

画期的な 中国の 原子力発電





田湾原子力発電所は過去最大規模の中国・ロシア合併事業です。今後10年間で、この発電所は中国の温室効果ガス排出を削減し、より安価なエネルギー生産に貢献するでしょう。安全がこのプロジェクトでは非常に重要です。

文:パン・ハイシャ、ゴン・フェイ 写真:リャン・リャン

田湾原子力発電所の2基の原子炉は、中国の大規模な原子力発電への投資プログラムや中国・ロシア間で過去最大規模の技術・経済協力プロジェクトの成果の一環です。

汚染を最小化しつつ電力需要を安全に満たすため、中国は原子力発電所の建設を一気に開始しました。2008年9月、中国では11基の原子炉が商業運転され、6基が建設中、さらに数基の建設が間もなく始まろうとしていました。

中国東海岸、江蘇省の美しい港湾都市連雲市の田湾原子力発電所(NPP)に最新の原子炉が2基あります。「東西の輸送ルート」と呼ばれる連雲は、1984年に中国政府が対外貿易を許可した最初の14都市の一つであり、以来、輸送ハブとして、また人気の観光地として発展を遂げています。

発電所は、上海近くの、国外からの投資が集中している江蘇省南部の最も開発の進んだ地域に主に電力を供給しています。

第一段階で約32億ドル(約3300億円)の投資を伴う中国-ロシア間で過去最大規模の技術・経済協力プロジェクトの成果として、田湾の2基の原子炉が2006年6月と2007年8月にそれぞれ商業運転を開始しました。

ロシアと中国は1990年に初めて原子力協力協定に合意し、1997年、この画期的な田湾NPPの契約に署名しました。契約で規定されているように、ロシア側は設備一式の供給に加えて原子力島およびタービン島の設計など技術面を担当し、中国側は、建設管理、建設、供給、一部設計、設置の大部分を担当しています。

>>>

「石炭火力発電所と比べて、田湾プロジェクトは年間1600万トンの二酸化炭素を削減可能です」

JNPC メンテナンス部、副部长 シ・リン氏



田湾NPPを運転する江蘇核電有限公司のヤン・ウェイフェン氏(左)とシ・リン氏

建設作業は1999年10月に始まりました。第一段階の2基の原子炉はロシア製のAES-91加圧水型原子炉(PWR)です。原子炉は、中国の原子力安全規則・基準同様に国際的に実証された原子力・放射線安全基準に適合するように、ロシアの標準型原子炉VVER-1000/392を基にした改良型です。

安全性への懸念が長年原子力産業に付きまどってきました。ウクライナのチェルノブイリや米国のスリーマイル島の悲惨な事故は、今なお多くの人々の記憶に新しい出来事です。しかし、中国政府は安全への取り組みを強調しています。

「原子力発電所にとって安全は最も重要な問題です」と、田湾発電所の運転の為に1997年に設立された江蘇核電有限公司(JNPC)メンテナンス部副部长、シ・リン氏は言います。核監視査察を行う国際機関が複数あり、田湾NPPは彼らの査察を歓迎しています」

田湾NPPでは、安全な運転を確実にするために先進的な方法を取り入れています。原子炉には、環境中への放射能漏れを防ぐ内部密閉カバーや環境影響から原子炉を守る外部カバーを含む2つの保護層があります。

地震、洪水、竜巻や嵐に耐えるよう設計された高強度保護層を55本の鋼鉄製ロープが支えています。原子炉は落下物からも保護されるよう設計されています。

「田湾発電所の世界的にも珍しい特徴は、溶融が発生した際に炉心を支えて冷却する原子炉トラップです。田湾は世界で初めて原子炉トラップを採用しました」と、JNPCの副部长、ウ・シュジャン氏は最近チャイナ・ビジネスウィークリー誌に語りました。トラップは、炉心が溶融し、コンクリートの厚い土台が溶けて放射性物質が漏れるのを防ぎます。

田湾発電所もアルファ・ラバルの設備を導入しています。「私達は、5種類、計46台のアルファ・ラバルのプレート式熱交換器を使用しています」とJNPCメンテナンスエンジニアのヤン・ウェイフェン氏は言います。

1998年にアルファ・ラバルの熱交換器が原子力発電所に特別設計されました。アルファ・ラバル中国の原子力発電セールスマネージャーのカール・チャンはこう言います。「1994年、サンクト・ペテルスブルグのロシア設計協会に弊社の熱交換技術を提出し、4年後、アルファ・ラバルはプレート式熱交換器全ての仕様の作成に関して協会に協力しました」

