り板の目的は、コンクリート構造物の長さ方向の壁を支えることと、定置した廃棄物が倒れたり、移動したりしないようにすることである。廃棄物定置の進行にともなって順次、多孔質コンクリートですき間を埋めていき、各セクションが満杯になるとコンクリートの蓋をし、内部はコンクリートで完全に充填する。その際、内部のコンクリートを溢れさせてコンクリートの蓋の上までくるようにする。コンクリート構造物の上は破碎岩で埋め戻す。

この施設の人工バリアの基本的な考え方は、いわゆる水理学的ケージ(hydraulic cage)を形成することである<sup>5)</sup>。すなわち、礫層の上に廃棄物を閉じ込めたコンクリートの塊を置き、岩盤空洞を破碎岩で埋め戻す。これにより、処分場を閉鎖し、地下水が空隙に充満すると、地下水は礫層、あるいは破碎岩部分の透水性の高い部分を、コンクリートの塊を迂回するように流れ、コンクリートの内部は通過しない。これは、コンクリートが周囲に比べて、密で、透水性が低いためである。

コンクリート躯体そのものも廃棄物を定置した後、埋め戻しが行われる。これは外部からの機械的な力に対する耐久性を向上させるためである。しかし、廃棄物から発生するガスが抜けやすいようにする必要があり、そのために、特殊な多孔質コンクリートが埋め戻し材として使用されている。発生したガスは多孔質コンクリートを通して破碎岩の埋め戻し材を経由し、そこから岩盤の亀裂に到達する。これにより、ガスの蓄積による汚染水の押し出しを防止する。

もう一つの基本的な考え方は、処分場の構成部材を出来るだけ少なくし、長期安全性の評価をし易くすることである。その一例が、当初設計でベントナイトが使用されていたのが、使われなくなったことである。

金属の腐食によるガスの発生が検討されている<sup>4)</sup>。SFL-5でのガスの発生は、鋼材の嫌気性腐食によるものが主で、発生量は深さ 500m で 8m<sup>3</sup>/年(300m で 13m<sup>3</sup>/年)と見積もられている。なお、Zr の腐食によるガス発生は無視できる程度とされている。

処分場としては、これらのガスが抜けやすいように多孔質コンクリートが埋め戻し材に使われており、ガスの蓄積がないように設計されている。コンクリートボックス内で

ガスが抜けないとした場合、蓄圧により容器の破損が懸念されるが、数百年から数千年かかると評価されている（図3-1）。

#### ○短寿命低中レベル廃棄物処分場

##### ・SFR

Forsmark の沖合 1km の海洋底下 60m に建設され、4 種類の岩盤空洞、中レベル廃棄物用のサイロ型が一つ、コンクリートタンク用の空洞が二つ、低レベル用の空洞が一つで構成されている。容量は 63,000m<sup>3</sup> の廃棄物を収容できるようになっているが（SFR-1）、将来的には 90,000m<sup>3</sup> まで収容する計画となっている。これまでに処分された量は 30,446m<sup>3</sup> である。SFR-1 の空洞の種類とそこに処分する廃棄物の種類は以下の通りである。

##### 【サイロ】

サイロにはいろんな発生元からの廃棄物が処分されるが、主なものは原子力発電所からのイオン交換樹脂で、セメント固化あるいはアスファルト固化した形が入っている。その他、金属部材なども処分される。線量当量率は最大で 500 m 線量当量/h である。

サイロは円筒状のコンクリート構造物で、内部は廃棄物に合わせて柱状に区画されている。円筒部は直径 30m、高さ 50m、壁厚は 0.8m の鉄筋コンクリート構造であり、内部の柱状区画は最大 2.5m x 2.5m である。廃棄物は柱状区画の中に定置されるが、通常、4 つのコンテナすなわちドラム缶 16 本が 1 層となっている。廃棄物パッケージのすき間は進捗に応じてポーラスコンクリートで充填される。サイロの壁と周辺岩盤との間は平均 1.2m あり、ベントナイトで埋め戻しされる。サイロの厚さ 1 m のコンクリート底の下は 90/10 砂/ベントナイト混合物が敷かれている。現在の計画では、サイロの上には厚さ 1m の蓋が付けられる予定であり、蓋をした後、薄い砂の層、1.5m 厚の砂/ベントナイト混合物 (90/10) でカバーをし、残りのスペースは砂あるいは砕石、あるいはセメントで安定化した砂で充填することになっている。

