

RANDEC

Feb. 2014 No. 96

ニュース

(公財) 原子力バックエンド推進センター



東日本大震災からの復興に向けて

株式会社竹中工務店

常務執行役員 岡本 達雄

もうすぐ東日本大震災から3年になる。地震の被害を受ける国は世界に沢山あるが被害後の対応は様々である。日本では、地震被害の原因を究明し、復興に際しては過去と同様の被害が起こらないように工夫して復興を行う。我々は、これを当たり前のように思うが、他国の地震被害後の復興を見ているとそうでもないのである。地震被害を繰り返さないように工夫する復興の大義は国民の願いであり、そのための負担を厭わない日本という国はむしろ例外である。

その日本で、2013年3月11日の地震によって東京電力福島第一原子力発電所が津波の被害を受け、その被害は甚大であり広い範囲に大きな影響を与えた。被害を受けた発電所を廃炉にして敷地を安全な建設前の姿に戻す長い道のりの他、放射性物質を含んだ排気によって汚染された土地建物の除染等過去に経験のない復興の仕事が始まっている。戦後60

年近くをかけて進めてきた原子力の平和利用の象徴である原子力発電推進の国家方針が厳しい試練に立たされている。

しかし、この地震台風洪水等、常に厳しい自然の力に対峙して被害を受けてもそれを克服して新しい再生を行ってきた我が国の先立ちの志を忘れてはならない。今回の災害を通して、世界一安全な原子力発電所を作り最も安全で効率的な核燃料サイクルを実現し、長い時間をかけても完全な廃炉を実現する義務と責任のみならず、勇気を持つべきであると、過酷な自然は、我々を励ましてくれていると考えることもできる。

現在、日本はまだまだ成長できるんだという成長戦略に自信を取り戻しつつある時期にある。過去の否定より自然の脅威を克服していく日本の活力と未来を信じて、世界に類を見ない安全で効率的な原子力発電の構築に全力を挙げて取り組みたいものである。

RANDECニュース目次

第96号 (2014年2月)

巻頭言 東日本大震災からの復興に向けて

株式会社竹中工務店 常務執行役員 岡本 達雄

第25回 報告と講演の会の開催..... 1
総務部

アンドレ・ガйм氏 (ノーベル物理学賞受賞) RANDECを訪問 3
総務部

RANDECの事業・活動に関する近況報告

1. 阿蘇リモナイトに関する放射線遮蔽試験..... 4
企画部 桑名 克己

2. 熱分解炉を用いた廃棄物減容試験
ーセシウム閉じ込めー..... 7
企画部 梶谷 幹男

3. 英国のサイト解放に係る安全規制及び原子力施設の実例調査..... 10
東海事務所 榎戸 裕二、三田 敏男
宮坂 靖彦、福村 信男

外部機関の活動状況の紹介

関電プラント株式会社の廃止措置に関する取組みについて..... 11
関電プラント株式会社 原子力事業本部 石谷 卓己

海外技術情報

1. バーモントヤンキー発電所の閉鎖..... 13
廃棄物処理事業推進部 泉田 龍男

2. チェルノブイリ原子力発電所4号炉の新格納ドームの棟上げとその機能..... 15
東海事務所 榎戸 裕二

3. 余剰原子力施設の原位置廃止措置の概念とその最終状態へのアプローチ..... 19
専務理事 澁谷 進

4. グライフスバルト原子力発電所の原子炉圧力容器等の切断工法と一括撤去工法との
比較と実績..... 23

..... パートナーズ・ネットワーク会員 宮坂 靖彦
5. テキサス州アンドリュウ処分施設における安全方策..... 27
企画部 菊池 孝

世界の原子力発電所の廃止措置最新情報..... 30
東海事務所 榎戸 裕二

委員会参加報告..... 35

第25回 報告と講演の会の開催

総務部

去る11月29日(金)に東京都港区赤坂の三会堂ビル石垣記念ホールにおいて、RANDEC主催の第25回「報告と講演の会」を開催しました。当日は天候にも恵まれ、約140名の多数の皆様にご来場いただき、元内閣官房長官(元文部科学大臣)平野博文氏の特別講演や当センターのこの一年間の活動報告を行い、当センターの進める事業に対し各界から多くの期待と激励を頂きました。

初めに主催者を代表して菊池理事長からの挨拶で、「当センターは平成元年に原子力施設デコミッション研究協会として発足し、発足25年となる平成25年4月に公益財団に移行し、公益財団法人原子力バックエンド推進センターとなり、皆様のご理解とご協力のお陰で創立25周年を迎えることができました事に感謝申し上げます、今後とも当センターの事業活動に皆様のご理解を賜りますよう、一層のご支援、ご協力をお願い申し上げます」旨の挨拶をしました。



菊池理事長の挨拶

続いて、来賓としてご出席いただいた文部科学省大臣官房審議官田中正朗様からご挨拶を頂戴しました。ご挨拶の中で「原子力施設の廃止措置とこれらの施設から発生する放射性廃棄物の処理処分というバックエンド対策は極めて重要な問題です」と述べられました。

また、「研究施設等廃棄物については、早急に処分を推進することが必要となっており、平成20年6月に法改正し独立行政法人日本原子力研究開発機構を処分事業の実施主体として明確に位置づけ、その法改正と同じ年の平成20年12月には、国として処分事業の基本的な考え方を示す「基本方針」を策定し、その翌年の平成21年11月には、原子力機構が作成した「実施計画」を認可しました。原子力機構が処分事業を着実に実施していくためには、廃棄物の発生事業者や、日本アイソトープ協会のような廃棄物の集荷・処理事業者と協力することが必要であることに加え、研究施設等廃棄物の処分に関する調査等で実績を有するRANDECと協力していくことも重要であり、これまでも様々な連携協力が行われてきたと承知しております」と述べられ、最後に、「原子力施設の廃止措置が進んでいく中で、RANDECがこれまでに蓄積してきた技術、知見をわが国全体のために活かしていただくことが、ますます重要になってきており、今後とも、RANDECが積極的にご活動されることを期待しております」と述べられました。

引続き特別講演に移り、大変お忙しいにもかかわらず講演をお引き受けいただいた元内閣官房長官平野博文様から「『国策』としての原子力」と題してご講演をいただきました。

ご講演では、放射性廃棄物の処理処分を行うバックエンド事業が、原子力の課題を象徴していると述べられました。その上で、特に高レベル廃棄物の処分について、一刻も早く前進する必要があるが、最も現実的とされる地層処分が国民の信頼を得ていない。候補地の発掘と地元住民の理解へ向け、国が全面に出る必要がある。また、一方で、再処理後の地層処分だけではなく、高速炉や加速器を用いた核変換技術など、今後の研究開発の進展や原子力政策の変更を見据えた代替処分のオプションについても将来世代に残すべきであると力説されました。



平野博文氏の講演

休憩の後、RANDECの事業報告に移り、はじめに菊池企画部長より、「25年度事業計画の進捗状況」と題し、平成25年度の事業状況について報告しました。

引き続いて、武田総務部長から、「公益財団法人への移行」と題し、平成25年4月の公益財団法人への移行の流れ、事業内容等について報告しました。

続いて、泉田事業計画担当部長から、「廃棄物処理事業の進捗状況」と題し、これまで実施してきた廃棄物処理事業の準備概要、廃棄物処理委託意思の確認結果の状況、ウラン除染プロセスの検討等、今後の事業計画について報告しました。

さらに、企画部河西調査役より、「無人高所掘削機械による法面除染技術」と題し、掘削機械による道路法面技術の概要等について報告しました。

最後に、榎戸東海事務所長から「廃止措置と国内メディア」と題し、メディアの取材や報道を通して、当センターが捉えた廃止措置の課題として国内メディアが抱く関心事について報告しました。

閉会にあたり、澁谷専務理事からご来賓及びご来場の皆様方に謝辞を申し上げるとともに、RANDECが、より一層事業に取り組んでいくことを述べ、結びの挨拶といたしました。



講演会場の様子

アンドレ・ガイム氏(ノーベル物理学賞受賞) RANDECを訪問

総務部

平成25年12月9日から10日にかけて、英国マンチェスター大学教授のアンドレ・ガイム (Andre Geim) 博士が当センターを訪問された。ガイム氏は、新素材“グラフェン (Graphene)”の発見に対して平成22年にノーベル物理学賞を受賞した物理学者であるが、カエルの磁気浮上に対してイグ・ノーベル賞も受賞しているというユニークな経歴の持ち主である。

グラフェンは、原子1個分という想像しうる最も薄い物質 (0.3nm)、質量当たりの表面積が最大 (3,000m²/g)、測定された中でもっとも強靱な物質 (破壊強度130GPa以上)、伸長・折り曲げ可能な結晶 (ヤング率1,000GPa以上)、完全な物質不透過性 (高圧のHe気体をブロック)、室温での最高の電流密度 (Cu (10⁶A/cm²) の1000倍以上) 等の驚異的な物性を示す期待の新素材であり、トランジスタ、透明導電性フィルム、バイオセンサー、高速光変調器、リチウムイオン電池、折り曲げら

れるタッチパネルなど広範な応用可能性がある。

ガイム氏が当センターを訪問した目的は、東京電力福島第一原子力発電所の事故、特にその汚染水漏えいの問題についてグラフェンを役立てるため、具体的には、液状のグラフェンを漏えい個所に流し込んで結晶成長した際の物質不透過性を利用して汚染水の漏えいを防ぐ、という新規の提案のためであった。わが国の復興に少しでも貢献したいという、この著名な科学者の真摯な姿勢が伺われました。

今回の訪問の中で、12月9日には読売新聞社の取材を受け、自民党本部を訪問した。また、12月10日には電気新聞社の取材の中で当センター菊池三郎理事長と技術研究組合国際廃炉研究開発機構理事長山名元氏と共に、今回の提案経緯やグラフェンに関連した技術の展開構想などについて対談を行い、同日、文部科学省を表敬訪問した。



提案をするガイム博士



(左から) 菊池理事長、ガイム博士、山名氏

RANDECの事業・活動に関する近況報告

1. 阿蘇リモナイトに関する放射線遮蔽試験

企画部 桑名 克己

RANDECでは、福島復興支援活動に関連して、除染廃棄物等を収納する容器の素材や生活環境の線量率低減化のために開発された遮蔽材等について、遮蔽性能評価を実施してきた。今般、脱臭効果と遮蔽効果を併せ持った阿蘇リモナイトについて、(株)青幸ホールディングスから依頼され、遮蔽性能評価試験を実施した。その概要を紹介する。

1. リモナイト

阿蘇リモナイトは、阿蘇山のカルデラ湖に堆積した粉末状の物質で、ミネラル成分を含むことから畜産飼料の添加剤と使用されるとともに脱硫剤や脱臭剤の原料として使用されているものである。

阿蘇リモナイトの69%が酸化鉄であることから、一定の遮蔽効果が期待できるとして遮蔽評価試験を実施した。

表1に今回の試験に使用した阿蘇リモナイトの主要成分を示す。なお、嵩密度は $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

表1 阿蘇リモナイト主な成分

成分	化学形態	含有率(%)
鉄	Fe_2O_3	69.1
珪素	SiO_2	13.7
アルミニウム	Al_2O_3	2.8
カルシウム	CaO	1.5
マグネシウム	MgO	0.5
イオウ等	S、K、Mn	0.8

2. 遮蔽試験

(1) 基礎試験

外形30cm×30cmの亚克力製箱に阿蘇リモナイトを収納して供試体とし、厚さと遮蔽

率の関係を試験した。線源にはCs-137 (約10MBq) を使用し、測定器にはエネルギー補償付のNaI (Tl) シンチレーション式サーベイメータを使用した。写真1に供試体外観を、図1に基礎試験の結果を示す。試験の結果、試験範囲内では供試体の厚みと遮蔽率の関係は線形で近似でき、厚さ6cmでは約20%であった。

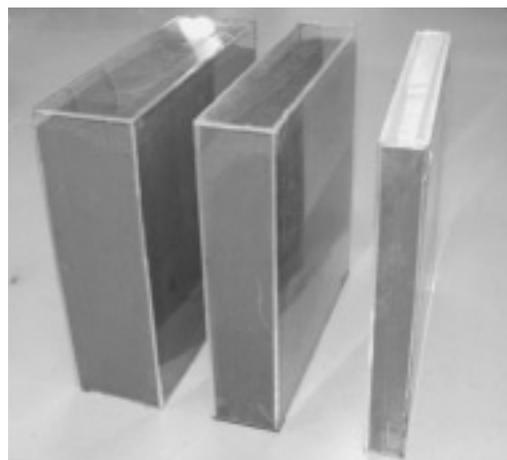


写真1 リモナイト供試体

(2) 実証試験

阿蘇リモナイトの使用方法として、直接散布する方法、不織布袋等に収納して敷き詰める方法、斜面等に吹付けて使用する方法等が想定された。

そこで、汚染土壌が収納されているフレコンバックを放射線源として、阿蘇リモナイト

の粉末状態のもの、袋に収納したもの、硬化剤と混合して板状に圧縮加工したものについて遮蔽率を測定した。

線源とした汚染土壌入りフレコンバックは表面積約 1 m^2 、高さ約 38 cm の立体線源となる。フレコンバックの上にベニア板を乗せて水平を取り、そこに供試体を重ねた場合の高さを基準線とした。図 2 に試験の概念図を示す。



