

放射性廃棄物処理技術 - 東芝コンパクトRW

Innovative Radioactive Waste Management Technology - Toshiba Compact Radwaste System

山口 伸一

YAMAGUCHI Shinichi

豊原 尚実

TOYOHARA Masumitsu

野田 哲也

NODA Tetsuya

原子力施設から発生する各種放射性廃棄物の取扱いについては、環境負荷の低減、合理的な処理・処分、運転・経済性の向上に向けて、発生源から処理・処分に至るまで一貫した整合性のある対策が重要である。当社はこのニーズに応えるため、原子力総合プラントメーカーとして長期間培った技術を基盤に高度な独自技術を活用して、性能向上を実現した各種廃棄物処理技術を開発するとともに、これらを集約した放射性廃棄物処理設備“東芝コンパクトRW”を最新の沸騰水型原子力発電所(BWR)へ適用した。また、いっそうの性能向上と最新の廃棄物処分の基準動向を見据え、次世代の廃棄物処理技術の開発にも積極的に取り組んでいる。

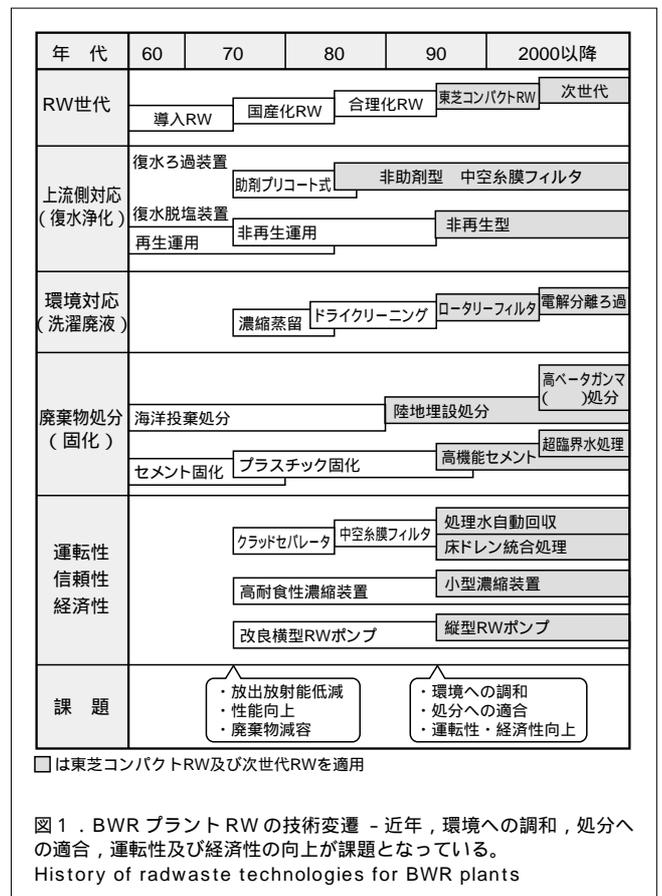
Various techniques are required in the field of liquid, solid, and gaseous radioactive waste (radwaste) management to adequately and economically decrease effects on the environment, conform with disposal regulations, and provide operability. As a total nuclear plant supplier with a record of many achievements, Toshiba has utilized its original technologies to develop a number of innovative radwaste systems with high potential and applied them to the latest boiling water reactor (BWR) type nuclear power plants. We are continuously developing improved radwaste technologies offering higher performance and appropriateness for future disposal policy.

1 まえがき

原子力施設の運転、保守、廃止処置などで発生する各種放射性廃棄物は、施設内の放射性廃棄物処理設備(以下、RWと略記)で適切に処理された後、再使用されるか、環境放出、一時貯蔵又は埋設処分される。

当社は、RWに関するわが国でもっとも多くの建設・運転保守などの実績をベースに、性能向上を図った独自技術の開発を行い、原子力発電所や原子燃料再処理工場などの原子力プラントに積極的に適用を図ってきた。すなわち、総合プラントメーカーとして、①廃棄物発生源対策、②環境放出量の極小化処理、③安全な埋設処分化、④運転性、信頼性、経済性の向上による原子力発電所単体での最適化に加え、原子燃料サイクルバックエンドトータル最適化の見地から、開発を推進してきた。BWRプラントのRWの技術変遷を図1に示す。

近年、放射性廃棄物の埋設処分基準が整備されつつあるとともに、よりいっそうの運転性、経済性の向上が求められている。当社はこれらニーズに的確に応えた廃棄物処理技術を開発し、これらを集約したRW“東芝コンパクトRW”を最新のBWRプラントに適用した。また、更なる性能向上と、最新の廃棄物処分基準の動向を見据え、次世代の廃棄物処理技術の開発を進めている。以下に、これら技術について述べる。



