

デコミッショニング技報

Journal of **RANDEC**

No. **50**
2014

巻頭言

原子力研究と教育:続けることの重要性

デコミッショニング技報第50号の発行に寄せて

研究報告

武蔵工大炉の廃止措置における廃棄物処理場の管理区域解除
ボール型加水分解炉によるイオン交換樹脂処理技術

技術報告

日立GEニュークリア・エナジーの原子力発電施設廃止措置技術
韓国の中低レベル放射性廃棄物管理の現状と展望
研究施設等廃棄物の廃棄物処理事業の準備状況

概説

ドイツの廃止措置の状況 ―福島第一原子力発電所事故の影響―

「デコミッショニング技報」の総目次 第1号～50号

RANDEC

**RANDECは、原子力バックエンドの確立に向けた
技術の調査・研究及び普及・啓蒙活動等の下記の
公益目的事業を行っています。**

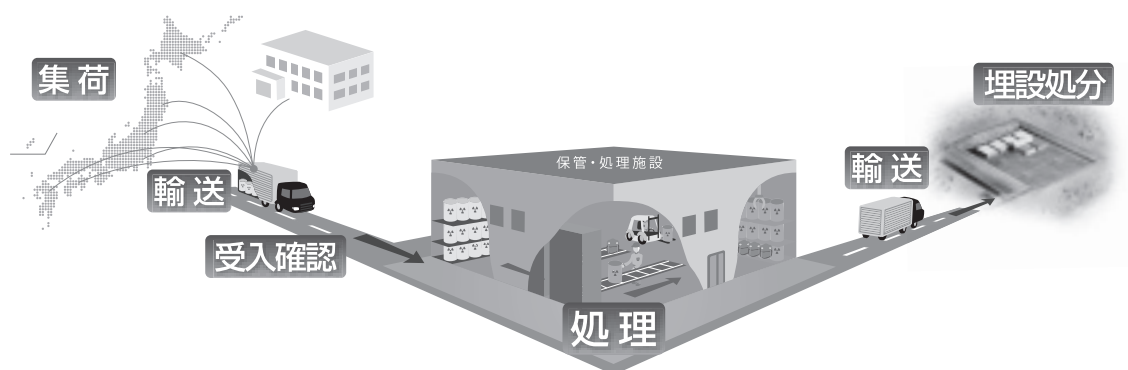
国内の研究施設等廃棄物の集荷・保管処理事業の確立

デコミッショニング及び放射性廃棄物処理処分に係わる調査・研究

福島県及び関東一円の環境回復に関する技術開発

原子力バックエンドに係わる研究成果の普及

これらの事業を通し、わが国の科学技術及びエネルギー事業の
振興に寄与しています。



デコミッションング技報

第50号 (2014年 9 月)

一 目 次

巻 頭 言

原子力研究と教育：続けることの重要性	1
矢野豊彦	

デコミッションング技報第50号の発行に寄せて	2
菊池三郎	

研究報告

武蔵工大炉の廃止措置における廃棄物処理場の管理区域解除	3
三橋偉司、内山孝文、松本哲男、丹沢富雄	

ボール型加水分解炉によるイオン交換樹脂処理技術	12
神田昌典、松崎 晋、ゲオルグ ブレーラー、ライナー スラメチカ	

技術報告

日立GEニュークリア・エナジーの原子力発電施設廃止措置技術	21
大浦正人、小畠亨司、片岡一郎、山井英樹	

韓国の中低レベル放射性廃棄物管理の現状と展望	30
韓国放射性廃棄物管理機構	

研究施設等廃棄物の廃棄物処理事業の準備状況	36
泉田龍男	

概 説

ドイツの廃止措置の状況 ―福島第一原子力発電所事故の影響―	43
フランツ ボーマン	

「デコミッションング技報」の総目次 第1号～50号	51
---------------------------------	----

Journal of RANDEC

No.50 Sep. 2014

CONTENTS

Technical Review

Release of waste facilities area from radiation controlled areas under decommissioning of the Musashi Reactor	3
Ishi MITSUHASHI, Takafumi UCHIYAMA, Tetsuo MATSUMOTO, Tomio TANZAWA	
Pyro-hydrolysis treatment technology of the ion exchange resin by pebble-bed pyrolysis reactor	12
Masanori KANDA, Susumu MATSUZAKI, Dr. Georg BRÄHLER, Rainer SLAMETSCHKA	

Technical Report

D & D Technology of Hitachi-GE Nuclear Energy for nuclear power plants	21
Masato OURA, Ryoji OBATA, Ichiro KATAOKA, Hideki YAMAI	
Current status and prospects of low-and-intermediate level waste management in Korea	30
Korea Radioactive Waste Agency	
Progress on management business system of LLW generated from research and industrial nuclear facilities	36
Tatsuo IZUMIDA	

Research Report

Current landscape of decommissioning in Germany — Influence of Fukushima-Daiichi NPP accident —	43
Franz BORRMANN	
Contents of back issues (No.1 ~ No.50), Journal of RANDEC	51

Release of waste facilities area from radiation controlled areas under decommissioning of the Musashi Reactor

Ishi MITSUHASHI, Takafumi UCHIYAMA,

Tetsuo MATSUMOTO, Tomio TANZAWA

J. RANDEC, No.50 (Sep. 2014), page3 ~ 11, 9 Figures, 5 Tables

The Musashi Reactor was permitted for construction of a research reactor by competent authority in October 1959. After first critical was established in January 1963, the joint utilization of the reactor for universities was started. The reactor had been used for many researchers and students. The reactor had been operated with aluminum clad fuel elements until March 1985, and stain-less steel clad fuel elements until December 1998. After the reactor was stopped during a long time, it was decided to be decommissioned in 2003.

Measures of stopping reactor operational function, reactor control system and cooling system were taken. With regard to the disposal of spent nuclear fuels, delivering the spent fuel to USDOE were completed. All function of the liquid waste system was stopped. After the liquid and solid radioactive waste systems were dismantled, the waste facilities area was released from the radiation control areas. This report presents the release of waste facilities area from the radiation control areas.

Pyro-hydrolysis treatment technology of the ion exchange resin by pebble-bed pyrolysis reactor

Masanori KANDA, Susumu MATSUZAKI,

Georg BRÄHLER, Rainer SLAMETSCHKA

J. RANDEC, No. 50 (Sep. 2014), page12 ~ 20, 13 Figures, 6 Tables

Treatment method of spent ion-exchange resin and sludge for sub surface disposal, such as from reactor water clean-up system and from fuel pool cooling cleanup system, is unestablished even now. However, such technology is essential task because increasing the volume of these wastes from decommissioning is unavoidable problem. Due to the solutions, NGK INSULATORS, LTD (NGK) has successfully developed and confirmed that pyro-hydrolysis can treat

these waste. This treatment technology, which is based on pebble-bed pyrolyser in nitrogen atmosphere by NUKEM Technologies GmbH, has been improved with superheated steam.

This report describes that overview, characteristic and examination result of the treatment technology for such resins with pyro-hydrolysis.

D & D Technology of Hitachi-GE Nuclear Energy for nuclear power plants

Masato OURA, Ryoji OBATA,

Ichiro KATAOKA, Hideki YAMAI

J. RANDEC, No.50 (Sep. 2014), page21 ~ 29, 19 Figures, 1 Tables

Based on the achievements of construction of nuclear power plants, the accomplishments of large size structure exchange constructions, such as core shroud replacement construction, and periodical inspection during plant operation, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. "Hitachi-GE" has continued technical development for decommissioning of nuclear power plants. This report presents the outline of Hitachi-GE's decommissioning technology for nuclear power plants. In addition, taking up a field of engineering, chemical decontamination, cutting and dismantling, radioactivity measurement and waste treatment for decommissioning, this report describes outline, characteristics and development status on each technology.

Current status and prospects of low-and-intermediate level waste management in Korea

Korea Radioactive Waste Agency

J. RANDEC, No. 50 (Sep. 2014), page30 ~ 35, 2 Figures, 3 Tables

This paper describes current status of low-and-intermediate level waste (LILW) management in Korea and its prospects. In Korea, LILW will be disposed in Wolsong LILW Disposal Center (WLDC) in Gyeongju-city by Korea Radioactive Waste Agency (KORAD). KORAD has completed construction of the LILW underground facility in June 2014, and has been preparing for the operation by the end of 2014. As the

measure of LILW management needs to be made considering the new classification and generation of decommissioning waste, KORAD plans to construct a shallow land disposal facility as the 2nd phase and a landfill facility as the 3rd phase.

Progress on management business system of LLW generated from research and industrial nuclear facilities

Tatsuo IZUMIDA

J. RANDEC, No. 50 (Sep. 2014), page36 ~ 42, 6 Figures, 2 Tables

RANDEC has been studying a management business system of LLW (Low Level Waste) generated from research and industrial facilities since 2008. To examine economical problems, the income and expenditure of LLW treatment business was simulated. As a result, raising method of the funds which is required in preparatory stage of LLW treatment business is an obvious issue to carry out as public utility works.

Current landscape of decommissioning in Germany

— Influence of Fukushima Daiichi NPP accident —

Franz BORRMANN

J. RANDEC, No. 50 (Sep. 2014), page43 ~ 50, 5 Figures, 1 Tables

Decommissioning landscape now in Germany might be another aspect, without the Fukushima Daiichi nuclear power plant (NPP) accident. Influence to the German atomic energy policy had to be indispensable, due to enforced decommissioning of NPPs and discontinuation of their life-time extension. The phaseout of nuclear energy utilization in Germany, not eliminated yet through Fukushima, causes the accelerated energy transfer which must be influenced in income of power supplies and at the same time decommissioning of their facilities. Independent on Fukushima, disposal problem of radioactive waste in Germany is to clarify. Commencement of KONRAD disposal facility for non heat generating waste is delayed and the new initiation of process to search for disposal facility of heat generating one gives in decommissioning circumstance of Germany a new impulse.

原子力研究と教育：続けることの重要性



東京工業大学 原子炉工学研究所長
矢野 豊彦

東京電力福島第一原子力発電所の過酷事故は甚大な被害を及ぼし、今もって多数の国民が避難生活を余儀なくされている。巨大地震およびそれに伴う巨大津波という自然の猛威には、容易にはなすすべを見つけれないが、地殻変動の特に激しい、それゆえに自然の美しい日本に住む国民として、大自然の災禍は必然的に背負わなければならないリスクである。しかしながら“想定を超える”津波による炉心溶融事故は、防ぐことは出来なかったのでしょうか？原子力研究を使命とする研究所に身を置く研究者として、悔しい思いとともに、本当に申し訳なく思う。

21世紀中葉には、開発途上国における人口の急増と、それら地域の生活水準が基本的人権として担保されるべきレベルまで向上することが重なり合って世界のエネルギー消費を急激に増加させ、資源エネルギー問題、食糧／水問題とともに地球環境問題を引き起こすことが1970年代初頭から危惧されており、その状況は今も少しも変わらない。“大気汚染”に対してクリーンな原子力へ大きな期待が寄せられていたが、原発事故はそれが決してクリーンなエネルギー源ではないことを体験として知らしめた。事故を契機に原子力利用を継続するか否かの選択を迫られているが、それを性急に決めることは賢明ではない。図らずも危険を感知できる技術になったことで、ようやく正当に判断出来る段階に來たのだと思う。今は犠牲が極めて大きく、許容できないと思う人が圧倒的に多いかも知れないが、技術の発展には往々にして多大な犠牲を払ってきたのも歴史的事実である。原子力も特別なものから皆が考えることの出来る技術となったことで、その功罪が他の幾多の技術と同じように判断されていくのだと思う。

新しい技術がほぼ成熟し、その技術自体から発生する事故が極めて低いレベルに到達するには、長い時間がかかる。鉄道や船では数百年かかったとも言われている。核分裂連鎖反応の実証（1942）から70年、初めて発電したのが1950年代、日本で初めて原子力による商用発電が開始されたのが1966年である。まだまだ成熟していない技術であり、絶え間ない改良が必要であることは明白である。ましてや、バックエンドの問題を含め核燃料サイクル技術の成立とその成熟はまだまだ道半ばである。未熟だから“大事故”が起こって当たり前と言っているのではない。種々のトラブルを対症的にのみ解決するのではなく、基礎基盤に戻り、改善や改良を行っていくことで事故に対してより裕度の高いシステムにできるはずである。

福島事故以降、原子力離れが加速し、技術者や研究者が急速に減少してしまうことを恐れる。伝統工芸の世界では、熟練した職人がいなくなるとその技術は消滅してしまう。原子力のプラントにおいても、その技術なり経験なりを継承できなければ、二度と造れなくなるであろう。技術の継承や改良には、それを担う相当数の人が必要であることは言うまでもない。大学教員にとって、絶え間なく研究を進めることと原子力人材の継続的な輩出が、最も重要な役割である。原子力に潜む怖さを謙虚に認識した上で、人類の英知を集め、科学技術の出来ることへの夢を持ち続けたい。廃炉技術も後ろ向きに捉えるのではなく、予先となり世界に手本を示して欲しい。

デコミッションング技報第50号の発行に寄せて



(公財) 原子力バックエンド推進センター

理事長 菊池 三郎

このたび、原子力バックエンド推進センター (RANDEC) は、記念すべきデコミッションング技報第50号を皆様のお手元にお届けする運びとなりました。(財) 原子力施設デコミッションング研究協会 (旧 RANDEC) が発足した1989年10月に第1号を刊行して以来、四半世紀にわたって途切れることなくほぼ年2回の割合で発行してこられましたのも、ひとえに皆様のご支援の賜物と感謝申し上げます。

旧RANDECの設立当時、わが国の原子力開発利用は30年を経過し、1976年に運転を終了したわが国初の発電用原子炉である旧日本原子力研究所の動力試験炉 (JPDR) では、やはりわが国初の廃止措置 (デコミッションング) として解体実地試験が大きな進展を見せ、また、旧原子力工学試験センター (後の原子力発電技術機構: NUPEC) においては実用発電用原子炉の廃炉設備確証試験/技術実証プロジェクトが本格化するなど、原子力施設の廃止措置が具体的な展開の途にありました。

このような状況のなか、新しい分野とも言えるデコミッションングを開拓しようとする多くの技術者や研究者の期待に応えるべく、わが国で唯一のデコミッションングに関する専門的な技術機関誌としてデコミッションング技報は創刊されました。

デコミッションングは総合技術とよく言われますが、原子力関連のみならず異業種とも称される多くの分野の専門技術が統合されて初めて、デコミッションングの技術体系の構築が達成されと考えます。本誌は、このような考えに基づき、デコミッションングに係わる最新技術の紹介や普及、関係者間の技術交流と切磋琢磨の場を提供するものであり、この四半世紀にわたって広く深い交流の促進や成果の活用、技術体系の充実化に少なからず貢献してきたものと自負しています。

その間、海外のデコミッションング技術動向にも強い関心を持ち、OECD/NEAでの技術交流や海外調査団の派遣などを通じた情報記事も織り込んできました。また、東京電力福島第一原子力発電所の事故による環境汚染にあたっては、多くの研究機関、企業、団体等による除染技術の開発が進められてきましたが、RANDECでは賛助会員殿における除染・減容化技術や放射線遮へい・測定技術などの開発成果を取りまとめ、デコミッションング技報の特別号「福島環境回復技術」として2013年6月に刊行しました。従来の技報と合わせてお読みいただければと思います。さらに今後に向けては、これまでの実績をベースに福島第一原子力発電所の廃炉に向けて大きな役割を果たすべく努力して参ります。

最後にはなりますが、これまで永年にわたってデコミッションング技報に快く寄稿いただきました皆様にあらためて感謝申し上げますとともに、今後とも活発にご寄稿、ご討論いただくことによって、本誌がますます活用されていくことを期待いたします。

武蔵工大炉の廃止措置における廃棄物処理場の管理区域解除

三橋 偉司*、内山 孝文*、松本 哲男*、丹沢 富雄**

Release of waste facilities area from radiation controlled areas under decommissioning of the Musashi Reactor

Ishi Mitsuhashi, Takafumi Uchiyama, Tetsuo Matsumoto, Tomio Tanzawa

東京都市大学（旧武蔵工業大学）原子力研究所の研究用原子炉（以下、武蔵工大炉と言う）は、1959年10月に設置の許可を受けた。1963年1月に初臨界を達成して以来、武蔵工大炉は学部・大学院生を始め、国公立大学共同利用施設として、日本全国の研究者・技術者が利用してきた。アルミニウム被覆燃料炉心で1985年3月まで運転した後、安全性向上のため、ステンレス被覆燃料炉心に変更して1989年12月まで運転した。その後、原子炉タンク水の水漏れによる長期停止を経て、2003年に原子炉施設を廃止することになった。

これまで策定した廃止措置計画により、運転機能の永久停止、計測制御設備、冷却系統施設等に係る機能停止措置を行った。さらに、使用済燃料の処分として、燃料輸送を行い、燃料の米国エネルギー省への引渡しを完了した。また、液体廃棄物廃棄設備の機能停止後、液体廃棄物及び固体廃棄物の廃棄設備の解体撤去を行い、それら廃棄設備があった廃棄物処理場を放射線管理区域から解除した。本報告では、廃棄物処理場の放射線管理区域からの解除について報告する。

The Musashi Reactor was permitted for construction of a research reactor by competent authority in October 1959. After first critical was established in January 1963, the joint utilization of the reactor for universities was started. The reactor had been used for many researchers and students. The reactor had been operated with aluminum clad fuel elements until March 1985, and stain-less steel clad fuel elements until December 1998. After the reactor was stopped during a long time, it was decided to be decommissioned in 2003.

Measures of stopping reactor operational function, reactor control system and cooling system were taken. With regard to the disposal of spent nuclear fuels, delivering the spent fuel to USDOE were completed. All function of the liquid waste system was stopped. After the liquid and solid radioactive waste systems were dismantled, the waste facilities area was released from the radiation control areas. This report presents the release of waste facilities area from the radiation control areas.

* : 東京都市大学 原子力研究所 (Atomic Energy Research Laboratory, Tokyo City University)

** : 立教大学 原子力研究所 (Institute for Atomic Energy, Rikkyo University)

1. はじめに

東京都市大学（旧武蔵工業大学）原子力研究所の研究用原子炉（以下、武蔵工大炉と言う）は、Table 1にその概要を示す通り、濃縮ウラン水素化ジルコニウム減速水冷固体均質型（TRIGA－Ⅱ型）で、最大熱出力100kWの原子炉である。1959年10月に設置の許可を受け、1963年1月に初臨界となった。アルミニウム被覆燃料炉心で1985年3月まで運転（積算出力約1100MWh）し、ステンレス被覆燃料炉心に変更して1989年12月まで運転（積算出力約400MWh）した。原子力技術者育成のための教育訓練の場、炉物理や放射化分析などの研究の場、そして医療・生物治療研究を中心とし、全国の大学共同利用研究施設として重責を担ってきた。その後、長期停止を経て、2003年に原子炉施設を廃止することになった。

Table 2に武蔵工大炉の廃止措置計画と進捗状況（予定と実績）を示すが、2004年1月27日に原子炉等規制法第38条第1項に基づき文部科学省に「解体届」を提出し、廃止措置に着手した¹⁾。その後、原子炉等規制法が改正されて廃止措置計画認可制度が新設されたことに伴い、文部科学省に「廃止措置計画」を申請し、認可された。この間、計測制御設備、冷却系統施設等に係る機能停止措置を行った²⁾。

さらに、使用済燃料の処分として、燃料輸送を行い、燃料の米国エネルギー省への引渡しを完了し³⁾、また、液体廃棄物の廃棄設備の機能停止を行うため、廃止措置計画の変更認可を申請し、認可を受けた⁴⁾。

引き続き、液体廃棄物の廃棄設備の機能停止措置を実施し、液体廃棄物及び固体廃棄物の廃棄設備の解体撤去のための廃止措置計画の変更申請の申請、認可を受け、さらに、その解体撤去も完了した^{5), 6)}。

本報告では、2012年度に実施した液体廃棄物及び固体廃棄物の廃棄設備があった廃棄物処理場の放射線管理区域（以下、管理区域と言う。）からの解除について、関連する放射性同位元素取扱施設も含め、それらの手続き及び実施内容を述べる。

Table 1 Summary of the Musashi Reactor

- (1) 原子炉の名称：東京都市大学研究用原子炉（武蔵工大炉）
- (2) 設置者：学校法人 五島育英会
- (3) 所在地：神奈川県川崎市麻生区
王禅寺971番地
東京都市大学
原子力研究所
- (4) 使用の目的：研究（炉物理、極微量元素分析、中性子ラジオグラフィ）、ラジオアイソトープの生産及び利用、医療照射、教育訓練
- (5) 臨界日：1963年1月30日
- (6) 全出力運転達成日
：1963年2月4日
- (7) 型式：濃縮ウラン水素化ジルコニウム減速水冷固体均質型（TRIGA－Ⅱ型）
- (8) 原子炉出力：100kW
- (9) 燃料：20%濃縮ウラン（U－ZrH合金）

2. 廃棄物処理場の解体撤去及びその工事の計画

武蔵工大炉の原子炉施設及び廃棄物処理場における解体撤去前の液体廃棄物及び固体廃棄物の廃棄設備に係わる建屋及び半地下式の貯槽類の配置をFig. 1に示す。同図から分かる通り、廃棄物処理場は液体廃棄物処理棟、原子炉室からの排水の配管（図示していない）、貯槽類及び固体廃棄物の廃棄設備である固体廃棄物貯蔵庫（以下、固体廃棄物貯蔵庫と言う）を屋外の管理区域に設置していたものである。本工事では廃止措置計画の進捗により、原子炉施設から液体廃棄物が発生しないことから、機能を停止した液体廃棄物の廃棄設備を撤去し、また、固体廃棄物貯蔵庫に保管中の固体廃棄物は原子炉室内で保管している設備・機器と併せて集中管理することとし、固体廃棄物貯蔵庫を撤去するものであった。

Table 2 General plan of decommissioning and progress

項目(年度)		2004年度	2005年度	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	X年度	X+1年度	
		第1段階				第2段階				第3段階			
燃料要素 (使用済燃料貯蔵容器に保管中)		輸出											
	系統・設備	運転機能の永久停止措置											
	原子炉本体	原子炉本体・炉内構造物の機能停止											
	核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	原子炉本体・実設設備の機能停止											
	原子炉冷却系等施設	核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の一部機能停止											
	一次冷却設備	一次冷却設備の一部機能停止											
	計測制御系統施設	原子炉冷却系等施設・一次冷却設備の機能停止											
	放射性廃棄物の廃棄施設(気体)	放射線管理施設の一部機能停止											
	放射線管理施設	放射線管理施設の一部機能停止											
	その他原子炉の附属施設	その他原子炉の附属施設の一部機能停止											
原子炉建屋等関係	非常用電源	非常用電源											
	設備・機器	設備等の放射線線量の測定											
	放射線管理施設	放射線管理施設の一部機能停止											
	原子炉冷却系等施設	原子炉冷却系等施設の一部機能停止											
	一次冷却設備	一次冷却設備の一部機能停止											
	計測制御系統施設	計測制御系統施設の一部機能停止											
	放射性廃棄物の廃棄施設(気体)	放射性廃棄物の廃棄施設の一部機能停止											
	放射線管理施設	放射線管理施設の一部機能停止											
	その他原子炉の附属施設	その他原子炉の附属施設の一部機能停止											
	非常用電源	非常用電源											
原子炉室	設備・機器	設備等の放射線線量の測定											
	放射線管理施設	放射線管理施設の一部機能停止											
	原子炉冷却系等施設	原子炉冷却系等施設の一部機能停止											
	一次冷却設備	一次冷却設備の一部機能停止											
	計測制御系統施設	計測制御系統施設の一部機能停止											
	放射性廃棄物の廃棄施設(気体)	放射性廃棄物の廃棄施設の一部機能停止											
	放射線管理施設	放射線管理施設の一部機能停止											
	その他原子炉の附属施設	その他原子炉の附属施設の一部機能停止											
	非常用電源	非常用電源											
	設備・機器 放射性廃棄物の廃棄施設(固体・液体) (廃棄物処理場)	設備・機器	設備等の放射線線量の測定										
放射線管理施設		放射線管理施設の一部機能停止											
原子炉冷却系等施設		原子炉冷却系等施設の一部機能停止											
一次冷却設備		一次冷却設備の一部機能停止											
計測制御系統施設		計測制御系統施設の一部機能停止											
放射性廃棄物の廃棄施設(気体)		放射性廃棄物の廃棄施設の一部機能停止											
放射線管理施設		放射線管理施設の一部機能停止											
その他原子炉の附属施設		その他原子炉の附属施設の一部機能停止											
非常用電源		非常用電源											
その他の建屋等関係		設備・機器	設備等の放射線線量の測定										
	放射線管理施設	放射線管理施設の一部機能停止											
	原子炉冷却系等施設	原子炉冷却系等施設の一部機能停止											
	一次冷却設備	一次冷却設備の一部機能停止											
	計測制御系統施設	計測制御系統施設の一部機能停止											
	放射性廃棄物の廃棄施設(気体)	放射性廃棄物の廃棄施設の一部機能停止											
	放射線管理施設	放射線管理施設の一部機能停止											
	その他原子炉の附属施設	その他原子炉の附属施設の一部機能停止											
	非常用電源	非常用電源											
	廃止措置計画の策定 保安規定の改定	廃止措置計画の策定	廃止措置計画の策定										
保安規定の改定		保安規定の改定											
設備・機器		設備等の放射線線量の測定											

■ : 実績 □ : 計画



Fig. 1 Placement of reactor facilities including waste facilities area before dismantlement

3. 廃棄物処理場の管理区域からの解除

3.1 解除前の状況

(1) 原子炉施設

廃止措置中の武蔵工大炉における廃棄物処理場の管理区域からの解除前の状況は、2011年 9 月16 日付23受文科科第2788号「学校法人五島育英会東京都市大学原子力研究所の原子炉に係る廃止措置計画の変更について（認可）」に基づき、液体廃棄物の廃棄設備及び固体廃棄物貯蔵庫を撤去した状態にあった。その後、同申請書に基づき、それらを設置していた場所である廃棄物処理場を管理区域から解除を行う計画であり、それら施設等の撤去後の、また、廃棄物処理場を管理区域から解除後の保安管理について変更が必要であるため、武蔵工大炉の原子炉保安規定の変更申請を行っていた。

以上の廃止措置計画の変更、並びに、原子炉施

設の保安規定の変更の内容及び理由の要点を Table 3 及び Table 4 に示した。また、液体廃棄物の廃棄設備及び固体廃棄物貯蔵庫の撤去前後の廃棄物処理場の様子を Fig. 2 に示した。

Table 3 Changed contents and reasons of dismantling waste facilities

項 目	内容及び理由
液体廃棄物の廃棄設備	理由：使用済燃料の燃料搬出後で、今後の原子炉生体遮蔽等の大型躯体の解体撤去前においては、液体廃棄物が発生することが無い。 内容：機能を停止した液体廃棄物の廃棄設備を撤去する。
固体廃棄物の管理	理由：放射性廃棄物の事業所外への搬出を行うまでの間、固体廃棄物貯蔵庫に保管中の固体廃棄物を原子炉室内で保管している設備・機器と併せて集中管理する。 内容：固体廃棄物貯蔵庫を撤去する。
管理区域	理由：液体廃棄物の廃棄設備及び固体廃棄物貯蔵庫の解体撤去 内容：設置場所である廃棄物処理場を管理区域から解除する。

Table 4 Changed contents and reasons of operational safety programs

項 目	内容及び理由
固体廃棄物	理由：固体廃棄物の廃棄設備の撤去 内容： ①貯蔵場所を「固体廃棄物保管場所（原子炉補機室）」に変更 ②保管状況の点検箇所を「固体廃棄物保管場所」に変更 ③運搬に関し、運搬先を示す「固体廃棄物貯蔵庫」を削除 ④1センチメートル線量当量と表面密度の測定場所を「固体廃棄物保管場所（原子炉補機室）」に変更 ⑤施設定期自主検査において、「原子炉補機室」に「外観検査」を追加
管理区域	理由：液体廃棄物及び固体廃棄物の廃棄設備の撤去 内容：管理区域であった液体廃棄物の廃棄設備及び固体廃棄物の廃棄設備を設置していた廃棄物処理場を図から削除



