

テピアの視点

第3世代炉「EPR」の安全問題と中国の炉型戦略

米国や中国、欧州で建設が計画されている多数の原子力発電所で採用が予定されている第3世代炉の前途は平坦ではなさそうだ。

フランスの原子力安全局、英国の保健安全執行部・原子力局、フィンランドの放射線・原子力安全局は11月2日、フランス AREVA 社の第3世代炉「EPR」（加圧水型炉＝PWR）の計装制御システムに問題があるとした声明を共同で発表した。

3カ国の規制当局が問題にしているのは、安全システムの適性と制御システムからの独立性が確保されるかどうかという点だ。仮に制御システムが機能不全に陥っても、安全システムによって防護措置がとられていれば、同時に機能不全に陥るようなことはない。しかし、「EPR」の設計は、こうした独立の原則に従っておらず、制御システムと安全システムがきわめて高い次元で相互に連結しているという。

このため3カ国の規制当局は、設計者である AREVA と認可取得者である電力会社に対して、当初の「EPR」の設計を改善するよう要請した。AREVA と電力会社は、要請に応じ設計変更を行うことになった。

「EPR」の初号機として建設が進められているフィンランドのオルキルオト3号機では、現在のデジタル計装制御に加えて、別系統のアナログ方式のバックアップシステムが追加されるとみられている。この方法は、英当局が AREVA に対して提案していたもので、フランス国内で建設中のフラマンビル3号機でもオプションとして検討されている。

英国では、実際に「EPR」が建設されている訳ではないが、将来、建設される候補炉型の1つとして保健安全執行部の原子力施設検査局（NII）によって検討が行われている。NII は、「AP1000」の検討も行っており、両方の炉型について問題点を指摘している。それによると、2つの炉型に関して NII が提起した質問事項は「AP1000」より「EPR」の方が倍以上も多かった。

フロントエンドからバックエンドまで含めて核燃料サイクル全般を手がける世界最大の原子力複合企業である AREVA にとって、世界中で展開する次世代炉「EPR」の設計変更は、一部とは言え由々しき問題と言えよう。3カ国の規制当局が共同で声明を公表するということも異例だ。フランス国内では、野党の社会党が議会での審議を求めており、AREVA としても苦しい立場に立たされた。

7基の「EPR」を建設する計画が持ち上がっている米国では、現在、原子力規制委員会（NRC）によって設計認証の審査が行われている段階にあるが、NRC は今のところ、3カ国の規制当局が指摘した問題点については沈黙を保っている。

一方でNRCは10月15日、ウェスチングハウス社の「AP1000」(PWR)の安全問題を指摘した。問題を指摘されたのは、遮蔽建屋(shield building)と呼ばれるコンポーネントで、各種事象から一次格納容器を防護するだけでなく、通常運転時の放射線バリアや緊急時の冷却水タンクをサポートする役目を持っている。NRCは、遮蔽建屋が設計基準負荷に耐えられるかどうかの実証をウェスチングハウス社が行っていないことを問題視したが、「EPR」ほど深刻な問題ではなさそうだ。

「AP1000」は2006年にNRCから設計認証を取得したが、2007年に認証された設計の改訂を申請した。改訂の内容は、大型航空機の衝突に対する追加の防護対策や計装制御系の改良、配管のレイアウトの詳細な詰めなどで、コストの削減が大きな目的だった。

世界に先駆けて「AP1000」の建設をスタートするとともに、早ければ年内にも「EPR」に着工する中国にとって、どのような影響が出るか。全く問題がないということではないだろう。

筆者の調べたところによると、中国では10月末現在、採用する炉型が公表されている発電所だけ見ても、60基を超える「AP1000」の建設が計画されている。内陸部に建設される原子力発電所では、「AP1000」を採用することが決まっていることから、同型炉がさらに増えるのは間違いない。

