

## <概要>

フランスでは、原子力開発利用の初期段階で**炭酸ガス冷却炉**（GCR）が開発され、商業用発電炉として導入されたが、その後**PWR型軽水炉**に全面的に切り替えられた。2014年末現在PWR型発電炉58基を保有し、これらによる発電量は総発電電力量の約77%を占めている。

一方、これまでに停止、閉鎖した第一世代の商業用発電炉は、**黒鉛減速炭酸ガス冷却炉**（GCR）6基、軽水炉（PWR）1基、**重水減速炭酸ガス冷却炉**（HWGCR）1基の合計8基である。これに高速増殖炉の**スーパーフェニックス**と**フェニックス**の2基及び**プルトニウム生産兼発電炉**（GCR）の3基を加えると閉鎖基数は全体で13基である。第一世代の商業用発電炉及び**スーパーフェニックス**については、これまで約50年間の遮蔽隔離後に**解体**撤去することになっていた。しかし、この遮蔽隔離期間を短縮し解体撤去を早める方針を、2001年1月に**フランス電力公社**（EDF）が発表した。その後、2006年に新規制度の成立に伴い原子力安全機関（ANS）が発足した。2009年にANSから**廃止措置**の政策が発表され、即時解体が勧告された。

PWRのショーAでは2021年までに解体撤去を完了する計画が進んでいる。しかし、AGRの解体については、黒鉛ブロックを処分する施設のサイト選定が難航したことから遅れている。

## <更新年月>

2015年12月

## <本文>

フランスでは、原子力開発利用の初期段階で**黒鉛減速炭酸ガス冷却炉**（GCR）が開発され、商業用発電炉として導入されたが、その後**軽水炉**（PWR）に全面的に切り替えられた。2014年末現在で、PWR型発電炉58基を保有し、それらの平均稼働率は約75%、発電量は総発電電力量の約77%を占めている。既存の発電炉は2020年以降順次寿命を迎える予定であるが、フランス政府は、出力90万kWe級の発電炉を中心に、2020年以降順次**欧州加圧水型炉**（EPR）へ代替を進める方針である。現在**フラマンビル3**（EPR）が、2016年の運転開始に向けて建設されている。なお、2012年に成立したオランド政権は、原子力発電の比率を50%にまで下げる方針を打ち出している。2015年8月現在、閉鎖した発電炉等の数は、GCR9基、PWR1基、**重水減速炭酸ガス冷却型原子炉**（HWGCR）1基及び**高速増殖炉**（FBR）2基の合計13基である。

フランスにおける発電炉等の廃止措置概況を**表1**に示す。

2001年1月に、フランス電力公社（EDF）は第一世代の発電炉8基（PWR（ショーA）、HWGCR（ブレンリス（モンダレーEL-4））、GCR（6基））及びFBR（スーパーフェニックス）の9基を当初計画よりも約25年早く、2025年までに完全解体することを決定した。この計画は、2013年に見直され、PWR（ショーA）の解体撤去は、2021年までに完了する予定となった。しかし、GCR6基の廃止措置計画は、超寿命中レベル放射性廃棄物（ILW）となる黒鉛ブロックを埋設する処分施設のサイト選定と建設の遅れ等から、ビュージェイ1を最初に解体し、最後にシノンA1の解体を2043年に完了するとしている。

第一世代の発電炉8基及びスーパーフェニックスの廃止措置スケジュールを**図1**に示す。

フランスの廃止措置方式は、IAEAの**デコミッションング**の分類とほぼ同様に、（a）密閉管理（レベル1）、（b）**原子炉**本体のみ遮蔽隔離し、周辺の機器建屋を解体撤去して規制解除する状態（レベル2）及び（c）原子炉の解体撤去（レベル3）に区分している。2000年以前では、**放射能**の高い炉心部のみ遮蔽隔離し、この状態で40から50年の間、放射能の減衰を待ち、最終的にす

べてを解体撤去する方法が主に採用されていた。これは、いわゆる長期の遮蔽隔離方式をベースとする戦略である。フランスでは立地サイトに余裕があることから、残留放射能の減衰による解体作業時の被ばく量の大幅な低減と、放射性廃棄物発生量の軽減、解体技術の進歩による解体作業の経済性向上を優先した考え方であった。この戦略は2001年に、旧原子力施設安全局（DSIN）の要請により遮蔽隔離期間をできるだけ短縮する方向に変更された。長期間のサイト情報の喪失に対するリスク低減を考慮すべきというDSINの見解に基づいたものであった。

