

スウェーデンの低レベル放射性廃棄物 対応に係る考え方

2020年7月7日

公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター
佐原 聡

ご説明項目

- 低(中)レベル放射性廃棄物対応に係る考え方
 - 経緯
 - 背景(緊急性、必要性)
 - 処分方針 等

本説明資料は、経済産業省資源エネルギー庁からの委託事業である「放射性廃棄物海外総合情報調査」の成果に基づいています。

スウェーデン 経緯(1. SFRの導入)

年	低(中)レベル放射性廃棄物に関する動き
1972～85年	4力所の原子力発電所に計12基の原子炉導入(BWR 9基, PWR 3基)
1972年	放射性廃棄物管理に関する国会答弁がなされる。 国会に議席をもつ全政党の代表者が参加する「放射性廃棄物調査委員会」(AKA委員会)立ち上げ
1976年	放射性廃棄物調査委員会 (AKA委員会) 最終報告書とりまとめ <ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料の地層処分概念、低中レベル放射性廃棄物の最終処分概念を提示し、国内一カ所における全ての放射性廃棄物の処分を勧告 ・使用済燃料管理: フォルスマルクまたはオスカーシャムの原子力発電所近辺での集中中間貯蔵を勧告 ・法整備による責任の明確化、担当組織の再編、資金確保制度の設立を勧告
1981年	放射性廃棄物管理の資金確保(原子力廃棄物基金)を法制化 (LILWとHLWの処分費用を一つの基金で確保)
1982年	SKBF社 (Swedish Nuclear Fuel Supply Co)、 低中レベル放射性廃棄物処分場(SFR) の建設申請を政府に提出 エストハンマル自治体、SFR立地の受け入れを承認、1983年に政府がSFR建設を承認
1983年	原子力活動法の制定(1984年)を見越して、原子力発電事業者が共同でAKA委員会の勧告(1976年)を取り込んだ放射性廃棄物管理システム構想を報告 ⇒P10参照
1984年	原子力活動法の制定 ... 原子力発電事業者の責任を明確化 <ul style="list-style-type: none"> □ 原子力廃棄物(使用済燃料、放射性廃棄物を含む)の最終処分に必要な措置を講じること □ 全ての原子力廃棄物が最終処分されるまで、責任を有すること (原子力活動の許可が取り消された場合でも、最終処分されるまでは義務が残る) □ 放射性廃棄物管理に必要となる研究開発計画の策定(3年毎)と実施 □ 研究開発を含め、最終処分に必要となる費用を負担(1981年資金確保法により、基金制度を設立済) <p>原子力発電事業者が原子力活動法の責務を果たすために、共同出資によりスウェーデン核燃料・廃棄物管理会社(SKB社)を設立(SKBF社を改組) ⇒P7参照</p>
1987年	SKB社、SFRの原子力活動法に基づく操業許可を申請
1988年	規制当局(SKIとSSI)が制限付きでSFRの試験操業開始を承認し、政府が操業許可を発給。 SFR操業開始
1992年	SKB社が1991年に提出した拡大版安全報告書をSKIが承認し、 SFR操業条件の制限を撤廃

スウェーデン 経緯(2. SFR拡張)

年	低(中)レベル放射性廃棄物に関する動き
2002年	規制当局(SKI)が、SKB社の『研究開発実証プログラム2001』に対するレビュー意見書において、今後10年間でどのような安全審査が必要となるかを明らかにするよう指示すべき旨を政府に勧告
2004年	『SKB社の研究開発実証プログラム2004』において、従来の使用済燃料処分に係る計画の説明に加えて、独立した「低中レベル放射性廃棄物(LILW)プログラム」の計画を報告 SKB社は「(未導入の)LILW用システムの計画は、原子力発電所の廃止措置スケジュールに依存」と説明 <ul style="list-style-type: none"> ・短寿命低中レベル廃棄物処分場 SFR ・長寿命低中レベル廃棄物処分場 SFL
2014年12月	SKB社、 短寿命低中レベル放射性廃棄物処分場(SFR)の拡張を申請 (原子力活動法、環境法典に基づく申請) <ul style="list-style-type: none"> ・原子力発電所の運転期間の延長一への対応、今後本格的に開始される廃止措置を踏まえ、既存部分63,000m³との合計で約171,000m³の処分容量を確保する計画 <p style="text-align: right;">⇒P8参照</p> <p>→ 2019年10月:原子力活動法に基づく申請＝規制当局(SSM)が条件付きで肯定的な意見書を政府に提出 → 2019年11月:環境法典に基づく申請＝土地・環境裁判所が「許可可能」とする意見書を政府に提出 現在、政府による判断待ち</p>
長寿命低中レベル放射性廃棄物処分場 (SFL) の開発動向	
2015~2019年	SKB社、長寿命低中レベル放射性廃棄物処分場(SFL)の閉鎖後安全評価を実施 <ul style="list-style-type: none"> ・核種インベントリの不確実性の低減、ベントナイトの変遷などの科学知識の拡充が必要と結論
2019年	SKB社『研究開発実証プログラム2019』取りまとめ <ul style="list-style-type: none"> ・SFLの開発スケジュール：2030年頃に建設開始、2045年に試験操業開始を予定 ・原子力発電所の閉鎖措置スケジュールに対応して操業期間は約10年、その後閉鎖 ・CLINK(使用済燃料の中間貯蔵+封入施設)の廃止措置廃棄物をSFLで処分する必要がないようにする必要がある

