



special report

原子燃料サイクルの 確立をめざして

世界初「フルMOX-ABWR」、 大間原子力発電所の建設進む

津軽海峡に面した青森県・大間町で、

2008年5月から電源開発株式会社（J-POWER）の

大間原子力発電所の建設が進められている。

J-POWER初の原子力プラントとなる同発電所は、

電気出力138万3,000kWのABWR（改良型沸騰水型軽水炉）で、

世界初のフルMOX-ABWRである。

原子燃料サイクル確立に向けた大きな一歩となるこのプラントにおいて、

日立グループは原子炉設備を担当している。

ATR実証炉から フルMOX-ABWRへの変更

大間原子力発電所には、関係者の30年以上の思いが込められている。

1976年の地元からの調査請願に始まり、1982年に原子力委員会はJ-POWERを実施主体にATR（Advanced Thermal Reactor：新型転換炉）実証炉の建設を決定した。ATRは日本が開発した「重水炉」で、1979年に動力炉・核燃料開発事業団（現・日本原子力研究開発機構）が福井県敦賀市に原型炉ふげんを建設している。その商用性の立証が実証炉の目的だった。

日本は、ウラン資源の有効利用のために「原子燃料サイクル」の確立をめざしている。使用済燃料を再処理して燃焼中に生成されたプルトニウムと燃え残りのウランを取り出し、MOX（Mixed Oxide：ウラン・プルトニウム混合酸化物）燃料とすることにより、繰り返し原子力発電所で利用できるようにする。そのMOX燃料を燃やす役割を果たすのが、ATRとFBR（Fast Breeder Reactor：高速増殖炉）であった。しかし、ATR実証炉計画は新たな地点での原子力発電所の建設計画であり、立地交渉には長期間が必要であった。



一方で、日本の原子力発電所（軽水炉）は50基を超え、国の基本方針として、軽水炉でMOX燃料を燃やす「プルサーマル計画」（既存軽水炉の燃料の3分の1程度をMOX燃料とする計画）も進められてきたことから、大間プラントは、1995年にATRから全炉心にMOX燃料装荷をめざすフルMOX-ABWRに炉型が変更され、ATR実証炉と同様、全炉心でのMOX燃料の利用をめざすことから、軽水炉によるMOX燃料利用の柔軟性を広げるという政策的な位置付けが与えられた（当初は3分の1炉心程度以下とし、段階的にフルMOXとする計画）。

日立が基本設計を担当

10年以上にわたってATR実証炉の計画を進めてきたJ-POWERにとって、この決定は驚きだった。J-POWERは、1970年代から原型炉ふげんの建設と運転管理を担当し、実証炉の建設に向けて技術者を育てていた。

日立もまた、ふげんの建設では、主務会社として炉本体を担当し、ATR実証炉でもJ-POWERに協力して炉本体の基本設計を担当してきただけに、大きな転換を迫られることになった。そこで、本社と工場に

大間推進室とプロジェクト室を設置し、ATR担当者とABWR担当者を集めたチームが編成された。

当時、本社でATR実証炉を担当していた笹澤厚（日立GEニュークリア・エナジー株式会社 シニアプロジェクトマネージャー）は、「このプロジェクトでは炉の基本仕様を固めるところから一体になって取り組み、苦楽を共にしてきた思いがあります。炉型変更は残念でしたが、ATR実証炉のMOX炉心の経験をもとに、フルMOX-ABWRとして大間でのプラントづくりに貢献したいと思ってモチベーションを高めてきました」と語る。

「同じ社内でも炉型によって組織が分かれていましたから、ATRのことはあまり知らなかったですね。これまでの経験を生かして、ABWRの勉強会から始め、J-POWERの計画づくりに協力してきました」というのは、ABWR分野からチームに加わった守屋公三明（日立GEニュークリア・エナジー株式会社 主管技師長）である。

これに対して、J-POWERの原子力事業本部長代理兼原子力建設部長を務める永島順次常務執行役員は、「当社は、創立以来、他電力では取り組みが難しい分野の電源開発に挑戦してきました。当社の原子力も国



永島 順次
電源開発株式会社
常務執行役員

策プロジェクトとしてATR実証炉計画を担当していました。このATRも全炉心でMOX燃料の利用が可能であり、さらにABWRで世界初のフルMOX化を実現すれば、ATR実証炉の2倍強のプルトニウムが利用可能になるので、原子燃料サイクルの確立とプルサーマル計画の推進に貢献できます。

