

# 日本の原子力発電所廃止措置の 現状と課題について ～安全かつ効率的な廃止措置に向けて～

日本原子力発電(株)

廃止措置プロジェクト推進室長 山内豊明

---

# 1. 日本における廃止措置の現状

---

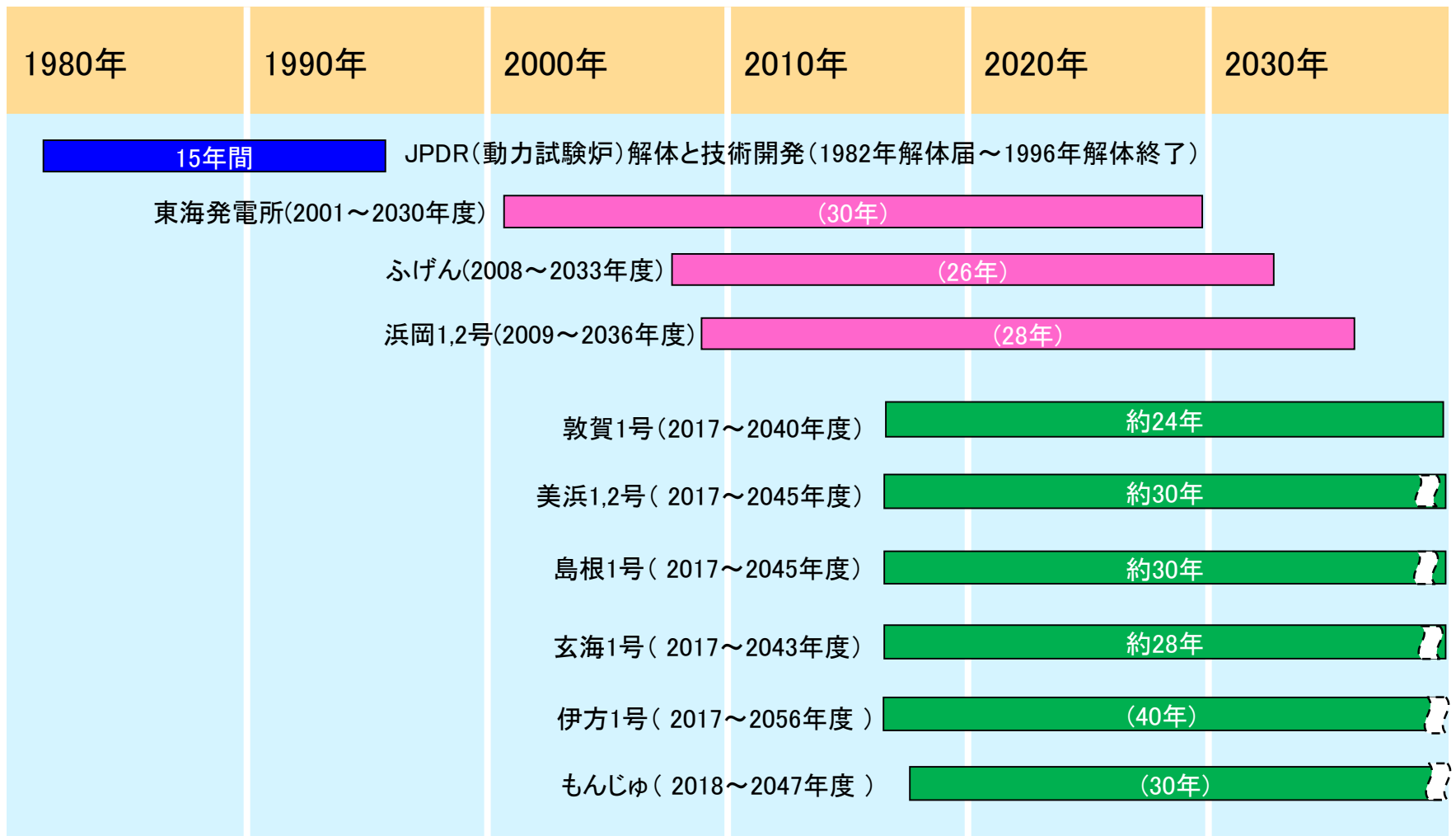
# 日本の原子力発電所の状況

2019年8月末現在

状況	基数	備考
運転中(定期検査中含む)	9基	川内1/2,高浜3/4,玄海3/4,大飯3/4,伊方3
運転準備段階(設置許可済)	6基	高浜1/2,美浜3,柏崎6/7,東海第二
安全審査手続き中	12基	浜岡3/4,島根2/3,志賀2,泊1~3,女川2,敦賀2,東北東通1,大間
扱い検討中	9基	柏崎1~5,志賀1,女川3,浜岡5,東電東通1
廃止決定(廃止措置準備中)	5基	玄海2,福島第二1~4
廃止措置計画審査中	4基	大飯1/2,伊方2,女川1
廃止措置実施中	11基	東海,ふげん,浜岡1/2,敦賀1,美浜1/2,島根1,玄海1,伊方1,もんじゅ
廃炉に向けた取組実施中	6基	福島第一1~6

建設中のプラント及び研究開発段階炉を含む

# 国内原子力発電プラントの廃止措置スケジュール



## 国内原子力プラントの廃止措置スケジュール

(特定原子力施設である1F-1~6は除く。スケジュールは現行廃止措置計画認可工程)