Fig. 2 State of waste facilities area before dismantlement (upper) and after (lower)



Fig. 3 Renewal of liquid radioactive waste disposal system in radioisotope laboratory (upper: dilution tank, lower: operation control board)

(2) 放射性同位元素取扱施設

放射性同位元素取扱施設においては、原子炉施設と同様に、同廃棄物処理場を管理区域として、上記の液体廃棄物の廃棄設備（放射性同位元素取扱施設では排水設備が正式名称である。）を共用していたが、2009年8月19日付21校文科科第6213号「放射性同位元素の許可使用に係る変更の許可について（通知）」において休止し、放射性同位元素取扱施設の教育及び研究における継続的な活用を行うため、Fig. 3に示す新排水設備を設置していたが、当該排水設備を廃止すべく、2011年9月20日付「許可使用に関する軽微な変更に係る変更届」を提出し、廃止措置の工事を実施し、完了していた状態であった。

3.2 解除

以上の状況の下、2012年6月26日付24受文科科第2402号「原子炉施設に係る保安規定の変更について（認可）」にて、液体廃棄物の廃棄設備及び固体廃棄物貯蔵庫の撤去後、並びに廃棄物処理場を管理区域から解除後の保安管理についての変更を行う保安規定の変更認可を受けたことから、原子炉施設及び放射性同位元素取扱施設の両施設において、原子炉保安規定並びに放射線障害予防規程において管理区域と設定されていた廃棄物処理場を原子炉保安規定の変更認可日と同日の2012年6月26日に管理区域から解除した。

(1) 手続き

原子炉等規制法及びその関連法令において、原

子炉施設の一部を管理区域から解除することについて手続きが書かれていないことから、廃棄物処理場の管理区域からの解除については、その手続きを所内の図書として作成し、原子炉主務者及び放射線取扱主任者の確認を得、原子力研究所長（以下、所長と言う。）の承認を得て、管理区域の解除を行った。また、実施の結果は同様に所内の図書として作成し、原子炉主務者及び放射線取扱主任者の確認を得、所長の承認を受けた。

（２）実施者

承認を受けた図書に従い、原子炉施設及び放射性同位元素取扱施設の廃棄物処理場の管理区域からの解除は所長が指示し、原子炉施設管理室長が行った。

（３）解除日、原子炉保安規定及び放射線障害予防規程の施行日

上記の通り、原子炉施設の液体廃棄物の廃棄設備及び固体廃棄物貯蔵庫の撤去後、並びに廃棄物処理場の管理区域からの解除後の保安管理について、変更申請していた原子炉保安規定が2012年 6 月26日付にて認可されたことを受け、廃棄物処理場の管理区域からの解除は同日に行い、原子炉保安規定の施行日はその翌日の 6 月27日とした。

放射性同位元素取扱施設としても、廃棄物処理場の管理区域からの解除は原子炉施設の管理区域からの解除と同日に行い、上記の軽微な変更に係る変更届けに基づき排水設備の廃止の完了後に提出する放射線施設の廃止に伴う措置の報告書に記載する排水設備の廃止の年月日は原子炉保安規定の認可日と同日とした。また、放射性同位元素取扱施設の排水設備を廃止し、廃棄物処理場の管理区域からの解除を行った後の放射線障害予防規程の施行日は原子炉保安規定と合わせ、同様に解除日の翌日である 6 月27日とした。

（４）標識の撤去

廃棄物処理場の管理区域からの解除に当っては、当該管理区域に設置されている管理区域を示す標識を撤去した。

（５）実施及び立会

所長の指示の下、標識の撤去は原子炉施設管理室が行ったが、原子炉主務者及び放射線取扱主任者の立会の下に行った。なお、実施に当っては写真を撮り、記録した。記録した写真の一例を Fig. 4-1～4-6 に示した。



Fig. 4-1 Confirmation at meeting room



Fig. 4-2 Removal of mark (Mark F described in Table 5)



Fig. 4-3 Removal of mark (Mark D described in Table 5)



Fig. 4-4 Confirmation of dose rate and contamination

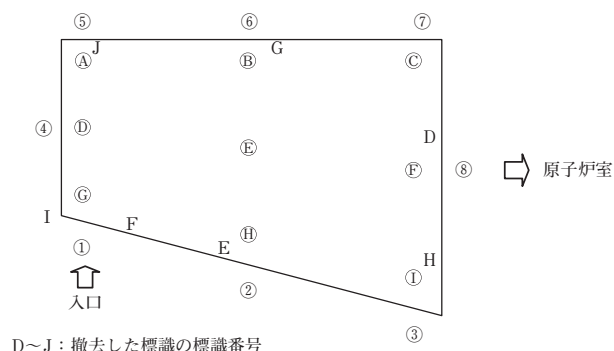


Fig. 4-5 Landscape view of former waste facilities area from point ① described in Table 5 after released from radiation control areas



Fig. 4-6 Landscape view of former waste facilities area from point ② described in Table 5 after released from radiation control areas

Table 5 Measurement results of 1cm dose equivalent and contamination density (counting rate) at representative points inside and outside the former waste facilities area, and at 4 background points in the site



旧廃棄物処理場内		
位置	1 cm線量当量率 ¹⁾ (μ Sv/h)	汚染密度 ²⁾ (計数率：cpm)
Ⓐ	0.07	90
Ⓑ	0.06	94
Ⓒ	0.07	89
Ⓓ	0.06	106
Ⓔ	0.06	80
Ⓕ	0.06	100
Ⓖ	0.06	98
Ⓗ	0.07	73
①	0.06	90

旧廃棄物処理場外		
位置	1 cm線量当量率 ¹⁾ (μ Sv/h)	汚染密度 ²⁾ (計数率：cpm)
⑤	0.06	102
⑥	0.08	80
⑦	0.08	76
④	0.07	76
⑧	0.07	85
①	0.08	110
②	0.06	80
③	0.07	84

バックグラウンド (B.G.)		
位置	1 cm線量当量率 ¹⁾ (μ Sv/h)	汚染密度 ²⁾ (計数率：cpm)
(1)	0.08	136
(2)	0.06	107
(3)	0.07	104
(4)	0.08	180

1) NaIシンチレーションサーベイメータ (TCS-171B)

2) GM管式汚染サーベイメータ (TGS-146)

(6) 解除後の確認測定

解除前に、廃棄物処理場内外の約1000点（約1 m四方の間隔）について、1 cm線量当量率及び汚染密度（計数率）を測定し、それらの値が原子力研究所内のバックグラウンドを代表する4点と同一であることを確認していたが、前者の代表点及びバックグラウンド4点のそれらの値が管理区域の解除後にも解除前の状態から変化がないことを確認した。解除後のそれらの測定結果をTable 5に示した。

3.3 保安規定改定までの期間の設備の管理

液体廃棄物の廃棄設備は既に機能停止（放射性同位元素取扱施設では休止）していたが、固体廃棄物の廃棄施設では固体廃棄物を保管中の固体廃棄物貯蔵庫を廃止措置計画書に基づき、解体撤去した。この解体の前には、固体廃棄物を原子炉室へ構内輸送し、原子炉室での保管管理を開始したが、これらも廃止措置計画書に基づき行ったものである。しかし、これらは保安規定の改定前に行ったものであり、原子炉室が新たに固体廃棄物の貯蔵場所となったため、保安規定上では原子炉室を固体廃棄物貯蔵庫（場所）と読み替え、固体廃棄物の廃棄施設の管理を行った。

この点については、実務上は全く問題はなかったが、先ず、固体廃棄物貯蔵庫の機能停止を行い、原子炉室を保安規定上の固体廃棄物の貯蔵場所と位置付ける保安規定の改定を行った後、解体撤去を行う一連の流れ、つまり、解体撤去施設の機能停止、その管理に関連する保安規定の改定の後、解体撤去工事の実施とする流れを実施廃止措置計画書に明確に記載し、実施することが手続き上、より適切であると考えられる。

4. まとめ

2012年度に武蔵工大炉の廃止措置計画の進捗において実施した廃棄物処理場の管理区域からの解除について、関連する放射性同位元素取扱施設も含め、実施したそれらの手続き及び実施内容を報告した。

原子炉施設については一部の管理区域の解除についての手続きが原子炉等規制法及びその関連法

令に記載がないため、事業者が事業所としての手続きを定めて実施し、その解除実施日を液体廃棄物の廃棄設備及び固体廃棄物貯蔵庫の撤去後、並びに廃棄物処理場の管理区域からの解除後の保安管理を定める原子炉保安規定の認可日及びその施行日と整合性を採り、原子炉保安規定の認可日に管理区域を解除し、保安規定の施工日はその翌日とした。

また、放射性同位元素取扱施設としては廃止した廃棄物処理場の排水設備は原子炉施設と共用であったため、放射性同位元素取扱施設としての廃止措置の廃止工事は放射線障害防止法及びその関連法令に従って、別途、手続きを行うとともに、定められた放射線施設の廃止に伴う措置の報告書に記載する廃止の年月日は原子炉保安規定の認可日と同一日とし、廃棄物処理場の管理区域からの解除を行った後の放射性同位元素取扱施設の管理を定める放射線障害予防規程の施行日は原子炉保安規定と同様に解除日の翌日、原子炉保安規定の施行日と同一日とすることにより、両施設の整合性を採った。

廃止措置中の研究用原子炉施設においては、廃止措置計画の進捗により、一部施設や設備の撤去により原子炉施設の一部の管理区域を解除すること、また、その研究用原子炉施設が放射性同位元素取扱施設と共用する場合も少なくないと思われる。本報告では、このような原子炉施設の一部の管理区域を解除、また、それが放射性同位元素取扱施設との共用の施設や設備である場合の管理区域を解除する手続きについて、保安規定や放射線障害防止規程の改定も含めた原子炉施設及び放射性同位元素取扱施設のそれぞれの手続きを行うとともに、整合性を採りつつ行った実績をまとめた。

参考文献

- 1) 丹沢富雄、松本哲男、小林佳代子、高瀬幹子、内山孝文、堀内則量、「原子炉施設の廃止措置計画」、武蔵工業大学 原子力研究所 研究所報、通巻30号（2004年）。
- 2) 内山孝文、丹沢富雄、松本哲男、小林佳代子、高瀬幹子、堀内則量、「武蔵工大原子炉施設の廃止措置の進捗状況」、武蔵工業大学 原子力研究所 研究所報、通巻32号（2006年）。

- 3) 丹沢富雄、内山孝文、小林佳代子、高瀬幹子、松本哲男、堀内則量、「武蔵工大原子炉施設の廃止措置の進捗状況（2）」、武蔵工業大学 原子力研究所 研究所報、通巻33号（2007年）.
- 4) 内山孝文、丹沢富雄、森島佳代子、松本哲男、堀内則量、「武蔵工大原子炉施設の廃止措置の進捗状況（3）」、東京都市大学 原子力研究所 研究所報、通巻36号（2010年）.
- 5) 内山孝文、丹沢富雄、三橋偉司、森島佳代子、松本哲男、「武蔵工大原子炉施設の廃止措置の進捗状況（4）」、東京都市大学 原子力研究所 研究所報、通巻38号（2012年）.
- 6) T. Uchiyama, T. Tanzawa, I. Mitsunashi, N. Iijima, and T. Matsumoto, “Present Status of Decommissioning in the Musashi Reactor,” Proc. 11th International Symposium “Conditioning of Radioactive Operational & Decommissioning Wastes (KONTEC 2013),” Dresden, Germany, March 13-15, 2013, pp.374-379 (2013).

ボール型熱加水分解炉によるイオン交換樹脂処理技術

神田 昌典*、松崎 晋*、ゲオルグ ブレーラー**、ライナー スラメチカ**

Pyro-hydrolysis treatment technology of the ion exchange resin by pebble-bed pyrolysis reactor

Masanori Kanda, Susumu Matsuzaki, Georg Brähler, Rainer Slametschka

原子炉冷却材浄化系や燃料プール冷却材浄化系から発生する比較的放射能レベルの高い、余裕深度処分対象の使用済イオン交換樹脂・スラッジ（以下「L1樹脂」と云う）は、その処理方法が確立されていない。しかしながら、今後、各発電所で検討が加速される廃炉においては処理が必要であることから、その処理・処分は喫緊の課題となっている。日本ガイシ（以下「NGK」と云う）では、このような課題を解決すべく、ボール型熱加水分解炉によるL1樹脂処理技術の開発に取り組み、十分に適用できることを確認した。この処理技術は、NUKEM社より技術導入した乾留処理法（窒素雰囲気での熱分解）をベースに、過熱蒸気を用いて改良したものである。

本報告では、ボール型熱加水分解炉によるL1樹脂処理技術の概要と特徴、これまでに取り組んだ試験より得られた処理性能を述べる。

Treatment method of spent ion-exchange resin and sludge for sub surface disposal, such as from reactor water clean-up system and from fuel pool cooling cleanup system, is unestablished even now. However, such technology is essential task because increasing the volume of these wastes from decommissioning is unavoidable problem. Due to the solutions, NGK INSULATORS, LTD (NGK) has successfully developed and confirmed that pyro-hydrolysis can treat these waste. This treatment technology, which is based on pebble-bed pyrolyser in nitrogen atmosphere by NUKEM Technologies GmbH, has been improved with superheated steam.

This report describes that overview, characteristic and examination result of the treatment technology for such resins with pyro-hydrolysis.

1. はじめに

原子炉冷却材浄化系や燃料プール冷却材浄化系から発生する比較的放射能レベルの高い、余裕深度処分対象の使用済イオン交換樹脂・スラッジ（以下、「L1樹脂」と云う）は、その処理方法が確立されておらず、殆どの原子力発電所で未処理のま

ま（一部発電所では溶離廃液として）タンクに長期貯蔵されている。しかしながら、一部発電所ではタンクの貯蔵容量の限界に達する時期が迫りつつもタンク増設が困難な状況であることや、今後、各発電所で検討が加速される廃炉においては処理が必要であることから、L1樹脂の処理・処分は喫緊の課題である。

* : 日本ガイシ(株) 産業プロセス事業部 (NGK INSULATORS, LTD.)

** : NUKEM Technologies GmbH

有機系廃棄物であるL1樹脂の処理は、処分の観点から減容と共に無機化が適切であり、処理生成物に長半減期核種を含まないことが望ましい。このニーズに対して熱処理法は減容・無機化が容易な上、処理生成物にC-14等の揮発性長半減期核種を含まないことが期待できるが、焼却処理法は処理装置構成材に耐火物を使用するため、比放射能が高い処理生成物を扱うにはメンテナンスやハンドリングに課題が残った。

日本ガイシ（以下、「NGK」と云う）では、これまで納入してきた放射性の可燃性及び不燃性雑固体廃棄物の処理技術の経験・知識を基に、未処理廃棄物及び廃炉廃棄物の処理技術の開発に取り組んでおり、L1樹脂に対するボール型熱加水分解炉による処理技術の開発を進めてきた。

本報告では、ボール型熱加水分解炉によるL1樹脂処理技術の概要と特徴、これまでに取り組んだ試験より得られた処理性能を述べる。

2. ボール型熱加水分解処理技術の概要

2.1 熱加水分解処理法の基本原理

熱加水分解処理法の原理をFig. 1に示す。

L1樹脂はスチレンージビニルベンゼンを基材とした、カチオン樹脂とアニオン樹脂との混合状態で使用されている。熱加水分解処理法はL1樹脂を450～550℃の温度雰囲気、過熱蒸気により熱加水分解して減容(減重)し、固定炭素を主成分とした水不溶性の安定な廃棄物とする処理方法である。本法は、1984年に独NUKEM社より技術導入したボール型熱分解炉による乾留処理法(窒素雰囲気での熱分解)^{1), 2)}をベースに、熱加水分解技術を加え、NGK独自に改良したものである。

乾留処理法では、L1樹脂の減重比は1/5～1

/7程度であるが、過熱蒸気を通じる熱加水分解処理法では、L1樹脂の熱分解と共にガス化が促進され、高い減重比を得ることができる。

2.2 ボール型熱加水分解処理法のプロセスフロー

ボール型熱加水分解炉の構造をFig. 2に、ボール型熱加水分解炉でのL1樹脂処理概念をFig. 3に、実機のプロセスフローをFig. 4に示す。

ボール型熱加水分解炉は、供給されたL1樹脂を熱分解・ガス化する反応炉となるボール充填層部、この下流でガス化と共に処理生成物の拔出を行う粉体拔出部、排ガス除塵用のフィルタから構成される。ボール充填層部には、耐摩耗性に優れたセラミックボールを多数充填し、セラミックボールを攪拌する螺旋形の攪拌翼、セラミックボール及びL1樹脂を加熱する外熱加熱式ヒータを備えている。

L1樹脂は炉上部よりスラリー状態または水切り状態で供給され、ボール充填層部にて、過熱蒸気と共に加熱されたセラミックボールからの熱で効率よく分解・ガス化されていく。セラミックボール表面に付着した処理生成物は、ボールが擦り合わされることにより剥離し、下部の粉体拔出部へ貯留され排出される。一方、熱分解ガスは熱加水分解炉の内蔵フィルタでろ過され、更にアフターバーナにて完全燃焼した後、排ガス処理系で処理される。フィルタを炉内に内蔵することによって、フィルタで捕捉されたダスト類は定期的な逆洗で内蔵フィルタより払い落とすことにより、熱加水分解炉下部の処理生成物と共に回収することができる。放射能は熱加水分解炉内に閉じ込められることとなり、高汚染範囲を小さく限定できる。

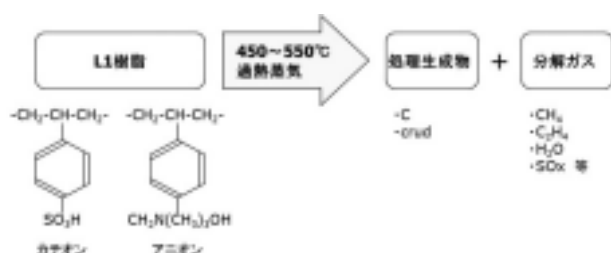


Fig. 1 Principle of pyro-hydrolysis method

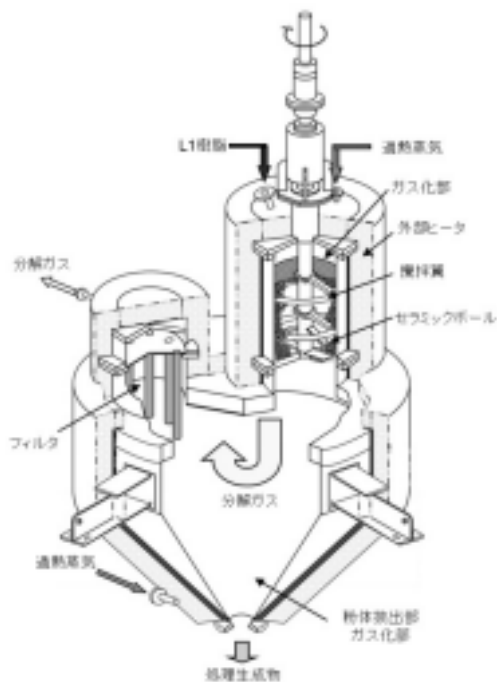


Fig. 2 Pebble-bed pyro-hydrolysis reactor

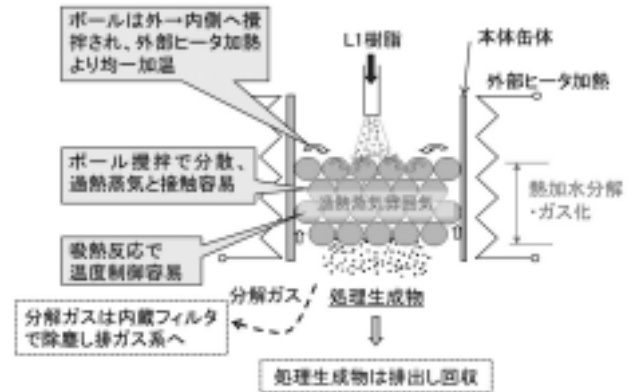


Fig. 3 Mechanism of ion exchange resin treatment

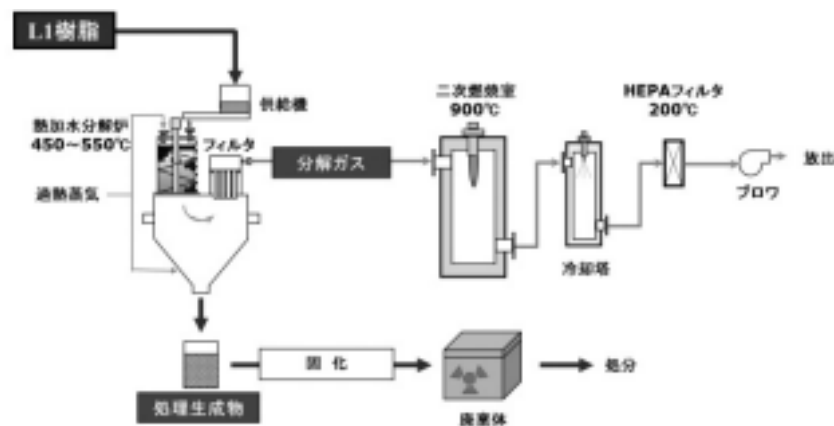


Fig. 4 Process flow of pyro-hydrolysis system

2.3 ボール型熱分解炉処理実績

ボール型熱加水分解処理技術のベースとなっているボール型乾留処理法は、元々は有機系液体廃棄物の熱分解処理技術としてNUKEM社が開発したもので、再処理工場から発生するTBP（リン酸トリブチル）及びノルマルドデカン等を主成分とする廃溶媒の処理にも適用できる処理方法である。NGKは、電力共研等により機器信頼性及び排ガス処理技術等のハード技術を確立し、日本原

燃(株)殿六ヶ所再処理工場に実機を納入・稼動している。

海外でも、NUKEM社からの技術供与により、フランス（La Hague）及びベルギー（Mol）で廃溶媒処理設備が建設されている。特に、ベルギーでは廃溶媒の処理が全て完了し、最近、設備の運転を終了している。

3. ボール型熱加水分解処理技術の特長

L1樹脂の処理として、単に減容・無機化の観点からは焼却処理法が良いが、焼却処理法は高温での熱処理のため処理装置構成材に耐火物を使用することとなり耐火物交換等のメンテナンスが必要となるが、比放射能が高い処理生成物を扱うにはメンテナンスやハンドリングに課題がある。

一方、L1樹脂の処理に対して、焼却処理法の課題を克服するボール型熱加水分解処理技術の特長をまとめると、以下の特長を有している。

- ①減容（減重）性能が高い。
- ②処理生成物は、水不溶性で非分解性の安定な無機物（固定炭素）であり、処分適合性が高い。
- ③熱処理のため、処理生成物は揮発性の長半減期核種（C-14、I-129等）を含まない。揮発性核種を分離可能である。
- ④吸熱反応であるため、反応制御が容易である。
- ⑤焼却処理法と比較して低温処理であるため耐火物内張りが不要となり、金属製反応炉の採用により除染性が容易で、保守性も良好である。
- ⑥蓄熱されたセラミックボールにより確実な熱分解が可能であり、廃棄物性状へのフレキシビリティが高い。L1樹脂をスラリー状態のままでも供給できるので、脱水前処理やその分離排水の処理を不要とできる。
- ⑦反応炉とフィルタを一体型構造とすることで、高汚染範囲を小さく限定できる。

4. 熱加水分解処理性能^{3), 4)}

4.1 処理試験

(1) 供試試料

PWRで主に使用されている粒状イオン交換樹脂（ダイヤイオン）及びBWRで主に使用されている粉末イオン交換樹脂（Powdex）の減容・無機化処理を目的として、それぞれカチオン樹脂とアニオン樹脂の混合品を試験に供した。

また、実際の使用済樹脂をより忠実に再現するため、イオン交換樹脂に付着物質（Li, Zn, B, Cs, Fe₂O₃等）を添加した模擬使用済樹脂も製作し、試験に供した。模擬使用済樹脂の仕様を

Table 1に、外観をFig. 5に示す。

付着物質及び量は、欧州における軽水炉の使用済樹脂の一例である。なお、Clについては、添加した物質との化合物として、試料に添加されたものである。

Table 1 Specification of simulated resin

	模擬PWR使用済樹脂	模擬BWR使用済樹脂
イオン交換樹脂	粒状樹脂 Lewatit mono Plus M500KR Lewatit S100KR-H, Cl-free 混合比 1 : 1.4	粉末樹脂 Powdex PAO Powdex PCH 混合比 1 : 1.5
Li	0.9%	~0.01%
Zn	0.1%	~0.01%
Ni	—	0.01%
Cu	—	~0.01%
B	0.3%	0.04%
Cr	—	~0.01%
Co	—	~0.01%
Cs	0.1%	0.1%
Fe ₂ O ₃	—	10%
Cl	0.04%	0.03%



模擬PWR使用済樹脂
(粒状樹脂)



模擬BWR使用済樹脂
(粉末樹脂)

Fig. 5 Simulated resin

(2) 試験装置

試験装置フロー図をFig. 6に、熱加水分解炉上部の外観をFig. 7に示す。

試験装置はボール充填層部がφ300mm×800^Hmmのパイロットプラントを使用した。なお、パイロットプラントのボール充填層部とフィルタ部は、分離構造である。

(3) 試験方法

加熱温度450~550℃、過熱蒸気供給条件下で、供試試料をボール充填層部の上部より連続供給

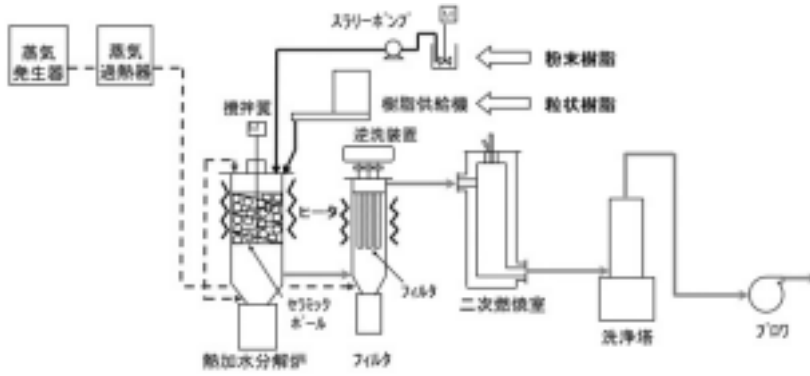


Fig. 6 Process flow of pilot plant apparatus

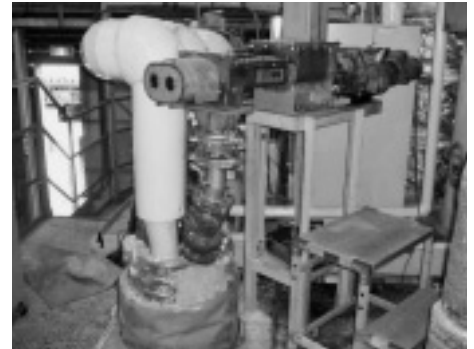


Fig. 7 View of reactor and resin feeder

し、熱加水分解処理した。処理生成物は、ボール充填層部及びフィルタ部の下部より、それぞれ回収した。

4.2 基本性能

(1) 減重性能

付着物質を添加していないイオン交換樹脂の減重率（ドライベース）をFig. 8に示す。

乾留処理法の減重率は600℃～700℃条件で80～86%（減重比1/5～1/7）程度であったが、過熱蒸気による熱加水分解処理法では、より低い温度条件である550℃で、粒状又は粉末イオン交換樹脂共に、高い減重率98%（減重比1/50）を確認した。これは、過熱蒸気の供給により、ベンゼン環やアルキル基の分子鎖が切れ易く及びガス化し易くなるためであるからと考えられ、過熱蒸気がイオン交換樹脂の分解・ガス化に寄与した効果が明確に確認された。