写真 2 実証試験の状況

供試体の中央部を測定軸として、供試体を設置しない場合と設置した場合の比から遮蔽率を求め、立体線源に対する供試体の遮蔽性能を評価した。写真 2 に試験状況を示す。

現地における遮蔽効果の評価については、課題がある。ここでは、供試体の段数（厚み）と基準線からの高さ方向の距離をパラメータに遮蔽率の変化を評価した。

図 3 に阿蘇リモナイトの圧縮加工板の評価結果を示す。この供試体は 1 段の厚みが約 3.2 cm で、密度は 2.0 g/cm^3 である。遮蔽率は、評価位置によって変化するが、1 段の場合の

遮蔽率は $44\% \sim 53\%$ 、3 段の場合は $70\% \sim 75\%$ であった。

3. まとめ

事故の影響を受けた地方自治体では、汚泥や除染廃棄物の保管が長期化し、今後、廃棄物の脱臭のニーズが高まってくることが予想される。脱臭効果と遮蔽効果を併せ持った阿蘇リモナイトは応用面が多く、様々な環境の改善に即した素材として、利用が広がることを期待する。

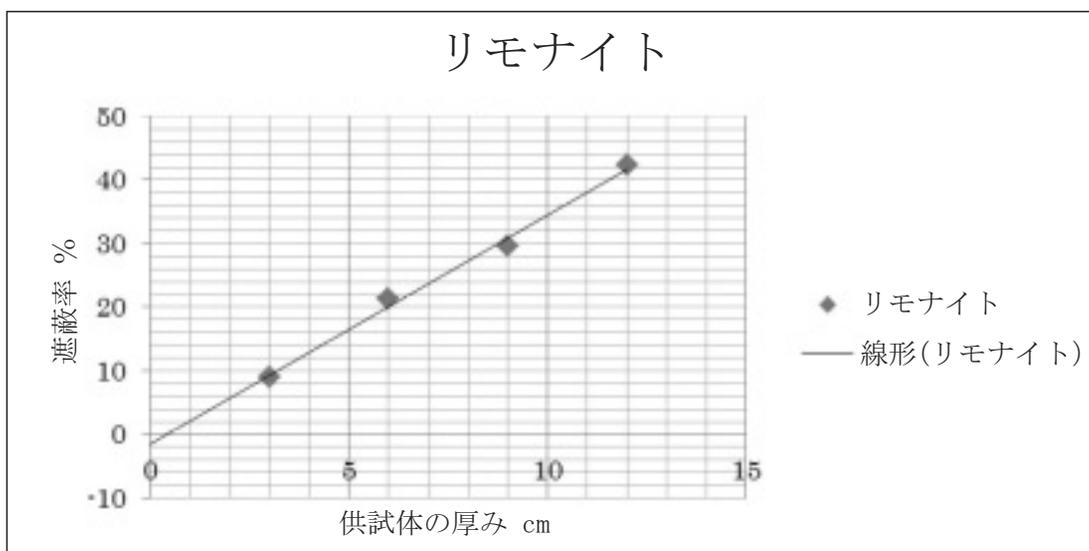


図 1 基礎試験の結果

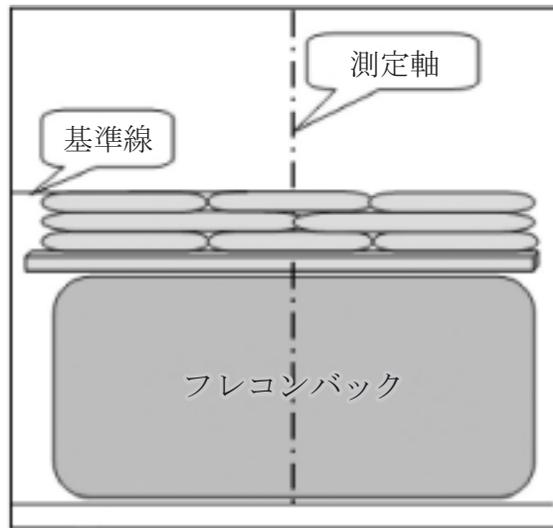


図2 試験の概念図

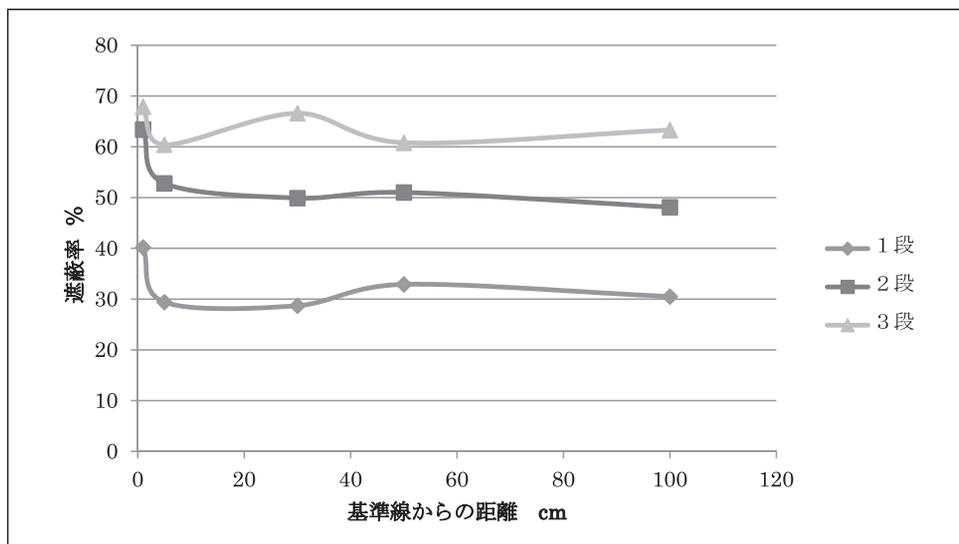


図3 現地における遮蔽試験の評価例

2. 熱分解炉を用いた廃棄物減容試験 ーセシウム閉じ込めー

企画部 梶谷 幹男

(公財)リバーフロント研究所、(株)EEN、当センター (RANDEC) の3組織が、窒素ガス雰囲気下の廃棄物熱分解炉によるセシウム閉じ込め、廃棄物減容化の試験を進めた。ここで、RANDECは放射線管理、試料採取及び分析を担当した。平成25年10月、福島県浪江町に設置した熱分解炉で、木枝・落ち葉の試料を対象に600℃まで熱分解試験運転を行い、排ガス中にセシウムが移行しないことを確認した。また、平成25年11月、600℃まで加熱して得た灰化試料を、さらに900℃まで昇温し熱分解試験を行い、装置周りの漏洩放射線量率測定、タール水、スクラバー水及び炉内残留物等のサンプル採取を行った。その結果、セシウムが熱分解炉システム内に閉じ込められることを確認した。今後、熱分解後に生成する灰化物の詳細な化学形態などの解明が待たれる。

1. 目的と試験概要

東京電力福島第一原子力発電所事故由来の高汚染廃棄物を減容化し、セシウム濃度を濃縮し熱分解後の試料内に閉じ込めるため、一般の燃焼炉と異なる窒素ガス雰囲気下の熱分解炉で、放射性セシウムが外気へ飛散しない挙動を実証する。比較的セシウム濃度の高い廃棄物である木枝・落ち葉のセルロース・リグニン組織の熱分解及び試料の減容化試験を行う。処理プロセスの概要を次に、また、試験装置の概要を写真に示す。

- ①熱分解前と後の廃棄物試料、炉内残留物及び排ガス中のセシウム濃度を測定・分析する
- ②運転の前・中・後の熱分解炉排気ダクトの表面線量率を測定する。
- ③処理後の炉内残留物を均一サンプリングして処理前後の放射能濃度を分析し、セシウムの挙動を評価する。

2. 結果と考察

(1) 結果の概要

熱分解試験試料は、帰還困難区域から汚染

廃棄物を採取し、均一に混合し試料サンプリングを行った。試験試料は約42ℓ容器に8.76kg、窒素ガス流量は1秒あたり約1ℓである。試料入り金属バスケットを炉装荷する。その後、炉の昇温速度を約3時間で600℃に昇温し、最高温度650℃で数十分維持した。

試験前後の放射線量値は、熱分解炉上部で0.99 μ Sv/h、炉室内部で0.14 μ Sv/h、熱分解炉の運転中の温度250℃、350℃、600℃で熱分解炉周りの線量に変化は生じなかった。また、排気ガスが接触し通過するタール水やスクラバー洗浄水の放射性セシウム濃度は、検出限界以下であり、また、濃度の上昇は観察されなかった。

引き続き、ピーク温度を900℃に定めて、追加試験を実施した。熱分解炉の内部のガス配管にケイ酸ガラス繊維円筒ろ紙を固定してガス中のセシウム移動状況を調べた。その結果、試験温度900℃で、炉室出口配管内には有意の微量のセシウムが検出されたが、タール水やスクラバー水、および排ガス外気出口管に固定したろ紙からはセシウムは検出され

なかった。試験前と試験後の放射性セシウム濃度を表に示す。

(2) 結果の考察

試験結果を考察すると、下記のようにまとめられる。

- 1) 事故由来の高汚染の木枝・落ち葉は、百万Bq/kgレベルの汚染濃度である。木枝・落ち葉のセルロースやリグニン組織が熱分解し、最終的には炭素元素等が残留物として存在する。
- 2) この段階で廃棄物は5分の1から8分の1に減容される。この減容でセシウムは初期の試料内に留まり、高温窒素ガス環境下で原子状の炭素が、次第に結晶性の黒鉛小片構造になり、電気化学的な繋がりを持っていると評価される¹⁾。
- 3) これを裏付ける根拠として、試験後の残渣に電気伝導性が出ること、さらに関連文献が国内外に散見された^{1), 2)}。600℃～800℃の窒素ガス下でセルロースの熱分解を継続し原子状の炭素から微小な結

晶構造が生じ小さな黒鉛(グラファイト)の構造になると報告されている^{1), 2), 3)}。

- 4) セルロースやリグニン組織は原子状の炭素になり、さらに黒鉛構造に移行し、結晶性構造の中にセシウム等の金属元素が電気化学的に閉じ込められていると想定される

3. まとめ

本報告はセシウムの飛散傾向を抑える閉込め方法として、窒素ガス不活性雰囲気での熱分解試験をしたものである。その結果、閉込め機能は十分に実証された。今後、解析評価と同時に実証的試験を行い科学技術的なデータ蓄積を構想している。高レベルのセシウム汚染物は窒素ガス下で熱分解し密度が上昇し、飛散現象が無くなり、イオン化したセシウムは結合状態に移行し、ガス系へ排出されないと想定される。この技術は、今後福島サイト周辺の高汚染環境の廃棄物減容化や比較的セシウム濃度の高い廃棄物の処理に有益な実用技術を提供できる可能性があると期待している。

参考文献

- 1) 平田利美、前川麻耶、能美 隆、“セルロースの熱分解機構および分析上の課題”、J. Mass Spectrom. Soc. Jpn., Vol.46, No.4, 1998.
- 2) “生物資源活用型セラミックスの機械システムへの適用に関する調査研究報告書要旨”、(財)機械システム振興協会、平成15年3月。
- 3) Satish M Manocha, “Porous carbons,” Sadhana, Vol. 28, Parts 1 & 2, pp. 335-348, February/April, 2003.