# 研究炉の廃止措置の経験

## ■ 動力試験炉 (JPDR: Japan Power Demonstration Reactor)

原研(現JAEA) 所有 12.5MW BWR



運転中のJPDRサイト



解体終了後のJPDR跡地

- 1982. 12 解体届(含む燃料搬出)
- 1983. 04 燃料体移送
- 1986. 12 解体作業開始
- 1996. 03 解体完了

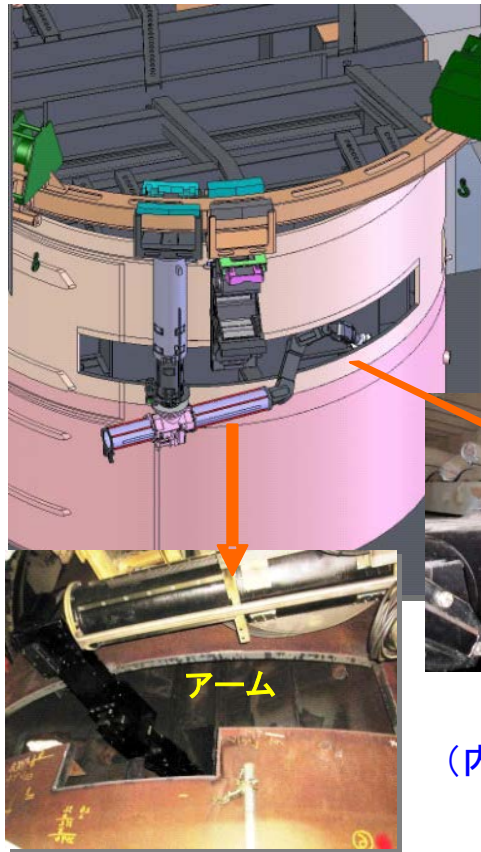


L3埋設施設

出典: JAEAホームページ

# 東海発電所(GCR) 解体実施例

## 【遠隔切断装置による熱交換器解体】



遠隔切断装置のアーム、先端部



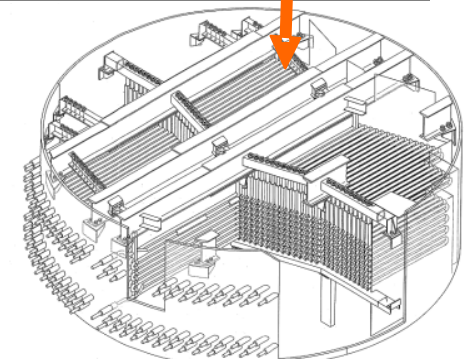
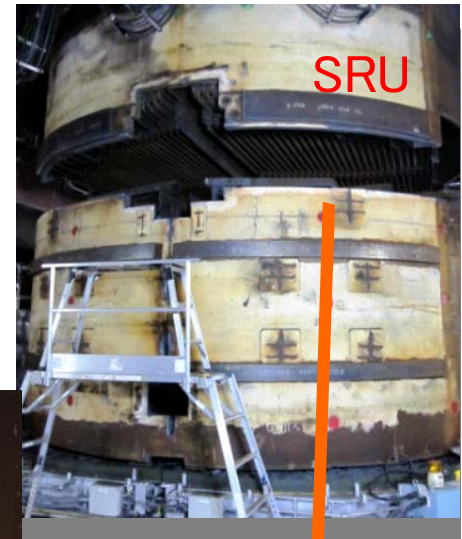
遠隔解体装置操作



カッター  
(内部切断用)



トーチ  
(外部切断用)