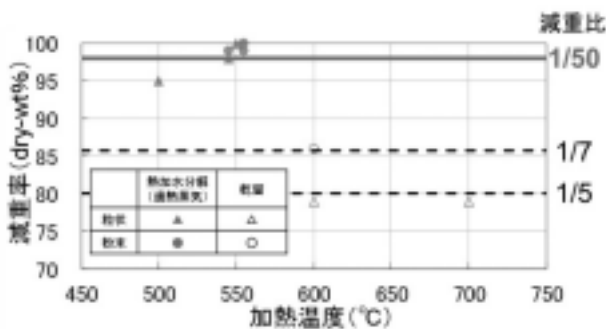


Fig. 8 Performance of weight reduction

(2) 処理生成物

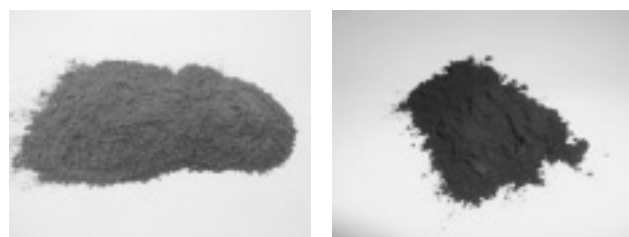
イオン交換樹脂を熱加水分解した処理生成物は黒色の粉粒体で、その成分は炭素が主成分である。樹脂構成元素である水素、窒素、硫黄も僅かに存在した。

模擬使用済樹脂を熱加水分解した処理生成物の組成をTable 2に、外観をFig. 9に示す。

模擬使用済樹脂を熱加水分解した処理生成物は炭素主体の樹脂構成元素及び付着物質として添加した金属元素からなり、模擬PWR使用済樹脂では Li_2SO_4 が主成分として、また模擬BWR使用済樹脂では Fe_2O_3 が主成分として処理生成物に残留した。

Table 2 Content of simulated resin pyro-hydrolysate after treatment

		模擬PWR使用済樹脂 (粒状樹脂) 処理生成物	模擬BWR使用済樹脂 (粉末樹脂) 処理生成物
樹脂構成元素	C	4.1%	5.3%
	H	0.44%	1.1%
	N	0.06%	0.23%
	S	28%	1.6%
主な付着物質	Li	11%	0.58%
	Zn	0.88%	0.09%
	B	0.10%	<0.01%
	Cs	2.0%	0.54%
	Fe_2O_3	—	65%
	Cl	<0.01%	<0.01%



模擬PWR使用済樹脂
熱加水分解処理生成物

模擬BWR使用済樹脂
熱加水分解処理生成物

Fig. 9 Pyro-hydrolysate

熱加水分解処理によるL1樹脂の無機化の指標として、処理生成物をフーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) で測定した。模擬PWR使用済樹脂とそれを熱加水分解した処理生成物のFT-IR測定結果をFig. 10に示す。

処理生成物 (模擬BWRも同じ) には、イオン交換樹脂のベンゼン環やC-H結合に相当する特徴的な吸収ピークは観測されていない。従って、熱加水分解処理によりイオン交換樹脂が本来持つベンゼン環やC-H結合は分解され、処理生成物中のCはイオン交換樹脂由来の化学形態ではなく、炭素粒子として存在すると推定できる。

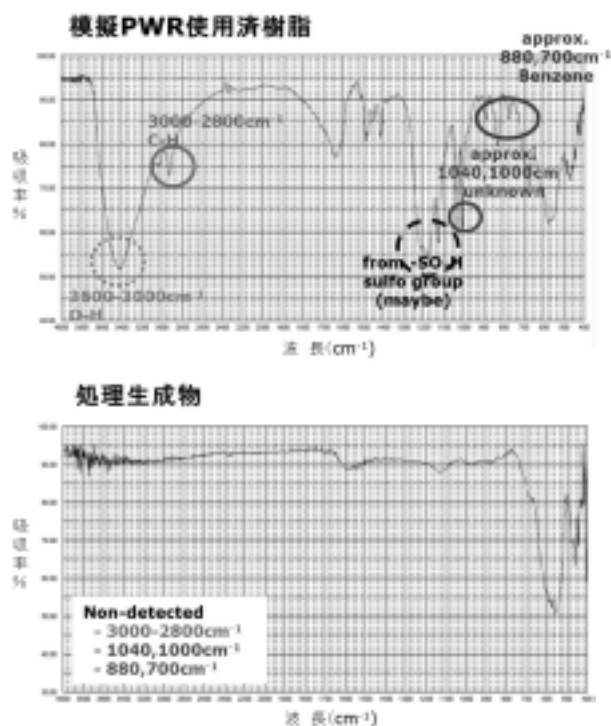


Fig.10 FT-IR chart of resin and pyro-hydrolysate (simulated PWR resin)

また、処理生成物のダイオキシン類分析結果は0.008 ng-TEQ/gの低い値であった。

(3) 放射能除去性能

模擬使用済樹脂に添加したCo及びCsは、フィルタ以降の排ガス処理系で検出限界値以下となり、フィルタで除去できることを確認した。

Csに対するDFをTable 3に示す。

Table 3 Decontamination factor (DF) of Cs

	模擬PWR使用済樹脂	模擬BWR使用済樹脂
Cs	$>2.5 \times 10^3$	$>3.0 \times 10^3$

(4) 熱加水分解性能

(a) 物質収支

付着物質を含めた模擬使用済樹脂の減重率 (ドライベース) は、模擬PWR使用済樹脂で約94%、模擬BWR使用済樹脂で約82%である。しかし、樹脂構成元素である炭素、水素等の元素単位での減重率を算出すると98~99%であり、付着物質を添加していないイオン交換樹脂単独としては同等の減重率である。なお、Liは樹脂構成元素の硫黄及び酸素と結合し Li_2SO_4 として処理生成物に残留するため、硫黄及び酸素の減重率は80%程度である。その他の付着物質も処理生成物に残留するが、Clは処理生成物には残留せず、排ガス処理系に移行した。

模擬PWR使用済樹脂処理時のマスバランスをFig. 11に示す。

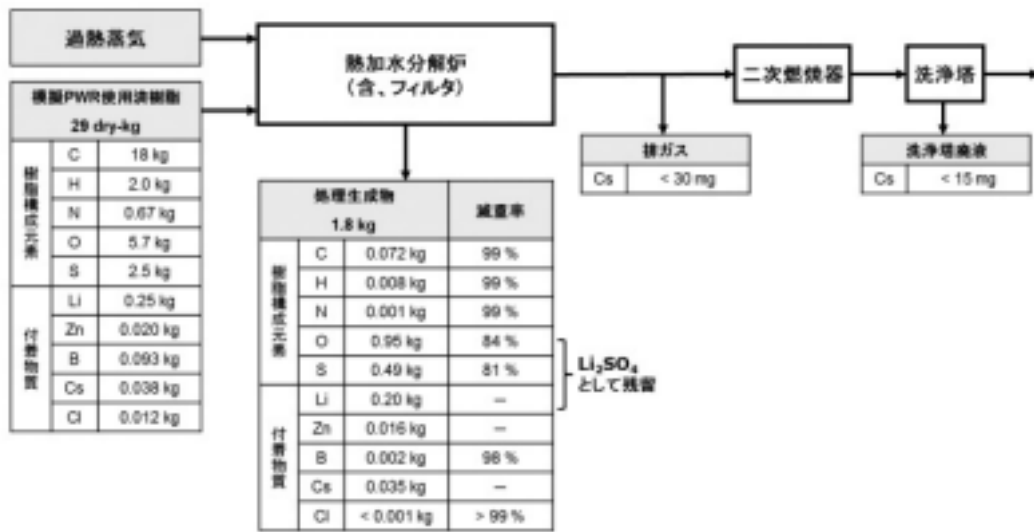


Fig. 11 Mass balance of pyro-hydrolysis treatment (simulated PWR resin)

(b) 分解挙動

Li担持によるL1樹脂の熱加水分解挙動の違いの概念をFig. 12に示す。

原子炉の炉水管理において中性子吸収材としてBが添加されているが、酸性になるためその中和剤としてLiOHが添加されている。Liはカチオン樹脂のスルホン基に担持されており、熱加水分解処理によりLi₂SO₄として処理生成物に残存する。一方、Liが担持されていないと、樹脂構成元素のSは熱加水分解処理によりSO_xとなり排ガス系に移行する。

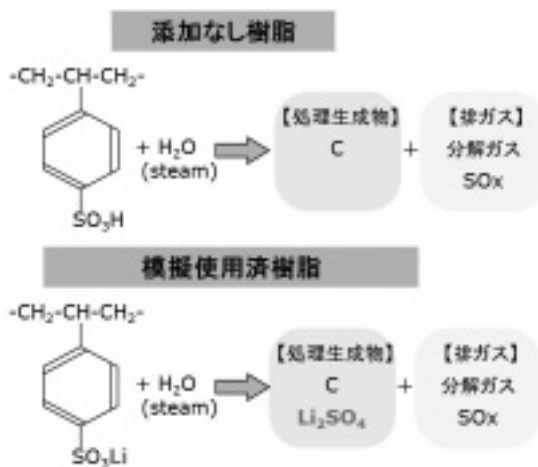


Fig. 12 Comparison of decomposition between raw resin and simulated PWR resin

5. 核種挙動

L1樹脂を熱加水分解処理した時の核種挙動について考察する。

RIトレーサを添加したイオン交換樹脂を窒素雰囲気下で乾留処理した時の、核種の乾留処理生成物への残存率をTable 4に示す。

乾留処理生成物中にはC-14及びI-129 (I-125で代用) は殆ど存在しておらず、乾留処理により揮発性の長半減期核種を分離できた。C-14は有機形態 (シュウ酸を使用) 及び無機形態 (炭酸ナトリウムを使用) のいずれの条件でも同等の結果を得た。一方、Co-60及びCs-137等のその他の核種は乾留処理生成物中に残存することを確認した。以上の結果から、乾留処理生成物への核種の残存率は、C-14及びI-129では保守的に1%、Co-60及びCs-137等のその他の核種では100%と評価した。

本結果は窒素雰囲気における結果であるが、熱分解プロセスであること及び4.2 (4) のマスバランス結果から、過熱蒸気雰囲気における熱加水分解処理においても同等の結果が得られると考える。

Table 4 Remaining rate of nuclide in pyrolysate

評価核種	試験結果	評価値
C-14	<0.016-0.38%	1 %
Co-60	81-109%	100%
Nb-94	52-64% (Cold Nb)	100%
Tc-99	84-88%	100%
I-129	0.40-0.44% (I-125)	1 %
Cs-137	90-91%	100%
Total- α	85-87% (Am-241)	100%

6. 処理生成物固化システム

6.1 処理生成物固化方法

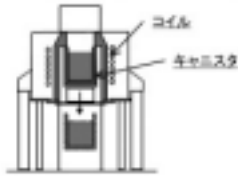
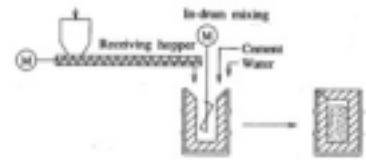
L1樹脂を熱加水分解した処理生成物の固化システムについて紹介する。概要をTable 5に示す。

廃棄物を埋設処分するにあたり固型化する必要があるが、高線量の場合には、水の放射線分解による H_2 ガス発生が懸念されており、水の使用が制限される。NGKでは、無水固化技術として、L2雑

固体廃棄物処理で実績のある高周波溶融炉を使ったガラス溶融固化技術を有している。処理生成物とガラスフリット材をキャニスタ内で溶融しガラス固化するもので、放射能閉じ込め性や長期安定性に優れた処分適合性の高い廃棄体を製作することが可能である。また、本方式では、処理生成物は熱対流によりガラスと均一化されるため攪拌装置が必要無く、接触がキャニスタに限定できることから汚染拡大防止の観点からも優れている。溶融時に発生する排ガスは量が少ないため熱加水分解炉の排ガス系を共用することが可能であり、設備規模は小さい。

L1樹脂が低線量の場合には、セメント固化も適用できる可能性があり、容器に処理生成物、セメント及び水を加え直接混練するインドラムミキシング技術がある。

Table 5 Solidification system of pyro-hydrolysate

固化方式	高周波溶融固化(無水固化)	インドラムセメント固化
概念図		
処理の概要	処理生成物とガラスフリット材をキャニスタ内で溶融 キャニスタ内で冷却固化し、容器に充填	処分用容器に、処理生成物、セメント、水を加え、インドラムミキシングセメント固化
運転温度	1200 ℃	常温
添加剤	ガラスフリット材	セメント、水
処理生成物割合	50 %	線量に応じ設定
放射線による水素発生	無	有
設備規模	炉のみ(排ガス処理系は共用)	モルタル固化と同様設備要
処理生成物との接触部	基本的にキャニスタのみ	混練装置
適用線量	低～高線量	低線量

6.2 溶融固化

高周波溶融炉モックアッププラントで処理生成物（模擬物）の溶融固化試験を実施した。L2雑固体廃棄物処理で実績のある溶融温度（1500℃）と比較して、低温（1200℃）での溶融固化が可能であることを確認した。溶融固化体の外観をFig. 13に示す。



Fig.13 Solidified pyro-hydrolyzate

6.3 セメント固化

模擬使用済樹脂を熱加水分解した処理生成物のセメント固化体の圧縮強度を測定した。模擬PWR及びBWR使用済樹脂共に、処理生成物混合率10～20%程度において、20MPa程度の圧縮強度を得た。

また、核種閉じ込め性として、分配係数(Kd)を測定した。結果をTable 6に示す。なお、乾留処理生成物セメント固化体の分配係数は、RIトレーサによる結果である。

Table 6 Distribution coefficient (Kd)

	熱加水分解処理生成物 セメント固化体	乾留処理生成物 セメント固化体
Co	6400	6100—>73000
Cs	6.7	11-76

7. おわりに

以上のように、原子炉冷却材浄化系や燃料プール冷却材浄化系から発生する比較的放射能レベルの高い、余裕深度処分対象のL1樹脂に対し、

NGKはボール型熱加水分解炉によるL1樹脂処理技術の開発に取り組み、十分に適用できることを確認した。

ボール型熱加水分解炉によるL1樹脂処理技術の特徴をまとめると次の通りである。

- ①高い減重比（1 /50）
- ②処理生成物は無機物
- ③少ない処理生成物で固化処理が容易（廃棄物の1～2 wt%）
- ④Liquid feed式処理で脱水工程が不要で効率よく処理が可能
- ⑤各ユニットを一体化したコンパクト設計で、設置スペース小
- ⑥シンプルなシステムで運転、メンテナンスが容易
- ⑦処理生成物は溶融処理（無水固化）することで安定した廃棄体が製作可能、低線量の場合はセメント固化も可能

今後は、実機設計に向けて各種プロセスデータの蓄積等に取り組んでいく考えである。

参考文献

- 1) 神田昌典, 桜本直彦, 岩田克一, 刈田陽一, “ボール充填式乾留炉による使用済イオン交換樹脂の処理（第一報）,” 日本原子力学会「1991春の年会」予稿集, K37, (1991).
- 2) 神田昌典, “使用済イオン交換樹脂の乾留処理技術の開発,” NGKエンジニアリング技報, No. 2, 日本ガイシ, (2001).
- 3) 松崎 晋, 大池崇博, 部田勝敏, “ボール型熱分解炉を用いた水蒸気改質方式によるイオン交換樹脂の処理試験,” 日本原子力学会「2013年春の年会」予稿集, B19, (2013).
- 4) 松崎 晋, 神田昌典, R. Slametschka, G. Braehler, “ボール型熱分解炉を用いた熱加水分解処理方式によるイオン交換樹脂の処理試験（第2報）,” 日本原子力学会「2014年春の年会」予稿集, H37, (2014).

日立GEニュークリア・エナジーの原子力発電施設廃止措置技術

大浦 正人*、小島 亨司*、片岡 一郎*、山井 英樹*

D & D Technology of Hitachi-GE Nuclear Energy for nuclear power plants

Masato Oura, Ryoji Obata, Ichiro Kataoka, Hideki Yamai

日立GEニュークリア・エナジー株式会社（以下「日立GE」と称す）は、原子力発電施設の建設実績と、運転中プラントにおける定期検査やシュラウド取替工事をはじめとする大型取替工事の実績をもとに、原子力発電施設の廃止措置技術開発に取り組んでいる。本報告では、日立GEの原子力発電施設に対する廃止措置への対応技術概要を報告する。なお、対応技術としては、エンジニアリング・化学除染・切断・放射能測定・廃棄物処理の分野を取り上げ、各技術分野毎に、概要と特徴ならびに開発状況を記載する。

Based on the achievements of construction of nuclear power plants, the accomplishments of large size structure exchange constructions, such as core shroud replacement construction, and periodical inspection during plant operation, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. “Hitachi-GE” has continued technical development for decommissioning of nuclear power plants. This report presents the outline of Hitachi-GE’s decommissioning technology for nuclear power plants. In addition, taking up a field of engineering, chemical decontamination, cutting and dismantling, radioactivity measurement and waste treatment for decommissioning, this report describes outline, characteristics and development status on each technology.

1. はじめに

国内における原子力発電施設の運転年数増加に伴い、事業者により原子力発電施設の運転停止が判断された場合、廃止措置が講じられることになる。原子力発電施設の廃止措置は、政策的、技術的および経済的な理由で、供用を終えた施設について、放射線による障害防止の措置を必要としない状態に移行させるための措置とその管理を指す。

日立GEでは、これまで国や事業者の動向に合わせた研究開発や動力試験炉（Japan Power Dem-

onstration Reactor：JPDR）解体事業への参画等を通じ、原子力発電施設の廃止措置に取り組んでいる。

原子力発電施設の廃止措置の課題は、安全、確実、経済性（費用低減）であり、この課題に対応するため、日立GEは廃止措置計画支援エンジニアリング技術の開発、残存放射能評価技術の確立、除染技術の確立、切断・解体技術の確立、放射能測定技術の開発ならびに廃棄物処理技術の開発について取り組んできた（Fig. 1）。

*：日立GEニュークリア・エナジー(株) 原子力技術本部
(Nuclear Power Business Development & Management Division, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.)



Fig. 1 Possible Hitachi-GE's contribution to decommissioning of nuclear facilities

本稿では、原子力発電施設の廃止措置への貢献が考えられるこれらの技術について概要を紹介する。

2. 各技術開発の概要

2.1 廃止措置計画支援システムエンジニアリング

廃止措置を具体的に計画する上で、解体廃棄物量に基づき作業計画（切断、搬出等）や作業に伴う被曝線量評価等を事前に検討する必要がある。

これに対し日立GEでは、廃止措置計画を支援するシステムを検討している。

(1) 廃止措置計画支援システム概要

原子力発電所は、数多くの設備から構成されており、廃止措置に際しては合理的に、かつリスクを回避して進めることが必要で、実機プラントを想定した工事計画を策定することが重要である。

日立GEでは、廃止措置計画を支援するために、Fig. 2に示す支援システムを開発中である。

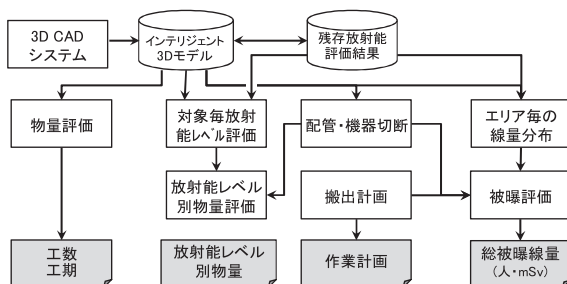


Fig. 2 Overview of configuration for decommissioning planning support system

以下に、開発を進めている支援システム技術の一部を報告する。

(2) 3 D-CADを用いた物量評価技術¹⁾

廃止措置の際の放射性廃棄物量を算出するため、3 D-CADモデルを用いた線量率の空間分布のデータベース (DB) 化を検討している。ここでは、放射線輸送計算コードPhits²⁾を用いて計算した空間線量率をDBに格納して利用する。さらに、計算結果を3 D-CADシステムを用いて可視化し、一定以上の線量率の空間範囲をフィルタリング表示する機能を検討し、インテリジェント3 Dモデルとして構築した。

廃止措置で考慮しなければならない廃棄物量は機器・配管のプラント3 Dモデル、解体工程データ、運転終了後の残存放射能、および線量率測定結果を入力データとして計算される。これらの入力データをもとに、空間線量率を計算することができ、その3次元分布をDBで管理することも可能である。廃棄物収納容器に入るサイズに配管・機器を切断するモデルを作成し、収納容器に切断後の配管がすきまなく入る状態を検討した。

Fig. 3に空間線量率と切断配管の収納容器への格納結果を示す。ここでは空間線量率の計算結果を3 D-CADシステムで可視化するだけでなく、配管の切断寸法を変更することで、収納容器の個数の増減を計算できる。これにより、廃止措置計画段階で、従来、重量ベースで確認していた放射性廃棄物量を体積、および収納容器個数でも算出可能となる。

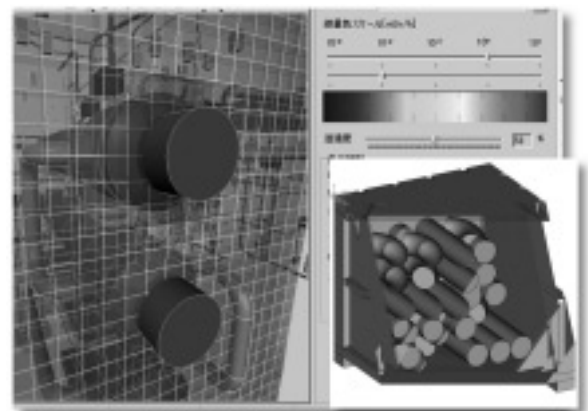


Fig. 3 3D visualization of dose rate and a waste container

(3) 廃棄物搬出経路の自動策定技術

機器や配管などの廃棄物の搬出作業では、建物構造物や設備との干渉を回避し、かつ、極力作業被曝を低く抑えた搬出経路を事前に検討し、作業計画を策定することが重要である。原子力プラント建屋の複雑で狭隘な空間で、大型機器を、他の機器や建物と干渉せずに搬出する経路を検討することは、3Dモデルを用いても容易なことではない。さらに、搬出作業で受ける作業員の被曝線量が最小になる経路を手計算で検討することは時間を要する。

そこで日立GEでは、大規模なプラント建屋の3Dモデル上で、搬出経路を1分以内で自動探索するシステムを開発している。本システムは、被曝量が最小で建物等と干渉しない経路を建物の3D空間上で自動探索し、クレーン、モノレールによる吊り、エアーキャスターの引き回しなどの搬出機器モデルの動作を自動算出することができる。Fig. 4に探索した熱交換器の搬出経路を、Fig. 5にその経路上のクレーン吊上げの動作シミュレーションを示す。

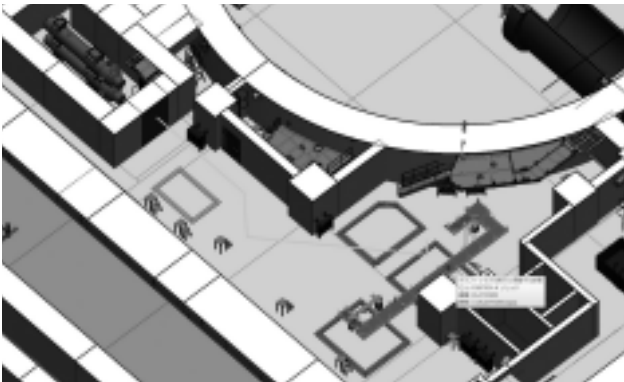


Fig. 4 Calculated carrying-out path

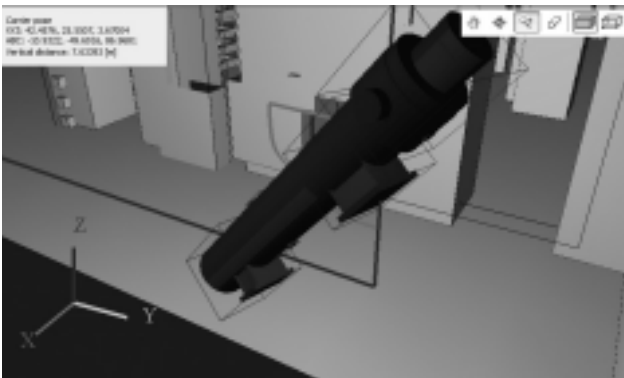


Fig. 5 Calculated crane rigging path

2.2 残存放射能評価技術

解体工事計画の検討、解体時の被曝量評価および廃棄物の処理処分における物量評価に係り、残存放射能評価は重要である。残存放射能は、放射化汚染と二次的汚染に分類され、各々評価技術を開発してきている。以下に、放射化汚染と二次的汚染に対する評価技術を報告する。

(1) 放射化汚染評価

廃止措置に伴い発生する廃棄物は、L1廃棄物から放射性廃棄物でない廃棄物（NR）まで多岐に渡る。このため、評価範囲を決め、その照射場における中性子束分布を計算し、得られた中性子スペクトルに基づき、エリアでの機器、コンクリート等の放射能生成量を評価する必要がある。

Fig. 6に放射化汚染評価のフローを示す。中性子束計算には、輸送計算コードDORT（2次元）やTORT（3次元）を用いる。放射化計算では、アクチニド（娘核種含む）、核分裂生成物（FP）、および放射化核種（AP）に分類してORIGENコードを用いて評価している。

評価に用いる断面積データは、国内で整備された評価済核データライブラリであるJENDLを用いている。

放射能レベル別物量評価の見積に際しては、インベントリ評価の精度が重要である。実機データに基づき、データ収集および評価手法の精度の検証を行ってきた。

(2) 二次的汚染評価

二次的汚染評価とは、炉内等で生成した放射性物質が機器・配管等に付着して生じる汚染量を算出するものである。各システムの二次的汚染放射能量

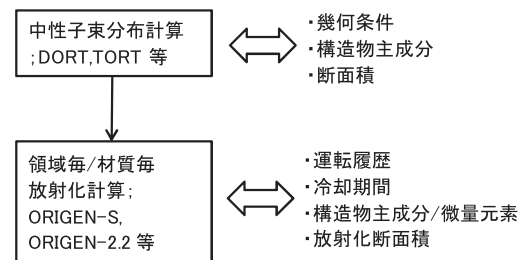


Fig. 6 Evaluation flow of radioactivated contamination

は、炉内に持ち込まれた腐食生成物、および燃料表面上に微量に付着していたウランが燃料表面で放射化され、生成した放射性物質が各系統に移行して付着、はく離・溶出を繰り返した結果である。本評価では、この事象をモデル化（沈着・はく離モデルⅠ、Ⅱ）して、廃止措置時の核種別毎の二次的汚染放射エネルギーを算出する。

概略評価フローをFig. 7に示す。対象核種を生成過程が異なる腐食生成物（CP）、燃料核分裂生成物（FP）に分類して、燃料表面上での親核種の付着量からORIGENコードを用いて燃料表面での放射エネルギーを計算し、その結果を用いて沈着・剥離モデルⅠより炉水放射能濃度を、沈着・剥離モデルⅡより各系統機器配管での汚染放射エネルギーを評価する。

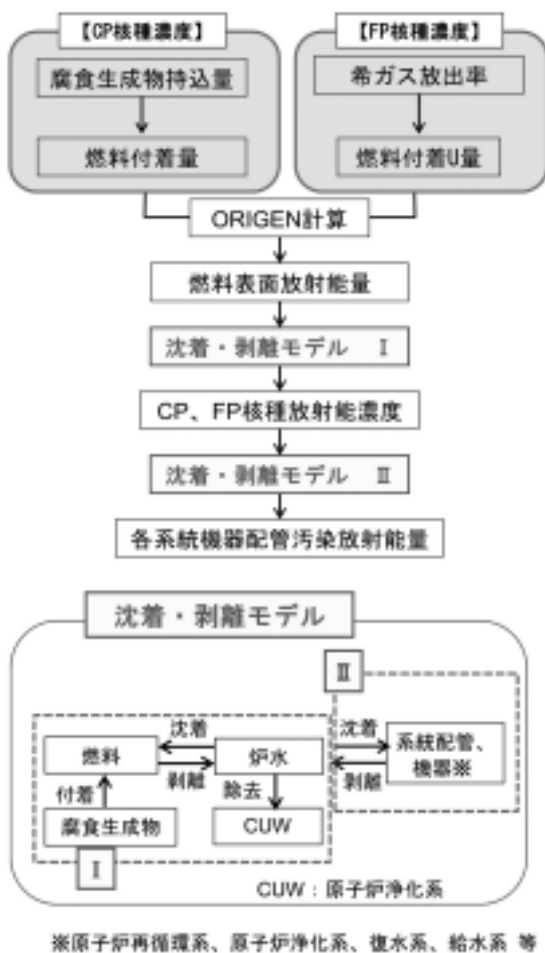


Fig. 7 Evaluation process of secondary contamination

2.3 除染技術

(1) HOP除染法³⁾

供用中プラントにおける配管検査、水没弁点検、シュラウド交換等の作業時の放射線被曝を低減するために、日立GEは栗田エンジニアリング(株)と化学除染技術HOP (Hydrazine、Oxalic acid、Potassium permanganate) 法を開発し、国内プラントに適用している。