##### 【中レベル廃棄物用空洞－BMA】

ここに入る廃棄物の放射能はサイロに処分されるものより一般に低い。BMA に処分される廃棄物はいろんな発生元からのものがあるが、主なものは原子力発電所からのイオン交換樹脂である。その他、金属部材や汚染した雑廃棄物も処分される。線量当量率は最大で 100 m/h である。

処分空洞は長さ 160m、幅 19.5m、高さ 16.5m である。空洞の中にコンクリート構造物があり、15 に区画されている。廃棄物はコンテナとドラム缶の形で各区画の中に遠隔操作機器を使って定置される。

廃棄物は、コンクリートの床の上に、コンクリートのコンテナがプレハブのコンクリートスラブに対して支持体として作用するように積み上げる。廃棄物パッケージと区画の間のすき間は埋め戻すこともできる。最終的に、蓋の上にコンクリートを流し込む。コンクリート構造物と岩盤との間には 2m のスペースがあるが、これは閉鎖



する前に砂で埋め戻す。コンクリート構造物の上部のスペースはそのまま残しても良いし、埋め戻しをすることも可能である。処分場を閉鎖するときは、空洞の二つの入り口にプラグを設置することになる。

**【コンクリートタンク用空洞－BTF】**

コンクリートタンク用の空洞は二つあり（1 BTF、2 BTF）、1 BTF の廃棄物は主として灰の入ったドラム缶とイオン交換樹脂とフィルター部材の入ったコンクリートタンクであり、2 BTF の廃棄物は後者のコンクリートタンクだけである。大型の金属部材、たとえば気水分離器、原子炉容器の蓋などもこの空洞に処分できる。線量当量率は最大で 10 mSv/h である。

空洞は長さ 160m、幅 14.8m、高さ 9.5m である。コンクリートタンクはそれぞれ 10 m<sup>3</sup> あり、各列に 4 つずつ、2 層に積み上げている。積み上げた上に放射線防護用にコンクリートの蓋をする。タンクとタンクとのスペースはコンクリートで埋め戻しし、タンクと岩盤壁との間のスペースは、たとえばセメントで安定化した砂で埋め戻しがおこなわれる。

**【低レベル廃棄物用空洞－BLA】**

BLA に処分する廃棄物は、短寿命廃棄物で、主として低レベルの標準の鋼製容器に入ったスクラップ金属（鉄/鋼材、アルミニウム）、セルロース（たとえば、木材、布、紙）、他の有機材料（たとえば、ポリシート、ケーブル）、断熱材などである。線量当量率は最大で 2 mSv/h である。

空洞は長さ 160m、幅 15m、高さ 12.5m の規模である。空洞は非常に単純な構造になっていて、基本的に廃棄物容器を載せるコンクリートの床があるだけである。運転中は、廃棄物の上に水がしたたり落ちるのを最小限にするために、廃棄物の上部に天井を付けている。

廃棄物容器は 2 列、3 段に積み上げる。ほとんどの容器は半分の高さなので、6 段を積み上げることが出来る。埋め戻しは計画されていない(図 3 - 2) (図 3 - 3) (図 3 - 4)。

・浅地中埋設処分場

Ringhals、Forsmark、Oskarshamn の各原子力発電所および Studsvik のサイトには短寿命極低レベル廃棄物の浅地中埋設処分場がある。処分場の主な基準は、サイトの既存の原子力施設からの放出に著しい影響を及ぼさないこととなっており、そのために、総放射能は 100～300GBq に抑えられている。規制による最大放射能は 10TBq、そのうちアルファは最大放射能 10GBq とされている。3 年～5 年間隔で処分のキャンペーンがおこなわれ、そのキャンペーンが終わると閉鎖されている。

浅地中埋設処分施設的设计と配置は施設によって異なっているが、いずれも、底部と表面は遮水層となっている。閉鎖した埋設施設は、最終的にはほぼ 1 m の厚さの土壌などで覆土される。浸出液のモニタリングもおこなわれる。

