

原子力発電プラントの廃止措置

Decommissioning Technologies for Nuclear Power Plants

田中 一彦

芝野 隆之

成瀬 克彦

■ TANAKA Kazuhiko

■ SHIBANO Takayuki

■ NARUSE Katsuhiko

国内の原子力発電プラントでは、既に運転が終了して施設の解体や、放射能汚染の除去、放射性廃棄物の廃棄といった廃止措置が始まっている。

東芝は、これまでに原子力発電プラントの設計、建設、保守、及び保全で培ってきた技術を用いて、廃止措置で必要になる除染や、解体、廃棄物処理のほか、放射線測定などの広範囲な技術を開発し実用化してきた。これらの技術を適用することで、合理的な廃止措置の計画立案及び実施に貢献している。

Commercial operation of a number of nuclear power plants in Japan has ended, and the decommissioning of these plants, including dismantling of facilities, decontamination of radioactivity, treatment of radioactive waste, and so on, has commenced.

In response to these circumstances, Toshiba has developed various decommissioning technologies for nuclear power plants, including those for decontamination, dismantling, and waste treatment as well as radiation measuring equipment, utilizing our core technologies for design, construction, maintenance, and preservation cultivated through our experience in nuclear power plant development. We are contributing to both the design of rational decommissioning plans and the accomplishment of actual decommissioning through the application of these technologies.

1 まえがき

国内の原子力発電プラントは1960年代から建設され、近年、既に運転を終了した施設の解体や、放射能汚染の除去、汚染物の廃棄といった廃止措置が開始されている。また、今後も多くの原子力発電プラントの廃止措置が具体化していくと考えられる。

原子力発電プラントの廃止措置では、広範囲にわたる様々な要素技術が必要とされる(図1)。例えば、汚染レベルの低減や作業従事者の被ばく低減のための除染技術をはじめ、高放射化された炉内構造物や原子炉圧力容器の遠隔解体技術、放射性廃棄物の放射能レベル区分に応じた処理技術、放射能の測定技術などが必要になる。また、これらの技術を合理的に組み合わせて廃止措置を実施していくためにはシステムエンジニアリング技術が求められる。

東芝は、原子力発電プラントの設計、建設、保守及び保全で培ってきた技術を適用して、1980年代から廃止措置に関連する技術を開発し、原子力発電プラントの廃止措置の計画立案から、原子炉解体、廃棄物処理に至る幅広い分野で貢献している。

ここでは、当社が開発した廃止措置の要素技術と廃止措置計画策定のためのシステムエンジニアリング技術について述べる。

2 廃止措置の要素技術

2.1 除染技術

除染技術は、解体前除染技術と解体後除染技術に分類さ

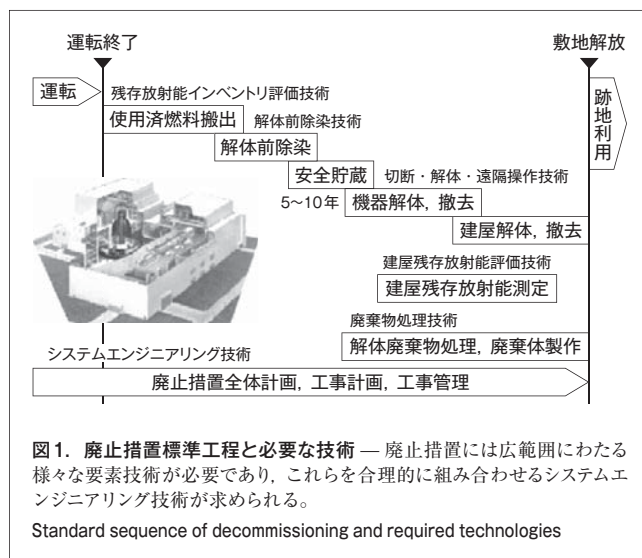


図1. 廃止措置標準工程と必要な技術 — 廃止措置には広範囲にわたる様々な要素技術が必要であり、これらを合理的に組み合わせるシステムエンジニアリング技術が求められる。