HOP法は、Fig. 8に示すように酸化除染と還元除染を繰り返し実施することでCo-60などの放射性物質を取り込んだ酸化皮膜を溶解させる方法である。

酸化皮膜にはクロムを多く含む酸化物と鉄を多く含む酸化物がある。酸化除染剤として過マンガン酸溶液を使用してクロムを多く含む酸化皮膜を溶解する。さらに、還元除染剤としてシュウ酸とヒドラジンの混合溶液を使用して、鉄を多く含む酸化皮膜を溶解する。ヒドラジンを添加し、pHを2.5に調整することにより母材金属の腐食溶出を抑制する。

HOP法では、二次廃棄物低減の観点から、還元除染剤であるシュウ酸とヒドラジンを過酸化水素と触媒を利用して二酸化炭素、窒素、水に分解する。これにより、イオン交換樹脂で回収する場合と比較してイオン交換樹脂廃棄物量を大幅に低減できる。

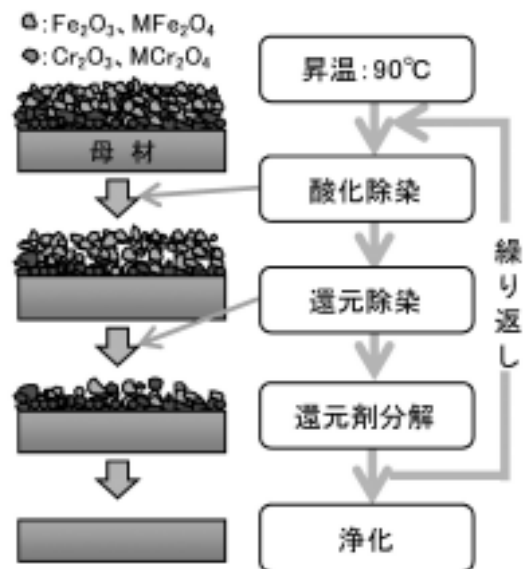


Fig. 8 Decontamination procedure

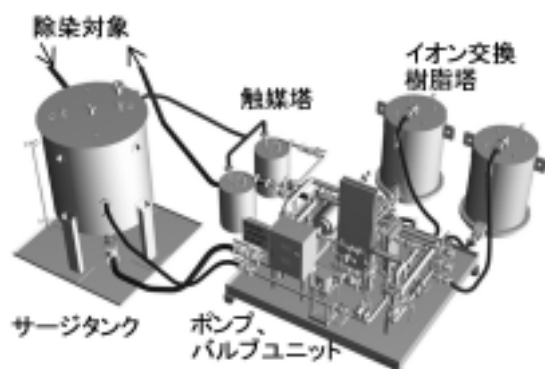


Fig. 9 Decontamination instruments

除染装置の配置図をFig. 9に示す。除染装置はサージタンク、イオン交換樹脂塔、触媒塔、ポンプおよびバルブユニットから構成される。各ユニットが除染現場に設置され、除染対象と除染機器がフレキシブル配管によって接続され除染系統を構成する。

1999年から2011年の間に国内原子力プラントへの適用経験を表1にまとめて示す。部分除染から全系統除染を含めこれまで82回の化学除染を実施している。その中で、7 m³規模の再循環系配管や原子炉水浄化系配管から、220m³規模の全系統除染を実施し、10～30の除染係数DF（化学除染前の線量率を化学除染後の線量率で除した値）を得ている。HOP法はこれまでの適用実績から廃止措置時の解体前系統除染への適用が可能である。

(2) 廃止措置に適用する除染

廃止措置においては、作業員の被曝低減以外に、放射性廃棄物を減容するためにも、除染が利用される。減容対象の多くは復水系や給水系などに使用されている炭素鋼部材であるため、炭素鋼の除染に特化した化学除染方法を日立GEが開発

している。

減容するための化学除染では、酸化皮膜に加えて、銅の溶解も除染係数DFの向上のために必要である。酸化皮膜と銅の同時除染に好適な薬剤としてマロン酸とシュウ酸の混合溶液や、ギ酸とアスコルビン酸の混合溶液の使用を検討している。これらの化学除染剤はHOP法と同様に過酸化水素と触媒の併用により二酸化炭素や水に分解できるため、二次廃棄物低減にも好適である。

廃止措置時の減容に向けた除染では、化学除染の他に、放射性物質が付着した表面を物理的に除去する機械除染も有効である。また、日立GEでは放射性物質の減容に好適な除染施設の検討を進めている。

2.4 切断・解体技術

廃止措置時において、原子炉周辺領域を解体する際には、放射線量が高い構造物を対象とするため、作業員の被曝低減を考慮した遠隔作業が必要となる。

日立GEでは廃止措置における原子炉周辺領域解体の一部に相当・類似する作業としてシュラウド取替え工事における、高線量炉内構造物の遠隔切断・切断片の容器収納の経験があり⁴⁾、これらの技術を踏まえ、廃止措置における原子炉周辺領域の解体を計画していく予定である。

以下にBWRプラントのシュラウド取替え工事で適用した切断/解体技術の概要について記載する。

(1) 炉内構造物取外技術（一次切断）

一次切断作業は、原子炉内からシュラウド等の炉内構造物を取り出す作業を示す。炉内構造物の取り外しには、各対象部位に応じた切断技術が適用される。一例として炉内からシュラウドを取り出す際には、EDM(Electrical Discharge Machining)技術を用いた切断装置が使用された^{5), 6)}(Fig. 10)。

なお、EDMは切断対象を電氣的に溶融して切断する技術である。シュラウドは細かく切断する場所である隣接する機器プールへの移動の観点から、リング状に二分割（シュラウド中間部、シュラウドサポート部の2か所を切断）にして、遠隔操作にて水中移動した。

Table 1 Application experiences of HOP method

分 類		適用数	体積(m ³)	DF
全系統除染		2	～220	～20
系統除染		61	～7	10～30
部分除染	熱交換器	6	～7	～20
	再循環ポンプ	12	～4.5	～20
	炉内計装管	1	～2.5	24～110

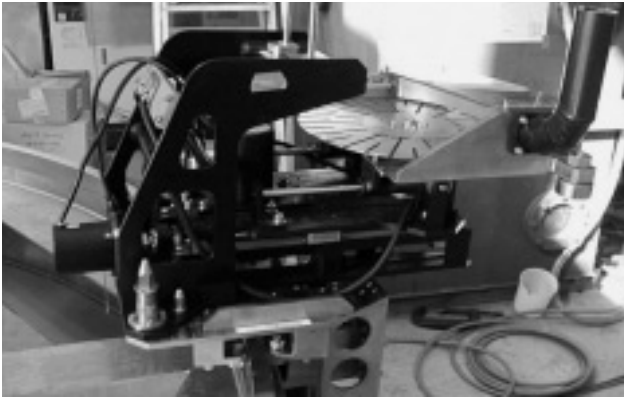


Fig. 10 Electrical Discharge Machining (EDM)

(2) 炉内構造物細断技術（二次切断）

二次切断作業は、原子炉内から取り出された炉内構造物を細かく切断し、発電所内の所定の保管場所に保管するための容器に収納する作業を示す。作業は前述の機器プールで実施した。炉内構造物を細かく切断する技術としては、プラズマ切断⁷⁾ 及びAWJ切断（Abrasive Water Jet 切断）技術を適用した実績がある。

プラズマ切断は、プラズマアークにより切断対象物を溶断する熱切断技術であり、AWJ切断は、切断対象物にアブレシブ（研削材）を混入させた超高压水を衝突させて切断する機械的な切断技術である。上記の切断技術により、細かく切断された炉内構造物の切断片は、遠隔操作にて容器に収納し、サイトバンカプール等の所定の場所へ保管した。一次切断及び二次切断の特徴は、水中での高放射線を有した構造物の切断であり、気中への放射性物質の放出抑制を考慮することが重要である。そのため、工事では、水浄化設備や、気中浮遊物回収設備等を準備して対応した。また、水中遠隔取扱に使用する装置は重量物の取扱い性、作業性、信頼性を考慮した設計とした。

廃止措置の場合、供用中のプラントで実施したシュラウド取替え作業とは種々制約条件が異なることが想定されるが、上記実績を踏まえ、より合理的な計画を今後推進していく予定である。

2.5 放射能測定技術

(1) 廃棄体検査技術

放射能測定技術は、放射性廃棄物をドラム缶中に安定化処理したものを、ドラム缶外部から非破

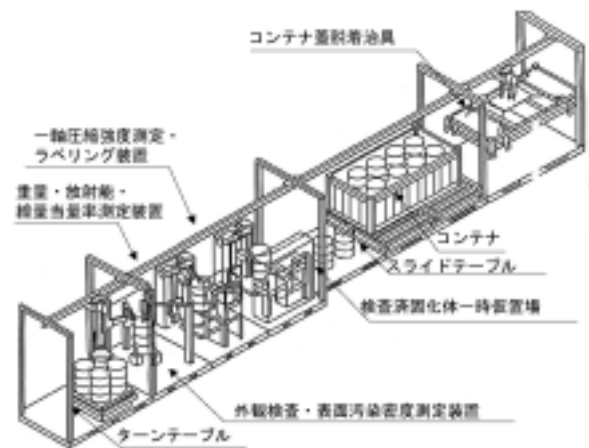


Fig. 11 Waste package inspection system

壊でドラム缶中に存在する放射性物質の量を測定する技術である。日立GEは、自己遮へいによるスペクトルひずみに着目した「スペクトル補正方式」を開発し、実用化している。

Fig. 11に、放射能測定装置を組み込んだ廃棄体検査装置の概観を示す。

(2) シンチレーションファイバD-phod⁸⁾

プラスチックシンチレーションファイバ (PSF) を用いた空間線量当量率測定システムD-phodの概観をFig. 12に示す。D-phodは、従来の装置と比較して、高感度化、小型軽量化、省電力化を図っている。D-phodの特長は、ファイバに沿った放射線分布を一回の測定で、かつ、シンチレーション式サーベイメータと同等の時間、精度で測定できることである。また、最大20mの範囲を一括で測定可能である。D-phodを利用するこ



Fig. 12 D-phod

とで、廃止措置時に発生する膨大な量の解体廃棄物をコンベヤ等で搬送する場合に、効率的に測定することが可能である。

(3) ガンマカメラ⁹⁾

ガンマカメラは、ガンマ線の強度分布を可視化する装置である。ガンマカメラの本体および測定画像をFig. 13、14に示す。

検出器には、CdTe半導体素子を用いた16×16ピクセルの2次元ガンマ線検出器モジュールを使用し、ピンホールコリメータにより、10m先における8m×8mの視野を一括測定する。この検出器では、ピクセルごとにエネルギースペクトルを測定しているため、核種分析が可能である。また、低～高線量率の環境での測定を可能とするため、環境に適応したラインナップをそろえている。このガンマカメラを利用することで、建屋の壁や床における残存放射能の一括スクリーニングでき、効率的な測定が可能である。

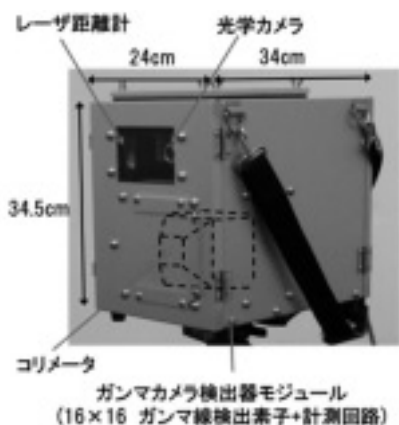


Fig. 13 Gamma camera



Fig. 14 Image of gamma camera measurement

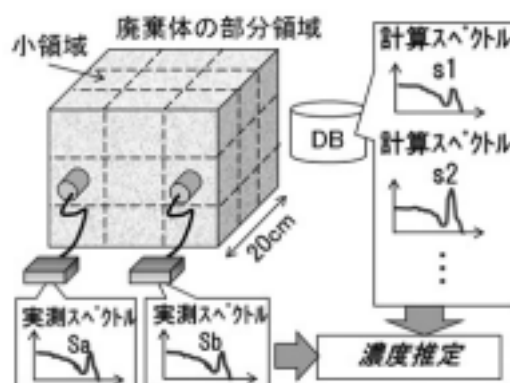


Fig. 15 Image of radiation measurement system

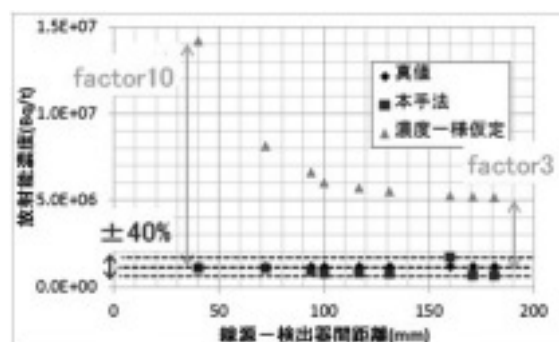


Fig. 16 Radiation measurement performance

(4) 検認放射線計測技術

検認時の角型廃棄体容器に対する放射線計測技術を開発している。Fig. 15に計測イメージを示す。容器内に放射能濃度分布がある場合、濃度一律仮定での評価では誤差が大きくなる。そこで、複数のガンマ線スペクトル測定器によるデータとシミュレーションによりDB化した計算値と比較照合し濃度を推定する。本手法のシミュレーション評価では、Fig. 16に示すように濃度偏在がある場合でも±40%程度の誤差で評価できることを確認している。

2.6 廃棄物処理技術

原子力発電施設の廃止措置により発生する廃棄物に対し、日立GEでは、その処理に必要な技術開発を実施するとともに、既存技術の適用化を検討している。

(1) L1使用済み樹脂処理技術

運転中の原子力発電施設の原子炉冷却浄化系および燃料プール水浄化系から発生する使用済み樹脂および廃止措置時の系統除染により発生する使

用済み樹脂は、放射能濃度が高いことが想定され、L1対象の廃棄物に分類される。

日立GEでは、分解が容易な有機酸によりL1使用済み樹脂を化学除染し、低線量化する技術の開発を行っている。

有機酸除染では、樹脂と共存するクラッド中に取り込まれているCo-60等の放射性核種と、イオン交換樹脂に吸着しているCs-137等のイオン状放射性核種を除去するため、①有機酸の一種で還元作用があるシュウ酸によるクラッド溶解、および②分解がしやすくイオン選択性の高い有機酸塩のギ酸ヒドラジン等によるイオン溶離の二段階の化学除染を採用している (Fig.17)。



Fig. 17 Organic decontamination system

上記の化学除染技術により、試験によるL1使用済み樹脂を低線量化する見通しを得ている。

除染廃液中のシュウ酸およびギ酸ヒドラジンは、過酸化水素やオゾンを経過剤とする酸化分解により二酸化炭素、水、窒素等に分解が可能であるため、除染廃液は無機化できる見通しである。

発生する無機残渣は、固化処理することで埋設上安定的な廃棄体とすることを検討している。

(2) セメント固化技術

放射性廃棄物の充填量を固体化強度や内部空隙率などの埋設処分基準に適合した「インドラム固化処理技術」を開発した。

Fig. 18に開発した「インドラム固化処理技術」を採用した処理設備の概要を示す。

本設備は、発電所から発生する濃縮廃液を乾燥・造粒したペレット状の廃棄物を受け入れ、粉体状の廃棄物に破碎し、計量した後にドラム缶内に充填する前処理設備と、混練機にて廃棄物をセ

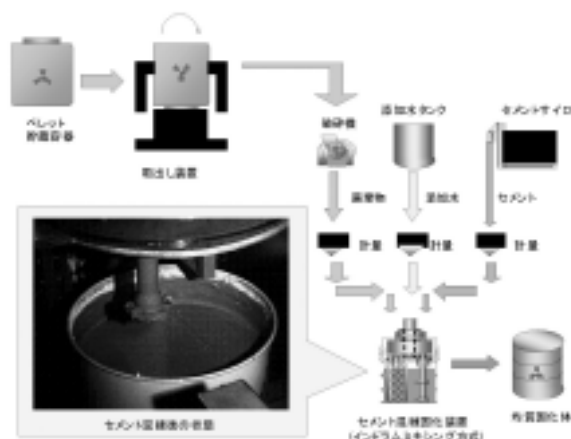


Fig. 18 Schematic drawing of in-drum type solidification system

メントや水と一緒に練混ぜ、六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターの受入基準を満足するように均質な固化体を製作する固化設備から構成している。

ペレット状の廃棄物処理する設備は、専用の角型貯蔵容器で貯蔵されたペレットを取り出す方式を採用している。また、混練機は日立GE独自の方式（インドラムミキシング方式）を採用した設備である。

(3) L2モルタル充填技術

廃止措置により発生する解体廃棄物（金属およびコンクリート等）の中でも、L2廃棄物に分類される廃棄物は、六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターへ埋設処分するため、モルタルと廃棄物が一体となるようにモルタル充填する必要がある。

日立GEでは、不燃性雑固体廃棄物をモルタル充填固化する設備として、連続的にモルタルを収納容器に定量供給する連続固化設備を開発し、国内原子力発電所へ納入している。

この連続混練固化設備は、連続的に固化材料等を混練・定量供給するため、固化材計量器や添加水計量器が不要となり、コンパクトな設備となっている。また、固化材等の供給と混練が同時にできるため、運転時間の短縮が可能となる。本設備は、固化材サイロ、固化材供給機、水投入機、連続混練機、モルタルホッパ（モルタルホッパ攪拌機付）およびモルタルポンプにより構成されている。充填は固化材サイロに投入したセメント、骨

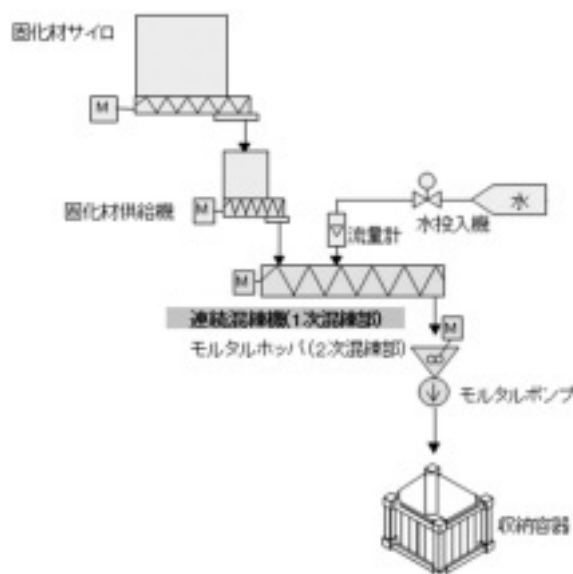


Fig. 19 Continuous mortar filling system

材および混和材をプレミックスした原材料、水をそれぞれ固化材供給機、水投入機を通じ、一定長さを持つ流路で構成される混練機に連続定量供給した後、プレミックスした原材料と水を混練し、モルタルホッパ、モルタルポンプを通して収納容器へ注入する手順で行われる (Fig. 19)。

3. おわりに

日立GEは、BWRプラントメーカーとしての原子力発電施設の建設、保守の実績を踏まえて、原子力発電施設の廃止措置を安全かつ合理的に進めるために必要な技術について整備を進めている。これまでに、廃止措置計画に適用するエンジニアリング技術、廃止措置時に適用する化学除染技術、切断・解体技術、放射線測定技術、廃棄物処理技術の開発に取り組んできた。今後、計画作成

や解体工事、放射線測定ならびに廃棄物処理等を通じて、原子力発電施設の安全で合理的な廃止措置に貢献していく考えである。

参考文献

- 1) 関, 片岡, 今村, “プラント3Dモデルに基づく廃炉エンジニアリング・システム基盤の開発,” 日本原子力学会, 「2014年春の年会」予稿集, I61, (2014).
- 2) T. Sato et al., “Particle and Heavy Ion Transport Code System PHITS,” J. Nucl. Sci. Technol., Vol.50, P913- (2013).
- 3) 片岡, “除染技術・HOP法,” 原子力eye, vol. 56, P40, (2010).
- 4) 田中, 木下, “島根原子力発電所1号機におけるシュラウド取替工事の諸施策,” 火力原子力発電 Vol.53, No.3 P65 (2002).
- 5) 植竹, 徳永, 他, “敦賀発電所1号機におけるシュラウド撤去技術について一炉内切断回収技術一,” 日本原子力学会, 「2000年秋の大会」予稿集, F50, (2000).
- 6) A. Watanabe and H. Yokoi, “Aerosol, Gas, Swarf Production during Underwater Cutting of Reactor Core Internals Using Electron Discharge Machining,” J. Nucl. Sci. Technol., vol.44, 1317-1323 (2007).
- 7) 足立, 徳永, 他, “敦賀発電所1号機におけるシュラウド撤去技術について一二次切断技術一,” 日本原子力学会, 「2000年秋の大会」予稿集, F51, (2000).
- 8) 木下博文, 他, “福島復興に向けた新技術の開発,” 日立評論 Vol. 95, No.12 (2013).
- 9) 田所孝広, “環境放射線分布測定用ガンマカメラの開発,” 放射化学ニュース第26号(2012).

韓国の中低レベル放射性廃棄物管理の現状と展望

韓国放射性廃棄物管理機構

Current status and prospects of low-and-intermediate level waste management in Korea

Korea Radioactive Waste Agency

韓国では、中低レベル放射性廃棄物 (LILW) は、韓国放射性廃棄物管理機構 (KORAD) によって、慶州市郊外にある月城 (ウォルソン) 中低レベル放射性廃棄物処分センターに処分される。KORADは2014年6月にLILW地下処分施設の建設を完了させ、2014年中に操業を開始する準備を進めている。中低レベル廃棄物管理体系は、新しい分類基準や廃止措置により生じる廃棄物を考慮する必要があるため、KORADは、第二、第三段階の浅地中処分施設の建設が計画されている。本論文では、韓国における中低レベル放射性廃棄物 (LILW) 管理の現況を紹介すると共に将来の展望についても述べる。

This paper describes current status of low-and-intermediate level waste (LILW) management in Korea and its prospects. In Korea, LILW will be disposed in Wolsong LILW Disposal Center (WLDC) in Gyeongju-city by Korea Radioactive Waste Agency (KORAD). KORAD has completed construction of the LILW underground facility in June 2014, and has been preparing for the operation by the end of 2014. As the measure of LILW management needs to be made considering the new classification and generation of decommissioning waste, KORAD plans to construct a shallow land disposal facility as the 2nd phase and a landfill facility as the 3rd phase.

1. Introduction

Since the initial introduction of nuclear power to Korea in 1978, nuclear power industry has grown rapidly. At present, there are 23 operating reactors in 5 nuclear power plant (NPP) sites in Korea, and as the demand for domestic electricity increases, the demand for more nuclear energy will grow. According to “the 6th Basic Plan of Electricity Supply and Demand”, total 34 reactors will be in operation by 2024. This large nu-

clear power generation program has produced a significant amount of radioactive waste, and the amount of waste is steadily growing. Because the radioactive isotopes are widely used in various industries and reactors are to be decommissioned from 2020's, generation rate of radioactive waste from will be also increased. Approximately 130,000 drums (200 ℓ/drum) are generated to date, and they are safely stored under control of generators or Korea Radioactive Waste Agency at the moment.

In accordance with the fundamental principle of

* : Korea Radioactive Waste Agency 89, Bukseongno, Gyeongju, 780-050 Korea

radioactive waste management recommended by IAEA, the radioactive waste management measure was approved by the 249th Atomic Energy Commission (AEC) in September 1998. In this measure these is a declaration of the basic principles that radioactive waste management should be under government responsibility, safety is a top priority, radioactive waste generation should be minimized, and the site selection process should be transparent, and finally, the principle ‘polluters pay’ should be adopted. At the same time, it was also decided that low-and-intermediate level waste (LILW) disposal facilities could be near surface or underground type, which would be constructed in phases with the total capacity of 800,000 drums while the 1st phase facility would accommodate about 100,000 drums.

In December 2004, the 253rd AEC approved that LILW disposal facility should be built in advance and the measure of spent nuclear fuel management would be established under national consensus considering the national policy and the

results of research & development. On the basis of the decision of AEC, in November 2005, Gyeongju-city was designated as a candidate site for LILW disposal facility by the local referendum held in 4 volunteer regions.

In order to enhance transparency and confidence of radioactive waste management and to manage radioactive waste in safe and effective ways, the Radioactive Waste Management Act ¹⁾ was legislated in March 2008. Based on the law, Korea Radioactive Waste Agency (KORAD) was founded in January 2009, and the generator and the implementer were hereby separated.

KORAD completed constructing the LILW underground facility in Wolsong located in the outskirts of Gyeongju-city in June 2014, and has been preparing for the operation by the end of 2014.

In this paper, current status of LILW management in Korea is introduced and its prospects will be also anticipated.

Table 1 The volume of LILW stored at each facility

Facility		Capacity (drum)	Stored (drum)
NPP operational waste	Kori	50,200	41,807
	Hanbit	23,300	22,523
	Hanul	18,929	17,144
	Wolsong	13,240	9,921
	Shin Kori	10,000	476
Sub-total		115,669	91,871
Non-NPP waste	RI waste storage	9,750	3,193
	KAERI *	39,438	20,595
	Kepco-NF **	8,900	7,037
	others	—	789
Sub-total		58,088	31,650
Total		173,757	123,521***

* Korea Atomic Energy research Institute

** Korea Electric Power Corporation-Nuclear Fuel Company

*** Total volume of LILW generated to date is 127,764 drums including 4,243 drums temporarily stored at the receipt & storage building of KORAD in Wolsong.

2. Current status of LILW management

2.1 Classification of radioactive waste

Radioactive waste is defined in the Nuclear Safety Act as radioactive materials, or substances contaminated by them (including spent nuclear fuel) that are subject to disposal²⁾. Under existing classification in Korea, radioactive waste is categorized into two types, low-and-intermediate level waste (LILW) and high level waste (HLW). While HLW is the waste that has more than 2kW/m^3 heat dissipation rate and $4,000\text{Bq/g}$ concentration of α -nuclide with more than 20 years of half-life, LILW means the waste excluded from HLW³⁾. LILW generated from NPPs are stored at reactor site and RI waste are stored at RI storage facility under control of KORAD or generators' own facilities. When LILW disposal facility in Wolsong starts operation, KORAD will transport LILW temporarily stored at each facility to Wolsong for permanent disposal.

2.2 Generation and management of LILW

Since Unit 1 of Kori site started commercial operation in 1978, the volume of LILW from NPPs has been growing. In addition, the annual rate of RI waste generation is also rising as radioactive isotopes are widely used in various areas such as industries, hospitals and institutes. As of the end of June 2014, 130,000 drums of LILW are generated so far (Table 1).

KORAD will dispose of 5,000 ~ 10,000 drums of LILW per year to the disposal facility in Wolsong after receipt from generators.

