


海外の廃止措置のマネジメントについて

- 各国の取組状況(例) -

 The Institute of Applied Energy

エネルギー総合工学研究所
林道 寛

本資料は5回にわたり（一社）日本技術者連盟が主催した欧米の廃止措置調査団により得られた情報が多く含まれており、（一社）日本技術者連盟の了解の下に紹介する。

廃止措置のマネジメント

廃止措置のマネジメントで考慮すべき要件

Graded Approachの考え方

- (1) 安全(最優先)
- (2) 組織体制と要員
 - ✓ ラインからプロジェクトへ、マインド・チェンジ
- (3) 資金
 - ✓ 制度的措置、合理的な試算
- (4) 技術(IAEA、NEA、EU、EPRI(DOE)等々)
 - ✓ 既存技術の適用(一般産業界の技術の応用)・組合せが基本
- (5) 放射性廃棄物処分場の確保
 - ✓ 短期間・多量の物量
- (6) トレーニング
 - ✓ 安全・環境、QA、技術…
- (7) 経験・知見の反映
 - ✓ 履歴、Lessons Learned…
- (8) ステークホルダーとの関わり・連携
- (9) 情報発信
- (10) 人材育成
 - ✓ 長期に亘り実施



各国の取組例

各国の取組状況

- (1) スペイン
 - ✓ ENRESA(公社)
- (2) ドイツ
 - ✓ EWN(旧東独)
- (3) 英国
 - ✓ NDA
- (4) 米国
 - ✓ San Onofre, Vermont Yankee
- (5) フランス
 - ✓ CEA(前回文科省より詳しく紹介- 省略)

スペイン

ENRESAの役割と廃止措置の実施

ENRESAの役割

- 国営会社(公社)で、法律により次の業務を実施
 - ・スペインのすべての放射性廃棄物管理(原子力発電、医療、研究 ...)
 - ・原子力施設の廃止措置
- 中・低・極低レベル放射性廃棄物埋設施設を所有・運営(El Cabril)
資金は、廃棄物発生者と原子力発電所所有者が負担
- 政府により承認された定期的な“運営計画書”に従い、資金管理と債務管理の責任機関
- 原子力発電所の廃止措置資金については、引当金制度が確立 (発電単価に組み込み)

- 総電力量に占める原子力発電所の割合：22% (7基)
- 廃止措置中原子炉 (2基) + 研究施設

ENRESAの廃止措置戦略



ENRESAの戦略

- 廃止措置の経験を蓄積し、将来の廃止措置に活用(国策会社が一手に引受ける)
- 廃止措置は複合技術を結集したもの⇒ノウハウを蓄積・活用するシステム
- 放射性廃棄物の処分までの道筋を確立しておくこと (一元的処分)

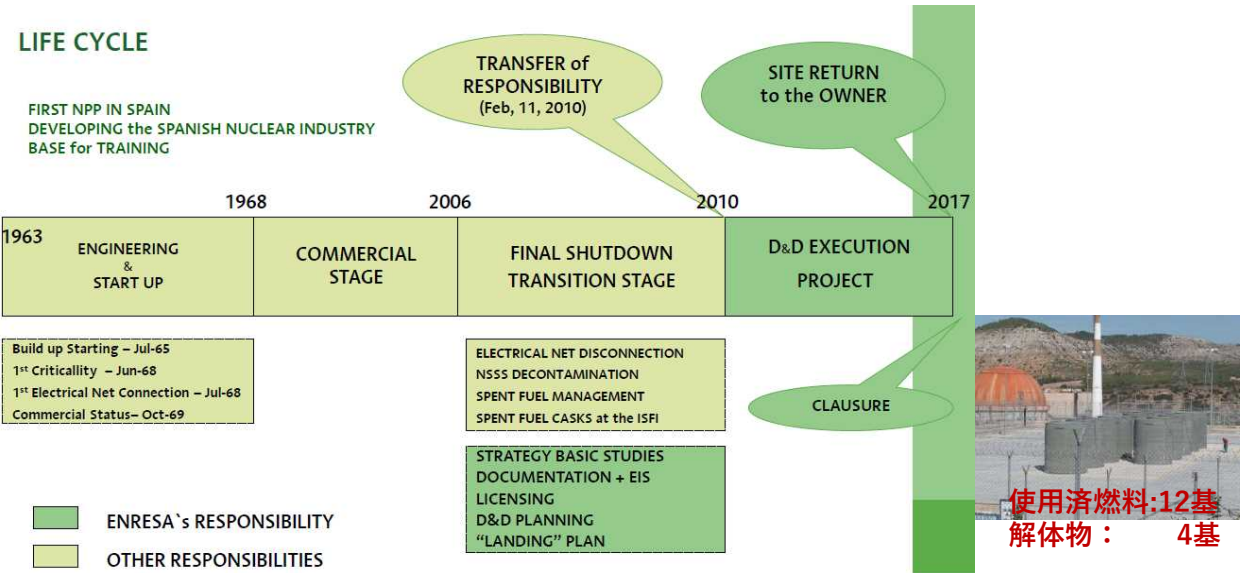
EL CABRIL処分場(Cordoba)
(中・低・極低レベル放射性廃棄物)



スペイン

ホセ・カブレラの廃止措置

廃止措置方針



ホセ・カブレラ (Jose Cabrera NPP)