2 東芝コンパクトRW

東芝コンパクトRWは、環境への調和、処分基準への適合、運転性向上などの課題を解決するとともに、廃棄物発生源となる上流システムの対策効果と合わせ、廃棄物処理設備及びこれを収納する建屋の極小化(コンパクト化)を達成したものである。東芝コンパクトRWの概要を図2に示す。

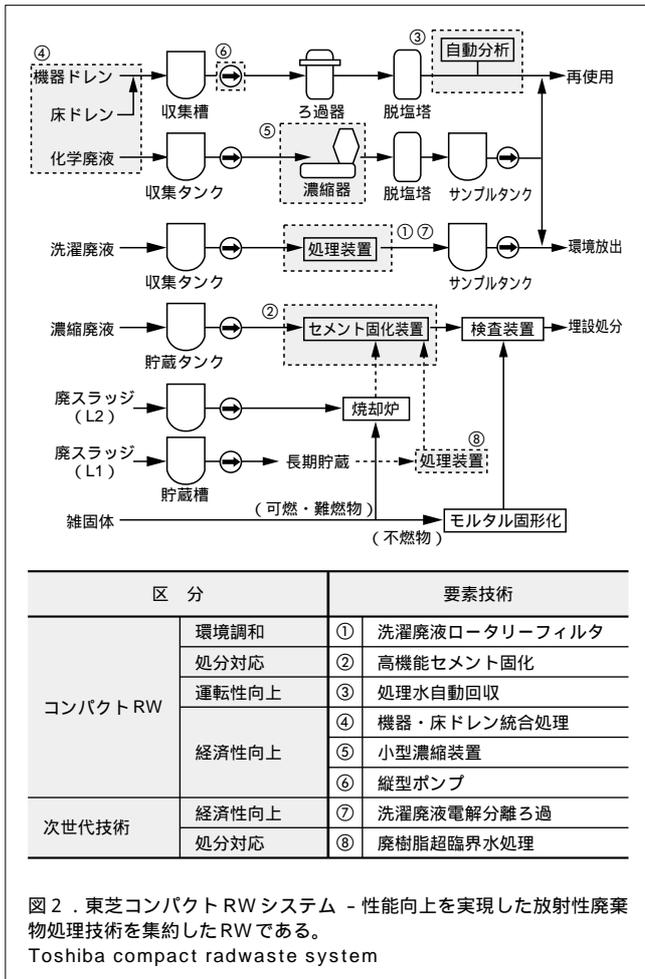


図2 東芝コンパクトRWシステム - 性能向上を実現した放射性廃棄物処理技術を集約したRWである。
Toshiba compact radwaste system

2.1 廃棄物発生源対策

RW上流システムでの対策として、廃棄物の主要な発生源であるタービン系を中心に発生量低減対策を実施してきた。すなわち、①二次廃棄物が発生せず、かつろ過性能の高い非助剤型復水ろ過装置(中空糸膜復水フィルタ)を開発適用する、②海水冷却式主復水器や復水ろ過装置の性能と信頼性向上により復水脱塩装置へのイオン交換負荷などを軽減して非薬液再生運用とし、化学廃液の発生をなくすなどの技術を適用させている。

その結果、処理対象となる廃棄物量が激減し、設備の簡素化、設備容量の削減を可能とした。

2.2 環境への調和 - 洗濯廃液ロータリーフィルタ

放射線管理区域内の作業で使用された作業服などを洗濯する際に発生する洗濯廃液中には、低レベルの放射性物質と多量の難ろ過性の懸濁物質(SS)が含まれ、かつ化学的酸素要求量(COD)が極めて高い。これに対し当社は、液体状放射性物質の環境放出量徹底低減及び最近のCOD規制やフロン規制などの新たな強化に対応して、この洗濯廃液に粉末活性炭を添加して不純物を吸着浄化した後、この粉末活性炭をろ過助剤として精密ろ過するロータリーフィルタ技術を開発した。ロータリーフィルタは、回転するかくはん羽でろ過ケーキをかき取り、これを自動排出させることで、ろ過・脱水操作を1台の小型装置で連続して可能としたものである(図3)。