3. Overview of Wolsong LILW Disposal Center (WLDC)

3.1 Site selection of LILW disposal facility

Korea made great efforts to select the site for LILW disposal facility for 19 years since 1986. Although various approaches for site selection process were adopted and entities for site selection were changed several times from 1986 to 2004, site for LILW disposal could not be decided

Fig 1. Aerial view of WLDC

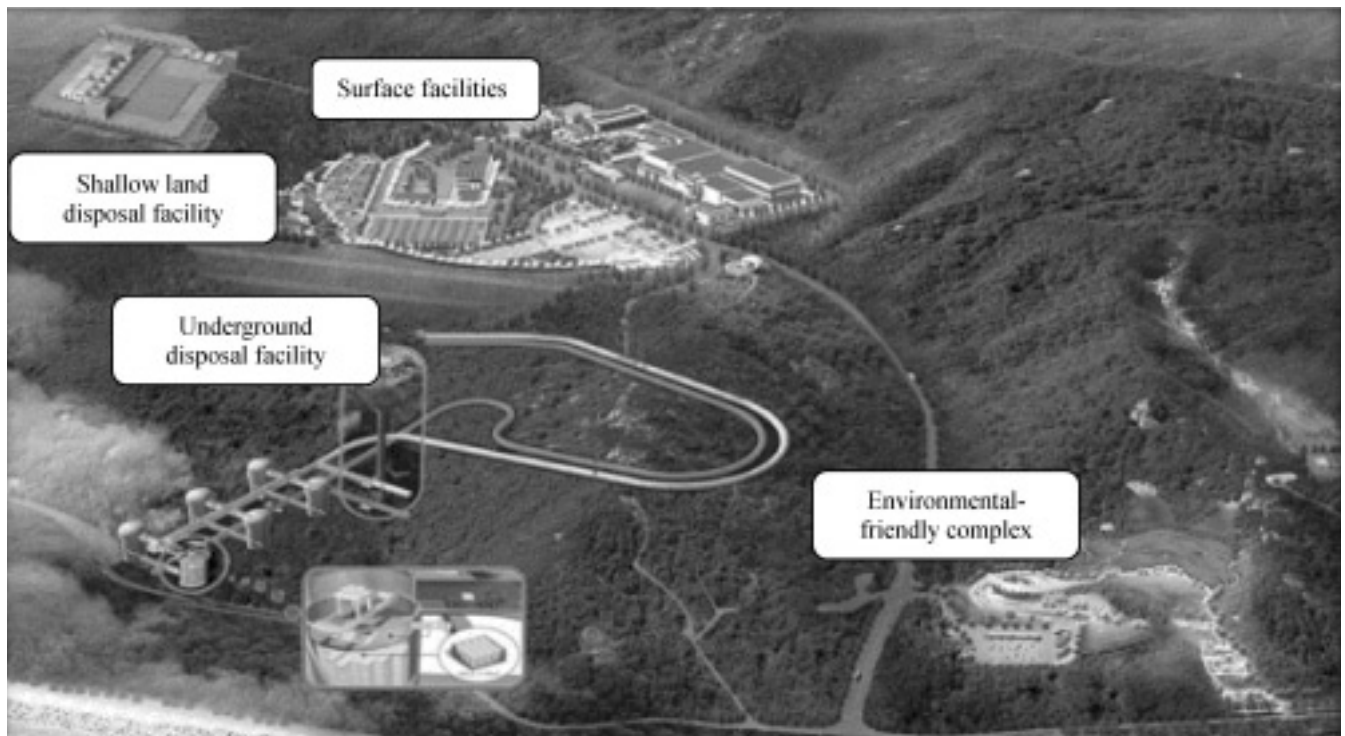


Table 2 New waste classification of IAEA 2009⁴⁾

LILW Classification		Disposal method
Existing classification	New classification	
Exempt Waste, EW	Exempt Waste, EW	Clearance
LILW <input type="checkbox"/> Short lived waste <input type="checkbox"/> Long lived waste	VSLW	Clearance after storage decay
	VLLW	Landfill Near Surface Disposal
	LLW	Engineered Near Surface Disposal (~ 30m underground)
	ILW	Engineered Geological Disposal (tens to hundreds of meters underground)
HLW	HLW	Deep Geological Disposal (more than hundreds of meters underground)

In Korea, amendment of radioactive waste classification is recently going off for safe and effective management of radioactive waste according to IAEA's recommendation. In December 2013, the Nuclear Safety & Security Commission (NSSC) approved the new classification which breaks down LILW into VLLW, LLW and ILW. Afterwards, the nuclear safety act and other related Notice was amended to reflect the decision of NSSC in September this year.

due to the lack of social acceptance. Accordingly, the amendment of radioactive waste management measure was approved at the 253rd AEC in 2004, and the special law on support for hosting region was legislated in the following year. In November 2005, Gyeongju was designated as candidate site for LILW disposal facility in the result of the local referendum carried out at the 4 volunteering regions (Gyeongju, Gunsan, Yeongduk and Pohang)

3.2 Composition of WLDC

The gross area of WLDC is about 2,100,000m², and its disposal capacity will be 800,000 drums conforming to the approval of the 249th AEC. WLDC consists of surface facilities and disposal facilities. Surface facilities are composed of inspection & storage building, radioactive waste building, power supply building, waste water treatment building and laboratory, etc. LILW will be disposed of at disposal facilities. Starting from January 2006 when construction of the 1st phase of disposal facility launched, the disposal facilities will be constructed in phases (Fig. 1).

3.3 Construction of WLDC

The 1st phase disposal facility has been con-

structed from January 2006 and will be operated next year. Underground disposal facility consists of 6 silos for waste disposal, operation tunnel for waste transport, construction tunnel, and entrance shaft for entry and inspection. Six cylindrical silos are 23.6 meters in diameter and 50 meters in height, located 130 meters below sea level. Each silo can accommodate 167,000 drums so that total capacity of the 1st phase disposal facility is 100,000 drums of LILW.

4. LILW management plan

4.1 New classification of radioactive waste

In 2009, a new classification of radioactive waste was created by which radioactive waste is now sorted into six categories (i.e., high level, intermediate level, low level, very low level, very short lived and exempt waste). This classification was recommended by the IAEA, taking account of disposal options by half life, radioactivity and various types of radioactive waste (Table 2).

In Korea, amendment of radioactive waste classification is recently going off for safe and effective management of radioactive waste according to IAEA's recommendation. In December 2013, the Nuclear Safety & Security Commission (NSSC)

approved the new classification which breaks down LILW into VLLW, LLW and ILW. Afterwards, the nuclear safety act and other related notices were amended to reflect the decision of NSSC in September this year.

4.2 LILW disposal plan according to the new classification

According to the IAEA's recommendations on radioactive waste, many member states, including France and Japan, have classified waste into more detailed level and improved efficiency by reducing disposal costs, which is lower than Korea. Thus, as radioactive waste comes under LILW or HLW under existing classification system in Korea, many issues remain to be solved. For example, the disposal cost will be increased when VLLW is disposed of in an underground silo or a shallow land

Table 3 Disposal options* by waste categories in Korea^{>5)}

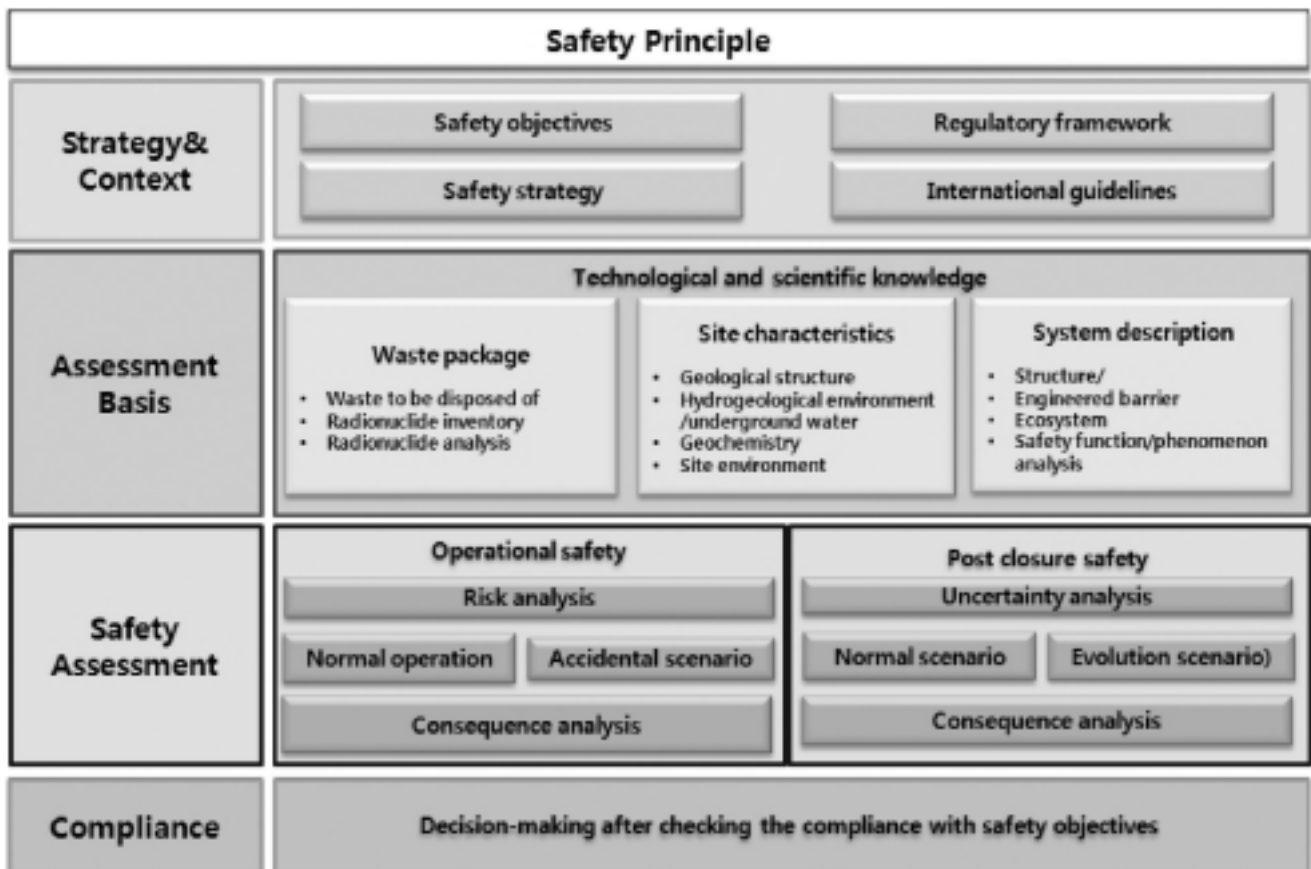
Waste category	Disposal options
EW	Clearance
VLLW	Near Surface Disposal or Deep Geological Disposal
LLW	Near Surface Disposal(except Landfill) or Deep Geological Disposal
ILW	Underground Disposal or Deep Geological Disposal
HLW	Deep Geological Disposal

* The NSSC Notice stipulates that there are two disposal options of radioactive waste, near surface disposal and deep geological disposal. Near surface disposal falls into one of three types, underground disposal, shallow land disposal and landfill.

disposal facility, both of which cost relatively high even if VLLW can be disposed of in the landfill facility.

In order to reduce the disposal cost and improve the efficiency of WLDC, radioactive waste should be reclassified into HLW, ILW, LLW and

Fig. 2 Safety system for WLDC



VLLW as recommended by the IAEA. Subsequently, different disposal options could be applied to each waste category based on risk-graded approach. In other words, an adequate level of safety can be achieved by disposal of each type of waste into different types of facilities by radioactivity (**Table 3**).

In this regard, KORAD planned to construct the shallow land disposal facility as the 2nd phase project of WLDC. At the same time KORAD is making an effort to construct the landfill facility in WLDC as the 3rd phase project of WLDC as well.

5. R&D on LILW management

In order to assure generic safety of disposal facility, KORAD established the safety system, consisting of ‘strategy & context’, ‘assessment basis’, ‘safety assessment’ and ‘compliance’, as well as integrated program of safety case (**Fig. 2**).

In particular, KORAD has implemented R&D on technological and scientific assessment basis. The assessment basis falls into 3 areas: waste package, site characteristics and disposal system description, including understanding of disposal system and evaluation of facility behavior.

It is expected that continuous R&D on assessment basis will contribute to raise the optimization, robustness and demonstrability of disposal facility. Consequently, the uncertainty of disposal facility would be decreased and the generic safety would be enhanced in the end.

6. Conclusion

KORAD has made efforts for safe and effective management of LILW. The underground disposal facility of WLDC has been already completed and will be in operation after thorough preparation. As the measure of LILW management needs to be made considering the new classification and generation of decommissioning waste, KORAD plans to construct the shallow land disposal facility as the 2nd phase and the landfill facility as the 3rd phase.

KORAD has also concentrated on R&D to secure the safety of disposal facility. Thus, the mission of KORAD, protection of human being and environment from radiation risk of radioactive waste would be achieved.

Reference

- 1) The National Assembly, “The Radioactive Waste Management Act,” (2013) (in Korean).
- 2) The National Assembly, “The Nuclear Safety Act,” (2014) (in Korean).
- 3) The National Assembly, “Enforcement of the Nuclear Safety Act,” (2014) (in Korean).
- 4) IAEA, “Classification of Radioactive Waste, GSG-1,” (2009).
- 5) KORAD, “Analysis for the plan of effective operation LILW disposal facility,” (2012) (in Korean).

研究施設等廃棄物の廃棄物処理事業の準備状況

泉田 龍男*

Progress on management business system of LLW generated from research and industrial nuclear facilities

Tatsuo Izumida

公益財団法人原子力バックエンド推進センター (RANDEC) では、平成20年から大学・民間等の低レベル放射性廃棄物を集荷・貯蔵・処理を実施する廃棄物処理事業について調査検討を進めてきた。今回、この放射性廃棄物処理事業の実現性を収支シミュレーションにより検討した。この結果、公益事業として実施するためには事業準備のために要する資金の準備方法が課題となることが明らかとなった。

RANDEC has been studying a management business system of LLW (Low Level Waste) generated from research and industrial facilities since 2008. To examine economical problems, the income and expenditure of LLW treatment business was simulated. As a result, raising method of the funds which is required in preparatory stage of LLW treatment business is an obvious issue to carry out as public utility works.

1. はじめに

研究施設等廃棄物とは、独立行政法人日本原子力研究開発機構 (原子力機構)、日本アイソトープ協会 (RI 協会)、及びその他の「大学・民間等」の研究施設等から発生する放射性廃棄物のことである。これらは、原子力の研究開発、ラジオアイソトープの使用、核燃料物質の使用等によって発生したもので、わが国の原子力研究開発、各種の産業及び医療に多大な貢献をしてきたと言える。しかし、その研究施設等廃棄物の処分施設がなく、廃棄物発生者が貯蔵保管している状況にある。特に民間の施設では、ウランやトリウム等を用いた研究開発や工業生産が終了した後も廃棄物の管理・保管を継続している施設が多く、そのための費用のみが発生している状況であり、早急な処分施設の建設が望まれている。

研究施設等廃棄物は、現在200ℓドラム缶換算で約55万本がそれぞれの施設などで一時保管されているが、廃棄物の8割を保管する原子力機構が埋設施設の建設や運営を行うことが決まっている。原子力機構では、埋設処分場の建設に向けて概念設計、立地基準及び立地手順策定等の作業が行われている。原子力機構が建設する廃棄物埋設施設に廃棄物を処分するためには、国が定めた廃棄体埋設基準を満足する廃棄体を作成する必要がある。原子力機構は現在も原子力の研究開発を行っており、自らの研究施設で廃棄体を作製する技術と施設が存在する。ラジオアイソトープ (RI) で汚染された廃棄物を既に集荷・貯蔵している RI 協会も自らの施設で廃棄物を処理している。一方、大学や民間等の研究炉や核燃料取扱施設で発生した廃棄物はそれぞれの施設で保管・管理がなされている。これらの施設でそれぞれ独自

*：公益財団法人原子力バックエンド推進センター 廃棄物処理事業推進部
(Radwaste Management Division, Radwaste and Decommissioning Center)

に廃棄物処理を実施するのは合理的でなく、公益財団法人原子力バックエンド推進センター(RANDEC)が廃棄物を集荷・貯蔵・処理を一括して実施する廃棄物処理事業の計画を進めている。この事業は、大学・民間等の主な事業者の要望と支援を受けて進めており、これまで廃棄物処理施設の概念を^{1,2)}中心として報告してきたが、今回は事業収支等を中心に検討状況を報告する。

2. 廃棄物処理事業の概要

(1) 対象廃棄物の物量と種類

RANDECの廃棄物処理事業が対象とする廃棄物は、大学・民間等の核燃料取扱施設及び研究用原子炉から発生する放射性廃棄物である。Fig. 1に調査した廃棄物の物量を示す。処理対象となる廃棄物量は200ℓドラム缶換算で約7万本であり、その大部分がトレンチ処分相当の放射能レベルであり、ピット処分相当の放射能レベルの廃棄物はきわめて少ないことが分かる。

Fig. 2にトレンチ処分相当廃棄物の核種別分布と既存物量及び将来発生物量を示す。

- ・既存廃棄物量が約4万本、将来発生廃棄物量が約3万本
- ・既存廃棄物量の約9割がウラン廃棄物
- ・ β γ 廃棄物は将来の研究炉廃止措置時に多く発生する
- ・その他の廃棄物はT R U廃棄物が大部分である

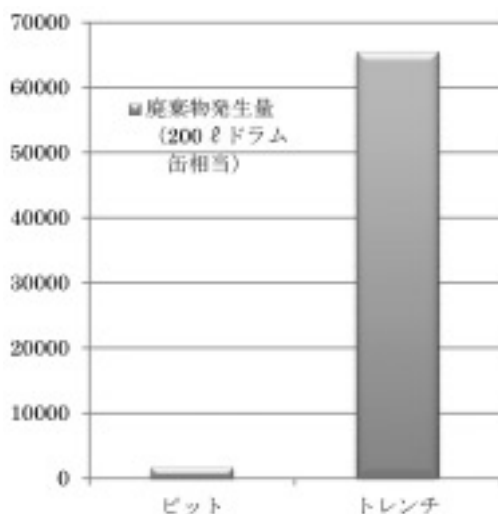


Fig. 1 Volume waste about pit and trench disposal

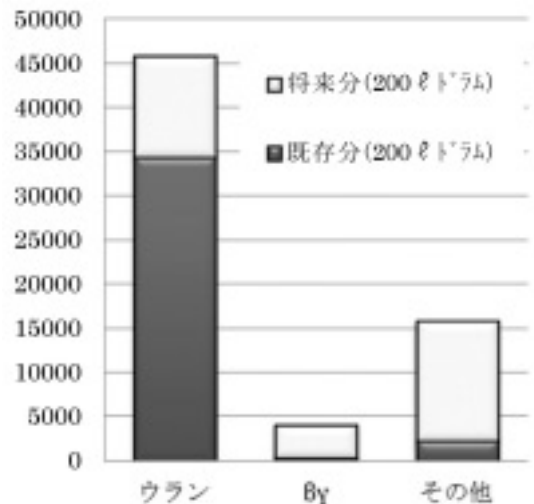


Fig. 2 Volume of waste respected nuclides group

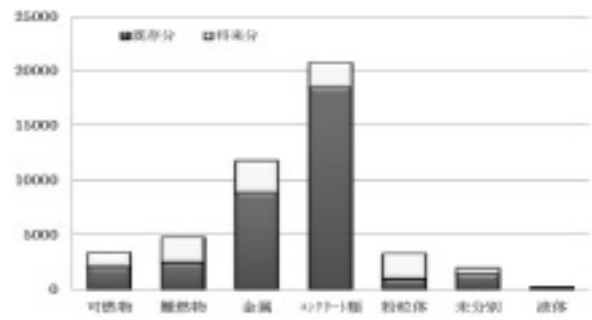


Fig. 3. Volume of waste properties in uranium waste

が、R I 廃棄物との混合汚染廃棄物も少なからず存在する。

Fig. 3にウラン廃棄物の種類別分布を示す。コンクリート類、金属、難燃物の固体廃棄物が80-90%を占めている。また、処理の難しい粉粒体や未分別廃棄物が約10%存在している。

(2) 廃棄物処理施設の概念

上記の既存廃棄物約4万本、将来廃棄物約3万本の合計約7万本を、新たに建設する廃棄物処理施設に集荷・貯蔵した後に、廃棄物を開梱分別し国の定める埋設基準に従った処分用の廃棄体を作製する。Fig. 4に想定している処理施設の概念を示す。この施設では、全国に点在する核燃料取り扱い事業所(約100事業所)から廃棄物を集荷・保管し、これらを開梱分別して廃棄体化処理を行った後に埋設施設に搬出する。施設は、廃棄物

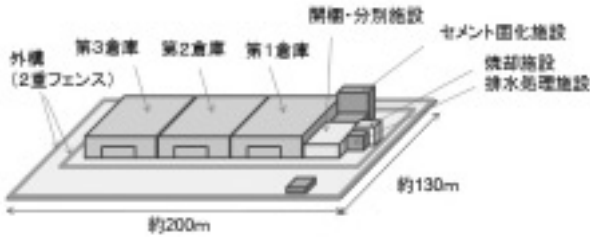


Fig. 4 Outline of LLW treatment facility

倉庫（1 万本× 3 棟）、開梱・分別施設、焼却施設、セメント固化施設、排水処理施設から構成される。廃棄物保管能力 3 万本、処理能力約 2 千本/年とした。

廃棄物は年間約 5 千本を集荷し、8 年間で既存廃棄物 4 万本を全て廃棄物発生事業者から本施設に移設する。その後は、将来廃棄物をその都度集荷する。集荷した廃棄物は、Fig. 5 に示すフローに従って開梱・分別した後に減容処理、安定化処理等により廃棄体を作製する。

3. 廃棄物処理事業の事業計画

（1）廃棄物処理事業の事業形態の検討

廃棄物処理事業の事業計画の検討にあたり、本事業の実施形態について検討した。わが国では、原子力発電所で発生する LLW については、日本原燃(株)が青森県六ヶ所村にある低レベル放射性廃棄埋設センターにて埋設処分を実施している。埋設にあたって必要となる廃棄物の分別や安定固化等の廃棄物処理を発生事業者である電力会社が現地の発電所内で実施している。

一方、研究施設等廃棄物については、放射性同位元素（R I）で汚染された廃棄物を公益社団法人日本アイソトープ協会（R I 協会）が集荷し、処理を行っている。R I 協会は R I やそれを用いた R I 医薬品を販売しており、これにより汚染された廃棄物を集荷・貯蔵し、その一部を焼却などの減容処理を行っている。

研究施設等廃棄物の 8 割を占める原子力機構で

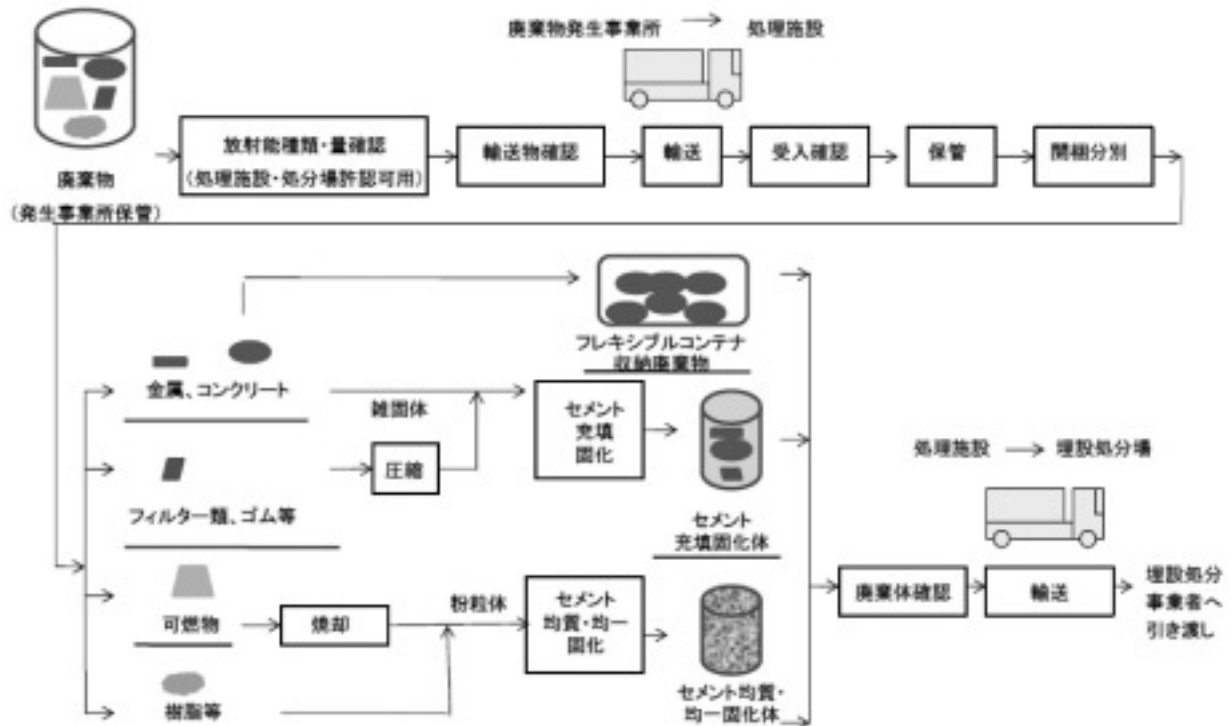


Fig. 5 Process flow of LLW treatment

Table 1 Comparison of LLW treatment business formation

類型	RANDEC	関係 法人との 連携	公益性	公平性	非営利性	技術力	資金調達	収益課税	総合評価
公益財団法人	◎ (直轄)	◎	◎	◎	◎	◎	○ 寄付金 活用	◎ なし	◎
新公益社団法人	○	○	◎	◎	◎	○	○ 基金活 用	◎ なし	◎
新一般社団法人	○	○	×	◎	◎	○	○ 基金活 用	×	△
新一般財団法人	○	○	×	◎	◎	○	×	×	×

は、自らの研究施設で発生した廃棄物の貯蔵・保管を行うと同時に、焼却などの減容処理を行っている。大学・民間等の核燃料取扱施設で発生する廃棄物については、集荷・貯蔵する事業者はなく、RANDEC が事業を計画しているものである。事業形態の検討にあたっては、財団法人もしくは社団法人で実施することを中心に検討した。Table 1 にこれらの比較を示す。

①公益財団法人

現在の RANDEC が公益財団法人として再発足して廃棄物処理事業を実施するケースである。このケースでは、現在の組織がそのまま事業を行うもので、最もスムーズに事業実施が可能である。また、公益事業として認定されることで、公益性、公平性が保たれ、収益課税が無いので、低コストでの実施が可能と考えられる。但し、財団法人が事業を実施する場合の問題点として、事業資金を寄付金などにより調達する必要があるが、公益事業に対する寄付金については、寄付優遇税制により寄付者が所得控除を受けられる。

②新公益社団法人

R I 協会と同様の新公益社団法人を設立する方式である。社団法人は目的を同じにする個人もしくは組織を社員としたもので、社員からの基金を基に活動を行う。今回の場合は、廃棄物の発生者が社員であり、社員からの基金により廃棄物処理事業を実施する。この場合も公益事業として実施するので、公益性、公平性、非営利性、収益課税については①と同様で、評価としては高い。

③新一般社団法人

この例は、一般事業として廃棄物処理事業を実施する社団法人を設立するものである。②との違いは、廃棄物処理事業を一般事業として実施するか公益事業として実施するかの相違であるが、収益課税を受ける分だけコスト高になる。

④新一般財団法人

この例は、一般事業として廃棄物処理事業を実施する一般財団法人を設立するものである。①との違いは、廃棄物処理事業を一般事業として実施するか公益事業として実施するかの相違であるが、収益課税を受ける分だけコスト高になると同時に、資金調達は①と同様に寄付金などで対応することになるが寄付者への優遇税制が受けられないデメリットがある。

これらの①～④の比較検討により、現在の組織のまま移行でき、且つ公益事業として推進するメリットが大きいことから、現在の RANDEC が公益財団法人として公益事業として廃棄物処理事業を行うのが最も適切と考えられる。この①～④以外の形態として、一般の株式会社の形態が考えられるが、長期に渡る事業でありが既存廃棄物を処理後は対象廃棄物の発生量が少なく、事業の発展性が見込めないことから評価対象外とした。

この公益財団法人に移行して、廃棄物処理事業を実施する方針は、「平成22年度大学民間等廃棄物発生者連絡会議」において主な廃棄物発生事業者の総意として、要望された。発生者連絡会議は、約20の主な発生事業者が委員となっており、対象廃棄物量の99%を占めている。

(2) 廃棄物処理事業の事業計画

公益財団法人として、廃棄物処理事業を以下の前提条件に従って実施した場合の事業収支をシミュレーションし、その事業性を評価した。事業性の評価とは、事業に占める各コストの影響を把握し、それを基に事業準備を進めていくためである。