フランスにおける原子力施設の安全規制の基本となるのは、2006年6月に制定された「原子力の透明性と安全性に関する法律（TSN法）」である。これはフランスでの原子力活動の内容についての正確な情報が公表されるように、行政府から独立した機関を設けることを目的としており、これにより原子力安全機関（ANS）が設立された。原子炉の解体の各過程はASNの指針によって規制される。また、ANSは、2009年に廃止措置戦略に関する政策を公表し、技術的、財政的に将来の世代に対する負担を先送りすべきでないとの観点から、安全貯蔵や遮蔽隔離ではなく、即時解体の採用を事業者に勧告している。

2006年のTSN法制定以降の廃止措置に関連する法令等を表2に、ANSの廃止措置に関する主な規制要件を表3に示す（フランスの廃止措置規制のフローについては、ATOMICAデータ「海外主要国における廃止措置の考え方<05-02-01-10>」の図1-2を参照）。

廃止措置の費用は、合計約30億ユーロ（約4,000億円）を要する。フランスでは廃止措置のための資金として投資コストの15%があらかじめ確保され、EDFはkWh当り0.14セントを廃止措置費用として積み立てており、廃止措置のコストを賄える見込みである。

以下、個々の発電炉の解体計画等について記述する。

### 1. 第一世代の発電炉の解体計画

第一世代の発電炉8基については、PWR（ショーA）、HWGCR（ブレンリス（モンダレーEL-4））、GCR（6基）のグループに区分し、廃止措置を進めることにしている。

#### 1.1 ショーA（CHOOZ-A（C. N. Aセナ）：PWR、出力32.0万kWe、1991年に閉鎖）

2003年に原子炉本体等の解体撤去の認可を受け、2004年にレベル2を達成した。2010年から2012年の間にCORD法（Chemical Oxidation Reduction Decontamination）による系統除染を行って一次冷却系の機器・配管を撤去し、蒸気発生器は解体せず極低レベル放射性廃棄物（VLLW）としてモリブル処分場に輸送（図2参照）、埋設された。その後、原子炉本体は、2014年から解体を開始、2021年までに完了させる計画が進んでいる。炉内構造物、原子炉容器等の原子炉プール内での解体撤去概念を図3に示す。

#### 1.2 ブレンリス（モンダレーEL-4）（BRENNILIS（MONTSDARREEEL-4）：HWGCR、出力7.7万kWe、1985年に閉鎖）

当初の廃止措置計画では、遮蔽隔離のため原子炉建屋を40年間安全隔離した後、解体撤去する方針とし、1994年までに解体計画の検討や放射能測定等が進められ、使用済燃料の搬出、重水の抜出し、機器・配管の水抜きと乾燥、放射性廃棄物の梱包等の作業が行われた。使用済燃料の一部はマルクルの再処理パイロット施設（APM）と再処理工場（UP1）で再処理され、その他はカダラッシュで長期乾式貯蔵されている。重水100トン、グルノーブルのトリチウム除去プラントで処理後、カダラッシュに移送し保管された。1997年から原子炉本体及び1次冷却系の密閉隔離、原子炉建屋の密閉隔離などレベル2の作業が行われた。

しかし、2001年以降、遮蔽隔離達成後すぐに原子炉本体の解体撤去を開始する方針に転換した。EDF社が完全解体の申請を行い、2003年6月に認可された。2004年までに燃料建屋と放射性廃棄物処理建屋の浄化作業を完了した。2022年の敷地開放・再生を目指しているが、廃止措置法規自体の不手際から2007年6月にレベル3のデクレ（政令）が失効し、工程は遅延した。その後、2007年に改めて申請し、2010年に許可、2019年から原子炉本体の本格的な解体が開始される予定である。

#### 1.3 GCR型ガス炉

ガス炉6基の原子炉本体の解体撤去は、炉心の黒鉛ブロック等の超寿命中レベル放射性廃棄物を埋設する処分施設のサイト選定の遅れ等を考慮して、2020年以降にビュージェイ1を先行して開始、その後、5基を順次実施する計画である（図4参照）。

ビュージェイ1とサンローランのA1及びA2は、遮蔽体に囲まれた炉心の下に蒸気発生器が設置された一体型の原子炉である。一方、シノンは、東海発電所と同様に原子炉本体の外側に蒸気発生器が設置されたタイプである。

