

# ウェスチングハウス社の技術と東芝との連携

## Westinghouse Technologies and Integration with Toshiba

野田 哲也      棚沢 武      吉田 博之

■ NODA Tetsuya      ■ TANAZAWA Takeshi      ■ YOSHIDA Hiroyuki

加圧水型原子炉 (PWR) が新たに東芝のラインアップに加わったことにより、沸騰水型原子炉 (BWR)、PWR 両方の技術に対応できるようになった。ウェスチングハウス社 (Westinghouse Electric Company) は世界各国で豊富な経験と実績を持っており、東芝がウェスチングハウス社と技術協力することで、国内・海外市場において最先端でボーダーレスな原子力技術とサービスを提供することが可能になった。

PWRでは最新鋭原子炉“AP1000”でプラント建設における世界展開を図る一方、保全サービスや燃料事業、また将来技術の開発においても両社で連携体制を組んでいく。炉型を問わずあらゆる製品とサービスを国内外で提供する“ワンストップソリューション”を実現できるよう、今後も取組みを進めていく。

With Westinghouse Electric Company (WEC) now a member of the Toshiba Group, Toshiba is capable of supplying both boiling water reactor (BWR) and pressurized water reactor (PWR) systems. WEC is well experienced worldwide in the nuclear business and by integrating the technologies of both Toshiba and WEC, Toshiba will be able to provide a greater range of services in the global market. We will build a cooperative structure not only for the maintenance service and fuel businesses but also for the development of innovative reactors while aiming for global expansion with the AP1000 PWR, the most advanced PWR in the nuclear power plant business.

We will continue making efforts so as to be able to provide all types of products and services as one-stop solutions regardless of the type of reactor.

## 1 まえがき

ウェスチングハウス社が世界各国で積み上げた加圧水型原子炉 (PWR) 技術と、東芝が所有する沸騰水型原子炉 (BWR) 技術及びタービン技術を統合することで、炉型や市場 (国内及び海外) を問わず最先端でボーダーレスな原子力技術とサービスを提供することが可能となった。

ここでは、ウェスチングハウス社の技術を紹介するとともに、両社の目指す方向と具体的な取組みについて述べる。

## 2 新規プラント

ここでは、ウェスチングハウス社が提供する最新鋭PWR“AP1000”(図1)について述べる。

### 2.1 AP1000の概要

AP1000は経済性をより向上させた原子炉であり、第3世代+(プラス)の原子炉として唯一、米国原子力規制委員会 (NRC) の設計認証を取得している。

最大の特長は、大型蒸気発生器 (SG) や大型原子炉冷却材ポンプ (RCP) の採用などにより2ループ構造で1,100 MWe級の出力を実現した点、及びパッシブ型安全システムを搭載している点にある。パッシブ型安全システムとは、安全注入系や格納容器冷却系などの安全システムを、ポンプなどの外部動力を

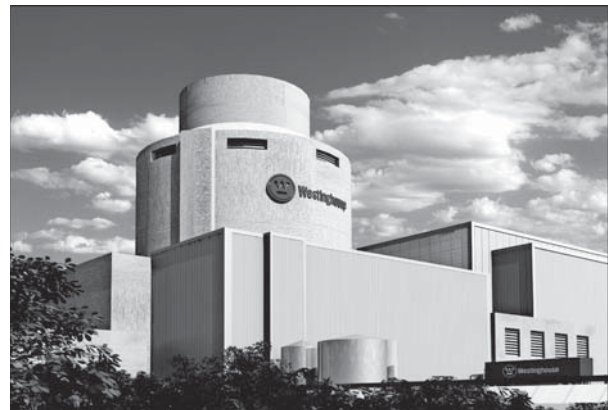


図1. AP1000の外観 — AP1000はウェスチングハウス社が提供する最新鋭PWRであり、第3世代+の原子炉として唯一、NRCの設計認証を取得している。

Appearance of AP1000 PWR

必要とする動的なシステムを使用せず、重力や凝縮など自然の法則を利用した静的なシステムだけで構成したものである(図2)。従来型の動的な安全システムと比較してシンプルな設計となっており、事故時のシステム故障確率を下げた安全性を最大限に高めるとともに、運転員への負担を軽減している。更に、システムの簡素化により、機器などの物量削減(図3)やメンテナンス負担の低減といった経済性の向上にも寄与している。