シ氏はアルファ・ラバルの機器を選択した理由をこう説明します。「世界一流のプレート式熱交換器のメーカーとして、アルファ・ラバルの製造技術やサービスシステム、高品質な製品は非常に優れています。オンライン化学薬品洗浄、自動逆洗フィルターなど、プレート式熱交換器の洗浄やメンテナンスに関して多くのサービス技術を開発しています」

田湾NPPがアルファ・ラバルの効率と信頼性を証明しました。1ユニットで1060メガワットという、間違いなく中国最大の発電量を誇るこの発電所は、2008年8月時点で190億キロワット時(kWh)以上の電力を生みだし、180億キロワット時を供給しました。

「2基の原子炉は核燃料サイクルにおける中国での継続運転記録を樹立し、核の排水、ガス、残渣という「3つの核廃棄物」の排出も国の基準に適合しています」とヤン氏は言います。

ハードウェア以外に、訓練された人材も原子力発電所の安全運転を確実にする重要な要素です。シ氏はこう言います。「1100名のJNPC従業員は大学卒業以上の学歴です。オペレーターは全員、作業開始前にロシアで17ヶ月間の訓練を受け、田湾でも定期訓練を実施しています」

中国政府は、原子力発電を、温室効果ガス排出を削減し、より安価なエネルギーを生む手段だと考えています。急速な



アルファ・ラバル中国、セールスマネージャー、カール・チャン

▶ 中国の原子力発電

原子力発電に投資する中国

中国の原子力発電所建設の動きは1970年に始まりました。2008年9月時点で、中国では11基の原子炉が商業運転されています。5基は浙江省、4基は広東省大亜湾、そして2基が田湾にあります。現在6基が建設中で、さらに複数の原子炉の建設が間もなく始まるようとしています。フランス、カナダ、ロシアなど世界最大の原子力輸出国から技術が

もたらされましたが、地方の開発ではフランスの設計が大きな影響を及ぼしました。

2007年末、中国の発電設備容量は記録的な713ギガワット(GW)に達しました。145GWは水力発電、554GWは化石燃料、9GWは原子力発電、4GWは風力発電によるものです。中国の電力の約4分の3は産業が消費しています。これは、

産業のエネルギー総消費が約40パーセントを占める欧州連合に匹敵します。

2007年、中国の原子力発電は、全体の2.3パーセントとなる62億8600万kWhの電力を供給し、現在では8.6ギガワット(GWe)の設備容量に達しています。

政府は、原子力発電量を2020年までに現在の6倍の、少なくとも

50GWeもしくは60GWeに、2030年までにはさらに120-160 GWeに増やすことを計画しています。

この動きは、急速に拡大する経済によるエネルギー不足を緩和する再生可能エネルギーの開発を進めるとい中国の決意を示しています。同様に、石炭火力発電所への依存を減らすことで環境保護を促進することも目指しています。n



田湾NPPでは、安全な運転を確実にするために先進的な方法を取り入れています。

▶▶ www.alfalaval.com/here/power/tianwan

経済成長に伴い、この数十年で中国の電力需要は急上昇しました。例えば、夏季には、エアコンの使用によって国の電力供給が間に合わないほど危機的な状況になります。中国の地方政府や企業家がこの需要を満たすために採った最も一般的な方法は、非効率的で温室効果ガスやスス、有害物質を大気中に吐き出す石炭火力発電所を急増することでした。

世界原子力協会によると、中国の電力の約80パーセントは化石燃料（主に石炭）から生み出され、中国は米国に次いで世界第2位のエネルギー関連での二酸化炭素排出国となっています。

この状況を改善するため、中国政府はクリーンエネルギーへの投資を決断し、2020年までに原子力による発電量を6倍にすることを目標とした大規模な原子力発電投資プログラムを開始しました。

「江蘇省では、田湾プロジェクトが既にエネルギーの全体構造を変えました」とJNPCジェネラル・マネージャーのジャン・グオユアン氏は言います。江蘇省では、現在多くの汚染物質排出の多い小規模石炭火力発電を閉鎖し、原子力を含むクリーンエネルギー源の開発をさらに進める計画を立てています。

「同じ設備容量の石炭火力発電より30～50パーセントも高額の建設費用がかかりますが、原子力発電所は低い燃料コストでより長い期間運転することができます。環境保護費用を含めて、原子力発電所のコストは石炭火力発電所より15～30パーセント低くなります」とシ氏は言います。