熱分解装置の外観（EEN社、場所：浪江町）

放射性セシウム濃度の測定結果（Bq/kg）

試験回数	核種	Cs-137	Cs-134	Cs-137+Cs-134
1回目試験	分解試験前	1.14×10^6	5.05×10^5	1.64×10^6
	〃 後	1.73×10^6	8.32×10^5	2.56×10^6
2回目試験 (追加試験)	分解試験前	2.58×10^6	1.12×10^6	3.70×10^6
	〃 後	2.40×10^6	1.07×10^6	3.47×10^6

（結果について詳細解析を継続中である。）

3. 英国のサイト解放に係る安全規制及び原子力施設の実例調査

東海事務所

榎戸 裕二、三田 敏男

宮坂 靖彦、福村 信男

当センターは、(独)原子力安全基盤機構 (JNES) が進める原子力施設の廃止措置終了確認の実例調査について、調査・研究の支援として平成24年度に英国の原子力施設のサイト解放に関する調査を実施した。具体的には、英国の原子力サイトの規制解除基準である「no danger」の設定経緯と特定の原子力施設の具体的事例を文献調査するとともに、当該サイトのサイト解放の実例については、英国原子力廃止措置機関 (NDA) 等に赴き、聞き取り調査を行った。主要な結果は以下の通りである。

(1) 英国では、1965年の原子力施設法 (NIA65) に規定されたリスク基準があり、「no danger」の基準として受容される死亡リスクとして $10^{-6}/y$ が適用されている。有害化学物質等の規制においてもこれが適用されている。この基準に相当する線量拘束値は、国際放射線防護委員会 (ICRP) の $5\%/Sv$ (年間 1 Sv の被ばくで死亡リスクが 5%) では、 $20\ \mu\text{Sv}/y$ となり、EUやIAEAの基準に相当する低いものであること、許可取得者はサイトに残る汚染がこの基準に相当する放射能濃度以下であることを示し、かつ、保健安全執行部 (HSE) の原子力規制局 (ONR) が健康保護庁 (HPA) の協力により確認・宣言し、規制解除がなされることが分かった。

(2) 原子力発電所も英国原子力公社 (UKAEA) 保有施設も多くのサイト解放の実績があるが、殆どが部分解放である。部分エリアと全エリアでの解放基準・測定方法に差異はなく、米国のような制限付 (Restricted) 解放はない。即ち、「no danger」が確認されなければサイト許可は安全貯蔵のように100年継続することもあり、サイト許可に伴う責任

は続く。複数基の原子力発電所の一原子炉の部分解放では、運転継続プラントの許可は許可変更 (variation) となる。

(3) サイト解放の実例調査はバークレーとオールドベリーの両発電所及びハーウェル原子力研究施設について行った。規制解除され部分的に解放された土地が再利用されつつある。オールドベリー発電所では、新規原子力発電所用地が競売され、バークレー発電所は2070年ころまでの安全貯蔵 (C&M: Care & Maintenance) の準備が本年で終わる。ハーウェル研究施設では、部分解放後にサイトが個人住宅、学校、ハイテク産業、DIAMONDという大型加速器施設に再利用されている。NDAは引き続き廃止措置とクリーンアップを担当するサイトライセンス会社 (SLC) や親会社 (PBO) 新規入札も行なっている。

本報告は、平成24年度のJNES殿の委託で実施した「平成24年度 英国の原子力施設のサイト解放に関する調査」の成果の一部を利用してさせて頂いたものです。

外部機関の活動状況紹介

関電プラント株式会社の廃止措置に関する取組みについて

関電プラント株式会社
原子力事業本部 石谷 卓己

1. 会社概要

当社は昭和28年10月に関西電力株式会社の関係会社として設立され、平成16年10月には、社名を「関電興業株式会社」から「関電プラント株式会社」に改め、火力・原子力発電所などの設備の据付及びメンテナンスを行う企業として、電力の安全・安定供給の基盤をサポートするとともに、電力設備で培った高度な技術をベースに、自家用発電設備や化学プラントなどの産業プラント分野へも積極的な事業展開を図っています。

2. 廃止措置に関する取組み

2.1 機器解体工事

当社は発電所の定期検査工事におけるノウハウを活かし、廃止措置工程の合理化や機器の解体撤去、設備の維持管理を中心に、平成10年頃から廃止措置に関する検討を行ってきました。また、関西電力の各原子力発電所における熱交換器やタービンロータ等、大型設備の取替えに伴う旧設備の除却作業において、狭隘部からの一体搬出、プラズマやバンドソー等の切断技術を駆使した設備の解体工事の実績があります。

また、管理区域内では使用済燃料ピットラック解体に伴うピット内除染と使用済燃料ラックの切断・解体や燃料取替用水タンク、廃棄物処理設備、ランドリー設備等の解体、取替えた原子炉容器上蓋の制御棒駆動装置(CRDM)管の切断工事等の実績があります。切断工具については、既存の技術を活用し、

機器解体計画に合せたモックアップによる検証や訓練を行って工法を選定してきました。



図1 開口部から斜め吊工法による熱交換器の搬出作業



図2 モックアップによるCRDM管のプラズマ自動切断訓練

2.2 切断工具とその他ツール

機器切断用工具については既存の技術や工法による適用性の検証を実施し、対象機器の設置条件に適した工法を検討しています。また、3D計測装置による現場の3D CAD化を行い、機器の搬出経路の検証等を行うための人材育成にも取り組んでいます。

表1 切断工具の検証実績

実施年月	切断工具
2010年9月	ダイヤモンドワイヤーソー
2010年10月	水素切断
2010年10月	ガソリン切断
2010年10月	ウォータージェット切断
2011年2月	ダイヤモンドワイヤーソー
2011年11月	ダイヤモンドワイヤーソー
2012年4月	ギロチンカッター
2013年4月	ガントリー型大型バンドソー

2.3 維持管理機器

廃止措置工事が開始されてからも、燃料冷却設備や作業に必要なユーティリティ等、廃止措置期間中の定期的なメンテナンスも重要です。維持管理が必要な設備や接続されている供給電源等についても事前調査を行うことにより、機器解体工程に影響を及ぼさない検討を行っています。

2.4 燃料取扱い作業

当社は定期検査における燃料取出、装荷や新燃料検査、使用済燃料の搬出作業等を実施しており、これらの作業における燃料のハンドリングも廃止措置に活かせる技術となっています。



図3 燃料取扱い作業

3. その他の取組み

2008年から2012年にかけて欧米の廃止措置実施状況についての視察を実施し、ウェスティングハウス社の廃止措置技術や、メガテック社の油圧式切断工具に関する情報を収集し、その技術の適用性について検討しています。また、廃止措置に関する講演会やセミナーへの積極的な参加により、情報の収集にも努めてきました。

表2 海外視察実績

実施年月	視察先
2008年10月	アメリカ ランチョセコP/S
2012年6月	ウェスティングハウス社 メガテック社
2012年11月	スペイン ゴリタP/S スペインウエスティングハウス社

4. まとめ

原子力発電所の保全分野で培った技術やノウハウを活かし、廃止措置の計画段階から工事の実施段階における業界のトップランナーを目指して、継続的な取組みによる事業展開をこれからも図っていきます。

海外技術情報

1. バーモントヤンキー発電所の閉鎖

廃棄物処理事業推進部 泉田 龍男

現在、米国原子力産業界に大きな逆風が吹いている。ほんの15年ほど前には原子力カルネッサンスが声高に叫ばれ、新規原子力プラントの建設計画が多数立ち上がったが、これもすべて凍結もしくは中止になっている。エンタジー社が自社のバーモントヤンキー原子力発電所を2014年に閉鎖するという決定を公表したが、その決定理由が現在の米国の原子力環境を象徴しているため、以下に紹介する。

1. バーモントヤンキー発電所の閉鎖

エンタジー社は、昨年(2013年)8月にバーモントヤンキー(Vermont Yankee)原子力発電所を2014年秋に閉鎖することを公表した(運転期間等の情報は本誌ページp.34を参照下さい)。閉鎖の理由は、昨年ドミニオン発電会社がウイスコンシンのキーウォーニー原子力発電所閉鎖を発表したものとほぼ同様であった。すなわち、低価格の天然ガスが明らかに優位であり、現状の発電環境では原子炉の商業運転は困難というものである。

エンタジー社は、バーモント州Vernon近郊のバーモントヤンキー原子力発電所(BWR出力617MWe)について、2014年秋に計画されていた燃料交換を実施せず発電を停止すると述べた。その時点では、発電所の運転許可年数を17年以上残している(60年の寿命延長許可取得済)。エンタジー社は、この原子力発電所をNRCのSAFSTORと呼ばれる管理状況に置く計画である。SAFSTORとは、全ての施設をそのままに維持するものであり、廃止措置は正式な決定が出されてから開始する。

バーモントヤンキー原子力発電所は、この2年間で、閉鎖することを決めた5番目の原子炉である。デュークエナジー社は、2009年

以来停止しているクリスタルリバー発電所3号炉再開の見通しが立たないことを昨年2月に発表した。同様に、カリフォルニアエジソン社も2012年7月以来停止しているサンオノフレ2号炉、3号炉の運転再開ができないことを昨年6月に発表し、ドミニオン社は、2012年にキーウォーニー発電所の閉鎖を決定して昨年5月に公表した。

原子炉の閉鎖というエンタジー社の決定は、運転許認可の更新をサポートしてきた組織や個人に驚きと失望をもたらした。ほんの数週間前にエンタジー社は、バーモントヤンキー発電所運転に反対していたバーモント州政府に対し連邦裁判所で勝利した。裁判所は、運転更新後の発電所の冷却水の使用をバーモント州政府が制限することはできないことを定めた。

エンタジー社の閉鎖発表の余波で、原子炉の即時廃止措置に反対する組織内で、原子炉を継続運転するかどうかという議論が生じている。

商業運転に影響を与える低価格の天然ガスの問題に加えて、エンタジー社は閉鎖の理由として、バーモントヤンキー炉が単独プラントであるための構造的な高コストであることを述べている。エンタジー社は、2002年に4

億ドル以上でこのプラントを購入した。しかし、この投資は、投資以上の生産が可能であり、投資家に有利と考えられていた。2006年に20%の出力アップがいくつかの主要機器の交換を条件に認められたが、追加投資は不要であった。また、2032から2052年までの運転延長の許認可手続きが不要となったので、2011年に示していた追加投資も不要となった。

バーモントヤンキー発電所の閉鎖は、過去10年間の原子炉の稼働が必ずしも順調ではなかったことを示している。クリスタルリバー発電所は、閉鎖発表の前まで14年間も停止していた。1996年から1998年にかけて6つの原子力発電所が閉鎖したが、その流れを作っているのは、運転許可の新規更新と規制解除による様々な電力マーケットへの見通しにある。過去20年間で、ニューヨークとニューイングランドの全原子炉の所有者が交代するか、または閉鎖した。原子炉の所有者が交代した事例でも、原子力事業を引き継いだ責任企業は原子力事業から撤退することを希望している。

バーモントヤンキー原子力発電所の決定は、エンタジー社の北東部の他の原子炉（フィッツパトリック、インディアンポイント、ピルグリム）にも適用されるであろう。

エンタジー社の広報からは、以下のようなメッセージが寄せられている。「我々は、最も効率よく所有できるか、売却するか、閉鎖するかを決定するために資金と経営のポートフォリオを常に評価している。天然ガスのコスト、我々の生産コストそして市場動向が我々の全原子炉について評価されている。」この文書からは、エンタジー社が所有する他の原子炉を継続的に運転していく保証を示しているようには見えない。

2. 結論

米国では、安価なシェールガスの出現と電力自由化による電力市場の不透明さが原子力発電の経済性を脅かしている。発電事業者は、発電コストと電力市場及び今後の運転許可延長に係る投資を考慮した経営計画を検討せざるを得ず、バーモントヤンキー原子力発電所のように、元々発電コストが高い原子炉は閉鎖を選択することとなる。

我が国でも、原子力推進への反対意見が多く存在する。しかし、米国のように安価な天然ガスを使える環境にない日本では、簡単に原子力を停止する訳にはいかない。国策としてのエネルギー政策を明確にしていく必要がある。

参考文献

- 1) “VERMONT YANKEE: Entergy plans closure in 2014,” Nuclear News, 23, October, 2013.

2. チェルノブイリ原子力発電所4号炉の新格納ドームの棟上げとその機能

東海事務所 榎戸 裕二

当センターでは、東京福島第一原子力発電所の事故処理に資するため、同じく過酷事故を経験したチェルノブイリ原子力発電所4号炉の事故から今日までの活動、事故による隣接・周辺地域への影響、石棺の状況や新格納ドームの建設について、更に、燃料デブリや汚染瓦礫等の放射性廃棄物の処理・処分について、関係機関の情報や文献に基づき「デコミショニング技報」や本誌「RANDECニュース」等で紹介してきた（参考資料を参照）。本報告は、崩壊が懸念されている石棺の詳細調査や解体・撤去において重要な役割を果たす完成間近の新ドームの構造、付帯設備の機能について最近の論文^{1), 2)} から紹介する。

1. 新格納ドームの建設の経緯

チェルノブイリ原子力発電所4号炉(以降、ChNPP-4,)は東京電力福島第一原子力発電所1～4号機(以降、福島第一原発)事故のレベルと同じIAEA(国際原子力機関)の事故分類で「レベル7」とされた。事故後すでに27年が経過したが、応急処理で建設した石棺(Sarcophagus又はShelter)の崩落の懸念や雨水の侵入と風雪による核分裂生成物質の環境への放散などの影響が深刻化したため、ウクライナ政府、EU(欧州連合)、IAEA及び日本も含む支援国の支援を受けて、その対応策の第一段階であるNSC(New Safe Confinement)の建設計画を進め、15年ぶりに最近、新格納ドームの屋根が部分的に完成し、地上から22mの高さまでできあがった^{1), 2)}。

2015年までに2基目の同様なドームと連結して石棺上に移動し供用が始まる。新格納ドームは長さ260m、幅164m、高さ110mのアーチ形状である。図1及び図2にChNPP-4を覆う組立て中の新格納ドームと石棺をカバーした状態の断面イメージを示す。2013年末には完成時の長さの半分のドームが高さ110mまで完成する。

2. ChNPP-4の汚染状況と作業場の放射線防護

ChNPP-4は他の3機に隣接した西端にあり1～4号機の南には長さ800mのタービン建屋がある。事故の半年後からは1, 2号機が運転再開、その後3号機も運転され、共に2000年末の運転停止まで発電を行った。4号機の放射線源は爆発した炉心に残る200tの燃料で2000万Ciある。原子炉の周りでは至近距離と高所では線量が高い。西側では比較的低く南側は高いが変動が大きい。原子炉建屋の多くの場所は年間許容線量を数分で超えるような汚染場所である。これまでに建屋の補強が色々と実施されてきた。新格納ドームの建設場所は事故時に放射性物質や機器が埋設処分に使われたので掘削・撤去せざるを得ず、50cm表面を削り5万5千m³の表面土壌を除去し、また、工事に地面を固めるため50cmのコンクリートを打設した。これによって作業員の被ばくも月間0.6mSvとなっている。作業員は作業用と積算用の個人線量計及び粉じんマスクを携行しマスクは緊急事態で着用する。原子炉に近い場所での作業では、コンクリートや鉛遮へいで放射線防護する。