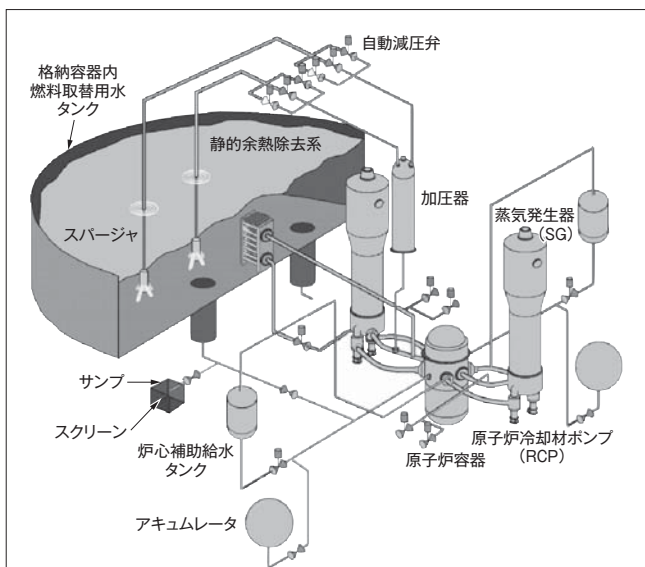


図2. パッシブ型安全システム (安全注入系) — ポンプなどの外部動力を使用せず、重力など自然の法則を利用した静的システムとして構成されている。

Passive safety-related systems

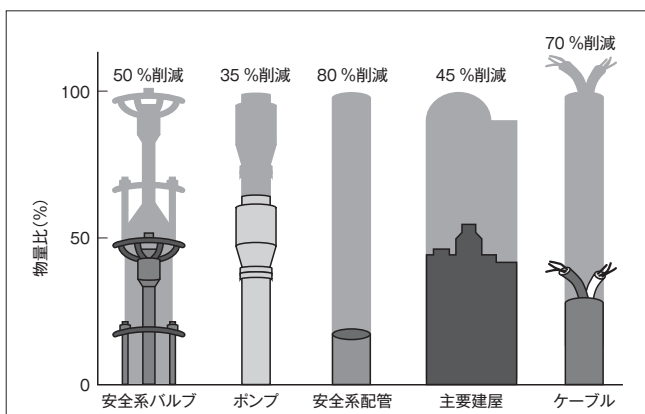


図3. プラント構成機器の物量削減 — 同等の出力 (1100 MWe) 規模を持つ従来型のプラントと比較すると、かなりの物量削減を実現している。

Reductions in materials and equipment

## 2.2 AP1000建設での東芝の貢献

米国では30年近く新規の建設がないことから、東芝の最新建設技術と豊富な建設経験の活用が、AP1000の円滑なプラント建設に必須と考えている。AP1000建設では、ウェスチングハウス社及び建設パートナーであるショー・グループとの協働体制が構築されているが、東芝もこの一員として、モジュール工法の適用検討やサイト建設計画などでAP1000のエンジニアリングに参画している。

また東芝は、タービンメーカーとしてAP1000向け最適タービンシステムの開発に携わっている。東芝のタービンシステムは、52インチ級の低圧タービン最終段翼と各種高効率化技術

を反映したもので、プラント電気出力を最大化し、AP1000の経済性向上に寄与している。現在、AP1000の標準システムとして設計認証を申請中である。

このほか東芝は、これまでのBWRでの機器供給実績に基づき、原子炉系機器や送配電機器を含めた、プラント全体の機器供給でも貢献することを考えている。

## 2.3 AP1000の世界展開

ウェスチングハウス社は、中国浙江省三門原子力発電所向け及び山東省海陽原子力発電所向けのAP1000計4基を2007年7月に受注し、2013年12月の初号機運転開始に向けて詳細設計と機器製造を行っている。AP1000は、中国の次世代標準炉と位置づけられており、引き続き多くの建設が予定されている。

また米国では、6サイト12基においてAP1000を採用することが既に公式に表明されており、建設運転許可 (COL) が順次申請されている (図4)。2015年の米国初号機運転開始に向け、詳細設計と先行機器手配を始めている。また、米国のほかの電力会社でもAP1000を採用する動きがあり、ウェスチングハウス社が積極的に提案を進めている。

