

中国の原子力分野における 研究開発の現状と動向

平成28年3月

はじめに

「第12次5カ年計画期」の最後の年となった2015年は、中国がめざす「原子力強国」の構築に向けた節目の年となった。15年だけで6基が営業運転を開始、6基が着工した。16年1月にスタートした「第13次5カ年計画期」も幸先良いスタートを切り、1日には2基が運転を開始した。これによって運転中の原発は30基、建設中は24基となった。これから、毎年6～8基が着工、運転開始する見通しだ。

2015年11月には、世界の原子力界が中国を中心に回ることを予感させるような会談が行われた。中国の李克強首相は米マイクロソフト社の共同創業者のビル・ゲイツ氏と北京で会談し、米国と共同で原子力研究開発を行い中国の原子力産業水準を引き上げることを期待するとしたうえで、米国と共同で原子力市場を開拓する意欲を示した。これに対しゲイツ氏は、両国企業の協力は技術イノベーションや産業化プロセスを加速させると応じた。

ゲイツ氏は、劣化ウランを燃料として使用できる「進行波炉」(Traveling Wave Reactor) と呼ばれる新世代の原子炉を開発する原子力ベンチャー「テラパワー社」の会長として会談に臨んだ。ゲイツ氏は、エネルギーを所管する国家能源局の局長や中国を代表する原子力事業者の中国核工業集团公司(中核集団)のトップとも会談した。

テラパワー社と中核集団は15年9月、習近平国家主席の米国訪問にあわせ、「進行波炉」の開発協力に関する覚書を締結した。ゲイツ氏の訪中の背景には、協力の前提となる「米中原子力協定」が直前に改定されたことがあった。すでに中国国内での「進行波炉」の原型炉建設が浮上している。各種の次世代炉を開発する中国としても、共同での原型炉建設は望むところだろう。

米中による次世代炉の共同開発は「進行波炉」が初めてではない。中国は、1960年代に米国が研究を進めた「トリウム溶融塩炉」の開発に国をあげて取り組んでいる。中国国内に大量にあるトリウムが燃料として利用できれば、文字通り国産のエネルギーとなる。「トリウム溶融塩炉」は、燃料の成型加工が不要で炉心構造物が簡単なことに加えて、安全性が高い、液体金属のような危険性がないといった特徴をもつ。

米エネルギー省(DOE)と中国側の「溶融塩炉」開発主体の中国科学院は2011年12月、原子力科学技術に関する協定を締結。同協定には「溶融塩炉」の協力が盛り込まれた。DOEのピーター・ライアンズ原子力担当次官補と江綿恒・上海科技大学学長を共同議長とする執行委員会が設立されている。江氏は、江沢民元国家主席の子息だ。

中国は、これ以外にも各種次世代炉の研究開発を進めている。現在の熱中性子炉(PWR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付けている高速増殖炉(FBR)については、

自主設計の60万kW実証炉「CFR600」を福建省寧徳市霞浦県に建設することを決めた。すでに実証炉の建設・運営主体も設立されている。

再処理にともなって得られる回収ウランやトリウムを燃料として使用できる先進燃料CANDU炉（Advanced Fuel CANDU Reactor: AFCR）をカナダと共同で開発するプロジェクトもスタートしている。中核集団とCANDUエナジー社は2014年11月、AFCR開発に向けたジョイント・ベンチャー設立枠組協定を結んだ。中核集団は、共同で国内外の市場を開拓するとしている。中国は、再処理から得られるプルトニウムをFBRとPWRで、また回収ウランをAFCRで使用するという二通りのリサイクル路線の完結を視野に入れている。

超臨界圧軽水を冷却材に使う「超臨界圧軽水冷却炉」（Supercritical Water Cooled Reactor: SCWR）の開発も進んでいる。汽水分離系や再循環系が不要なため機器の簡素化がはかれ、熱効率が大きく改善されるといった特徴を持つSCWRは、100万kW級の「CSR1000」の全体設計プランならびに材料選定プランが完成している。

次世代炉の中でも最も進んでいるのは、中国が国家重大特別プロジェクトと位置付ける高温ガス炉（HTGR）だ。山東省で建設中の実証炉（21万kW）は2017年に完成する。これに続く、60万kWの実用炉プロジェクトも福建省など多数の省で具体化している。中国は、HTGRを輸出する方針も固めており、すでに複数の国に対して売り込みをかけている。

中国の次世代炉開発から見てくるのは、豊富な資金力を活かし国際協力も利用して次世代炉の実用化をはかり世界の原子力ビジネスの覇権を握るという遠大な計画だ。

当初、原発輸出の弊害になるのではないかと指摘されていた3大原子力事業者の確執も政府の指導によって調整が行われ、盤石な体制が整いつつある。

その契機となったのは、国家能源局が2013年10月に公表した「原子力発電企業の科学発展を支える協調活動メカニズム実施計画」だ。同計画では、原発の輸出を含めた海外進出を政府としてサポートする方針を明らかにした。また、原発輸出を原発導入の可能性のある国との政治・経済交流の重要議題とすることを明記。原発輸出にかかわる組織や指導を強化し、プロジェクトの建設や設備製造、技術支援、国有銀行による貸付け等の方式によって国際プロジェクトへの参加をサポートする考えを示した。国内では、関連部門や委員会、地方政府との意思疎通を強化し、原発プロジェクトの立地点選定やプロジェクトの実施・運転面で支援する。

このため、主要原子力事業者や大学、関連協会などのメンバーで構成された「協調活動グループ」を設立し、重要な問題の調整や矛盾点の解決にあたらせるとした。中核集団、中国広核集团有限公司、国家核電技術会社の3大事業者が中心になり、プラントメーカー、金融機関など14社が参加する「中国原子力発電技術設備輸出産業連盟」も設立された。

中核集団、広核集団は国産の第3世代炉「華龍一号」を輸出する契約を続々と結んでいる。これまで独自に輸出交渉を進めていた2社は2015年12月30日、同型炉の輸出専門会社「華龍国際核電技術有限公司」を共同で設立する契約を結んだ。世界市場席卷に向けた準備は着々と進んでいる。

問題があるとすれば、中国国内の専門家も指摘する、常軌を逸したとまで形容される原発の急拡大だろう。

中国では、原子力の持続的な発展に伴い、多くの企業が原子力分野に参入しようとしている。原子力プロジェクトは発電を中心として年々増加しており、技術者だけではなく、管理層を含めた事務系の人材不足が続くとみられている。

現在、合計47の大学で原子力関連の専攻が設置されており、年間の卒業生は2000人以上に達し、発電所の運転要員や非破壊検査要員の育成体制は完備しつつある。第3世代原子力発電所の事業会社は、内部で人員養成体制を整備するとともに終身養成制度も確立し、運転中の原子力発電所の人材ニーズに対応している。しかし、原子力発電所の許認可のスピードアップにともない、企業内部の人材養成制度だけでは対応できず、慢性的な人材不足が顕在化している。

中国は、日本の福島第一原子力発電所事故を受け、原子力発電所の新規申請と着工を停止した。このため、技術者の転職や新規募集の減少の影響もあり、卒業生の就職に悪影響が及び、大学側も新入生の募集削減などの一時的な対応をとらざるを得なかった。その結果、一時的に人材不足と卒業生の質の低下がもたらされた。原子力専攻卒業生の減少と人材流失の影響は、政府の管理部門と原子力事業専門会社、とくに技術系で顕著であるとの指摘もある。福島第一原子力発電所事故後、依然として多数の原子力発電所が運転を中止している日本にとっては、その深刻度は中国の比ではない。

人材不足の問題を抱える企業と政府部門は、各種の対策によって問題解決を図ろうとしている。しかし、原子力に関連した知識は体系的に勉強する必要があると同時に実務経験の蓄積も重要なため、現場の新入社員の質が懸念されている

今後、原子力発電プロジェクトの再開にともない、使用済み燃料の発生量が増大していくとみられる。使用済み燃料の貯蔵プールの容量にも制約があることに加えて、使用済み燃料の輸送能力や処理能力の不足、こうした分野での人材不足もあり、核燃料サイクル部門での問題が深刻度を増している。

中国の原子力関係者は、原子力開発の急加速や現場人材の高齢化を考えると、原子力の人材不足が原子力発電の健全な発展に悪影響を与えるのは必至と見ている。また、大学での教育施設の不備に加えて、教師の質や卒業生の質に対しても懸念が強まっている。授業内容も中国の原子力発展の実情に合っていないとの見方も出ている。

いずれにしても、これからは中国を抜きにして世界の原子力は語れない。運転中、建設中を合わせてまだ54基に過ぎないが、計画中は275基（テピア総合研究所調べ）もある。国産化が基本方針とはいえ、その市場規模は、日本を含めて各国の原子力機器・部品企業にとって無視することはできない。とくに日本は、今後数十年内に隣国に数百基の原発が林立する現実を正面から見据える必要がある。

中国の次世代炉への取り組みも、他の国の追随を許さない。HTGRは、技術的には日本の方が進んでいるとの指摘もあるが、実証炉、実用炉の建設によって日中の立場が逆転することは確実な情勢だ。有望な技術（新型炉）を持つ国（例えば米国）にとっては、中国の資金力も魅力的だ。テラパワーが中国と組むという選択をしたのもうなずける。

翻って日本はどうか。中国と組めば技術が流出すると懸念する向きもあるが、いかに優れた技術を持っていても、そうした技術がビジネスに活かされなければ意味がない。中国の原子力開発に日本がコミットすることは、福島第一事故から得られた教訓を中国の原発の安全性向上に活かすことができるだけでなく、中国に対して発言権を確保できる。米政府がウェスチングハウスの最新原子炉技術である「AP1000」を中国に移転することを許可したのも、そうした思惑からだろう。

中国による南シナ海進出では表面的には対立の図式ができあがっているが、原子力協力を深化することで米中の利害は一致している。国内での新規プロジェクトの見込みが全くなく、原子力供給能力の毀損さえ想定される日本としても、中国と協力関係を構築し活路を見出すべきだろう。

中国の原子力開発の概況

稼働中の原発（2016年1月1日現在）	30基・2859.4万kW
建設中の原発（2016年1月1日現在）	24基・2720.4万kW
計画中の原発（2016年1月1日現在）	275基・29139.8万kW
主な戦略炉型（PWRタイプ）	① 華龍一号」（100万kW級、中核集団と広核集団の設計を統合した中国国産の第3世代炉。国内外で市場展開へ）＝中核集団と広核集団が「華龍一号」の輸出専門会社「華龍公司」を共同で設立（15年12月） ② 「CAP1400」（150万kW、ウェスチングハウスの「AP1000」をベースに出力アップ。国内外で市場展開へ） ③ 「ACP100」（10万kW、中核集団が開発した多目的小型炉。電力だけでなく熱供給や海水淡水化に利用。「ACP100S」は海上浮動式原子力プラント向け） ④ 「ACPR100」（10万kW、広核集団が開発した多目的小型炉。「ACPR50S」は海上浮動式原子力プラント向け） ⑤ 「CAP150」（15万kW、国家核電が開発した多目的小型炉） ⑥ 「NHR200」（中核能源科技が開発した低温核熱供給炉。都市の熱供給向けと工業用蒸気供給の2つのタイプがある）
次世代炉	① 高速増殖炉（自主開発の実証炉「CFR600」（60万kW）を福建省寧徳市霞浦県に建設。17年着工へ） ② 高温ガス炉（実証炉（21万kW）を山東省で建設中。17年に完成。60万kW実用炉の計画が続々と浮上） ③ トリウム溶融塩炉（米国と共同開発。10MWの固体燃料トリウム溶融塩炉実験炉と2MWの液体燃料トリウム溶融塩炉実験炉を2020年までに完成へ） ④ 進行波炉（米テラパワーと共同開発。劣化ウランを燃料に利用。原型炉は中国で建設へ） ⑤ 超臨界圧軽水冷却炉（100万kW級の「CSR1000」の全体設計プランが完成） ⑥ 先進燃料重水炉（カナダCandu エナジーと共同開発。回収ウランとトリウムを燃料に利用）
核燃料サイクル	再処理工場（800トン）、使用済み燃料貯蔵センター（3000トン）、高レベル廃液ガラス固化施設の建設に2020年に着手、2030年完成へ。アレバが技術面、中核集団が建設面での責任を負う。
海外展開（原発輸出入、技術協力等を含む）	① 中核集団（ロシア、米国、スペイン、フランス、モンゴル、カナダ、パキスタン、アルゼンチン、イラン、ウクライナ、韓国、イタリア、英国、南ア、エジプト、アルジェリア、ブラジル、スーダン、ベルギー、シエラレオネ、スロバキア、サウジアラビア） ② 広核集団（米国、英国、フランス、カナダ、カザフスタン、ルーマニア、タイ、ケニア、ウズベキスタン、スペイン、ベルギー、ベトナム、インドネシア、マレーシア） ③ 国家電力投資（国家核電）（米国、韓国、南ア、トルコ、エチオピア、ブルガリア） ④ 中国核工業建設集団（南ア、UAE、サウジアラビア＝高温ガス炉）

目次

はじめに	1
中国の原子力開発の概況	5

第1章 中国の新型炉の研究開発の現状と動向

1.1 中国の原子力発展計画	11
1.2 大型PWR	12
(1) 華龍一号	12
(2) CAP1400	14
1.3 モジュール方式の小型PWR(熱電併給、海水淡水化、海上浮動式)	15
(1) KLT-40S	15
(2) ABV	15
(3) CAREM (Central Argentina de Elementos Modulares)	16
(4) SMART	16
(5) NP-300	16
(6) IRIS	16
(7) TRIGA	16
(8) ACP100	17
1.4 高温ガス炉	18
1.5 高速増殖炉	20
1.6 トリウム溶融塩炉	20
1.7 進行波炉	23
1.8 超臨界圧軽水冷却炉(SCWR)	24
1.9 先進燃料重水炉	23
1.10 核融合炉	26

第2章 原子力基礎工学研究の現状と動向

2.1 燃料・材料工学研究(分離変換、マイナーアクチニドの湿式・乾式分離、高耐食性材料・低放射化材料)	28
(1) 清華大学	28
(2) 上海交通大学	28
(3) 南華大学	28
(4) ハルビン工程大学	28
(5) 中国科学技術大学	28
(6) 中核北方核燃料元件有限公司	28
(7) 中国核工業集团公司	29
(8) 中国科学院金属研究所	29
(9) 成果と課題	29
2.2 環境・放射線工学研究(放射性物質の環境影響、放射線防護、放射性廃棄物の資源化)	29
(1) 中国輻射防護研究院	29
(2) 南華大学	30
(3) ハルビン工程大学	30
(4) 中国科学技術大学核科学技術学院	30
(5) 西安交通大学	30
(6) 華北電力大学	30
(7) 北京大学	30
(8) 上海交通大学	30
(9) 蘭州大学	31

2.3 原子力シミュレーション・計算科学	31
(1) 国核(北京) 科学技術研究院	31
(2) ハルビン工業大学	31
(3) 中国科学院合肥物質科学研究院	32
(4) 上海交通大学	32
(5) 華北電力大学	32
2.4 量子ビーム技術研究(ライフサイエンス、ナノテクへの利用)	32
(1) 中国国家ナノ科学センター	32
(2) 中国科学院物理研究所	32
(3) 中国科学院	33
2.5 放射線の工業利用、農業利用	33
(1) 北京市放射線応用研究センター	33
(2) 清華大学	33
(3) 四川大学	33
(4) 上海交通大学	33
2.6 まとめ	34

第3章 原子力人材の育成の現状と課題

3.1 原子力人材の需給予測	35
(1) 人材不足	35
(2) 専攻構成のアンバランス	35
(3) 人材の質の向上	35
(4) 核燃料サイクルと放射化学部門での深刻な人材不足	35
3.2 大学における原子力教育	36
(1) 学部(本科) 教育	36
(2) 大学院教育	36
3.3 原子力産業界の人材養成	38
(1) 中国核工業集团公司	38
(2) 中国核工業建設集团公司	38
(3) 中国広核集团有限公司	38
(4) 国家電力投資集団	38
(5) 国家核電技術有限公司	38
(6) 東方電気有限公司	38
(7) 中国第一重型機械集团公司	38
(8) 中国第二重型機械集团公司	38
3.4 外国からの人材招聘の現状と見通し	38
(1) 清華大学	38
(2) 上海交通大学	39
(3) 西安交通大学	39
(4) 中国原子能科学研究院	39
(5) 中国核工業集团公司	39
(6) 国家核電技術公司	39
3.5 原子力関連国家認定資格(核安全エンジニア等)	39
(1) 登録制原子力安全技術者(Nuclear Safety Engineer)	39
(2) 原子力発電所の運転員	40

資料編

第1章 原子力に関連した中国のエネルギー・環境・産業政策

1.1 エネルギー発展戦略行動計画	43
1.2 温室効果ガスの排出削減目標	43
1.3 中国製造「2025」 規画	43

第2章 原子力発電開発の現状と動向

2.1 運転中、建設中、計画中の原子力発電所	45
2.2 中長期原子力発電見通し	50
2.3 地方の原子力開発政策	52
(1) 広東省	52
(2) 浙江省	55
(3) 四川省	58
(4) 山東省	59
(5) 福建省	61
(6) 遼寧省	62
(7) 江西省	62
(8) 安徽省	63
(9) 吉林省	64
(10) 河北省	65
(11) 貴州省	65
(12) 内モンゴル	65
(13) 陝西省	65
(14) 西部開発	66
2.4 主要原子力事業者の炉型戦略と中国国内外での事業展開	66
(1) 輸出戦略	66
(2) 炉型戦略	76
2.5 核燃料サイクル分野での主な動向	83
(1) ウラン資源	83
(2) 転換	85
(3) 濃縮	85
(4) 核燃料の成形加工	86
(5) 使用済み燃料と再処理	88
(6) 廃止措置	92
(7) 放射性廃棄物の処理・処分	93
参考資料	96
あとがき	103

図 表 一 覧

【本編】

第 1-1 図	承認待ちの段階にある中国の原子力発電所	11
第 1-2 図	華龍一号の構造図	13
第 1-3 図	「華龍一号」受動的及び能動的な安全システム図	13
第 1-4 図	福清 5 号機の着工式	13
第 1-5 図	福清 5 号機の着工	13
第 1-6 図	中国広核集団と仏電力公社は英国原子力発電投資協定を締結した	13
第 1-7 図	「CAP1400」の構造	14
第 1-8 図	「CAP1400」実証プロジェクトの完成予想図	14
第 1-9 図	「CAP1400」の安全評価協定書を IAEA と締結	15
第 1-10 図	IRIS	16
第 1-11 図	小型モジュール式原子炉「ACP100」	17
第 1-12 図	「ACP100」の多目的利用	17
第 1-13 図	中核集団は IAEA との間で「ACP100」の安全審査協定を締結した	18
第 1-14 図	「ACP100S」を使った海上浮動式原子力プラント	18
第 1-15 図	山東省石島湾で建設中の高温ガス炉実証炉	19
第 1-16 図	清華大学の高温ガス炉実験炉	19
第 1-17 図	建設工事が進む高温ガス炉実証炉	19
第 1-18 図	超高温ガス炉	20
第 1-19 図	中国原子能科学研究院の高速増殖炉実験炉	20
第 1-20 図	トリウム溶融塩炉概念図	21
第 1-21 図	トリウム溶融塩炉研究開発研究組織図	21
第 1-22 図	TMSR の技術発展ロードマップ	22
第 1-23 図	TMSR スパコン・シミュレーション・プラットフォーム	23
第 1-24 図	進行波炉の構造図	23
第 1-25 図	米テラパワーと中核集団は「進行波炉」の共同開発で合意した	23
第 1-26 図	超臨界圧軽水冷却炉（SCWR）	24
第 1-27 図	AFCR の燃料サイクル	25
第 1-28 図	AFCR 炉心冷却応急対応図	25
第 1-29 図	AFCR が専門家の技術審査をパスした	26
第 1-30 図	中国原子力発電重水炉先進燃料技術開発センターの設立式	26
第 1-31 図	中国核融合実験炉のスケジュール	26
第 1-32 図	EAST 核融合装置	27
第 1-33 図	第 1 回 CFETR 物理国際顧問委員会	27
第 1-34 図	KTX 装置	27
第 1-1 表	中国で建設中・計画中の原子力発電所	12
第 1-2 表	「CSR1000」主要設計指標	24
第 1-3 表	「CSR1000」燃料集合体設計指標	24
第 2-1 図	ハルビン工業大学原子力シミュレーション国際共同研究センターを設立	31
第 2-2 図	「SuperMC」成果認定会議	32
第 3-1 表	原子力専攻を設置する主な大学	36
第 3-2 表	原子力専攻を設置する主な大学の概要	37