2基の田湾の原子炉は年間50万トンの核燃料を使用します。同じ設備容量の石炭火力発電所では600万トンの石炭が必要になります。シ氏はこう言います。「大幅な排出削減を意味します。私達の統計では、石炭火力発電所と比べて、田湾プロジェクトは年間1600万トンの二酸化炭素を削減可能です」これは、香港の二酸化炭素排出量の年間合計の約半分に相当します。「二酸化硫黄や窒素酸化物の大幅な排出削減に加えて、年間40万トンの廃棄物残渣も削減できます」とシ氏は付け加えます。

田湾NPPの第二段階でも協働することを、中国とロシアは既に合意しました。原子力エネルギーに関する協力推進は二国関係の優先分野である、という共同声明の一環として、中国の温家宝首相とロシアのピクトル・ズプコフ首相が2007年11月にモスクワでこの合意に調印しました。

予備調査報告書によると、第二段階には2基の1ギガワット(GW)原子力発電ユニットが含まれます。新たな4基のための建設用地が準備され、これによって田湾NPPは全部で8基の1GW発電ユニットを備えた8～10GWの設備容量になります。この、年間600-700億kWhという発電量は、風

>>>

▶ 情報

田湾原子力発電所

- 中国国家核電公司(50%)、中国電力投資公司(30%)、江蘇省南京グループ(20%)が所有
- 江蘇核電有限公司が運営
- 中国、江蘇省、連雲市、田湾に位置する
- 従業員1100名
- 東海岸の浙江省秦山施設、南部の広東省大亜湾の施設に次いで中国第3位の規模の原子力発電施設
- 1,060 MWe×2基の発電容量と40年の設計寿命がある。
- 2008年8月16日時点で194億kWhを発電し、180億kWhが供給された。



2008年8月16日時点で、田湾NPPは180億kWhの電力を供給しました。

>>> 力発電で世界をリードする米国の風力発電量合計の3倍以上に匹敵します。

8基の年間生産量は250億人民元(36億ドル、約3700億円)以上に達すると見込まれています。

また、米国のウェスティングハウス社やフランスのアレヴァ社の最新技術を利用した6基の原子炉を建設するという合意を通じて、中国は第三世代の原子力発電技術の開発も進めています。

シ氏によると、田湾 NPPや中国の原子力発電産業全体が直面する最大の問題は、外国の技術に依存しすぎていることです。「将来のために、原子力発電所を自ら設計、建設、管理できる、より多くの原子力専門家を育成、訓練することが中国の緊急課題です」

▶ アルファ・ラバルのソリューション

費用対効果に優れた選択

-プレート式熱交換器が効率的な熱伝導を確実にします。

田湾原子力発電所では、5種類、計46台のアルファ・ラバルのプレート式熱交換器を使用しています。

「タービンや原子炉の冷却など発電所の様々なシステムで熱を除去するのに使用しています」と、江蘇核電有限公司(JNPC)メンテナンスエンジニアのヤン・ウェイフェン氏は言います。

「アルファ・ラバルの熱交換器は優れたパフォーマンスや簡単なメンテナンス、長寿命に加えて、小型なので従来のシェル&チューブ式熱交換器よりはるかに場所を取りません」とヤン氏。「アルファ・ラバルの熱交換器を選んだ理由は、費用対効果に優れているからです」

と、JNPCメンテナンス部副部長、シ・リン氏は言います。「チタンのプレートは海水による腐食のリスクがなく、波状のプレートが流体の乱流を促進するので熱伝達効率が効率的になります」

同じ伝熱効率を得るには、シェル&チューブ式熱交換器ならばプレート式熱交換器の2~3倍の伝熱面積が必要になります。

シ氏は、シェル&チューブ式よりもプレート式熱交換器の方が冷媒も少なく、水を節約し、冷却ポンプの設計容量も削減できることも利点だと言います。加えて、プレート式熱交換器は、メンテナンスやプレートの交換も便利で簡単です。

「高品質だけでなくサービス指向型の設計であることもアルファ・ラバル製品の利点です」

「高品質だけでなくサービス指向型の設計であることもアルファ・ラバル製品の利点です」とヤン氏。

ヤン氏によると、第一段階と同様の製品が田湾NPPの第二段階でも使用される予定ということです。



田湾NPPでは、合計46台のアルファ・ラバルのプレート式熱交換器を使用しています