3. 新格納ドームの構造

29,000tのアーチ形状の新格納ドームを支える土台には鋼鉄製の直径1m、長さ25mのパイルを打ち込んだコンクリート梁が敷設され、その上をドームが移動する。一方、新格納ドームの両端は密閉構造にされる。新格納ドーム内の換気量は十分であるが、汚染のたまり場所を掻き散らせるだけの能力はない。

米国PaRシステムズ社の2基の50tクレーンがフラットな天井面の長さ100m、幅106m、地上からの高さ85mを走行する。石棺の頂部の最大高さは74.5mであるためクレーンフックは2.5mの走行余裕しかない。このクレーンシステムは新格納ドーム外側の遮蔽された新付属施設から遠隔操作され、石棺の不安定部分を一つひとつ解体する。SIP（サイト実施計画）の総工費は約15.4億ユーロ、新格納ドームの建設には10億ユーロかかる。その他にも多くの施設建設があり、関連インフラの整備、工事関係の修理工場、倉庫、訓練センター、食料品店などの建物ができた。今後2,000人が2交代での作業となる。

4. 新格納ドームのMCS（主クレーンシステム）と主な機能

新格納ドームの天井のクレーンレールに載せるクレーンブリッジ関連機器はParシステムズ社が設計した。そのクレーンシステム構成を以下に記す（なお、Parシステムズ社のインセルクレーン、パワーマニピュレータは国内のホットラボでも採用されている。）；

- ①長さ96m、幅7mの2基のクレーンブリッジ
- ②50t荷重容量の在来型のキャリッジ・ホイスト1基
- ③40tと50t荷重容量の固定型の2基（対）のキャリッジ・ホイスト（前者は作業員入れた遮蔽ボックス、後者は部材の運搬

に利用）

- ④MTP（Mobile Tool Platform：可動ツールプラットフォーム）（石棺解体用マニピュレータ等を装着した6点吊りの下部架台を吊るための架台

MTPは、50tの在来型ブリッジ・ホイストに取り付けた三角形の架台に6本のワイヤでバランスしつつ遠隔操作する作業用ツールの架台である。35m伸ばした場合、1.5tの偏りのある架台を50cm以内の水平度で制御する。ホイストを固定して横方向に移動させられる（flying motion）。MTPにマニピュレータアーム、ドリル機械、コンクリート削岩機、10t真空掃除機を装着できる。図3及び図4にMTPを装着したキャリッジを走行させるクレーンブリッジ全体とMTPの作動概念図を示す。MTPのモックアップが米国で行われている。

5. キャリッジの修繕とクレーン操作

各ブリッジのクレーンキャリッジは共通の車庫（ガレージ）で同時に保管、交換及び補修できる。クレーンの操作は新格納ドーム外側から行われ、また作業中に汚染ダストが不意に飛散されることを考慮して新格納ドーム内側には入れない。MCSにはPLC（Programmable logic controllers）方式が採用され、無線及びヒューマン/マシーンインターフェースを有するイーサネットのハード環境で操作する。操作者は一個のジョイスティックとMCSの位置、荷重等の状況を示す数個のタッチ式モニターを見て操作する。また、制御システムにより、例えば長尺物の吊り上げ等では2つのブリッジやキャリッジで同時かつ同期した作業も可能である。

6. まとめ

爆発で損壊したチェルノブイリ原子力発電

所4号炉の後片づけは想像以上に困難であり、どの対策も決め手はなさそうに見える。細部の安全性よりも甚大な更なるリスクを抑え込むため、現時点で可能なことを行うとの信念で、世界中の関係者が考え、合理的な英

知が集められ、技術と資金の協力がプロジェクトを素直に後押しをしている。慎重に計画し、忍耐をもって協力し、早急に行動することが肝要ではないか。期待したい。

参考文献

- 1) Willy Dalrymple, “Raising the roof,” NEI, February, 2013.
- 2) N.A.(Vijay) Parameswaran, et.al., “Unique Chernobyl Cranes for Deconstruction Activities in the New Safe Confinement,” WM2013, Phoenix, Arizona, February 24-28, 2013.

(参考資料)

- ・“チェルノブイリ原子力発電所4号炉の事故に関する調査,” RANDECニュース, 88号, 7月号(2011).
- ・N. Molitor, et al., “チェルノブイリ事故後管理：チェルノブイリ原子力発電所4号炉の環境的安全状況への改造,” デコミッションング技報, No.44, p.8~p.19, 2011年9月.
- ・“Twenty-five years after Chernobyl Accident : Safety for the Future,” National Report of Ukraine, Ministry of Ukraine Emergencies, Kiev, 2011.



図1 NSC(新格納ドーム)のアーチ状部分の組み上げ
(2012年11月)(WM2013から)

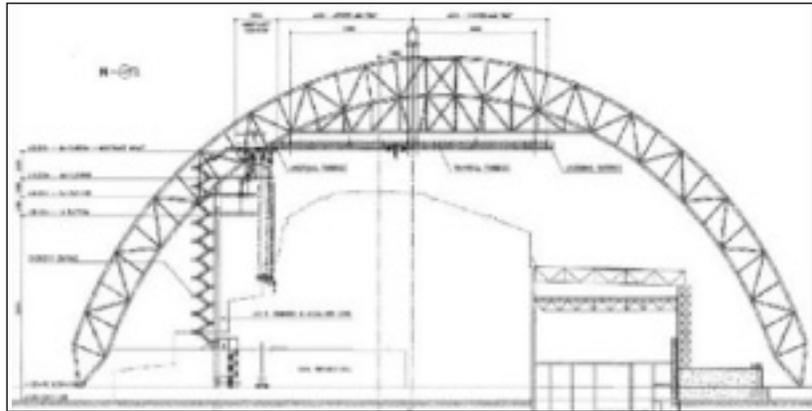


図2 新格納ドームの完成時の断面

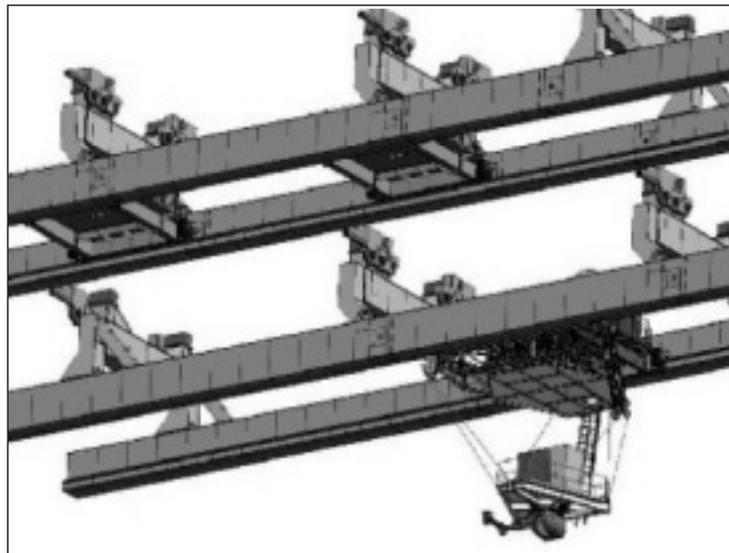


図3 東側クレーンブリッジに吊られた
MTP(可動ツールプラットフォーム)

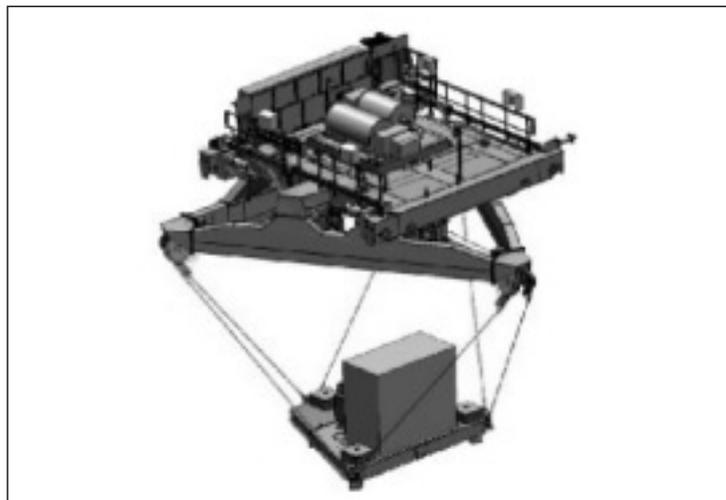


図4 キャリッジ・ホイスト下に取付け下部作業用架台を吊った状態のMTP

3. 余剰原子力施設の原位置廃止措置の概念とその最終状態へのアプローチ

専務理事 濫谷 進

先号のRANDECニュース95号では、IAEAの論文『「遮蔽隔離 (Entombment)」は廃止措置として受け入れられる選択肢か?』の内容を、誤解を招かないように極力原文に忠実に掲載した¹⁾。ここでは、その論文の中でも言及されていたアメリカにおける遮蔽隔離、すなわち原位置廃止措置 (ISD : In Situ Decommissioning) の最初の事例となるDOEの核複合施設のひとつであるSRS (サバンナリバー・サイト) の原子炉施設 (P炉とR炉) のISDについて紹介する²⁾。

1. ISDの概要と成果の反映

アメリカDOEの核複合施設には廃止措置を待つ多くの汚染された余剰原子力施設がある。廃止措置の通常の最終形態 (End State) は「完全撤去」とされるが、施設 (建築物) や様々な設備などの分別解体、大量かつ高いレベルに汚染された廃棄物の埋設処分 (大半は遠く離れた処分場での埋設) を伴い、廃棄物の運搬も含めて、高コスト、作業員へのリスクも大きい。ISDは解体撤去として実行可能な選択肢であり、人の健康と環境保護において同等又はより優れたもの、コストと作業員リスク削減効果が大きい。

SRSでは、ISDの汚染施設に対する初めての取組みとして、2つの原子炉施設 (P炉とR炉) の廃止措置に米国再生・再投資法 (ARRA) を適用し、ISDを2011年に完了した。

ISDにより、1つの炉当たり124,300t (153,000m³) と推定された汚染デブリの発生と処分に伴うコストと潜在的危険性に対する規制上、技術的/エンジニアリング上の課題が回避され解決された。

現在、DOE環境管理局はサバンナリバー国立研究所で、ISDの有効性について実行可能なモニタリング技術および評価手法を研究している。

SRSでは、ISDの概念・手法、研究を実施する施設や最終形態の設計立案、国内外の相

互活動を通しての規制上の支援、民間産業の活用における協力・推進を模索している。

SRSによるISDでの除染と解体経験は、原子力施設の廃止措置における容認される修復手法の一つとして、アメリカや世界の大規模原子力施設のISDに対して道筋を確立した。

2. ISD活動の背景

DOEは冷戦の終結により核物質を供給してきた2万を超える原子力施設のうち5千以上を余剰なものとした。将来的には、さらに過剰とされる施設がでる。これらには、生産・テスト炉、燃料・ターゲット成形加工施設、化学プロセス施設、ガス拡散プラントが含まれる。いくつかの施設はもっとも重厚な強化コンクリート構造で建設され、かつ高濃度で汚染されたプロセス機器が詰め込まれており、クリーンアップには数十年かかるであろう³⁾。

ISDのアプローチは、2段階の手順をとる。第1段階は、作業員のリスク軽減と保守コスト削減のための施設の安定・安全化 (Deactivation) であり、不必要な安全・防護システムの停止、プロセスライン・機器のフラッシング、危険物質の撤去が含まれる。第2段階は施設の廃止措置で、施設・機器の除染 (放射性物質と有害化学物質の除去) 及び解体可能なものの撤去からなる。

廃止措置の最終形態は、各施設に対して個別に決定された。この手順を実行するには約100億ドルかかるとされる⁴⁾。

DOEはISDを冷戦時代に建設された強固な核施設の安全な、また廉価な廃止措置の選択肢であると考えている。それにはDOEの恒久敷地での遮蔽隔離処分、特に、大きく頑丈な原子力施設の浅地中処分（に限る必要はないが）が伴う。この処分の選択肢は、掘削や解体、輸送、低レベル汚染瓦礫の再埋設に係わる高コストと危険を避けることができる。ISDの基準に適合する施設では、20億ドル以上のコスト削減が可能であるとされる。

DOEの廃止措置リストには、ISDの候補となる100を超える大規模で強固な建物が含まれている⁵⁾。

ISDの概念には、施設の恒久的な埋設が含まれ、DOEはあるクラスのISD対象施設は通常の廃止措置（完全撤去と処分施設への運搬）に比べて、安全で低コストな廃止措置として受け入れる、としている。遮蔽隔離の最終形態は、すでに確立されている安全規制とDOE施設の廃止措置に対して承認された手法により達成される。即ちISD施設に伴うリスクが規制上の許容基準を満足していることを保証する。特に強調されることは、遮蔽隔離形態は廃棄物の処分施設とはみなされず、むしろ廃止措置の最終状態における選択肢である。

