

## 加速度増す中国の原子力研究開発

### 自主開発の第3世代炉を主力に

中国の「第13次5ヵ年」計画期（2016～20年）も2年目に入り、原子力分野の関連計画公表によって、中国の戦略の全貌が明らかになりつつある。

「能源發展『第13次5ヵ年』規画」（「規画」は総合的、長期的な計画）と「電力發展『第13次5ヵ年』規画」によると、原発規模については、20年までに3000万kW以上に着工するとともに3000万kWの運転を開始し、20年時点での設備容量を5800万kW、建設中の設備容量を3000万kW以上にする。

両規画とも、安全確保を大前提として原発建設を進めるとしたほか、多種多様な炉型が採用されている現状を踏まえ、自主開発の第3世代炉（PWR＝加圧水型炉）に炉型を集約する方針を明らかにした。また、立地点については、沿海部での建設を加速するとした。内陸部については研究論証ならびに着工までの準備作業を積極的に進めるとしながらも、20年までは着工を見送ることを再確認した。

個別の発電所については、「AP1000」を採用する浙江省の三門発電所と山東省の海陽発電所を完成させる。英国のブラッドウェルB発電所での採用が決まった「華龍一号」（HPR1000）の実証プロジェクトと位置づけられる福建省の福清発電所と広西壮族自治区の防城港発電所の建設を進める。また、当初の見込みからだいぶ遅れた「CAP1400」の実証炉も山東省で着工する。

### 高温ガス炉、高速炉、熔融塩炉の普及に本腰

国家能源局が1月13日に公表した「能源技術創新『第13次5ヵ年』規画」では、自主開発の第3世代PWRの普及拡大をはかるとともに、高温ガス炉や高速炉、モジュール方式の小型炉（SMR）の実証プロジェクトならびに産業化を加速する考えを明らかにした。

17年内の実証炉の運転開始が見込まれている高温ガス炉については、25年までに60万kWの商業炉の本格普及をはかる。さらに高温の熱が取り出せる「超高温ガス炉」の技術研究を進める。具体的には、基幹技術や基幹設備・材料及び性能試験研究を通じて、清華大学の高温ガス炉実験炉「HTR-10」（10MW）で950℃の高温運転ならびに水素製造を論証する。22年までに完成させる。

出力が実験炉と同規模の5～10MWクラスの超小型炉を分散型エネルギー源として利用する計画も具体化した。21年までに、セラミック被覆粒子燃料と被覆材技術を掌握したうえで、工場製造の可能性について検証する。高い安全性が特徴で、炭化ケイ素をベースとした被覆粒子燃料ペレットの製造プロセスや設備の研究・製造に加えて、燃料と材料の照射や通常運転時ならびにシビアアクシデント時の性能試験や実験による検証を行い、安全許可の根拠とする。また、5～10MWのモジュール炉の設計や安全分析を行うとともに、インテリジェント制御・安全システムの設計、研究、製造、実験による検証を行う。超臨界二酸化炭素ブレイトンサイクルのエネルギー転換システムの研究製造を実施する。同サイクルは、次世代高温ガス炉に適用できるとされているが、規画では炉型を明記していない。

中国が、現在の熱中性子炉（軽水炉等）から将来の核融合炉へとつなぐ原子炉戦略の中で最重要の炉型と位置づけている高速（増殖）炉については、自主設計の「CFR600」（60万kW）実証プロジェクトに注力する。基幹技術・設備の研究開発と並行して「CFR600」の標準設計とMOX（混合酸化物）燃料の設計を25年までに終える計画だ。機械式のナトリウムポンプや蒸気発生器、制御棒駆動機構などの主要設備のサンプル機を製造するとともにMOX燃料ペレットの研究・製造を行う。

これに合わせて、高速炉を利用した発電所の運転・制御技術の研究を実施する。基幹技術・設備の研究を通じて高速炉の運転・制御技術を高めるのがねらいで、メンテナンスや改修、故障の修理などの技術もマスターする。ナトリウム冷却高速炉発電所の運転シミュレーションならびにオンライン診断技術、ナトリウム設備の供用期間中検査技術、基幹設備の老朽化管理技術などを20年まで実施する。