この技術により、廃液の化学的・放射能的性状が変動しても、放出規制値を十分安定して満足し、かつこれを小型でシンプルな処理装置で実現できる。

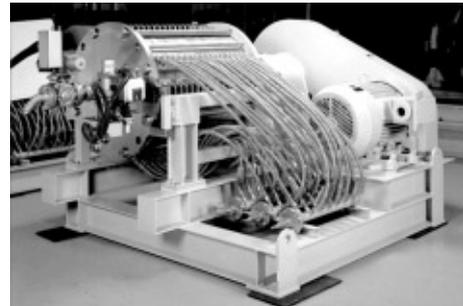
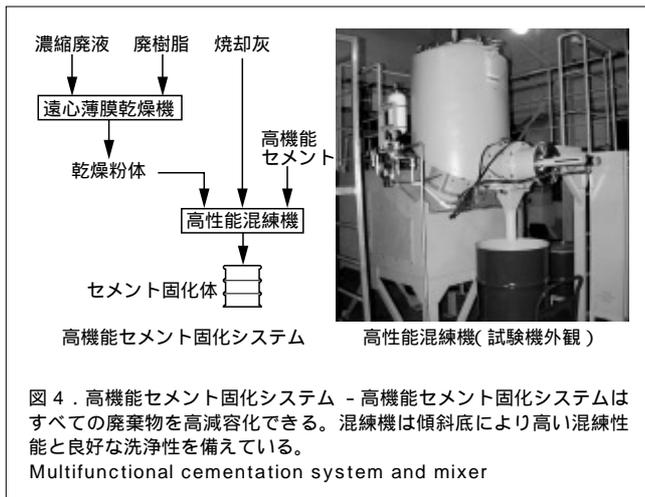


図3 洗濯廃液ロータリーフィルタ - 洗濯廃液に粉末活性炭を添加して不純物を吸着浄化した後、連続的にろ過・脱水処理する。
Rotary filter for laundry drain

2.3 埋設処分への適合 - 高機能セメント固化

イオン交換や蒸留濃縮などで発生する廃棄物は、処分のために安定固化処理される。これに対し当社は、固化体発生量の低減に向け、初期のセメント固化技術に比べて1/4~1/6に減容できる高減容プラスチック固化技術を開発適用してきた。更に、前出の廃棄物発生源技術の開発適用による廃樹脂や廃液の発生量低減とともに、埋設処分への適合性を向上させた高機能セメント固化技術を開発した。この高機能セメント固化技術は、当社独自開発の特殊流動化剤を添加した高流動性セメントと、混練性及び洗浄性に優れた混練機を組み合わせたものである(図4)。

この技術により、濃縮廃液や廃樹脂、廃棄物焼却灰などを一元的に直接セメント固化処理が可能である。更に、①乾燥減容前処理により廃棄物中の水分量を減らすことでいっそうの減容も可能、②薬剤添加処理との組合せで、セメントの硬化を妨害するほう酸成分を含む濃縮廃液のセメント固



化処理が可能となり、BWR プラントに加えて加圧水型原子力発電所(PWR プラント)への適用も可能など、幅広い適用性を持つものである。

2.4 運転性の向上 - 処理水の自動回収

BWR プラントで発生する機器排水など(機器ドレン)は、ろ過+イオン交換によって浄化された後、水質を確認してプラント内で再使用されるが、特にプラントの定期検査時にはこの廃液量が多く、水質分析確認に時間を要していた。

これに対し当社は、管理水質を満足する高精度の放射線モニタ、また従来自動分析が困難であったイオン不純物濃度を自動測定できるオンラインイオンクロマト装置などを開発適用し、処理・水質分析・回収確認の全運転を遠隔自動で行える処理水自動回収システムを実用化した。