(d) 研究開発の概況

研究開発は、地層処分に関するものが中心で、その他に、一部、地上で管理処分、再処理、核変換に関する研究もおこなわれている。

地層処分については SKB が開発した KBS-3 法に基づく処分方法の開発が中心で、Aspo 硬岩研究所を中心に研究開発が進められている。その他の方法として、数キロメートルの深さに掘った立て坑に廃棄物を処分する方法についても検討が行われている。

地上での管理処分は、CLAB などでの人の監視の下に長期間貯蔵し、最終的な解決策が見つかるのを待つというもので、グリーンピースが推奨する方法である。

再処理や核変換については、政治的な観点からの研究で、政府にこれらを実施する意志はない。

その他、原子炉が 1 基、閉鎖されたことから、デコミッショニングの研究の必要性が言われている。

(e) 施設計画

・使用済み燃料封入プラント

使用済み燃料を処分用キャニスターに封入する施設である。CLAB に隣接して建設するのが最有力であるが、処分場に建設することなども検討中である。工程は以下の通りである。

2006年	許認可申請
2009年	建設開始
2017年	操業開始

・使用済み燃料処分場

使用済み燃料を処分する施設である。

工程は以下の通りである。

2008/2009年	立地/建設の許認可申請
2018年	廃棄物の定置を開始

・短寿命低中レベルデコミッショニング廃棄物処分場

デコミッショニングで出てくる短寿命低中レベル廃棄物の処分場である。SFR を拡張する計画である(SFR-3)。

2010年	許認可申請
2020年	操業開始

・長寿命低中レベル廃棄物処分場

長寿命低中レベル廃棄物の処分場である(SFL)。処分場の立地は、使用済み燃料処分場のサイト、SFR のサイト、あるいは別のサイトが検討されている。

2035年	操業開始
-------	------

- ・長寿命低中レベル廃棄物中間貯蔵施設（BFA）<sup>6)</sup>

現在、発電所、CLAB、Studsvik に保管されている長寿命低中レベル廃棄物を処分前に中間的に集中保管する施設。

2021年 操業開始

### 3.4 関連組織体制

#### (1) 廃棄物発生者

##### (a) 電力会社

- ・ Forsmarks Kraftgrupp AB
- ・ Vattenfall AB
- ・ OKG AB

##### (b) 研究機関

- ・ スタドヴィク社(Studsvik)：研究用原子炉、ホットセル、廃棄物処理設備を有する。

##### (c) 燃料加工

- ・ ウェスチングハウス・アトム社(Westinghouse Atom AB)

#### (2) 規制当局

- ・ スウェーデン原子力検査局(SKI: Swedish Nuclear Inspectorate)

原子炉及び使用済み燃料管理施設の検査を行う。また、R&D 計画の評価を行う責任を有する。

- ・ スウェーデン放射性廃棄物協議会(KASAM: Swedish Council for Nuclear Waste)：

1985年に設立された環境省のもとにある独立委員会である。放射性廃棄物管理に関する事項について政府に助言する。

- ・ スウェーデン放射性防護協会(SSI： Swedish Radiation Protection Institute)

原子炉及び使用済み燃料管理施設の検査を行う。また、R&D 計画について放射線防護の観点から評価する。

#### (3) 処理、処分の実施主体

- ・ スウェーデン核燃料廃棄物管理会社(SKB: Swedish Nuclerr Fuel and Waste Management Company)

1977年に電力会社が、原子力発電所から出る放射性廃棄物管理のために設立した。低中レベル放射性廃棄物の処分施設 SFR を建設し、操業するとともに、使用済み燃料の中間貯蔵施設 CLAB の運転もおこなっている。また、使用済み燃料の地層処分のために科学的に、政治的に適したサイトの調査を進めている。