(前提条件)

対象廃棄物量：大学・民間事業者の既存及び将来発生分廃棄物合計約7万本

廃棄物処理施設：RANDEC が新設

事業期間：廃棄物を集荷開始する操業から約35年間

事業終了：35年後の事業終了時に施設を全て解体

人員：最大で現場人員約30名
総勢約40名

(費用設定)

施設建設費用：廃棄物貯施設、処理施設、排水・排気施設、管理施設等を約30億円で建設

減価償却期間：設備は7年間、建屋は25年間

修繕費：設備費用の約5%

設備更新費：修繕費用にて賄う

人件費：準備期間は6～15名、操業後は約40名

土地購入費：工業用造成地の借地

原状復帰費：施設のデコミッショニング費用として約7億円

Fig. 6に収支シミュレーションを実施した例を示す。事業準備期間を7年間、事業を35年実施したのちに施設をデコミッショニングしたのちに事業を終了する計画である。このシミュレーションの結果をまとめると以下になる。

・事業収入は、操業開始から引き受ける廃棄物

の保管処理収益

- ・事業コストは、人件費、減価償却費、修繕費、原状回復費（デコミッショニング）が大きい
- ・事業収入がない事業準備期間は事業収支上赤字
- ・事業コストの総計は220～250億円であり、廃棄物処理単価に換算すると30～35万円/200ℓドラム缶

上記の結果からわかることは、事業規模220～250億円の事業であり、処理単価30～35万円程度で運営できる事業であることである。施設建設費用は借入で実施し、操業開始後に減価償却で対応することができる。しかし、操業開始前の準備期間と開始直後は、保管処理収益がないため事業収益は赤字となる。

(3) 事業収支上の問題点

上記の収支シミュレーションで事業の規模、廃棄物処理単価の概算が明らかとなったが、保管処理収益の見込めない操業開始前の準備期間と開始直後が赤字となる。その総額が約10億円である。通常の株式会社であれば、借入もしくは事業資本で対応するのが通常と考えられるが、公益事業では事業を運営する公益財団の財務上の制限条項が

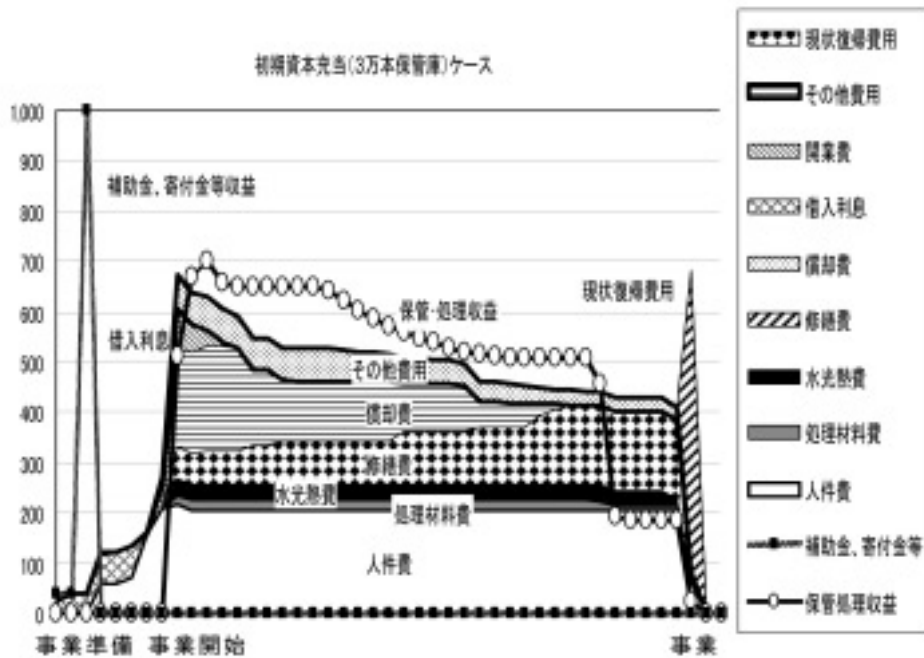


Fig. 6 Balance simulation of LLW treatment business

問題となる。すなわち債務超過が2年継続すると法律で解散することが定められており、このような債務超過を避ける必要がある。従って、この操業開始前の準備期間と開始直後の期間に要する費用を寄付金などによって対応する必要がある。

この対応策としては、廃棄物発生事業者等からの寄付金、早期廃棄物処理契約による売り上げ計上等を検討している段階であり、いずれにしても廃棄物発生者の協力が不可欠となってくる。

4. 今後の実施工程と課題

RANDECでは、平成20年度から廃棄物処理事業実施のための調査検討を開始し、これまで操業施設の概念や基本的な事業収支を明確にしてきた。したがって、Table 2に示すように事業計画、技術検討、施設計画の各項目において下記に示す検討を実施し、平成29年度頃からの事業準備の開始とその7年後の操業開始を目標としている。

①事業計画

資金計画：上記3で示した事業準備期間と操業開始直後の資金の問題解決を図るべく、廃棄物発生事業者の協力を得な

がらその具体的な対応策を検討する
先行事業：廃棄物の早期集荷・貯蔵事業及び廃棄物中のウラン計測事業の事業計画を検討する

立地活動：原子力機構の埋設施設の立地活動と連動しながら廃棄物処理施設の立地活動を実施する

②技術検討

廃棄物データ整理：廃棄体の埋設確認の際に必要なインベントリ評価の合理化を視野に、発生事業者が保管する廃棄物中のインベントリデータを取得整理する。

ウラン計測システム：ドラム缶外部からウランインベントリを計測するシステムを構築する

③設備計画

設備の概念：遮蔽・排水・排気及び廃棄物取扱いプロセスなどの概念を構築し、基本設計に資する

集荷・輸送・計量管理：立地活動に向けた設備イメージを検討

Table 2 Future program of LLW business

年度	25	26	27	28	29～
事業計画	資金計画の検討	立地活動	事業詳細計画検討 ①具体的な資金調達手法 ・廃棄物処理契約 ・寄付金、借入れ等の実現性等 ②先行事業詳細検討 ・ウラン計測事業	▼立地決定	・事業許可申請準備開始 ・探用活動開始 ・契約手法・内容の検討開始
	先行事業の検討				
技術検討	廃棄物データ整備	ウラン計測システム検討	グループ別核種評価の合理化検討 ・原子力機構ワーキンググループと委託調査費活用 ウラン計測システムの実証 ・実証装置製作と模擬廃棄物での検証		・核種評価の継続 ・廃棄物情報整備 ・ウラン計測事業開始
設備計画	設備の概念検討	集荷輸送・計量管理など検討	設備の概念設計 ・遮蔽、排水、排気等の検討 ・廃棄物取扱いプロセス等 対外向け資料の検討、準備 ・立地用設備イメージ		・基本設計開始

5. おわりに

研究施設等廃棄物の埋設施設の建設計画は、原子力機構が鋭意準備・検討を進めているが、平成23年の東日本大震災及び東京電力福島第一原子力発電所事故の影響で計画が遅れている。しかし、平成26年2月の文部科学省「研究施設等廃棄物作業部会」において、平成20年代の最終年に立地を目標とすることが示された。RANDECにおいてもこれに従った事業スケジュールを策定し、平成29年から事業許可申請、施設の基本設計などの事業準備を開始していく計画である。原子力施設の

立地は、政治的な要因などの複雑な局面が多く、単純には進行しないことも想定されるが、原子力機構及びR I協会と連携しながら埋設処分実現に向けて活動していく予定である。

参考文献

- 1) 清水隆文, “物流システムの設備検討,” デコミッションング技報, No42, (2010年9月).
- 2) 秋山武康, “物流システム処理施設におけるウラン廃棄物の除染について,” デコミッションング技報, 第46号, (2012年9月).

ドイツの廃止措置の状況 —福島第一原子力発電所事故の影響—

フランツ ボーマン*

Current landscape of decommissioning in Germany — Influence of Fukushima Daiichi NPP accident —

Franz BORRMANN

福島事故（東京電力福島第一原子力発電所の事故）の影響がなければ、昨今のドイツの廃止措置状況は別のものとなっていたかもしれない。8基の強制的な廃止措置及び発電所の寿命延長の決定の取り消しにより原子力政策全体への影響が顕著となっている。福島事故によって、まだ、原子力は消えてはいないが、国の急速なエネルギー転換は事業者の収入状況に絶えず影響を与えないはずはない。このことが、廃止措置にも影響している。一方、全く福島とは関係ない処分問題を明確にしなければならない。非発熱性廃棄物の最終処分場KONRADの運転開始を更に遅らせること、また、発熱性廃棄物の処分場探しの新たな手続きが始まることから廃棄物処分の面から廃止措置に対し新たな衝撃が生じている。ドイツの廃止措置環境はこの2つの影響により絶えず変化している。

Decommissioning landscape now in Germany might be another aspect, without the Fukushima Daiichi nuclear power plant (NPP) accident. Influence to the German atomic energy policy had to be indispensable, due to enforced decommissioning of NPPs and discontinuation of their life-time extension. The phaseout of nuclear energy utilization in Germany, not eliminated yet through Fukushima, causes the accelerated energy transfer which must be influenced in income of power supplies and at the same time decommissioning of their facilities. Independent on Fukushima, disposal problem of radioactive waste in Germany is to clarify. Commencement of KONRAD disposal facility for non heat generating waste is delayed and the new initiation of process to search for disposal facility of heat generating one gives in decommissioning circumstance of Germany a new impulse.

1. 規制上の境界条件

ドイツでは、原子力施設の建設と運転には許可が必要である。施設を解体または安全貯蔵する場合には更なる許可が必要である。規則では、単一の許可ではなく複数の廃止措置段階に対応した許可の下で解体される。最初の許可では、最終的かつ再稼働できない運転停止としての廃止措置が規

定され、将来の廃止措置の許可ステップが各解体段階に対応して具体化されている。全体の進め方は廃止措置許可の中に示されている。このやり方の特徴は、数年先にも現れる技術上の進歩を解体に用いるためであり、特定の技術を直ぐに決めることは有効な技術を除外したり、場合によっては、有効な技術を使うために費用を改めて掛け新許可を取ることになる。最初の許可の際には、環

* : iUS (Institut für Umwelttechnologien und Strahlenschutz GmbH), Aschaffenburg, Germany
(本論文はドイツ語で書かれ原稿を当センターで和訳し掲載するものです)

境影響調査、公衆の関与及びユーロアトム協定第37条による隣接国の関与が必要である。

高温ガス炉 THTR-300 と AVR 炉 及び Lingen 発電所などの一部の例外を除き、廃止措置戦略としては直接解体方式が選択された。ドイツでは、基本的には直接解体方式と共に、安全貯蔵方式が許されている。しかし、Entomment (遮蔽隔離) は代替戦略としては許可されない。

ドイツの廃止措置では、連邦政府と州政府により2段階で規制管理されることが特徴である。州政府は、許可を発給し州内の原子力施設の監督に責任を有しているのに対し、連邦政府は、法律、省令、規則を策定するとともに、州政府に対し法令順守と目的の妥当性の監督を行う。Fig. 1 に原子力施設の運転、運転後及び廃止措置段階の許認可及び手続において関係する機関・組織及び許認可の流れを示す。

2. 2011年3月以前の状態

原子力施設の廃止措置では、ドイツは長い伝統を持ち、産業界も工業的、非工業的問題を克服した経験を有する。既に、1994年にはドイツ最初の KKN (Niedereichbach) 発電所を原子力法の規制

から解除し、その数年後には、BWR型の Grosswelzheim 発電炉を規制解除した (1998年)。1990年代から2000年代には、比較的小型の原型炉が運転停止し廃止措置が始まった。これらの第一世代の独特な炉概念の原子炉が技術的、経済的理由から恒久停止した。同時に、多くの原子炉が事故、許可不適格、または、安全上必要ではあるが経済的には是認できない追加設備のために運転停止に至った。

特異なのは、東独の発電炉の廃止措置である。KKR (Rheinsberg) 及び KGR (Greifswald) 1～5号機は、西側の科学技術水準になく、追加的設備等によってもその水準に至らなかった。この廃止措置は、国家所有の会社から移管した連邦政府所有の EWN GmbH 社が行っている。間もなく、KGR 1～5号機は原子力法から規制解除され、ドイツ最大の廃止措置プロジェクトは成功裏に終了する。EWN GmbH 社はこの廃止措置の成功によって、今実施中の原型炉及びカールスルーエ再処理施設の廃止措置を引き受け活動している。

Kahlstein と Hanau-Wolfgang サイトでは、4箇所の燃料製造施設 (高温ガス炉燃料と MOX 燃料の加工施設含む) が解体され、緑地化された。現在、このサイトは非原子力用途になっている。

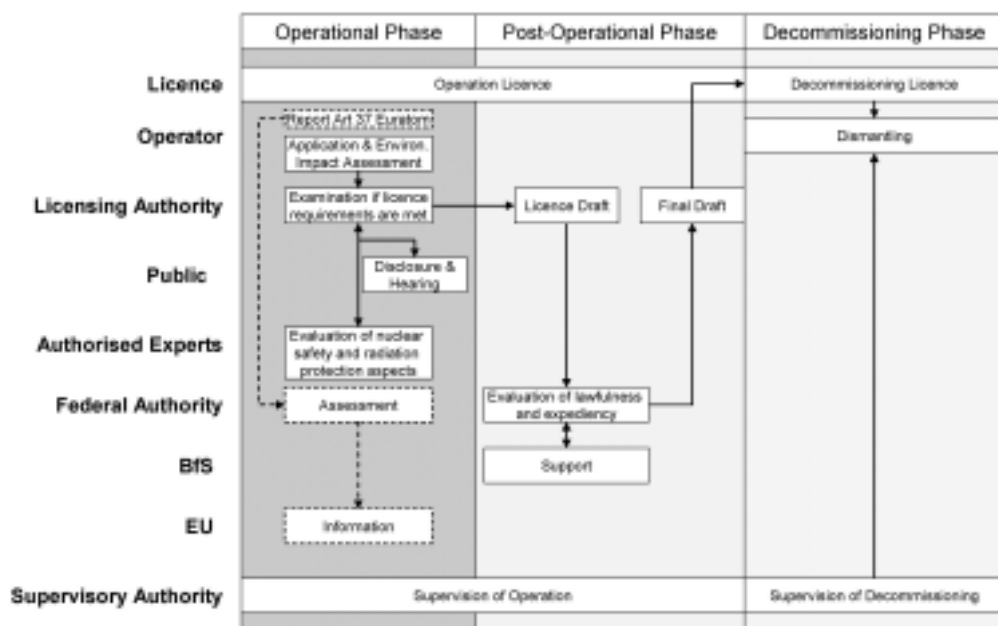


Fig. 1 Licensing scheme of with relevant authorities and organization in Germany

1998年から2005年の所謂SPD（社会民主党）／緑の党の連行政権下で発電会社と結んだ“2000年合意”において、原子力からの撤退の形が決められた¹⁾。個々の発電所に対して、固定した残存運転期間ではなく、残存エネルギー生成量を予定するものである（許可された発電所内での生産量の譲渡制限も課す）。この合意によれば、最後に運転が停止される時期は2021年となった。Muhlheim-Karlich発電所を巡る裁判紛争終了と即時廃止措置という妥協点が予定されている。

その次の大連立政権〈2005～2009〉は原子力からの撤退決定を最初は堅持していた。2009年に政権はCDU（キリスト教民主同盟）／自由党連立政権に代わり、初めて、撤退決定に対し問題提起がなされた。連立合意には、原子力エネルギーが“橋渡し技術”として但し書きに書かれ、運転期間延長が予定されていた²⁾。

2010年に提出、決定された原子力法の第11次改定及び12次改定では、1980年以前に運転開始した発電所の運転延長を8年とし、1980年以降のものでは14年延長するものであった。運転延長は追加的電力量を許可することである³⁾。

新規建設の禁止と基本的な原子力撤退決定はこれによっても揺さぶられることはなかった。並行して核燃料税が導入された⁴⁾。これは基本的には

一般社会の付加利益の一部に当たるもので、設備強化のために電気のソケット一個分に当たる金額分の補給をするようなものである。運転期間延長により追加的安全対策と設備再点検が予定されるのでこれは必要である。核燃料税は中期的なエネルギー転換の財政と代替エネルギー製造技術開発を支えるべきであるが、目的税とすべきものではない。2011年1月1日の核燃料税の導入により Biblis B発電所では税金支払いを避けるために、燃料交換を前倒しで行い、それに伴い通常以上の数の新燃料が装荷された。多くの発電所が核燃料税の決定（2010年10月）と法律施行（2010年末）の間の期間は短すぎた。というのは、燃料交換に必要な検査には長期の準備期間が必要である。

3. 福島の影響

壊滅的な津波と津波が引き金となった東京電力福島第一原子力発電所事故の後、原子力利用の議論は再度大きく湧き上がり、連邦政府は数日後に関係州の首相を集め、1980年以前に運転開始した発電所は当面の3ヶ月間の運転だけを行うという覚書を取り決めた。1980年以前に運転開始した発電所と1980年以降に運転開始された炉との違いは、全く恣意的なもので、RSK（原子炉安全委員

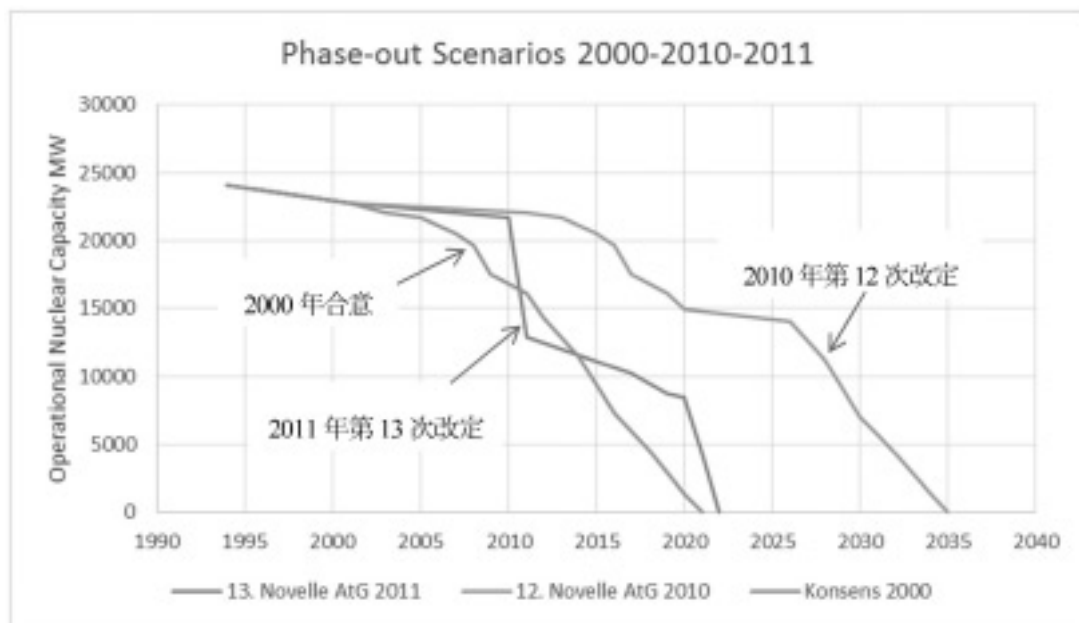


Fig. 2 Scenarios of nuclear phase out in Germany proposed in 2000, 2010 and 2011

会)が確認する「運転推薦書」のような安全性に関する技術的な理由でもない⁵⁾。

その覚書の期限切れの後、連邦政府は既に停止した発電所の最終廃止措置及び2022年までに段階的に全ての原子力利用から撤退することを通告した。前提となっている残存電力量は2000年合意に相応する。この決定は8月11日に第13次原子力法改定において組み込まれた。

Fig. 2はこのシナリオを明確に示す。2000年合意で決められたのは2010年以降ほぼ直線的に降下する。一方、原子力法第12次改正では運転延長で平均的に12年伸びている。1980年以前の古い発電所と新しい発電所の違いが2つにカーブとなっている。2010年の決定においては古い発電所の減少容量が少ないためカーブは平たんに下降するが、2011年の決定によれば、8基の発電所の即時停止により急速エネルギー容量は減少する。運転期間の転用により電力生産容量の減少にはブレーキがかかるが、2020年からは大型発電所の運転停止により廃棄物容量は急速に減少する。

同時期の電力生産量の40%遮断とその結果として廃止措置は、当初は廃炉業界にブームを期待させたが、これまではそのブームは始まっていない。

大電力供給者の収益事業の問題もある。運転フェーズから退くドイツの商用炉の廃止措置には、すでに廃止措置資金準備がある。この資金はこれまでに34Mrd EUR (約4兆8千億円)溜まっている。これは現金で使えるものではなく、電力供給者の他のエネルギー供給活動とも関連している。しかし、他のエネルギー供給が相応な収益をもたらすことはないので、少なくとも準備金の新評価が必要となる。収益変化は化石燃料発電が経済性ある想定ではないとする太陽光、風力、バイオマス等の代替電力供給の優先性から生ずる。

英国のNDAを模範として廃止措置と廃棄物処分に責任を有する基金に廃止措置及び運転中の施設を委ねるというエネルギー供給者の提案はこのような背景から理解できる。しかし、連邦政府は、放射線防護庁がすでに何年か前に従来の準備金に代わる基金処理方策を要求したが、この提案を退けた。

4. 福島事故後廃止措置された8基の発電所

覚書で運転停止された全8基の発電所はこの間に正式に廃止措置申請された。この申請の具体化に必要な書類は現在個々に審査中である。Table 1にそれらの申請の現状を示す。まだ、廃止措置許可が発給されていないため、形式的には全発電所は“停止中”又は、“運転後”の状態にある。

Table1 Present status of 8 NPPs shut down immediately after Fukushima Daiichi accident⁶⁾

Facility	Fuel Location	Decontamination	Application for D&D
Isar-1	cooling pond	—	04. 05. 2012
Unterweser	cooling pond	primary circuit	04. 05. 2012
Biblis-A	cooling pond	primary circuit	06. 08. 2012
Biblis-B	cooling pond	—	06. 08. 2012
Brunsbüttel	RPV and cooling pond	—	01. 11. 2012
Neckarwestheim-1	cooling pond	primary circuit	24. 04. 2013
Philippsburg-1	cooling pond	—	24. 04. 2013
Krümmel	cooling pond	—	—

申請は、核燃料税を巡る裁判紛争(当初、連邦政府はHamburg行政裁判所から返済要請を受けたものの、主要点は決まっていない)及び運転停止(Hessen州がBiblis AとB発電炉の強制停止に対し1億EUROオーダー(百億円オーダー)の損害補償の判決を下す)によって遅延している。廃止措置には計画停止によって長期の冷却期間が必要になっている。Krümmel発電所の場合は、連邦政府の決定⁷⁾で示された1980年以降の運転の基準は明確に満たしているにも拘らず、運転停止の指示を受けたので、裁判紛争はさらに複雑な様相となっている。

申請文書は、公開され入手できるので、動向的には柔軟性がみられる。それぞれの運転者は自分の施設の廃止措置申請を行った。運転者は、発給される許可に基づく要求受け入れを放棄することを文書にて留保し、施設の廃止措置が当局の指示により憲法違反であることを示すべきである。^{8), 9), 10), 11)} 運転停止後の運転期間中は直接の解体には取り掛かれないが、核燃料が施設から撤去されていれば、例外的に運転に必要な計測

機器の撤去移動などは許可される。以上ことから、運転手引きの範疇の中で余剰な施設の削除と一部の解体はできる。

発電所のプールからの核燃料の積み出しに必要なCASTOR-容器(キャスク)は準備され、年間製作能力は50基から80基に上がった。なお、製造メーカーによれば、2014年にこの製造能力に至る¹²⁾。

提出された申請では^{8), 9), 10), 11)}一つの解体で幾つかの許可ステップがみられる。廃止措置申請及び最初の解体許可は汚染部分の解体に係る放射化領域の(炉心及び生体遮へい)の解体申請は少なくとも次の許可ステップに見込まれている。

5. 廃止措置からの放射性廃棄物の中間貯蔵及び最終処分

ドイツの放射性廃棄物区分はFig. 3に示す。同図はクリアランス及び減衰貯蔵の他には唯一深地層処分を示す。ここでは、岩石の表面の温度上昇が3℃以上となる(発熱性廃棄物)とその温度以下の非発熱性廃棄物(熱発生が無視できる)を区分している。後者はKONRAD処分場が予定される。深地層処分には高額の費用が見込まれるので、ドイツではクリアランスが重要な意味を持

つ。基本的にクリアランスはIAEAとEUの基準値に従ったもので、ドイツの特殊性(再利用するスクラップと廃棄物量)を考慮して300核種のクリアランス値が一覧表にしている。廃止措置に関連する核種に対しては目下のところ、IAEA RS-G-1.7指針の推奨値よりも高い。新EU-BSS (Basic Safety Standards: 基本安全基準)の改定に伴いIAEAの数値は拘束力があるものとなり、その数値算定方法が与えられた。これにより何種類かの核種の値が小さくなり、EUのガイドラインの改定とともにドイツの法令改定が2017年までに行わ

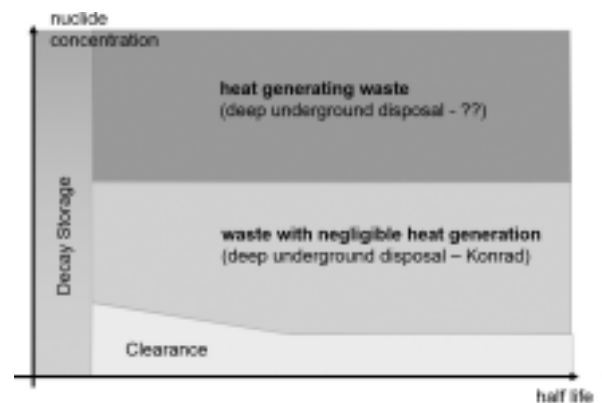


Fig. 3 Classification of radioactive waste in Germany

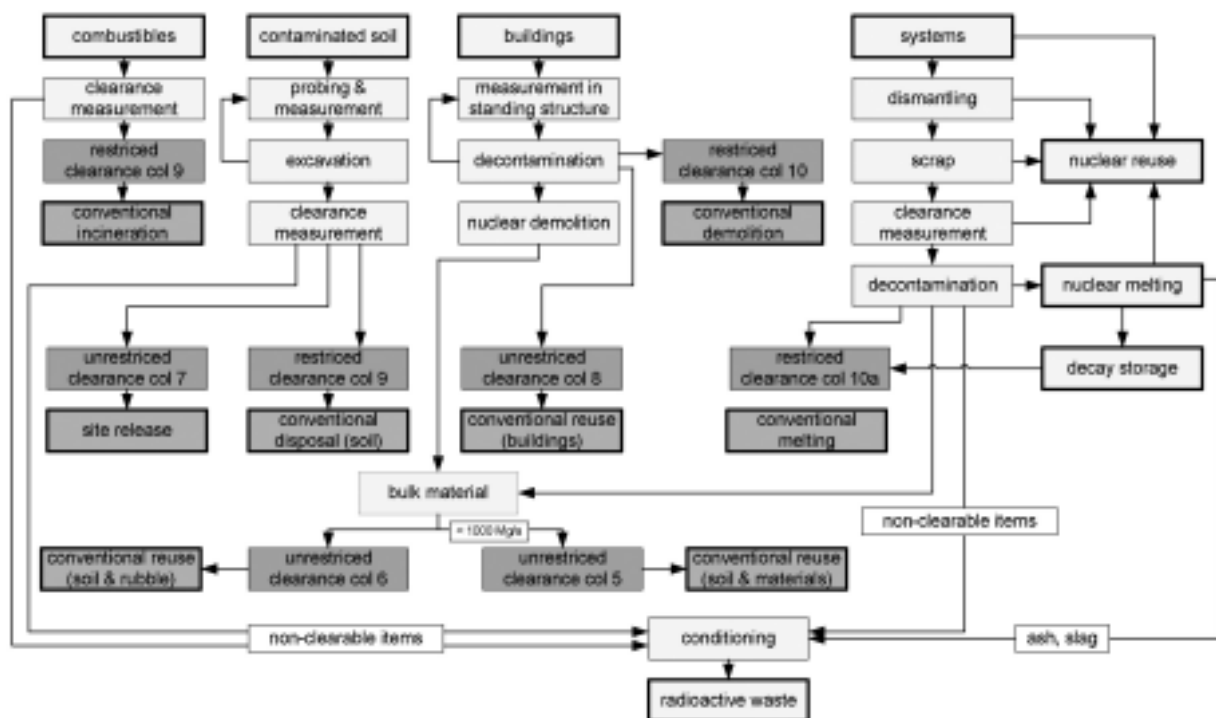


Fig. 4 Radioactive waste and clearance path in Germany

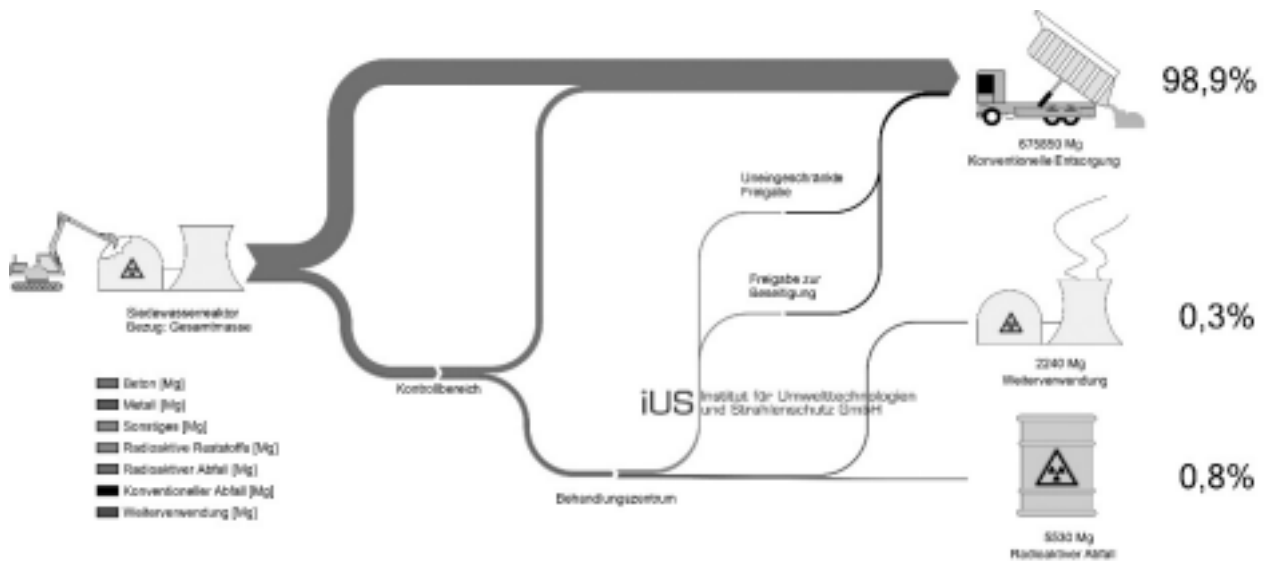


Fig.5 Mass flow of radioactive waste from decommissioning of BWR (reference reactor)