すでに、今年4月19日には浙江省の三門で「AP1000」の初号機の建設が正式にスタートしたほか、山東省の海陽でも9月26日、原子炉基礎部分へのコンクリート注入作業が完了した(中国は同機の正式着工をまだ表明していない)。これに対して「EPR」は、今のところ広東核電集团有限公司が広東省の台山に計画している2基だけだ。

「AP1000」が圧倒的に優位に立つきっかけとなった重要な会議が2006年9月下旬に開かれている。これは、第3世代炉として「AP1000」と「EPR」のどちらを選ぶかという専門家による会議で、24名が「AP1000」を支持したのに対して、10名が2つの炉型で進めるという路線を支持した。

同年12月には、米国エネルギー省(DOE)のボドマン長官と中国国家発展改革委員会の馬凱主任(いずれも当時)が、「AP1000」4基を中国に輸出するという了解覚書に署名した。

一方、AREVA社は2007年11月、北京の人民大会堂で、サルコジ大統領と胡錦濤国家主席の同席のもと、フランスと密接な関係を持つ広東核電集团有限公司との間で、2基の「EPR」を供給する契約を締結した。「EPR」はこの2基だけだが、中国側としては、「EPR」ではなく、AREVAのフロントエンドとバックエンドに興味があったのではないかという、うがった見方もある。

広東核電集团有限公司は、「EPR」だけでなく「AP1000」の採用も検討している。具体的には、湖北省の咸寧大畷、広東省の韶関では「AP1000」を採用することを考えている。いずれにしても、初号機が着工したとは言え、第3世代炉の建設が本格化するのには、もう少し先だ。それまでは、「第2世代+ (プラス)」と呼ばれる炉型が主流となる。

中国では10月末現在、16基・1637万kWの原子力発電所が建設段階にある(海陽は含ま

ない)。このうち、「第2世代+ (プラス)」炉に分類されている100万kW級は、広東核電集団有限公司が採用する「CPR1000」が圧倒的に多く、合計で9基となっている。

これ以外は、秦山Ⅱ期・3、4号機に採用される「CNP600」(出力65万kW)と三門1号機に採用される「AP1000」だ。残りの、福清Ⅰ期(100万kW級×2基)と秦山Ⅰ期拡張(方家山、同)で採用される4基の炉型については、PWRであることに変わりはないが、「CPR1000」なのか、それとも中国核工業集団が開発を進めた「CNP1000」になるのか、はっきりしていない。福清と方家山の炉型については、国家核安全局から発表される資料等を見ても、「第2世代+ (プラス)」炉としか明記されていない。

広東核電集団有限公司は、大亜湾、嶺澳Ⅰ期の両発電所で採用されているフランスの技術をベースに「CPR1000」を開発した。開発に着手したのは大亜湾が運転を開始した1994年で、同社は毎年1500万米ドルを研究開発に投入したと言われている。開発の中心的な役割を果たしたのは、中国核工業集団傘下の中国核動力研究設計院と核工業第2研究設計院。

一方、中国核工業集団が開発を進めた「CNP1000」は、2003年9月に初期設計作業が正式にスタートしている。2004年9月には初期設計作業が終了し、同11月には同社内の専門家による審査をパスした。「CPR1000」を担当した2つの研究院と上海核工程研究設計院が設計を担当した。

「CPR1000」と「CNP1000」設計諸元を見ると、最大の相違点は設計寿命だ。「CPR1000」が40年であるのに対して、「CNP1000」は60年となっている。また、「CNP1000」の運転サイクルは最初から18ヵ月となっているが、「CPR1000」のもとになっている大亜湾1号機では、1996年に長期サイクル運転の実行可能性研究がスタートし、2001年12月の国家核安全局による認可を得て、それまでの12ヵ月サイクル運転から18ヵ月サイクル運転に変更されている。

中国核工業集団は当初、福清と方家山の両発電所に「CNP1000」を採用することを計画していたが、同型炉はまだ規制当局である国家核安全局の認可を取得していないと伝えられている。また、中国核工業集団は「CNP1000」の採用をあきらめていないとの見方がある一方で、「CNP1000」に関する情報が最近、途絶えてしまったことも事実だ。2007年に「CNP1000」の開発が中止されたという報道もある。