### 3.5 関連法規制

- ・ スウェーデン原子力活動法(Act on Nuclear Activities)  
原子力施設の建設、操業、および核物質の取り扱いあるいは使用に対する許認可要件を規定。
- ・ 放射線防護法(Radiation Protection Act)  
放射線防護及び放射線作業に対する許認可要件を規定。
- ・ 使用済み燃料のための将来の費用の資金に関する法律(Act on the Financing of Future Experiences for Spent Nuclear Fuel etc.)  
財政面を主として扱っており、使用済み燃料及び放射性廃棄物の管理と処分に関する責任を規定している。
- ・ 環境法(Environmental Code)  
許認可申請に添付しなければならない環境影響声明書を規制しており、新規施設の立地、建設に特に重要。

### 3.6 資金計画

「使用済み燃料のための将来の費用の資金に関する法律」で、スウェーデンの放射性廃棄物管理により生じる経費は全て原子力会社が負担するよう規定されている。

SKB は、全ての原子力発電会社のために毎年のコスト見積をおこない、これが規制と当局の評価の基礎となると共に、料金算定の基礎ともなる。SKI はこれを評価した後、政府に料金の額を提案する。料金は政府が毎年、各電力会社に対して決定し、電力会社は放射性廃棄物基金に支払いをする。この金額は、原子炉の運転期間により 0.01~0.02SEK/kwh となっている。スウェーデンにおける放射性廃棄物管理の総コストは 460 億 SEK という見積になっている。この基金で賄われる対象は使用済み燃料の安全な取り扱い、処分の他、原子力発電所のデコミッショニング、デコミッショニング廃棄物の処分である。SFR の操業費は年間 3000 万 SEK (5.3 億円)、CLAB の操業費は 1 億 SEK (17.6 億円) となっている。

## 参考文献

本調査は、特に明記ない限り下記、1および3のいわゆる National Report に基づいたものである。

フィンランドについては2、スウェーデンについては、4～6についても参照し、補足した。また、掲載した図の番号右肩に\*を付けたものに関しては、原子力環境整備促進・資金管理センターウェブサイトから引用した。そのうち、図2-2については9)、図2-3については10)の文献を参考に行っている。

- 1) Joint Convention on the Safety of Spent fuel and on the Safety of Radioactive Waste Management, 2<sup>nd</sup> Finnish National Report as referred to in Article of the Convention,
- 2) OECD/NEA Country Profile, Finland (2007)
- 3) Sweden's second national report under the Joint Convention on the Safety of Spent fuel and on the Safety of Radioactive Waste Management
- 4) Deep repository for Long-lived low- and intermediate-level Waste, TR-99-28, SKB (1999)
- 5) RD&D-Program 2001 TR-01-30, SKB (2001)
- 6) RD&D-Program 2007 TR-07-12, SKB (2007)
- 7) OECD/NEA Country Profile, Sweden (2007)
- 8) 原子力環境整備促進・資金管理センターウェブサイト(<http://www.rwmc.or.jp>)
- 9) Loviisa Repository for Low and Intermediate Level Waste, Fortum Report
- 10) Tapani Eurajoki, Tomi Routamo: Assessing the performance of Loviisa radwaste repository, Nuclear Europe Worldscan 5-6/2001