SRSの環境管理の目的は、SRSにおける安定・安全化と廃止措置での廃棄物、表層及び地下水の修復に係るものである。P炉とR炉は、ISDが実施された最初の施設であり、ARRAにより資金提供された。

3. SRSの原位置廃止措置のアプローチ

P炉とR炉の安定・安全化は、2007年に開始され、2010年に完了した。安定・安全化の第1の目標は、残留している有害物質に起因す

る危険を除去／軽減し、建築物をISDが可能のように準備することであった。有害物質としては、可燃／引火物、残留重水、酸類、飛散性アスベスト、雑多な化学物質、鉛／真鍮機器類、フレオン、油脂類、水銀／PCB含有機器類、鋳型、放射能汚染機器が除去された。さらには、危険なエネルギー物や屋外の金属製機器類（落下の危険など）、過去の構築物の撤去、また、2つの建物にある集合体解体プール水の蒸発処理がなされた。

4. ISDの実施プラン策定

ISDの取組みは、ISDに伴うリスクが規制上許容基準内にあることが確認され、既存の規制システムに従った。特に重要な点は、遮蔽隔離は廃棄物の処分施設ではなく、廃止措置の最終状態のひとつと考えられることである。P炉とR炉の最終施設廃棄への規制は、包括的環境対策補償責任法（CERCLA）に基づいて遂行された。全工業区域が、1つの施工可能な単位と考えられる。施設はこの工業区域に汚染をもたらす根源的な汚染の危険源と見なされた。地下水の修復の取組みにおいては、後の地下水修復の実施を最適化するため、その根源的な汚染危険源の内包に関して探究された。

2つの原子炉に対して廃止措置の最終形態を決めた。重要な点は、強固な強化コンクリート構造物は、ISDの適当な候補であり、以下の条件により500年間比較的健全に存在する、ことである。

- (1) 遮蔽扉用のガントリークレーンの撤去
- (2) 排気筒の解体撤去
- (3) 建築物の重要区域にコンクリート屋根の設置

P炉のISDはCERCLAに基づく「早期修復行為」として、一方、R炉のISDは「撤去行為」として計画、実施された。P炉のISDに対

する決定の記録が2009年初めに出版されたあと、「早期修復実施計画」が2009年後期に準備された。R炉のISDのためには、「エンジニアリング評価／コスト分析」が準備され、対応する撤去行為の覚書が2010年初めに発行された。

両炉に対する修復行為の目標と最終形態の定義は以下である。

- ・人間および生態学的に、存在する又は存在するかもしれない放射線学的なおよび有害な構成物・成分による許容できないリスクに曝すのを最小限にする
- ・構築物からの放射性物質あるいは有害物質の汚染物が、地下水へその濃度規制基準値（最大値あるいは当初の修復目標）を超えて混入することを実際的な程度において防止する
- ・侵入動物が放射性物質および有害物質の汚染物に曝すことを防止する

5. ISDプロジェクトの検討

ISDプロジェクトの全体的な修復行為の目標と最終形態に対する技術要件が求められた。重要な技術的課題は、様々な条件下における巨大な空隙（原子炉施設当たり概略100,000m³）に対して打設可能な充填材を決定することであった。充填物質に対する技術的要求は、

- ・圧縮強度>0.34MPa
- ・透水係数<1.0×10⁻⁵cm/sec
- ・流動性、自己固化性、自己レベリング性
- ・低い偏析性／沈降性／相分離性
- ・ゼロ出水

このため、ラボ試験が実施され、配合の候補が特定されて、最終的な充填材配合設計が開発された。試験によって、いくつかのハイブリッド流動性充填材が開発され、結果として通常の充填材に比べて、労働力、材料コス

ト、打設量の著しい削減が達成された。

ポルトランド・セメントを使用しない特別な配合の充填材が、原子炉容器内の高放射線環境および材料適合性に対処するために開発された。候補となる配合を同定するためラボ試験が実施され、代替セメント充填材も開発された。また、すべての充填材に対して放射線分解の分析と水素ガスポテンシャル評価が実施された^{6), 7)}。

6. ISDプロジェクトの実施

充填材打設の手順は、充填材の耐力容量と放射線遮蔽の要求、残留水の管理の相互バランスをとるよう検討された。ラボ試験の結果は、操作実行上の技術条件に焼き直された⁸⁾。さらに、技術的な諮問がなされ、原子炉施設内の巨大な空き空間への充填材の打設は、確立した打設施工上の境界条件に従っていることを確認した。最終的な施設配置の構成は、グラウトで充填された全地表面下の区域、排気筒は撤去、ガントリークレーンは解体撤去、解体プールカバーの解体撤去、増強された屋根勾配からなっている。

7. 技術の反映

充填材と埋設システムの実効性に関する技術は、まだ開発途上にある。遮蔽隔離システムの実効性は、充填材の構造学的な安定性および移送特性と対象の原子炉施設の耐久性とが相互に関連したものとなる。複合型センサーからなるセンサーネットワークが、DOEの環境管理局において開発中であり、遠隔操作で充填材の構造学的安定性と移送性の効果に関するデータを収集する。

最初のデモ試験が2012年の8月に実施され、さらなるセンサーネットワークの高度化とDOEの廃止措置候補施設間でのフィールド試験が計画されている。

8. まとめ

SRSは、従来の廃止措置（完全解体撤去・処分施設への運搬）に比べ、より安全でコスト的に優位な廃止措置オプションとしてISDを成功裡に完遂した。「最終状態としての遮蔽隔離」の達成は、既存の規制体系での審査とDOE施設の廃止措置に対する承認済み手法によって行った。SRSのISD取組みは、規制上受け入れられる廃止措置達成のため、確

立された手順に基づくシステムエンジニアリングの枠組みに従っており、最小限の長期管理責任で最終状態を実現し、作業員の防護、地下水と環境の防護を達成した。

SRSのISDの取組みにおいて実施された除染と解体は、ISDが原子力施設の廃止措置における容認され修復手法の重要な一つとして、アメリカや世界の大規模原子力施設に適用される道筋を確立した。

参考文献

- 1) Helen Belencan, Vincent Nys, Andrey Guskov, Patrice Francois, Bruce Watson, Vladan Ljubenov, “Is Entombment an Acceptable Option for Decommissioning? An International Perspective,” WM2013, Phoenix, Arizona, February 24-28, 2013.
- 2) Michael G. Serrato, et al., “In Situ Decommissioning (ISD) Concepts and Approaches for Excess Nuclear Facilities Decommissioning End State,” WM2013, Phoenix Arizona, Feb. 24-28, 2013.
- 3) National Academy Science, 2010, Science and Technology for DOE Site Cleanup: Workshop Summary; <http://www.nap.edu/catalog/11932.html>
- 4) DOE, 2000, Status Report on Paths to Closure, <http://www.em.doc.gov/pdfs/StatusReportOnPathsToClosure.pdf>
- 5) P.L. Lee, et al, 2009, Technology Requirements for In Situ Decommissioning Workshop Report, SRNL-RP-2009-00296, Savannah River Nuclear Solutions, LLC. Aiken, SC, 29808.
- 6) N.E. Bibler and M.M. Reigel, 2010. Radiolytic Production on Hydrogen from Grout Containing Organic Admixtures Used in Decommissioning R Reactor Vessel, SRNL-TR-2010-00262, September 2010, Savannah River Nuclear Solutions, LLC. Aiken, SC, 29808.
- 7) B.J. Wierma, 2009, Assessment of the Potential for Hydrogen Generating During Grouting Operation in R-Reactor Disassembly Basin, SRNL-STI-2009-00278, April 2009, Savannah River Nuclear Solutions, LLC. Savannah River Site, Aiken, SC 29808.
- 8) M.G. Serrato and C.A. Langton, 2009, 105-R Reactor Disassembly Basin Grout Placement Strategy, SRNL-TR-2009-00157, July 2009, Savannah River Nuclear Solutions, LLC. Savannah River Site, Aiken, SC 29808.

4. グライフスバルト原子力発電所の原子炉圧力容器等の 切断工法と一括撤去工法との比較と実績

パートナーズ・ネットワーク会員 宮坂 靖彦

ドイツのグライフスバルト (Greifswald) 原子力発電所 (KGR) は、旧ソ連型加圧水炉 5 基 (出力44万kWe/基) 及び建設中の 3 基で構成され、ドイツ統一後、旧西ドイツの原子力法に基づく安全基準を満たしていないため、1990年に閉鎖された。ドイツ政府は、世界最大規模の廃止措置プロジェクトを実施するため、連邦政府直轄のEWN (Energiewerke Nord) 社を設立した。このプロジェクトは、プラント経験者の雇用を守り、コスト低減の観点から即時解体を選択し、本格的工事を2000年から開始し、2013年に完了した。主要工事である原子炉圧力容器 (RPV: Reactor Pressure Vessel) 及び炉内構造物 (RIs: Reactor Internals) の解体撤去工法には、当初、細かく解体して梱包する切断工法を選択した。その後、2004年に一括撤去工法との比較検討により、商業発電に供した 1 号機から 4 号機のRPVは、4 基とも一括撤去方式を採用した。また、RIsの解体撤去は、1 号機及び 2 号機について細断工法を、3 号機から 5 号機については、細断しないで撤去し、大型容器に収納する方法が採用された。このRPVの一括撤去及びRIsの解体撤去の比較評価と実績を紹介する。

1. 当初の切断計画

当初計画では、1 号機から 4 号機のRPV 及びRIsについては、放射能レベルの低い部分を 2 号機及び 4 号機の蒸気発生器室に設けられた乾式の遠隔切断装置、また放射能レベルの高い部分を原子炉ピットに設けられたプールでの湿式の遠隔切断装置を用いることで準備された。これらの装置を用いた遠隔切断試験は、1999年10月から2003年7月にかけて未完成の 7 号機及び 8 号機を用い、切断、梱包、搬送まで実施された。

2. 新デコミ計画への変更

5 号機のRPVは、2003年11月、低出力での試験運転後に恒久停止し、放射能レベルの低いことから切断しないで一括撤去し、中間貯蔵施設 (ISN: Interim Storage North Facility) に保管された。

新デコミ計画は、前述の遠隔切断試験と 5 号機のRPV一括撤去の経験及び最終処分を

考慮して検討された。その結果は、RPVの切断計画を100%とすると、一括撤去方式が廃棄物管理50~70%、作業員の放射線被ばくが15~20%、コスト40~55%などで有利と評価された。1 号機及び 2 号機のRIsは、乾式及び湿式で遠隔切断し、廃棄容器に収納することを継続した。また、並行して下記に示すように新デコミミッション計画を検討した。初期の切断計画と新デコミミッション計画をフロー図で比較して図 1 に示す。

- ① 1 号機から 4 号機のRPV及び 3 号機から 5 号機のRIsは遮蔽付き大型コンポネントとしてISNに保管する。
- ② 3 号機及び 4 号機のRIsのうち炉心バスケット及び防護チューブユニットは、減衰貯蔵のため遮蔽・輸送容器に収納する。
- ③ RPV外側にある環状水タンク及びRPVの断熱材は、原子炉ピット内で解体する。

3. 炉内構造物の解体撤去の実績

(1) 1号機及び2号機

これらの炉のRIsは、2004年8月～2007年7月までかけ乾式及び湿式の遠隔切断装置を用いて実施された。RIs（総重量217.7t、全放射能 2.15×10^{16} Bq）は、135個のコンテナ、6個の貯蔵容器及び20本のドラム缶に収納し、ISNに保管された。作業員の放射線被ばく量は、約110mSvで計画値の約40%であった。

(2) 3号機、4号機及び5号機

これらの炉のRIs（炉心バスケット及び防護チューブユニット）は、2006年4月から7月の短期間に撤去し、輸送処分を考慮した遮蔽・輸送容器（図2）に収納してINSに貯蔵された。

4. 原子炉圧力容器の一括撤去

1号機から4号機のRPVは、一括撤去方式の採用を決定し、2005年から準備を開始し、2007年11月までに実施された。

3号機及び4号機では、放射能レベルが低いRIsの内の下部構造物をRPVの中に残し、一体にして一括撤去された。一括撤去・輸送の手順は、移送用のレールを敷設し、原子炉建屋のクレーン（250t）でRPVを吊上げ、原子炉ピット内でRPVの放射線レベルの高い炉心領域に環状の遮蔽体を取付け（総重量360t）、ワイヤー昇降機付門型油圧ジャッキを用いて吊上げ、レール車両の上に置き（図

3）、遠隔操作でスライドさせて建屋の外に移送し、またジャッキを用い大型トレーラに乗せ（図4）輸送し、ISNに保管（図5）された。

5. 経験から学ぶ

KGRの廃止措置プロジェクトでは、大型コンポーネントを切断方式と一括撤去方式の両方を比較して実施し、両方式とも成功裏に行われた。その選択は、サイト条件等により決まるかもしれない。大型コンポーネントの一括撤去方式は、切断方式の唯一の代替とは言えないが、経済性、放射線被ばくの観点から優れていると評価されている。また、ユーリッヒ研究センターにある高温ガス炉（AVR）の廃止措置でも、現在、原子炉容器の一括撤去が行われている。

米国では、 SHIPPINGポート解体実地試験でのRPV一括撤去の実績に基づき、1990年代に廃炉になった軽水炉の廃止措置において、工期の短縮、作業員の被ばく低減、コスト低減に有効であるとしてトロージャン、メインヤンキー、ハダムネック、ピックロックポイント、ヤンキローなどで実績を積んでいる。

わが国でも将来のオプションとして、一括撤去方式は、特にコストの低減を考慮すると、検討に値する工法である。

参考文献

- 1) Ralf Borchardt, "Taking apart Greifswald, two ways," Nuclear Eng. Int., July, 2013.
- 2) Ralf Borchardt, "Dismantling of the reactors on the greifswald nuclear power plant (KGR) site," (<http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/WTS-Networks/IDN/idnfiles/CuttingTechniqueWkp-Germany2011/EWN>), 2011.