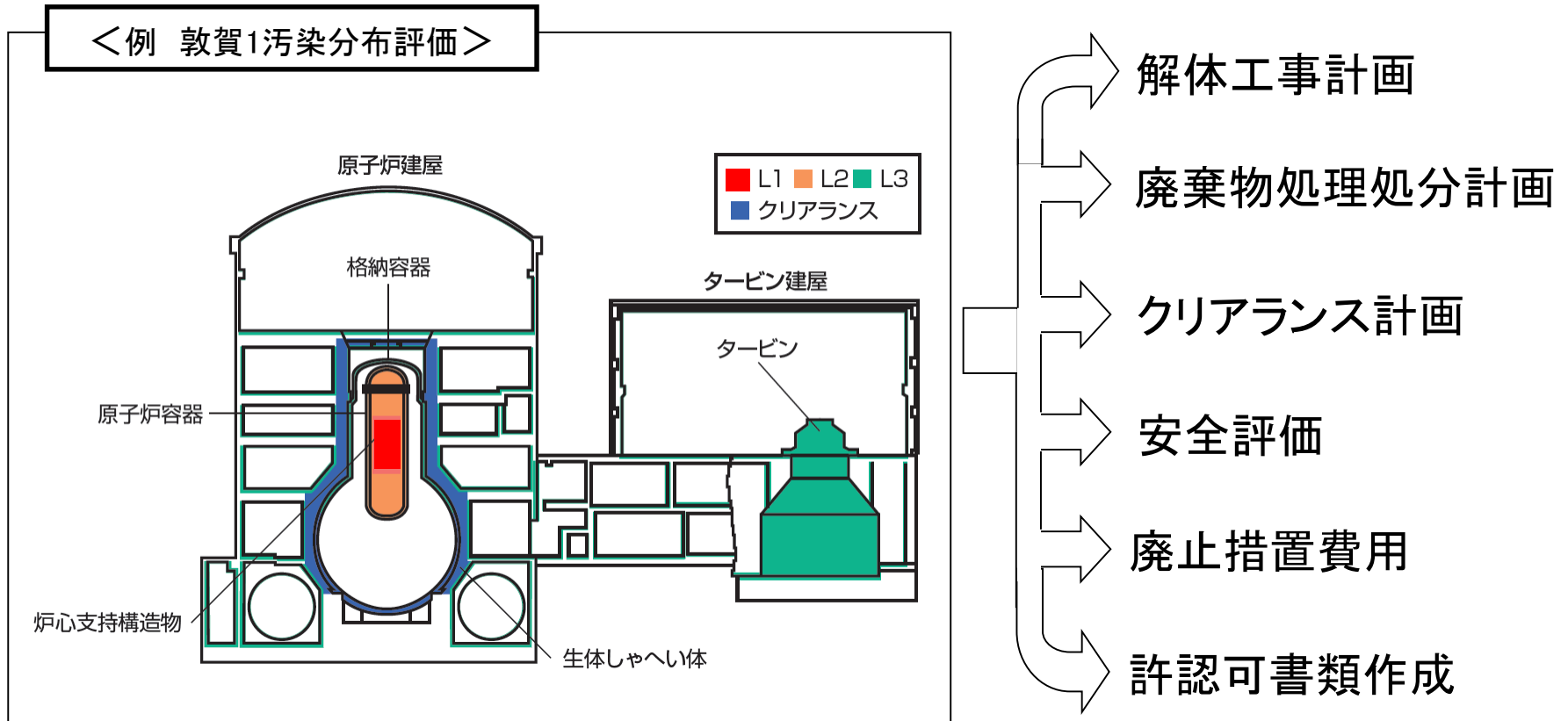


内部複雑形状  
(熱交換機内部伝熱管、  
バフフル板、梁)

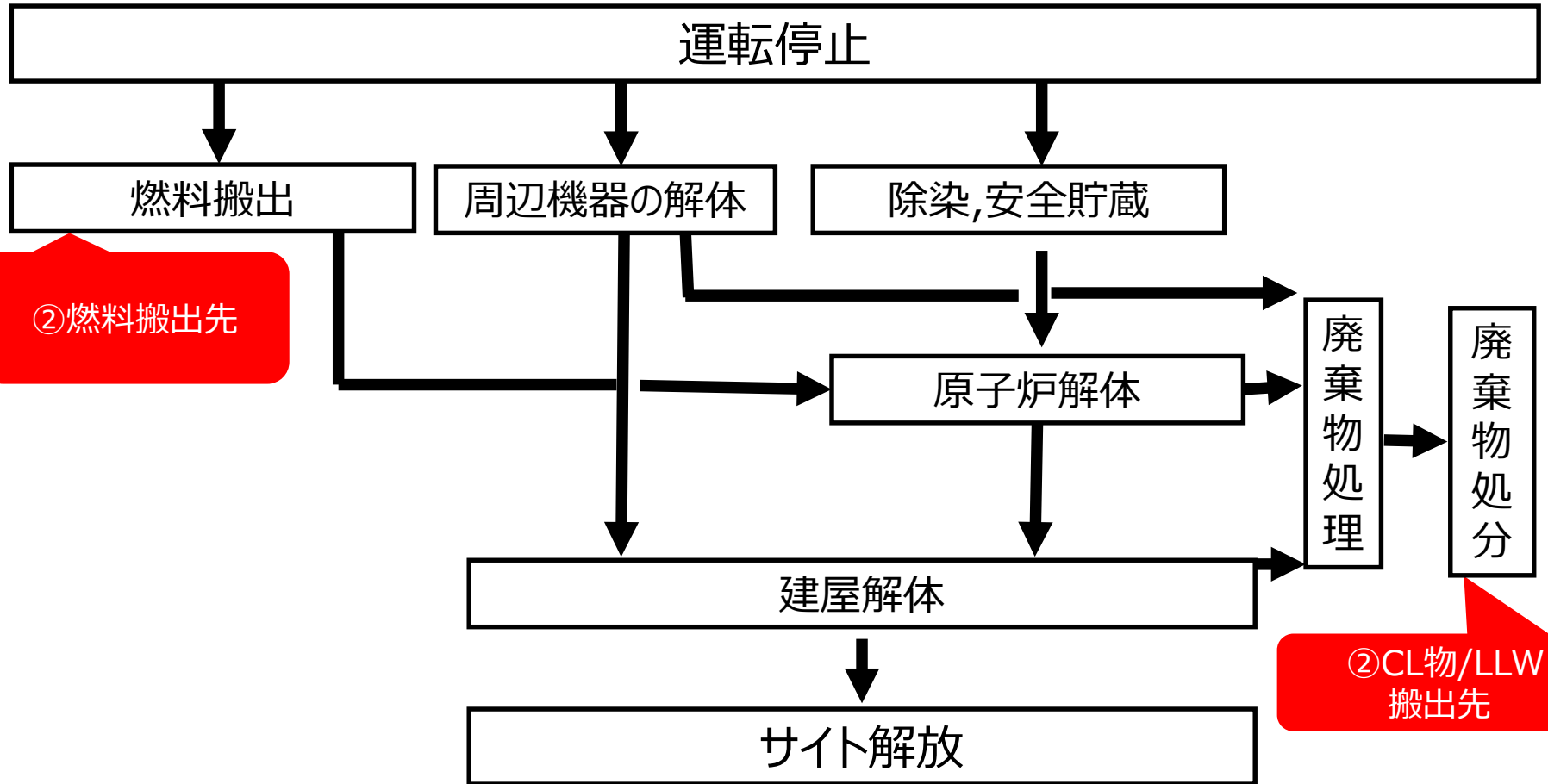
Lessons Learned : ○ 遠隔解体技術は実証できた  
● 費用と工事期間は過大