図表

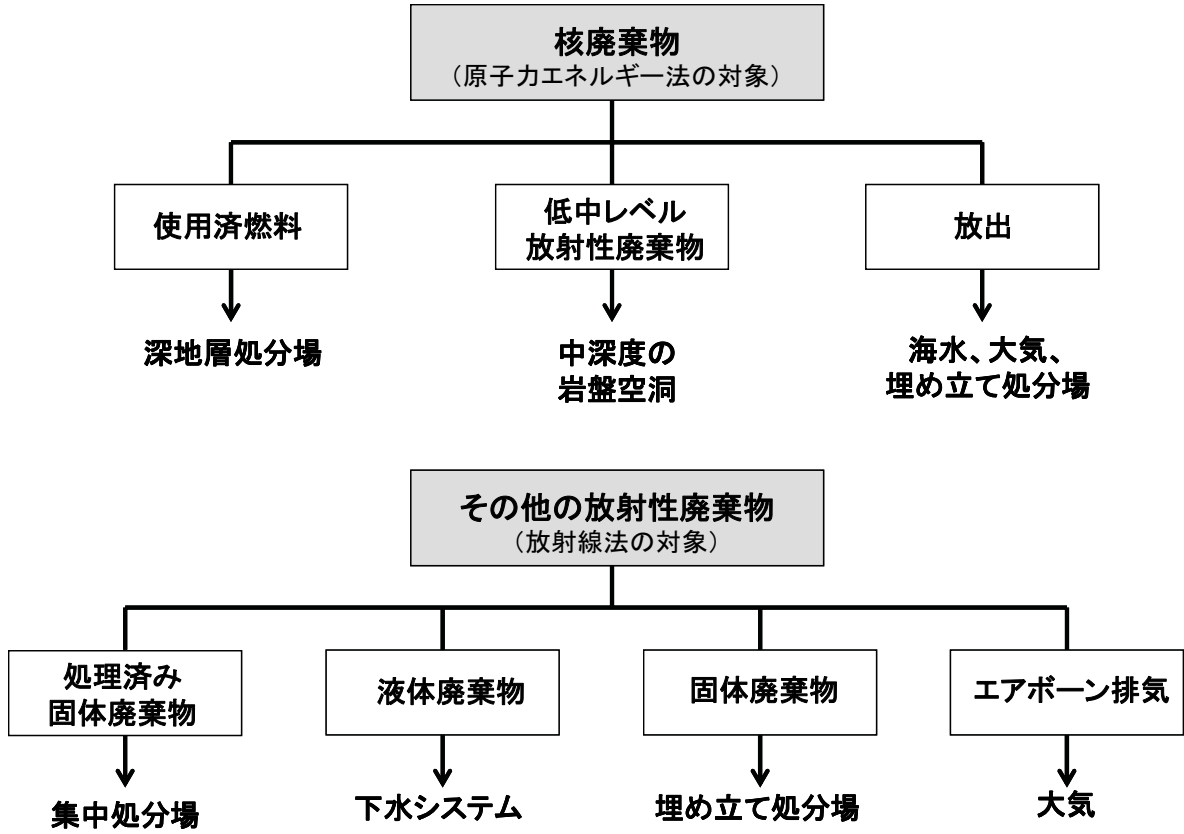


図 2 - 1 廃棄物の区分と処分方法

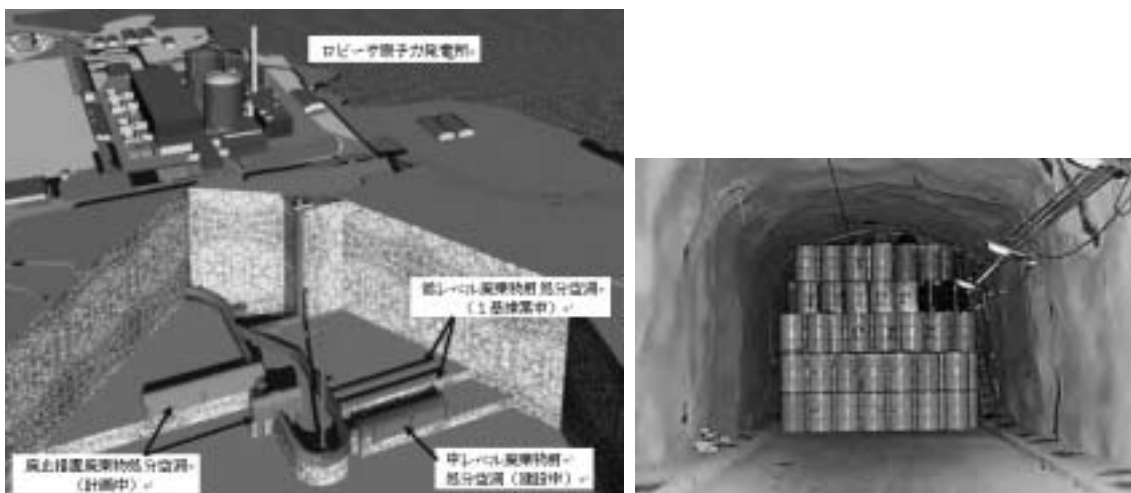


図 2 - 2\* Loviisa 処分場

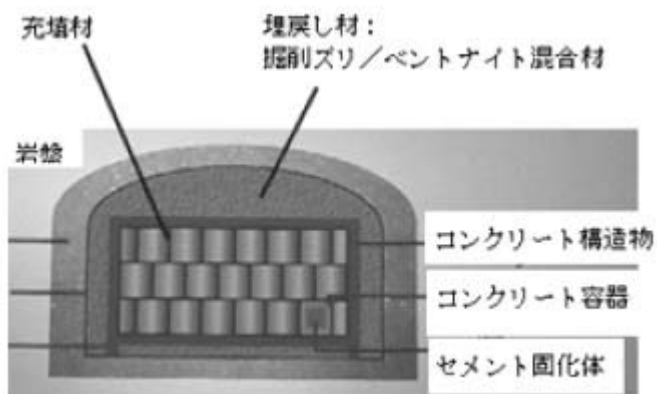