##### (1) ビュージェイ1（BUGEY 1：GCR、出力55.5万kWe、1994年に閉鎖）

2012年末までにレベル2を達成、2015年現在、蒸気発生器を撤去中であり、原子炉本体の解体を2020年に開始して2033年までに完了する計画である。

##### (2) サンローランA1及びA2（SAINT LAURENT A1、A2：GCR、出力40.5万kWe（A1）、

#### 46. 5万kWe (A2) )

A1及びA2は1990年と1992年に閉鎖され、レベル1を2009年末に達成、2010年に解体撤去が許可され、解体完了を2041年までとする計画である。

(3) シノンA1、A2及びA3 (CHINON A1、A2、A3 : GCR、出力8.4万kWe (A1)、23.0万kWe (A2)、37.5万kWe (A3) )

A1、A2及びA3は、1973年から1990年にかけて閉鎖、2010年に解体計画が許可された。

A1は、1982年にレベル1を達成、その後、原子炉格納容器をモニメントとして公開されている。A2は、レベル2を1991年に達成した。A1とA2の解体は、蒸気発生器の撤去を2018年から2021年の間に実施し、その後に原子炉本体の解体撤去を2040頃に完了する目標としている。A3は2015年現在、蒸気発生器を撤去中であり、原子炉本体の解体開始を2023年以降に予定している。

2. スーパーフェニクス (Creys-Malville Super-Phenix : FBR、出力124万kWe) の解体計画

スーパーフェニクスは、経済性、安全性の観点から政治問題化し、1998年12月に閉鎖され、廃止措置の第一段階の作業が進められた。1999年7月から18ヵ月かけて燃料を炉心から取出し、実験炉ラプソディの経験に基づき、2001年からナトリウム約5,500トン抜き取っている。その後、2006年に解体許可が出され、2012年までに主要設備建屋以外のすべてを解体した (レベル2)。2009年～2014年にナトリウムの除去・処理を行い、2015年～2024年に遠隔解体操作技術により原子炉本体を解体、建屋の解体は2028年に完了する計画である。

3. マルクールG1、G2及びG3 (MARCOULE G1、G2、G3 : GCR、出力0.2万kWe (G1)、4万kWe (G2、G3))

フランス原子力庁 (CEA) 所有のプルトニウム生産兼発電炉G1 (1968年に閉鎖)、G2 (1980年に閉鎖) 及びG3 (1984年に閉鎖) は、1994年までに冷却系統の撤去、原子炉本体部分の遮へい隔離を完了し、レベル2の状態管理されている。

4. 解体廃棄物の処分等について

スレーヌ (オーブ) 低・中レベル放射性廃棄物処分センターが1992年から、モルヴィリエ極低レベル放射性廃棄物 (VLLW) 処分場が2003年10月から開設されている。GCR6基分の黒鉛約1.7万トンの中レベル放射性廃棄物 (ILW) を埋設する処分施設は、2015年末までに建設する計画が進んでいる。

(前回更新 : 2014年8月)

---

#### <関連タイトル>

[廃止方法 \(05-02-01-03\)](#)

[海外主要国における廃止措置の考え方 \(05-02-01-10\)](#)

[海外主要国における発電炉の廃止措置の実績 \(05-02-03-01\)](#)

[フランスG2/G3炉の遮へい隔離 \(05-02-04-07\)](#)

---

#### <参考文献>

(1) European Commission : A Review of the Situation of Decommissioning of Nuclear Installations in Europe, REPORT EUR-17622

(2) 日本電気協会新聞部 : 原子力ポケットブック 2015年版 (2015年12月)

(3) Jean-Jacques : "EDF Decommissioning Programme-A Global Commitment to A Sustainable Development" ICEM03 4722 (Sep. 2003)

(4) 経済産業省 : 海外の廃止措置規制制度について

(5) 原子力安全基盤機構 : 廃止措置規制の継続的改善に関する考察、JNES-RE-2013-2035、2014年2月

(6) Policy Department : Nuclear decommissioning : Management of costs and risks、[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2013/490680/IPOL-JOIN\\_ET\(2013\)490680\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2013/490680/IPOL-JOIN_ET(2013)490680_EN.pdf)

(7) 海外電力調査会 : フランス

(8) 世界原子力協会 : <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/France/>

(9) G. LAURENT : "EDF Nuclear plant under decommissioning Status of activities/program" SCIENTIFIC CONFERENCE Uranium Graphite Reactors Decommissioning, Lithuania 14th /16th of July, 2014.、[http://www.iaea.it/static/prezentacijos/status\\_of\\_activities\\_program\\_laurent\\_1\\_day\\_1part.pdf](http://www.iaea.it/static/prezentacijos/status_of_activities_program_laurent_1_day_1part.pdf)