【資料編】

第2-1 図	中国の原子力発電設備容量とシェア予測	51
第2-2 図	原子力発電事業者と積極的に交流を行う海塩県核電関連産業連盟	56
第2-3 図	中核集団の「合格供応商証書」	56
第2-4 図	海塩経済開発区原子力発電関連工業パーク	57
第2-5 図	漳州原子力発電所の立地点	61
第2-6 図	漳州原子力発電所の完成予想図	62
第2-7 図	徐大堡原子力発電所の完成予想図	62
第2-8 図	彭澤発電所の立地点	64
第2-9 図	エチオピアのエネルギー関係者と会談する国家核電関係者	77
第2-10 図	山東省栄成石島湾の原子力発電サイト	78
第2-11 図	2015年5月7日に着工した「華龍一号」の初号機（福清5号機）	80
第2-12 図	福清5号機の完成予想図	80
第2-13 図	防城港原子力発電所の完成予想図	80
第2-14 図	国家能源局と国家核安全局が主催した「華龍一号」の評議・審査会	81
第2-15 図	中核集団と広核集団が技術融合協定を締結	81
第2-16 図	「AP1000」向け燃料集合体の試験組立	87
第2-1 表	2015年に運転開始ならびに着工した原子力発電所	45
第2-2 表	中国で運転中・建設中・計画中の原子力発電所	46
第2-3 表	中国工程院の電力需要予測	51
第2-4 表	中国工程院の原子力発電中長期見通し	51
第2-5 表	広東省の戦略的新興産業重大プロジェクト（原子力関係）	54
第2-6 表	吉林省の「第12次5ヵ年」期の各種エネルギー指標	65
第2-7 表	協調活動グループのメンバーリスト	68
第2-8 表	主要原子力事業者の国内外での事業展開	68
第2-9 表	CAP炉の主要諸元	77
第2-10 表	「華龍一号」の主要技術パラメータ	81
第2-11 表	中国の天然ウラン需要	84
第2-12 表	世界のウラン転換能力（2014年）	85
第2-13 表	中国で運転・建設中の濃縮工場	86
第2-14 表	世界の濃縮設備容量（2014年）	86
第2-15 表	中国の核燃料成形加工工場	88
第2-16 表	中国の原子力発電所の使用済み燃料発生状況	90
第2-17 表	2013年から2020年の使用済み燃料の年間発生量と累積量	90
第2-18 表	中国の各原子力発電所における使用済み燃料の貯蔵状況	90
第2-19 表	原子力発電規模と使用済み燃料蓄積量の予測	91

第1章

中国の新型炉の研究開発の現状と動向

第1章

中国の新型炉の研究開発の
現状と動向

第2章

原子力基礎工学的研究の
現状と動向

第3章

原子力人材の育成の
現状と課題資料
編

1.1 中国の原子力発展計画

中国政府は原子力を積極的に開発する戦略を明確に打ち出しており、「熱中性子炉—高速増殖炉—核融合炉」の技術路線にしたがい着実に原子力発電を推進しようとしている。

2015年には、福島第一原子力発電所事故の影響によって一時停止していた原子力開発が再起動し、第3世代PWR（加圧水型炉）、第4世代先進炉、核融合炉の研究開発に多額の資金が投入されるとともに、熱電併給、海水淡水化、海上浮動式向けの多目的小型原子炉の開発も加速している。

中国は、国内外の研究機関との連携を通じ、多くの技術的ブレークスルーを達成した。各種の実証炉は計画通りに進められている。そのなかでも代表的と言えるのが「華龍一号」の成功であり、研究開発の成功がビジネスにつながり、海外からの受注にも成功した。

国務院は2014年6月7日、「エネルギー発展戦略行動計画（2014～2020）」を公布し、原子力発電の拡大を明記した。また、原子力発電については、世界最高の安全基準に従い、安全確保を前提に、東部沿海部の原子力発電建設案件を再起動させ、内陸部の原子力発電所の建設可能性を論証すると規定した。外国技術を導入し、中国向けの技術革新を加速し、「AP1000」、「CAP1400」、高温ガス炉、増殖炉及び使用済み燃料処理技術を重点的に開発することも盛り込まれた。

このほか、大型先進PWRや高温ガス炉などのプロジェクトに注力し、原子力基礎理論、原子力安全技術と安全システムなどの研究を拡大し、核燃料サイクルを完備するほか、原子力発電の海外輸出を促進し、原子力安全知識の普及などを政府の方針とすることが明確にされた。

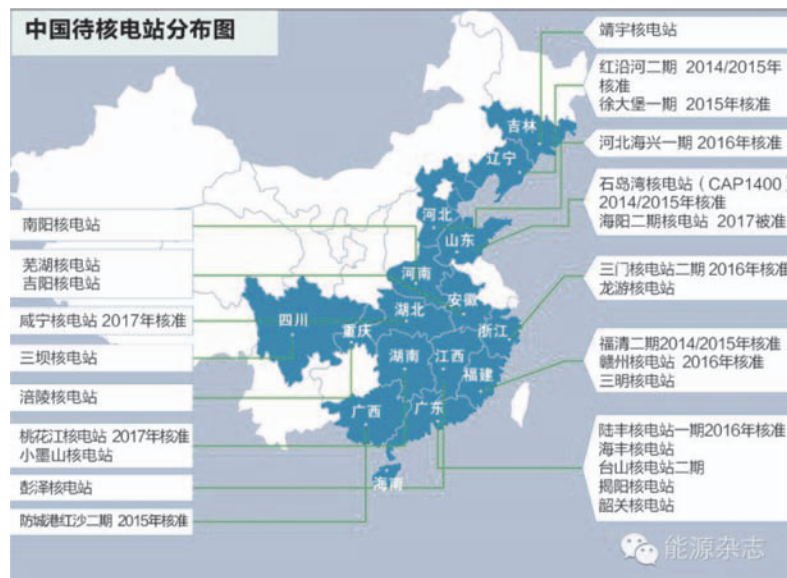
国務院の計画によると、2020年時点で稼働中の原子力発電設備容量は5800万kWに、また同時点で建設中の原子力発電所の設備容量が3000万kWに達すると見込まれている。

現在、中国大陆で運転中の発電所の炉型は主として第2世代改良型であるが、計画中の発電所は第3世代の技術を採用している。例えば、広東省の台山一期（「EPR」）や山東省の海陽Ⅰ期、浙江省の三門Ⅰ期で採用されている「AP1000」、江蘇田湾Ⅱ期で採用されているロシア製PWR（VVER）などを含め、すべて第3世代技術が採用されている。

国家能源局は2013年10月、「原子力発電企業の科学発展を支える協調活動メカニズム実施計画」を公布し、初めて原子力の海外輸出（中国語で「走出去」）戦略を提示し、原子力企業の海外進出を外交戦略の重要議題に位置づけた。

2015年は中国の原子力発展にとって重要な年となり、「華龍一号」、「AP1000」、「CAP1400」を代表とする第3世代技術が中国の原子力発電の技術的な主流になりつつある。

第1-1図 承認待ちの段階にある中国の原子力発電所



出典：中信建投研究發展部 (<http://www.icablecn.com/szyw/20141216/20150430-3.htm>)

第1-1表 中国で建設中・計画中の原子力発電所（いずれも第3世代炉の位置づけ）

許認可時期	名 称	出力 (万kW)	炉 型	投資者	運転開始時期 (予定)
2015年	遼寧紅沿河Ⅱ期	2×108	ACP1000	中広核+国家電投	1号機：2019年 2号機：2020年
	福建省福清Ⅱ期	2×108	華龍一号	中核集団	1号機：2019年 2号機：2020年
	山東石島湾	2×140	CAP1400	国家電投	実証炉：2020年
	遼寧徐大堡Ⅰ期	2×125	CAP1000	中核集団	2020年
	広東陸豊Ⅰ期	2×125	CAP1000	中広核	2020年
2016年	広西防城港Ⅱ期	2×108	華龍一号	中広核	2021年
	福建幹州Ⅰ期	2×125	CAP1000	中核集団	2021年
	河北海興Ⅰ期	2×125	CAP1000	中核集団	2021年
	浙江三門Ⅱ期	2×125	CAP1000	中核集団	2021年
2017年	山東海陽Ⅱ期	2×125	CAP1000	国家電投	2022年
	湖北咸寧 (内陸)	2×125	CAP1000	中広核	2022年
	湖北桃花江 (内陸)	2×125	CAP1000	中核集団	2022年
2018年	広東台山Ⅱ期	2×175	EPR (フランス)	中広核	2023年
	江西彭澤 (内陸)	2×125	AP1000	国家電投	2023年
	福建三明	2×125	AP1000	中核集団	2023年
2019年	重慶涪陵 (内陸)	2×125	AP1000	国家電投	2024年
	湖南小墨山 (内陸)	2×125	AP1000	国家電投	2024年
	広東韶関 (内陸)	2×125	AP1000	中広核	2024年

出典：中信建投研究發展部 (<http://www.icablecn.com/szyw/20141216/20150430-3.htm>)

1.2 大型PWR

(1) 華龍一号

「華龍一号」は国産技術が使われており、中国の原子力輸出にあたってのモデル炉型と位置付けられている。「華龍一号」は中国核工業集团公司（中核集団）の第3世代炉「ACP1000」と中国広核集団有限公司（広核集団）の「ACP1000+」の技術を統合したもので、設計や燃料、設備、製造、運転、メンテナンスなどの国産技術を活かし、完備された国産特許技術を構築した。現在、中国で輸出可能性が高い第3世代炉と考えられる。

①先進性と成熟性との融合。

「華龍一号」は、177体の燃料集合体から成る炉心と3つの相互に独立した安全システムで構成されている。国際原子力機関（IAEA）の安全基準だけでなく、米国と欧州連合（EU）の第3世代炉の安全基準も満たしている。中国は、30年におよぶ原子力発電の経験と「AP1000」ならびに「EPR」などの技術も参考にした。特に、福島第一原子力発電所事故の経験も踏まえ、原子力安全局の要求を全面的に取り込んだ。原子力発電輸出のモデル炉型と位置付けられている。

②安全性と経済性のバランス

安全性に関しては、「設計段階から放射性物質の放出量を低下させる」との国家核安全局の指導を受け、福島第一原子力発電所と同じ事故にも対

応できる安全基準をもとに設計した。国産化率は90%以上で、2500ドル/kW以下のコストに抑えることができた。安全性と経済性の両方から見ても、従来の第3世代炉より競争力は高い。

③受動的と能動的の結合

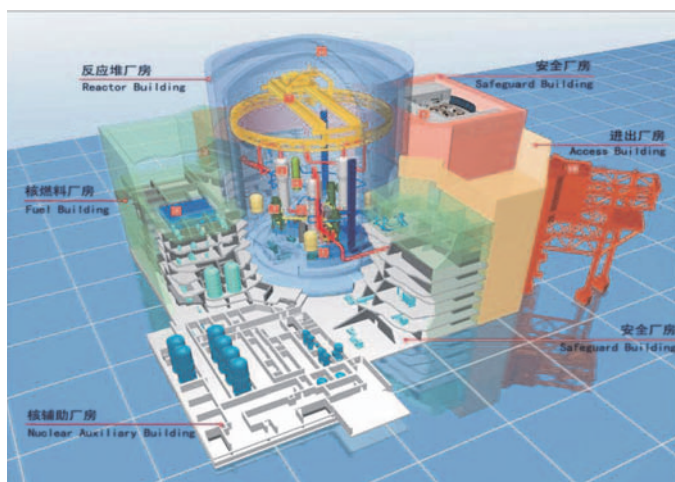
受動的な安全をベースとして能動的な安全システムを取り入れるとともに、市場にも受け入れられるような安全規格を採用している。

2014年8月21-22日、国家核安全局と国家能源局の共同技術審査会議において、中核集団と広核集団が共同で提案した「華龍一号」の技術プランが審査を通過し、実証プロジェクトの条件を備えていることが承認された。2014年11月4日、福清5、6号機では正式に「華龍一号」を採用することが決まった。また、福清Ⅱ期と広西防城港3・4号機でも「華龍一号」を採用することが確定した。

2015年5月7日に、世界で初めて「華龍一号」を採用する中核集団の福清5号機が着工した。これによって中国は、米国、フランス、ロシアに次いで、第3世代炉の技術を自主開発できる4番目の国となった。

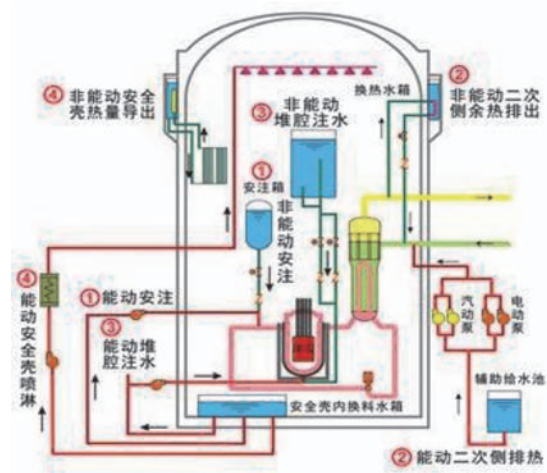
「華龍一号」は合計743件の特許と104のソフト著作権を有しており、福清5、6号機への採用にあたっては、85%以上の設備の国産率を目標にしている。

第1-2図 華龍一号の構造図



出典：http://www.cgnpc.com.cn/n1302/n1306/n575973/index.html

第1-3図 「華龍一号」受動的及び能動的な安全システム図



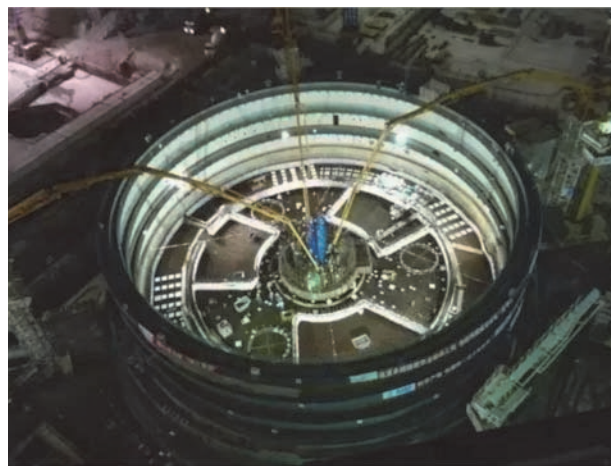
出典：http://www.chyxx.com/industry/201510/349840.html

第1-4図 福清5号機の着工式



出典：中国核工業集团公司

第1-5図 福清5号機の着工



出典：中国核工業建設集团公司

中国とパキスタンの間で2015年4月、5基の「華龍一号」を供給する協定が締結された。8月20日には、パキスタンのカラチ沿岸原子力発電所2号機が正式に着工し、「華龍一号」としては初の国外プロジェクトとなった。同プロジェクトでは「華龍一号」が2基（合計設備容量220万kW）建設され、プロジェクトの金額は96億米ドル。65米ドルを中国側が貸し出す。2020年に正式運転に入る予定である。同プロジェクトの設計と建設は、中核集団傘下の中国中原対外工程有限公司が担当する。

一方、広核集団は2015年9月7日、ケニアのエネルギー省原子力局との間で「原子力発電の共同開発覚書」を締結し、「華龍一号」技術の輸出と共同開発で合意した。

広核集団は2015年10月9日、「欧州電力要求」(European Utility Requirement: EUR)の認証受理の連絡を受け、「華龍一号」は欧州市場進出への足掛かりをつかんだ。認証作業は中広核工程会社が担当する。2017年に正式に作業を開始し、2020年に認証の取得を見込んでいる。

2015年10月19日には広核集団の子会社、「通用核能国際有限公司」(General Nuclear International)をロンドンに設立、英国進出のプラットフォームが構築された。10月21日には、仏電力公社(EDF)との間で、英国における原子力発電所建設の共同投資協定を締結した。広核集団を始めとする中国企業連合体はフランスと共同で「華龍一号」をベースとした原子力発電所を英国内(ブラッドウェルB)に建設することで合意した。

第1-6図 中国広核集団と仏電力公社は英国原子力発電投資協定を締結した



出典：中国広核集团有限公司

中核集団は2015年11月15日、G20サミットが開催されているトルコのアンタルヤで、アルゼンチン原子力発電会社との間で「重水炉原子力発電所の商業契約及びPWR原子力発電所の枠組み契約」を締結した。2基の原子力発電所が稼働中のアトーチャに3号機（CANDU、75万kW）と4号機（PWR、100万kW級）を建設するというもので、4号機には中国国産の第3世代炉「華龍一号」（「HPR1000」）が採用される。アルゼンチンとしては、それぞれ同国4番目、5番目の原子力発電所となる。

プロジェクトの総投資額は150億米ドルと推定されている。アルゼンチンの経済財務省のキシロフ大臣によると、このうち約85%の資金調達を中国側が行う。金利は年率6.5%以下に設定され18年間で返済される。機器・設備の60%超がアルゼンチン国内で調達され、残りは中国から輸入する。

（2）CAP1400

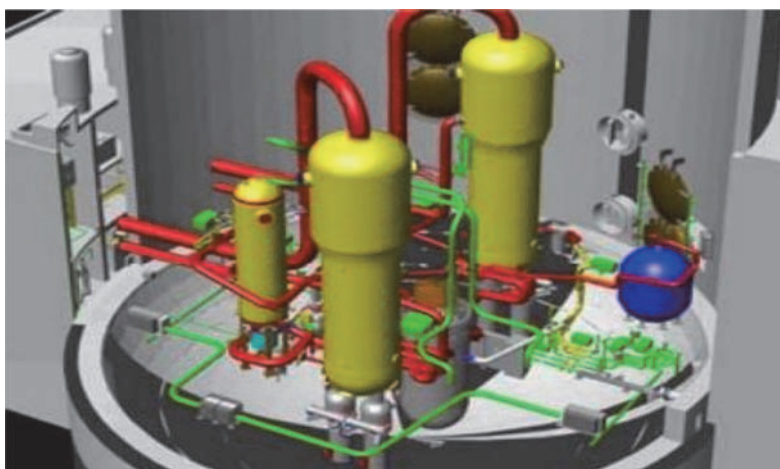
「CAP1400」は、「AP1000」をベースに中国が独自に開発した炉で、出力アップをはかっている。「AP1000」と同じく受動的な安全設計理念に従い、

2ループ設計を採用した。出力は140～150万kWに上げ、燃料集合体数も157から193に増やした。蒸気発生器の伝熱能力も「AP1000」に比べて27%増加した。このほか、商業用航空機の意図的な衝突を想定し、建屋の物理的構造も強化した。福島第一原子力発電所事故の教訓を活かし、地震や津波などの極端な自然災害にも対応できるように安全性を強化した。受動的安全システムの持続時間は72時間に達した。

国家発展改革委員会はすでに「CAP1400」を「原子力中長期発展計画」に組み込んでおり、2014年1月には国家能源局の審査を通過し、同9月に国家核安全局の審査にも合格した。2015年4月には国家能源局が組織した「CAP1400」の実証プロジェクトの審査評価にもパスし、同6月には、実証プロジェクトの施工設計の75%が完成し、大型部品の調達も全29件のうち27件が終了している。

実証プロジェクトの立地点は山東省威海市榮成石島湾で、単機出力140万kWのユニットが2基建設される。設計寿命は60年である。

第1-7図 「CAP1400」の構造



出典：中国核工業建設集団集团公司

第1-8図 「CAP1400」実証プロジェクトの完成予想図



出典：国家核電技術公司

2015年7月8日、上海核工程研究設計院の鄭明光院長と国際原子力機関（IAEA）のDenis Flory副事務局長は「CAP1400安全評価（GRSR）協定書」を締結した。IAEAは専門家を集め、「CAP1400」の安全書類の詳細な審査を行い、2016年1月に完了する見通しとなっている。