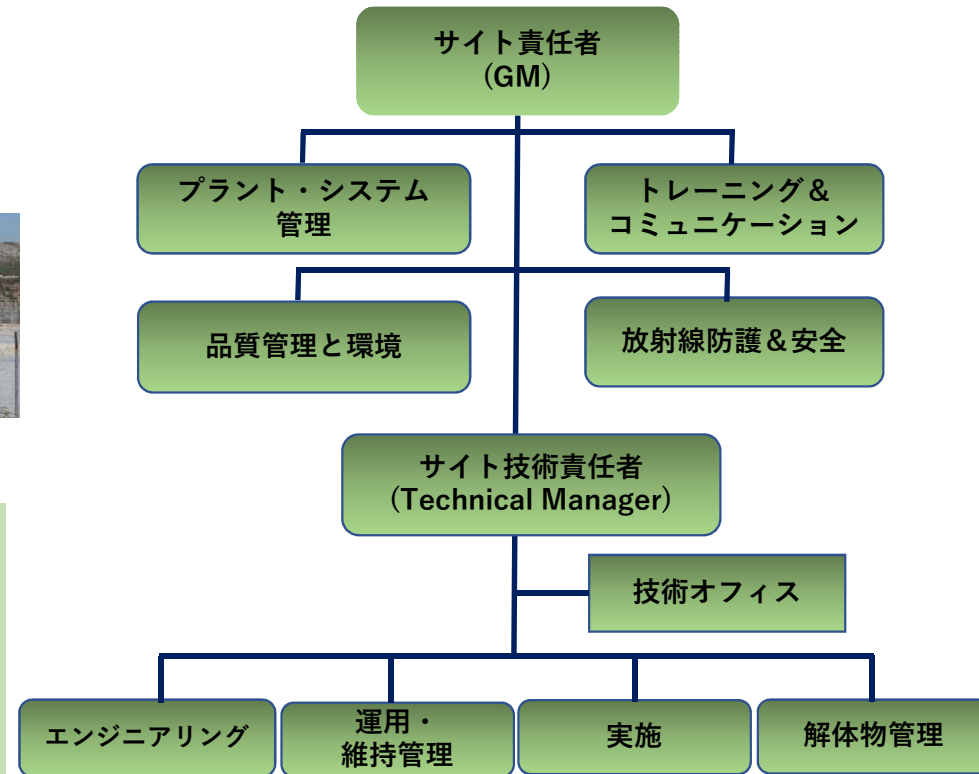
160MWe, PWR, 1ループ

- 40年間の運転後、3年間の移行期間を経て、7年～10年で廃止措置（即時解体）
- 移行期間に、運用会社が許認可を維持。メンテナンスと使用済燃料移送、運転廃棄物の管理責任
- ENRESAは移行期間に、廃止措置準備（系統除染・解体）とSF中間貯蔵の実施
- 運用会社とENRESAの協力は不可欠

- この期間を含めてリスクを特定・低減し、規制要求を段階的に低減
- 使用済燃料は、当面60年間はサイト近隣の乾式中間貯蔵施設で保管（100年間か耐用可能と説明）する。常時監視
- 運転停止時（移行期間）、廃止措置のそれぞれの段階で規制の枠組みを設定
- 停止時の規制には、除染と廃炉準備やSFの中間貯蔵の実施を含む

現場の組織体制

- ✓ ライン組織 → プロジェクト組織
- ✓ マインドリセット

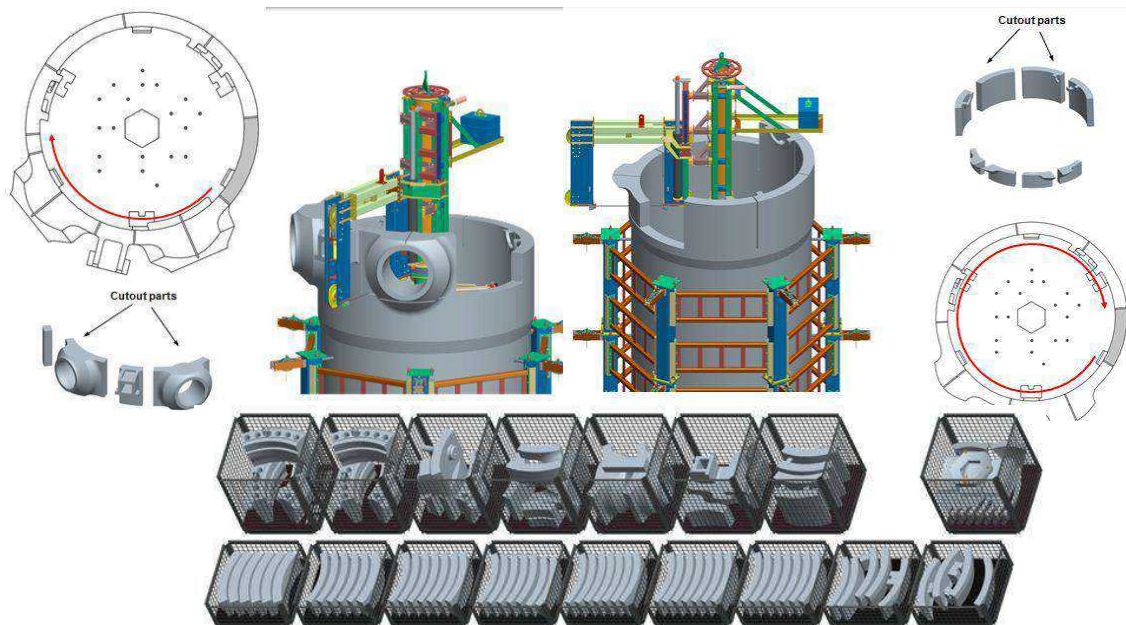


スペイン

ホセ・カブレラの廃止措置

原子炉圧力容器の解体

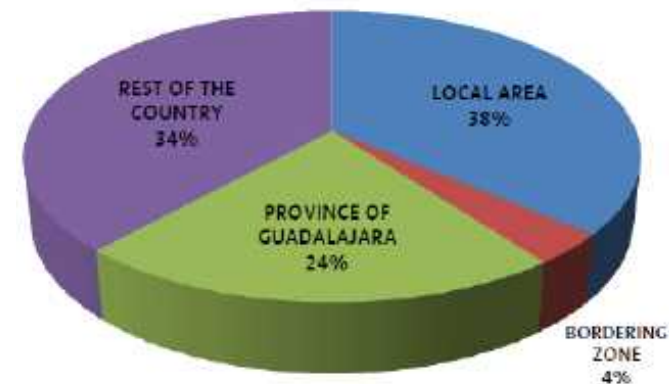
-解体～処分までを考慮-



放射性廃棄物発生 – 廃棄体量

	評価時	実際
CE-2a	8	7
CE-2b	11	8
Total	19	15

廃止措置要員構成



廃止措置の作業要員

- ・全体で251名
- ・内訳
 - ・地元雇用：95名
 - ・周辺地域：11名
 - ・立地県内：59名
 - ・その他：86名
- ・参加企業は30社、うち4社が解体実務