# 軽水炉の廃止措置計画について

現在、10基(含む、ふげん)の軽水炉が計画認可を受けて廃止措置実施中。3基が廃止措置計画を申請、審査中。



# 廃止措置の工程と制約条件



コスト、工程管理

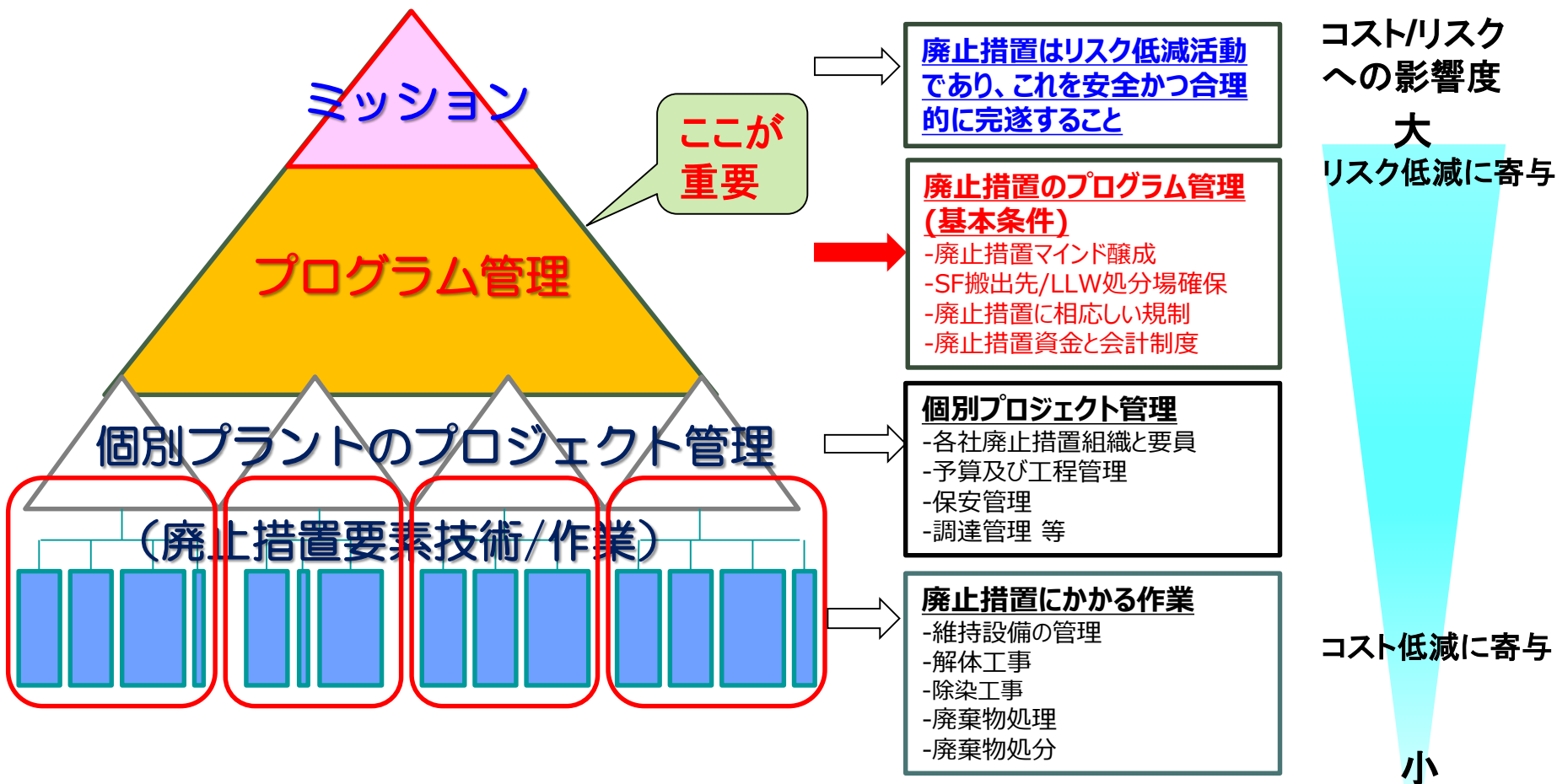
③廃止措置資金

①廃止措置に相応しいマインド

④廃止措置に相応しい規制



# 廃止措置のプログラム/プロジェクト管理



注) SF : Spent nuclear Fuel (使用済核燃料)  
LLW: Low Level Waste (低レベル放射性廃棄物)

# 日本における廃炉業務内容とプレイヤー

業務範囲	内容	プレイヤー
プログラム管理	全体方針 処分計画(立地含む) 規制対応(変更含む) 地元理解、費用確保	設置者(電力、JAEA)
プロジェクト管理	保安管理 予算・工程管理	設置者(電力、JAEA)、 エンジニアリング会社
個別技術	解体工事検討 処理処分検討 装置設計・製作	メーカー ゼネコン エンジニアリング会社
工事請負	解体作業 処理作業 施設の保全作業	工事会社(元請け含む)