(10) EDF : “ FIRST GENERATION DECOMMISSIONING PROGRAMME”2014. 、

(11) 原子力安全基盤機構：廃止措置規制の継続的改善に関する考察、JNES-  
RE-2013-2034 (2/20014)

(12) 日本原子力産業協会：世界の原子力発電開発の動向、2015年版（2015年4月）

---

表1 フランスにおける発電炉等の廃止措置概況

(2015年8月現在)

名称	炉型	電気出力 (万kW)	運転期間(年)	廃止措置方法*	閉鎖理由	現状	備考
ビュージェー1	GCR	55.5	1972.7-1994.5	安全貯蔵-解体撤去	経済性	解体中	2015年現在、蒸気発生器(SG)撤去中、原子炉本体の解体2020年開始予定。
ショーA(ChoozA) (C.N.A.セナ)	PWR	32	1967.4-1991.10	安全貯蔵-解体撤去	経済性	解体中	SGの撤去・処分2014年完了、原子炉本体の解体2014年開始、2021年完了予定。
シノンA1	GCR	8.4	1964.2-1973.6	安全貯蔵-解体撤去	経済性	解体準備中	SG撤去開始2021年、原子炉本体の解体2033年開始予定。
シノンA2	GCR	23	1965.2-1985.6	安全貯蔵-解体撤去	経済性	解体準備中	SG撤去開始2018年、原子炉本体の解体2031年開始予定。
シノンA3	GCR	37.5	1968.2-1990.6	安全貯蔵-解体撤去	経済性	解体中	2015年現在SG撤去中、原子炉本体の解体2023年開始予定。
マルクールG1	GCR	0.2	1956-1968	安全貯蔵-解体撤去	経済性	安全貯蔵中	
マルクールG2	GCR	4	1959.4-1980.2	安全貯蔵-解体撤去	経済性	安全貯蔵中	現在L2の状態に保管中。
マルクールG3	GCR	4	1960.5-1984.7	安全貯蔵-解体撤去	経済性	安全貯蔵中	現在L2の状態に保管中。
モンドレーEL-4 (ブレンリス)	HWGCR	7.7	1967.10-1985.7	安全貯蔵-解体撤去	経済性	解体中	原子炉本体の解体2019年開始予定。
サンローランA1	GCR	40.5	1969.6-1990.4	安全貯蔵-解体撤去	経済性	解体中	2019年末にL2(注)、2041年までにL3(注)を予定。
サンローランA2	GCR	46.5	1971.11-1992.5	安全貯蔵-解体撤去	経済性	解体中	2017年末にL2、2040年までにL3を予定。
スーパーフェニックス (CREYS-MALVILLE)	FBR	124	1986.1-1998.12	安全貯蔵-解体撤去	安全性	解体中	2014年までにナトリウム除去・処理完了、原子炉本体の解体2015年開始、2024年完了予定。
フェニックス	FBR	23.3	1973.8-2010.2	即時解体撤去	使命達成	解体準備中	

(注)

L2:原子炉本体のみ遮蔽隔離し、周辺の機器建屋を撤去後に周辺規制解除。

L3:原子炉の解体撤去

下記の出典等をもとに作成した。

[出典] (1)日本電気協会新聞部:原子力ポケットブック 2015年版(2015年12月)

(2)日本原子力産業協会:世界の原子力発電開発の動向、2015年版(2015年4月)

[出所] (1)G.LAURENT "EDF Nuclear plant under decommissioning Status of activities/program" SCIENTIFIC CONFERENCE Uranium Graphite Reactors Decommissioning, Lithuania 14th/16th of July, 2014., [http://www.iae.lt/static/prezentacijos/status\\_of\\_activities\\_program\\_laurent\\_1\\_day\\_1part.pdf](http://www.iae.lt/static/prezentacijos/status_of_activities_program_laurent_1_day_1part.pdf)