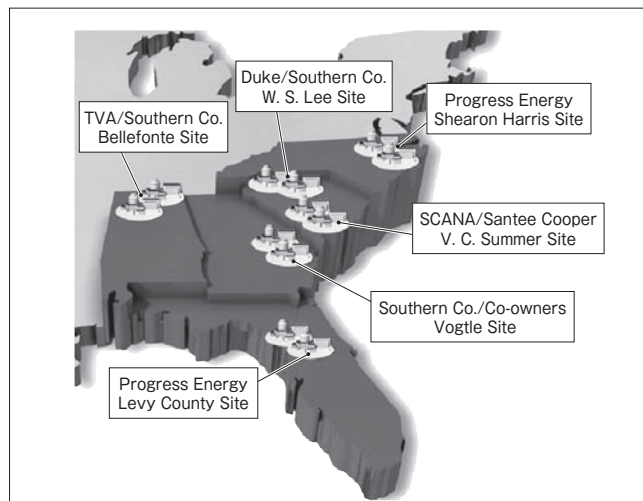


図4. 米国AP1000計画 — 米国では6サイト12基においてAP1000が選定されている。

AP1000 construction sites in U.S.

AP1000は欧州でも、2007年5月に、欧州電力要求 (EUR) への適合性審査を完了させて英国での型式認定を申請した。ウェスチングハウス社は、AP1000を世界標準炉とするために、英国などの欧州や南アフリカなどを含めた世界各国への展開を進めている。

## 3 保全サービス

PWRとBWRの原子炉系を中心としたウェスチングハウス社の保全技術と、BWR及びタービン系全体をカバーする東芝の

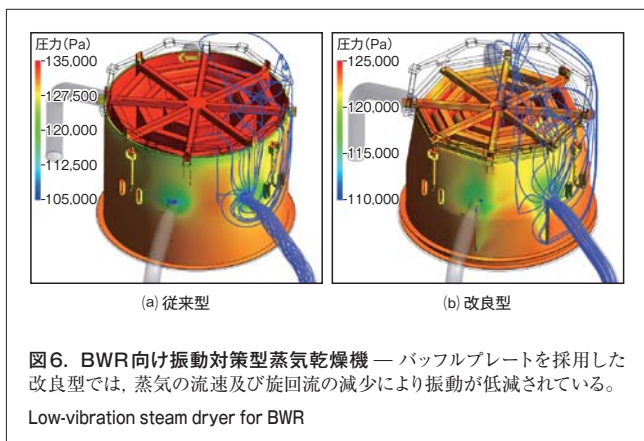
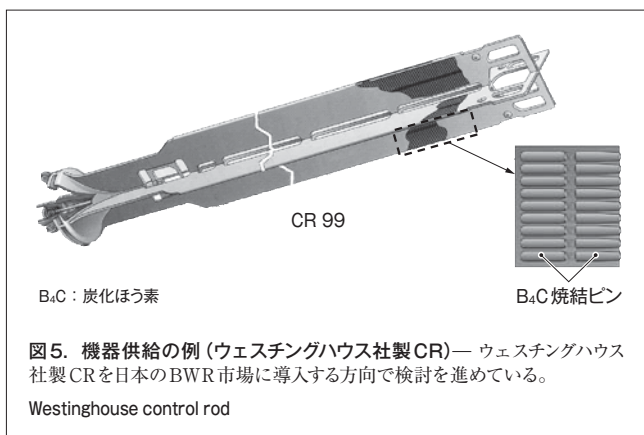
保全技術との組合せにより、両炉型に対応したプラント全体の保全サービスを提供できるようになった。

例えば近年、運転プラントの性能を最大限に利用するために行われる出力増加工事で、許認可から機器供給、工事まで、また原子炉系からタービン系までを網羅した、プラント全体の最適化を図れるようになった。互いの優位技術の領域を表1に示す。

東 芝	ウェスチングハウス社
<ul style="list-style-type: none"> <li>・レーザー技術</li> <li>・非破壊検査技術</li> <li>・タービン及び発電機技術</li> <li>・デジタル制御技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長期運転対応技術</li> <li>・短期定期検査対応技術</li> </ul>

連携の例として、欧州BWRプラントで実績のあるウェスチングハウス社製制御棒 (CR) (図5) の国内への導入がある。長寿命CRのニーズが国内で急速に高まったことを受け、短期的に導入可能な既存の同社製CRを活用することにした。