# 廃止措置で発生する解体廃棄物

廃止措置に伴い発生する解体廃棄物の総量は、110万キロワット級の軽水炉(BWR)の場合、約54万トンと試算。うち、1万トン強が放射性廃棄物となる。

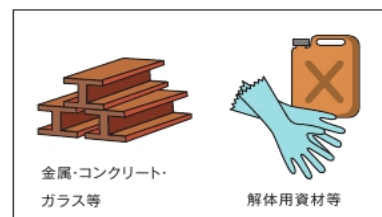
Cf) 環境負荷の観点からの比較として、産業廃棄物の年間発生量は約4億トン。うち、埋設処分するのは1000万トン。

出典:産業廃棄物の排出及び処理状況等について(環境省)

放射性廃棄物 (約1.3万トン)

2%

廃止措置で発生する放射性廃棄物は  
**全て低レベル放射性廃棄物** (大部分が金属類)



放射性廃棄物として扱う必要のない廃材(クリアランス)

放射性廃棄物でない廃材

(約52.3万トン)

98%

放射性廃棄物ではないもの及び放射性廃棄物として扱う必要のないものは再利用を図る  
(金属・コンクリート類)



---

## 2. 安全かつ効率的な廃止措置 に必要な要素

---

# 安全かつ効率的な廃止措置の必要性

廃止措置を安全かつ効率的に実施することは、事業者だけでなく、地元や国民にとっても必要

廃止措置 = 国民のリスク低減

廃止措置コスト増 = 国民の負担増

## 安全かつ効率的な廃止措置に必要な要素

- ① 廃止措置のカルチャーとマインド
- ② 解体撤去物等の搬出先確保
- ③ 廃止措置資金と会計制度
- ④ 廃止措置に相応しい規制

# ① 廃止措置のカルチャーとマインド

- 廃止措置は、研究開発や運転保守とは異種の仕事である。  
⇒ 研究開発、運転保守、廃止措置でカルチャーとマインドが違う。  
都度、頭を切り替えてできるものではない。

〈原子力産業における3業種〉

研究開発



運転・保守



廃止措置

〈自動車産業における3業種の例〉



開発メーカー



運送業



スクラップ業

# ① 廃止措置カルチャーとマインド

- 廃止措置には、技術でなく、マネジメントが重要。
  - ⇒ 研究開発は廃止措置のプロジェクトリスク(費用、工程)を高める。  
プログラムマネジメントがより重要。
- 事業者だけでなく、規制や地元も、発電段階との違いを理解して、協力して頂くことが重要。
  - ⇒ 廃止措置に関係する者が廃止措置を安全で効率的に進めることに協力していくことが重要。
- 廃止措置の工事契約者や個人にインセンティブを与える仕組みも重要。
- 廃止措置は長期に亘るため、経験とノウハウ維持のための人材育成が必要。

## (参考) 3業種のマインドの視点、発想の違い

業種	各マインドで廃止措置をみた時の視点、発想
研究 開発	<ul style="list-style-type: none"><li>・どんな研究開発が必要か。</li><li>・<b>革新的な技術</b>か(解体,除染,処理,処分)。</li><li>・未来を創造する研究開発か。</li></ul>
運転 保守	<ul style="list-style-type: none"><li>・厳格な品質保証、安全管理体系の下、廃止措置を実施。</li><li>・維持施設(<b>マイプラント</b>)や解体/処理装置の保守管理を しっかり行う。</li></ul>
廃止 措置	<ul style="list-style-type: none"><li>・安全を前提に如何に最小コストで早く廃止措置するか。</li><li>・プロジェクトのコストとリスクを如何に最適化するか。</li><li>・廃止措置施設(<b>廃棄物</b>)維持のためにお金を使わない。</li></ul>



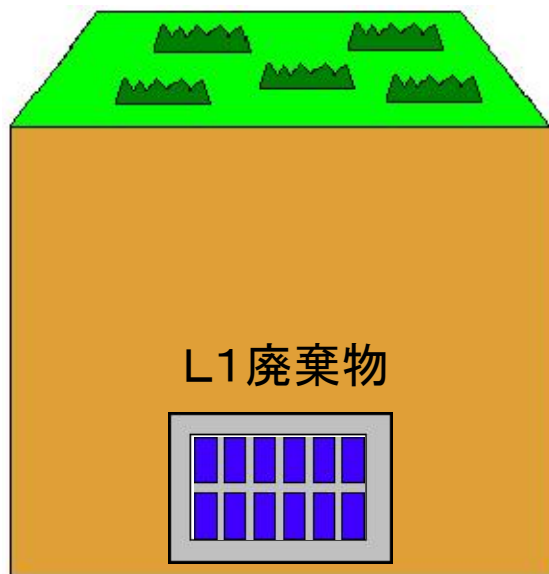
## ② 解体撤去物等の搬出先確保

- 解体廃棄物埋設施設の確保
  - L1: 新規規制基準を策定中。
  - L2: 六ヶ所で運転中商業炉用施設操業中。
  - L3: 東海で安全審査中。
- 使用済燃料の搬出先の確保も重要。一部電力で、中間貯蔵施設を建設中。
- 検認後のクリアランス物の取扱制限(制度が定着するまで業界内で再利用すること)を解除する必要あり。  
また、クリアランス検認(基準を検討中)の効率化、法手続きの簡素化も必要
- 廃止措置完了までに、実効的なサイト解放基準も必要。