Standard sequence of decommissioning and required technologies

れる。

解体前除染は、解体作業従事者の被ばく低減を主な目的とし、高い除染性能と除染に伴って発生する放射性廃棄物量の低減を両立できる工法、及びプラント供用中に系統除染した実績のある工法が有効であることから、当社はオゾン法化学除染(T-OZON法)の適用を進めている。T-OZON法は、浜岡原子力発電所1, 2号機の廃止措置の工事として原子炉格納容器内配管の系統除染工事に適用され、雰囲気線量率を大幅に低減したことで、今後のパトロールや設備調査時で作業員の被ばく低減に貢献できる。

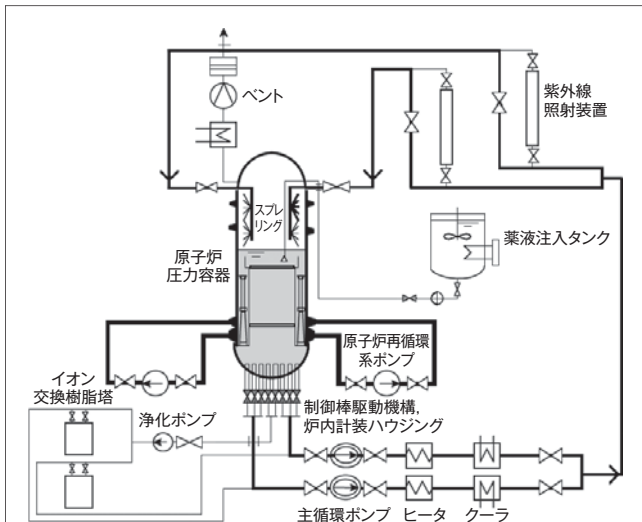


図2. 解体前除染技術(炉内化学除染の例)—CORD法では、既存設備を有効利用して除染液を循環させることで高線量機器の除染を行い、放射線作業従事者の被ばく低減を図る。

Example of chemical decontamination loop applying chemical oxidation reduction decontamination (CORD) process

また、当社は、CORD (Chemical Oxidation Reduction Decontamination) 法による原子炉压力容器内の化学除染をシーメンス社 (当時) と共同で行った実績がある。CORD法は、図2に示すように原子炉压力容器周辺の既存設備を有効利用して除染液の循環を行うとともに、仮設備で除染液の温度制御や浄化を行うもので、今後行われる廃止措置での大規模な化学除染へも適用できる。

一方、解体後除染は、解体により発生した放射性廃棄物の汚染レベルを低減させ、その後の処理を容易にすると同時に、放射性廃棄物量を低減することを目的としている。解体後除染には、化学除染のほかに、機械的方式であるブラスト法があり、当社は一般の研磨材であるアルミナと比べ大幅に二次廃棄物が低減できる、球形状のジルコニアブラスト材によるブラスト装置 (図3) を製品化している。

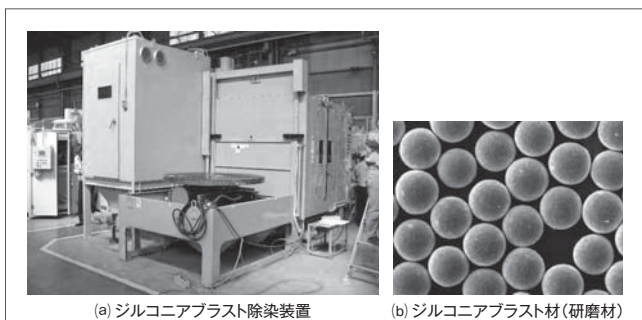


図3. ジルコニアブラスト除染装置 — 球形状のジルコニアブラスト材を繰り返し使用することで、二次廃棄物を大幅に削減できる。

Zirconia blast decontamination equipment

2.2 切断・解体技術

原子炉压力容器や炉内構造物など、プラント運転中に放射化した構造物は、遮へいのため水中で遠隔操作によって切断や解体をすることが求められる。この切断技術には、レーザや放電加工を用いた熱的切断や、研磨剤を混入させた高圧水やバンドソーを用いた機械的切断などがある。