## 表2 フランスの廃止措置関連する法令等

	法令等	備考
1	原子力の透明性と安全性に関する法律(TSN法)第2006-668号	<ul style="list-style-type: none"> <li>・政府から独立した行政機関として原子力安全機関(ANS)が発足。</li> <li>・原子力安全と放射線防護に関する透明性の改善。(情報の公開)</li> <li>・原子力施設及び放射性物質の輸送安全ベースの向上。</li> </ul>
2	放射性物質及び放射性廃棄物の持続可能な管理に関する計画の法律第2006-739号	調査・研究計画の策定、資金提供に関する国家戦略を定めている。
3	原子力基本施設及び放射性物質の輸送の原子力安全監督に関する政令第2007-1557号	
4	原子力基本施設の解体及び指定解除に関するANSの政策2009年4月	即時解体戦略を勧告。
5	原子力基本施設の廃炉、解体及び指定解除に関するANS指針No.6 2010年6月	
6	原子力基本施設で発生する廃棄物の管理に関する研究について ANSの決定案2010年5月	事業者には課せられる廃棄物の最小化等に関する要件の提示。
7	原子力基本施設で許容可能な徹底浄化方法に関するANS指針No.14 2010年6月	

下記の出典をもとに作成した。

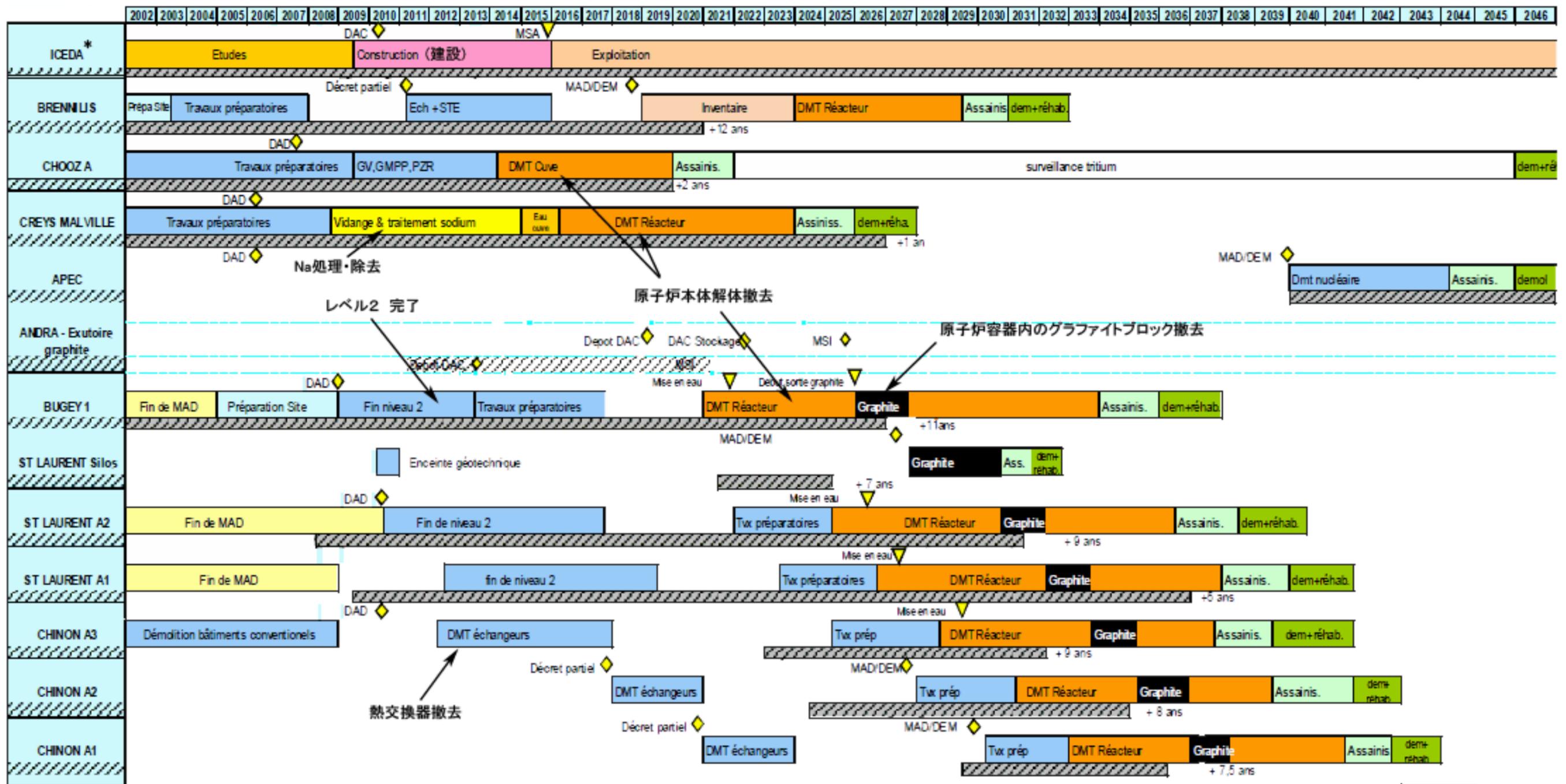
[出典]原子力安全基盤機構:廃止措置規制の継続的改善に関する考察、JNES-RE-2013-2034、p.12