# (参考)日本の低レベル放射性廃棄物の処分方策

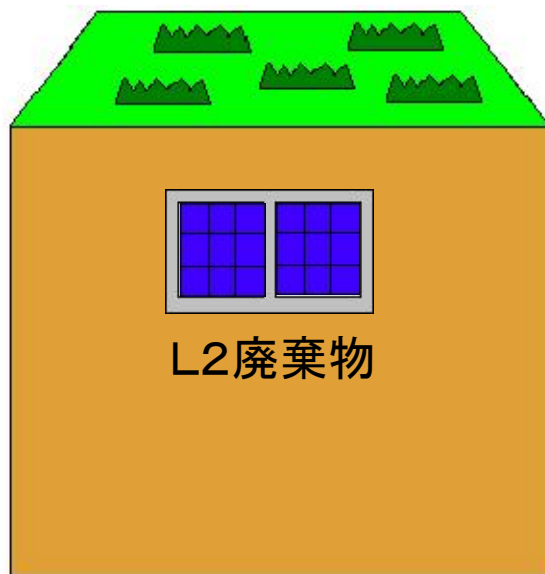
L1:炉心等廃棄物

(中深度埋設)



L2:低レベル放射性  
廃棄物

(浅地中ピット埋設)



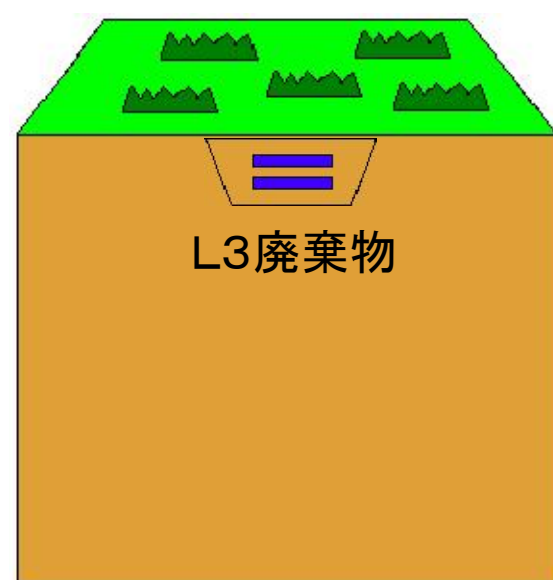
(300~400年間管理)

現在、基準検討中

六ヶ所で運転廃棄物  
を埋設中(基準改訂中)

L3:極低レベル放射  
性廃棄物

(浅地中トレンチ埋設)



(50年間管理)

東海で審査中  
(基準改訂中)

## ③ 廃止措置資金と会計制度

### 商業炉の場合

- 廃止措置資金

  - 廃止措置費用を合理的に見積り

  - 600～800億円/基(110万kW級)

  - 会計上、廃止措置費用を資産除去債務

  - として認識して、解体引当金として内部引当

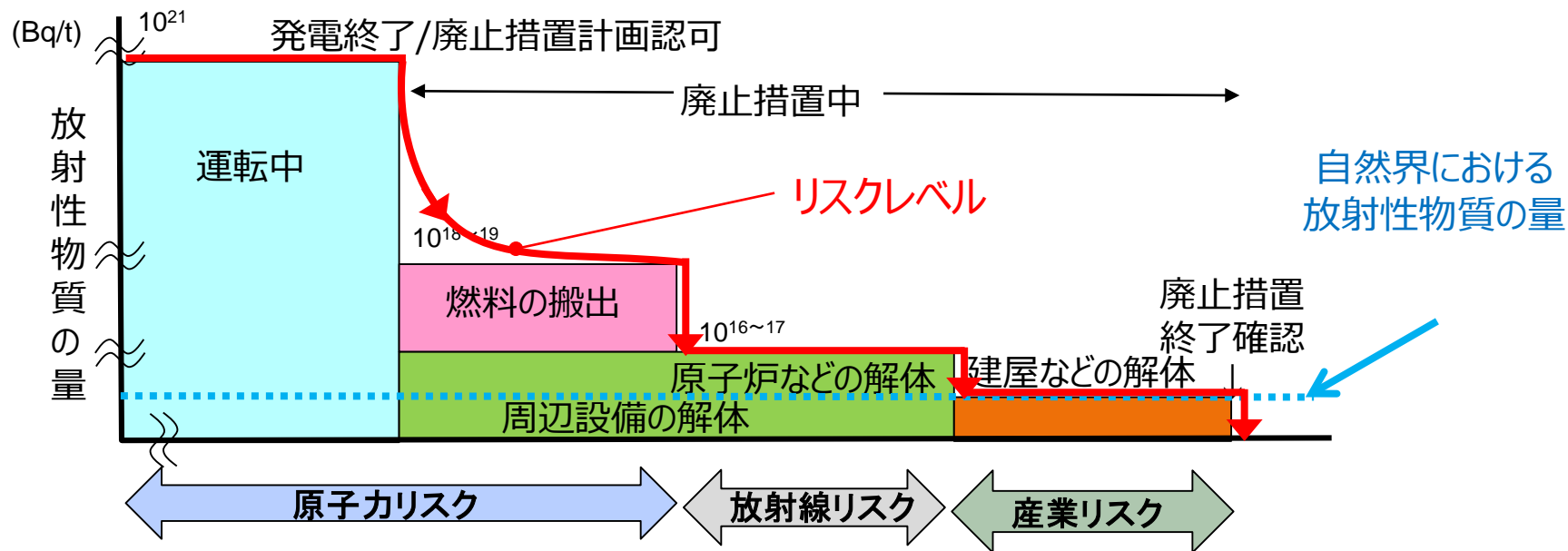
- 廃炉会計制度

  - 廃止決定以降も残存簿価の一部を償却可

## ④ 廃止措置(含む廃棄物処分)に相応しい規制

### ● 廃止措置段階 / 廃棄物処理処分に相応しい規制

- ✓ 運転時に比べてリスクは大幅に低下。リスクに応じた規制の具体的適用が必要。
- ✓ 廃止措置 / 廃棄物処理処分はリスク低減活動そのもの。
- ✓ 燃料搬出後は原子力施設ではなく、放射線取扱関連施設。