鉛ベースの合金を冷却材として使う原子炉の技術研究を国として進める方針を初めて明らかにした。この原子炉は高速炉で、中国科学院核能安全技术研究所が開発を担当している。計画によると、21年までに原子炉の全体設計と総合実証試験を終えることになっている。

中国科学院が主体となって開発を進めているトリウム溶融塩炉は、20年までに2MWの実験炉の完成をめざす。溶融塩炉の基幹技術を掌握し基幹材料・設備の産業化を実現するとともに、世界初の溶融塩模擬炉を完成させるという目標も掲げた。

### **海上浮動式原子力プラント、原子力砕氷船、海水淡水化にも注力**

中国は、電気出力10万kWクラスのモジュール式小型炉（SMR）を浮動式原子力プラントや海水淡水化、熱供給に利用することを計画しており、「能源技術創新『第13次5ヵ年』規画」によると、発電用と低温熱供給向けの実証炉を建設する。

実証プロジェクトの一環として、モジュール化建設技術や運転技術の研究、SMR の法規・基準・安全審査技術研究を進めるとともに、圧力容器や蒸気発生器、制御棒駆動機構、小型シールドポンプ等の主要設備の研究・製造を 20 年までに実施するとしている。

SMR を利用する海上浮動式原子力プラントは、同計画の中で「戦略的エネルギー技術」と位置づけられた。海洋進出を加速する中国にとって不可欠の手段との考えからだろう。計画によると、50～100MW（5～10 万 kW）クラスの実証プラントを 20 年までに建造する。また、大規模展開に向けて、法規・基準の整備に加えて、基幹技術の実験による検証、基幹システム・設備の研究・製造、全体建造技術や運転・メンテナンス技術の研究を実施する。そのうえで、エンジニアリング設計や設備の製造、運転試験などを経て、海上での試運転・商業運転を行う計画だ。

なお、国務院が昨年 12 月に公表した「『第 13 次 5 ヶ年』戦略的新興産業発展計画」では、極地資源の開発・利用に備えるため、原子力砕氷船の開発に取り組む方針を打ち出した。また、国家海洋局が 1 月に公表した「全国海水利用『第 13 次 5 ヶ年』計画」では、小型炉を利用した海水淡水化技術の研究開発を行うとしている。小型炉とは特定していないものの、遼寧省大連に紅沿河原子力海水淡水化プラントを建設する計画もある。

一方、大型 PWR の普及については、「華龍一号」と「CAP1400」の応用・普及研究を進め、大量生産能力体制を構築する方針が示された。また、設備の国産化率を引き上げるとともに、設備の大量生産化技術を研究し、第 3 世代大型 PWR の自主的な産業体系を構築するとしている。

### 「寿命延長」対策にも着手

「エネルギー技術革新『第 13 次 5 ヶ年』計画」では、第 3 世代炉や第 4 世代炉、小型炉を対象として、安全性や経済性を担保するために、原子力発電所の供用期間中検査や基幹設備のオンライン検査・修理の研究を行う目標を掲げた。

具体的には、インテリジェント放射線防護監督・管理やインテリジェント設備管理等の技術研究によって、原発のインテリジェント運転ベースを構築する。また、先進的な非破壊検査方法や高精度の供用期間中検査技術の研究を行う。このほか、原発向けのインテリジェント検査測定ロボットを製造するとともに、シミュレーション技術や運転支援技術を研究する。

中国の原発は、94 年に運転を開始した秦山 1 号機と大亜湾 1・2 号機の 3 基が最も古く、

これ以外のユニットは比較的新しいものが多いが、寿命延長に向けた取組みにも着手する。老朽化管理審査や老朽化分析等の支援技術の問題を解決し、大亜湾発電所を実証ユニットとして寿命延長の検証を終了させる。

「華龍一号」や「AP1000」などの第3世代炉の建設にあたっては、デジタル計装制御システムの実現をはかり、国内や海外でのプロジェクトにおいて普及をはかる方針も示した。このほか、原子力事故に対して緊急対応する技術・設備の設計の標準化を行うとともに普及を拡大する。この中には、処理規模が5立方メートル/時の放射性廃水応急処理装置が含まれている。

一連の国家計画を見ると、各種新炉型をはじめ、中国の原子力開発が加速度を増している実態が浮き彫りになった。

(窪田 秀雄)