第1-9図 「CAP1400」の安全評価協定書をIAEAと締結



出典：国家核電技術公司

2015年8月28、29の両日、「CAP1400原子炉構造水力模擬実験」と「CAP1400炉心内部部品流動体による振動模擬実験」が実施され、国家電力投資重大案件弁公室の認可を取得した。2つの実験の成功により、6大実験認証作業は幸先の良いスタートを切った。

2015年10月26日、一次系ポンプが国家核安全局の専門委員会の審査を受け、安全基準をクリアした。これまで、「AP1000」の一次系ポンプと爆破バルブの安全認証にてこずり、国家核電技術公司を通じた米国との交渉も難航したが、ようやく安全確認ができた。爆破バルブの認証も2015年5月に正式に確認でき、国家核安全局の認可を取得した。こうした進展を踏まえ、山東省の「CAP1400」実証プロジェクトは2016年の春に正式に着工する見通しとなった。

「CAP1400」は技術の先進性に加え、受動的な安全設計理念などを取り入れているのが特徴で、南アフリカやトルコ、英国、ブラジルなどの国が関心を示している。南アフリカのズマ大統領が2014年12月に訪中した際、国家核電技術公司与南アフリカ政府は「CAP1400」の技術指導と案件融資にかかる協定を結んでいる。

国家核電技術公司は2015年4月22日、南アフリカ政府と「CAP1400案件管理協力協定」を締結。南アフリカの原子力技術育成基地を清華大学に指定するとともに、「CAP1400」に関する協力を政府レベルで行うことに合意した。協定に従い、南

アフリカ政府は技術者を中国に派遣し、山東省栄成市に建設される予定の「CAP1400」の実証プロジェクトの設計と建設に参加し、案件管理の技術取得、運営ノウハウの実習を共同で実施することになった。

1.3 モジュール方式の小型PWR（熱電併給、海水淡水化、海上浮動式）

IAEAは2004年6月、中小型原子炉の開発計画を開始し、革新型の原子炉研究協力プロジェクトチームを作り、現在チームメンバーは30に達している。米国Navigant Consultingの予測によると、2050年まで中小型原子炉の設備容量は世界全体の原子力発電設備容量の25%を占めるとみられている。IAEAも各国で研究開発中の小型原子炉を分析しており、安全性や経済性、核拡散抵抗性、燃料交換といった面で小型炉が有利であると結論づけた。

(1) KLT-40S

ロシアの「KLT-40S」は砕氷船に応用されている成熟した原子炉で、僻地の電力供給にも利用される。30～35MWの発電容量と20MWの熱供給能力を持ち、燃料交換は3年である。ツインユニットを採用し、12年の運転期間終了後、全ての発電設備が中央施設センターに搬送され、メンテナンスと燃料交換が実施される方式となっている。

炉心は正常な運転では、強制循環システムで冷却するが、緊急時と事故時には、自然対流で冷却を実施する構造になっている。燃料はウランとアルミの合金（ウラン235の濃縮度は3.5%）、バーナブルポイズンも含め、ジルコニウム合金で被覆し、発電だけでなく海水淡水化にも利用できる。

ロシアのバルト造船所によると、初の22220級原子力砕氷船の作業は14%、浮動式原子力プラント「アカデミック・ロモノソフ号」は作業が85%進んでおり2016年9月に完成する見込みとなっている。

ロシア政府は2015年3月、技術移転しないという前提とことわりながら、浮動式原子力プラントをセットで輸出することが可能との見解を表明した。

(2) ABV

ABVはロシアが研究している小型PWRで、熱出力は45MW、電気出力は10～12MW。一体型の蒸気発生器を採用し、炉心は「KLT-40S」と似ており、燃料濃縮度は16.5%。平均燃焼度95000MWd/t、燃料交換サイクルは8年、使用寿命は50年となっている。

(3) CAREM (Central Argentina de Elementos Modulares)

アルゼンチン原子力委員会が開発した蒸気発生器一体型のモジュール方式PWRで、電気出力は27MW。研究炉あるいは海水淡水化にも利用できる。原子炉压力容器内に1ループの冷却システムが配置される。燃料はバーナブルポイズンのウラン濃縮度3.4%の燃料を使用し、燃料交換は年1回行う。

2014年2月10日、アルゼンチンが自主開発したモジュール方式小型原子炉「CAREM-25」の建設工事に正式に着工した。

(4) SMART

韓国の小型炉「SMART」(System-integrated Modular Advanced Reactor)は海水淡水化と発電に利用でき、炉心熱出力は330MWである。一体式蒸気発生器を採用し、発電(出力100MW)と熱供給が可能で、設計寿命は60年、燃料交換サイクルは3年である。2017年に実証炉が運転を開始する見通しとなっている。

韓国とサウジアラビアは2015年3月、2基以上の「SMART」をサウジアラビア国内で建設するという了解覚書を締結した。1基の建設費用は10億ドルと推定されている。覚書によると、3年間の共同研究を通じてサウジアラビア国内における建設可能性を確認することになっている。

(5) NP-300

フランスが開発したPWRタイプの小型炉「NP-300」は、熱供給と海水淡水化に利用される。電気

出力は100～300MWで、海水淡水化プラントとしては50000 m³/日の規模が可能。

(6) IRIS

「IRIS」は米国のウェスチングハウス社が中心となり、多数の国と共同で開発した第3.5世代の先進的な小型原子炉である。

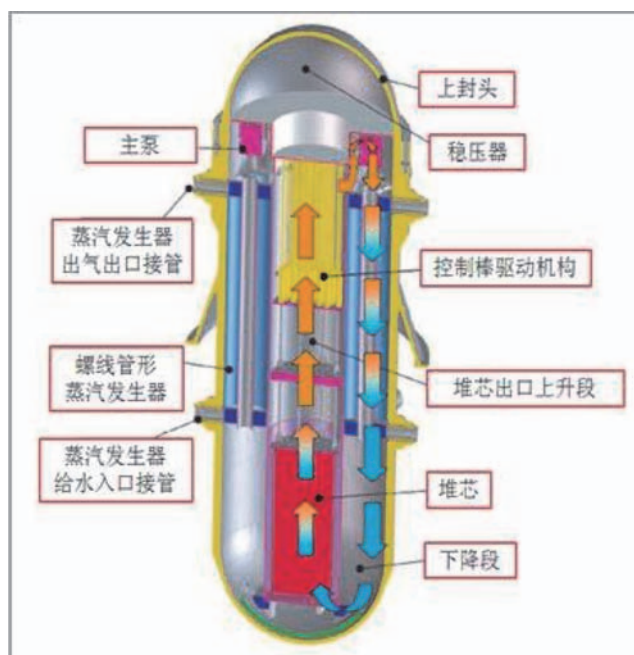
「IRIS-50」は、一体式の1ループ冷却系と対流循環を採用したモジュール式PWRで、電気出力は50MW。ウラン濃縮度は5%、バーナブルポイズンを持ち、燃料交換サイクルは5年。

これ以外に電気出力は335MWの商業用「IRIS」も開発中で、濃縮度10%の燃料を使えば、燃料交換サイクルは8年に延びる。目標とする燃焼度は80000MWd/tU。

(7) TRIGA

「TRIGA」発電システムは炉型としてはPWRで、米国ゼネラル・アトミックス(GA)社の研究用原子炉設計を基礎に、熱出力64MW、電気出力16.4MWのプール型システムを採用するため、比較的低い温度でも運転できる特徴を持つ。2ループの冷却材は有機PFC物質(perfluorocarbon)を利用し、燃料はウラン・ジルコニウム水素化物、ウラン濃縮度は20%、少量のバーナブルポイズンを含み、燃料交換サイクルは18ヵ月といった特徴を持つ。使用済み燃料は原子炉压力容器に貯蔵される。

第1-10図 IRIS



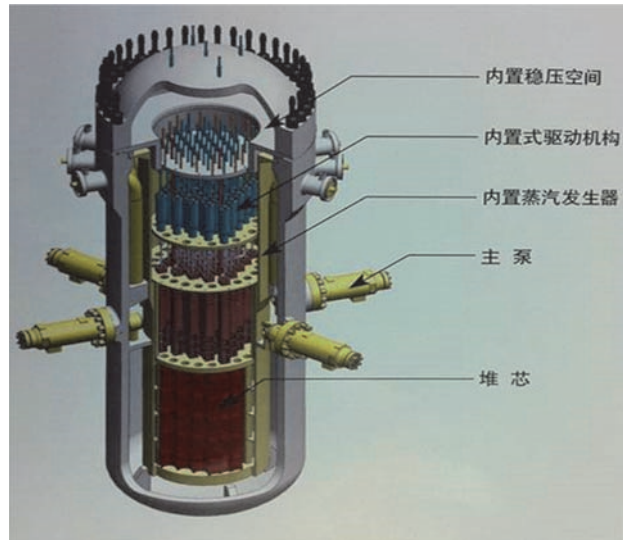
出典：中国中原对外工程有限公司

(8) ACP100

モジュール方式の小型原子炉である「ACP100」は、中国核工業集団会社が仏アレバ社の第3世代炉である「EPR」の3ループ設計を参考に、出力を大幅に縮小したものである。原子炉は一体化技術

と受動的安全システムを採用し、過酷事故の予防と緩和措置を取り入れており、人口密集度が高い沿海や内陸部における電力、熱、水と電力の同時供給などの多様なニーズに対応している。島嶼のような特殊地域の熱電供給にも応用できる。

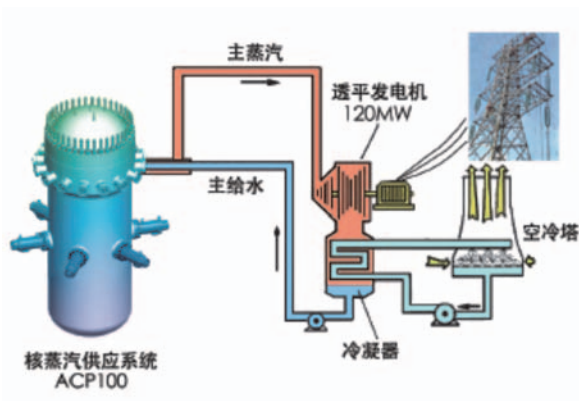
第1-11図 小型モジュール式原子炉「ACP100」



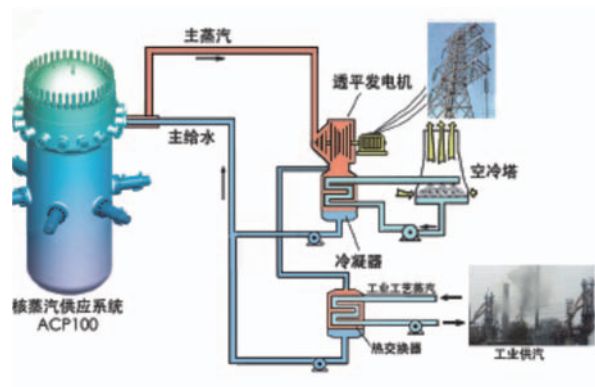
出典：中国核工業集团公司

第1-12図 「ACP100」の多目的利用

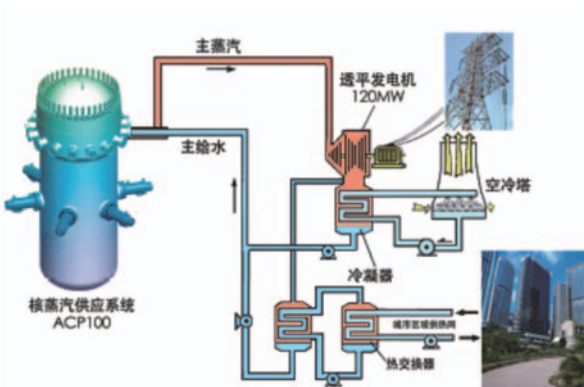
1. 電力供給用



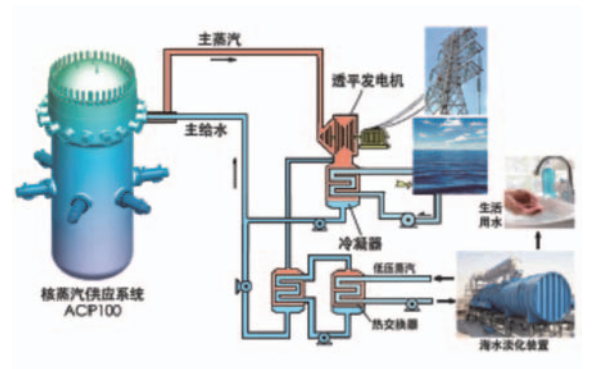
3. 工業向け電力・蒸気併給用



2. 都市向け熱電併給用

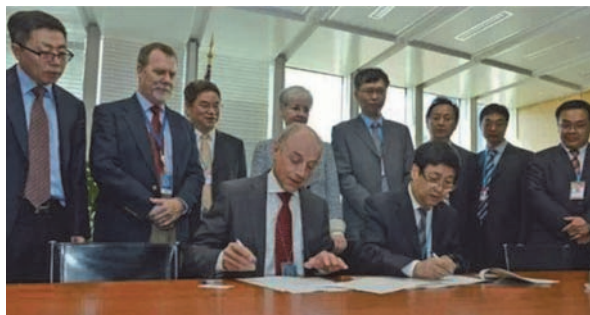


4. 海水淡水化・電力併給用

出典：以上、中国核工業集团公司 (<http://www.cnnc.com.cn/tabid/828/Default.aspx>)

2015年4月16日、中核集団の雷増光・総工師は、IAEAのDenis Flory副事務局長との間で「ACP100安全審査協定」を締結し、7ヶ月間をかけ安全性と環境影響、設計プランなどの内容を共同で審査することになった。

第1-13図 中核集団はIAEAとの間で「ACP100」の安全審査協定を締結した



出典：中国核工業集团公司

英国のリスクマネジメント機関であるロイドレジスター社が2015年10月20日、中国核工業集团公司傘下の中国核動力研究設計院（NPIC）との間で、海上浮動式原子力プラントの開発を支援する協力の枠組み協定を締結したと発表した。中核集団が開発する「ACP100」には海上浮動式原子力プラント向けの「ACP100S」もある。「ACP100S」は2016年にエンジニアリング初期設計が完成し着工する。2017年にはエンジニアリング主系統の施工が完成し船体が進水する。2018年には発電所の主要設備の据付けが行われ、2019年に調整試験が終了したあとで正式に操業を開始する。

1.4 高温ガス炉

高温ガス炉は固有の安全性を持ち、発電効率が高いことが特徴で、人口密度が高い都市近郊にも建設でき、都市部に電気と熱を供給することが可能。最高で950度Cの高温を取り出すことができ、安全性と経済性を同時に実現できる発電方式と考えられている。電力と熱の併給のほか、石油化学や石炭のガス化・液化にも応用できる。ウランとトリウムを燃料にすることができ、原子炉を停止することなく燃料の交換ができる。

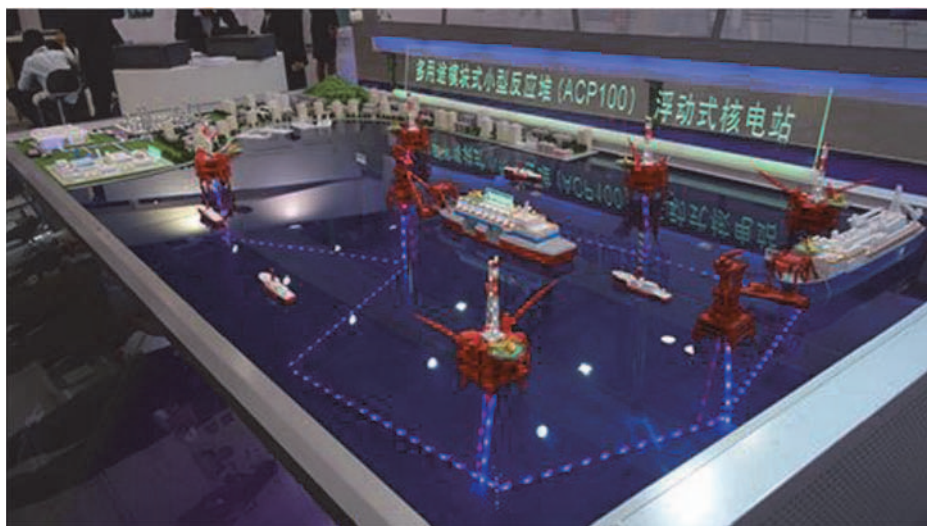
高温ガス炉の最大の特徴は、高性能の燃料を使い、負の温度係数の特徴を活かし、原子炉固有の安全性を実現できることにある。深刻な放射性物質の放出事故を防ぐことも可能である。

現在、実証プロジェクト向けの重要技術と設備が実験で確証されている。高温ガス炉の実証プロジェクトの核心設備として、世界初の大容量電磁軸受ファンのエンジニアリングサンプル機の製造成功、中国独自の技術で建設された燃料球生産ラインの据付け完成、成功、蒸気発生器の主要製造プロセスの課題克服、螺旋式パイプの取り付け工事の完成などがある。

高温ガス炉の主要設備である原子炉圧力容器と原子炉内部構造物は上海で製造され、1ループの重要設備である制御棒駆動装置の工事認証と寿命認証作業が終わるなど、関連作業が着実に進んでいる。

山東省の石島湾で進められている高温ガス炉実証炉は、華能集団、中国核工業建設集団、清華大学がそれぞれ47.5%、32.5%、20%の割合で出資しており、I期工事として21万kWのユニット（2モジュール）が30億元をかけて建設される。実証炉

第1-14図 「ACP100S」を使った海上浮動式原子力プラント



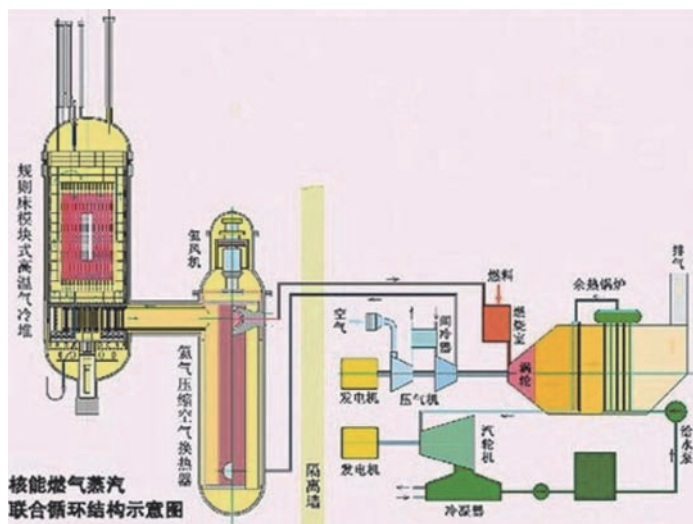
出典：中国核工業集团公司

は2017年には発電を開始する見込みであるが、20年の歳月と1000億元をかけて660万kWを建設する計画も浮上している。

2015年1月、実証炉の制御棒駆動装置のフルスケール耐震実験が実施された。8月5日には、世界

初のペブルベッドモジュール式高温ガス炉燃料装荷・貯蔵システム設備プロジェクトが陝西省宝島市ハイテク開発区でスタートした。9月16日には建屋の工事が完成するなど作業は順調に推移しており、2017年の正式運転はほぼ確実になっている。

第1-15図 山東省石島湾で建設中の高温ガス炉実証炉



出典：http://news.cableabc.com/commentary/20131023000987.html

第1-16図 清華大学の高温ガス炉実験炉



出典：清華大学

第1-17図 建設工事が進む高温ガス炉実証炉



出典：中国核工業二四建設有限公司

2015年4月、商業用の60万kW高温ガス炉を江西省瑞金市に建設する実行可能性報告が国家核安全局の承認を受けた。同プロジェクトは、世界初の商業用高温ガス炉になる可能性が高い。中国核工業建設集团公司の王寿君董事長は、2基を建設するI期工事が2017年に着工し、2021年に正式運転に入る見通しであることを明らかにした。