2010年 原子力活動法・環境法典の一部改正
既設原子炉のリプレースに限った新設が可能に...
「地球温暖化問題に加えメキシコ湾の原油流出事故が起きた。
石油への依存度を減らさなければならない」(2010年6月、カールグレン環境相)

● 政府が新規原子力発電炉の建設を許可できる条件

1. 原子力の利用を目的として2005年5月31日後に運転中であり、新規原子炉が商業運転されることによって当該新規炉と置き換えられる1基の原子力発電炉が恒久的に閉鎖される場合〔=数の制限〕
2. 原子力利用を目的として2005年5月31日後も運転されている場所に建設される場合〔=場所の制限〕

2016年 エネルギー政策に関して国会主要政党の合意
2045年までに温室効果ガスの大気中への放出をゼロ、
2040年までに発電の100%を再生可能エネルギーによるものにする
「これは目標であり、原子力発電の禁止の最終期限ではない。
またこれは政治的決定によって原子力発電所を閉鎖することを意味しない」

既設原子炉の運転
継続/リプレースは
各電力会社の判断
に委ねる

- 原子力発電に関係する現行の法律は改正しない
すなわち、既設原子炉10基のリプレースに限った新設が可能
- 原子力容量税(0.065 SEK/kW出力)を2017年から2年間で段階的に廃止
- 原子力廃棄物基金の投資運用について、2018年から投資先を拡大
- 原子力損害賠償額を12億ユーロに引き上げ

原子力発電事業者2社：2020年末までに 原子炉計4基の運転終了を表明

(2015年秋：早期終了は、電力需要見通しの低迷、安全対策費など経済的理由による)

SKB社“LILW用システムの計画は、原発の廃止措置スケジュールに依存”

(2004年9月：研究開発実証プログラム2004)

バックエンド資金確保制度に基づくコスト算定における廃棄物量の推移

(SKB Plan 報告書シリーズ = 原子力発電事業者と協力してSKB社が取りまとめ=から整理)

	Plan2019	Plan2016	Plan2013	Plan2010	Plan2008	Plan2007
累積発電電力量 燃料ウラン重量	3,762 TWh 11,293 tU	3,776 TWh 11,404 tU	3,952 TWh 12,564 tU	3,689 TWh 11,677 tU	3,847 TWh 12,004 tU	記載なし 11,622 tU
使用済燃料処分場 [キャニスタ本数]	5,600体	5,700体	6,200体	6,000体	6,000体	6,000体
SFL 長寿命廃棄物処分場 低中レベル放射性廃棄物	16,400 m ³	16,400 m ³	15,500 m ³	9,800 m ³	20,700 m ³	20,200 m ³
	153,300 m ³	152,200 m ³	154,800 m ³	208,700 m ³	208,400 m ³	212,000 m ³

← 原子力発電所の運転計画に応じて減少傾向

← 廃棄物の処分先の割当てに変動がある →

※SFL処分量とSFR処分量の合計も減少傾向

SKB社 “未導入施設 (SFR拡張部分とSFL, VLLW埋立処分場) の廃棄物受入基準の開発が重要”

(2019年9月：研究開発実証プログラム RD&D2019, 7.3節, 3.2節)

RD&D2019では、SKB社の研究開発計画に加えて、バックエンド全体システムに関する説明情報が盛り込まれた

- VLLWの取り組み状況 (3.2節) の報告が新たに設けられている
(2017年から、SKB社、原子力発電事業者、処理業者+規制当局による議論の場がスタート)
- 原子力発電所とSKB施設の廃止措置計画の概要説明 (3.5節) と詳細報告 (第Ⅲ編15~19章) が充実
- SKB社のLILWプログラムの説明 (7章) において、SFL/SFRのWAC開発の必要性の説明 (技術研究開発以外の側面)