この技術により、運転性の大幅な向上を図るとともに、処理水をバッチ方式で分析するための大型タンク類を廃止でき、設備及び建屋の縮小に大きく寄与している。

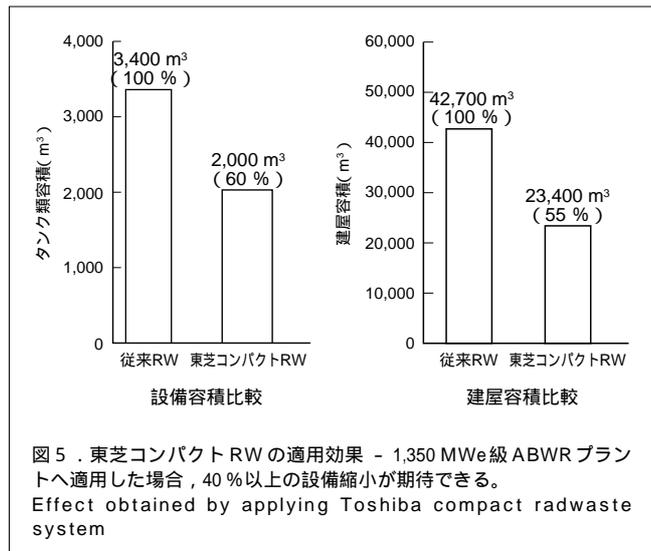
2.5 その他の簡略化技術

このほか、前記開発技術に加え、以下のような新技術を開発適用している。

- (1) 床ドレンの統合処理 従来濃縮処理していた建屋内凝縮水など(床ドレン)を建屋内のクリーン化によって機器ドレンと同程度の不純物濃度に下げ、両廃液を混合収集してろ過+イオン交換処理することで、廃液蒸留濃縮装置の容量を低減
- (2) 蒸留濃縮装置の小型化 加熱器を横型化して配置性を向上させ、かつ装置全体を一体スキッド化
- (3) ポンプ小型化 従来多用していた横型遠心ポンプを、狭いエリアでも保守が容易な縦型簡易品に変更

2.6 コンパクト化効果

以上の各技術を集約したRWのコンパクト化成果を図5に示す。設備縮小の指針の一つであるタンク類容積は約40%削減、建屋容積は約45%削減が可能である。



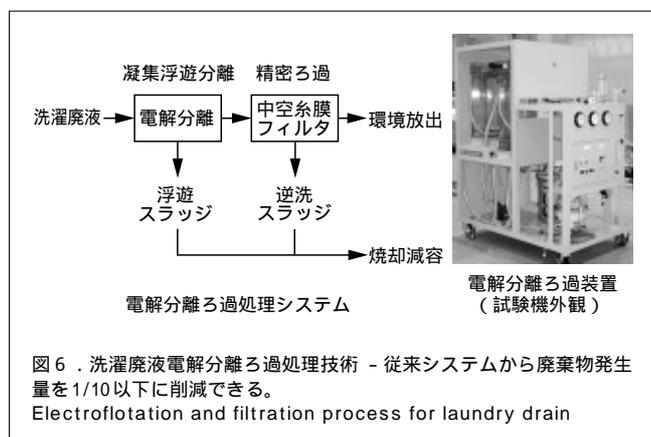
3 次世代廃棄物処理技術の開発

低レベル廃棄物の処分については、現在埋設処分が行われている放射能レベルの比較的低レベル廃棄物(いわゆるL2廃棄物)に続き、放射能レベルの比較的高レベル廃棄物(L1廃棄物)、放射能レベルの極めて低い低レベル廃棄物(L3廃棄物)、放射性物質として扱う必要のない廃棄物(クリアランスレベル以下)などの処分に向けて基準が整備されつつあり、これら処分動向への対応が求められている。また、信頼性、経済性についても引き続き向上が期待されている。これに対し当社は、更なる性能向上を図った次世代廃棄物処理技術の開発にも積極的に取り組んでいる。

3.1 電解分離ろ過方式の洗濯廃液処理技術

洗濯廃液処理に関しては、ロータリーフィルタの次世代処理方式として、電解分離ろ過処理技術を開発した(図6)。

この技術では、電気分解で生成させたアルミニウムイオンと発生ガスにより、洗濯廃液中の不純物を凝集浮遊分離で前処理して廃液のろ過性を向上させた後、実績ある中空糸膜フィルタでろ過処理を行うものである。

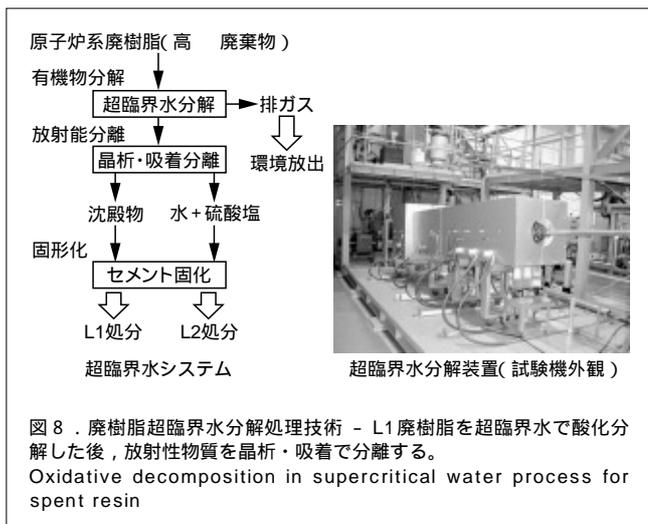
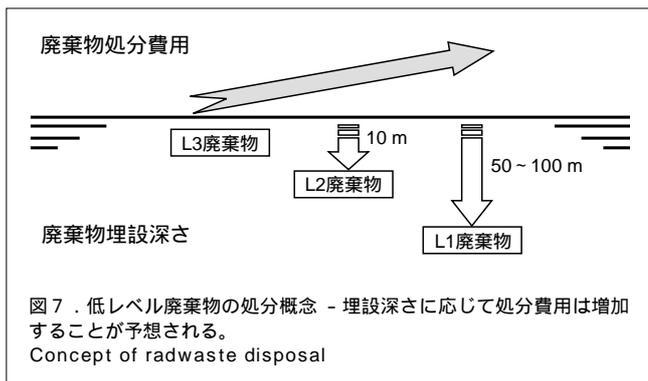