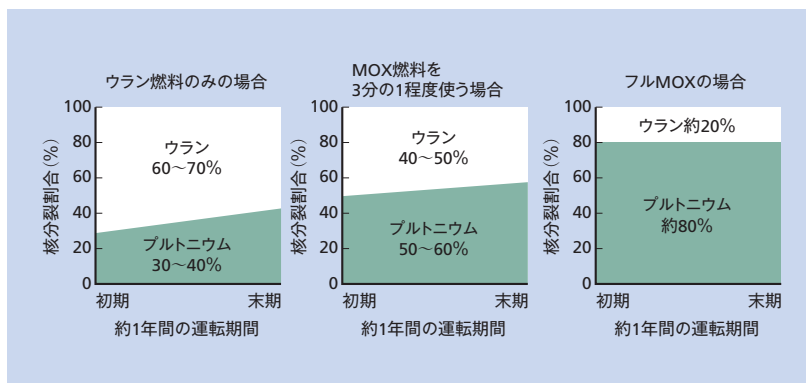
日立とは、それまで、ふげんや実証炉のプロジェクトを通じてずいぶん議論してきましたし、お互いに信頼関係を築いてきました。ABWRについても徹底的に議論を尽くして、基本設計を固めていきました。ABWRでの日立の豊富な実績が心強かったですね」と振り返る。

J-POWERの方針は、ABWRの基本仕様は変えないで、フルMOXに対する安全性および運転性を確保することだった。これに応じて、日立は1996年に、基本設計と新しい機器や機構の要素技術開発を受注。世界初のフルMOX-ABWRに向けたコラボレーションがスタートした。

フルMOX炉心の技術開発

プルトニウムの利用といっても、現状でも原子力発電所の炉心でプルトニウムの核分裂が行われている。

軽水炉で使用するウラン燃料は、核分裂性のあるウラン235を3~5%程度に濃縮したもの。残りの95%以上のウラン238も、運転の過程で一部が中性子を吸収して



炉心の燃焼状態。「フルMOX」では、プルトニウムが発電量の80%程度を担う。

核分裂性のプルトニウム239に変化し、その一部が核分裂している。つまり、炉全体でみれば30~40%はプルトニウムの核分裂によるものだ。燃料の3分の1程度をMOX燃料とするプルサーマルでは、プルトニウムの核分裂が全体の50~60%に達し、フルMOXでは80%となる。

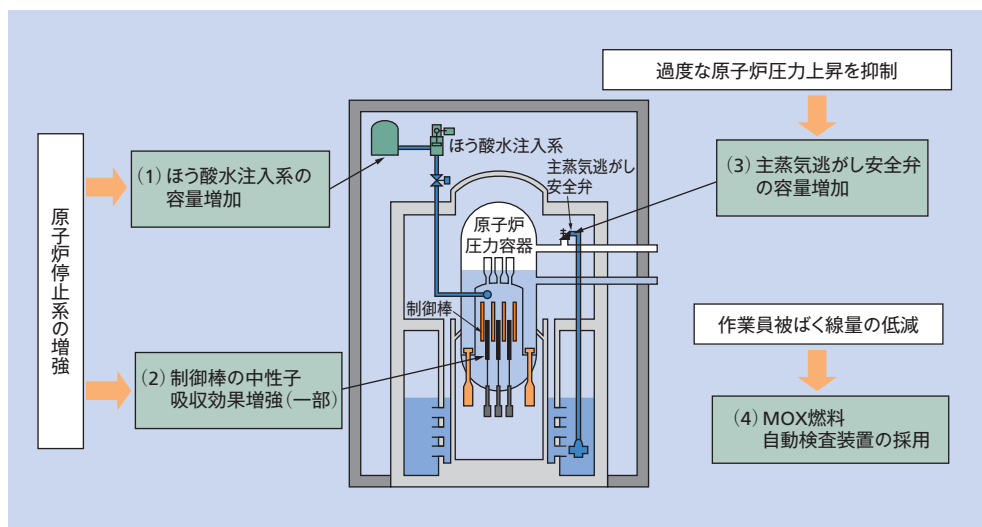
全MOXのATRの経験などから、プルトニウムの核分裂が中心となるフルMOXでは、制御材の中性子吸収効果がわずかに下がる傾向などが判明している。そこで、(1)「ほう酸水注入系」の容量を増加し、緊急停止能力を向上、(2) 制御棒(一部)の中性子吸収効果を増強し、停止能力の余裕をさらに向上、(3) 異常発生時の原子炉内の圧力上昇を抑制する主蒸気逃がし安全弁の容量を増加、(4) 燃料受け入れ時に作業員が受ける放射線量を低減するMOX燃料自動検査装置の採用——という4点の対策を取って、十分な安全性確保を図っている。