- スウェーデンでは、原子力発電事業者に放射性廃棄物の処分(及び必要とされる包括的な研究開発活動)の責任があり、その義務を果たすために、各原子力発電事業者や、原子力発電事業者4社が共同出資して設立したSKB社が処分実施主体となっている。

原子力発電所の敷地内で実施されている「極低レベル放射性廃棄物の地表埋立て」(処分)は、SKB社ではなく、それぞれの原子力発電事業者が実施している。

⇒P8参照

▶ 原子力活動の許可所有者の一般的義務

- 当該活動に伴って発生し、再利用されない原子力廃棄物または核物質を安全な方法で取り扱い、**最終処分する上で必要な措置を講じること**。〈原子力活動法第10条3号〉
- 施設の全ての活動が停止し、全ての核物質及び全ての原子力廃棄物が最終処分場に定置され、最終処分場が最終的に閉鎖されるまで、活動を停止した施設を安全な方法で廃止措置し、解体するのに必要な措置を講じること。〈原子力活動法第10条4号〉
- 発電用原子炉を所有または運転する許可を有する者は、第10条第3号及び第4号の規定を満たす上で**必要とされる包括的な研究開発活動を行う責任を負う**。
〈原子力活動法第11条〉
- 発電用原子炉を所有または運転する許可を有する者は、3年ごとに、他の原子炉所有者と協議して、第10条の3号及び4号、第11条に基づいて講じられなければならない**包括的な研究開発及びその他の措置のためのプログラムを策定するか、または策定させなければならない**。このプログラムには、必要と考えられるあらゆる措置を示した「概略」に加え、少なくとも6年以内の期間に講じられる措置を示した「詳細」な記述の両方が含まれていなければならない。このプログラムは、審査及び評価のために政府または政府が定める機関に提出されなければならない。審査及び評価に伴って、その後の研究開発活動に必要な条件が付されることがある。〈原子力活動法第12条〉
- 第10条に基づく義務は、(中略)、それらが履行されるまで効力を有するものとする。
〈原子力活動法第14条〉

⇒P10参照
原子力活動法
(’84年制定)
12条の「概略」に
対応するものとして
事業者側が’83年
に、最初の全体シス
テムの構想を
取りまとめた

政府（法律の所管省 = 環境省）

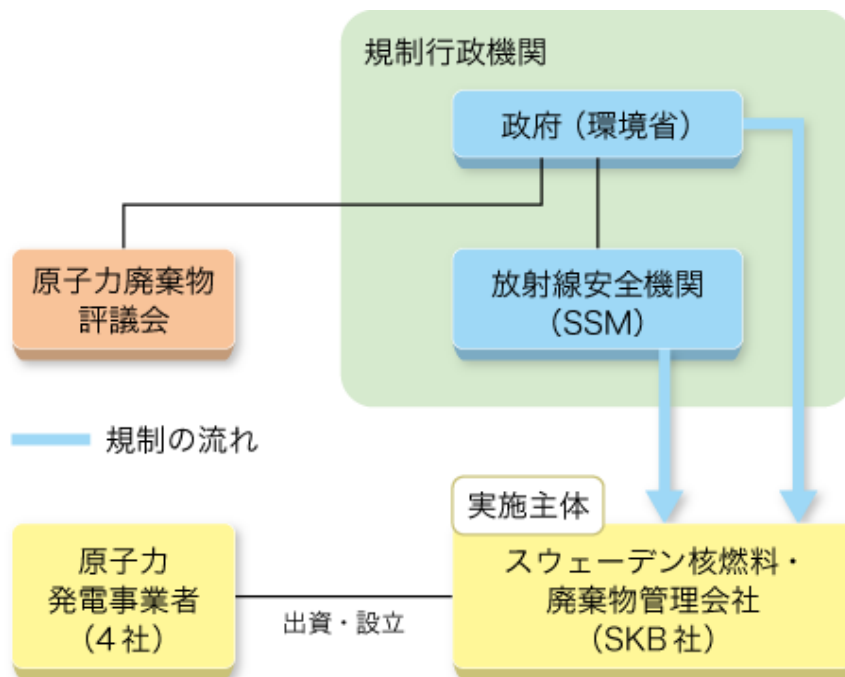
- 原子力活動法に基づく原子力施設の建設・操業の許可発給
- 環境法典に基づく新規の環境有害性事業の許可発給