運転中(ユニオン・フォノーサ)

- ・地元雇用は150名、うち45名は廃止措置へ継続雇用

スペイン

ホセ・カブレラの廃止措置

ステークホルダーとの関わりと広報活動

広報活動

- 周辺市町村長、国<環境省、経済財務省等>、ENRESAによる廃止措置現状の情報共有、雇用創出、地域経済等の意見交換を年1回開催
- 情報センターを設置し情報公開を積極的に実施。バーもあり、地元住民も気楽に活用

情報公開のキーとなる要因

- 情報は正しく伝える
- 否定的な意見や行動も中立的に対処
- 期待感排除等
- ホセ・カブレラの廃止措置は好例として、国際的にも評価
- ✓ 諸外国から、多くの関心のある人が現場や情報センターを訪問
- ✓ ウェブサイトで公開。マスコミへの公開日に訪問があると、テレビでも紹介。

まとめ

- 廃止措置
- ✓ 国の機関(公社)としてENRESAが一元的に実施(~処分まで)
- ✓ ノウハウを蓄積→将来に向けた合理的手法(Lessons Learned)
- 解体の実施
- ✓ 解体・処理・処分の全体を見通した対応
- ✓ 地元企業の参画と地元雇用を重視
- 処分場の確保
- ✓ 解体作業の前に処分場を確保→廃棄物の処分先の明確化
- ステークホルダーとの関わり
- ✓ 雇用・地域経済の活性化まで幅広く議論
- 広報活動
- ✓ 賛成派、反対派を問わず、積極的に対応

enresa
Ingenieros japoneses se desplazan a Zorita para conocer los trabajos de desmantelamiento

13/06/2014



ドイツ

EWN社の廃止措置対策

A Company of the EWN - Group

EWN
20 years experience of nuclear decommissioning operation



- 1990年まで：旧東ドイツでグライフスヴァルト発電所とラインスベルグ発電所の運転を実施
- 1990年以降：旧東ドイツの原子力発電所の廃止措置管理(計画策定、許認可と解体実施)
- 1993年以降：NPPの廃止措置の国際プロジェクトに参画
- 2003年以降：ロシアの原潜の廃止措置(Mur m a n s k)
- : J u i c h の高温ガス炉(AVR)の廃止措置管理
- 2006年以降：カールスルーエの再処理施設(WAK)の廃止措置管理
- 2008年以降：DBE(放射性廃棄物処分サイト選定と運用管理)の株主
- ドイツの原子力施設の廃止措置のサービス提供会社

プラントの運転から廃止措置へ

(1) 何がどう変わるか

- 運転管理(ライン組織) ⇒ プロジェクト管理へ
- 放射線防護と廃棄物管理に対し、増える要求
- (一般的に) 新しい仕事のプロファイルが不明確だが作業スコープは異なる。

(2) 課題

- 細分化の要求 - 何がいつ要求されるのか
(今までと異なるやり方、新しいやり方)
- 責任の再配分
- 必要な能力・適性・力量は？(社内、外部の専門家、コントラクター)
- 経済的に実施可能か/理に適っているか
- どんな資格と訓練が必要か

廃止措置に対するPersonnel Training

(1) 現実の体制・資格と廃止措置に対する要求

⇒ ギャップをどう埋めるか

(2) 基本とトレーニング

- プロジェクト管理の課題
- 新しい施設や装置の運転と保守の資格
- 廃止措置に対する個々人の資質(解体業務)
- 解体物管理(廃棄物や他の物質)
- 放射線安全と環境保護
- Q A

● 廃止措置をビジネスとして展開

東欧等の廃炉支援

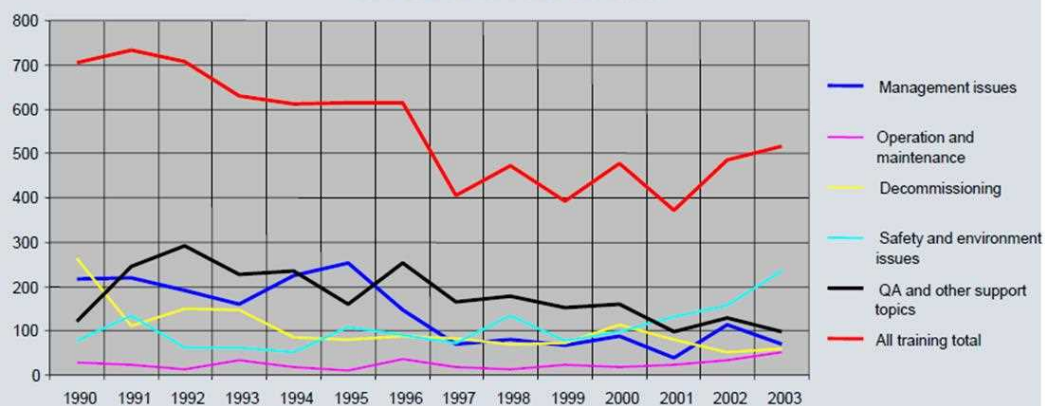
ドイツ

グライフスヴァルト発電所の廃止措置

廃止措置に関わる従業員のトレーニング

Personnel training for decommissioning

No. of staff trained in different matters

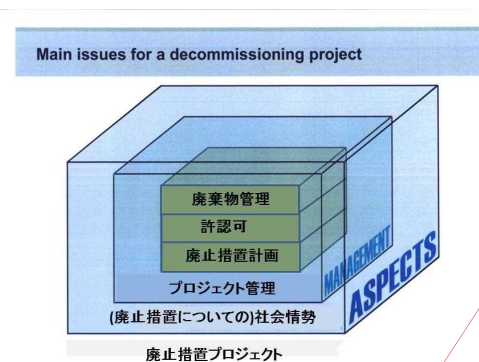


EWNの廃止措置対策(要員戦略)