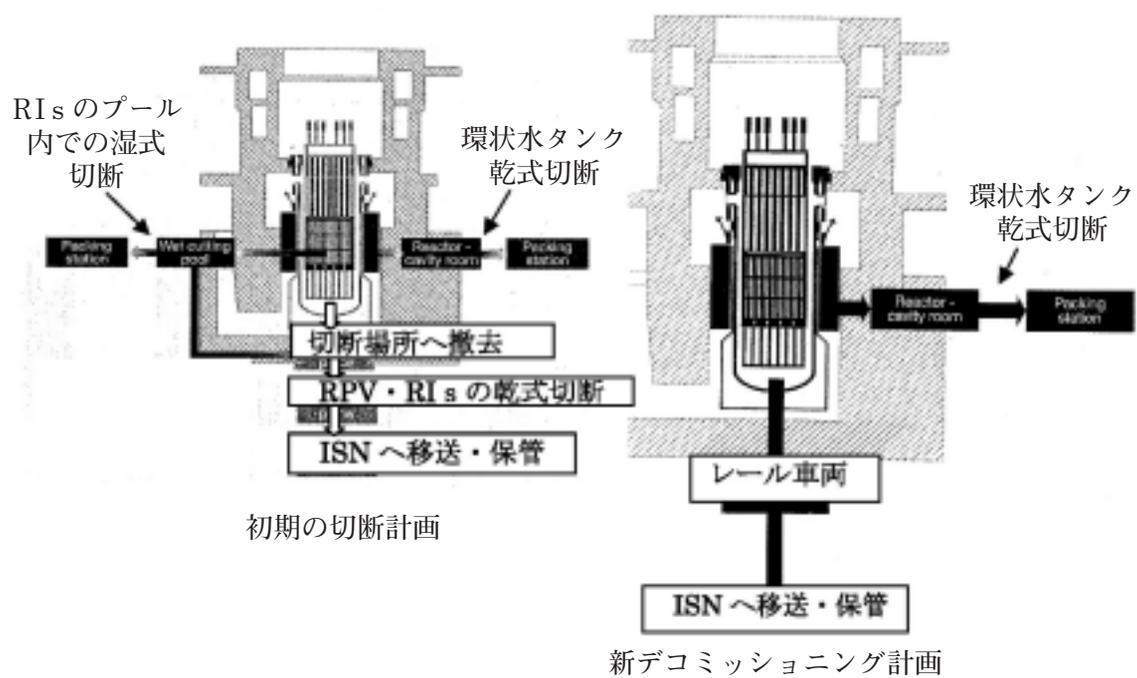


図1 初期の切断計画と新デコミッショニング計画との比較

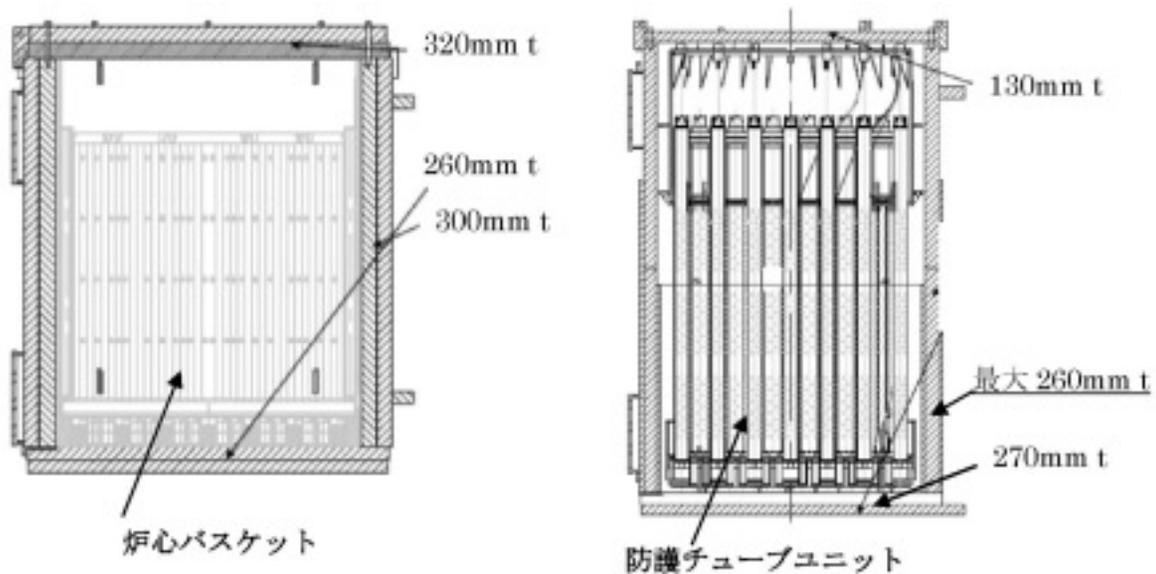


図2 炉内構造物を収納した遮蔽・輸送容器（3号機及び4号機）

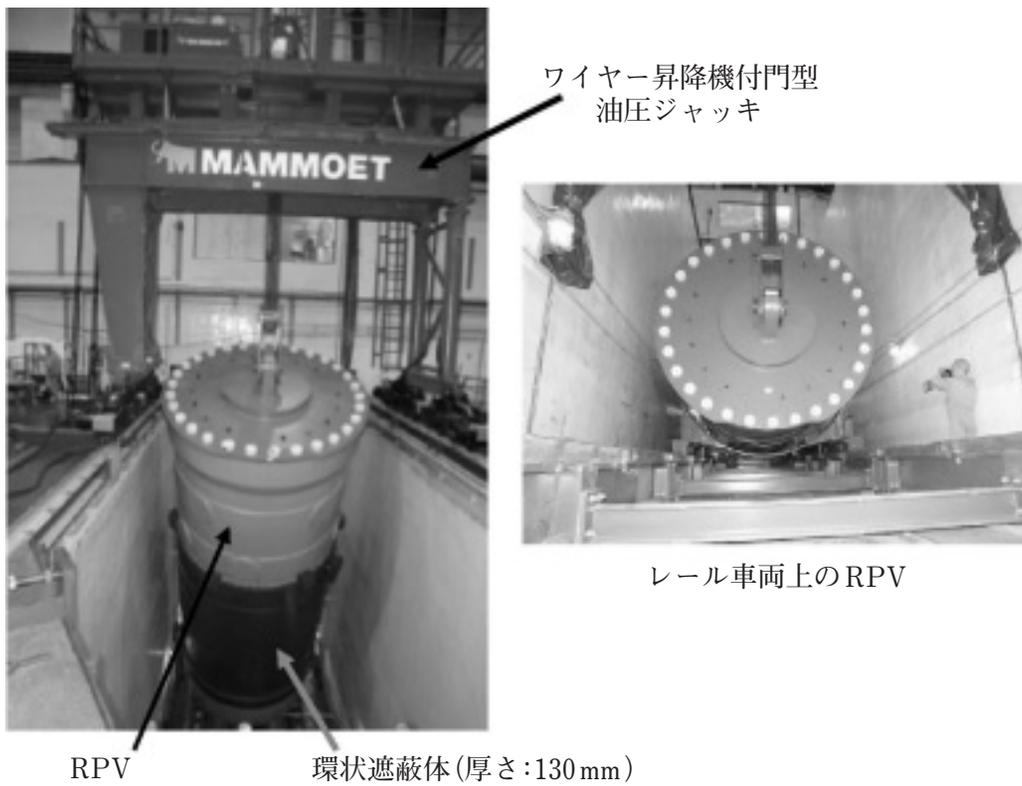


図3 RPV一括撤去の様子（3号機）



図4 RPVの大型トレーラによる原子炉建屋からISNへの移送

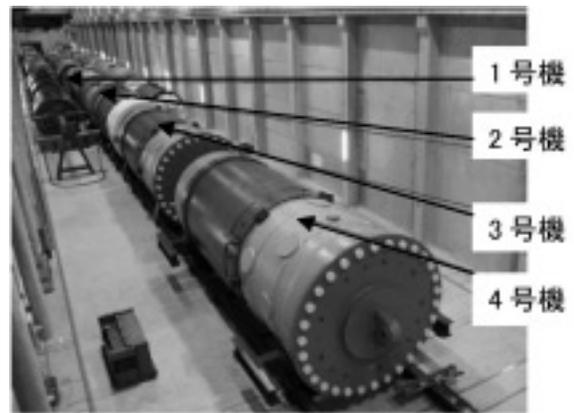


図5 RPVの保管状況 (ISNのホール7号)

5. テキサス州アンドリュー処分施設における安全方策

企画部 菊池 孝

2012年にWaste Control Specialists (WCS) 社がクラスB及びCの廃棄物用に特別に設計・建設された低レベル放射性廃棄物の処分施設の操業を開始したが、実は、この施設は1980年の米国低レベル放射性廃棄物政策法 (Low-level Radioactive Waste Policy Act) 及び1985年の同修正法の下で認可・操業された最初の放射性廃棄物の処分施設であり、施設の作業員の安全を確保するために多くの安全上の改善が図られている。

米国では、サウスカロライナ州バーンウェル処分施設、ワシントン州リッチランド処分施設及びユタ州クライブ処分施設が操業されている。このうち、2008年にコンパクト (放射性廃棄物に関する州間の協定) 締結対象外の州に対してバーンウェルの処分施設が閉鎖したために、商用原子力発電所のクラスB及びCの放射性廃棄物の処分の選択肢がなくなったが、その代替手段としてWCS社が支援の手を差し伸べ、テキサス州アンドリュー処分施設を開設した。ここで受け入れる代表的な同位体はCo-60であり、エネルギーが高く透過力の強いガンマ線を発するため、遮蔽が困難なものである。

以前、バーンウェル処分施設で処分された照射金属物の処分方法は、キャスクが水平向きのスリット・トレンチ方式であり、ブルドーザーによりキャスクからワイヤロープを引っ張ることにより、照射金属物を収めた内容物が引き出された。その後、トレンチ内にこの内容物が収められ、すぐに、線量率低減のために土壌で覆われる。この手法はかなりの汚染を発生させていたこともあり、WCS社はアンドリュー処分施設では別の手法を採用した。

WCS施設サイトでは、粘土層、高密度ポリエチレン層、顆粒状保護層、鉄筋コンクリー

ト層で埋設されるが、長期安定性を考慮して、容器に入ったクラスB及びCである廃棄物を収納するため、モジュラー・コンクリート・キャニスター (MCC) が設計された。

照射金属物を商用発電事業者からTN-RAMキャスクと内容器とで受け取った後、WCSサイトでキャスクからMCC内に収められ、また、MCCと廃棄物内容器との間の空隙は 2.1g/cm^3 のグラウトで充填され、その後、特別な昇降装置付きの改良型リーチ・スタッカー、すなわちGoldhofer社の重量物運搬走行車 (heavy crawler) (217t容量) ユニットを使って処分ユニットに移動される。

さらに、高いALARAの要求を満たすため、高密度MCC (HD-MCC) に統合されている。HD-MCCは赤鉄鉱の碎石を使った高密度のグラウト (通常 3.45g/cm^3) を使用し、2.5cm厚の炭素鋼性ファンネルを併用して、 $5.00 \times 10^2\text{Gy/h}$ までの線量の内容器を取り扱うことが可能である (図1及び図2)。また、HD-MCCの取扱いには、照射金属物輸送システム (IHST) の開発が必要となり、これは、廃棄物内容器をTN-RAM輸送キャスクからHD-MCCに鉛直方向に荷下ろしするよう設計された自立型システムである。このシステムは、多角的な監視用の固定カメラ、PTZカメラ、レーザー整列システムや遠隔操作の掴み治具などが設置されており、136t容量の移

動式ガントリークレーン（MGC）で釣り上げられる。また、遠隔操作室から操作される。このように、照射金属物の処分工程では重量物取扱いが必要となる。



図1 特殊リーチ・スタッカーとHD-MCC



図2 HD-MCC内部の高密度グラウト及びファンネル

ALARAのためのもうひとつの手法として、装荷されたHD-MCC処分ユニットの移動に用いるGoldhofer社製の重量物運搬走行車にブーツが取り付けられている。この備品により、固縛機構を必要とせずに、HD-MCCを載せたり覆土勾配を移動することが可能となった。これらの装置の運転は、運転室から、資格を有した運転員による遠隔操作により操作可能である（図3）。