放射線安全機関（SSM）

- 原子力活動法：安全規制当局規則(SSMFS)を独自に定める
- 環境法典：土地・環境裁判所の審理における意見聴取機関

原子力廃棄物評議会

- 政府命令で設置の諮問機関



*: SKB社への出資は、発電会社の親会社から行われている場合もあります。

実施主体：スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社（SKB社）

- 1984年に原子力発電会社4社が共同出資して設立（前身のSKBF社を改組）
- 原子力活動法に基づく許可保有者（親会社4社）に義務付けられた責任を果たす活動を委託業務として行う

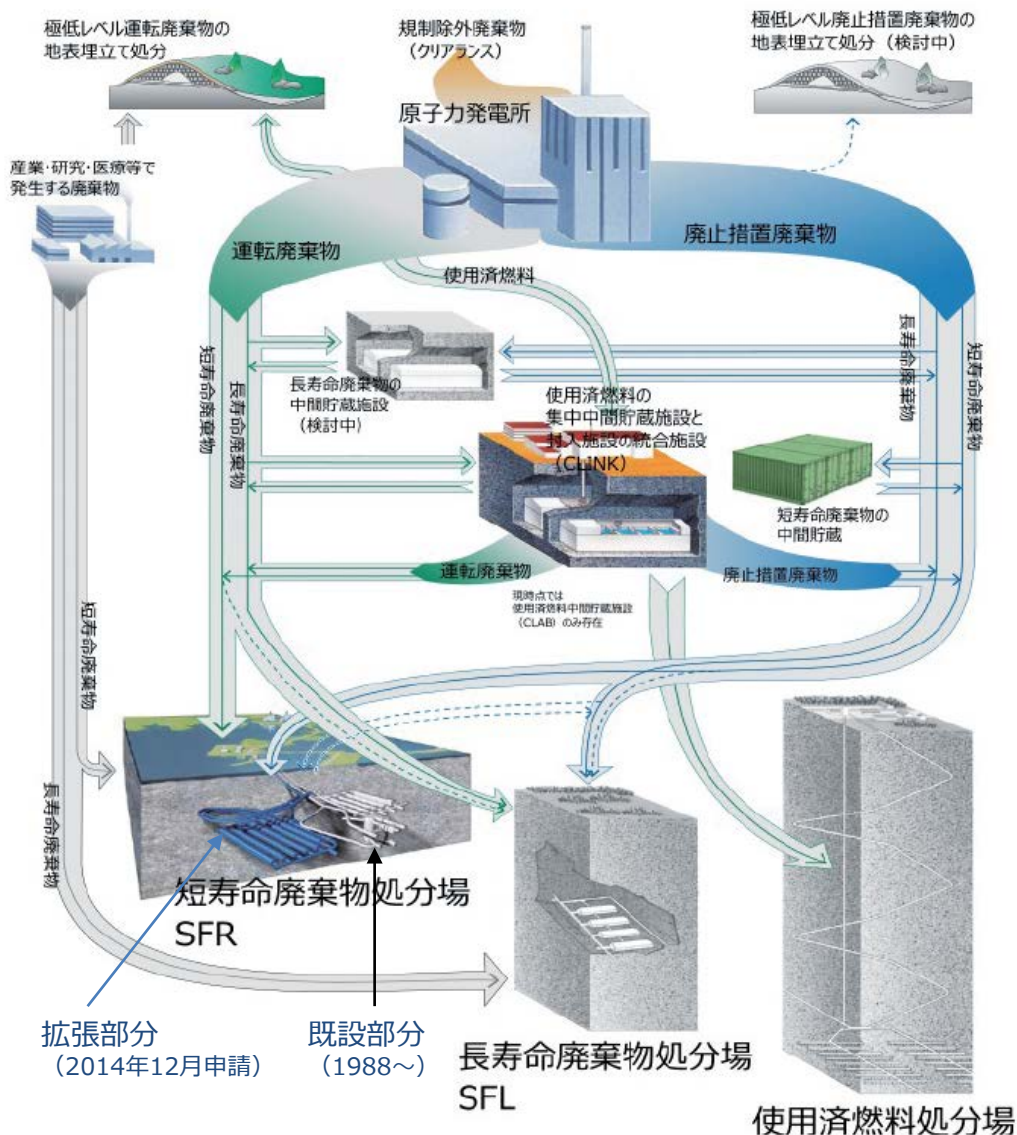
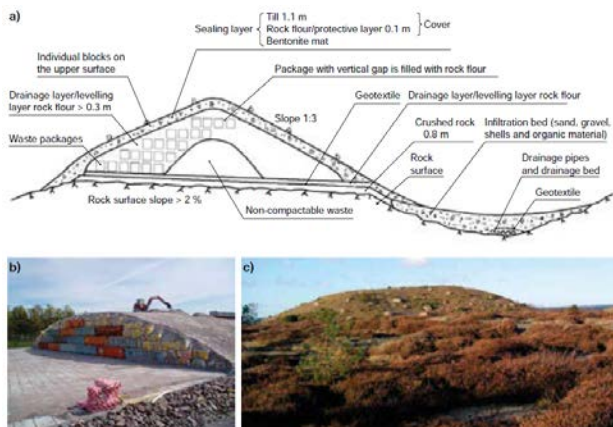
株式比率	出資者
36%	Vattenfall AB (リングハルス原発分に相当)
30%	Forsmarks Kraftgrupp AB (フォルスマルク原発分に相当)
22%	OKG Aktiebolag (オスカーシャム原発分に相当)
12%	E.ON Kärnkraft Sverige AB (バーセベック原発分に相当)