当社は、炉内構造物であるシュラウドの解体に、ディスクカッタを用いて水と空気の汚れを抑制できる機械式切断装置 (図4) を開発した。その特長を以下に示す。

- (1) 切りくずを確実に回収し、水の濁りによる作業環境の悪化を抑えることで、工程遅延リスクを削減できる。
- (2) 放射性微粒子を大気中に放出しないことで、環境汚染リスクを削減できる。
- (3) 砥粒 (とりゅう) などの二次廃棄物を削減できる。

また、東芝グループのウェスチングハウス社も、これまで20年以上にわたり、様々な切断技術を開発してきている。最近では、海外プラントの炉内構造物解体にバンドソーなどを用いた機械的切断を適用しており、国内プラントの廃止措置にも適用が可能である。

2.3 放射能測定技術

原子力発電プラントの廃止措置では、多種多様な金属やコンクリートの固体廃棄物が大量に発生する。これらの固体廃棄物は、低レベル放射性廃棄物、放射性物質として扱う必要のない廃棄物 (クリアランス)、及び放射性廃棄物ではない廃棄物に分類される。これらの廃棄物処理を効率的に進めるには、廃棄物の放射能レベルを迅速かつ精度よく把握するための放射能測定技術が求められる。

当社は、比較的高い放射能レベルからクリアランスレベルに至るまで、各レベルに対応する放射能測定技術を持っている。特に、クリアランスレベルの測定装置では、建屋や物品を現場で測定できる可搬型や、廃棄物をまとめて測定できるバスケット型及びトレイ型の測定装置を開発し実用化している。

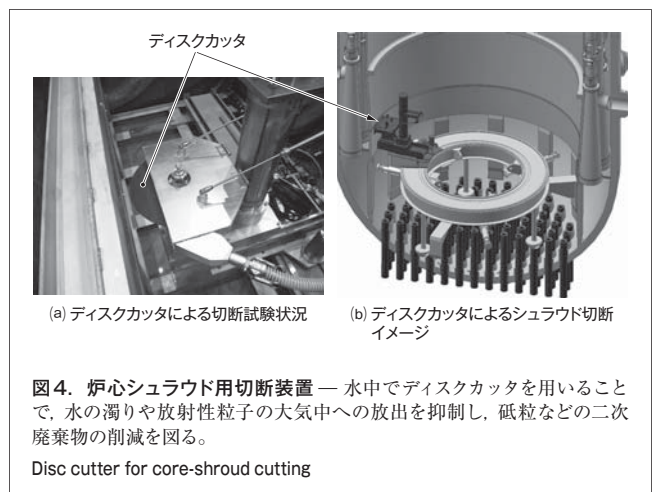


図4. 炉心シュラウド用切断装置 — 水中でディスクカッタを用いることで、水の濁りや放射性粒子の大気中への放出を抑制し、砥粒などの二次廃棄物の削減を図る。

Disc cutter for core-shroud cutting



図5. クリアランスレベル測定装置 — 様々なニーズに対応できるように、廃棄物の大きさや形状に合わせて、バスケット型、トレイ型、及び可搬型の3タイプをラインアップしている。

Lineup of clearance level monitors

建屋構造物では、解体前にクリアランスレベルと放射線管理区域解除というそれぞれ異なる基準の測定を行い、両方の判定基準を満足すれば通常の工法で解体工事ができる。当社は、建屋残存放射能を迅速に測定するために、両方の基準を同時に判定できる2層式の測定装置を開発した。また、廃止措置で発生する様々な材質、大きさ、形状の廃棄物を効率的に測定するため、廃棄物の大きさや形状に合わせてバスケット型、トレイ型、及び可搬型の3タイプの測定装置に加えて、この3タイプでも測定が困難な狭隘（きょうあい）部を測定するための測定装置も開発し実用化している（図5）。

3 システムエンジニアリング技術

合理的な廃止措置計画を策定するには、作業工数、費用、廃棄物量、及び被ばく量の観点から計画の最適化を図り、解体シナリオや、解体装置、処理装置、エリアの共用化、作業の平準化などを考慮するためのシステムエンジニアリング技術が重要になる。