れる。

Fig. 4では、放射性廃棄物とクリアランスのパスを示す。

同時に廃棄物の容量を適正化することが廃棄物コストの観点から大きな意味を持つ。どのような努力がなされているかをFig. 5に示す。

公式な評価によれば、KONRAD処分場上の操業開始は2019年にずれこむ。DBE（ドイツ廃棄物処分施設建設・運転会社）の経営陣は2022年と評価している。さらに、処理に係る規準が整備され、処理が許可されなければならない。目下のところ、非放射性廃棄物（化学物質）との統合化に必要なパラメータのために許認可は進んでいない。KONRADの操業開始後の処分場への均等な廃棄物の流れを確保しなければならない。このために既に、処理済みの廃棄物容器の事前申し込みが必要である。処理済み廃棄物容器に係る適合の確認で不足があるので審査は先に進まない。実際の運び入れがまず少ない補正だけで始まることが期待される。

従って、廃止措置の場所に非発熱廃棄物用中間貯蔵施設が必要となる。この中間貯蔵は恐らく2050年に終了する。これまでに申請された廃止措置では、全て中間貯蔵用の既存の部屋又は建物、又は中間貯蔵用の新施設が申請されている。さらに、発熱性廃棄物もまたその場で中間貯蔵される

に違いない。AhausとGorlebenの中間貯蔵施設の核燃料容器受け入れは長くは許容されない。

6. ドイツの廃止措置市場

核燃料サイクルの関連部分（研究炉、原型炉、実用原子炉、核燃料工場、再処理、ガラス固化、処分場）を全てカバーする廃止措置計画が広範囲な領域に及ぶため、ドイツの企業は解体で現れる諸問題の克服に必要な技術と方法を持っている。

その技術と方法とは以下のものである。

- ・施設特性評価（特に放射能評価）
- ・除染
- ・解体
- ・大型構造物のハンドリング
- ・アルファ汚染を有する条件下の作業
- ・廃棄物の事前処理
- ・廃棄物の処理
- ・建築構造物のクリアランス測定
- ・部材のクリアランス測定
- ・遠隔操作技術
- ・総合マネジメントシステム
- ・廃止措置情報管理システム

個別の技術及び手段は多くの経験を記載されたものが報告されている。開発で重要なことは、取り入れた手法や手段を最適化し、廃棄物容積の極

小化を図るとともに、廃止措置作業の自動化と工程管理の最適化を図ることである¹³⁾。

原型炉の解体では、この開発には一部には連邦政府の研究省及び工業省が資金を出したので、多数の新しい方法が確証され、取り入れられた。これに関する多くの報告者が出されている。

ドイツの廃止措置分野の市場構造は、今日までに大きな単位で編成がなされた。この単位は、プロジェクトの規模や市場の垂直的統合を目指す個々の会社の市場戦略において決まる。今日の厳しい委託事情（電力供給者の収入減少、過剰雇用者問題、許認可処理の遅延及び廃棄物流管理等の制限下で）から、再編の動きは近い将来まだ増え続けるであろう。ドイツには、実績を有し、人的貢献、エンジニアリング的貢献が可能であるとともに、非常に専門的な廃止措置の課題を引き受けて卓越したノウハウを集積した多くの企業も存在する。

ドイツから見れば、日本の市場用に何かの手法と技術を準備することはかなり難しい。言語と文化の相違によって、ドイツの作業者を日本に直接投入することは極めて想像し難く、例外的ケースに制限される。ノウハウ転用について、現在のIRID (International Research Institute for Nuclear Decommissioning；技術研究組合 国際廃炉研究開発機構) のような組織においては、この分野のノウハウ転用の実現は難しい。その理由は、多くの企業は通常は、その適用に対してノウハウを売るのであって、自己の従業員を投入できない場合には再資金化の重要な財源が得られないことである（補助金の現在の制度に関する懸念）。

あとがき

福島事故への政治的対応とエネルギー転換の動きが一緒になってドイツの廃止措置環境は持続する形で変化した。この電力市場の大きな変化によりエネルギー生産者が通常発電及び原子力発電で利益を得ることが一層困難となっている。電力事業者の資産の中で廃止措置準備金は以前見積もられたよりはるかに小さく評価されている。しかし、ドイツの廃止措置技術は進歩しており、廃止措置産業は先導的分野のひとつとなっている。いくつかの原子力施設が完全に解体され原子力法の

規制から解放された。また、多くの施設では廃止措置が進んでいる。市場や投資の仕組みが異なるために、ドイツの経験を日本に移転することは難しく、ドイツの会社が廃止措置請負会社として参加するには障害があるように思われる。

参考文献

- 1) G. Schröder, J. Trittin, W. Müller, U. Hartmann, D. Kuhnt, G. Goll, and M. Timm, "Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000 vom 14.06.2000," Berlin, Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2000).
- 2) "Wachstum-Bildung-Zusammenhalt, Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und FDP, 17. Legislaturperiode vom 24.10.2009," (2009).
- 3) "AtG Entwurf 11. Novelle, Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland: Entwurf eines elften Gesetzes zur Änderung des Atomgesetzes," Berlin, Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2010).
- 4) "KernbrStG: Kernbrennstoffsteuergesetz vom 8. Dezember 2010 (BGBl. I S. 1804)," Berlin, Bundesministerium für Finanzen (2010).
- 5) "RSK: Anlagenspezifische Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) deutscher Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima-I (Japan). RSK 437. RSK Information vom 16.05.2011," Bonn, Reaktorsicherheitskommission (2011).
- 6) B. Rehs, "Conditions for Strategy Selection and Decision Making at the Recently Shut Down NPPs in Germany," The 7th Meeting of the International Decommissioning Network (IDN), Vienna, 12-13 November 2013, IAEA (2013).
- 7) "Pressekonferenz zum Energiekonzept der Bundesregierung mit Bundeskanzlerin Merkel, BM Rösler, BM Röttgen und BM Ramsauer vom 30.05.2011," Berlin, Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2011).
- 8) K. Luckow, "Antrag nach § 7 Abs 3 AtG auf Stilllegung und Abbau vom 01.11.2012," Brunsbüttel, Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH

- & Co OHG (2012).
- 9) “Kernkraftwerk Unterweser (KKU): Antrag nach § 7 Abs 3 Atomgesetz auf Stilllegung und Abbau. vom 04.05.2012,” Hannover, E.ON Kernkraft GmbH (2012).
- 10) R. Schönwerk and H. Kemmeter, “Kernkraftwerk Biblis Block A. Antrag nach § 7 Absatz 3 AtG auf Stilllegung und Abbau vom 06.08.2012,” Biblis, RWE Power AG Kraftwerk Biblis (2012).
- 11) R. Schönwerk and H. Kemmeter, “Kernkraftwerk Biblis Block B. Antrag nach § 7 Absatz 3 AtG auf Stilllegung und Abbau vom 06.08.2012,” Biblis, RWE Power AG Kraftwerk Biblis (2012).
- 12) M. Köbl, “Kein Engpass bei CASTOR®-Behältern. Pressemitteilung vom 20.05.2014,” Essen, Gesellschaft für Nuklearservice mbH (2014).
- 13) K. Wasinger, “Enhanced Productivity in Reactor Decommissioning and Waste Management,” atw, 59, (4), 234-239 (2014).

「デコミッショニング技報」の総目次 第1号～第50号

Journal of RANDEC

第1号 (1989. 10. 20)

デコミッショニング技報の創刊を祝って.....	秋山 守	
総説・コンクリート構造物の解体と再利用.....	笠井芳夫	1
・原子力施設廃止措置の展望と課題.....	小松純治	7
技術報告		
・汚染コンクリート除去システム「クリーンカット工法」の開発	木下武彦、田中 勉、舟川直芳、出村 肇、坂下文夫、田実芳輝	16
・動燃固体廃棄物前処理施設 (WDF) における除染技術開発 (I)	塩月正雄、池田諭志、宮尾英彦	26
・原子炉の解体に関する除染技術.....	安中秀雄、岩崎行雄	36
・JRR-3 原子炉一括撤去.....	大西伸秋、鈴木正則、長瀬哲夫、渡辺守成	46
・東海再処理工場 酸回収蒸発缶 (273E30) の解体撤去.....	大関達也、綿引誠一、高橋啓三	56

第2号 (1990. 6. 15)

協会誌「デコミッショニング技報」第2号発行にあたって.....	小松純治	1
総説・デコミッショニング技術の発展と将来の展望.....	鳥飼欣一	2
技術資料		
・原子力船「オットー・ハーン」の解役.....	林 錦吾、山田 毅、城 吉昭、岩男義明	7
技術報告		
・混合転換技術開発試験設備 (2 kg MOX設備) の解体撤去	木原義之、高橋芳晴、大内 仁	16
・汚染金属廃棄物に関する化学除染法の開発ー硫酸・セリウム系化学除染法ー	諏訪 武、栗林伸英、安宗武俊	29
・JRR-3 改造工事における原子炉冷却系統設備等の撤去	鈴木正則、伊藤和博、大河原正美、荒木俊豪、金子茂雄、古市昌久	41
・廃液処理装置の除染解体.....	守 勝治、小松 茂	50

第3号 (1991. 1. 21)

巻頭言	川崎 稔	1
総説・解体廃棄物の処理処分に関する海外情勢.....	石原健彦	2
技術解説		
・実用発電用原子炉廃炉設備確証試験ー解体技術についてー	小野澤輝夫、杉原正明	13
・米国におけるEM計画と技術開発.....	小松純治	19
技術報告		
・燃料試験施設におけるセル等の除染.....	岩松重美、菅野義夫、寺門正吾、大枝悦郎、野村 勇、相澤作衛、山原 武、菊地 章	28
・コンクリートケーブ遮蔽扉駆動装置の改修.....	菊池輝男、塚田 久、三村 謙、富田 衛、足立 守	37
・ホットラボにおけるセル立入除染作業.....	中川哲也、佐藤 均、坂倉 敦	45
・レジンプラスト法によるポンプの除染.....	梅井 弘、小林俊一	52
・ウォータージェットによる切断技術開発.....	飛田祐夫	56

第4号 (1991.11.15)

巻頭言 廃棄物の処分と Waste Culture	天沼 偉	1
総説・ SHIPPINGポート原子力発電所の解体	石川広範、三保紀生	2
・ ウェストバレー再処理工場のデコミッショニング	財津知久、飛田祐夫	17
技術報告		
・ 原子炉解体分野へのウォータージェット切断技術の適用可能性	阿部 忠、西崎 忠、松村裕之、池本善和、清水英樹	25
・ カッター工法による原子炉生体遮蔽壁解体工法の開発	福沢六朗、近藤信弘、神山義則、八十島治典	37
・ プラズマジェット切断法による耐火物の切断試験	菊池 豊、飛田祐夫、谷本健一、榎戸裕二	45
・ JPDR 解体廃棄物の管理	仲田 進	51

第5号 (1992.6.1)

核エネルギー利用システムの確立に向かって	鈴木弘茂	1
総説・ 子炉廃止措置技術の開発状況 ー日立製作所の開発技術ー	千野耕一、泉田龍男、五月女裕夫	2
・ 動燃における核燃料施設デコミッショニング技術開発の現状	財津知久、飛田祐夫	8
・ OECD/NEA デコミッショニング政策国際セミナー	山内 勘	15
技術報告		
・ JPDR放射線遮蔽体コンクリート構造物の解体	横田光雄、長谷川哲雄	29
・ 原子力施設コンクリート解体技術の開発	宮坂 駿一、今野 孝昭、中村 健次郎、原田 実、西 謙治	40
・ RI施設の改修、解体	山林尚道	48
・ 遮蔽窓の除曇	菊池輝男	60

第6号 (1992.11.14)

デコミッショニングと解体資源	松浦祥次郎	1
総説・ 原子炉廃止措置技術の開発状況 ー東芝の開発技術ー	日置秀明、蔦川雅洋、加藤裕明	2
・ 解体廃棄物の放射能レベル区分測定技術の現状	南賢太郎	13
・ アジア・太平洋地域の研究炉 ー過去、現在、将来ー	青山 功	20
技術報告		
・ 原子力施設解体コンクリートの再生骨材への利用研究	神山行男、後藤太一、藤野統于、山本雄一	32
・ ホットセル内の遠隔除染	森本靖之、梶山登司、岩永 繁	41
・ 動力試験炉 (JPDR) 解体廃棄物の管理の実際	安中秀雄、押川茂男、伊東慎一	50
・ 再処理施設解体技術開発の現状 ー再処理特別研究棟の解体計画についてー	三森武男、宮島和俊	61

第7号 (1993.3.15)

デコミッショニング技術と国際協力	石樽顕吉	1
総説・ 原子力施設のデコミッショニングに関する政策と展望	川原田信市	3
・ 原子炉廃止措置技術の開発状況 ー三菱重工の開発技術ー	松田桂一、畠山隆雄、松見スナオ、中田幹裕	15
・ 原子炉解体における放射線管理	中村 力、長谷川圭佑	31

技術報告

- ・再処理施設における大型塔槽類の解体・撤去技術の開発
.....田中康正、山本隆一、石橋祐三 41
- ・原子力施設および機器の除染技術ー解体への適用ー
.....上田 諭、本間征八郎、安宗武俊、後藤寛司 55
- ・一体沈設方式デコミッショニングの提案
.....水品知之、青木弘之、鎌田裕文、
伊東 章、伊勢幸正 71
- ・原子力船「むつ」の解役計画について.....田中 圭 83

第8号 (1993. 6. 30)

- 後世に誇れるデコミッショニングや処分施設を.....東 邦夫 1
- 総説・IAEAにおけるデコミッショニング活動に関連して
 - ー解体廃棄物の再利用と規制除外レベルー.....下岡謙司 2
 - ・発電用原子炉施設のデコミッショニングへの取り組み.....鈴木一弘 11
- 技術報告
 - ・ β ・ γ 焼却装置の撤去.....庄司喜文、佐藤元昭 22
 - ・原位置ガラス固化技術のデコミッショニング廃棄物に対する適用可能性
.....村岡元司、飯田哲也、金子直哉、田坂広志 31
 - ・放射性廃棄物処理技術の開発ー日本ガイシの開発技術ー.....刈田陽一 40
 - ・JPDRにおける内蔵放射能評価について.....助川武則、畠山睦夫 66

第9号 (1993. 12. 1)

- 巻頭言 デコミッショニング技術の高度化と普遍化.....秋山 守 1
- 総説・研究炉のデコミッショニングの特徴と問題点
 - ー「原子炉施設廃止措置技術専門委員会」報告書の概要ー.....委員会事務局 2
 - ・ヨーロッパ諸国における放射性廃棄物処分の現状と今後の動向.....浅野闘一 11
- 技術報告
 - ・レーザによる遮蔽コンクリート切断技術の開発
.....戸村英正、杳水 昭、森高 勇、
脇坂達也、菱河恭一、守屋正裕 23
 - ・制御爆破による放射線遮蔽コンクリート構造物の解体工法 (1)
.....原田 実、柿崎正義、小林正邦、清木義弘 33
 - ・放射性金属の熔融基礎試験
.....中村 寿、金沢勝雄、佐藤孝幸、
山手一記、藤木和男 41
 - ・汎用廃止措置情報データベースの開発.....島田 隆、今 哲郎、宮 健三 51
 - ・回転炉床式プラズマ熔融炉の開発.....辻 行人 65

第10号 (1994. 6. 28)

- 巻頭言 研究・教育施設のデコミッショニングの重要性.....山本忠史 1
- 総説・旧ソ連型原子炉 (WWER-440) の最近の話題
 - ードイツ・グライフスバルトで開かれた第3回デコミッショニング会議を中心としてー
.....山内 勘 2
 - ・廃止措置における原子炉用黒鉛の処理・処分.....今井 久 13
- 技術報告
 - ・ワイヤーソーによるコンクリート構造物切断技術開発
.....宮尾英彦、久木野慶紀、山本雄一、宮崎貴志、
神山義則、八十島治典、川里 健、有富正憲 23

- ・制御爆破による放射線遮蔽コンクリート構造物の解体工法 (2)
.....原田 実、中村健次郎、広野 進、清木義弘 33
- ・高放射化機器類処理・処分用切断装置の開発
..... 飯村勝道、北島敏雄、細川甚作、阿部新一、
高橋 澄、小川光弘、岩井 孝 42
- ・廃棄物処理処分の技術開発状況 ー日揮のデコミ関連技術の紹介ー 鈴木和則 49
- ・JPDR デコミッションング ー解体実地試験に至る経緯とその概要ー 宮坂靖彦 57

第11号 (1994. 11. 30)

- 巻頭言 デコミッションング廃棄物の合理的処分と再資源化.....横田光雄 1
- 総説・欧米諸国における除染・デコミッションング活動の現状.....柳原 敏 2
- ・放射性金属廃棄物の溶融・有効利用技術の開発.....梅村昭男 12
- ・解体コンクリートの再利用技術.....原田 実、柿崎正義 24
- 技術報告
- ・核燃料サイクル施設のデコミッションング技術に関する研究開発
ー動燃大洗工学センターの開発技術ー..... 谷本 健一、照沼 誠一 37
- ・安全作業用コンテインメントシステムの技術開発
..... 大森宏之、宮尾英彦、古屋廣高、
立岩正明、鎌田博文、中川路勇 48
- ・東海再処理工場焼却炉内の汚染調査..... 高橋睦男 57
- ・汚染拡散防止式配管切断技術の開発..... 富岡秀夫、大木新彦、古市昌久、
松阪寿次、内山尚義、徳田文男 66

第12号 (1995. 7. 20)

- 巻頭言 原子力施設使用済み資材の再利用・処分のための基準.....松元 章 1
- 総説・原子力発電所デコミッションング計画の作成および評価のための
システム工学的アプローチ.....柳原 敏、白石邦生、荻原博仁、助川武則 2
- ・研究炉のデコミッションングに関する国際活動について
ー「IAEAの研究炉デコミッションング技術報告書」を中心としてー大西信秋 11
- 技術報告
- ・原子力発電所の蒸気発生器取替え作業について.....百々 隆 22
- ・ウィンスケール改良型ガス冷却炉 (WAGR) の解体..... 石川広範 32
- ・韓国研究炉 1、2 号の廃炉計画.....徐 斗煥 42
- ・原研再処理特別研究棟の解体計画.....三森武男、宮島和俊 49
- ・LRAD 技術による α 線の測定技術開発に関して..... 片山敬朗 59

第13号 (1995. 11. 29)

- 巻頭言 デコミッションングと施設設計.....梶原英千世 1
- 総説・原子力船「むつ」の解体.....足立 守、渡部晃三 2
- 技術報告
- ・放射性コンクリート除染・減容技術の開発 ーコンクリートの電気化学的除染技術と
骨材分離による減容技術に関する基礎実験 (その 1) ー
.....杉本純一郎、庄田 歩、吉崎芳郎 13
- ・鉄筋コンクリート構造物の制御爆破工法の解析.....原田 実、石田雅利、横山和人 22
- ・コンクリート中の鉄筋の通電加熱による剥離解体.....中川和平、糸川貞経 30
- ・放射性廃棄物処理技術の開発状況 ー川崎重工の開発技術ー
..... 安達潤一、小澤 保、池本善和、
山崎誠一郎、南 了悟 41
- ・放射性廃棄物処分におけるベントナイトの役割.....鈴木啓三 52

・低レベル放射能汚染に対する化学除染技術の開発	市川誠吾、小俣一夫、大日方弘、 中島義彦、金森 修	62
-------------------------	------------------------------	----

第14号 (1996. 8. 5)

巻頭言 アジア地域諸国から期待される日本の放射性廃棄物対策	宮坂靖彦	1
総説・クリアランスレベルを巡る国際的動向	吉田芳和、山本正史	2
・デコミッショニング廃棄物の分野拡大	石原健彦	14
JPDR特集 I		
・JPDR解体プロジェクトの概要と成果	宮坂靖彦	24
・JPDR解体実地試験ー放射線遮蔽体の解体撤去ー	清木義弘、小澤一茂	34
・JPDR解体実地試験ー原子炉格納容器等建家の解体撤去ー	清木義弘、久保隆司	47
技術報告		
・固体状放射性廃棄物の処分における廃棄体製作技術の実証と廃棄体の性能評価	小堆忠雄、平井輝幸、林 勝、谷本俊夫	60
・プルトニウム吸着材の開発	三森武男、高橋英樹	73

第15号 (1996. 12. 20)

巻頭言 第2フェーズのデコミッショニング	山村 修	1
総説・スペイン・イタリアのガス冷却炉の廃止措置状況	山本龍美、野尻茂信、上妻正孝	2
技術報告		
・JPDR解体実地試験ーJPDR設備・機器の解体ー	清木義弘、柳原 敏、立花三夫	12
・JPDR解体実地試験ー放射線管理ー	富居博行、清木義弘	24
・JPDR解体実地試験ーJPDR解体廃棄物の管理ー	阿部昌義、仲田 進、伊東慎一	35
・極低レベルコンクリート廃棄物の埋設実地試験	阿部昌義、大越 実、吉森道郎	50
・動力試験炉施設解体廃棄物等安全性実証試験	今井 久	59

第16号 (1997. 7. 23)

巻頭言 デコミッショニング技術に思う	大木新彦	1
総説・欧米に於ける解体廃棄物再利用の状況	松元 章	2
技術報告		
・原子炉廃止措置技術の開発状況ー富士電機の廃止措置技術ー	白川正広、高谷純一、水越清治、細田 博、 富塚千昭、船口 進、伊藤勝人	11
・実用発電用原子炉廃炉設備確証試験ー除染及び放射線計測技術についてー	石倉 武、小野澤輝夫、最首貞典	28
・原子力施設における除染技術ー壁面除染機の開発及び配管系統除染試験設備の紹介ー	藤田恒昭、吉村英夫、坂岸光二、櫻井達也	37
・水酸基ラジカルを利用した除染方法ー基礎試験ー	秋山孝夫、宮尾英彦、古屋廣高、 鳥谷部圭治、平野真孝、大関 昇、 梅津 浩、神永達雄、増子 匡	45
・コールド・クルーシブルによる解体金属の熔融技術について	鈴木正啓、田中 努、池永慶章	58

第17号 (1997. 12. 10)

巻頭言 研究用原子力施設のデコミッショニング	鴻坂厚夫	1
総説・デコミッショニングに関する米国の新しい放射線防護基準	山本英明	2

技術報告

- ・ファイバ導光レーザによる原子炉解体技術の研究開発
..... 鶴巻邦輔、宮尾英彦、富岡秀夫、
安達潤一、桜井 隆、尾角英毅、
早川明良、月野徳之、中澤正治 8
- ・コンクリート中のトリチウム分析.....今井 久、石本 清 19
- ・放射性廃棄物除染技術の開発 ―日本ガイシの除染技術― 刈田陽一 30
- ・臨界実験装置JMTRCの解体..... 武田卓士、小向文作、松井智明、
小森芳廣、藤木和男、大岡紀一 55

海外動向

- ・最近の原子力施設デコミッショニング、
放射性廃棄物処理・処分等に関する国際会議の概要..... RANDEC 事務局 63

第18号 (1998. 8. 10)

- 巻頭言 キュリー夫人のRa発見百年目とRANDECへの期待.....中澤正治 1
- 総説・IAEAにおける放射性廃棄物安全基準 RADWASSの概要と現状..... 阿部昌義 2
- 技術報告
- ・汚染拡散防止式配管切断技術の開発 (その2)
..... 富岡秀夫、宮尾英彦、大木新彦、
内山尚義、前村幸広、松坂寿次 17
- ・安全作業用コンテインメントシステムの技術開発 (2)
..... 水野決一、岩崎行雄、宮尾英彦、
打越忠昭、古屋廣高、鎌田博文 28
- ・セル内大型廃棄物の解体における超高圧水切断技術の適用
.....川崎裕司、角 洋貴、飯島世津男、大谷吉邦 36
- ・原子力施設廃止措置技術の開発状況 ―三井造船の廃止措置技術―
..... 黄田知仁、奥幸之介、加藤正守、
前村幸広、広瀬 誠、森恵次郎、
水林 博、長原 聡、中森 裕 44

第19号 (1998. 12. 10)

- 巻頭言 原子力発展のためにデコミッショニング技術開発の充実を.....古屋廣高 1
- 総説・現行の政令濃度上限値を超える低レベル放射性廃棄物処分の
基本的な考え方について.....森山善範 2
- 技術報告
- ・デコミッショニング用プラズマジェット トーチの開発..... 福井康太、谷本健一 13
- ・アスファルト固化処理施設の火災・爆発事故と修復・除染作業
..... 上野 勤、伊波慎一、青嶋 厚、
石橋 隆、川口昭夫 23
- ・原子力施設廃止措置技術の開発状況 ―石川島播磨重工業の開発技術―
..... 小林博栄、伊藤俊行、福井寿樹、三尾圭吾、
大村 豊、小嶋敏雄、渡部和夫 51

トピックス

- ・トロージャン原子力発電所のデコミッショニングの現状.....宮坂靖彦 62

第20号 (1999. 8. 12)

- 巻頭言 原子力施設の廃止措置へのサイクル機構の取り組み.....相澤清人 1
- 技術報告
- ・シュラウド等炉内構造物の取替工事.....山下裕宣 2
- ・伊方発電所1号機の蒸気発生器取替工事.....山岡克彰、岸 憲義 11