発電所敷地内で実施されている極低レベル放射性廃棄物の処分（埋立て）以外をSKB社が実施

極低レベル放射性廃棄物(VLLW)は、発生者が自らの原子力施設のサイト内で地表埋立てによる処分を実施。これ以外のLILWはSKB社が実施主体となる処分場において処分する計画

- 短寿命廃棄物処分場 = SFR
- 長寿命廃棄物処分場 = SFL

VLLW埋立場は国内に4カ所設置 (Studsvik研究所、3原子力発電所の計4カ所)

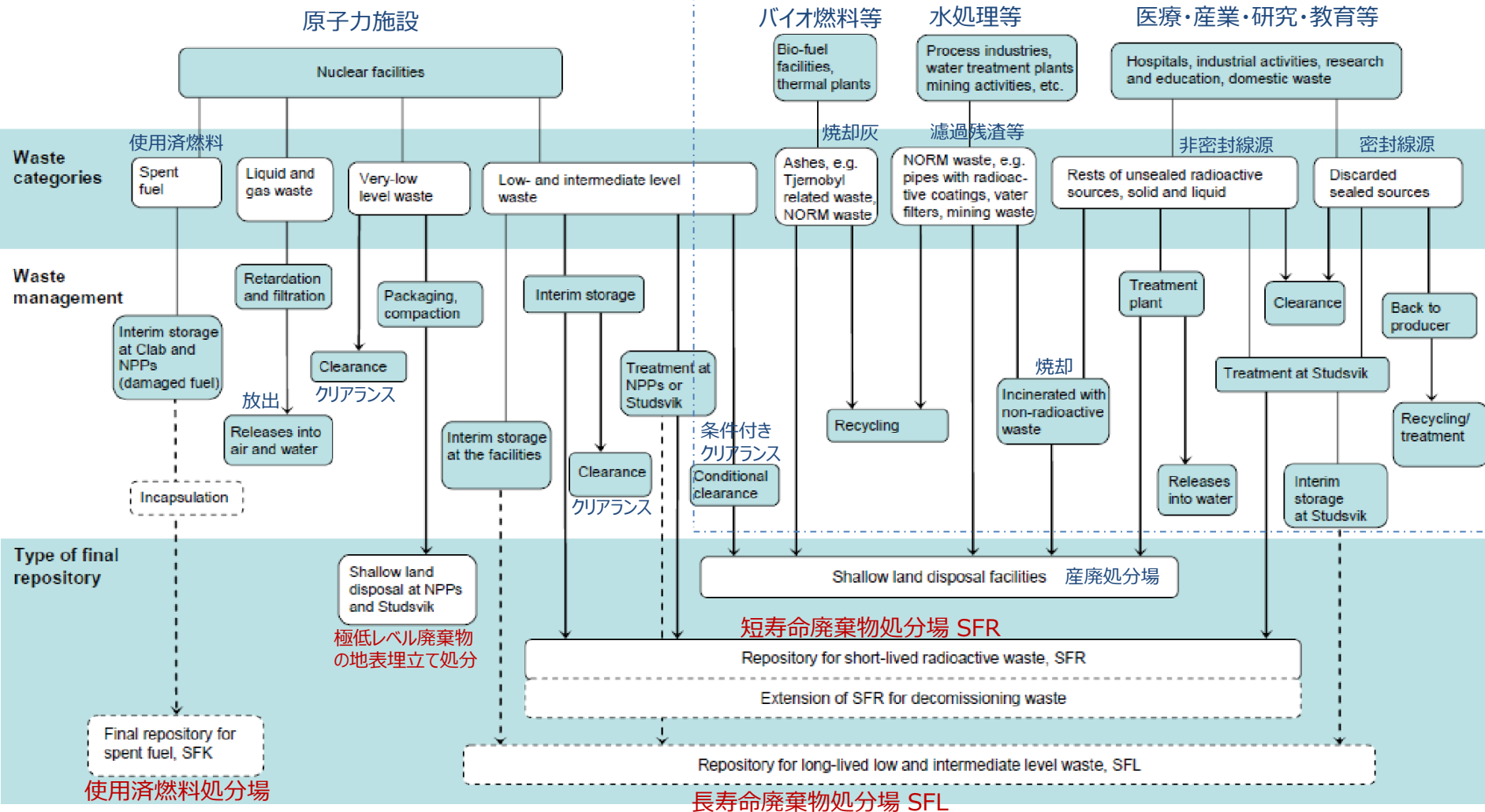


スウェーデンの放射性廃棄物の管理・処分システム
《SKB社 研究開発実証プログラム2019より》

(参考) スウェーデンにおける放射性廃棄物の発生から処分までのスキーム

原子力活動 (Nuclear Activities)

非原子力活動 (Non-nuclear Activities)