- 様々な分野のエキスパートが必要
- QAの要員養成はマネジメントと同等に重要

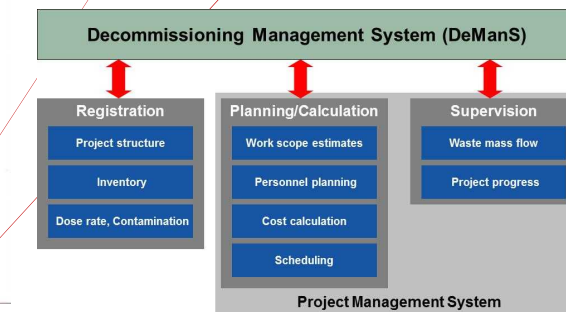
教育システム

- Task1: サイト開発(再利用)のための社会的観点を含めたプロジェクト管理
- Task2: 許認可対応
- Task3: プロジェクト計画
- Task4: 廃棄物管理
 - トレーニング期間は4週間
 - それぞれの週に廃止措置項目のセミナー

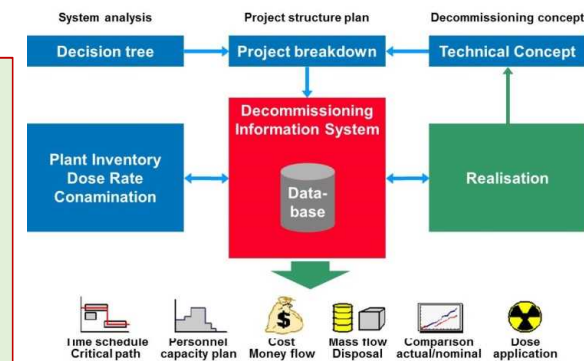


Task1.1

- 企業の目的の明確化と遂行
- 意思決定ツリーの作成
- プロジェクト構造の明確化
- プロジェクト遂行のための組織と要員
- プロジェクト分析-ITツールの適用



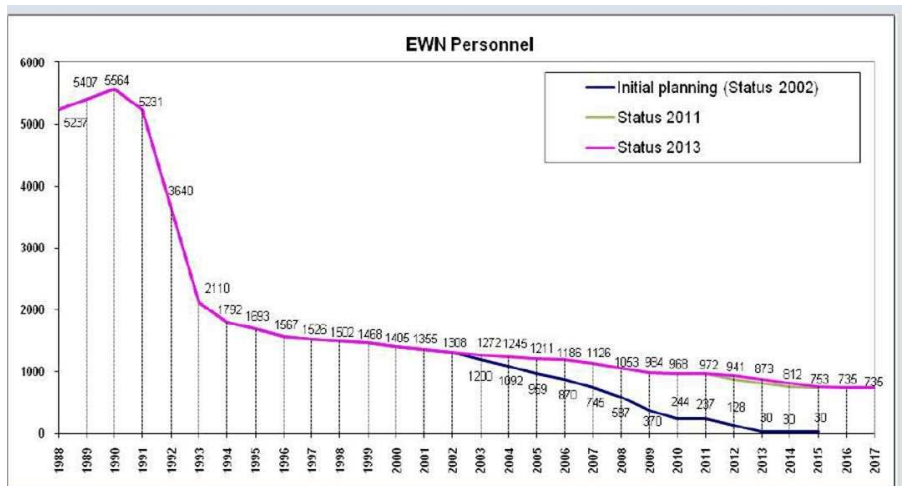
Lessons Learned → Feedback



ドイツ

グライフスヴァルド発電所の廃止措置

EWN社の職員の変遷



グライフスヴァルド発電所の従業員の推移

- 当初計画：廃炉開始時点で約5,500名 20年後は30名
- 現状計画：700名を超える従業員



- Lessons Learned, 知識・知見・ノウハウの集約化
- 新たな事業(ビジネス)への展開
- ✓ ドイツ・東欧諸国の廃炉計画、ロシア原潜解体、
- ✓ 廃炉教育システム (国内外から研修生)

まとめ

- 廃止措置は壊して終わりではない。
- Lessons Learnedを如何に活用するか。
- 蓄積した技術・ノウハウをビジネスとして展開
 - ・ 国内外の廃止措置への参画
 - ・ 人材育成への展開(教育ビジネス)
- インフラの活用と跡地利用計画
 - ・ 工業団地として誘致
 - ・ 港湾設備と鉄道の整備、建屋の有効利用
- 早期のステークホルダーの関わり
 - ・ 跡地利用や既存の施設の活用
 - ・ 国、規制者、廃止措置実施者、地元コミュニティ、公衆による話し合い
 - ・ 助成金の確保



英国
NDAの廃止措置(実施体制)