図 2 - 3\* Loviisa 処分場空洞の構造

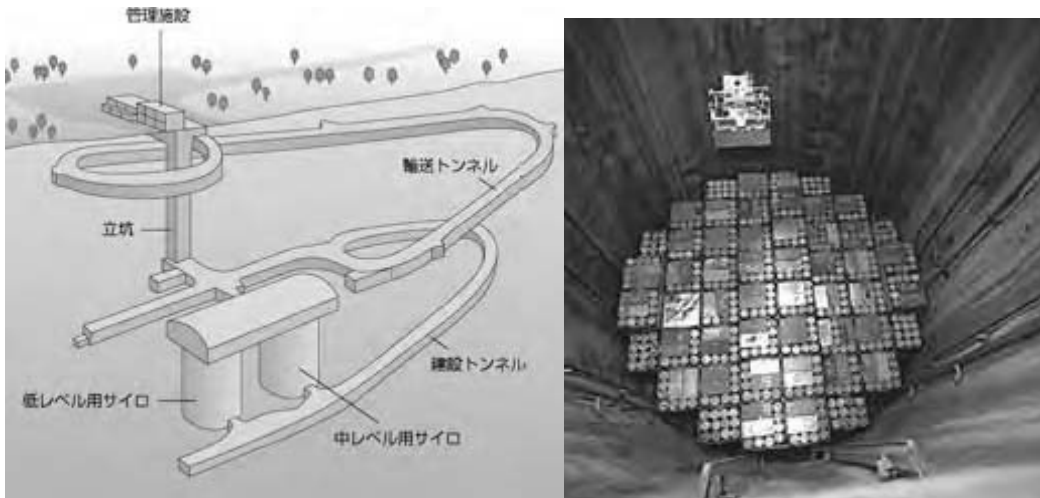


図 2 - 4\* Olkiluoto 処分場

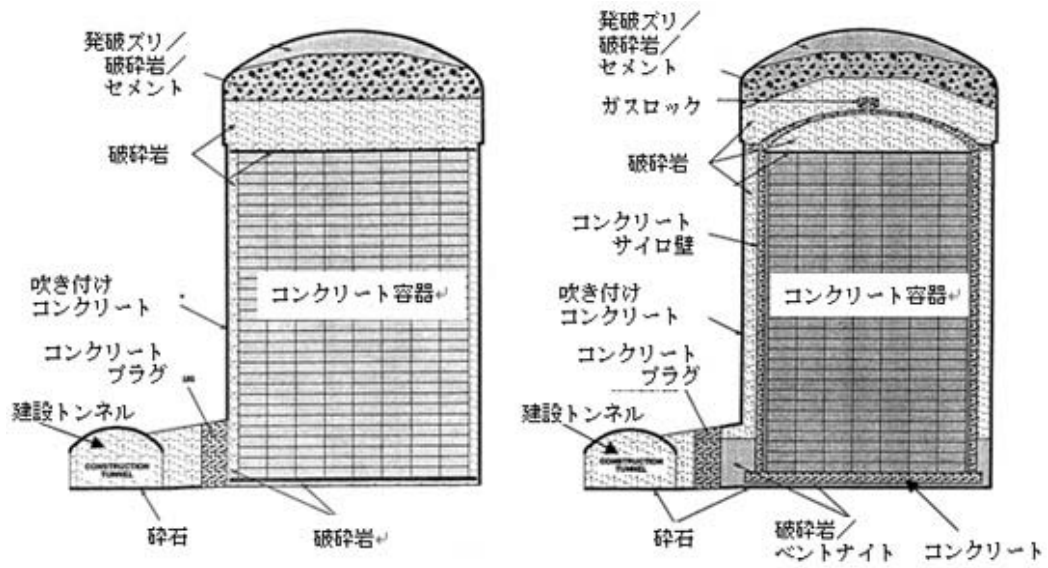