ここで、興味深い報告書を紹介しておこう。中国核電工程会社がまとめた方家山発電所の設計段階における環境影響報告書だ。それによると、「100万kW級の第2世代改良型技術路線に照らして、嶺澳Ⅰ期発電所を参考発電所として、また(「CPR1000」を採用する)嶺澳Ⅱ期発電所も考慮して100万kW級の第2世代改良型を2基建設する」ことが述べられている。設計寿命は40年となっており、これを見ても「CNP1000」が復活する可能性はきわめて小さいのではないかと。

「CNP1000」と「CPR1000」を比較すると、同じ「第2世代+ (プラス)」に位置付けられているものの、「CNP1000」の方が第3世代炉に近い。中国は、第3世代炉として「AP1000」と「EPR」の導入を決めたが、これによって「CNP1000」の立場が中途半端になってしまった

感は否めない。

中国国務院は、これから建設が本格化する内陸部の原子力発電所で採用する炉型を「AP1000」とすることを決めている。また、エネルギー政策全般を担当する国家エネルギー局の孫勤・副局長（当時、現在は中国核工業集团公司総経理）は、今後沿海部で新規に着工する原子力発電所で採用する炉型も「AP1000」が主流になるとの見解を表明しており、「AP1000」を標準型炉とする方針は固まったと言えよう。

一方で、広東核電集团有限公司は、出資者である中国核工業集团公司によるコントロールから離脱することを考えていたとの報道もある。そんな憶測が出る背景には、両者の関係がぎくしゃくしていたのではないかという見方もできる。

そうしたなかで、中国核工業集团公司の孫勤・総経理は9月2日、広東核電集团有限公司の銭智民・董事長と会談を行い、兄弟組織として協力・交流を強化し、共同で原子力発電の発展を強力に推進していくとの期待を表明。銭董事長もこれに同意した。

「EPR」と「AP1000」の技術的な問題が浮上するなかで、「第2世代+（プラス）」炉の正式な統一は近いかもしれない。

（窪田秀雄）

テピアグループの専属シンクタンクのテピア総合研究所はこのほど、「中国原子力ハンドブック 2008」（A4版、バインダー綴じ 350ページ、定価 28万円）を刊行しました。

中国政府の計画や方針はもちろん、原子力発電開発を進めるうえでの課題等、中国の原子力発電開発を理解するにあたって不可欠な情報が盛り込まれています。中国は、リサイクルから高速増殖炉まで、他の原子力先進国には見られない強い信念のもとに原子力開発を進めています。

中国の原子力開発の着地点を見極めるうえでも、本レポートをご一読いただきますようお願いいたします。詳細：http://www.tepia.co.jp/nu_handbook.htm



目次

エネルギー

中国雲南省、30カ所の風力発電所を計画.....	6
中国、世界最大の太陽光発電所が内モンゴルで来年着工.....	6
中国、エネルギー自給率90%超を維持.....	7
国家エネルギー局、中国の風力発電設備の国産化率は86%.....	7

環境

環境保護部、省エネ・排出削減の「三ない原則」を堅持.....	7
中国財政部、5年以内の炭素税導入を検討.....	8
中国、天津排出権取引所が来年スタートへ.....	8
中国の火力発電所、排煙脱硫装置の導入率は6割.....	9

その他

中国政府、エネルギー関連の生産能力を抑制へ.....	9
中露首相、エネルギーや科学技術協力強化で合意.....	9

エネルギー

❁ 中国雲南省、30 ヲ所の風力発電所を計画

雲南省が 30 ヲ所の風力発電所の建設を計画している。昆明市で開催された「高海拔地区風力発展研究会」の席上で、雲南省発展改革委員会エネルギー局水力発電処の鄒松処長が明らかにした。9月26日付、「新華網」が伝えた。