また、高温ガス炉の進化型と位置付けられるのが超高温ガス炉で、黒鉛を減速材、ヘリウムを冷却材として使い、ウラン燃料はワンスルーを採用する。通常の高温度ガス炉と比べて原子炉出口温度が高く、電気を使用しないプロセスに大量の熱

を供給できることはもちろん、熱電併給のニーズも満たせる。

原子炉出口温度は1000度C、熱効率は50%を超える見込みで、石油化学やその他の化学工業に熱エネルギーを供給できる。また、熱出力600MWの実証炉炉心に中間熱交換器を繋げて熱を取り出すほか、ウラン・プルトニウム燃料サイクル方式を適用でき、使用済み燃料の量も抑制できると同時に安全性も確保できる。

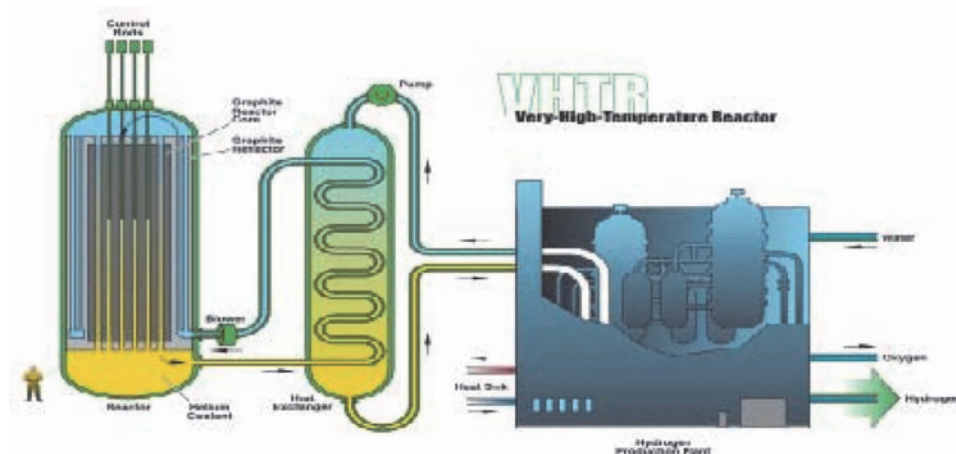
炉心はブロック型(日本)に対して、中国の「HTR-10」はペブルベッド型で、受動的な安全特性を持ちモジュール化しやすい。

「第4世代原子力システムロードマップ」(第四代核能系統技術路線図)によると、この10年間の高温ガス炉の技術突破目標は下記の通りである。

- ▶ 近いうちに、研究の重点を炉心出口温度700～950度Cの原子炉に移す。
- ▶ 材料と燃料の一層の研究によって1000度C以上の出口温度を可能にする。燃料の燃焼度を150～200GW/tHMまで引き上げる。

- ▶ エンドユーザーと連携し、「高温プロセス熱連合体」を設立する。
- ▶ 水素製造プロセスの技術ならびに商業化の研究を深め、水素製造における熱要求を満たす。原子力安全については受動的余熱除去システムの有効性と信頼性を確認し、実験によって超高温における燃料対応可能性と問題点を分析する。

第1-18図 超高温ガス炉



出典：U.S. DOE Nuclear Energy Research Advisory Committee and the Generation IV International Forum, Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems, 2002

1.5 高速増殖炉

第4世代炉に分類できる高速増殖炉は、主としてガス冷却、ナトリウム冷却、鉛合金冷却式などがある。

中国の高速増殖炉研究は1965年にスタートし、基礎研究(1965～1987年)、応用研究(1987～1993年)、実験実証段階(1995年～)に分けられる。2010年7月21日、中核集団傘下の中国原子能科学研究院が自主開発した中国初の実験炉「CEFR」が初臨界を達成した。2014年12月15日には100%出力を達成し、18日17時までの完全負荷連続運転時間は72時間に達した。

第1-19図 中国原子能科学研究院の高速増殖炉実験炉



出典：中国原子能科学研究院

中核集団は2012年12月、「龍騰2020発展規画」を公表し、この中の「龍原工プロジェクト」において、60万kWの高速増殖炉実証炉「CFR600」の戦略目標を掲げた。

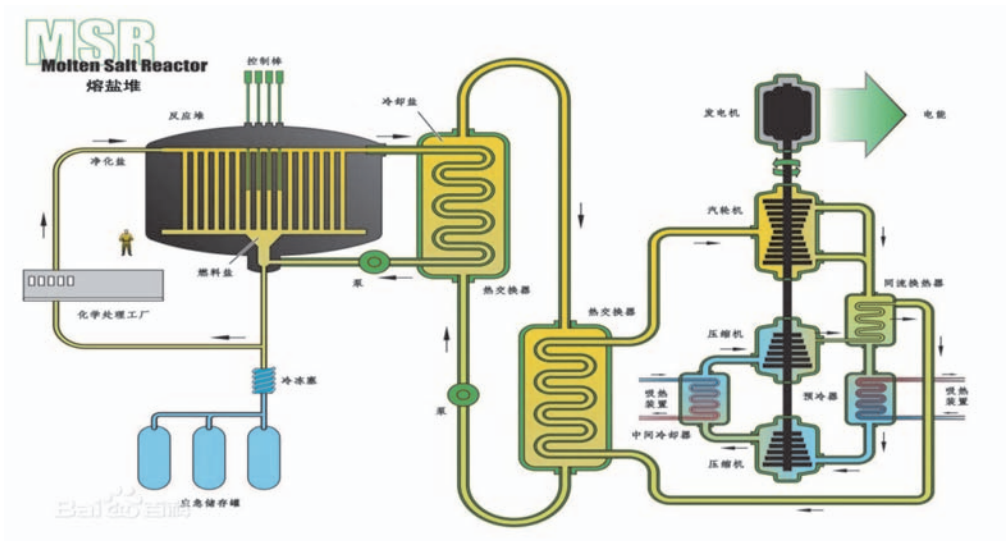
2015年4月、中国原子能科学研究が中核集団からの依頼を受けた「100万kW級商業用実証炉(CFR-1000)の技術計画及び概念設計」プロジェクトが、中核集団の科学・情報化部門の検証をパスした。中国の高速増殖炉開発の第一人者と目される中国工程院の徐銑院士は、「CFR600」を福建省霞浦県で2017年に着工することを明らかにした。

1.6 トリウム溶融塩炉

トリウム溶融塩炉は第4世代原子炉技術のうちの1つで、20～30年後の原子力産業のニーズに対応した炉型と考えられている。溶融状態のフッ化物塩である冷却材に核分裂性物質を混合させ、黒鉛を減速材とした炉心に低圧で送り臨界状態にするというもの。高温の溶融塩は炉心の外へ循環させ2次冷却材と熱交換させる。

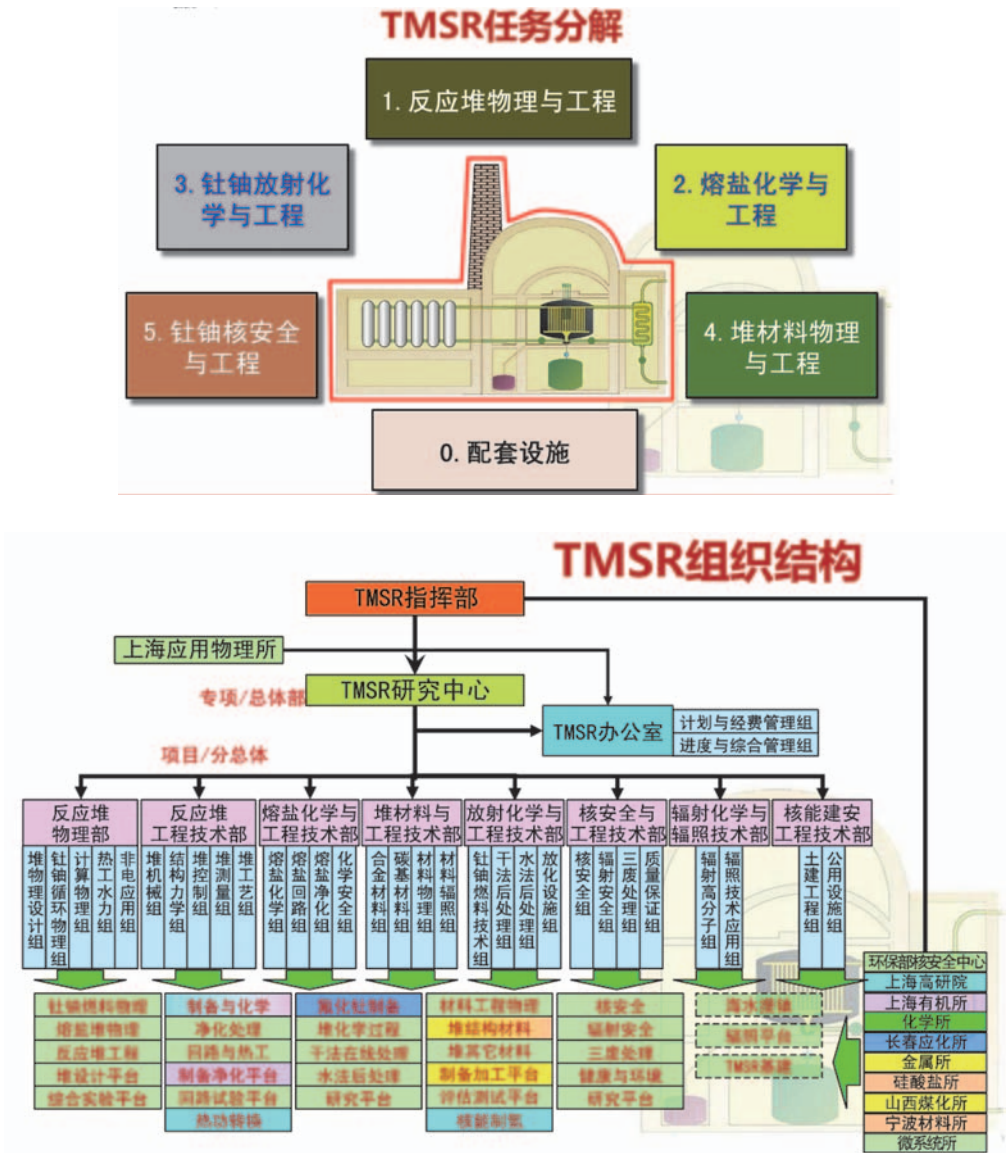
中国科学院は2011年1月5日、「革新2020」記者会見の場で、トリウム溶融塩炉原子力システム(TMSR)の先導的科学技術特別プロジェクトをスタートすることを明らかにした。

第1-20図 トリウム溶融塩炉概念図



出典：U.S. DOE Nuclear Energy Research Advisory Committee and the Generation IV International Forum, Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems, 2002

第1-21図 トリウム溶融塩炉研究開発研究組織図



出典：「我国钍基熔盐堆计划」(Hongjie Xu, TMSR Center of CAS, Oct. 18, 2013)

第1章

中国の新型炉の研究開発の
現状と動向

第2章

原子力基礎工学的研究の
現状と動向

第3章

原子力人材の育成の
現状と課題

資料編

中国科学院の計画は以下の通りとなっている。

- ・ 2011 ～ 2015 年（開始段階）：研究プラットフォームを構築し、既存の技術を集め、重要技術の研究開発をスタートし、2MW 実験炉においてゼロ出力臨界状態を達成する。
- ・ 2016 ～ 2020 年（発展段階）：トリウム溶融塩炉の製造開始前のシステムを建設し、関連する技術的問題を全面的に解決し世界の先進レベルを達成する。10MW の実験炉を建設し臨界を達成する。
- ・ 2020 ～ 2030 年（突破段階）：工業レベルのトリウム溶融塩炉実証炉を建設し、関連する科学的な問題を解決する。核心技術のブレークスルーを達成し、モジュール方式の小型トリウム溶融塩炉の産業化を実現し、電気出力 10 万 kW の実証炉の臨界を達成する。

中国科学院内部の役割分担は以下の通りである。

- 有機所：抽出法によるリチウム同位体の分離と溶融塩製造
- 高研院：熱－出力転換重要技術、原子力ベースの高温水素製造、膜法によるリチウム同位体の分離
- 金属所：ニッケル合金材料の研究開発、塗装技術研究
- 応化所：原子力級のフッ化トリウム製造
- ケイ酸塩所：溶融塩による腐食の基礎問題研究、SIC 融合材料、セラミックス
- 化学所：環境中における溶融塩の挙動

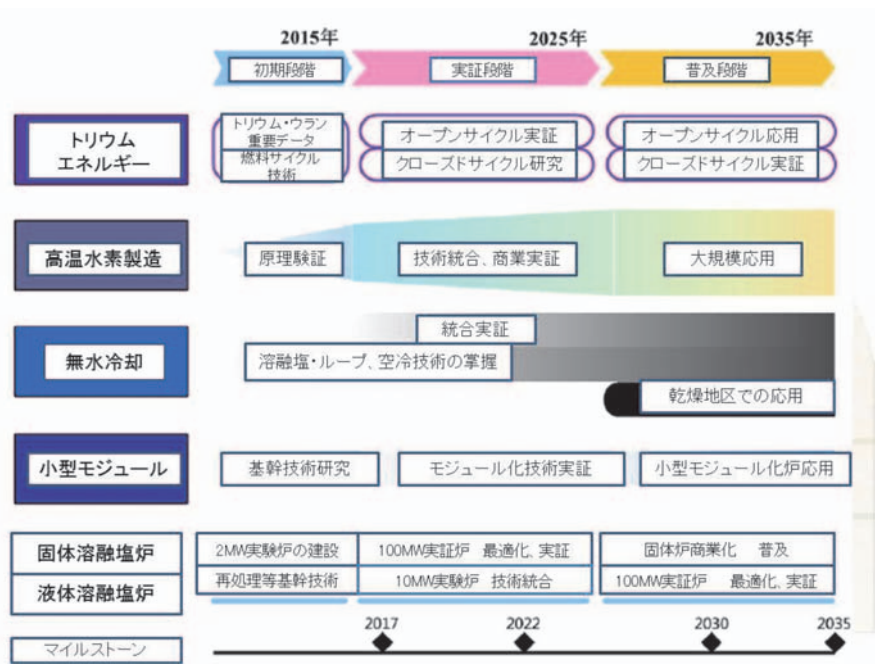
山西石炭化学所：新型の原子力級黒鉛研究

国際協力については、中国科学院は米エネルギー省（DOE）との間で原子力協力了解覚書を締結し、溶融塩冷却システムなどの共同開発を行うことになっている。米国側の参加者はオークリッジ国立研究所（ORNL）、アイダホ国立研究所（INL）、マサチューセッツ工科大学（MIT）、カリフォルニア大学バークレー校、ウィスコンシン大学などである。中国側はTMSR研究所が窓口となり、プロジェクトの実施主体である上海応用物理研究所が中心となる。

中国科学研究院上海応用物理研究所研究員、中国科学院原子力創新研究院準備グループ長の徐洪傑氏は2015年9月22日に開催された中国核学会年次会において、2020年までに世界初の10 MW 固体燃料溶融塩実験炉と2MW 液体燃料溶融塩実験炉を建設する考えを明らかにした。同氏によると、重要な技術もすでに開発済みで、4つのプロトタイプシステムの研究開発も順調に進んでいる。

また同氏は、将来的にトリウム溶融塩炉の研究を深化するとしてうえて、トリウムをベースとした原子力や溶融塩炉、原子力総合利用、先進原子力基礎科学研究など範囲を広げ、溶融塩炉の安全やトリウム・ウラン放射化学、溶融塩炉材料、炉心物理・技術、溶融塩化学、炭素－水素結合、シンクロトン放射とスパコンなどの技術のブレークスルーを達成することが目標になるとした。

第1-22図 TMSRの技術発展ロードマップ



出典：「我国鈾基熔塩堆計劃」(Hongjie Xu, TMSR Center of CAS, Oct. 18, 2013)

第1-23図 TMSR スパコン・シミュレーション・プラットフォーム



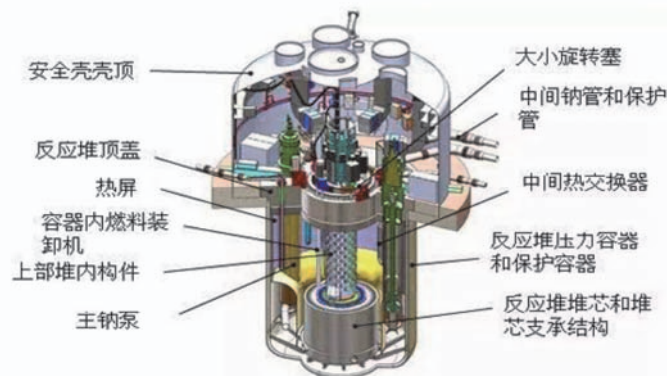
出典：「钍基熔盐堆核能系统」（戴志敏、2014年4月）

1.7 進行波炉

「進行波炉」(Traveling Wave Reactor) は第4世代原子力の技術要求と安全基準を満たす金属燃料を用いたナトリウム冷却高速炉であり、高速中性子炉の一種でもある。ウラン・ジルコニウム合金燃料を採用し、燃料交換サイクルも長く大量にある劣化ウランを使用することができるという

た特徴がある。利用率の設計値は90%以上で、ウラン資源の高効率利用や使用済み燃料の発生量抑制といった利点も有する。最初の原理は旧ソ連の Savelii Moiseevich Feinberg が1958年に提唱。Intellectual Ventures 社がこの技術の特許を持っている。

第1-24図 進行波炉の構造図



出典：http://www.360doc.com/content/15/0926/16/699582_501661505.shtml

2015年9月23日、米テラパワー社と中核集団は次代原子力発電所の共同開発に関する了解書を締結し、共同で「進行波炉(TWR)」の設計、商業運転まで行うことで合意した。テラパワー社は、2018年から2022の間に60万kWの「進行波炉」を、また2020年代後半にはさらに大型の115万kWの「進行波炉」発電所を建設する意向を示している。

2015年11月11日、テラパワー社のビル・ゲイツ会長が北京で中核集団と共同で学術フォーラムを開いた。ゲイツ氏はフォーラムで、両国政府の支持のもと合弁企業を設立する計画であることを明らかにした。

第1-25図 米テラパワーと中核集団は「進行波炉」の共同開発で合意した（写真左から3人目がテラパワー社会長のビル・ゲイツ氏）



出典：中国核工業集团公司

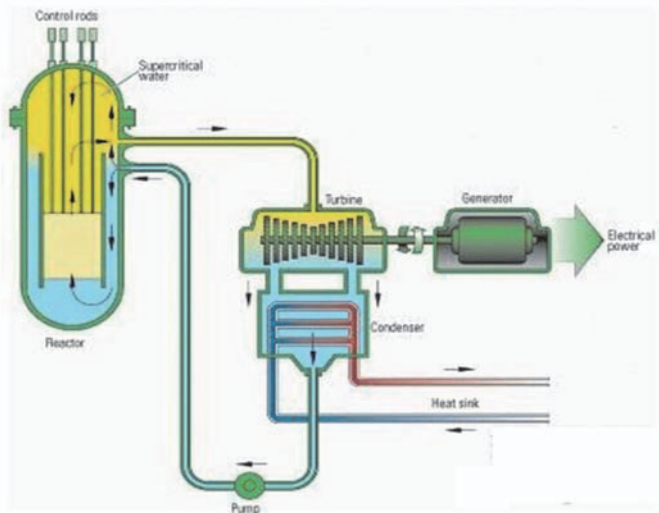
1.8 超臨界圧軽水冷却炉 (SCWR)

超臨界圧軽水冷却炉 (SCWR) は第4世代原子炉技術の中でも唯一、冷却材に軽水を使う原子炉で、現行の軽水炉技術と火力発電所の超臨界技術を融合したもの。SCWRは、在来のPWRと比べ、直接循環システムを採用し、炉心出口の熱流体も直接

ガスタービンに流れ、ループが1つ少なくなるため、蒸気発生器と加圧器が不要になる。

BWRと比較すると、超臨界水は単相流体であるため、汽水分離機と内部循環ポンプも必要ない。SCWRは、内部構造が簡単になり、経済性も向上するため、将来性がある炉型と見られている。

第 1-26 図 超臨界圧軽水冷却炉 (SCWR)