WCS施設の遠隔化には、様々な困難が伴い、適切なQA計画や、設計者、鉄鋼製造業者及び装置製作者との間の継続的な連携が必要となった。また、試験、手順、保守やモック



図3 Goldhofer社製の重量物運搬走行車

アップ訓練のために機器納入スケジュールの管理も重要となった。最初の納入機器はMGCであり、約2週間の設置、試験及び訓練と、さらに長期間のクレーン操作者に対する遠隔操作訓練が行われた。また、MGCシステムの安全な取扱いのために法律上の負荷試験が必要となり、158tを超える錘を使った負荷試験装置を設計建設した（図4）。



図4 MGC装置用の負荷試験装置

2012年10月に、WCS社はアラバマ州の商業電力会社から初めての照射金属物受け入れた。この表面線量率は約 1.00×10^2 Gy/hであり、キャスクが到着し所有者へ送り返すまでの全体工程に4日間かかった。作業全体は、30人以上の運転員の連携で行われ、集団線量は2.18mSv、最大個人被ばく量は 1.45×10^1 mSvで、閉じ込め構造物内の汚染レベルは、以前の方法に比べてずっと低いものであった。これにより、放射線被ばくと汚染という2つの重大な問題に関して、高い作業安全環境が確保されたことになる（図5）。

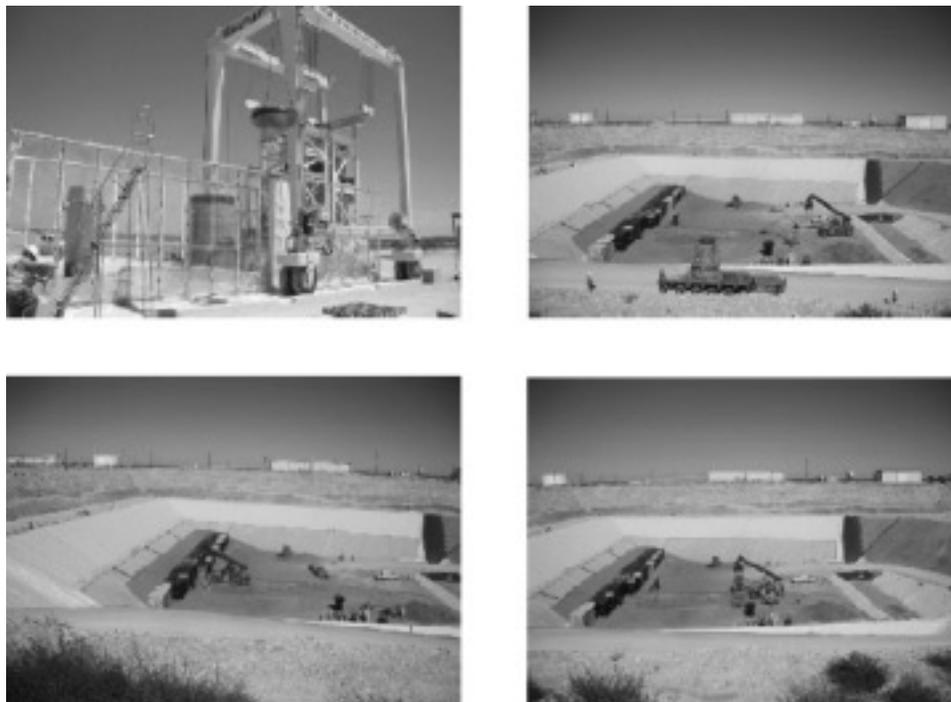


図5 一連の作業（遮蔽蓋の取り付けから処分ユニットへの設置までの）

参考文献

- 1) 麓 弘道、“米国テキサス州アンドリュウ低レベル放射性廃棄物処分場の状況”、RANDEC ニュース、93号、15-18 (2013).
- 2) Jay M. Britten, “The Texas Solution to the Nation’s Disposal Needs for Irradiated Hardware,” WM 2013, February, 2013.

世界の原子力発電所の廃止措置最新情報

東海事務所 榎戸 裕二

日本では、福島第一原子力発電所5，6号機について東京電力は12月18日に恒久運転停止を発表した。内閣総理大臣から事故炉の処理に全精力を投入することが9月に要請され、さらに1号機～4号の事故機の廃炉に必要な技術を実用化してテストするためとしている。東京電力は、当面は廃止措置活動を行わないとしている。その他には、世界でこの間新たに運転停止された発電プラントはない。この結果、世界の運転停止した発電炉は2014年1月末現在で152基となった。

表 世界の原子力発電所廃止措置情報一覧（2014年1月現在）

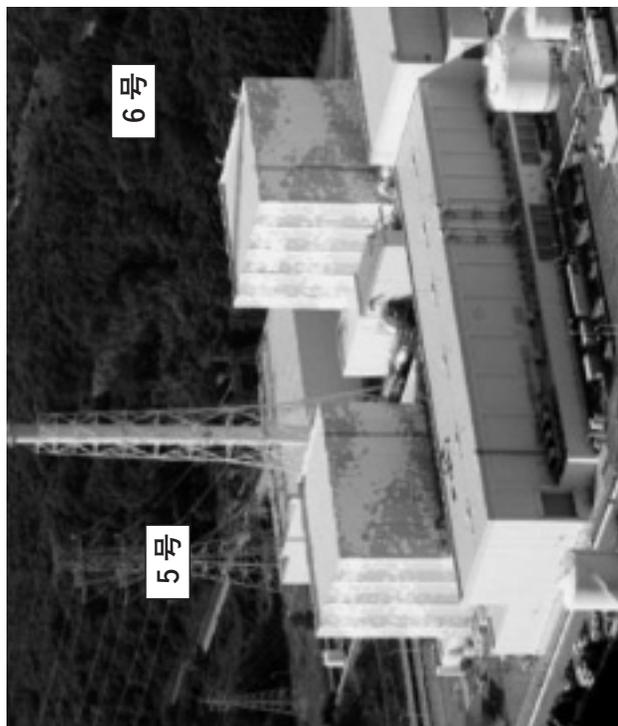
No.	国	施設名	運転期間	電気出力 (グロス)	炉型	廃止措置 方式	廃止措置 現状	廃止措置完了 (予定) 時期
1	アルメニア	アルメニア-1	1977/10/06～1989/02/25	408MW	PWR	未定	計画検討中	2048年
2	ベルギー	BR-3	1962/10/10～1987/06/30	12MW	PWR	即時解体	解体中	2020年
3		コスロドイ-1	1974/10/28～2002/12/31	440MW	PWR			
4	ブルガリア	コスロドイ-2	1975/11/10～2002/12/31	440MW	PWR			
5		コスロドイ-3	1981/01/20～2006/12/31	440MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備作業中	未定
6		コスロドイ-4	1982/06/20～2006/12/31	440MW	PWR			
7		ダグラスポイント	1968/09/26～1984/05/04	218MW	PHWR	安全貯蔵	安全貯蔵中	
8		ジェンティリ-1	1972/05/01～1977/06/01	266MW	HWLWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備作業中	
9	カナダ	ジェンティリ-2	1982/12/04～2102/12/14	675MW	PHWR	未定	未定	未定
10		ロルフトンNDP-2	1962/10/01～1987/08/01	20MW	PHWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備作業中	
11	6基	ピッカリング-A2	1971/10/06～2007/05/28	542MW	PHWR	未定	未定	
12		ピッカリング-A3	1972/05/03～2008/10/31	542MW	PHWR	未定	未定	
13		ビュージェイ-1	1972/07/01～1994/05/27	540MW	GCR	安全貯蔵	解体計画作成中	2028年
14		ショー-A	1967/04/15～1991/10/30	320MW	PWR	安全貯蔵後	圧力容器解体 (2014年～)	2019年
15		シノン-A1	1964/02/01～1973/04/16	80MW	GCR		安全貯蔵中	2027年
16		シノン-A2	1965/02/24～1985/06/14	230MW	GCR	安全貯蔵	部分解放済 (ステージII)	2026年
17		シノン-A3	1966/08/04～1990/06/15	480MW	GCR		安全貯蔵中	2033年
18	フランス	マルクール-G2	1959/04/22～1980/02/02	43MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵中 (Cの処分場開設待)	未定
19	12基	マルクール-G3	1960/04/04～1984/06/20	43MW	GCR			
20		モンダレー-EL4	1968/06/01～1985/07/31	75MW	HWGCR	安全貯蔵	原子炉解体準備中	2025年
21		サンローラン-A1	1969/06/01～1990/04/18	500MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備作業中	2032年
22		サンローラン-A2	1971/11/01～1992/05/27	530MW	GCR			2028年
23		スーパフェニックス	1986/12/01～1998/12/31	1241MW	FBR	即時解体	Na処理継続	2026年
24		フェニックス	1974/07/14～2010/02/01	142MW	FBR	即時解体	「最終運転停止段階」で燃料撤去	2023年
25	ドイツ	グライフスバルト-1	1974/07/02～1990/02/14	440MW	PWR			
26	27基	グライフスバルト-2	1975/04/14～1990/02/14	440MW	PWR	即時解体	解体中、サイトの部分解放済	2014年
27		グライフスバルト-3	1978/05/01～1990/02/28	440MW	PWR			

No.	国	施設名	運転期間	電気出力 (クワロス)	炉型	廃止措置 方式	廃止措置 現状	廃止措置完了 (予定) 時期
28	ドイッ 27基	グライフスバルト-4	1979/11/01～1990/07/22	440MW	PWR	即時解体	解体中、サイトの部分解放済	2014年
29		グライフスバルト-5	1989/11/01～1989/11/24	440MW	PWR	即時解体	サイト解放済	1998年完了
30		グロスヴェッツハイム (HDR)	1970/07/02～1971/04/20	25MW	BWR	即時解体	設備・機器の解体撤去 (建家残存)	2006年完了
31		グンドレミンゲン (KRB-A)	1967/04/12～1977/01/13	250MW	BWR	即時解体	設備・設備の解体撤去済	2013年
32		AVR実験炉	1969/05/09～1988/12/31	15MW	HTGR	即時解体	サイト解放済	2010年
33		カールVAK	1962/02/01～1985/11/25	16MW	BWR	安全貯蔵	サイト解放済	2019年
34		カールスルーヘKNK-II	1979/03/03～1991/08/23	20MW	LMFBR	即時解体	解体中	2016年
35		カールスルーエMZFR	1966/12/19～1984/05/03	57MW	PHWR	即時解体	解体中	2013年解体予定
36		リンゲン (KWL)	1968/10/01～1979/01/05	288MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中 (2013年までの25年間)	2014年
37		ミュルハイム・ケールリッヒ	1987/08/01～1988/09/09	1302MW	PWR	即時解体	解体中	1995年完了
38		ニダーアイヒバットハ (KKN)	1973/01/01～1974/07/21	106MW	HWGCR	即時解体	解体及びびサイト解放済	2012年
39		ラインスベルグ	1966/10/11～1990/06/01	70MW	PWR	即時解体	解体中	2015年
40		シュターデ	1972/05/19～2003/11/14	672MW	PWR	即時解体	解体中	2015年
41		THTR-300	1987/06/01～1988/04/20	308MW	HTGR	安全貯蔵	安全貯蔵中 (2027年までの30年間)	2014年
42		ヴェルガッセン	1975/11/11～1994/08/26	670MW	BWR	即時解体	解体中	2020年
43		オピリッヒハイム	1969/03/31～2005/05/11	357MW	PWR	即時解体	解体中	未定
44		ビブリスA	1974/08/25～2011/08/06	1167MW	PWR	未定	未定	未定
45		ビブリスB	1976/04/25～2011/08/06	1240MW	PWR	未定	未定	未定
46		ブルンスビュッテル	1976/07/13～2011/08/06	771MW	BWR	未定	未定	2028年
47		イザール1	1977/12/03～2011/08/06	878MW	BWR	未定	未定	未定
48		クリュンメル	1983/09/28～2011/08/06	1346MW	BWR	未定	未定	未定
49		ネッカーヴェストハイム1	1976/06/03～2011/08/06	785MW	PWR	未定	未定	未定
50		フライッブスベルグ1	1979/05/05～2011/08/06	890MW	BWR	未定	未定	未定
51		ウンターヴェーザー	1978/09/29～2011/08/06	1345MW	PWR	未定	未定	未定
52		カオルン	1981/12/01～1990/07/01	882MW	BWR	安全貯蔵	解体中	2016年
53		ガリグリアーノ	1964/06/01～1982/03/01	160MW	BWR	安全貯蔵	解体中	2022年
54		ラティーナ	1964/01/01～1987/12/01	160MW	GCR	安全貯蔵	解体中	2035年
55		トリノ・ヴェルチェレッセ	1965/01/01～1990/07/01	270MW	PWR	即時解体	解体中	2014年
56		動力試験炉 (JPDR)	1963/10/26～1976/03/18	13MW	BWR	即時解体	建物解体撤去、サイト解放済	1996年完了
57		東海発電所	1966/07/25～1998/03/31	166MW	GCR	即時解体	解体中	2020年
58		「ふげん」	1979/03/20～2003/03/29	165MW	HWLWR	即時解体	解体中	2033年
59		浜岡発電所1号機	1976/03/17～2009/01/30	540MW	BWR	即時解体	解体準備中	2036年
60		浜岡発電所2号機	1987/11/29～2009/01/30	840MW	BWR	即時解体	解体準備中	2040年～50年目標
61		福島第一1号機	1970/11/17～2011/05/20	460MW	BWR	未定	ロードマップに基づき事前準備開始	2040年～50年目標
62		福島第一2号機	1973/12/24～2011/05/20	784MW	BWR	未定	ロードマップに基づき事前準備開始	2040年～50年目標
63		福島第一3号機	1974/10/26～2011/05/20	784MW	BWR	未定	ロードマップに基づき事前準備開始	2040年～50年目標
64		福島第一4号機	1978/02/24～2011/05/20	784MW	BWR	未定	ロードマップに基づき事前準備開始	2040年～50年目標