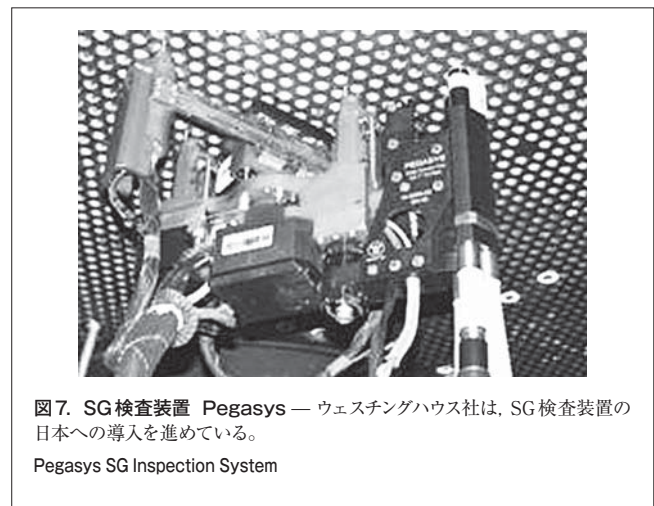
また、ウェスチングハウス社では、BWRプラントの出力増強に向けて、振動対策型の蒸気乾燥機 (図6) を開発済みであり、欧州のBWRに適用している。こうした技術を将来の国内



BWRの出力増強にも反映するよう検討を始めている。

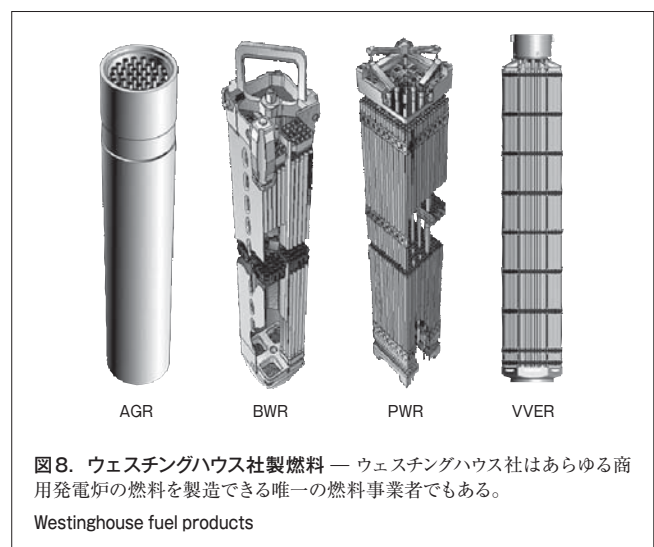
更に、ウェスチングハウス社では、短期定期検査のための対応技術の実績を積み重ねてきており、その一つとして、SGの検査では米国はもとよりフランスでも50%以上のシェアを誇るSG検査装置 Pegasys (図7) の日本への導入を進めている。

このほかにも、東芝のレーザーピーニング技術をBWR及びPWRへの世界戦略製品と位置づけ、ウェスチングハウス社との協力により海外展開を進めている。



#### 4 燃料

ウェスチングハウス社の燃料事業は、米国4拠点と欧州3拠点の燃料関連工場で、燃料被覆管素材のジルコニウム合金製造から、被覆管製造、ウランの再転換、燃料集合体組立てまで、一貫した自社生産を行っていることに特長がある。更に、PWR燃料をはじめとして、BWR燃料、ロシア型PWR (VVER) 燃料、英国の改良型ガス冷却炉 (AGR) 燃料に至るまで、あらゆる商