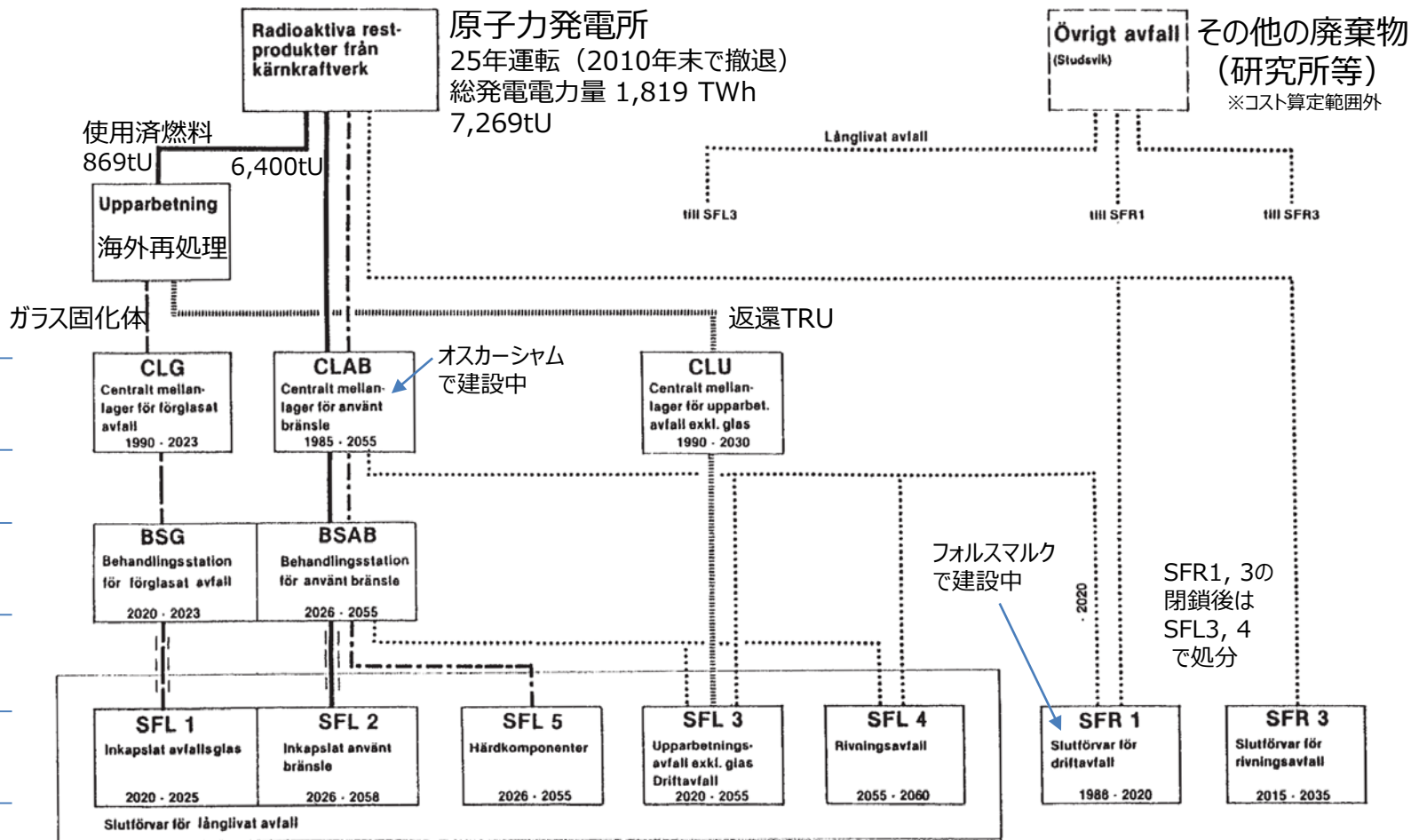


スウェーデンにおける使用済燃料と放射性廃棄物の安全と責任ある管理
(SSM Report 2015:32 より)

(参考) スウェーデンの放射性廃棄物管理システム構想(1983年)

1983年時点での原子力発電事業者の計画 (出典: SKBF, Plan 83)

LLW処分費用は、HLW処分費用、廃止措置費用を含めた資金確保制度で確保されるので、全体像を示す必要がある