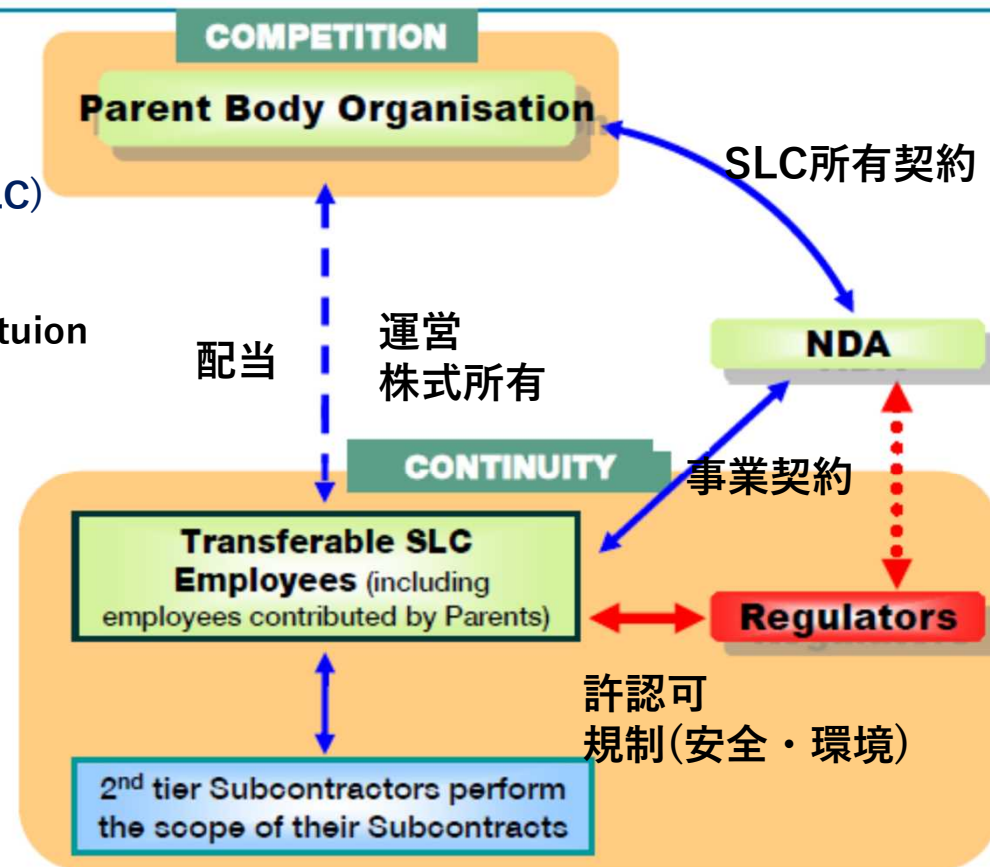
The NDA Contracting Model

Parent Body Organisation (PBO)

- Cavendish Dounreay Partnership Ltd
- UK Nuclear Waste Management Ltd
- Cavendish Fluor Partnership Ltd
- Nuclear Decommissioning Authority (NDA)

Site Licence Company (SLC)

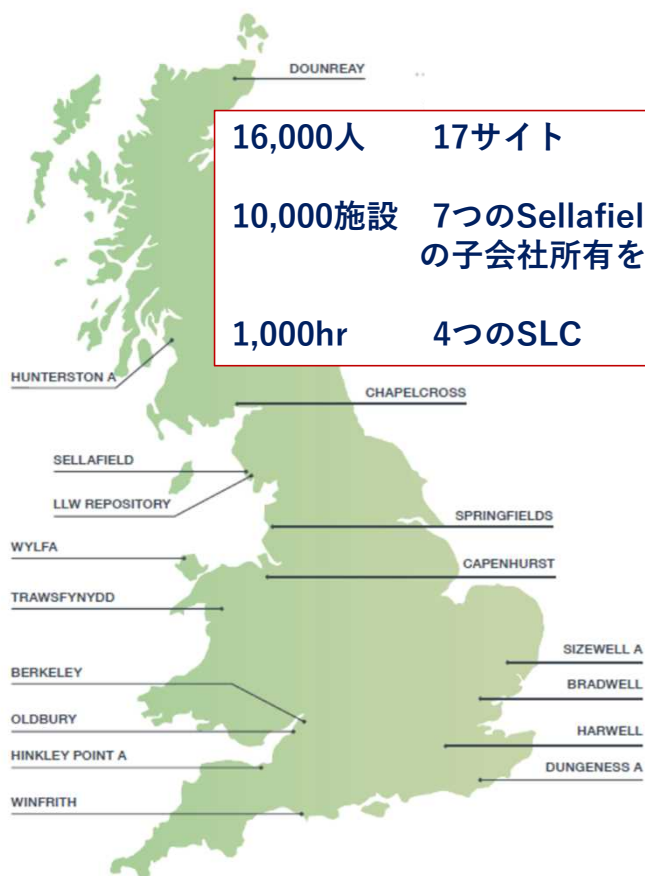
- • Dounreay Site Restoratuion Ltd
- • LLW Repository Ltd
- • Magnox Ltd
- • Sellafield Ltd



英国

NDAの廃止措置(サイト・予算)

Planned income and expenditure summary 2017/18



16,000人 17サイト
 10,000施設 7つのSellafield Ltd.の子会社所有を含む)
 1,000hr 4つのSLC

£M SLC/Subsidiaries/Sites	Decom & Clean-up Costs (A)	Total Operations Costs		2017/18 Plan Total (A+B+C)	2016/17 Plan Total
		Running Cost (B)	Capex (C)		
Sellafield Ltd (including gas costs for steam generation)	1,128	643	230	2,000	2,000
Trading and Gas Costs (Sellafield steam services)	24			24	19
Magnox Ltd	572			572	550
Dounreay Site Restoration Ltd	189			189	177
LLWR Ltd	75			75	68
Springfields Fuels Ltd	34			34	33
Capenhurst	61			61	49
Nuclear Transport and Contract Management		106		106	100
Non-Site Expenditure	177			177	202
TOTAL	2,261	748	230	3,239	3,199
Income				879	949
Net				2,360	2,250

Notes:

1. Numbers may not cast due to rounding
2. Final Annual Site Funding Limits issued in March 2017 may be adjusted to reflect efficiency, performance and portfolio pressures.
3. The NDA reserves the right to reallocate funding to meet prioritised programme needs.

英国

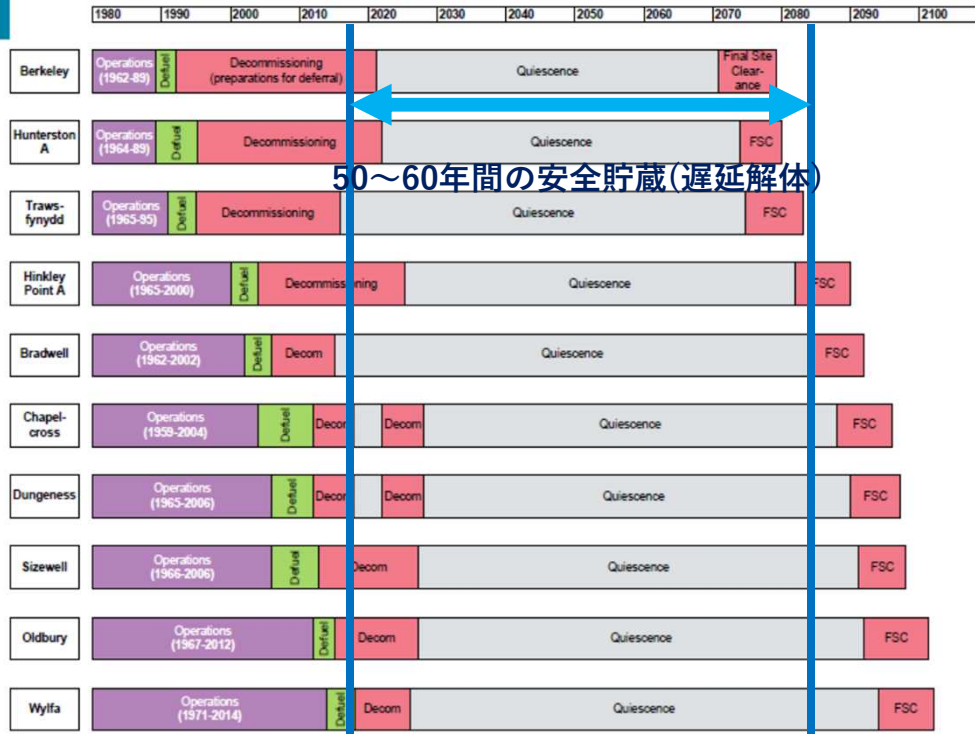
NDAの廃止措置(優先度、マネジメント)