出典：U.S. DOE Nuclear Energy Research Advisory Committee and the Generation IV International Forum, Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems, 2002

中国核動力研究設計院は2003年からSCWRの研究を始めた。2006年には専門研究家チームを作り、包括的な研究開発活動を開始した。2009年11月、所管政府機関である国防科技工業局の認可を受け、SCWRの技術研究開発が国に正式に認められた。中国核動力研究設計院は2010年、上海交通大学や清華大学、南華大学、武漢大学、西南交通大学、西南電力設計院、東方ガスタービン会社と連携し、共同開発の枠組みを作った。

SCWRは、中国科学技術部の国家重点基礎研究発展計画（「973計画」）でもあり、政府により資金援助のもと、SCWRのシステム設計や燃料研究、

基礎研究などの研究成果も相次いで公表されている。

SCWRの研究開発は大きく4つの段階に分かれている。2014～2017年は技術研究開発の第2段階で、その後2017年から2021年にかけてエンジニアリング技術研究開発を実施する。2022年から2025年にかけて100万kW級のSCWRの標準設計を行う。2013年12月12日には、第1段階の技術研究開発が国防科技工業局の審査に合格した。中国政府は2014年5月20日、第4世代原子力システム国際フォーラム（GIF）のSCWR部会に参加する協定を結んだ。

第 1-2 表 「CSR1000」主要設計指標

指 標	数 値
原子炉ループ数	2
設計寿命 (年)	60
循環方式	直接循環
熱出力 (MW)	2300
電気出力 (MW)	1000
熱効率 (%)	43.5
燃料交換期 (月)	18～24
原子炉冷却システム運転圧力 (MPa)	25
原子炉冷却材入口温度 (℃)	280
原子炉冷却材出口温度 (℃)	500
炉心冷却材流量 (kg・s ⁻¹)	1190
燃料集合体数	157
炉心高さ (mm)	4200

第 1-3 表 「CSR1000」燃料集合体設計指標

指 標	数 値
燃料棒並列方法	四角形
燃料棒数	224
ウォーターロッド数	4
減速材壁厚 (mm)	0.8
減速材材料	SS310S
燃料集合体壁厚 (mm)	2
被覆管厚み (mm)	0.57
被覆管材料	SS310S
燃料棒外径 (mm)	9.5
燃料棒間隔 (mm)	10.5
燃料成分	UO2

出典：以上「CSR1000 結構総体設計方案, 中国核動力研究設計院科学技術年報, 2012」

中国核動力研究設計院の肖澤軍・副工程師は2014年6月、SCWRの基礎研究はすでに完成したとしたうえで、SCWRの全体技術路線を提出し中国独自の100万kW級SCWRである「CSR1000」の全体設計計画と選定作業が終了していることを明らかにした。また、基幹技術の基礎研究が終わり、設計・実験の研究プラットフォームが初歩的に構築できていると指摘した。

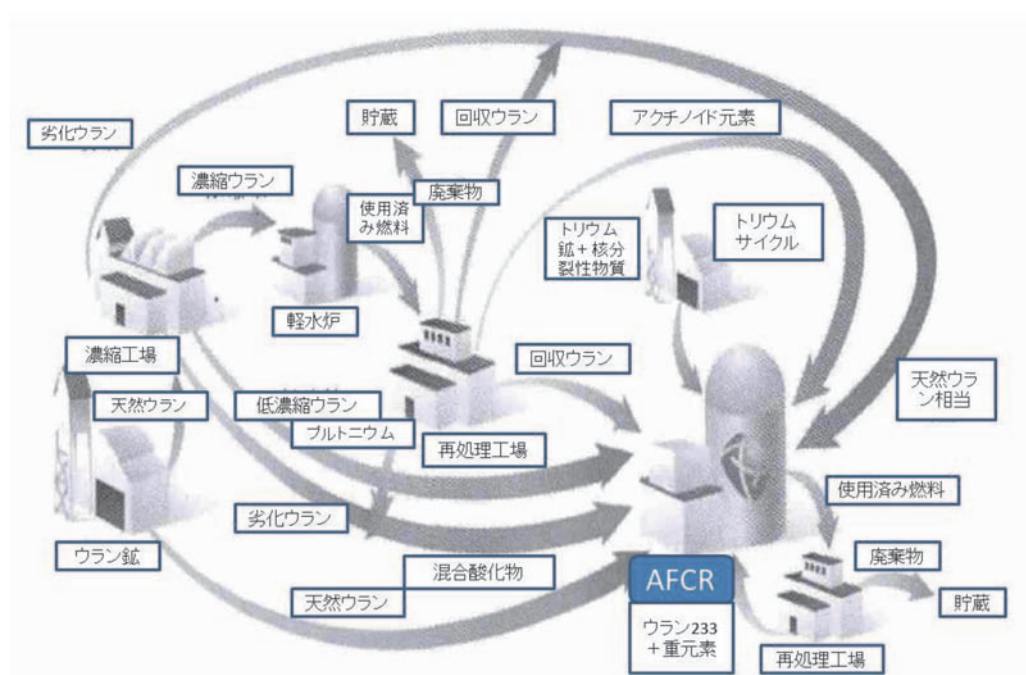
中国は現在、ロシアやカナダ、日本との間で研究協力計画の協定書を締結している。また、IAEAの要請を受け、IAEAのSCWR-CRP（超臨界圧軽

水冷却炉共同研究計画)プロジェクトに参加した。

1.9 先進燃料重水炉

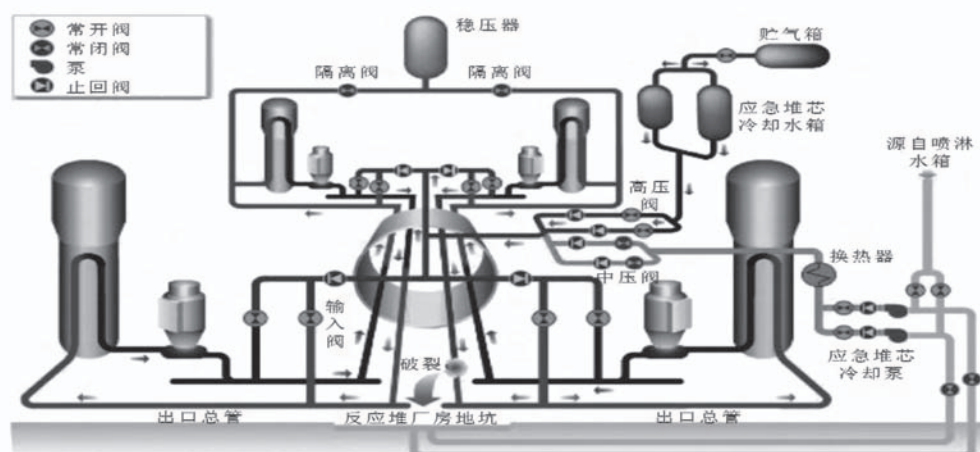
先進燃料重水炉（AFCR）はカナダのCANDU炉をベースとして、福島第一原子力発電所事故の教訓を取り入れるとともに、最新安全理念に基づいて開発された第3世代原子力発電技術の要求を満たす炉型である。この原子炉は燃料調達の柔軟性を考慮し、PWRの回収ウランを燃料として利用するほか、トリウムを利用することもできる。

第1-27図 AFCRの燃料サイクル



出典：「张焰、伍浩松译、先进燃料循环坎杜堆：超越天然铀燃料循环、国外核新闻、2014.12」

第1-28图 AFCR炉心冷却应急对应图



出典：「张焰、伍浩松译、先进燃料循环坎杜堆：超越天然铀燃料循环、国外核新闻、2014.12」

重水炉は中国の原子力発展の各段階で重要な役割を果たす。熱中性子炉の発展段階では、PWR—重水炉統合燃料サイクルを構築できる。この燃料サイクルでは、PWRの燃料は濃縮ウランで、重水炉はPWRから回収したウランを燃料にする。100万kW級PWR4基で1基の重水炉に供給するウランを回収できると試算されている。全体ではウラン資源の利用率を20%高めることができる。

高速増殖炉の発展段階では、重水炉かPWRでトリウムを燃料として利用することによって、原子炉の寿命を適当に延長する。核融合炉の発展段階では、重水炉によって核融合炉向けのトリチウムを供給できる。

中国政府は2014年7月18日、アルゼンチン政府との間で「アルゼンチンにおける重水炉建設に関する協定」を締結し、中国がアルゼンチン重水炉プロジェクトの一部の設計とほとんどの部品の供給ならびに技術供与することで合意した。

第1-29図 AFMRが専門家の技術審査をパスした



出典：中国核工業集团公司

2014年11月5日、「中国原子力発電重水炉先進燃料技術開発センター」の設立式が北京で行われた。中核集団の俞培根副総経理とカナダCANDUエナジー社のPreston Swafford社長が設立式に出席した。

同センターは中核集団泰山第三核電有限公司内に置き、研究開発やシステム設備、ビジネス、管理の4部門で構成されている。主に、重水炉の発展戦略、先進燃料と同位体の研究開発、国内外の重水炉プロジェクトの技術支援を実施する予定である。

第1-30図 中国原子力発電重水炉先進燃料技術開発センターの設立式



出典：中国核工業集团公司

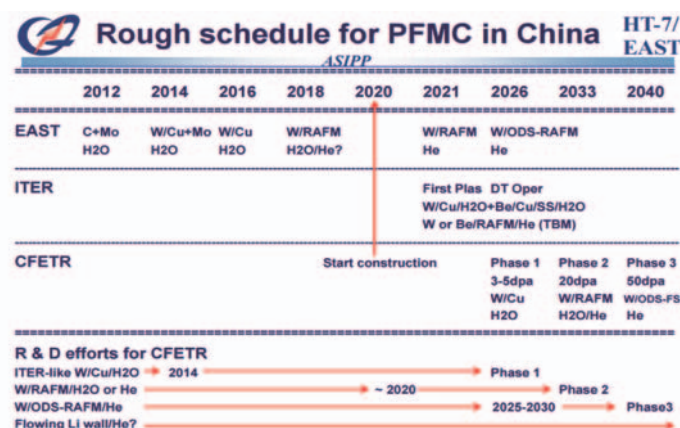
なお中核集団は2014年7月24日、カナダSNC社と合弁会社を設立し、海外で協力して重水炉プロジェクトを受注することで合意した。中核集団は同11月8日、CANDUエナジー社と合弁会社を設立するという枠組協定も締結。現在、合弁企業設立に向けた作業が進められている。

1.10 核融合炉

核融合炉は、中国の炉型戦略の中で、熱中性子炉—高速増殖炉のあとにくる最重要の炉型と位置付けられている。中国は、国際核融合実験炉計画（ITER）に参加しているほか、中国初の超伝導トカマク実験装置「EAST」を自主設計し、運転に成功した。

中国科学院プラズマ物理研究所は1978年に設立され、「HT-6B」、「HT-6M」、「HT-7」に続き、中国初の超伝導核融合装置「EAST」のトカマク型実験装置を建設し、運転させた。

第1-31図 中国核融合実験炉のスケジュール



出典：中国科学院プラズマ物理研究所

第1-32図 EAST核融合装置



出典：中国科学院プラズマ物理研究所

中国科学院合肥物質科学研究院プラズマ物理研究所と中国科学技術大学は2014年5月、共同で核融合炉用のクラウドプラットフォーム（CFETR-CCP）を構築した。

中国科学院合肥物質科学研究院は2015年3月、核融合炉構造材料CLAM鋼の中性子照射性能試験を完了し、国際的な先進水準に達した。この研究は中国科学院と中国政府の資金援助を受け、中国科学院の核安全所のFDSチーム及びスイスのポール・シェラー研究所が10年近くの期間をかけて達成した研究成果である。

2015年8月29日に閉幕した中国トリチウム科学技術学術交流会において、中国工程物理研究院材料所は、すでに中国核融合炉実験炉「CFETR」のトリチウムプラントの概念設計が完成し、トリチウムの抽出、トリチウム燃料精製・分離、トリチウム貯蔵、トリチウム測定などの分野でブレイクスルーを達成したことを明らかにした。

中国工程物理研究院の羅徳礼・副総工師は、すでに完成した「CFETR」のトリチウムプラントの概念設計のなかで、トリチウム燃料内部循環ループ、トリチウム安全・収容システムの全体設計を提示するとともに、サブシステムの機能要求やプロセスフロー、基幹技術パラメータ等の研究が確定したと述べた。

中国工程物理研究院の研究グループは、水素同位体の分離や、水とトリチウムの分離、トリチウム収容等の、トリチウムプラントのサブシステムの原理的な技術を基本的に掌握するとともに、トリチウムの抽出、トリチウム燃料の精製・分離、トリチウム貯蔵、トリチウム測定等の原理的な実験システム及び基幹設備のサンプル機を開発した。

科学技術部は2015年8月28日、国家核融合炉全体設計研究プロジェクト認証会議を開いた。同プロジェクトでは2011年に立ち上げられ「ITER」ならびに国際的な核融合炉の設計・技術をベースとして、「CFETR」の設計プランと「ITER」への対応を完了した。このプロジェクトでは、幅広い国際協力が行われており、米国やドイツ、フランス、イタリア等が「CFETR」の設計に参加しているほか、ロシアも「CFETR」への参加を表明している。

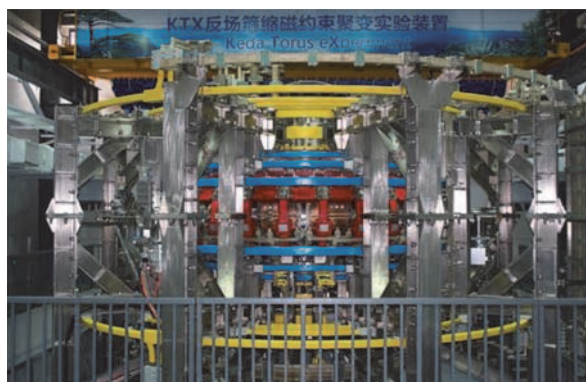
2015年10月13、14の両日、第1回CFETR物理国際顧問委員会が中国科学技術大学で開催され、中国や米国、日本からの50名の専門家が参加した。

第1-33図 第1回CFETR物理国際顧問委員会



2015年11月4日、中国初の大型逆磁場ピンチ式（RFP）プラズマ実験装置「KTX」（「科大一環」）が中国科学技術大学で据え付けと調整・実験を終え、定常運転に入った。2分ごとに放電し、最大プラズマ電流は180kAで、「ITER」や「EAST」と比べると、簡略で操作性に優れるといった特徴を持つ。

第1-34図 KTX装置



出典：反场箍缩磁约束聚变实验装置“科大一环”建设工程竣工
(http://qybx.ustc.edu.cn/news/new3/201509/t20150917_227381.html)

第2章

原子力基礎工学研究の現状と動向

2.1 燃料・材料工学研究（分離変換、マイナーアクチニドの湿式・乾式分離、高耐食性材料・低放射化材料）

(1) 清華大学

清華大学核能・新能源技術研究院は1980年代から使用済み燃料の再処理によって生じる高レベル放射性廃液からアクチニド元素と強放射性のストロンチウム90とセシウム137を取り除く研究を行っている。これは「高レベル放射性廃液分離技術研究」で、国家重点研究プロジェクトと認定され、科学技術部の「国家ハイテク研究発展計画」（「863計画」）の資金援助ならびに国防科学技術工業委員会（当時）の支援を受けた。現在は、設備プロセス・ベンチマーク試験の研究作業が実施されている。

アクチニド元素を除去する「TRPOプロセス」は、最も将来性がある2つ方法の1つとして国際的にも評価されており、「高レベル放射性廃液分離技術研究」は、国家級及び省級の奨励賞を10件程度受けている。

(2) 上海交通大学

上海交通大学核燃料サイクル研究室は主に使用済み燃料の先進的な再処理技術、高レベル放射性廃液分離、アクチニド元素と核分裂生成物の化学挙動、放射性核元素分離用高性能吸着材料などの研究開発を進めている。

研究分野には、高速増殖炉燃料サイクルシステムにおける先進的な使用済み燃料再処理技術、長寿命マイナーアクチニド元素と核分裂生成物の分離、新型吸着分離材料の研究開発、イオン価電子状態を制御する電解装置の研究開発、放射性汚染水処理技術及び装置の開発、先進医療用放射性核種による診断と治療薬物の研究・製造などがある。

現在、進められている案件として、国家自然科学基金委員会の重大プロジェクトである「BTPs類複合化剤によるアクチニド元素分離技術」、同委員会と日本の科学技術振興機構（JST）との国際協力プロジェクトである「放射性汚染廃水処理用の高効率多機能吸着剤の開発と利用評価」などがある。JSTとの共同研究は、使用済み燃料の再処理過程で生じる大量のマイナーアクチニド元素の除去、及び福島第一原子力発電所事故によって発生

した大量の放射性廃水中に含まれる放射性物質の除去・浄化研究である。

(3) 南華大学

南華大学核化工・核燃料工程学科には教授1名、副教授2名、講師4名、客員教授3名がおり、在籍中の院生は約10名、学部生300名程度である。専攻課程には、核化学・放射化学、使用済み燃料再処理、ウラン化合物転換プロセス学、核燃料工学、核燃料サイクルなどがある。卒業生は主に、中核404工場、中核陝西ウラン濃縮有限公司などで半年間実習を行い、実験の技能や専門技能を養う。

(4) ハルビン工程大学

ハルビン工程大学では2007年に核化工・核燃料専攻が設置され、2008年から学生の募集を開始した。同専攻は国防に関係しているのが特徴で、教師は14名で、このうち2名が教授である。毎年25～30名規模の学部生と10名前後の院生を募集している。研究開発テーマには、同位体の分離・応用、核燃料サイクル・材料などがある。同位体の分離・応用は、主として化学合成法や同位体交換とバイオ合成法など、標識化合物を利用したもので、標識化合物の化学や生物学、医学、農業科学研究にも応用されている。核燃料サイクル・材料では、主に核燃料の獲得、使用、処理、回収利用といった全過程に関する研究を行っている。

(5) 中国科学技術大学

中国科学技術大学核科学技術学院は、核材料の性能研究や、溶接プロセス、熱と電気物理、力学性能（引っ張り性能、衝突性能、疲労とクリープ性能）、照射（損傷、活性化）性能、核燃料サイクル、核分裂性物質の分離・変換、放射性廃液処理、核燃料・変換材料の製造、マイナーアクチニド元素分離、長寿命核種の分離・変換、放射性廃ガスの処理、核種の形成などを研究テーマとしている。

(6) 中核北方核燃料元件有限公司

清華大学核研院と中核北方核燃料元件有限公司が共同で実施した高温ガス炉燃料の研究は2014年12月30日にオランダでのテストを完了し、核燃料コンポーネントの各測定性能指標から、中国の核燃料と核燃料開発システム技術が世界先進レベル

に達したと認められた。

同研究は、年間10万個の高温ガス炉用燃料球の製造に関連したもので、山東省で建設中の高温ガス炉実証炉（電気出力21万kW）向け。製造ラインは内モンゴル自治区にあり、設計生産能力は年間30万個。清華大学が独自開発した技術を利用し、中核北方核燃料元件有限公司が所有し、生産と運営管理を担当する。生産ラインは2013年3月に着工し、2014年12月10日に黒鉛粉末実験を開始した後、燃料要素生産ラインが順次生産段階に入った。

（7）中国核工業集团公司

中核集団は2015年9月23日、中仏核燃料サイクル協力推進会を開いた。フランスのラ・アーク再処理工場を参考とし、両国が共同で中国において再処理工場を設立する計画になっている。中核集団が建設を担当し、フランスのアレバ社が技術指導を担当する。工場の敷地面積は3km²、投資規模は1000億元を超える見込み。完成後、年間の再処理能力は800トン。核燃料サイクルの要（かなめ）となる再処理工場の稼働によってウランの利用率を高めることが期待されている。

また、敷地内に使用済み燃料貯蔵センターを建設することが計画されている。I期工事の貯蔵能力は3000トンの予定。原子力発電所から取り出された使用済み燃料を一括管理することによって、核燃料の安全利用を図る。そして、将来的には高レベル放射性廃液をガラス固化することで、放射性物質を長期保存と管理が可能になる。再処理プロジェクトは2020年に着工し、2030年に完成する見通しである。