廃棄体体積
約26万m³

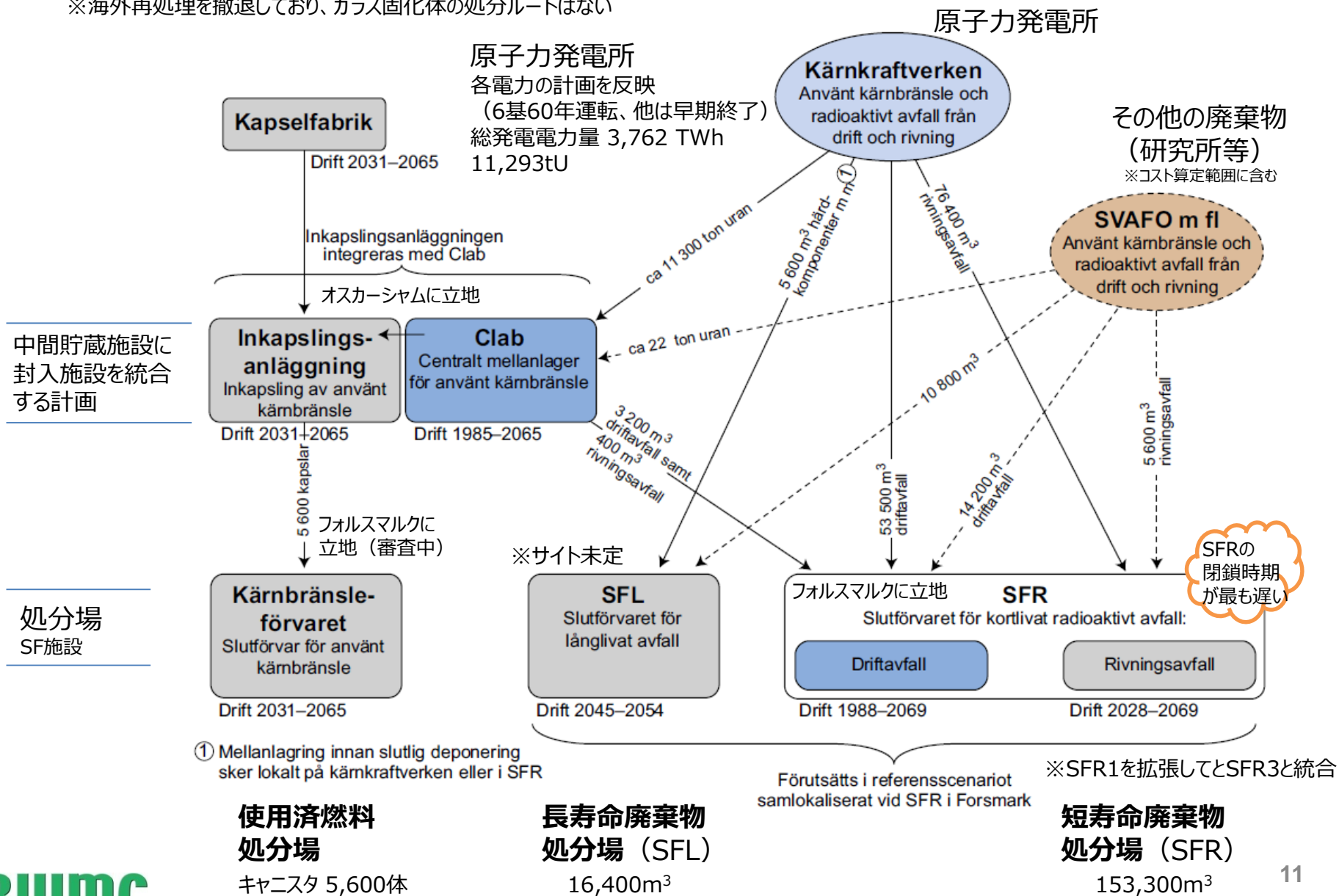
HLW処分 340m ³	直接処分 10,400m ³	炉内構造物等 14,400m ³	返還TRU等 16,730m ³	解体廃棄物 10,380m ³	運転廃棄物 106,420m ³	解体廃棄物 104,000m ³
----------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