NDAの戦略(優先度)

- ✓ リスク低減
- ✓ 維持管理費

NDAの廃止措置マネジメント

Magnox decommissioning strategy



1. Lessons Learned

- 廃止措置エンジニアリングシステムの開発(データの集約と分析評価)
 - ➔ 10名のスタッフで対応(現場からの質問にも対応)
 - ➔ 現行及び次のプラントの廃止措置へ反映
 - ➔ IAEAのDecommissioning Wikiのシステムコンセプトへ反映

2. 人材育成 (~150年のプロジェクト)

- 国立研究所(NNL)や大学との連携
- トレーニングセンターの設立

背景

- ・ スキル不足、失業率のアップ
- ・ 高齢化(向こう15年で少なくとも34%が年金受給者可能年齢)
- ・ 需要と供給のインバランス

3. 情報公開

- ・ 充実したWEB :

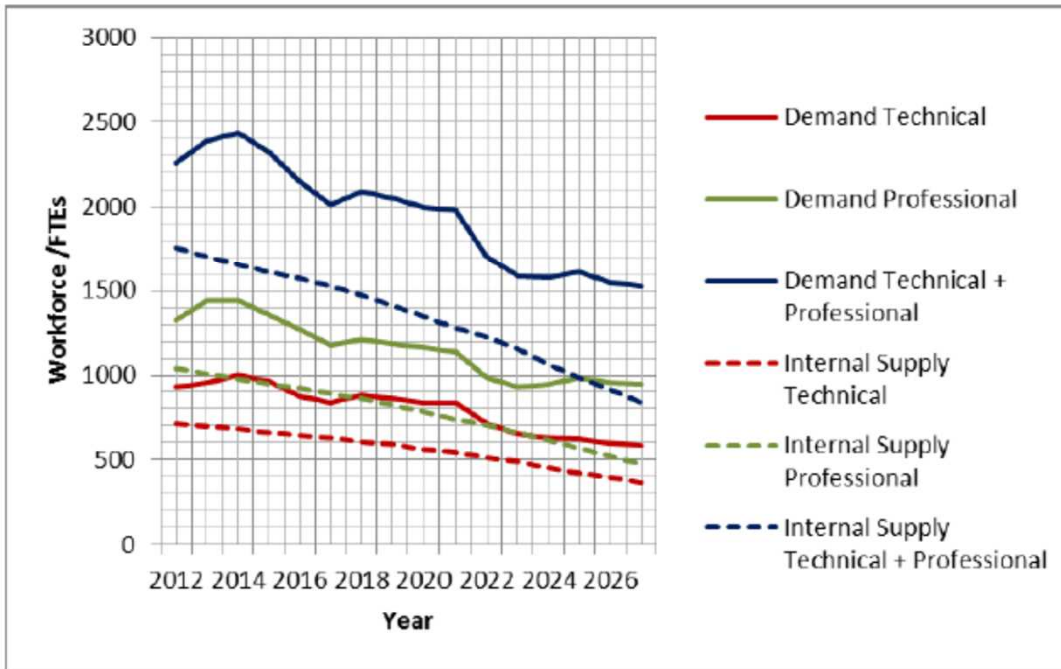
<https://www.gov.uk/government/organisations/nuclear-decommissioning-authority>

- ・ Consultations
- ・ National Citizen Service
- ・ Public service mutual
- ・ Others

英国

NDAの廃止措置実 (要員対策)

需要と供給予測例 プロジェクトとプログラムマネージャー (専門家+技術者)



人材育成と要員対策

- Energus £21.5M (NDA £5M)
- Dalton Cumbria Facility £20M (NDA £10M)
- BEC Construction Skills Centre £7M (NDA £2M)
- Energy Skills Centre Bridgwater £8M (NDA £0.5M)
- Energy Centre Anglesey £6M (NDA £1.5M)
- Engineering Skills Centre Thurso £7M (NDA £2M)
- Energy Coast UTC £7.8M (DfE)
- Summergrove Accommodation Facility Refurb £2.3M (NDA £1.5M)

Total Investment:
£79.6M
NDA contribution:
£22.5M
Leverage: 3.5:1
Over 5 years

NDA:28% (£ 22.5M)