この技術では、現在ロータリーフィルタで必要な活性炭添加の省略により廃棄物量を1/10に低減でき、かつ処理装置の構成機器の静的機器化により信頼性も向上する。

3.2 L1 廃棄物用超臨界水処理技術

BWRやPWRプラントの原子炉水の浄化などで発生する廃樹脂は、放射能レベルの比較的高いL1廃棄物に分類され、現在は発電所内の専用貯蔵槽に長期貯蔵されている。将来このL1廃棄物は、現在処分が実施されているL2廃棄物よりも地中深くに埋設処分される計画であるが、廃棄物の処分費用は埋設深さに応じて増加することが予想される(図7)。

これに対し当社は、このL1廃棄物の処分費用の低減を目指し、臨界点(374℃, 22.1 MPa)以上の温度圧力状態の水である超臨界水の高い分解力により、廃樹脂を高減容する技術を開発した。この技術の概要を図8に示す。廃樹脂の主成分であるポリスチレン樹脂を超臨界水中で二酸化炭素と水に酸化分解した後、分解液中に回収した放射性物質を水酸化鉄による晶析と無機吸着材により分離するものである。耐食性チタン製反応器をステンレス製耐圧容器内に配した“一体型二段反応器”、及び分解で生成する酸を利用す



る“pH制御”により、超臨界水処理の課題であった装置材料の腐食と無機物の析出を解決している。

この技術により、L1廃棄物の発生量を約1/20、処分コストも1/10以下とすることができる(表1)。

表1. 廃樹脂超臨界水処理技術の減容効果
Volume reduction factor of organic waste treatment system

| 処理方式 | 廃棄体本数* | | 処分コスト** (比率) |
|--------|--------|-------|-----------------|
| | L1レベル | L2レベル | |
| 直接固化 | 200 | 0 | 100 |
| 超臨界水処理 | 9 | 39 | 8 |

* L1廃樹脂10 m³を処理した場合の200リットルドラム缶換算本数
** L1廃棄体の処分費をL2廃棄体の6倍と仮定した試算

4 あとがき

当社は、原子力総合プラントメーカーとして、放射性廃棄物の主要発生源である原子炉など核燃料取扱いシステムから、廃棄物の再使用や最終処分までの全体を把握して、トータルの見地から技術開発と設備改善を推進してきた。今後とも、放射性廃棄物のクリアランスレベル化、L1廃棄物の処分など、放射性廃棄物を取り巻く環境の変化を先取りし、更にTRU(超ウラン元素)廃棄物、ウラン廃棄物、高レベル廃棄物の処理・処分など、原子燃料サイクルバックエンド全体を視野に入れて、最適な廃棄物処理技術の開発適用を推進していく所存である。

文献

- 安藤 博,ほか. 東芝の放射性廃棄物処理設備. 東芝レビュー. 41, 1, 1986, P.55 - 58.
- 山田和矢,ほか. 超臨界水を用いた廃棄物処理システム. 東芝レビュー. 56, 9, 2001, P.58 - 61.



山口 伸一 YAMAGUCHI Shinichi

電力システム社 礫子エンジニアリングセンター 原子力化学システム設計部長。原子力発電所、燃料サイクル施設の設計に従事。日本原子力学会、日本機械学会会員。
Isogo Nuclear Engineering Center



豊原 尚実 TOYOHARA Masumitsu

電力システム社 電力・産業システム技術開発センター 化学システム開発部長。放射性廃棄物処理システムの開発に従事。日本原子力学会会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center



野田 哲也 NODA Tetsuya

電力システム社 礫子エンジニアリングセンター 原子力化学システム設計部グループ長。放射性廃棄物処理システムの設計に従事。
Isogo Nuclear Engineering Center