雲南省は海拔が高いため年間を通して風力資源が豊富で、風力発電に適した条件を備えている。慢性的な電力不足を解消すると共に、農村への電力供給を普及させるため、水力と火力に次ぐ第三の発電源にする方針で、計画中の風力発電所の総設備容量は 2,822MW に達する。

雲南省の高海拔地区は大部分が急峻な山岳地帯であるため、風力発電設備の据え付けに特殊な技術を要することが課題となる。


❁ 中国、世界最大の太陽光発電所が内モンゴルで来年着工

太陽電池ユニット大手メーカーの米国ファーストソーラー社は、内モンゴル自治区で世界最大の太陽エネルギープロジェクトを計画しており、中国側と覚書を調印したと 9月28日付「新華網」が伝えた。

内モンゴル自治区オルドス市杭錦旗に発電容量 2,000MW の太陽光発電所を建設する。プロジェクトは 4 期に分けて進められ、第 1 期は 30MW で 2010 年 6 月 1 日に着工する。第 2 期、第 3 期は 2014 年にまでそれぞれ 100MW と 870MW の建設を目指す。第 4 期は 2019 年までに 1,000MW の建設を目指す。

プロジェクトの占有面積は 64 平方キロメートルであり、総投資額は 40 億元から 60 億元に達する予定である。

同発電所が完成すると、現在稼働している世界最大規模の太陽光発電所の 30 倍に達し、史上最大の太陽エネルギー利用プロジェクトとなる。

 中国、エネルギー自給率 90%超を維持

国家エネルギー局の張国宝局長は9月28日、青島で開かれた第9回中米エネルギー工業フォーラムで発言し、中国の2008年のエネルギー自給率は91.2%であったことを明らかにした。同日付「新華網」が伝えた。

中国は、一次エネルギー・ベースの供給量が26億トン標準炭、消費量が28.5億トン標準炭で、それぞれ世界第1位と第2位のエネルギー大国となっている。一次エネルギー消費の構成は、石炭が70.2%、石油が18.4%、天然ガスが3%、水力が6.6%となっており、依然として石炭が中心である。


張国宝局長は、中国は近年、ロシアや中央アジアの国々とエネルギー開発協定を結んだが、高いエネルギー自給率を維持する方針であり、世界のエネルギー需給体制の脅威とはならないことを強調した。

 国家エネルギー局、中国の風力発電設備の国産化率は86%

中国で建設される大型風力発電設備の国産化率は86%であると国家エネルギー局が明らかにした。2009年10月5日付「新華網」が伝えた。

特許権の取得と技術導入により、1.5MW級風力発電ユニットの量産化が行われており、風力発電所の建設および運営コストの削減が進んだ。また、発電容量が3MWから5MW級の風力発電ユニットの研究も独自に進められているという。

水力発電設備についても、世界最大の三峡ダムの左岸に最近設置されたユニットは国産化率85%で、大型水力発電ユニットの基本的な設計・製造能力は世界の先進レベルに達したとしている。

環 境 環境保護部、省エネ・排出削減の「三ない原則」を堅持

環境保護部・総量規制司の趙華林司長は、北京で開かれた「2009年中国省エネ・排出削減フォーラム」で発言し、省エネ・排出削減の「三ない原則」を堅持して環境保護の取り

組みを継続する方針を強調した。9月2日付、「新華網」が伝えた。

中国では国際金融危機の影響を受け、一部で基準を超える汚染物質の排出が増加している。環境保護部が実施した最近の検査では、20%の対象施設で環境基準の違反が指摘され、25%の汚染処理施設が正常に稼働していなかった。

趙華林司長は、「省エネ・削減の政策目標を変えない、取り組みを緩めない、基準を下げない」の環境「三ない原則」を徹底する政府方針を改めて強調した。

中国財政部、5年以内の炭素税導入を検討

中国財政部の税制検討チームは10月9日、「炭素税制度に関する問題の研究」と題する報告書を公表した。同報告は、中国政府が5年以内をめどに炭素税の導入を検討していることを明らかにし、炭素税制度の実施の大枠を提示した。10月10日付、「新華網」が伝えた。