米国

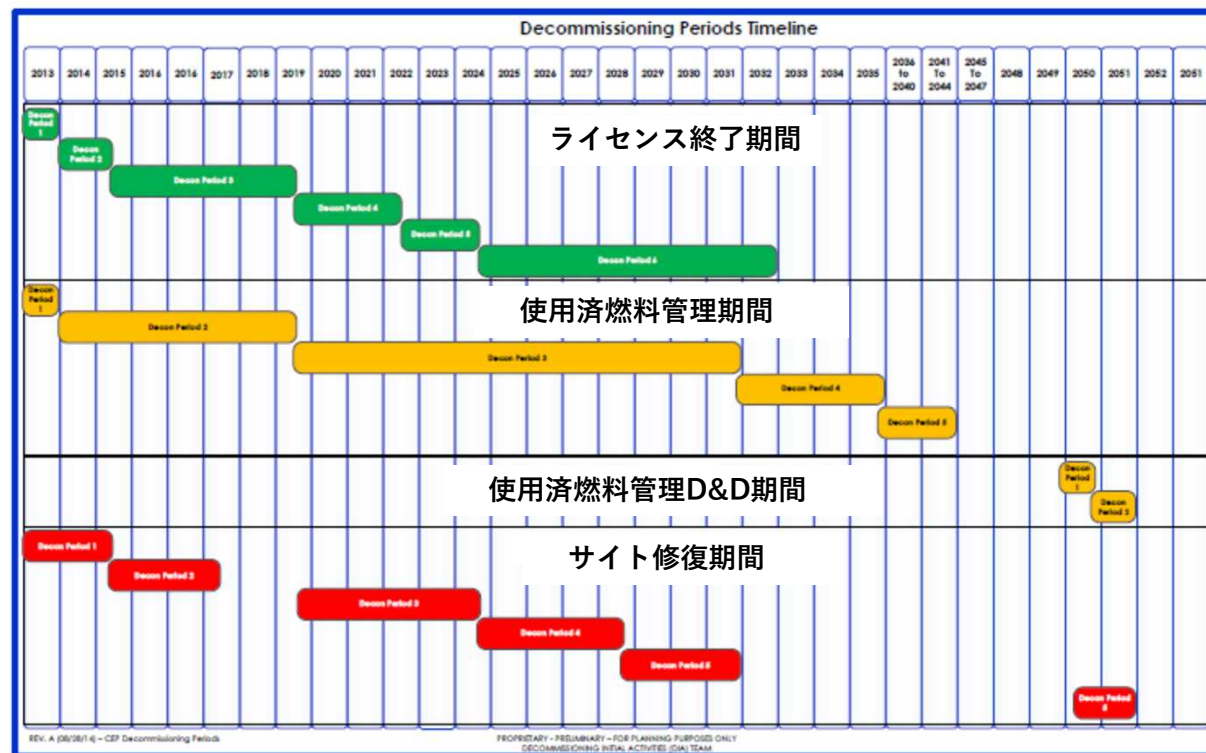
San Onofre原子力発電所の廃止措置(変遷・方針と工程)



プラントの変遷

型式	運転開始	運転終了 (運転期間)	廃止決定	廃止 (予定)	
1号機	PWR 450MWt	1967年	1992年 (24年)	1992年	2008年 Greenfield
2号機	PWR 1,100MWt	1982年	2013年 (31年)	2013年	(2033年)
3号機	PWR 1,100MWt	1983年	2013年 (32年)	2013年	(2033年)

廃止措置工程



米国

San Onofre原子力発電所の廃止措置(ステークホルダーとの関わり、広報)

- 1号機：当初2013年まで安全貯蔵→2,3号機と同時に解体撤去が合理的
✓ 方針変更⇒解体に必要な知識と技術者を確保し、早期解体のメリットが大
- 2,3号機：SG交換後30年の運転予定→SG伝熱管の損傷
✓ 運転方針の変更⇒廃止措置…安全審査期間、採算性、地元住民の合意
- 廃止措置期間20年→2016年に請負会社を決定(ターンキー方式)
✓ 主要な要員を確保(高給優遇)
- 使用済燃料→DOEのサイト搬出まで保管(乾式)
- 終了後のサイト→海軍に返却
- 積極的な情報公開・情報共有化⇒ステークホルダーとの関わり

- AECOMとEnergy Solutionsのジョイントベンチャーと契約(2016年12月)
✓ SF管理も含めて44億ドル



施設の拡張(2,3号機のすべてのSF貯蔵)

WEBを使った積極的な情報公開

- ・規制との対応
- ・安全管理
- ・廃止措置工程
- ・実施状況
- ・資金

Community Engagement(ステークホルダーとの関わり)

- Community Engagement Panel/Community Engagement Meetings
- ・使用済燃料管理
- ・ニュース
- ・資料ライブラリー(287)
- ・QA対応

Community Engagement Panel (CEP)とCommunity Engagement Meetings

会議のメンバー構成

議長：カリフォルニア大学教授
副議長：サンクレメンテ市議会議員
事務局：The Nicholas Endowment
メンバー

- 米国原子力学会
- California State Parks代表
- 米海軍ベースキャンプ代表
- サクラメンテ市学校法人代表
- ダナポイント市長
- オーシャンサイド市議会議員
- サンジュアン・カピストラノ市議会議員
- 労働組合代表
- オレンジ郡沿岸警備
- オレンジ郡Board of Supervisors
- オレンジ郡警察本部
- サンジェゴ郡Board of Supervisors
- 自然保護団体(Sierra Club)代表

Community Engagement Panel Meeting

Thursday, May 11, 2017
5:30 p.m. – 8:30 p.m.
Laguna Hills Community Center
25555 Alicia Parkway
Laguna Hills, CA 92653

Meeting Topics:

Consolidated Interim Storage (CIS) Representatives from Waste Control Specialists and Eddy-Lea Energy Alliance LLC
Nuclear Regulatory Commission (NRC) Representatives

[Learn more](#)

WEBで公開(動画)

毎回3時間以上の会議を公開
4回/年を定期的の実施(タイムリー)

米国

Vermont Yankee原子力発電所の廃止措置(方針と戦略)



バーモントヤンキー原子力発電所

- 650MWeのMK-1型BWR(東電福島第一と同型炉)
- ✓ 1972年-運転開始
- ✓ 2010年-運転延長申請 → 2032年まで運転認可
- 2013年廃止措置の決定
- ✓ シェールガスの低価格化(競争力低下)

● 廃止措置方針

- ✓ SAFSTOR(安全貯蔵)後に解体作業を実施(全体で60年以内)
- ✓ この間、廃止措置資金を運用(現在のファンドはNRCが認定)
- ✓ SFはサイト内乾式貯蔵 → DOEの処分サイトへ搬出
- 要員対策
- ✓ 運転時550人 → 乾式貯蔵搬出後(2021年)は~60人
- ✓ 経験豊富な優秀な人材を高給で優遇
- ステークホルダーとの関わり強化
- ✓ 廃止措置市民アドバイザーパネル
- 広報対応を充実(動画を含めたWEB公開)