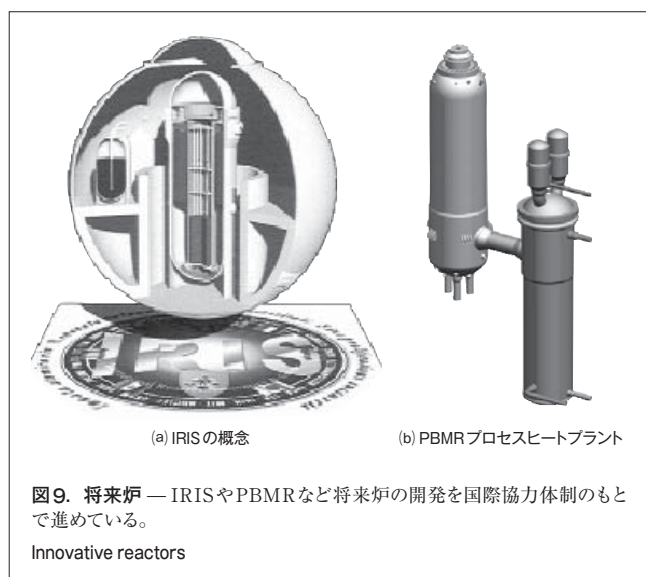


用発電炉の燃料を製造する世界で唯一の燃料事業者であり、非常に幅広い最新の設計・製造技術を持っている(図8)。

また、燃料開発では、熱流動試験装置ODEN(PWR向け試験ループ)やFRIGG(BWR向け試験ループ)や燃料振動特性試験装置VIPER(Vibration Investigation and Pressure Experimented Research)ループなど、米国とスウェーデンにPWR及びBWR燃料開発用の数多くの試験設備を備え、市場の要請である燃料の高燃焼度化と高性能化に応えるため、広範囲な研究開発を展開している。

## 5 将来炉

将来炉に関し、ウェスチングハウス社はAP1000をベースとした大型パッシブ安全炉の検討を進めている。また、小型炉の分野では、安全性を高めた小型PWRであるIRIS(International Reactor Innovative and Secure)、ペブルベッド型高温ガス炉であるPBMR(Pebble Bed Modular Reactor)などの開発を国際協力体制のもとで進めている(図9)。



### 5.1 IRIS

IRISは、ウェスチングハウス社がリードする、10か国21団体から成る国際コンソーシアムで開発中の小型PWRである。電気出力が100～300 MWeのモジュラー型PWRで、循環ポンプや蒸気発生器などの一次冷却系機器を原子炉容器内に設置し、原子炉冷却材喪失事故(LOCA)の発生を極力小さくした安全性の高い(炉心損傷確率で $10^{-8}$ 以下)原子炉を持つ。2003年度にNRCの申請前審査が開始され、2010年までに設計認証の取得を目指している。

### 5.2 PBMR

PBMRは、南アフリカ共和国の国営電力会社ESKOMが中心となって開発を進めており、ウェスチングハウス社は技術協

力を行っている。PBMRはヘリウム冷却/ヘリウム減速の高温ガス炉で、165 MWeの電気出力を持つ。一次冷却材温度が900℃と高温で、ガスタービンシステムと組み合わせることで高効率を達成できる。最大の特徴であるペブルベッド炉心は、セラミックコーティングを施した粒状核燃料(ペブル型核燃料)を装架している。構成機器点数が少なくモジュール化が可能であり、建設工期の短縮と建設費の低減を目指している。

### 5.3 将来炉分野での東芝との連携

将来技術の開発でも、東芝とウェスチングハウス社の連携によるシナジー効果の創造を図ろうとしている。

4S(Super Safe, Small and Simple)は、東芝が開発を進めてきた10～50 MWeの小型ナトリウム冷却高速炉で、30年間燃料交換不要という保守の極小化を実現しようとするものである。東芝のオリジナル技術とウェスチングハウス社の開発力及び許認可対応能力とを組み合わせることで、米国での型式認定の取得と早期実用化を目指している。

また、原子炉を利用した水素製造は、二酸化炭素の放出なしで水素の製造が実現できる将来の有力技術であるが、両社は原子炉技術と水素製造技術の最適化を図り、早期実用化を目指している。

## 6 あとがき

ここでは、ウェスチングハウス社の技術について紹介するとともに、東芝とウェスチングハウス社の連携について述べた。両社が連携体制を組んでから1年が経過し、具体的な成果や効果が出てきている。

今後も、炉型を問わずあらゆる製品とサービスを提供する“ワンストップソリューション”を世界各国の顧客に提供できるよう、更に連携を深めて取り組んでいく。



野田 哲也 NODA Tetsuya

電力システム社 WEC統括事業部 WEC統括技術部長。  
原子力発電所の建設プラントビジネスの統括業務に従事。  
WEC Coordination Div.



棚沢 武 TANAZAWA Takeshi

電力システム社 WEC統括事業部 WEC統括企画部参事。  
原子力発電所の運転サービスビジネスの統括業務に従事。  
WEC Coordination Div.



吉田 博之 YOSHIDA Hiroyuki

電力システム社 WEC統括事業部技監。  
原子燃料ビジネスの統括業務に従事。  
日本原子力学会会員。  
WEC Coordination Div.