中央財經大学税務学院の劉恒副院長は、中国はエネルギー資源の備蓄が豊富な国家ではなく、「節約・省エネルギー」は長期的な国策であることを指摘して、炭素税の導入を支持すると述べた。

しかし専門家の間では、炭素税の導入は社会経済の広い分野に影響が及ぶため、短期の内に実現する可能性は小さいとの声が主流となっている。

中国、天津排出権取引所が来年スタートへ

天津排出権取引所の高正琦総経理は10月11日、中国グリーンエネルギー国際サミットの席上で発言し、2010年から二酸化炭素排出権の取引が正式に開始する見込みであると述べた。10月12日付、「新京報」が伝えた。


同取引所は中国の三大排出権取引所の一つであり、昨年9月にシカゴ気候取引所、天津市政府、中国石油資産管理会社の3社の出資により設立された。中国石油を含む30社近い企業が参加する「企業自主削減行動プロジェクト」を主導してきた実績があり、同取引所での正式な取引開始に向けて、排出権取引のルール整備と商品設計を進めている。

 中国の火力発電所、排煙脱硫装置の導入率は6割

国家エネルギー局によると、火力発電所への排煙脱硫装置の導入は2008年末で発電設備容量ベースで3.63億kWに達し、導入率は60.4%となった。10月14日付「新華網」が伝えた。


中国政府は、火力発電所への排煙脱硫装置の導入と効率が悪い小規模発電所の淘汰を進めてきた。2008年までに、60万kW級以上の大規模ユニットが全設備容量の31.3%を占める一方で、10万kW級以下の小規模ユニットは13.4%まで低下した。

「第11次5ヵ年計画」の発表から2008年6月までに閉鎖された小規模火力発電ユニットは7,467台（設備容量ベースで5,400万kW）で、年間106万トンのSO₂、同1.24億トンのCO₂削減効果に相当するとしている。


その他 中国政府、エネルギー関連の生産能力を抑制へ

中国国務院は、国家発展改革委員会等の関連部局がまとめた「一部業界の生産能力過剰と重複投資の抑制に関する意見」を承認し、地方政府、関連省庁などへ通知した。9月30日付「新華網」が伝えた。

同通知は、鋼鉄、セメント、板ガラス、石炭、多結晶シリコン、風力発電設備などの産業でみられる盲目的な拡大投資を抑制する具体的な対策を取り、各産業の健全で持続的な発展を指導することを強く求めた。具体的には、生産能力の低い設備の淘汰、新規投資プロジェクトの規模の制限またはプロジェクト計画の不承認などの政策的な措置が必要としている。

 中露首相、エネルギーや科学技術協力強化で合意

中国の温家宝首相とロシアのプーチン首相は10月13日、北京で第14回中露首相定期会合を開催し、エネルギー協力の拡大や宇宙、航空、科学技術等の分野での協力強化に合意した。



会談後には、2010年から2012年にかけての宇宙協力大綱のほか、田湾原子力発電所に関する中国核工業集团公司とロシアの国営原子力企業 Rosatom 間の了解覚書、中国の高速炉実証炉を協力して建設するにあたっての事前設計研究契約等が関係機関の間で締結された。

このうち宇宙分野の協力については、月探査や深宇宙探査を含めた基礎研究のほか、衛星による地球観測、基礎部品や材料、誘導設備部品等のプロジェクトを推進することで合意した。また、原子力発電や原子力科学技術、原子力安全等の分野での協力を継続していくことでも一致した。

このほか、ハイテク技術やイノベーション分野での協力をさらに強化するとともに、技術の研究開発と産業化を共同で進めることでも合意。ナノテクノロジーや先端科学技術領域でも協力を強化している。