廃止措置戦略

Decommissioning Activity	Start	End	Approximate Duration (Years)	Decommissioning Activity	Start	End	Approximate Duration (Years)
運転-廃止措置移行期間				解体・除染準備期間			
Plant Shutdown	12/29/14	-	-	Preparation for D&D	2068	2069*	1.5
Preparations for SAFSTOR Dormancy	12/29/14	4/30/16	1.3	解体・除染実施期間			
安全貯蔵期間(SAFSTOR)				Large Component Removal	2069	2070*	1.3
Dormancy period w/wet fuel Storage	2016	2020	4.2	Plant Systems Removal & Building Decontamination	2070	2073*	2.5
Dormancy Period w/Dry Fuel Storage	2020	2052*	32.5	ライセンス終了			
Dormancy Period w/No Stored Fuel	2053	2067*	15	サイト修復期間			
				Site Restoration	2073	2075*	1.5

SAFSTOR(安全貯蔵) → 60年で廃止措置完了



2016年11月8日：方針変更
オーナーのEntegy社がNorthStar Group Services Inc.へ売却

SAFSTOR(安全貯蔵/遅延解体) → 即時解体へ
2075年終了から2030年終了(45年間の期間短縮)

米国

Vermont Yankee原子力発電所の廃止措置(戦略変更とステークホルダーとの関わり)



NorthStar's Decommissioning Timeline

Timeline under Entergy ownership



Proposed Timeline under NorthStar License Transfer Application



原子力廃止措置市民アドバイザーパネルの設置 Nuclear Decommissioning Citizens Advisory Panel (NDCAP)

“拓かれた対話(双方向)と透明性の確保”

メンバー

- バーモント州政府2名
- 事業者(バーモントヤンキーNPP)2名
- 近隣居住者代表6名
- エンテジー社(プラント所有)2名
- ニューハンプシャー州1名
- マサチューセッツ州1名
- 労働組合1名
- NRC4名

ミーティング

- 1回/月で実施。工程や実施状況について議論
- 従業員(組合員)からの説明もある
- 5ヶ月前(2015年1月)から30分番組のケーブルショーを毎月放映
- 反対派(WEB作成)とのディベートも実施
- ステークホルダーへのアウトリーチ活動
- 対話の約束
- コミュニティの参加促進
- 主要なステークホルダーに対するサイトツアー
- WEB開設: www.vydecommissioning.com

廃止措置のマネジメント まとめ

(1)組織体制と要員

- ライン組織からプロジェクト組織へ
- 要員のマインドセットの変更

(2)資金対策

● 制度的措置(引当金、積立金等の整備)

- ✓ 制度のない旧東ドイツの施設は国が用意
- ✓ 国の機関に対する制度的措置はフランスのみ(CEA)

● 合理的な評価の実施

- ✓ NEAの報告書→精度は過去の実績の反映が基本(Lessons Learned)
- ✓ エンジニアリングシステムの構築と活用(NDA, CEA, EWN, SCK・CEN)
- ✓ SCK・CENはEC(50%)、国(25%)、産業界(25%)の費用負担。→手法を評価

(3)技術

● 技術開発

- ✓ 多くの技術→1980年代～1990年代の廃止措置対応
IAEA Tec. Rep. Series No.395(1999), TECDOC-1602(2008), Pub1507(2011)
EC Report (Dismantling Techniques, Decontamination Techniques,
Dissemination of Best Practice, Experience and Know-how) (2009)
OECD/NEA Report(R&D and Innovation Needs for Decommissioning) (2013)
DOE Decommissioning Handbook (1994)等

● 既存の技術(産業化)の適用・組合せ

- ✓ 新しい技術は積極的に適用(合理的に行う)
 - ・レーザー技術(切断、3D可視化)…最近の例：スネークロボット…NDA, CEA
 - ・ドローン技術(インベントリ評価、3D可視化)…NDA

● 最近の技術開発(例)

- ✓ γ カメラ、 α カメラ、NOAH法(Na処理)…パテント化(CEA)→メーカーへ

(4)放射性廃棄物処分場の確保

● 廃止措置の開始前に確保

- ✓ スペイン、フランス、英国、米国(VLLW, LLW)
- ✓ 課題のある廃棄物(グラファイト等)を発生する施設解体は後回し(処分場なし)

● 処分場が確保できない時の廃止措置

- ✓ ドイツ→中間貯蔵施設(大型廃棄物、廃棄体)…EWN

(5)経験・知見の反映

● エンジニアリングシステムの構築 →Graded Approachに向けて

- ✓ 実績(Lessons Learned)→次の作業や次のプラントの廃止措置に反映
- ✓ 被ばく、人工、工程(WBS)、コスト、適用技術等の総合的な評価システム
- ✓ スペイン、フランス(CEA)、英国(NDA/SLC)、米国(エンジニアリング会社)、ベルギー(SCK・CEN)、ドイツ(EWN)
- ✓ 多くの国がノウハウとして活用→ビジネスへ展開(EWN)

(6)トレーニング

● 技術のみならず、安全、環境(影響)、QA、廃止措置管理等…

- ✓ 同じプログラムを繰り返し実施(EWN)
- ✓ トレーニングセンターを運用(CEA, NDA→サプライチェーンへの人材提供)

(7)人材育成

● マネジメントの一環として実施

- ✓ 廃止措置は長期にわたる事業(30年～百数十年)
- ✓ 人材育成も長期にわたり実施(NDA, CEA, EWN)
施設(NDA、CEA)、教育ビジネス(EWN)

(8)ステークホルダーとの関わり・連携

● 各国とも積極的に対応

- ✓ スペイン(ENRESA)、フランス(CEA, EDF)、英国(NDA)、ドイツ(EWN)、米国(発電会社)…
- ✓ 専門家の見方(リスクが大きくなる)、一般の人(バウンダリーが壊れる)

(9)情報発信

● 各国ともきめ細かな情報発信

- ✓ ステークホルダーとの関わりと同様に重要なマネジメントの一つ
- ✓ ステークホルダーとの会議(どう行ってきたか、これからどう行うか)を動画で公開(米国)
- ✓ 日々のトピックスをウェブで公開(ENRESA、EDF)等