（8）中国科学院金属研究所

中国科学院金属研究所は2015年9月20日から23日にかけて、中国核能行業協会と共催で「第4回原子力発電所の材料と信頼性に関する国際シンポジウム」（4th International Symposium on Materials and Reliability in Nuclear Power Plants）を瀋陽で開催した。

シンポジウムでは、原子力発電所重要部品の材料問題、照射による材質低下、原子力発電所重要部品の熱による老朽化と安全評価、蒸気発生器の伝熱管材料の腐食、原子力発電所の水化学、原子力発電所重要部品の応力腐食、原子力発電所材料腐食の分析技術などのテーマについて議論された。

参加者はシンポジウムで、中国の原子力材料と設備の製造、発電所の老朽化管理と技術分析を強化すること、発電所の製造や運転、寿命延長における原子力材料の研究、発電所の大量建設に伴う

安全性確保、原子力材料分野の国際交流の深化について協議した。

（9）成果と課題

全体的に近年の動きから見ると、中国の使用済み燃料再処理技術はかなり進歩したとみられている。中国の使用済み燃料再処理パイロットプラントは2010年にホット試験を実施し、中間試験も計画されており、将来の商業用使用済み燃料再処理の基盤となる。一方で、自動制御技術や遠隔メンテナンス、処理システムなどで多様な問題を抱えており、中国の原子力発電所の建設ピークに合わせ、処理能力の向上が求められている。

原子力材料については、ジルコニウムとハフニウムの研究開発・生産体制が完備されているが、原子力材料の効率的な応用と国産化に多くの問題がある。高性能のジルコニウムとハフニウムの新材料の実用性向上が今後の研究課題になるとみられている。

2.2 環境・放射線工学研究（放射性物質の環境影響、放射線防護、放射性廃棄物の資源化）

（1）中国輻射防護研究院

中国輻射防護研究院は中核集団の子会社で、中国国内で唯一放射線防護研究・応用に従事している総合研究機関である。放射線防護、原子力緊急事態への対応と原子力安全、放射医学と環境医学、原子力環境科学、放射性廃棄物（固体、気体、液体）処理と発電所の廃止措置、照射技術、環境保全技術、原子力電子情報技術、バイオ材料、職業病診断・治療などの分野で研究を行っている。職員は約1100名で、このうち高級研究員が280名以上いる。

研究院傘下に、6つの研究所と3つの企業、1つのバイオ材料研究開発センターがある。中核集団の放射防護技術重点実験室、原子力環境シミュレーション・評価技術重点実験室、高レベル放射性廃棄物地層処分評価技術重点実験室、原子力施設の廃止措置・放射性廃棄物処理工学技術センターのほか、環境保護部の国家環境防護健康重点実験室などの重要な研究機関が同研究院に設置されている。

このほか、中核集団の放射線防護測定器の検査センターや個人線量管理・サービスセンター、環境モニタリング・評価センター、放射線防護と原子力安全教育訓練センター、放射線事故応急技術支援センター、職業病登録・サービスセンターの管理サービス業務を請け負っている。

(2) 南華大学

南華大学放射線防護・核安全学院は、放射線防護と原子力安全の専攻を置き、学部と博士課程を設けている。5名の教授を含め、合計13名の教師がおり、博士課程在籍者6名と約60名の院生を含め、学生は全部で200名に達する。

放射線防護や原子力・放射線安全、原子力環境モニタリング・評価等の専攻がある。放射線防護と原子力安全を専攻する教師陣は各種の委託業務を請け負っており、この中には国防基礎プロジェクト(5件)や国家自然科学基金のプロジェクト(13件)、環境保護部の研究プロジェクト(10件)、高等学校博士学科特別プロジェクト基金(2件)、省クラスの重点・一般課題(10件)などがある。

(3) ハルビン工程大学

ハルビン工程大学核輻射技術研究所は2008に設立され、核電子学実験室や放射線防護実験室、原子力技術実験室などを設け、放射線防護設計や原子力環境工学、放射線モニタリング・設計等を研究分野としている。中性子線量モニタリングや原子力施設の放射線防護遮蔽の最適化設計、個人線量測定などの研究成果が得られている。

研究所の設立の目的は、黒龍江省内の放射線技術の水準を高め、ハイテク産業の構造調整を実現し放射線産業規模を拡大することにある。現在、教授3名、副教授3名を含めた研究員13名と大学院生20名在籍中である。近年、中国原子能科学研究院や中国輻射防護研究院、清華大学との交流も拡大している。

(4) 中国科学技術大学核科学技術学院

中国科学技術大学核科学技術学院は放射線防護と環境防護の研究をしており、シンクロトロン放射光とトクマク装置の特徴を研究し、ビーム損失モニタリング、パルス混合モニタリング、原子力発電所の定常モニタリングに関連した物理、生物学的な研究のための基礎条件を提供している。主な研究内容は以下である：

- ▶ 光子分光測定と放射性核種識別
- ▶ 光量子線量測定
- ▶ 中性子線量測定
- ▶ α β 表面汚染測定
- ▶ バックグラウンド放射線量測定
- ▶ シンクロトロン放射光ビーム損失測定・制御・システム改善
- ▶ トカマクパルス光量子・中性子混合フィールド条件下における光量子・中性子瞬間線量率モニタリングシステムの研究開発

▶ 短パルス混合フィールド条件下での生物効果研究

(5) 西安交通大学

西安交通大学核技術研究所は2006年に設立、原子力技術の応用を研究している。主な研究内容は、放射線測定技術、加速器マスマススペクトル応用、原子力放射防護、放射線効果、放射線遮断材料、放射線イメージング技術、同位体電池などである。

国家ハイテク研究発展計画(「863計画」)や国家自然科学基金プロジェクト、国防預研基金、企業委託など20件を実施するとともに国際協力プロジェクトも5件を実施した。

現在の研究テーマには、ヨウ素129の環境媒体中の化学形態と転移特性研究、二次遮蔽材料及び遮蔽構造最適化設計方法研究、大亜湾原子炉ニュートリノ実験の物理研究、炭化シリコン繊維の強度増加と極限環境における照射防護メカニズム基礎研究、極限照射環境下における核分裂生成物セシウムの拡散を阻止するSiCの研究などがある。

(6) 華北電力大学

華北電力大学核科学工程学院は原子力分野の科学研究を積極的に展開しており、欧陽曉平教授をリーダーとする放射線防護と環境防護研究チームは合計6名の教師と10名の院生で構成され、半導体放射線測定技術、電流型パルス放射線測定技術、X線パルスGPS技術、先進放射線測定技術・データ取得・処理技術などを研究している。

(7) 北京大学

劉春立教授(中国核学会核化学放射化学支部常務理事を兼任)が率いる北京大学核環境化学チームは主に環境中の放射性核種の吸着、拡散、移転、分布などの研究をしている。また、国家自然科学基金や原子力施設廃止措置・放射性廃棄物処分特別基金、国際協力研究プロジェクトなどの支援を受け、「ヨウ素129、セレンウム79の地下水系における吸着と拡散ルール研究」、「ウランカルボン酸化合物の合成と核燃料サイクルにおける応用研究」、「ウランとトリウムの中国の代表的な候補地における吸着、分布などの力学研究」、「ウランとトリウムの鉱物—水表面における吸着と拡散現象の動力学模擬実験」、「アクチニド元素の地下水における様態と影響」、「高温下での主要核種のかこう岩中での拡散研究」などを実施している。

(8) 上海交通大学

上海交通大学核能化工実験室は2010年に設立され、核科学・工程学院に属している。韦悦周教授

がリーダーであり、教師5名、院生・研究生が約20名いる。韦教授は海外で核燃料サイクルを研究してきており、日本国内でも多くのプロジェクトに参加した。同実験室は、使用済み燃料の再処理技術、高レベル放射性廃液の原子力物質分離技術、廃液から金属回収などを研究しており、多くの国家レベルの研究案件も実施している。

高レベル放射性廃液からレアアースなどの金属を回収するため、同実験室はマイナスプラズマ交換法と抽出分離技術を利用し、マイナーアクチニドの湿式研究をしており、使用済み燃料からウランとトリウムだけではなく、セシウムとストロンチウムを回収し、放射線に利用することを試みている。

その他に、パラジウム、ルテニウム、ロジウムなどの貴金属を回収し、工業用材料と触媒に利用する研究を実施している。溶剤抽出とプラズマ交換の欠点を克服するため、新型のシリコンマイナスプラズマ交換吸着剤とキレート配位を一体にする電解装置を開発した。

(9) 蘭州大学

蘭州大学の放射化学・核環境研究所の所長は呉王鎮教授（中国核化学・放射化学委員会委員兼任）であり、原子力放射化学、環境放射化学、放射分析・核化学、放射性同位元素の技術・応用等の研究をしている。基礎研究分野では、放射性核種の吸着・転移、放射性廃棄物処理、長寿命核分裂性物質の粘土鉱物と酸化物における吸着メカニズムなどで成果を出しており、放射性廃棄物処分の理論的な研究に貢献した。

応用研究については、原子力企業が抱える、放射性廃棄物の処分候補地選定にあたっての放射性物質の石灰土壌での吸着と移転を研究してきた。

2.3 原子力シミュレーション・計算科学

欧米先進国と比べると、中国のバーチャル原子炉技術の発展は遅れている。原子力の自主開発と輸出戦略の要求から、関連の大学と企業は、バーチャル原子炉技術について初歩的な研究を実施した。

国家能源局と「863計画」に参加するグループは、「第13次5ヵ年」計画中にバーチャル原子炉技術に関連した科学研究計画を組み込むことを明確にした。各原子力発電組織も、デジタル発電所の研究を始めており、中広核工程会社の「スマート発電所」、国家核電上海核工程研究設計院の「デジタル発電所」などがある。

バーチャル原子炉の研究開発については、実行可能性調査を踏まえ、上海核工程研究設計院

のように、米国や欧州を参考にして建設計画を策定したところもある。中国核動力研究設計院とハルビン工程大学は、米国の「CASL」（The Consortium for Advanced Simulation of Light Water Reactors）を参考に、関連の研究を着実に進めている。今後も、この分野の投資は拡大され、関連の国際交流が活発になるとみられている。

(1) 国核（北京）科学技術研究院

国核（北京）科学技術研究院ソフト技術センターは2010年5月21日に設立された、中国内唯一の原子力ソフト自主開発組織である。同センターは、第3世代原子力発電技術をベースに、中国の原子力発電所専用ソフトの開発に注力している。2015年2月28日、「COSINE ソフト」（プロジェクト認証版）が北京で発表された。熱工学的安全や物理遮蔽、運転プラットフォームで構成されている。同ソフトは、原子力発電所のサブシステム、サブチャンネル、格納容器、燃料集合体、炉心及び中性子動力学の計算・分析能力を持っており、発電所の大部分の計算ニーズに満たせると考えられている。

(2) ハルビン工業大学

ハルビン工業大学能源科学・工程学院に下に核動力・シミュレーション研究センターが設立された。同センターには原子力発電デジタルシミュレーション・プラットフォームがあり、原子力設計や運転、メンテナンスなどに関連した研究が行われている。2015年3月13日、フランスのCORYS社と共同で原子力システムシミュレーション国際共同研究センターを設立した。

同センターは、原子力発電のシミュレーション分野での国際協力をベースとして、中国の原子力発電所の安全な操作基準確立を支援していく。具体的には、原子力プロジェクト訓練と研究のソフト、原子力発電所中央制御室のハード操作関連ソフト、発電所操作規則と発電所システム設計基準などが研究内容になっている。

第2-1図 ハルビン工業大学原子力シミュレーション国際共同研究センターを設立



出典：ハルビン工業大学

(3) 中国科学院合肥物質科学研究院

中国科学院合肥物質科学研究院核能安全技术研究所は、主として原子力先進システムを研究している。具体的には、中性子物理と臨界安全、原子力材料と設備安全、核熱工学と事故、原子力システムの運転と制御安全、放射線防護と環境影響評価、原子力ソフトとシミュレーション、信頼性と確率安全、原子力化学と安全、原子力緊急事態への対応と原子力文化などがある。現在、約400名の研究員がおり、国際熱核融合実験炉（ITER）計画のほか、中国政府やIAEA、IEAなどから依頼された案件を多数実施している。

2015年11月3日、安徽省科技厅が主催し、中国核工業集团公司、中国船舶重工集团719研究所、西北核技術研究所、中広核工程設計有限公司、中国核動力研究設計院、ドイツKIT研究所、中国科学技術大学、合肥工業大学、深圳大学などが参加して、中国科学院合肥物質科学研究院が研究開発した「SuperMC」を審査した。

参加者らは、「SuperMC」の研究成果について、複雑構造問題のシミュレーション計算能力と計算速度が国際レベルに達し、国際的にみてもそんな技術水準になったとコメントした。同ソフトはコード量123万行に達し、世界の50カ国、23件の国際重大原子力プロジェクトでも利用されている。

第2-2図 「SuperMC」成果認定会議



出典：中国科学院

(4) 上海交通大学

上海交通大学核科学工程学院は2007年にシミュレーション実験室を設立した。実験室は国内先進のハードとソフトを有しており、原子力発電所の1ループ、2ループならびにその他補助システムの分析、中央制御室パネルのシミュレーションを研究している。自主開発した技術は、国内の既存の発電所と第3世代原子力発電所の安全・事故分析に対応できるほか、シミュレーション（中央制御室操作訓練）、事故管理（操作と緊急事態の対応規

程研究、デジタル事故規程研究）、設計（中央制御室要員向けのマン・マシンインターフェイス設計、スマート診断と警報技術研究）、発電所一体化分析（MELCOR、MAAP）、システム分析（SCDAP/RELAP5など）の研究も進めている。

(5) 華北電力大学

華北電力大学核科学・工程学院は陳義学教授をはじめとするチーム（教師6名、院生20名）が原子力分野でのシミュレーション及び計算科学の関連研究を実施している。主な研究内容としては、デジタルシミュレーション方法とソフト開発、核融合中性子学と放射線安全、ニュートリノ・シミュレーション分析と先進測定技術、次世代炉などがある。

2.4 量子ビーム技術研究（ライフサイエンス、ナノテクへの利用）

(1) 中国国家ナノ科学センター

中国国家ナノ科学センター（国家ナノ科学中心）には中国科学院ナノバイオ効果・安全性重点実験室と中国科学院ナノ標準・検測重点実験室という2つの重点実験室があり、ナノ部品やナノ材料、ナノバイオ効果・安全性、ナノ製造・応用、ナノ基準、ナノ表象を扱う6つの研究室がある。

同センターは北京大学、清華大学、中科院福建物構所などと19の実験室を共同で設立している。ナノセンターの基礎研究には、ナノ表面技術、ナノ材料の自動組み立て研究、炭素系の新原理部品の研究、機能志向型ナノ材料の研究、ナノバイオ効果・安全性などが含まれている。応用研究には、ナノ複合塗装材料の電力設備における応用、エイズ予防薬物の研究製造、生物化学検査測定試験紙の低コスト印刷技術と全自動核酸測定チップ・機械の研究などがある。同センターが中国ナノ測定用の標準体型を構築し、物質研究方法の標準化と多様化の任務を負っている。

(2) 中国科学院物理研究所

中国科学院物理研究所の国際量子構造センターは、多数の学科にまたがる相互交流や実験と理論の一体化、各実験室と研究チームの強みを活かし、量子物理及び関連する科学技術の研究を強化し、最新の量子現象を研究対象にして、高性能の原子力材料の基礎研究を進めている。また、招聘した米国プリンストン大学のノーベル賞受賞者の崔奇教授が学術指導にあたっている。

原子力分野への量子ビーム技術の応用としては、加速器駆動臨界システム（ADS, Accelerator

Driven Sub-critical System) が特に注目されている。同システムは、強力な中性子によって放射性廃棄物の強度を低減することで廃棄物の少量化を実現できる。国際的に見ても、最も将来性がある放射性廃棄物処理技術と考えられる。中国科学院は、戦略的先導科学技術特別プロジェクトである「未来先進核分裂変換 = ADS 核変換システム」の研究開発を進めている。

(3) 中国科学院

中国科学院の研究チームは「加速器駆動先進原子力システム」(Accelerator Driven Advanced Nuclear Energy System, ADANES) というまったく新しい考えを提案し、原理的な模擬試験検証も終了した。ADANES システムは、ADS 加速器と使用済み燃料の再生利用・処分——で構成される。加速器駆動システムに固有な安全性と冗長性を利用し、廃棄物変換、燃料増殖・生産を一体化するため、部分的に中性子ポイズンを除去した使用済み燃料を ADS 燃焼器の核燃料として使用できる。

論理的には、同システムによりウラン利用率を現在の軽水炉の 1 % から 95 % までに高めることができ、発生する放射性廃棄物についても、もとの使用済み燃料の 4 % に抑えられ、かつ放射性核種の寿命も今までの 10 万年から 500 年に短縮できる。

同システムによって、ウラン資源に基づく核分裂を数千年にわたって持続できる。中国科学院は、国の支持が得られれば、2022 年前後に使用済み燃料リサイクル利用検証と ADS の原理試作機 (熱出力 10MW) を経て、2030 年前後に工業規模での実証を行うことができると見込んでいる。

2.5 放射線の工業利用、農業利用

(1) 北京市放射線応用研究センター

北京市放射線応用研究センターは北京市科学技術研究院に所属し、1987 年に国際原子力機関 (IAEA) と国家科学委員会の資金援助を受けて設立された研究組織である。2000 年の行政改革で研究機関からハイテク企業に変わった。2008 年に国家級のハイテク技術企業として認められ、2012 年には国家タイムツ計画の重点ハイテク企業に指定された。

同センターは新型軍用車両中性子ガンマ放射線防護材料、複合遮断材料、接着剤、プルトニウムガスコロイドのモニタリング濾過材料の研究製造などを実施。中性子ガンマ放射線防護材料、放射線改質特殊ゴム材料、熱・騒音遮断材料、原子力計測測定計器などの成果をあげている。

(2) 清華大学

清華大学放射線成像 (放射線イメージング) 創新チームは 1995 年に設立され、放射線イメージングに関する科学技術問題を解決し、加速器照射移動式のコンテナ検査システム、放射線を用いた大型設備欠陥測定技術などの成果をあげている。

(3) 四川大学

四川大学原子核科学技術研究所には教授 11 名が在籍し、CS30 サイクロトロン、2.5MeV 静電加速器等の大型加速器を所有している。1993 年に教育部の放射線物理と技術重点実験室に指定された。

近年は、放射線治療の最適化設計、3D 放射線治療計画システム、核物質標的療法とイメージング、同位体スパイク技術の漢方と天然薬物選定と治療における応用、放射性廃液処理と核物質の環境における化学的挙動、測定制御技術の研究と応用、携帯式ガンマセキュリティ装置、X 線蛍光分光法のセメント原料配合と管理システムなどで成果をあげている。

(4) 上海交通大学

上海交通大学核科学工程学院は、工業や農業、医学、環境防護などの分野での放射線の応用可能性を模索してきた。主に、放射線モニタリングと防護、環境放射線モニタリングと警報システム、放射線イメージング技術、放射線安全と原子力事故への緊急対応、汚染モニタリングと処理技術、汚染のない新エネルギー開発などをテーマとして研究している。具体例を以下に紹介する。

- ▶ 中・低レベル放射性廃棄物活性度測定技術：放射性廃棄物ガンマスペクトル分析方法、PET—CT 技術に基づいた非均質中・低レベル放射性廃棄物の放射性核種分布と含有量の定量測定
- ▶ 環境放射線モニタリングと警報のネットワーク技術：放射性物質の移動法則に基づき線量率異常の識別技術を研究し、環境放射線モニタリング及び警報ネットワーク技術システムを整備する。
- ▶ 核イメージング技術：放射線と物質の相互作用法則に基づき、3D 映像コンピューティングを研究し、工業や農業、医学における応用可能性を探る。
- ▶ 放射線安全と事故への緊急対応：原子力施設で事故の発生や放射性物質のモニタリング、核種の移動などを研究し、放射性評価基準と地理気象条件に基づき、応急対策の最適化を