笹澤 厚
日立GEニュークリア・エナジー株式会社
シニアプロジェクトマネージャー



守屋 公三明
日立GEニュークリア・エナジー株式会社
主管技師長



フルMOXの原子炉では、4点の設計対応を行うことで十分な安全性を確保している。

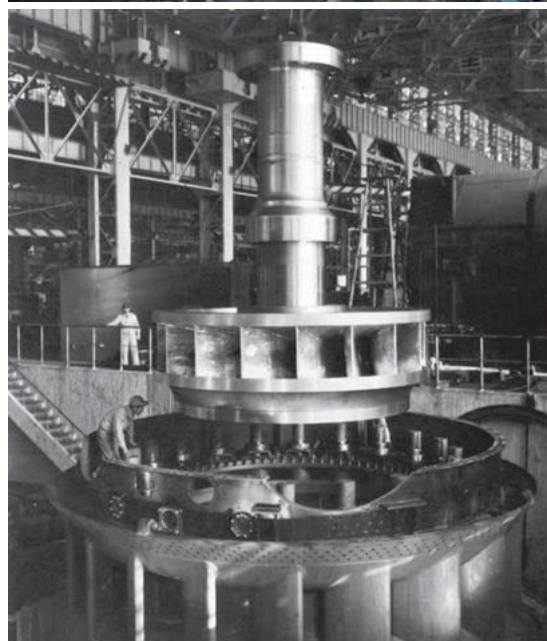
日本の電源開発をリードしてきた J-POWER

——日立との半世紀を超えるパートナーシップ——

電源開発株式会社(J-POWER)は、戦後の電力不足が深刻だった1952年に、国、電力各社の共同出資によって設立された。最初のプロジェクトは当時日本最大の佐久間発電所(電気出力35万kW)で、「暴れ天竜を制するには10年かかる」といわれた難工事を3年で完了、1956年に運転を開始している。日立は、立軸フランシス水車と発電設備一式を納入した。

その後、J-POWERは、揚水発電、石炭火力、電力の有効利用を図る基幹送電線網の整備などに取り組んできた。2004年には、J-POWERは東京証券取引所市場第一部に上場して完全民営化を果たし、卸電力事業として石炭火力(1位)、水力(2位)をコアに、2,400 kmの基幹送電・変電設備、風力発電事業を推進している。特に、高効率・低炭素の石炭火力技術で実績があり、海外での発電ビジネスでも実績を広げている。