## 表3 フランスANSの廃止措置に関する主な規制要件

	項目	要点
1	廃止措置戦略の選択	即時解体を推奨、別の戦略を選択する場合は確固たる論証を示すこと。
2	廃棄物管理方法	3年毎管理方法の報告書をANSへ提出。ANSは、解体戦略と放射性廃棄物管理の一貫性を審査する。
3	設置段階等での解体計画書	事業者は、設置許可申請段階で提出。施設の寿命段階を通じて改訂する。
4	解体計画書	事業者は、対象となる施設の解体、そのサイトの現状回復及び監視方法、並びに解体戦略及び解体後の最終状態を記載、その妥当性を証明すること。
5	解体中の規制	重要な解体作業前には、ANSの許可を受けること。ANSは解体が進むにつれて、変化するリスクを考慮しているか検証する。
6	解体許可申請	ANSへの廃炉・解体許可申請関係資料の提出：解体開始少なくとも1年前。また、環境法に基づき環境評価書、廃棄物の最小化等に関する要件にたいする説明書等の提出義務。
7	地方情報委員会での諮問・解体進捗状況の公開	廃炉・解体許可申請は、意見公聴会手続きに付され、地方情報委員会に諮問される。事業者は年次報告書作成し、地方情報委員会を介して解体進捗状況を公表する。
8	サイトからの危険物質除去	事業者にANS指針No.14の浄化方法の活用を提言。
9	サイトの規制解除	目標となる最終状態に到達時点で指定解除を決定するが、サイトに残留するリスクに応じたサイトの使用制限や予防措置が必要である。

下記の出典をもとに作成した。

[出典]原子力安全基盤機構：廃止措置規制の継続的改善に関する考察、JNES-RE-2013-2034、p.12-14



\* ICEDA : 中レベル廃棄物 (ILW) 処分場の開発



図1 第一世代の発電炉及びスーパーフェニックスの廃止措置スケジュール

下記の出典をもとに作成した。

[出典]G. LAURENT “EDF Nuclear plant under decommissioning Status of activities/program”  
 SCIENTIFIC CONFERENCE Uranium Graphite Reactors Decommissioning, Lituania 14th /16th of July, 2014. p.9、  
[http://www.iael.it/static/prezentacijos/status\\_of\\_activities\\_program\\_laurent\\_1\\_day\\_1part.pdf](http://www.iael.it/static/prezentacijos/status_of_activities_program_laurent_1_day_1part.pdf)



図2 ショーA蒸気発生器のモリブレ処分場への輸送

[出所]EDF“ FIRST GENERATION DECOMMISSIONING PROGRAMME”2014. 、<http://www.sogin.it/SiteAssets/uploads/2014/seminario-internazionale-12.12.2014-interventi/Laurent%20-%20First%20generation%20decommissioning%20programme.pdf>