図 2 - 5\* Olkiluoto サイロの構造



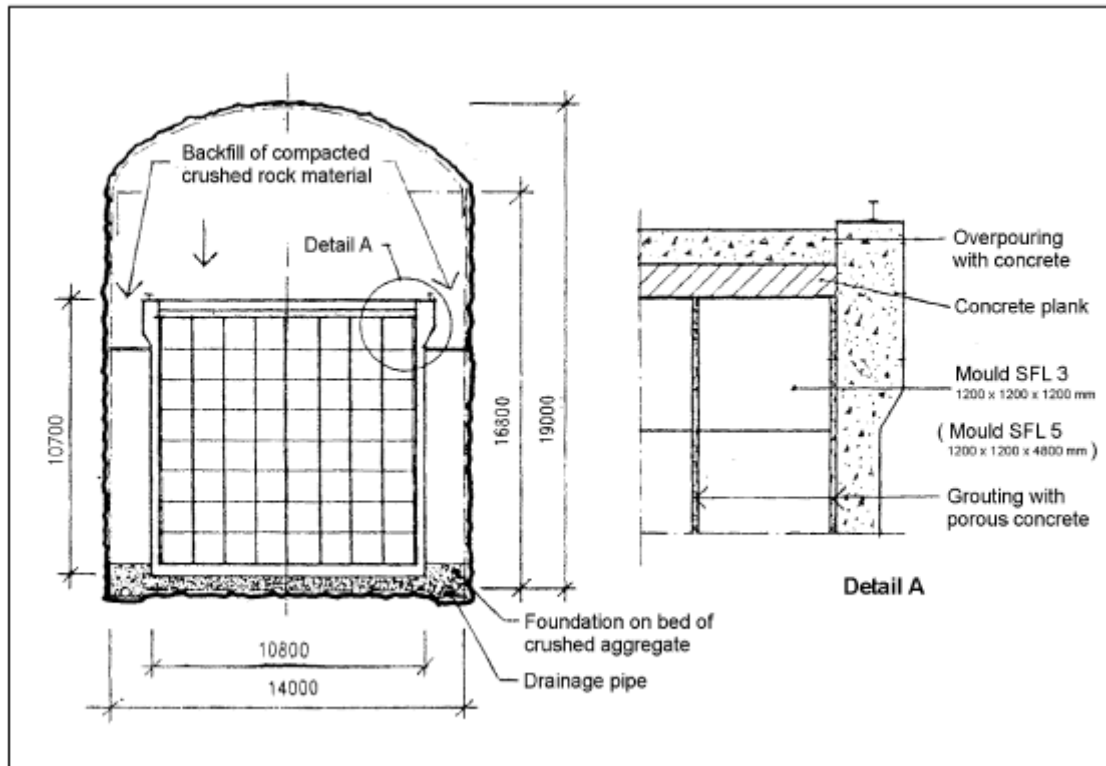


図 3 - 1 SFL-5 の断面図

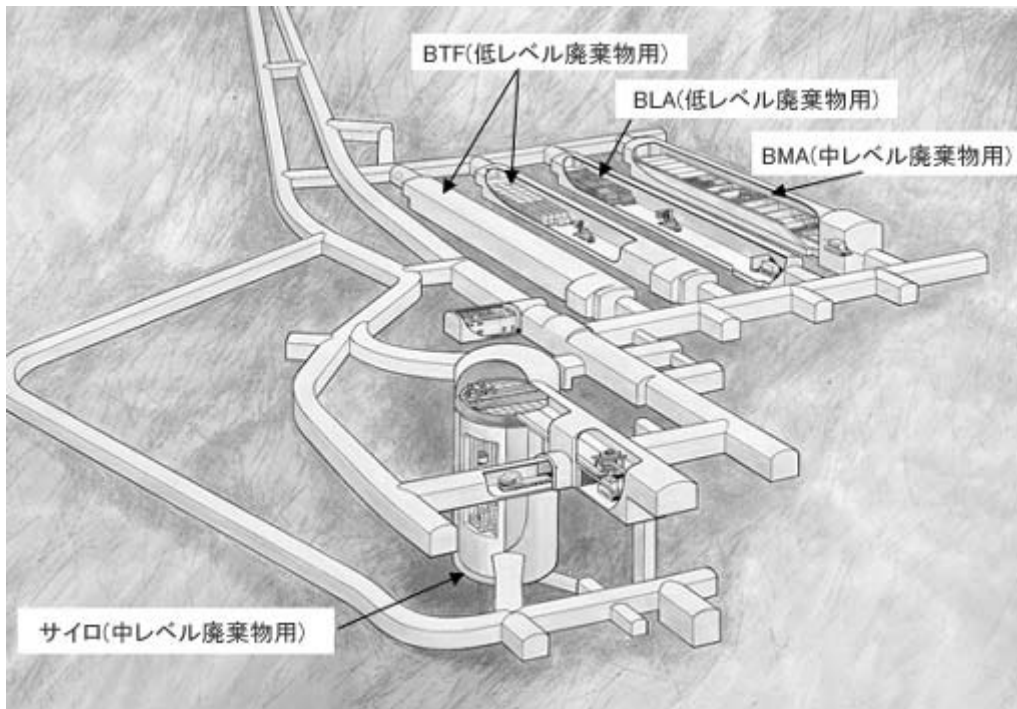


図 3 - 2\* 操業廃棄物の処分場 (SFR)