日立は、佐久間発電所以来、大型水力、揚水、石炭火力をはじめ、半世紀にわたってJ-POWERの重要プロジェクトに貢献してきた。



松島火力発電所(上)と、佐久間発電所の立軸フランシス水車(下)。
日立は半世紀にわたり、J-POWERの重要プロジェクトに貢献してきた。

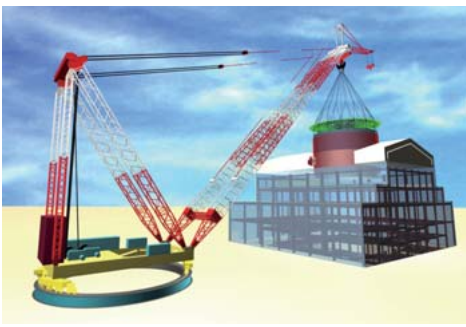
年	プラント名称	主な納入設備	備考
1956	佐久間水力発電所(3号機、4号機)	350 MWフランシス水車・発電機	当時日本最大の水力発電所(現在でも揚水を除けば第3位)
1961	御母衣水力発電所(1号機、2号機)	215 MWフランシス水車・発電機	
1963	大島水力発電所(1号機)	95 MWカプラン水車・発電機	
1964	池原水力発電所(1号機~4号機)	350 MWフランシスポンプ水車・発電電動機	当時単機の出力/容量として、水車/発電機が日本最大
1967	竹原火力発電所(1号機)	250 MW石炭燃焼ボイラ・タービン・発電機	
1968	長野水力発電所(1号機~2号機)	220 MWフランシスポンプ水車・発電電動機	
1973	沼原水力発電所(1号機~3号機)	675 MWフランシスポンプ水車・発電電動機	当時世界初となる500 m級高揚程ポンプ水車
1974	竹原火力発電所(2号機)	350 MW石炭燃焼ボイラ・タービン・発電機	
1978	奥清津水力発電所(1号機~4号機)	1,000 MWフランシスポンプ水車・発電電動機	
1979	函館変換所	交直流変換用機器、制御・保護装置	
1981	松島火力発電所(1号機)	500 MWタービン・発電機	
1983	竹原火力発電所(3号機)	700 MW石炭燃焼ボイラ・タービン・発電機、 総合デジタル制御システム	
1989	只見水力発電所(1号機、2号機)	65 MWバルブ水車・発電機	世界最大容量のバルブ水車
1990	松浦火力発電所(1号機)	1,000 MW石炭燃焼ボイラ	
1996	奥清津第二水力発電所(1号機)	600 MWフランシスポンプ水車・発電電動機	
1997	松浦火力発電所(2号機)	1,000 MW石炭燃焼ボイラ	
2000	橋湾火力発電所(2号機)	1,050 MW石炭燃焼ボイラ	単機出力国内最大の石炭火力プラント
2003	大島水力発電所(2号機)	87 MWカプラン水車	
2009	磯子火力発電所(新2号機)	600 MWタービン・発電機	蒸気条件で世界最高の620℃再熱温度

※いずれも運転開始年

ABWR技術の集大成として 最新工法を導入

ABWR技術では、日立は、1996年、1997年にそれぞれ運転を開始した東京電力柏崎刈羽原子力発電所6、7号機をはじめ、中部電力浜岡原子力発電所5号機、北陸電力志賀原子力発電所2号機に携わってきた。

現在、中国電力島根原子力発電所3号機の建設を推進しており、最も多くの実績がある。「これまで、大型クレーンの導入や大型モジュール化により、現地作業を削減し工場生産による品質向上を実現するなど、工期短縮と品質安定化を図ってきました。また大間では厳しい自然環境を考慮して、大ブロック工法と冬場でも効率良く作業が行える全天候工法を併せたハイブリッド工法を導入し、格納容器の鋼製ライナの組立作業を開始しています」と守屋主管技師長は言う。



大間での厳しい自然環境を考慮して、大ブロック工法と全天候工法を融合させた「ハイブリッド工法」を導入した。

また、情報技術を活用して建設から試運転までを一貫管理する「原子力統合現地建設システム」も画期的な取り組みである。

「建設4D-CAD (Computer-aided Design) システムは、3D-CADに工程、シミュレーションの要素を加味したもので大間が最初です。これにより進捗(ちよく)状況の推移を可視化し、プロジェクト管理の効率化、高精度化を実現します。また、電子タグを適用した部品や人員の管理システムにより、作業ミスの防止、効率化を図っています」と笹澤シニアプロジェクトマネージャーは説明する。

こうした最新技術は、今後、世界でプラントづくりを行う基盤となることが期待される。

エネルギー安定供給と 低炭素社会の実現に貢献

大間原子力発電所は、フルMOX-ABWRに計画変更された後も、炉心位置の移動や新耐震設計審査指針への対応などもあって、着工に至ったのは2008年5月だった。J-POWER、地元の人々、日立にとって、まさに待ち望んだ日だった。

「原子力は、日本の現場で磨き上げた技術、モノづくりを生かす場です。状況に合わせて建設を進める日立のハイブリッド工法に代表される技術やノウハウに期待しています。」

大間では、本州と北海道を結ぶ直流送電施設でもお世話になっています。本マグロに象徴される海の幸と美しい海を守るために、環境・エコロジーとの共生を図りながら建設を進め、日本のエネルギー安定供給、低炭素社会の実現に貢献するために、電力会社、J-POWER、日立のインタフェースを強化して、将来につながるプラントに仕上げていきたいと考えています」と、J-POWERの永島常務執行役員は語っている。

大間では2014年の運転開始に向けて、港湾設備、取・放水設備、タービン建屋の基礎工事などが着実に進んでおり、春から夏へ、いよいよ原子炉を納める原子炉建屋の工事が本格化する。



先行プラントにおける大型モジュールの導入例。