注) 「IAEA safety assessment for decommissioning annex I, Part A "Safety Assessment for Decommissioning of Nuclear Power Plant" Fig 3 を参考に作成

# (例) 日米における廃止措置規制の比較

	日本	米国
廃止措置に対応する規制組織	<a href="#">原子炉廃止措置も「実用炉担当」で対応</a>	地域事務所含め、運転炉組織から <a href="#">核物質プログラム組織に移行</a>
維持管理の変更	一時的な廃棄物関連装置設置などの <a href="#">規制上の扱い未定</a>	10CFR50.59「変更、試験及び実験」の処置プロセス及び、 <a href="#">NRCによる承認を要しない</a> 、追加的な変更を行う <a href="#">プロセスを用いる</a>
廃止措置時の検査	検査制度見直しの中で検討が進められている「 <a href="#">原子力規制検査(米国ROP*相当)</a> 」で一括対応 *:Reactor Oversight Process	IMC2515「軽水炉検査計画-運転段階」⇒ <a href="#">ROPは適用除外し、IMC2561「廃止措置炉検査計画」に移行</a>
リスクに応じた対応	EAL**などを <a href="#">限定的に見直し</a> **:Emergency Action Level	廃止措置の <a href="#">低減リスクに合わせた多数の免除等申請</a> を受理し処置

米国では、[更なる廃止措置時の規制を改善](#)（グレーデッドアプローチの適用、規制要件の明確化、規制の合理化等）するため、[廃止措置規則改正を2019年に予定](#)。

# 廃止措置にかかる規制について

- 運転規制の延長、引き算ではなく、廃止措置活動を出せるだけ制限しない、廃止措置に相応しい規制。(海外では、組織やルールを運転とは別にして廃止措置を規制)
- 廃止措置施設、低レベル放射性廃棄物埋設施設、クリアランスなど廃止措置プロジェクト全体のリスクや工程の管理も重要。

---

## 3. 海外の廃止措置との比較

---

# 欧米の商業炉廃止措置関連制度との比較(1/2)

## ① 原子炉廃止措置関連機関と資金制度

	日本	ドイツ	英国(GCR)	米国	フランス	スペイン
廃炉施設の オーナー	電力		NDA	電力又は 廃炉会社	電力(EDF)	ENRESA
廃炉マネジメン ト			PBO			
廃炉プレー ヤー			SLC (Magnox)			
廃止措置の 動機付け	特になし	早期解体 して国に 譲渡	政府系 廃止措置 専門組織	民間 廃止措置専 門組織	組織内 垂直分離 部門	政府系 廃止措置 専門組織
規制機関	規制委員 会&NRA	BMU-州政 府	ONR	NRC	ASN	CSN
廃炉資金源	電気料金		税金 +事業益等	電気料金		電気料金 の一定額
資金管理方法	内部引当		NDA予算	外部積立	内部引当	外部積立



# 欧米の商業炉廃止措置関連制度との比較(2/2)

## ② 低レベル放射性廃棄物処分システム等

	日本	ドイツ	英国(GCR)	米国	フランス	スペイン
実施主体	民間 (JNFL, 原電)、JAEA	BGE 連邦放射性 廃棄物管理 機関	NDA	民間 (ES等)	ANDRA (政府機関)	ENRESA (政府機関)
マネジメント			PBO			
プレイヤー			SLC(LLWR)			
管理後の扱い	無制限開放	未定		州政府	無制限解放 (最長300年後)	
資金源	処分料金					電気料金の一定額等
処分対象	一部集中/ 個別施設毎	放射性廃棄物全て(RI含む)				
(参考)SF政策	再処理 & 中間貯蔵	直接処分 (一部再処理) 中間貯蔵	再処理	直接処分 中間貯蔵	再処理	直接処分 (一部再処理) 中間貯蔵

注) 英国では一部極低レベル放射性廃棄物を一般産廃処分場に処分も可

# 米英国の廃止措置教訓(学会誌アトモス記事より)

運転から廃止措置への移行において、スキル、組織、プロセス、規制等について業界改革が重要

## 米国

- ・運転と異なるスキル、経験、組織が必要
- ・廃止措置環境の変化とともに組織やスキルも変化
- ・廃止措置に相応しい規制が必要
- ・厳格なプロジェクトマネジメントが重要
- ・研究開発や革新的技術の採用はプロジェクトリスク(コスト)を高める

## 英国

- ・運転思考からの根本的転換が必要
- ・技術的/工学的問題解決への偏重から、「人」と「プロセス」重視の問題解決への転換
- ・規制機関は変化に適応し、目標達成のために方向性を合わせる必要がある
- ・プロジェクトマネジメント、プログラムマネジメントが重要
- ・技術開発や複雑なシステムはリスクを高める