No.	国	施設名	運転期間	電気出力 (クワロス)	炉型	廃止措置 方式	廃止措置 現状	廃止措置完了 (予定) 時期
65	日本 11基	福島第一5号機	1977/09/22～2013/12/18	784MW	BWR	未定	未定	未定
66		福島第一6号機	1979/05/04～2013/12/18	1100MW	BWR	未定	未定	未定
67	カザフスタン	BN-350	1973/07/16～1999/04/22	90MW	FBR	安全貯蔵	廃止措置計画準備中	2075年頃
68		リトアニア	イグナリア-1	1983/12/31～2004/12/31	1300MW	LWGR	未定	運転停止
69	オランダ	イグナリア-2	1987/08/20～2009/12/31	1300MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2045年以降
70		ドテハルト	1969/03/26～1997/03/26	60MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中	不明
71	ロシア	ベロヤルスク-1	1964/04/26～1983/01/01	108MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中	不明
72		ベロヤルスク-2	1969/12/01～1990/01/01	160MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵終了し解体中	不明
73	ロシア	ノボボロネジ-1	1964/12/31～1984/02/16	210MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵終了し解体中	不明
74		ノボボロネジ-2	1970/04/14～1990/08/29	365MW	PWR	安全貯蔵	燃料撤去後博物館化された。	不明
75	スロバキア	オプニスキAPS-1	1954/12/01～2002/04/29	6MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2033年
76		ボフニチェ-A1	1972/12/25～1977/02/22	143MW	HWGCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中	2025年
77	スロバキア	ボフニチェ-V1-1	1980/04/01～2006/12/31	440MW	PWR	即時解体	安全貯蔵準備中	2028年以降
78		ボフニチェ-V1-2	1981/01/01～2008/12/31	440MW	PWR	安全貯蔵	廃止措置準備中	2016年
79	スペイン	パンデロス-1	1972/05/06～1989/10/19	500MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2028年以降
80		ホセ・カブレラ-1	1968/07/14～2006/04/30	150MW	PWR	安全貯蔵	未定	未定
81	スウェーデン	サンタマリアデルガローニャ	1971/03/02～2013/07/31	466MW	BWR	未定	安全貯蔵準備中	2040年頃
82		オグスタ	1964/05/01～1974/06/02	10MW	PHWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2007～2022)、 解体(2023年～)	2029年
83	スウェーデン	バーセベック-1	1975/07/01～1999/11/30	615MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵後 解体しサイト解放済	1994年完了
84		バーセベック-2	1977/03/21～2005/05/31	615MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中(2045年まで)	解体、敷地除染修復 (2046～2065年)
85	スイス	ルーセン	1968/01/29～1969/01/21	6MW	HWGCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2006年～2013年)	2074年まで安全貯蔵 後解体
86		チェルノブイリ-1	1978/05/27～1996/11/30	1000MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2006年～2015年)	80年間(2095年まで) 安全貯蔵後解体
87	ウクライナ	チェルノブイリ-2	1978/05/28～1991/10/11	1000MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2006年～2026年)	80年の安全貯蔵期間 後解体
88		チェルノブイリ-3	1982/08/27～2000/12/15	1000MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(1995年～2016年)	65年間(2081年まで) 安全貯蔵後解体
89	イギリス 29基	チェルノブイリ-4	1984/03/26～1986/04/26	1000MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2004年～2014年)	80年間(2095年まで) 安全貯蔵後解体
90		パークレ-1	1962/06/12～1989/03/31	166MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中	
91	パークレ-2	1962/10/20～1988/10/26	166MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中		
92	ブラッドウエル-1	1962/07/01～2002/03/31	146MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中		
93	ブラッドウエル-2	1962/11/12～2002/03/30	146MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中		
94	イギリス 29基	コールダ-1	1956/10/01～2003/03/31	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中	
95		コールダ-2	1957/02/01～2003/03/31	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中	
96	コールダ-3	1958/05/01～2003/03/31	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中		
97	コールダ-4	1959/04/01～2003/03/31	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中		
98	ハンターストン-A1	1964/02/05～1990/03/30	173MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中		
99	ハンターストン-A2	1964/07/01～1989/12/31	173MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中		
100	ヒンクレーポイント-A1	1965/03/30～2000/05/23	267MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中		
101	ヒンクレーポイント-A2	1965/05/05～2000/05/23	267MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中		

No.	国	施設名	運転期間	電気出力 (クワロス)	炉型	廃止措置 方式	廃止措置 現況	廃止措置完了 (予定)時期
102	イギリス 29基	オールドベリー A1	1967/11/07～2012/02/29	230MW	GCR	安全貯蔵	未定安全貯蔵準備(2013年～2027年)	2101年終了予定
103		オールドベリー A2	1968/04/06～2011/06/30	230MW	GCR	安全貯蔵	未定安全貯蔵準備(2013年～2027年)	2101年終了予定
104		トロースフイニッド-1	1965/03/24～1991/02/06	236MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(1995年～2012年)	2088年まで安全貯蔵 後解体
105		トロースフイニッド-2	1965/03/24～1991/02/04	236MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2009年～2017年)	2102年まで安全貯蔵 後解体
106		サイズウェル-A1	1966/03/25～2006/12/31	245MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2009年～2017年)	2102年まで安全貯蔵 後解体
107		サイズウェル-A2	1966/09/15～2006/12/31	245MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2009年～2017年)	2102年まで安全貯蔵 後解体
108		ダンジネス-A1	1965/10/28～2006/12/31	230MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2011年～2018年)	2116年まで安全貯 蔵後解体、2128年に サイト解放予定
109		ダンジネス-A2	1965/12/30～2006/12/31	230MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2011年～2018年)	1～3号機と同じ
110		チャペルクロス-1	1959/03/01～2004/06/29	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2011年～2018年)	2101年終了予定
111		チャペルクロス-2	1959/03/01～2004/06/29	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2011年～2018年)	2101年終了予定
112		チャペルクロス-3	1959/03/01～2004/06/29	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2011年～2018年)	2101年終了予定
113		チャペルクロス-4	1959/03/01～2004/06/29	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2011年～2018年)	2101年終了予定
114		ウイルフア-2	1971/6/21～2012/04/25	550MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中(2014年～2027年)	2024年
115		ドンレー DFR	1962/10/01～1977/03/01	14MW	FBR	即時解体	解体中	2024年
116		ドンレー PFR	1976/07/01～1994/03/31	250MW	FBR	即時解体	解体中	2024年
117		ウインズケール WAGR	1963/02/01～1981/04/03	36MW	GCR	解体へ変更	解体中	2035年
118		ウインフリス SCHWR	1968/01/01～1990/09/11	100MW	HWLWR	解体へ変更	解体中(2015年完了予定)	2042年へ変更
119		ビッグロックポイント	1965/11/01～1997/08/29	71MW	BWR	即時解体	サイト解放済	2007年完了
120	GEハレシトス	1957/10/19～1963/12/09	24MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2019年完了予定	
121	クリスタルリバー-3	1977/03/13～2013/02/05	890Mw	PWR	安全貯蔵	不明	不明	
122	CVTR	1963/12/18～1967/01/01	19MW	HWLWR	安全貯蔵	サイト解放済	2009年完了	
123	ドレスデン-1	1960/07/04～1978/10/31	207MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中(2007年～2027年)	2036年完了予定	
124	エルクリバー	1964/07/01～1968/02/01	24MW	BWR	即時解体	サイト解放済	1974年完了	
125	エンリコ・フェルミ-1	1966/08/05～1972/09/22	65MW	FBR	安全貯蔵	解体中	2012年予定	
126	EBR-II	1965/01/01～1994/09/01	20MW	FBR	安全貯蔵	安全貯蔵中	未定	
127	ハンフォードN原子炉	1966/04/01～1988/02/01	860MW	LWGR	安全貯蔵	ISS(蘭化)方式の安全貯蔵準備中	75年間ISS後解体	
128	フォート・セント・ブレイン	1979/07/01～1989/08/29	342MW	HTGR	即時解体	サイト解放済	1997年完了	
129	ハダムネック(C・Y)	1968/01/01～1996/12/05	603MW	PWR	即時解体	サイト解放済	2007年完了	
130	ハーラム	1963/11/01～1964/09/01	84MW	その他	遮へい隔離	隔離中(100年以上)	1969年完了	
131	フンボルト・ベイ-3	1963/08/01～1976/07/02	65MW	BWR	安全貯蔵後	解体中	2015年完了予定	
132	インデアン・ポイント-1	1962/10/01～1974/10/31	277MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵中(～2013年)	2026年完了予定	
133	ラクロス	1969/11/07～1987/04/30	53MW	BWR	安全貯蔵	解体予定	2026年完了予定	
134	メイニャンキー	1972/12/28～1997/08/01	900MW	PWR	即時解体	サイト解放済	2005年完了	
135	ミルストーン-1	1971/03/01～1998/07/01	684MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中	未定	
136	パスファインダー	1966/07/02～1967/10/01	66MW	BWR	安全貯蔵	サイト解放済	2007年完了	
137	ピーチボトム-1	1967/06/01～1974/11/01	42MW	HTGR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2034年以降予定	

No.	国	施設名	運転期間	電気出力 (グロス)	炉型	廃止措置 方式	廃止措置現状	廃止措置完了 (予定) 時期
138	アメリカ 34基	ピッカー	1963/11/01～1966/01/01	12MW	その他	遮へい、隔離	隔離中 (放射能減衰に120年以上)	1969年完了
139		プエルトトリコ ボーナス	1965/09/01～1968/06/01	18MW	BWR	遮へい、隔離	隔離中 (放射能減衰に120年以上)	1970年完了
140		ランチョセコ-1	1975/04/17～1989/06/07	917MW	PWR	即時解体	許可解除 (建物残存)	2009年完了
141		サンオノフ-1	1968/01/01～1992/11/30	456MW	PWR	即時解体	解体完了 (2, 3号機と同時に許可終了)	2030年完了予定
142		サンオノフ-2	1982/09/20～2013/06/12	1127MW	PWR	未定	未定	未定
143		サンオノフ-3	1983/09/25～2013/06/13	1128MW	PWR	未定	未定	未定
144		シッピングポート	1957/12/02～1982/10/01	60MW	PWR	即時解体	サイト解放済	1989年完了
145		ショールーム	運転開始しないで閉鎖	880MW	BWR	即時解体	解体済	1995年完了
146		スリマイルアイランド-2	1978/12/30～1979/03/28	959MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵中 (1号機同時解体)	2036年完了予定
147		トロージャン	1976/05/20～1992/11/09	1155MW	PWR	即時解体	サイト解放済	2005年完了
148		ヤンキーロー	1961/07/01～1991/10/01	180MW	PWR	即時解体	サイト解放済	2007年完了
149		ザイオン-1	1973/12/31～1998/02/13	1085MW	PWR	安全貯蔵	解体準備中	2020年完了予定
150		ザイオン-2	1973/12/31～1998/02/13	1085MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵	2005年完了
151		サクストン	1967/03/01～1972/05/01	3MW	PWR	安全貯蔵	サイト解放済	2005年完了
152	キーウオーニー	1974/06/16～2013/05/07	595MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵 (C&M) 準備	2073年完了予定	
		バーモントヤンキー	1972/09/20～2014/秋	635MW	BWR	安全貯蔵	未定	未定



↑バーモントヤンキー原子力発電所 (アメリカ)

←東京電力福島第一原子力発電所5、6号機

委員会等参加報告

前報告から平成25年12月末までの外部機関委員会等への参加者は以下の通りである。

外部機関名	委員会等の名称	参加者氏名	開催日時
日本原子力学会	「低レベル廃棄物の処理処分のあり方」検討会	榎戸 裕二	11月19日
日本産業廃棄物処理振興センター	平成25年度放射性物質汚染廃棄物の処理に関する講習会	澁谷 進	11月21日
原子力デコミッショニング研究会	平成25年度第6回研究会	澁谷 進	11月22日
原子力安全基盤機構	廃棄確認技術検討委員会	泉田 龍男	12月2日
原子力デコミッショニング研究会	平成25年度第7回研究会	澁谷 進	12月20日

©RANDECニュース 第96号

発行日：平成26年2月20日

編集・発行者：公益財団法人 原子力バックエンド推進センター
〒319-1107 茨城県那珂郡東海村豊白一丁目3-37
Tel. 029-283-3010
Fax. 029-287-0022

ホームページ：<http://www.randec.or.jp/>

E-mail：decomi@randec.or.jp

本誌からの引用・複写は、当センターの許諾を受けて下さい。