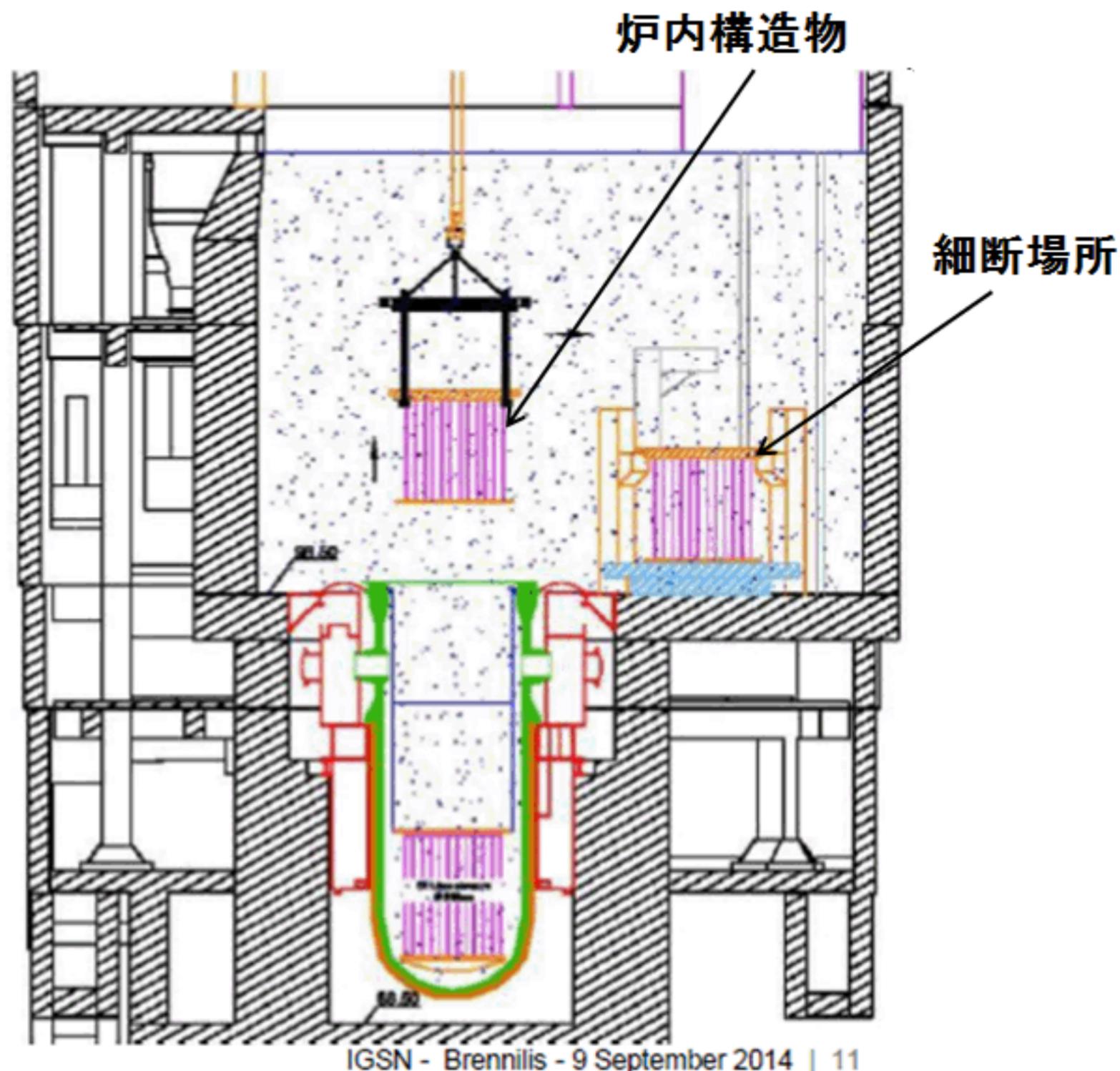
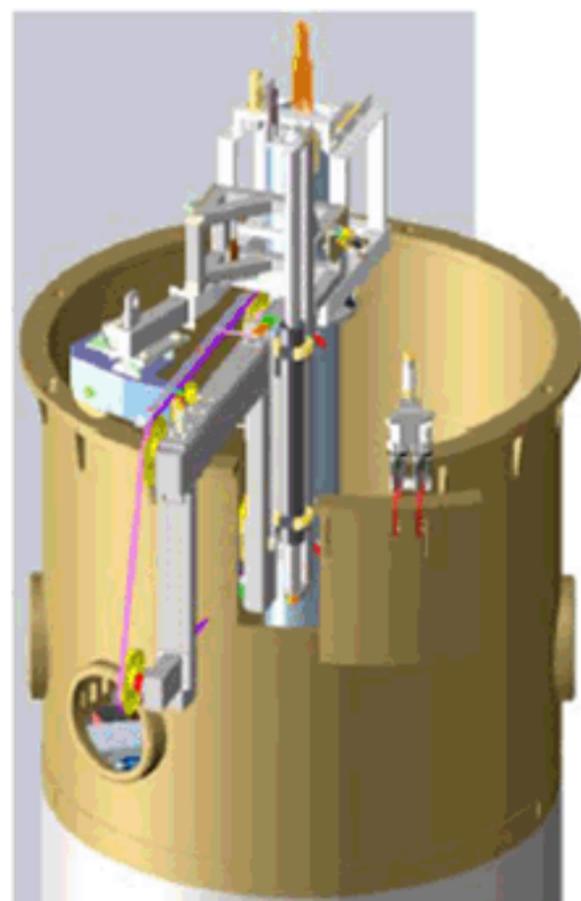