模索する。

- ▶放射性物質の環境影響評価：地理と気象条件に従い、バックグラウンドの評価、研究を行い、核心的な核モニタリング技術・方法を研究する。
- ▶汚染モニタリングと管理：現代分子生物学の技術を利用し、ウランやプルトアクチニウム、ヒ素などの放射性汚染物と重金属汚染のバイオモニタリング、バイオ処理、バイオ修復方法を研究する。
- ▶生態学や農業科学における同位体技術の研究：同位元素のトレーサー技術に基づき、核種の移動法則や環境汚染物の分解ルートの研究を行うとともに、農業や環境生態学、医学、分子生物学へのこうした技術の応用を検討する。

2.6 まとめ

原子力産業の着実な発展に伴い、中国政府は原子力の応用を一層重視するようになっている。研究資金と案件数も増加しており、海外との連携も拡大している。

原子力基礎工学での研究は国際レベルに接近しているが、課題も多い。開発体制、知的財産の保護、技術成果の産業化応用などの問題のほか、設計と評価に関しては外国の組織と企業に依存しすぎ、安全に関する分析ソフトの検証手段も少ないことに加え、第4世代の先進的な原子力システムの開発と研究に投じる費用もまだ足りないことなどの問題を今後解決しなければならない

第3章

原子力人材の育成の現状と課題

第1章

中国の新型炉の研究開発の
現状と動向

第2章

原子力基礎工学研究の
現状と動向

第3章

原子力人材の育成の
現状と課題資料
編

3.1 原子力人材の需給予測

原子力人材は、狭義には原子力発電所の科学研究や設計、建設、工事監督、審査、運転、放射線防護監督などに従事する人材を指している。広義には、原子力発電所の設備加工や核燃料製造、放射性廃棄物の処理・処分などのサービスを提供する人材も含まれる。中国の原子力人材は下記の問題を抱えている。

(1) 人材不足

中国では、原子力の持続的な発展に伴い、多くの企業が原子力分野に参入しようとしている。原子力プロジェクトは発電を中心として年々増加しており、技術者だけではなく、管理層を含めた事務系の人材不足が続くとみられている。

現在、合計47の大学で原子力関連の専攻が設置されており、年間の卒業生は2000人以上に達し、発電所の運転要員や非破壊検査要員の育成体制は完備しつつある。第3世代原子力発電所の事業会社は、内部で人員養成体制を整備するとともに終身養成制度も確立し、運転中の原子力発電所の人材ニーズに対応している。原子力発電所の許可のスピードアップにともない、会社内部の人材養成制度だけでは対応できず、慢性的な人材不足問題が顕在化している。

中国は、日本の福島第一原子力発電所事故を受け、原子力発電所の新規申請と着工を停止した。このため、技術者の転職や新規募集の減少の影響もあり、卒業生の就職に悪影響が及び、大学側も新入生の募集削減などの一時的な対応をとらざるを得なかった。その結果、一時的に人材不足と卒業生の質の低下がもたらされた。

(2) 専攻構成のアンバランス

原子力人材は、専門により大きく分類すると原子力専攻と非原子力専攻に分けられる。原子力専攻は、原子力に関連した知識体系を集中的に勉強できる学科である。一方で、機械や電気、熱工学、化学工学、計装制御、建築・土木などの専攻は非原子力専攻と呼ばれている。

中国国内では、清華大学や上海交通大学、西安交通大学、ハルビン工程大学などの名門大学で原子力専攻が設置されているが、全体として見ると

原子力専攻を設置する大学は少ない。また、原子力専攻の卒業生のうち原子力プロジェクトに関わる仕事につく人数は半数程度に過ぎない。福島第一原子力発電所事故後、中国国内での原子力発電プロジェクトが停滞したことから、上記の4大学では合計で200人程度しか学生を募集しなかった。原子力専攻卒業生の減少と人材流失の影響は、政府の管理部門と原子力事業専門会社、とくに技術系で顕著である。

(3) 人材の質の向上

人材不足の問題を抱える企業と政府部門は、各種の対策によって問題解決を図ろうとしている。しかし、原子力に関連した知識は体系的に勉強する必要があると同時に実務経験の蓄積も重要なため、現場の新入社員の質が懸念されている。とくに、原子力関連の仕事は現場で蓄積するノウハウがきわめて重要であるため、原子力安全を確保するためには、多様な方法で、こうした問題を克服しなければならない。

(4) 核燃料サイクルと放射化学部門での深刻な人材不足

福島第一原子力発電所事故の対策がとられ原子力プロジェクトが再開された。計画中の原子力発電所も相次ぎ建設をスタートし、運転を開始するのにともない、使用済み燃料の発生量が増大していくとみられる。使用済み燃料の貯蔵プールの容量にも制約があることに加えて、使用済み燃料の輸送能力や処理能力の不足、こうした分野での人材不足もあり、核燃料サイクル部門での問題が深刻度を増している。

中国国内の大学で原子力化学工学と核燃料工学の専攻が設置されたのは、最近10年のことに過ぎず、学生だけではなく、教師の量と質が現状に対応できていない。

また、放射化学の研究に従事する人材もこの20年間に急激に減少し、専門家の高齢化と定年退職、中高年の転職などもあり、放射化学部門では、原子力発電や国家安全、核医学だけではなく、他の業種のニーズを賄うことができなくなっている。

中国で「核科学・技術学院(部)」を設置している大学は30校あり、このうち放射化学(あるいは

原子力化学工学) 専攻を設置する大学が10校ある。毎年募集している学部生は100名程度、院生は30名程度であり、社会的ニーズに対応できない状態が当分は続きそうである。中国科学院の柴之芳院士は、2010～2015年にかけて放射化学分野では毎年200名程度の学部生、100名の大学院生、70名程度の博士を輩出してきたとしたうえで、2016～2020年までには需要がさらに拡大すると予測している。

中国の原子力関係者は、原子力開発の急加速や現場人材の高齢化を考えると、原子力の人材不足が原子力発電の健全な発展に悪影響を与えるのは必至と見ている。

また、大学での教育施設の不備に加えて、教師の質や卒業生の質に対しても懸念が強まっている。授業内容も中国の原子力発展の実情に合っていないとの指摘もある。

3.2 大学における原子力教育

軍事及び民生部門での原子力の発展を促進するため、中国の原子力人材教育は1950年代からスタートした。問題がないとは言えないが、60年に

及ぶ発展と変革を経て、学部や大学院、専門教育、人材養成の基本体系が構築されている。

(1) 学部(本科)教育

原子力関連の専攻を設ける大学では、「原子力発電所の建設、運営の最前線に立つ人材を育成すること」を教育方針に掲げている。

原子力工学と原子力技術の専攻が学生に人気が高い一方で、原子力化学工学・核燃料工学を設置する大学はわずか3校、放射線防護・原子力安全の専攻を開設する大学も5校しかない。さらに、原子力関連の「工学物理学科」は清華大学の1校だけしかない。

中国の大学の学部における原子力教育は、原子力工学と原子力技術専攻が主体となっており、その他の専攻は補助的な存在に過ぎない。

(2) 大学院教育

大学院の原子力専攻は、実用性より学術性と専門性が重視されている。大学院課程は、大学以外に、中国原子能科学研究院や、中国科学院等の研究機関に設置されている。

第3-1表 原子力専攻を設置する主な大学

1	清華大学
2	上海交通大学
3	西安交通大学
4	ハルビン工業大学
5	ハルビン工程大学
6	中国科学技術大学
7	華北電力大学
8	南華大学
9	南華大学船山学院
10	蘭州大学
11	東華理工大学
12	瀋陽工程学院
13	四川大学
14	西南科学技術大学
15	重慶大学
16	武漢大学
17	南京航空航天大学
18	成都理工大学
19	東北電力大学
20	復旦大学
21	華南理工大学
22	電子科技大学
23	中山大学
24	北京大学
25	北京師範大学
26	吉林大学
27	東北師範大学
28	上海大学
29	鄭州大学
30	西南財經大学
31	南京理工大学
32	三峡大学

出典：各大学紹介

第3-2表 原子力専攻を設置する主な大学の概要

No.	名 前	住 所	ホームページ	設立 (原子力専攻)	教師人数				専攻学生数				国家重点 学科数	211 大学	985 大学
					合計	教授	副教授	その他	総数	学生	留学生	その他			
1	清華大学	北京市海淀区清華園1号	http://www.tsinghua.edu.cn/	1911 (1956)	118	36	82	-	約600	300	-	300	49	○	○
2	上海交通大学	上海市闵行区東川路800号	http://www.sjtu.edu.cn/	1896 (1958)	29	6	8	15	260	150	-	110	19	○	○
3	西安交通大学	陕西省西安市咸宁西路28号	http://www.xjtu.edu.cn/	1896 (1958)	31	12	7	12	約360	約360	-	-	45	○	○
4	ハルビン工業大学	ハルビン市南通大街145号	http://www.hrbeu.edu.cn/	1953 (1959)	35	15	15	5	1300	約1000	-	-	2	○	○
5	ハルビン工程大学	ハルビン市南岗区西大直街92号	http://www.hit.edu.cn/	1920 (2008)	9	6	3	-	-	-	-	-	-	○	○
6	中国科学技术大学	安徽省合肥市金寨路96号	http://www.ustc.edu.cn/	1958 (1958)	98	90	8	-	約600	約300	-	約300	12	○	○
7	華北電力大学	北京市昌平区北農路2号	http://www.ncepu.edu.cn/	1958 (2003)	27	8	6	13	約120	約120	-	-	2	○	×
8	華東理工大學	上海市梅隆路130号	http://www.ecust.edu.cn/	1952 (-)	45	8	13	24	750	600	-	150	7	○	○
9	南華大学	湖南省衡陽市常西路28号	http://www.usc.edu.cn/	2000 (2000)	45	8	13	24	約1000	約1000	-	-	7	×	×
10	蘭州大学	蘭州市天水南路222号	http://www.lzu.edu.cn/	1909 (1955)	71	13	22	36	約600	約600	-	-	8	○	○
11	東華理工大学	江西省南昌市經開区広蘭大道418号	http://www.lzu.edu.cn/	1956 (1999)	37	12	12	13	約700	約600	-	約100	-	×	×
12	瀋陽工程学院	瀋陽市沈北新区浦昌路18号	http://www.sie.edu.cn/	1952 (1952)	12	2	3	7	約320	約320	-	-	-	×	×
13	四川大学	四川省成都市一環路南一段24号	http://www.scu.edu.cn/	1994 (2002)	60	16	-	-	約300	約200	-	約100	37	○	○
14	西南科技大学	四川省綿陽市涪城区青龍大道中段59号	http://www.swust.edu.cn/	1959 (2006)	19	10	4	5	約250	約220	-	-	-	×	×
15	重慶大学	重慶市沙坪坝区沙正街174号	http://www.cqu.edu.cn/	1929 (2007)	10	4	4	2	約190	約130	-	約60	1	○	○
16	南京航空航天大学	江蘇省南京市秦淮区御道街29号	http://www.nuaa.edu.cn/	1952 (2008)	-	-	-	-	2967	2670	-	297	1	○	○
17	成都理工大学	成都市成華区二仙橋橋東三路1号	http://www.cdut.edu.cn/	1956 (2001)	118	13	29	76	-	-	-	-	4	×	×
18	東北電力大学	吉林市船营区长春路169号	http://www.nedu.edu.cn/	1949 (2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×	×
19	武漢大学	湖北省武漢市武昌区八一路299号	http://www.whu.edu.cn/	1893 (2008)	21	6	9	6	約300	約300	-	-	36	○	○
20	復旦大学	上海市楊浦区邯郸路220号	http://www.fudan.edu.cn/	1905 (2008)	28	11	13	4	約120	約120	-	-	20	○	○
21	華南理工大学	広州市天河区五山路381号	http://www.scut.edu.cn/	1952 (2008)	-	-	-	-	-	39	-	-	7	○	○
22	電子科技大学	四川省成都市高新源大道2006号	http://www.uestc.edu.cn/	1956 (2009)	-	-	-	-	-	-	-	-	6	○	○
23	中山大学	広州市港西路135号	http://www.sysu.edu.cn/	1952 (2009)	-	-	-	-	-	-	-	-	31	○	○
24	北京大学	北京市海淀区頤和園路5号	http://www.pku.edu.cn/	1898 (1955)	-	-	-	-	-	-	-	-	81	○	○
25	北京師範大学	北京市新街口外大街19号	http://www.bnu.edu.cn/	1902 (1979)	56	15	-	-	-	-	-	-	18	○	○
26	吉林大学	吉林省長春市前进大街2699号	http://www.jlu.edu.cn/	1946 (1996)	-	-	-	-	-	-	-	-	32	○	○
27	東北師範大学	吉林省長春市任明大街5268号	http://www.nenu.edu.cn/	1946 (1948)	-	-	-	-	-	-	-	-	8	○	○
28	上海大学	上海市宝山区上大路99号	http://www.shu.edu.cn/	1994 (1994)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	×
29	鄭州大学	鄭州市科学大道100号	http://www.zzu.edu.cn/	1956 (1956)	-	-	-	-	-	-	-	-	6	○	×

出典：各大学紹介

3.3 原子力産業界の人材養成

人材養成の基準向上に伴い、在職中の人材教育がより規範化され、原子力安全文化も改善されている。

(1) 中国核工業集团公司

中核集団は、国の「千人計画」に合わせて原子力「百人計画」を作り、人材募集と養成活動を本格的に展開している。「国家職業分類ハンドブック」を原子力に合うために細分化し、ハイレベル人材の募集と養成に注力している。4つの原子力特殊育成テストを完成した。

(2) 中国核工業建設集团公司

●専門知識を有する人材の育成

すでに人材育成、評価、奨励の体系を作り、紅沿河、防城港、寧徳、陽江、台山、田湾などの発電所現場で電気溶接、取り付、板金、配管、鉄筋、測量などの中高レベル人材認定施設も設けている。

●多種多様な案件に対応できる人材の育成

高温ガス炉実証炉プロジェクトをベースとして、原子力プロジェクトマネージャー育成、原子力発電基礎技術と安全知識の訓練を実施している。

国家レベルの研究プロジェクトをベースとして、プロジェクト申請、進捗把握、費用管理、検証、実施などに従事する人材を育成している。

嶺澳Ⅱ期、秦山Ⅱ期拡張工事、紅沿河などの建設中プロジェクトを利用して、現場力に対応できる人材を育てている。

(3) 中国広核集团有限公司

広核集団は、下記の方面から社員に対して専門的な訓練を実施している。

- ▶原子力産業チェーン
- ▶AP1000
- ▶幹部管理
- ▶安全品質監督
- ▶プロジェクトの国際化
- ▶安全文化と社員規範
- ▶運転管理
- ▶メンテナンス
- ▶新人育成
- ▶新基地に向けての人材育成

(4) 国家電力投資集団

同社の高級人員養成センターは国際原子力管理経験に基づき、管理の最適化などの専門性教育を実施している。

(5) 国家核電技術有限公司

第3世代原子炉技術の自主化事業をプラットフォームとして利用し、経営管理・専門技術者・運転員の3種類の人材チームを育てている。経営、管理、研究開発、設計、プロジェクト管理、技術、操作、サービスなどのコースを設置したほか、社員の職業倫理も教えている。

(6) 東方電気有限公司

2014年以来、管理を強化し、制度を改善し、質を向上するとのスローガンの下、人材養成制度を改善して、安全文化や品質保証体系、技術などを重点として教育活動を展開している。

(7) 中国第一重型機械集团公司

原子力安全文化、ASMEハンドブック、システム管理の標準化、炉心内部構造、品質保証大綱を教え、「原子力安全知識コンテスト」も実施している。

(8) 中国第二重型機械集团公司

技術職種のシフト勤務を採用し、現場処理能力と応急対応力を高めた。IOS9000を取得し、社員の遵守を徹底するほか、国内外の外部組織の品質保証体系を参考に品質保証の向上につとめている。

3.4 外国からの人材招聘の現状と見通し

中国は、人力資源部や教育部、科学技術部等が協力して海外の名門大学や研究機関で活躍する中国人の教授と高級人材を招致する「国家千人計画」プロジェクトを実施している。中国国内の大学や原子力事業者が招致した高級人材の一部を紹介する。

(1) 清華大学

屠基元氏 (国家千人計画教授)

国立メルボルン理工大学副院長、学術委員会主任を兼任する。国際計算流体力学会議、国際ベクトル会議、豪州計算技術・応用会議組織委員会の委員のほか、IAEA、ASME専門家委員会委員を務めている。

『Journal of Computational Multi-phase Flows』編集長、豪州国家科学資金 (ARC) 評価専門家、Fulbright 栄誉等の称号を持つ。屠教授は多相流体力学の専門家で、流体力学の応用範囲を拡大し、多相流動数値モデリングの構築において貢献した。研究成果はアメリカ最大の商業流体力学ソフトに利用されている。

(2) 上海交通大学

韦悦周氏 (国家千人計画教授)

1992年、財団法人産業創造研究所の主任研究員を経て、2008年から2010年まで東北大学(日本)加速器・同位元素研究センターに所属。2009年には教授として同センター核燃料科学研究部の責任者を務めた。

日本原子力学会編集委員、日本プラズマ・核融合学会理事、J. Nucl. Sci. Technol., Nucl. Sci. Techniq., Sci. China Chem.などの編集委員を歴任。

2010年、「国家千人計画」に入選し、上海交通大学核科学・工程学院院長を経て広西大学教授。

原子力化学工学、とくに使用済み燃料再処理と高レベル放射性廃液核種分離技術などの分野で多くの研究成果をあげ、世界で初めてマイナスプラズマ交換法と電解還元法を組み合わせた核燃料再処理の新システムを開発した。この技術は2006年、日本政府によってアクチニド系元素分離の主力候補技術に選ばれた。

(3) 西安交通大学

楊保文氏 (国家千人計画教授)

2011年の「国家千人計画」の一人として、西安交通大学核科学・技術学院の院長に推薦された。広核集団の核燃料研究開発の首席科学者。中核集団の顧問も務める。米コロンビア大学熱伝導研究センター主任、ウェスチングハウス・ABB・東芝の首席技術顧問、三菱重工高級顧問、韓国KNFC燃料開発技術顧問を歴任し、世界中で燃料集合体の設計に携わる。

(4) 中国原子能科学研究院

崔大慶氏 (国家千人計画教授)

スウェーデンKTH工学院核化学博士号を1996年に獲得し、1999年からスウェーデンSTUDSVIK原子力研究センターで放射性廃棄物処分の研究に従事。使用済み燃料処分場近くの化学挙動研究は国際的な先進水準にある。2005～2007年、欧州連合研究センターの国家級専門家。

核融合に関する3D金属焼結溶解技術をITER核融合炉核能容器用遮蔽壁の製造に応用するよう申請。

(5) 中国核工業集团公司

馬衛民氏 (国家千人計画教授)

国際的に著名な原子力安全の専門家で、中核集団傘下の中国核電工程有限公司の副総工師。スウェーデン王立工科大学(KTH)原子力安全研究室グループリーダー。スウェーデン原子力安全局顧問。

馬教授の研究テーマは原子炉安全、シビアアクシデント現象、シビアアクシデントの緩和・管理、多相流・沸騰電熱悪化、液体金属冷却増殖炉熱工学と水力安全等。スウェーデンで長期にわたって多くの原子力発電所の安全分析などを行ってきた。

『Nuclear Engineering and Design』、『Nuclear Technology』、『Annals of Nuclear Energy』、『Progress in Nuclear Energy』などの雑誌の審査を担当している。

Michael Scott Smith氏

米国出身で、イェール大学物理学博士、米オークリッジ国立研究所。原子炉の理論計算・実験測定、次世代ビーム加速器の科学研究計画の策定・実施などに従事。

許敏氏

米カリフォルニア大学で博士号を取得。プラズマ乱流とせん断流の非線形相関とエネルギー伝導、プラズマ自発回転などを研究し、磁気閉じ込め核融合とプラズマ診断などの分野で多くの研究成果を持つ。

(6) 国家核電技術公司

程旭氏 (国家千人計画教授)

1991年にドイツのブラウンシュバイク工科大学で工学博士号を獲得し、ドイツFZK原子力研究開発センターで、核融合、原子炉安全、先進原子力発電システムと核廃棄物の変換処分などの研究に従事。2003年から中国原子能科学研究院客員教授・高級顧問。2002～2005年、ドイツFZK加速器駆動核装置・液体重金属研究室主任を兼任。