トータルコスト (輸送含む) 41,850 MSEK '83年価格 (1SEK=11円で換算すると 4,600億円)

(参考) スウェーデンの放射性廃棄物管理システム構想(2019年)

最新2019年時点での原子力発電事業者の計画 (出典: SKB, Plan 2019)

※海外再処理を撤退しており、ガラス固化体の処分ルートはない



★法制度における放射性廃棄物の区分

- スウェーデンにおける放射性廃棄物管理は、放射線防護法(SFS 1988:220) 及び原子力活動法(SFS 1984:3)の二つの法律を通じて規制されている。**放射能レベルによる放射性廃棄物の区分は、法令においては定められていない。**
- しかしながら、原子力活動令(SFS 1984:14)において、原子力施設に関する許可発給権は、原子力施設の全廃棄物の放射能の条件がある程度以下（総放射能が10TBq未満であり、かつ α 放射能が10GBq以下）である場合には、政府から放射線安全機関（SSM）に委譲されることが定められており、この条件で実施されている極低レベル放射性廃棄物の地上埋設処分（埋立て）に対して許容される条件に相当している。

処分方法	規制制度の概要
産業廃棄物として処分 または 再利用	<p>○クリアランス・レベルの設定対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表面汚染限度 (β γ 40 kBq/m², α 核種 4 kBq/m²) を超える固体廃棄物 [例 Co-60:0.1Bq/g, Cs-137:1Bq/g] ・焼却または処分する有害廃棄物(廃油含む) [例 Co-60 1Bq/g, Cs-137 10Bq/g] ・部屋及び建物(土地の場合は、都度 SSM が決定) [例 Co-60:10kBq/m²(再使用・解体), Cs-137:10kBq/m²(再使用), 100kBq/m²(解体)] <SSMFS 2011:2 放射線活動における物質、部屋、建屋及び土地のクリアランスに関する規則>
地上埋設処分	<p>地上埋設処分施設における処分は、各サイトの事業者が実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ○法令上の制限(処分場の総放射能量の制限、政府からSSMに許可発給権を委譲) ・総放射能 10 TBq 以下 うち α 核種によるものが 10GBq 以下 <SFS 1984:14 原子力活動令> ○参考:サイト固有の受け入れ制限(許可の条件として設定される) ・総放射能 100~300 GBq 未満 α 核種によるものが 100 MBq 以下 ・廃棄物/パッケージあたりの放射能濃度 半減期 5 年以上の核種について < 300 kBq/kg
岩盤空洞処分 または 地層処分	<p>SKB 社が放射性廃棄物を処分するためのシステムを開発し、処分を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> SFR 1 処分場: 運転廃棄物の処分場(操業中:1988年~) SFR 3 処分場: 解体廃棄物の処分場(計画中:SFR 拡張として 2014 年末に申請) SFL 処分場: 長寿命廃棄物(炉内構造物など)の処分場(計画中) 使用済燃料処分場: 使用済燃料の処分場(計画中:フォルスマルクを予定) ○安全基準 ・最大被ばくを受ける代表的個人のリスクが 10⁻⁶/年を超えない。(ただし、極めて少人数に限定される場合は最大リスクが10⁻⁵/年を超えなければ基準を満足すると見なすことができる。) <p><SSMFS 2008:37 使用済燃料及び原子力廃棄物の管理に係わる人間の健康と環境保護に関する規則及び一般勧告></p>