図3 ショーA炉内構造物、原子炉容器等の解体撤去概念図

下記の出典をもとに作成した。

[出所]EDF“ FIRST GENERATION DECOMMISSIONING PROGRAMME”2014. 、<http://www.sogin.it/SiteAssets/uploads/2014/seminario-internazionale-12.12.2014-interventi/Laurent%20-%20First%20generation%20decommissioning%20programme.pdf>

# UNGG programme

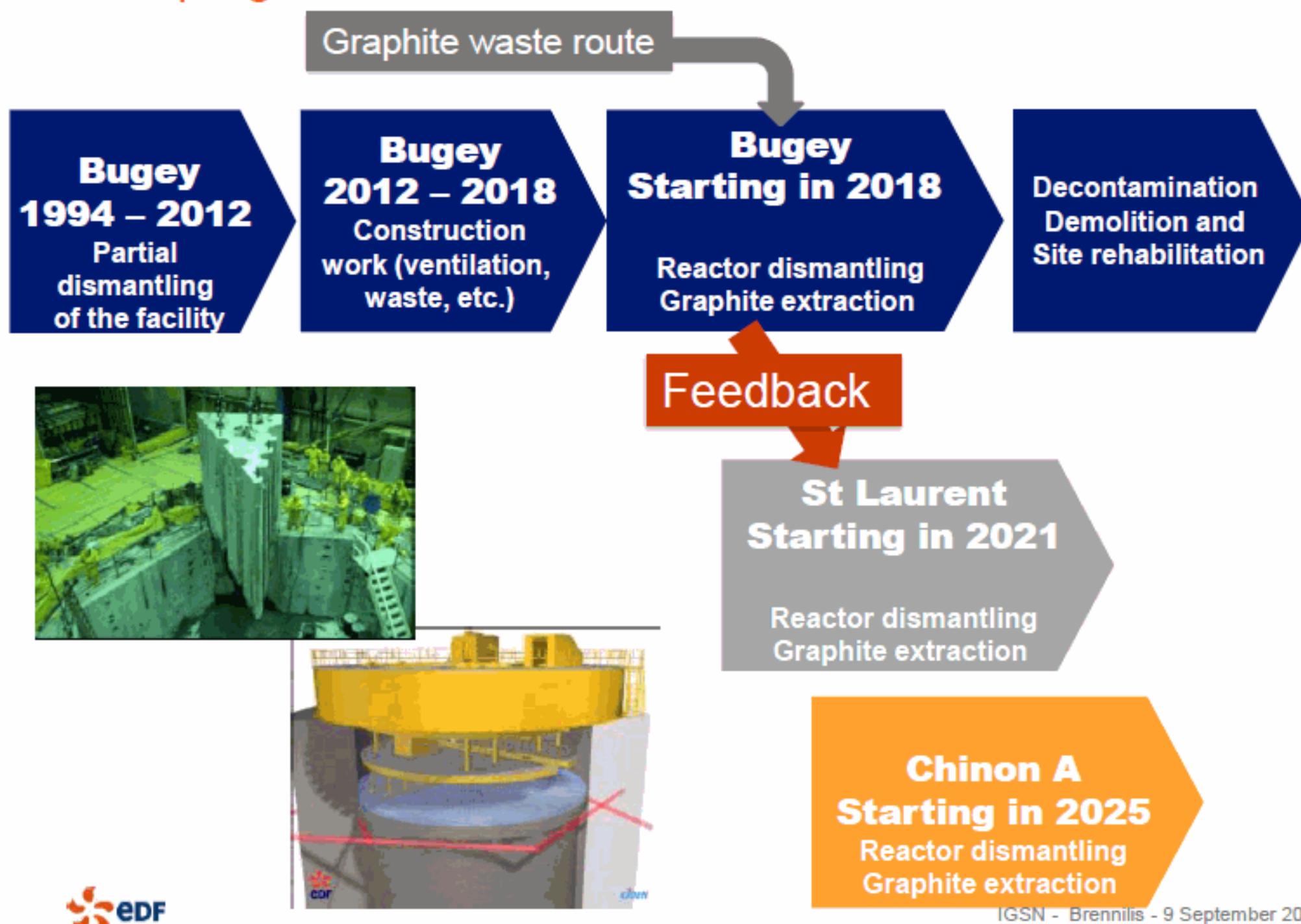


図4 フランスのガス炉廃止措置プログラム

[出所]EDF“ FIRST GENERATION DECOMMISSIONING PROGRAMME”2014. 、  
<http://www.sogin.it/SiteAssets/uploads/2014/seminario-internazionale-12.12.2014-interventi/Laurent%20-%20First%20generation%20decommissioning%20programme.pdf>