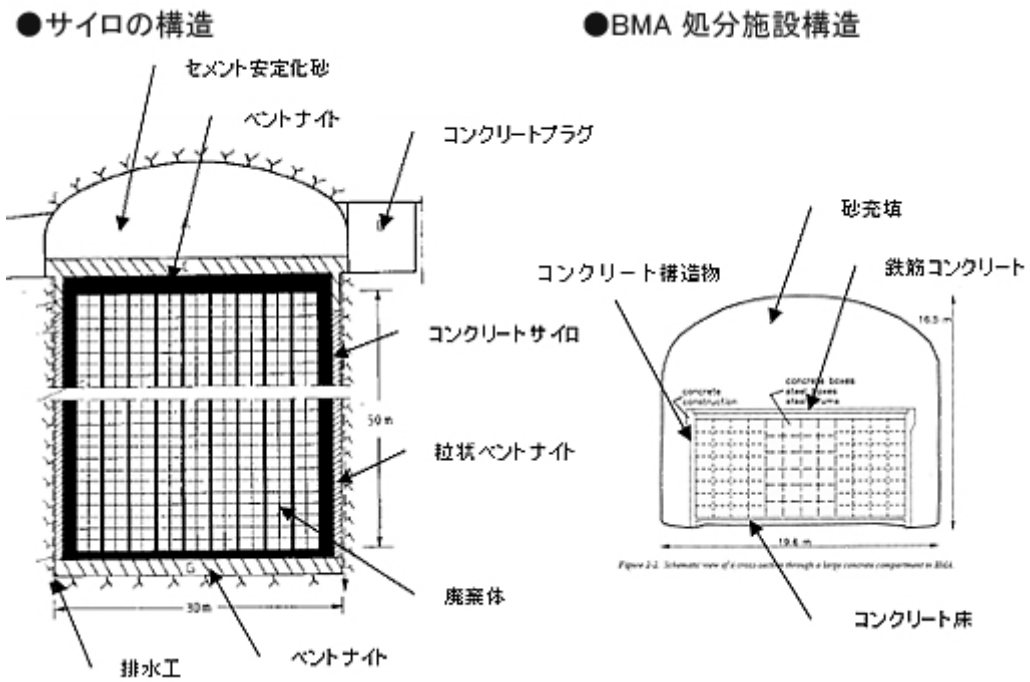


図 3 - 3\* SFR のサイロと BMA の構造



操作中のサイロ上部

操作中の BMA 上部

図 3 - 4\* SFR のサイロと BMA の写真

This is a blank page.