・東芝の廃止措置関連技術開発	樋江井明、後藤哲夫、夏井和司、酒井仁志	21
・ワイヤーソーによるコンクリート構造物切断技術開発 (その2)	宮尾英彦、鈴木正啓、富岡秀夫、岩崎行雄、 久木野慶紀、山本雄一、宮崎貴志、神山義則、 板谷俊郎、稲井慎介、有富正憲	36
・水酸基ラジカルを利用した除染方法 基礎試験 (2)	秋山孝夫、宮尾英彦、古屋廣高、 吉田友之、平野真孝、鳥谷部圭治	49

第21号 (2000. 3. 28)

巻頭言 原子力の発展とデコミッショニング技術開発	有富正憲	1
総説・「ふげん」の廃止措置への取り組み	柳沢 務	2
・ドイツEWN社で実施中の廃止措置の紹介	藤田昭、横山公信	12
・米国の発電用原子炉デコミッショニングの最新動向	宮坂靖彦	21
・ドイツにおける原子炉施設解体で発生する解体物の取り扱い	清木義弘	35
技術報告		
・JPDR解体作業データの分析と原子力施設の廃止措置計画検討支援システムの開発	柳原 敏、白石邦生、大島総一郎、助川武則	38
・ファイバ導光レーザによる原子炉解体技術の研究開発 (2)	原 邦男、宮尾英彦、中澤正治、 月野徳之、和仁郁雄、尾角英毅、 片岡伸一、名倉保身、斉木秀男	50

第22号 (2000. 8. 31)

巻頭言 次世代FBRサイクルシステムとデコミッショニング技術	大和愛司	1
総説・放射性廃棄物管理の安全に関する国際会議について	川上 泰	2
技術報告		
・研究炉「JRR-2」の解体計画と現状	番場正男	6
・三菱マテリアルの廃棄物処理技術	梅村昭男、高橋賢治、森 良平、 村田 実、植木浩行、中戸毅之	20
・有機材料のレーザによる除染技術開発	岩崎行雄、原 邦男、宮尾英彦、中沢正治、 上原 実、伊藤俊行、豊田正三郎	34

第23号 (2001. 3. 30)

巻頭言 デコミッショニングの最適化	川上 泰	1
技術報告		
・大型槽類遠隔解体装置のモックアップ試験	明道栄人、岡根章五、宮島和俊	2
・三菱重工の放射性廃棄物放射能測定技術	坂下 章、中田幹裕、遠藤保美、若原道夫	17
・原子炉圧力容器遠隔切断技術開発	渡辺正秋、宮坂靖彦、宮尾英彦、 大木新彦、二宮敏明、小岩正巳	28
・レーザ切断による二次生成物回収処理技術試験	原 邦夫、宮尾英彦、中澤正治、 片岡伸一、名倉保身、斉木秀男	41

第24号 (2001. 9. 27)

巻頭言 自動車修理とデコミッショニング	清水太三郎	1
技術報告		
・コンクリート資源循環システムの開発・実用化	坂詰義幸、黒田泰弘、中村和行	2

・ コールド・クルーシブルによる解体金属の溶融技術について (Ⅱ)	鈴木正啓、宮尾英彦、榎戸裕二、 田中 努、内田 誠、桑山真二郎	14
・ 高温ガス炉臨界実験装置「VHTRC」の廃止措置	竹内素允、中嶋勝利、福村信男、 中山富佐雄、大堀秀士	27
・ 原子炉デコミッショニングの計画・管理	宮坂靖彦	48

第25号 (2002. 3. 29)

巻頭言 解体放射性廃棄物のリサイクル	中川晴夫	1
総説・原子力施設の廃止措置に関する国際協力の現状	柳原 敏	2
・ 諸外国における黒鉛減速型炉の廃止措置の現状	荒井長利	12
技術報告		
・ 六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターの現状	高木喜一郎、木村和宏、大間知行、内藤 大	25
・ 原子炉施設デコミッショニングにおける最近の解体技術動向	宮坂靖彦	36

第26号 (2002. 11. 15)

巻頭言 解体と廃棄物処分 一内なる課題と外なる課題の相互作用の理解から一	田中俊一	1
総説・欧州委員会 (EC) におけるクリアランスレベルの検討状況	大越 実	2
技術報告		
・ 実用発電用原子炉廃炉設備確証試験 一廃止措置技術の開発状況について一	小栗第一郎、藤井 悟	13
・ 一括撤去工法の大型原子炉への適用性検討 一原子炉圧力容器等の各種撤去工法、輸送及び処分方法一	宮坂靖彦、福村信男、村松 精、大塚久雄、 渡辺守成、坂詰義幸、松尾 浄、鎌田博文、 伊東 章、石原 哲、五月女裕夫、片岡伸一	21
・ 原子炉建屋の一括移動撤去・遅延解体による廃止措置について	鎌田博文	36
・ 雑固体廃棄物のプラズマ溶融処理	中塩信行、中島幹雄	45

第27号 (2003. 3. 28)

巻頭言 原子力バックエンドの合理化	朽山 修	1
総説・放射性廃棄物の安全規制に関わる検討の現状について	川上 泰	2
技術報告		
・ 東海発電所蒸気発生器を対象としたクリアランス除染技術開発	三角昌弘、西崎 忠、松本武志、 山崎誠一郎、小栗第一郎	7
・ 廃棄物焼却設備の解体・撤去	小坪 亨、飛田 典幸、植松 真一	19
・ TRIGA II型研究炉の廃止措置事例研究	福村信男、中山富佐雄、宮坂靖彦	28

第28号 (2003. 10. 31)

巻頭言 デコミッショニングと情報の伝承	最上公彦	1
総説・OECD/NEAにおける廃止措置に関する最近の活動状況	柳原 敏	2
・ 英国の放射性廃棄物管理政策の動向と低・中レベル廃棄物処分の概況	宮坂靖彦	10
技術報告		
・ ウラン廃棄物処理設備における廃棄物の減容安定化処理	植野和浩、稲田亀司、大森浩司、浅見 誠、 東地勝則、薄井和也、入之内重徳	23

- ・東芝のバックエンド関連技術の開発…………… 櫻井次郎、保坂克美、佐藤光吉、吉村幸雄、
福島 正、金崎 健、芝野隆之 30
- ・「むつ」不用機器類の物量及び汚染放射能調査報告…………… 畑中一男、大枝悦郎、渡辺正秋 47

第29号 (2004. 3. 31)

- 巻頭言 3つのリサイクル：持続的原子力の実現に向けて……………河田東海夫 1
- 技術報告
 - ・プルトニウム廃棄物処理開発施設の概要と減容・安定化処理の運転実績
…………… 福井雅裕、柴田祐一、田村哲郎、
五来弘康、佐藤俊一、植田晴雄 2
 - ・処分事業費用試算システムの開発……………鯉淵浩人、石黒秀治、松田健二 13
 - ・鹿島建設における放射性廃棄物処分関連技術の開発
…………… 広中良和、戸井田克、森川誠司、
奥津一夫、山本拓治、古市光昭 25
 - ・ワイヤーソーによる鋼管切断技術の開発……………神山義則、稲井慎介 43

第30号 (2004. 9. 16)

- 巻頭言 原子力発電と核燃料サイクルは揺籃から墓場まで……………宮崎慶次 1
- 総説・放射線障害防止法の改正について……………坂本義昭、妹尾宗明 2
- 技術概説
 - ・研究炉「JRR- 2」廃止措置…………… 中野正弘、大川 浩、鈴木 武、
岸本克己、照沼章弘、矢野政昭 11
- 技術報告
 - ・コールド・クルーシブルによる解体金属の溶融技術について（Ⅲ）
…………… 宮尾英彦、鈴木正啓、榎戸裕二、
田中 努、桑山真二郎、内田 誠 25
 - ・汚染コンクリート除染技術の開発……………小栗第一郎、鳥居和敬、塚原裕一 42
 - ・核燃料サイクル施設廃止措置へのシステムエンジニアリングの適用
…………… 杉杖典岳、田中祥雄、時澤孝之、
安念外典、米川 茂、仲倉宏之、
徳安隆志、有富忠彦 53

第31号 (2005. 3. 31)

- 巻頭言 廃棄物発生量と解体・処理・処分コストの低減を目指した安全な技術の開発を……………加藤正平 1
- 招待講演から
 - ・「宇宙時間と人類時間 ―放射性廃棄物の処理処分を考える―」…………… 藤家洋一 2
- 技術報告
 - ・原子力施設における廃止措置の費用評価手法…………… 富居博行、松尾 浄、白石邦生、
渡部晃三、斉木秀男、川妻伸二、
林道 寛、財津知久 11
 - ・医療用加速器のデコミッショニング…………… 石本 剛、久保田晴元、森 哲也、
寺川仁人、谷 邦治、石井一成 21
- 技術概説
 - ・IAEA及び国内機関におけるクリアランスの最近の検討状況…………… 大越 実 32
 - ・フランス廃棄物管理機構（ANDRA）の低レベル放射性廃棄物管理…………… 妹尾宗明 45

第32号 (2005. 9. 16)

- 巻頭言 原子力の仕切り直しと廃止措置……………山名 元 1

技術報告

- ・ ホットラボの廃止措置と将来計画…………… 海野 明、斎藤光男、金澤浩之、高野利夫、岡本久人、関野 甫、西野泰治 2
- ・ 商業用核燃料研究施設解体・撤去工事の実績……………二宮敏明、林 一成、出雲路敬明 13
- ・ 東芝炉「TTR-1」廃止措置における解体及び燃料輸送の経験
…………… 加藤裕明、信岡重慶、吉村幸雄、本間 均、中井 優 24
- ・ 廃樹脂減容安定化処理装置と洗濯廃液濾過装置の導入について
……………手塚将志、岩井正樹、佐野一哉、東浦則和 38
- ・ レーザによるライニング切断技術の開発
…………… 高畑正人、ウィグナラージャ シバクマラン、鎌田博文 48
- ・ 水浸漬法による汚染コンクリート中トリチウムの測定……………畠山睦夫 60

第33号 (2006. 3. 31)

- 巻頭言 デコミッションングとライフサイクルマネジメント……………田中 知 1
- 技術報告
- ・ 解体廃棄物リサイクル評価コードの開発…………… 浅見知宏、宮尾英彦、佐藤 博、畠山睦夫、白川正広、片桐源一、木内喜雄 2
- ・ 立教大学における研究炉廃止措置実績……………原澤 進 13
- ・ 鹿島建設における放射性廃棄物処分関連技術の開発 (その2)
…………… 古市光昭、戸井田克、白鷺 卓、田中真弓、渥美博行、須山泰宏、横関康祐、田中俊行、森川誠司、高村 尚、羽根幸司、澤田祥平 26
- ・ β^- -アルミナによるナトリウム中のセシウム除去に関する基礎試験
…………… 中山富佐雄、福村信男、宮本喜晟、西 敏郎、辻田芳宏、碓井志典 46

技術概要

- ・ 大洗研究開発センターにおける放射性廃棄物管理…………… 前多 厚、木幡幸一、山崎保夫、高橋孝三、大久保利行、宮崎 仁 58
- ・ スウェーデン・スタズビック社における金属廃棄物の溶融除染とフリーリリース
…………… 川妻伸二、石川敬二、松原達郎、堂野前 寧、今川康弘 67

第34号 (2006. 9. 20)

- 巻頭言 「ふげん」の廃止措置…………… 岸和田勝実 1
- 技術報告
- ・ カワサキプラントシステムズ(株)における発電所廃止措置及び廃棄物処理技術
……………武仲五月、佐藤康士、山崎誠一郎 2
- ・ 東海発電所におけるクリアランス測定・評価について
…………… 菊込 敏、札本真介、沼田邦夫 18
- ・ 核燃料サイクル施設の廃止措置における安全上重要課題の検討……………水越清治、助川武則 26
- 技術概説
- ・ ウラン取扱施設におけるクリアランスについて……………船橋英之、片寄直人、岩沢信夫 40

第35号 (2007. 3. 15)

- 巻頭言 原子力新時代の定着を目指し……………鈴木康文 1
- 技術報告
- ・ 伊方発電所1号機における炉内構造物の取替え (CIR)…………… 内山純一 2
- ・ 解体廃棄物リサイクル技術開発……………浅見知宏、佐藤 博、畠山睦夫 10
- ・ 高速炉冷却材ナトリウム廃液の固化技術開発試験……………福村信男、宮本喜晟 22

・ドイツ・ヴィスマート社における鉱山跡措置……………	齊藤 宏、高橋邦明、宮坂靖彦、山名 元	35
招待講演から		
・安全・安心社会を考える……………	鳥井弘之	45

第36号 (2007. 10. 31)

巻頭言 千年の文明のために……………	堀池 寛	1
技術概説		
・廃止措置の規制に係わる民間基準の検討……………	岡本孝司、加藤和之、山内豊明	2
会議報告		
・フランスにおける α 廃棄物の浅地処分及びクリアランスの考え方と現状 ……………	Jean-Marie Lavie	11
研究報告		
・スイスの地下研究所における国際共同研究の紹介 一歩みと現状— ……………	Stratis Vomvoris、Ingo Blechschmidt、Kenichi Kaku、 河村秀紀、山本修一、丹生屋純夫	21
技術報告		
・武蔵工大炉廃止措置の計画と実績……………	丹沢富雄、松本哲男、内山孝文、小林佳代子、 高瀬幹子、堀内則量、加藤裕明、本間 均、 中井 優、津久井一茂、信岡慶重	42
・燃料研究棟におけるグローブボックスの解体撤去作業……………	岩井 孝、菊地啓修、荒井康夫	54
・「自然起源の放射性物質を含む物の利用時の被ばく線量測定及び 措置に関するガイドライン」の紹介……………	桜井直行、石黒秀治	64

第37号 (2008. 3. 28)

巻頭言 循環型社会と放射性廃棄物……………	小山昭夫	1
研究報告		
・電離イオン式計測法を用いた α 放射能測定装置の開発……………	前川 立行	2
・高速中性子直接問かけ法を用いたウラン廃棄物のクリアランス検認技術 ……………	春山満夫、高瀬 操、高峰 潤	17
技術報告		
・高レベル放射性物質研究施設「CPF」セル改造工事の実績 ……………	大内晋一、宮地茂彦、市毛良明、篠崎忠宏、 野村和則、小笠原甲士、北嶋卓史、青瀬晋一、 鍋本豊伸、片平不二雄、酒谷忠嗣	25
技術概説		
・原子力施設の廃止措置におけるサイト開放の安全基準等の調査 ……………	榎戸裕二、宮坂靖彦、石川広範	38
・大学・民間等施設から発生する放射性廃棄物の集荷保管事業化に向けた取組みについて ……………	石黒秀治、林 勝、千田正樹	52
・スウェーデン及びドイツにおけるウラン廃棄物の処理処分の現状……………	宮坂靖彦	61

第38号 (2008. 11. 14)

巻頭言 発電所の廃止措置技術を地域産業の要に……………	福井卓雄	1
研究報告		
・環境中ウラン濃度と環境放射線への寄与……………	佐藤和彦、石橋 純、川妻伸二	2
・低レベル放射性廃棄物ドラム缶内面腐食の外面からの超音波探査方法 ……………	佐々木貞明、原 徹、山東和義	11
技術概説		
・軽水炉プラントにおける廃止措置の最近の取組みについて……………	堀川義彦	25

・韓国における低中レベル放射性廃棄物処分施設の立地経緯及び 現在の建設状況について……………	坂井章浩、菊池三郎、圓山全勝	35
技術報告		
・「ふげん」原子炉本体解体に向けたAWJ切断技術の適用性試験 ……………	中村保之、岩井紘基、佐野一哉、森下喜嗣、 丸山信一郎、手塚慎一、大鐘大介、高島雄次	43
第39号 (2009. 3. 31)		
巻頭言 廃止措置の3つのハードル……………	佐藤忠道	1
技術概説		
・国際機関及び海外諸国におけるウラン廃棄物の規制解除のための 安全基準等の調査……………	榎戸裕二、宮坂靖彦	2
技術報告		
・製錬転換施設における廃止措置の状況……………	池上宗平、網嶋康倫、村田雅人、杉杖典岳	18
・加速器施設の廃止 — 高エネルギー加速器研究機構田無分室における廃止事例……………	梶本和義	30
技術概説		
・低レベル放射性廃棄物が残してくれた恩恵……………	柳澤和章、久米民和、幕内恵三、 井上登美夫、菰田文男、前田 充	44
第40号 (2009. 10. 15)		
巻頭言 原子力研究・教育の夢と廃止措置……………	竹田 敏一	1
技術報告		
・超音波 (SDS法) を使った構造物探査とコンクリート強度推定……………	原 徹	2
研究報告		
・試験研究炉等廃止措置における除染技術実証試験……………	村上 督、川太徳夫、東浦則和	11
技術概説		
・原子炉の廃止措置に用いる系統除染及び解体後の機器除染技術……………	宮坂靖彦	23
第41号 (2010. 3. 31)		
巻頭言 OECD/NEA廃止措置協力が開始されてから25年……………	柳原 敏	1
技術報告		
・浜岡原子力発電所1, 2号機 廃止措置計画の概要……………	仲神元順	2
・発電所から発生する運転中廃棄物の処理処分の現状について ……………	松澤俊春、吉田武史、青木 裕	13
研究報告		
・レーザー除染装置の開発……………	峰原英介	22
・核種移動を考慮した放射能インベントリ評価システム開発……………	福村信男、宮本喜晟	31
技術概説		
・韓国月城原子力環境管理センター (中・低レベル放射性廃棄物処分施設) 建設の状況について……………	鈴木康夫	41
第42号 (2010. 9. 30)		
巻頭言 「ふげん」の廃止措置の取り組み — 軽水炉等の廃止措置に向けて —……………	西村 弘	1
研究報告		
・原子力船「むつ」原子炉容器の一括撤去工法の検討 ……………	長根 悟、北原勝美、吉川静次、 宮坂靖彦、福村信男、西沢市王	2
・物流システムの設備検討……………	清水隆文	11

技術報告

- ・ 東芝グループの廃止措置関連技術について
..... 酒井仁志、福島 正、中根優美、小畑政道、吉村幸雄、
大柿信人、平沢 肇、栗原賢二、黒澤正彦、
加藤貴来、丸木慎一郎、ジョセフ ブコー 20
- ・ ウラン燃料の再転換・成型加工施設におけるクリアランスについて.....荒井真司 32
- ・ ホットラボの廃止措置と将来計画（Ⅱ）.....高野利夫、野沢幸男、花田也寸志、小野勝人、
金沢浩之、二瓶康夫、大和田功 41

技術概説

- ・ ウランクリアランスレベル検認測定装置の開発の現状.....石黒秀治 49

第43号 (2011. 3. 25)

- 巻頭言 10 μ Svと安全..... 杉浦紳之 1

技術報告

- ・ プルトニウム燃料第二開発室の廃止措置について
..... 家村圭輔、中井宏二、綿引政俊、
北村哲浩、鈴木一敬、青木義一 2
- ・ 東海発電所の廃止措置の計画と現状..... 菊込 敏、山内豊明 10
- ・ 六ヶ所ウラン濃縮工場におけるクリアランス計画の概要
.....小島琢夫、佐々木等、生野秀蔵、野澤健児 18
- ・ 三井住友建設における廃止措置関連技術の開発
.....丸山信一郎、鈴木 亨、大鐘大介 30

技術概説

- ・ NORMの安全規制をめぐる国際機関の動向について..... 石黒秀治 43

第44号 (2011. 9. 30)

- 巻頭言 線源の管理と被ばく経路の管理..... 梶山 修 1

特集・東日本大震災・福島第一原子力発電所事故からの復興への展望（座談会）

- 元自衛隊陸将補 武田能行 氏、前原子力委員 松田美夜子 氏、
RANDEC 菊池三郎 理事長 2

技術報告

- ・ 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
環境的安全状態への改造..... ノルベルト モリトー、セシル ジャベュー 8
- ・ 富士電機の原子炉廃止措置技術..... 富塚千昭、水越清治、片桐源一、
見上 寿、横田修一、村上知行 20
- ・ 廃止措置に適用する測定・除染・解体技術..... 廣川勝規、久田雅樹、福井康太、井上設生 33

第45号 (2012. 3. 26)

- 巻頭言 大切なプロセスー廃止措置とその安全..... 山口 彰 1

技術報告

- ・ クリアランスのためのウェットブラスト除染性能確認試験
..... 浜田宣幸、渡邊純二、東浦則和、志免優紀 2
- ・ 原子力発電所やその他の関連施設のための新しいレーザー除染装置の開発..... 峰原英介 10

技術概説

- ・ デコミッショニングにおける表面汚染密度測定..... 石黒秀治 19
- ・ 国内に分散している非原子力用途を含むウラン・トリウムの集約、
及びその放射性廃棄物処分に関する政策提言..... 川上文明 31

第46号 (2012. 9. 30)

巻頭言 廃止措置に向け、技術力を結集しよう	長谷川信	1
技術報告		
・物流システムの処理施設におけるウラン廃棄物の除染について	秋山武康	2
・福島原発事故におけるロボット等による緊急対応の概要と今後の課題	川妻伸二	14
技術概説		
・福島第一原子力発電所事故炉の廃止措置準備に向けて		
（1）廃止措置シナリオ試案と提言	宮坂靖彦	27
（2）事故から発生する放射性廃棄物管理の方策	榎戸裕二、澁谷 進	39
論文紹介		
・チェルノブイリ原子力発電所事故後のベラルーシの汚染状況変化及び高濃度汚染された土壌の回復技術開発	L. N. Maskalchuk (翻訳 藤井正昭)	51

第47号 (2013. 3. 25)

巻頭言 長岡技術科学大学の新専攻設置及び福島事故後の原子力と教育	鈴木達也	1
技術報告		
・東海発電所の廃止措置の現状と課題	荻込 敏、山内豊明	2
・研究施設等廃棄物埋設事業の進捗状況について	宮本陽一	10
・原子力施設における遠隔保守技術	高橋常悦	29

第48号 (2013. 9. 30)

巻頭言 東海発電所の廃止措置を進めて	荻込 敏	1
技術概況		
・韓国の原子力発電所の廃止措置と放射性廃棄物の処理処分の現状	金 慶敏	2
技術報告		
・JT-60トカマク解体の完遂	岡野文範、池田佳隆、逆井 章、花田磨砂也、JT-60チーム	10
・人形峠環境技術センター「製錬転換施設」廃止措置の進捗状況	高橋信雄、森本靖之、徳安隆志、田中祥雄、杉杖典岳	24
研究報告		
・プラスチックシンチレーションファイバー (PSF) を用いた自走式放射線2次元分析測定システムの開発	松村修治、北原成郎、山西晃郎、野瀬裕之、千坂 修	40
・高濃度の放射性物質に汚染された原子炉一次冷却水系ステンレス鋼のレーザー除染	峰原英介、田村浩司	47
・ウラン廃棄物の計測技術開発 ―その1―	室井正行、鈴木康夫	56

第49号 (2014. 3. 28)

巻頭言 武蔵工大炉の廃止措置と原子力人材育成	松本哲男	1
研究報告		
・原子力施設の廃止措置シナリオ評価に係る方法論	柳原 敏	2
技術報告		
・JRR-3の改造工事に伴って発生したコンクリート廃棄物のクリアランス	里山朝紀、南里朋洋、岸本克己	11
・セシウム汚染焼却灰除染技術の性能実証試験	孫 東彬、朴 慧旻、愼 英鎬、林 炳禹	22
技術概説		
・三菱重工業の原子炉廃止措置技術	小室敏也、涌田邦晴、坂下 章、藤森浩二	29
・原子力発電所等の特殊環境向け6軸同時制御多関節ロボットの開発	中田正宏	41

第50号 (2014. 9. 30)

巻頭言 原子力研究と教育：続けることの重要性	矢野豊彦	1
デコミッショニング技報50号の発行に寄せて	菊池三郎	2
研究報告		
・ 武蔵工大炉の廃止措置における廃棄物処理場の管理区域解除	三橋偉司、内山孝文、松本哲男、丹沢富雄	3
・ ボール型加水分解炉によるイオン交換樹脂処理技術	神田 昌典、松崎 晋、ゲオルグ プレーラー、ライナー スラメチカ	12
技術報告		
・ 日立GEニュークリア・エナジーの原子力発電施設廃止措置技術	大浦正人、小島亨司、片岡一郎、山井英樹	21
・ 韓国中低レベル放射性廃棄物管理の現状と展望	韓国放射性廃棄物管理機構	30
・ 研究施設等廃棄物の廃棄物処理事業の準備状況	泉田龍男	36
概説		
・ ドイツの廃止措置の状況 ―福島第一原子力発電所事故の影響―	フランツ ボーマン	43
「デコミッショニング技報」の総目次 第1号～50号		51

特別号 ―福島環境回復技術― (2013. 6. 10)

巻頭言 福島環境回復に係る除染技術特別号の刊行にあたって	(公財) 原子力バックエンド推進センター理事長 菊池三郎	1
土壌等の除染・減容化技術		
・ 亜臨界水熱爆砕法による放射性廃棄物処理	株式会社CDMコンサルティング 中村 聡、神保安広 (公財) 原子力バックエンド推進センター 石堂 昭夫	2
・ 無人高所掘削機械を用いた道路法面表土剥ぎ取り除染技術実証試験	株式会社深沢工務所 藤中 裕幸 検査開発株式会社 久保田満 (公財) 原子力バックエンド推進センター 澁谷 進、河西善充	8
・ BAT (混気ジェット旋回流ポンプ) 等による汚染土壌の減容化	環境技研協会 森本吉泰 笠原建設株式会社 橋間竜太 ワイレックス・リウォーター株式会社 山下昭彦 (公財) 原子力バックエンド推進センター 梶谷幹男	13
・ ウェットブラスト除染技術の実証	マコー株式会社 松原幸人、村山一成 首都大学東京 都市環境科学研究科 吉田博久、伊芸滋光 (公財) 原子力バックエンド推進センター 泉田龍男	18
・ ナノカルシウムによる放射性セシウム汚染土壌の除染技術	県立広島大学 生命環境学部 三苫好治 株式会社御池鐵工所 福岡 猛三、松江 英彰、小林秀匡 株式会社奥村組技術研究所 白石祐彰 (公財) 原子力バックエンド推進センター 梶谷幹男	24
・ ナノバブル水を用いた放射性物質汚染側溝汚泥の洗浄減容化実証試験	アース株式会社 佐藤敦政 東京産業株式会社 面 政也 (公財) 原子力バックエンド推進センター 河西善充	30

・ 事故由来の放射性Cs によって汚染された有機物の「Bio 21」微生物生分解装置による減容	株式会社三共刃型工業	三好壽好	
.....	(公財) 原子力バックエンド推進センター	石堂昭夫	35
遮蔽技術			
・ 放射線遮蔽フレコンバック等の実証研究	株式会社サンメック	中藤信司、菅野拓実	
.....	協立工業株式会社	飯塚宜広	
	千代田メンテナンス株式会社	吉川祐一	
	(公財) 原子力バックエンド推進センター	桑名克己	40
放射能濃度評価技術			
・ 航空機広域モニタリングによる放射能汚染分布と地質の関係	(公財) 原子力バックエンド推進センター	石堂昭夫	44
.....			
・ ガンマカメラの開発と除染関連用途への適用検討	日立コンシューマエレクトロニクス株式会社	吉田 晃、茂呂栄治	
.....	株式会社日立製作所 中央研究所	高橋 勲	50
寄稿企業・機関			55

RANDEC

Radwaste and Decommissioning Center

RANDEC contributes to establishment of generic nuclear energy backend technology in Japan. The following works are currently intensively involved:

The establishment of business work of consignment, store and process of radwaste from domestic research, industrial facilities etc. for disposal.

The research and development of nuclear facility decommissioning technology and radwaste treatment as well as disposal.

The study on decontamination and environmental restoration of ground in Fukushima and Kanto area.

The dissemination and enlightenment of backend research and development results, and training.

RANDEC works for advancement of science and technology, and sustainable environmental cleanliness.

© デコミッションング技報 第50号

発行日 : 平成26年9月30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

URL : <http://www.randec.or.jp>

E-mail : decomi@randec.or.jp