当社は、建設プラントの工事計画用に3次元（3D）CADに工事物量、工程、人員計画の3要素を加えた6DCAD_{TM}システムを開発した。

廃止措置計画では、更に廃棄物発生量や、解体工数などのデータを加えた6DCAD_{TM}システムによる解体手順の検討ツールを試作した。図6は実プラントのCADデータを基に、試作したツールを用いて解体手順を検討した例である。3Dで示す解体手順の画像と、工程表で示す工程、工数山積み、廃棄物山積みなどが連動して表示されることから、廃止措置計画の最適化検討に有効利用できる。また雰囲気線量率データを取り込んで、解体作業員の被ばく量山積みも連動して表示するこ

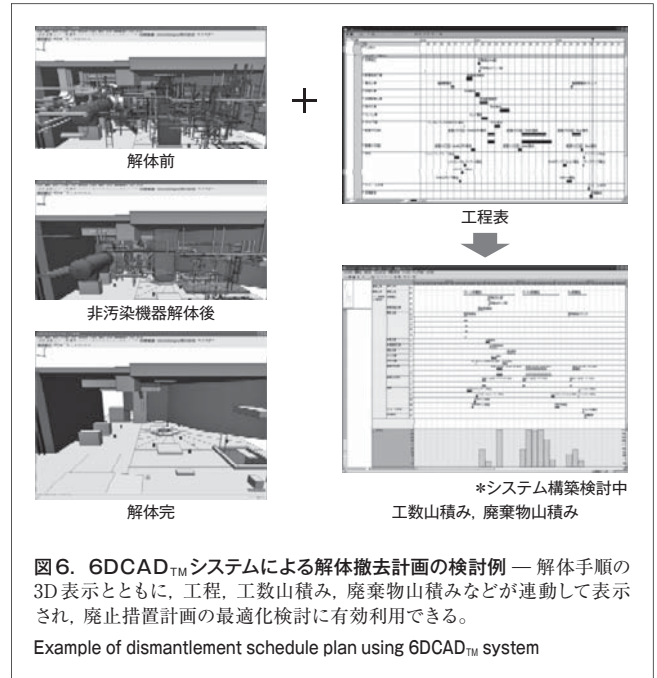


図6. 6DCAD_{TM}システムによる解体撤去計画の検討例 — 解体手順の3D表示とともに、工程、工数山積み、廃棄物山積みなどが連動して表示され、廃止措置計画の最適化検討に有効利用できる。

Example of dismantlement schedule plan using 6DCAD_{TM} system

とを検討している。

6DCAD_{TM}システムは、機器解体状況や廃棄物保管状況を画像として表示できることから、計画ツールとしてだけでなく、廃止措置中の管理ツールとしても有効に利用できると考えている。

4 あとがき

当社は、原子力発電プラントメーカーとしての総合力をベースに、これまでに蓄積した様々な要素技術の開発と実用化の実績、及びこれらの要素技術を適切に組み合わせて廃止措置を合理的に実施するシステムエンジニアリング技術の高度化を進めている。今後も、原子力発電プラントの廃止措置の計画及び実施を推進するビジネスリーダーとしての活動を展開していく。



田中 一彦 TANAKA Kazuhiko

電力システム社 原子力事業部 原子力運転プラント技術部長。
原子力発電プラントのプロジェクト管理業務に従事。日本原子力学会会員。

Nuclear Energy Systems & Services Div.



芝野 隆之 SHIBANO Takayuki

電力システム社 原子力事業部 原子力化学システム設計部長。
原子力施設のシステム設計及び機器設計に従事。日本原子力学会会員。

Nuclear Energy Systems & Services Div.



成瀬 克彦 NARUSE Katsuhiko

電力システム社 原子力事業部 原子力機器設計部長。
原子炉構成機器の設計及び保全業務に従事。日本機械学会、日本原子力学会、日本保全学会会員。

Nuclear Energy Systems & Services Div.