➡ 米英で廃止措置の進め方は異なるが、教訓は共通

出典) 原子力学会誌アトモス2019年5,6月号

---

## 4. 日本原子力発電の取組み

---

# 日本原子力発電の取組み

- 2015年より、廃止措置事業と福島支援を発電事業に加えた経営の基本計画を決定
- 2014年、米国の廃止措置専門会社エナジーソリューションズ(ES)社との協力協定を締結(2016年一部協定改定)
- 2016年、英国廃止措置庁(NDA)と廃止措置に関する情報交換協定を締結
- その他、10年以上前よりフランス電力(EDF)の廃止措置部門(DP2D)と定期的な情報交換、OECD/NEAの廃止措置技術会議に参加

# 原電とEnergySolutions社（ES）の協力の概念

原電

日本規制・条件対応

廃止措置実施中

- 国内の廃止措置実務と規制対応の経験が豊富
- 原子炉領域解体経験なし

ES

米国規制・条件

効率的実施経験

- 米国ガイオンでの良好な廃止措置実績  
(Exelonよりライセンス移転して、10年以内、かつ予算内で廃止措置完了見込み)
- 日本での廃止措置経験なし

両者の融合

日本規制・条件

効率的廃止措置経験  
プロジェクト管理能力

国内廃止措置の最適化

- 廃止措置計画の最適化
- 計画、実績及びリスク管理
- 効率的な調達管理・組織
- 国内規制等の合理化  
⇒ 国内における安全かつ効率的廃止措置の実現

# 原電における米国ES社との活動実績

2014.5~8 ES社のノウハウの移転可能性を確認するため、典型的な日本の軽水炉の廃止措置プログラムに関するケーススタディを共同実施

2016.4~7 米国ザイオンでの研修(原電4名)

2016.6~

2017.6 敦賀1廃止措置ベースライン(オリジナル)の策定

2017.6 EVMSトレーニング

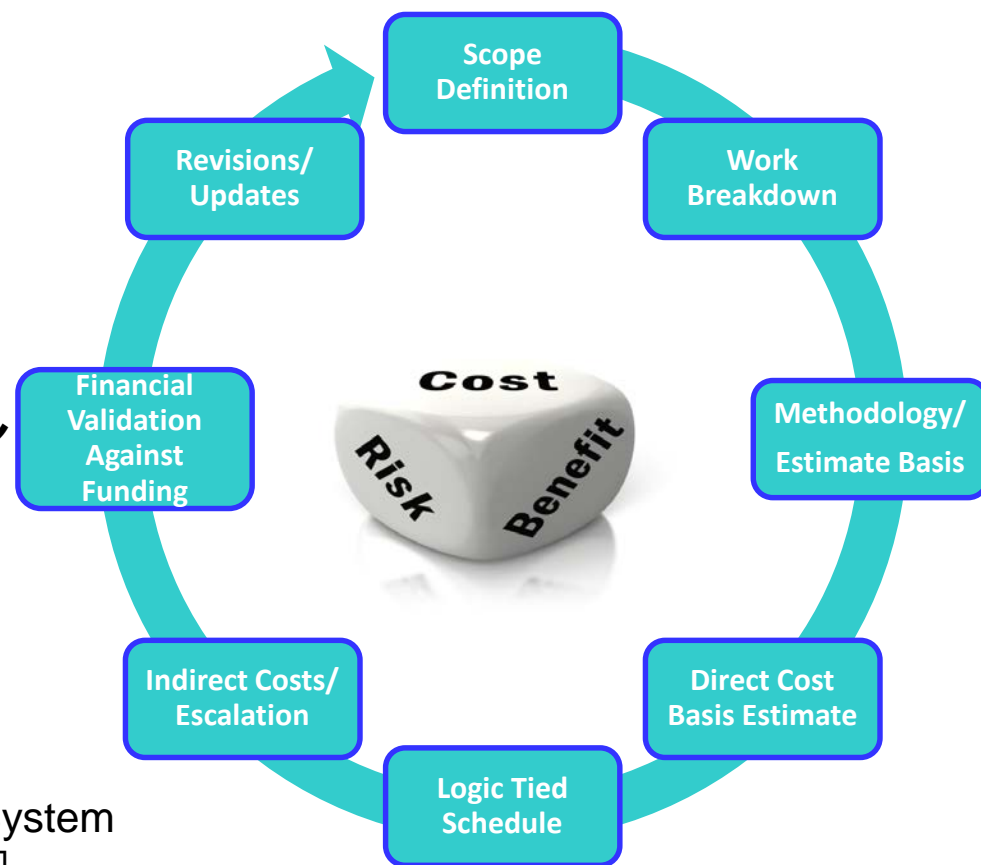
2017.7~

2018.3 敦賀1廃止措置ベースラインの最適化

2018.4 敦賀廃止措置プロジェクト推進センター設置

2018.4~ 敦賀1本格解体工事着手  
EVMS運用開始

廃止措置用 EVMS



注)EVMS: Earned Value Management System  
[収益(出来高)管理システム]

---

## 5. 安全かつ効率的な廃止措置に向けて

---

# 今後の業界の取組の方向性について

- 廃止措置がリスク低減である等、関係者の協力が得られるよう理解活動を進めていきたい。
- 海外の教訓や制度を学んで、良好事例等を日本に適用することを検討していきたい。
- クリアランス対象物をはじめとして、解体撤去物の搬出先の確保に取り組む。
- 廃止措置に相応しい規制のあり方(リスク管理して進める規制、リスクの最適化etc)について、規制機関も含めた関係者と相互理解する場を持ちたい。