原子炉格納容器受動冷却システム、超臨界圧軽水炉熱水力学、炉心熱設計などの分野で多くの研究成果を持つ。

3.5 原子力関連国家認定資格(核安全エンジニア等)

(1) 登録制原子力安全技術者(Nuclear Safety Engineer)

登録制原子力安全技術者(「注册核安全エンジニア」= Nuclear Safety Engineer)は、国の統一試験に合格し、「中華人民共和国注册核安全エンジニア執業資格証書」に登録した原子力安全に関わる技術者である。

人力資源部と環境保護部(国家核安全局)が共同で「注册核安全エンジニア執業資格考試弁公室」を設立、試験の実施と日常管理業務を担当している。

環境保護部が「注册核安全エンジニア執業資格考試

専門家委員会」を設立し、同委員会が試験科目と試験大綱を作成する。

受験科目は「原子力安全に関連する法律法規」、「原子力安全総合知識」、「原子力安全専門実務」、「原子力安全ケース分析」などがあり、それぞれ半日で科目ごとに3時間をかけて試験が行われる。「注册核安全工程師執業資格制度暫定規定」第9条により、全ての技術者が試験に参加することができる。原子力安全に関連する高級専門技術職に3年以上従事した場合は、「原子力安全に関連する法律法規」、「原子力安全総合知識」の受験が免除される。試験成績は2年1回のサイクルで管理されており、4つの科目をすべて受験する場合は、連続した2年以内に合格しなければならない。受験生は自ら申請し、所属組織の同意を得て、環境保護部の関連部署に申請する。

(2) 原子力発電所の運転員

原子力発電所の運転員は、発電所の安全運転の責任を負う。運転員は、原子力知識だけでなく、精神的にも肉体的にも要求が厳しい。運転員の養成は原子力発電所にとって重要である。

①養成方法

SAT (The Systematic Approach to Training) という養成体系が構築されている。運転員が身

に付けるべき能力に対応した教材を作成し、教材内容に沿った授業が実施されている。養成の全過程を検証し、養成される技術者が要求される基準に達することを確認する。各種の安全文化や人的ミス防止などの訓練を受けさせ、運転員の操作レベルが向上される。

②運転員養成の育成及び申請手続き

新入社員は入社後、人事部門が行う入社にあたっての養成訓練と基本安全講習を受けた後、現場で働く。普通のケースでは、原子炉部分、在来部分、電気等の現場作業員の職位につき、同時に運転部門が実施する選抜試験に通った後、フルスコープシミュレーターによる訓練に参加する。シミュレーターでの訓練を受けた後、精神鑑定や健康診断、発電所の審査委員会の認可をもらい、資格審査委員会に原子力発電所運転員試験を申請する資格を取得する。

原子力発電所の運転員試験はシミュレーター試験、現場試験、筆記試験、口頭試験などがあり、全て合格すれば、国家能源局、国家核安全局に資格申請をする。国家能源局、国家核安全局の資格審査委員会の審査を経た後、原子力発電所運転員認可委員会の認可を得て原子力発電所の運転員資格書を取得する。

資料編

第1章

原子力に関連した中国の
エネルギー・環境・産業政策

1.1 エネルギー発展戦略行動計画

中国は2010年に米国を抜いて世界最大のエネルギー消費国となった。また中国のエネルギー生産は需要に追いつかず、燃料の輸入比率が上昇している。中国は1993年に石油の純輸入国に転じ、現在は世界最大の正味石油輸入国である。天然ガスは2007年、石炭も2009年に正味輸入国となった。

こうしたなかで国务院弁公庁は2014年11月19日、国务院の同意が得られたとして6月7日付の「エネルギー発展戦略行動計画（2014－2020年）」¹を各省や自治区等の関係機関に通達した。同計画は、2015年12月末時点で最も新しい中国のエネルギー政策である。

計画では、エネルギーの発展を転換する重要な戦略的な節目にきているとの考えを示したうえで、①省エネ優先戦略、②国内に立脚した戦略、③グリーン・低炭素戦略、④イノベーション駆動戦略——を方針・目標と位置付けた。

このうちグリーン・低炭素戦略の柱は、非化石エネルギーの活用と化石エネルギーのクリーンで効率的な利用。具体的には、石炭の消費割合を着実に引き下げる一方で、天然ガスの割合を引き上げる。また、風力発電や太陽エネルギー、地熱エネルギーなどの再生可能エネルギーと原子力発電の比率を大幅に引き上げるとした。そして、一次エネルギー消費に占める非化石エネルギーの割合を15%にするとともに天然ガスの割合を10%以上に引き上げる一方で、石炭の割合を62%以内に抑えるとの目標を掲げた。

原子力発電については、国際的にも最高の安全基準を採用し安全を確保するという前提で、東部沿海地区において新規原子力発電プロジェクトを適宜スタートするとともに、内陸部における原子力発電所の建設を研究、論証するとした。

また、導入、消化、吸収、再イノベーションという方式を維持し、「AP1000」、「CAP1400」という第3世代PWR（加圧水型炉）のほか、高温ガス炉（HTGR）、高速炉、再処理技術を重点的に推進する方針を示した。国内における自主技術の検証を加速し、大型先進PWRやHTGR実証炉の重大特別実証プロジェクトを建設することも再確認した。

このほか、原子力発電の基礎理論研究や原子力安全技術の研究・開発・設計・プロジェクト建設を積極的に推進し、核燃料サイクルシステムを整備

するとした。さらに、原子力発電の輸出を積極的に進める方針も改めて示した。原子力発電の科学面での普及ならびに安全知識の広報強化も盛り込まれた。中国の最新のエネルギー政策と位置付けられる同行動計画では、2020年までに稼働中の原子力発電所の設備容量を5800万kW、同時点で建設中の設備容量を3000万kWにするとの目標を掲げた。

1.2 温室効果ガスの排出削減目標

中国では温室効果ガスである二酸化炭素（CO₂）の排出量が急速に増加しており、2006年には米国を抜いて世界最大のCO₂排出国となった。中国のCO₂排出量が増加している背景には、エネルギー消費の拡大がある。一次エネルギー消費に占める石炭の割合が高いことも大きな理由である。一方で、1人あたりの排出量は世界平均を上回っているものの、他の先進国と比べれば依然として低い水準にある。

こうしたなかで中国の習近平国家主席と米国のオバマ大統領は2014年11月12日、共同記者会見を行い、温室効果ガスの排出削減で合意したと発表した。それによると、米国は2025年までに排出量を2005年から26～28%削減する一方、中国は2030年頃をピークとして総排出量を減らすとともに、2030年までにすべてのエネルギーに占める非化石燃料の割合を20%程度に引き上げることで合意した。²

また中国政府は2015年6月30日、国連気候変動枠組み条約事務局に対して、2020年から2030年のCO₂の排出削減目標を提出した。具体的には、2020年については国内総生産（GDP）あたりのCO₂排出量を2005年に比べて40～45%削減するとした。また、一次エネルギー消費に占める非化石エネルギーの割合を15%程度にするとの目標を掲げた。2030年の目標については、それぞれ60～65%、20%とした。³

1.3 中国製造「2025」規画

国务院は2015年5月19日、製造業の10年間の行動綱領である「中国製造2025」規画（5月8日付）を公表した。2025年までにイノベーション能力を大幅に増強するため、製造業の営業収入に占める研究開発支出の割合を2013年実績の0.88%から2025年には1.68%に引き上げるとの目標を掲げた。⁴

第1章

中国の新型炉の研究開発の
現状と動向

第2章

原子力基礎工学研究の
現状と動向

第3章

原子力人材の育成の
現状と課題資料
編

具体的には、製造強国の仲間入りを果たすため、製造業イノベーションセンター(工業技術研究基地)を設立し、基礎技術や共通技術の研究開発を行い成果の産業化や人材の育成等を行う。2020年までに15ヵ所程度、2025年までに40ヵ所程度を設立する。

品質改善にも乗り出す。先進的な品質管理技術・方法の普及をはかるほか、品質管理体制も改善する。先進的な省エネや環境保全技術の導入を拡大しグリーン製造を全面的に推進する。

このほか、次世代情報技術やハイエンド設備、新材料、バイオ医薬等を重点分野と位置付けブレークスルーを達成するとしている。このうち電力設備については、原子力発電設備の製造水準を引き上げるとともに、新エネルギーや再生可能エネルギー設備、エネルギー貯蔵装置の開発を進めるとした。

工業・情報化部は同22日、同規画における電力設備の位置づけについて明らかにした。⁵ それによると、環境保護や汚染管理の要求から電力設備がグリーン化、低炭素化に向かうとしたうえで、火力発電については排出量を限りなくゼロに近くするとともに原子力発電については安全で安定した発展を促進する方針を示した。

また、中国の電力設備製造業が製造大国から製造強国に突き進んでいる段階にあるとする一方で、基礎理論や材料研究が遅れていることに加え、核心的な共通技術やプロセスが十分でない実態を明らかにした。工業・情報化部は、性能が低く価

格が低いローエンド部門が過剰な一方で、性能が高く価格が高いハイエンド部門が不足しており、品質の付加価値が不足していることが中国の電力設備製造業が抱える最大の問題であると指摘した。

陸と海のシルクロードで構成される「一帯一路」戦略の実施にあたって、電力設備の輸出を加速する必要性にも言及している。中国企業が国外のインフラ建設や外国との生産能力協力に参加することを奨励するとともに、エネルギープロジェクトやエンジニアリング建設、設備製造等の分野での協力に足場を定める考えを明らかにした。電力設備の輸出を拡大することによって、中国が抱える電力設備製造業の生産能力過剰問題が解決に向かうとの見通しを示している。

工業・情報化部は、火力発電設備や原子力発電設備、再生可能エネルギー設備、送配電設備などを重点設備に位置付けた。このうち原子力発電設備については、自主的なイノベーションや産業化の特別プロジェクトを実施するとともに自立した産業体系を構築し、安全性と先進性が国際的に見ても最高の要求を満足するものにするとの目標を掲げた。

「一帯一路」戦略との関係については、プロジェクトの元請方式によって、独自に知的財産権を持つ原子力発電所を相当数の規模で輸出する能力を構築するとした。また、重点的に発展をはかる炉型として、「CAP1400」や「華龍一号」の大型PWRのほか、高温ガス炉、ナトリウム冷却高速炉、ナトリウム溶融塩炉などをあげた。

第2章

原子力発電開発の現状と動向

2.1 運転中、建設中、計画中の原子力発電所

中国では2015年の1年間に新たに6基が運転を開始、6基が建設を開始した。また、「第13次5ヵ年計画期」がスタートした2016年1月1日には2基

が運転を開始。これによって2016年1月1日現在で運転中の原子力発電所は30基、2859万4000kW、建設中の原子力発電所は24基、2720万4000kWとなった。

第2-1表 2015年に運転開始ならびに着工した原子力発電所

運転開始*					
発電所名	所在省	月 日	投資主体	炉型	出力 (万kW)
方家山2号機	浙江省	2月12日	中国核工業集团公司	PWR	108.9
陽江2号機	広東省	6月5日	中国広核集团有限公司	PWR	108.6
寧徳3号機	福建省	6月10日	中国広核集团有限公司	PWR	108.9
紅沿河3号機	遼寧省	8月16日	中国広核集团有限公司	PWR	111.9
福清2号機	福建省	10月16日	中国核工業集团公司	PWR	108.9
昌江1号機	海南省	12月26日	中国核工業集团公司	PWR (CNP600)	65
(防城港1号機)	広西チワン族自治区	16年1月1日	中国広核集团有限公司	PWR	(108)
(陽江3号機)	広東省	16年1月1日	中国広核集团有限公司	PWR	(108.6)
合計(()内は16年1月1日稼働分を含む)				6基 (8基)	612.2 (828.8)
着 工**					
発電所名	所在省	月日	投資主体	炉型	出力 (万kW)
紅沿河5号機	遼寧省	3月29日	中国広核集团有限公司	PWR	111.9
福清5号機	福建省	5月7日	中国核工業集团公司	PWR (華龍一号)	116
紅沿河6号機	遼寧省	7月24日	中国広核集团有限公司	PWR	111.9
福清6号機	福建省	12月22日	中国核工業集团公司	PWR (華龍一号)	116
防城港3号機	広西チワン族自治区	12月24日	中国広核集团有限公司	PWR (華龍一号)	118
田湾5号機	江蘇省	12月27日	中国核工業集团公司	PWR	111.8
合 計				6基	685.6

※：中国では、調整試験を終了し商業運転条件を備えるに至った日が通常は商業運転開始日になる。

※※：中国では、原子炉基礎部分へのコンクリート注入をもって正式着工（建設開始）としている。

出典：テピア総合研究所作成

第2-2表 中国で運転中・建設中・計画中の原子力発電所

(2016年1月1日現在)

運転中					
発電所名	所在省	炉型	出力 (万kW)	備考	投資主体
秦山(Ⅰ期)	浙江省	PWR	31	1985年3月着工、94年4月運転開始	中国核工業集团公司
秦山Ⅱ期-1	浙江省	PWR	65	1996年6月着工、2002年4月運転開始	中国核工業集团公司
-2			65	1997年4月着工、2004年5月運転開始	
-3			66	2006年4月着工、2010年10月21日運転開始	
-4			66	2007年1月着工、2012年4月8日運転開始	
秦山Ⅲ期-1	浙江省	CANDU	72.8	1998年6月着工、2002年12月運転開始	中国核工業集团公司
-2			72.8	1998年9月着工、2003年7月運転開始	
大亜湾-1	広東省	PWR	98.4	1987年8月着工、94年2月運転開始	中国広核集团有限公司
-2			98.4	1988年4月着工、94年5月運転開始	
嶺澳-1	広東省	PWR	99	1997年5月着工、2002年5月運転開始	中国広核集团有限公司
-2			99	1997年11月着工、2003年1月運転開始	
田湾-1	江蘇省	PWR	106	1999年10月着工、2007年5月運転開始	中国核工業集团公司
-2			106	2000年9月着工、2007年8月運転開始	
嶺澳Ⅱ期-1	広東省	PWR	108.6	「CPR1000」、2005年12月着工、1号機：2010年7月30日送電開始、同9月20日(商業)運転開始	中国広核集团有限公司
-2			108.6	「CPR1000」、2006年6月着工、2011年5月送電網に接続、同8月7日運転開始	
寧徳Ⅰ期-1	福建省	PWR	108.9	「CPR1000」、2008年2月着工、2013年4月18日運転開始	中国広核集团有限公司
-2			108.9	「CPR1000」、2014年5月4日運転開始	
-3			108.9	「CPR1000」、2010年1月8日着工、2015年6月10日運転開始	
紅沿河Ⅰ期-1	遼寧省	PWR	111.9	「CPR1000」、2007年8月着工、2013年6月6日運転開始	中国広核集团有限公司 国家電力投資集团公司
-2			111.9	「CPR1000」、2008年3月着工、2014年5月13日運転開始	
-3			111.9	「CPR1000」、2009年3月着工、2015年8月16日運転開始	
陽江-1	広東省	PWR	108.6	「CPR1000」、2008年12月16日着工、2013年12月31日送電開始、2014年3月25日運転開始。	中国広核集团有限公司
-2			108.6	2009年6月4日着工、2015年6月5日運転開始	
-3			108.6	2010年11月15日着工、2016年1月1日運転開始	
福清-1	福建省	PWR	108.9	第2世代改良型*、2008年11月21日着工、2014年11月22日運転開始	中国核工業集团公司
-2			108.9	第2世代改良型*、2009年6月17日着工、2015年10月16日運転開始	
秦山Ⅰ期拡張-1 (方家山)	浙江省	PWR	108.9	第2世代改良型*、2008年12月26日着工、2014年12月15日運転開始	中国核工業集团公司
-2			108.9	第2世代改良型、2009年7月17日着工、2015年2月12日運転開始	
昌江-1	海南省	PWR	65	CNP600、2010年4月25日着工、2015年12月26日運転開始	中国核工業集团公司
防城港(紅沙) Ⅰ期-1	広西チワン族自治区	PWR	108	「CPR1000」、2010年7月30日着工、2016年1月1日運転開始	中国広核集团有限公司
運転中小計(基数)			2859.4(30基)		

※：環境影響評価書では中国核工業集团公司の炉型は「第2世代改良型」となっているが、蘇州熱工研究院有限公司科技情報研究所がまとめている「能源行業觀察(核電版)」(2013年10月14日)では「CNP1000」となっている。

建設中					
発電所名	所在省	炉型	出力 (万kW)	備考	投資主体
紅沿河Ⅰ期	遼寧省	PWR	111.9×1基	「CPR1000」、(1号機：2013年6月運転開始)、(2号機：2014年5月13日運転開始)、(3号機：2015年8月16日運転開始)、4号機：2009年8月15日着工、	国家電力投資集团公司 中国広核集团有限公司
紅沿河Ⅱ期	遼寧省	PWR	111.9×2基	「ACPR1000」、5号機：2015年3月29日着工、6号機：2015年7月24日着工	国家電力投資集团公司 中国広核集团有限公司
寧徳Ⅰ期	福建省	PWR	108.9×1基	「CPR1000」、(1号機：2013年4月18日運転開始)、(2号機：2014年5月4日運転開始)、(3号機：2015年6月10日運転開始)、4号機：2010年9月29日着工	中国広核集团有限公司 (46%)、大唐集团 (44%)、福建能源集团 (10%)
福清	福建省	PWR	108.9×2基 116 ^{※2} ×2基	第2世代改良型 ^{※1} 、(1号機：2014年11月22日運転開始)、(2号機：2015年10月16日運転開始)、3号機：2010年12月31日着工、4号機：2012年11月17日着工、5号機：2015年5月7日着工(「華龍一号」初号機)、6号機：2015年12月22日着工(「華龍一号」)	中国核工業集团公司 (51%)、華電福建発電有限公司 (39%)、福建投資開発総公司 (10%)
陽江	広東省	PWR	108.6×1基 111.8×2基	(1号機：2014年3月25日運転開始)、(2号機：2015年6月5日運転開始)、(3号機：2016年1月1日運転開始) 4号機：2012年11月17日着工(以上、「CPR1000」)。5号機：2013年9月18日着工、6号機：2013年12月23日着工(以上、「ACPR1000」)。2018年までに全機完成の予定。	中国広核集团有限公司 広東核電投資有限公司
三門Ⅰ期	浙江省	PWR	125×2基	「AP1000」型炉、1号機：2009年4月19日着工、2号機：2009年12月15日着工	中国核工業集团公司
海陽Ⅰ期	山東省	PWR	125×2基	「AP1000」、1号機：2009年9月24日着工、2号機：2010年6月20日着工	国家電力投資集团公司 (65%)、山東国際信託投資有限公司 (10%)、烟台市電力開発有限公司 (10%)、中国国電集团公司 (5%)、中国核工業集团公司 (5%)、華能能源交通産業控股有限公司 (5%)
華能山東石島湾(栄成)	山東省	HTGR	21 (2モジュール)	高温ガス炉実証炉(30億元)、2012年12月9日着工、2017年送電開始予定。ガス炉の全体計画規模400万kW	中国華能集团公司 (47.5%)、中国核工業建設集团公司 (32.5%)、清華大学 (20%)
台山Ⅰ期	広東省	PWR	175×2基	「EPR」、1号機：2009年12月21日着工、2号機：2010年4月15日着工	中国広核集团有限公司 (70%)、仏電力公社 (30%)
海南昌江Ⅰ期	海南省	PWR	65	「CNP600」、2号機：2010年11月21日着工(1号機は2015年12月26日に運転開始)	中国核工業集团公司 (51%)、中国華能集团公司 (49%)
防城港(紅沙)Ⅰ期	広西チワン族自治区	PWR	108	「CPR1000」、2号機：2010年12月28日着工。(1号機は2016年1月1日運転開始)	中国広核集团有限公司 (61%)、広西投資集团有限公司 (39%)
防城港(紅沙)Ⅱ期	広西チワン族自治区	PWR	118 ^{※2}	「華龍一号」、3号機：2015年12月24日着工	中国広核集团有限公司 (61%)、広西投資集团 (39%)
田湾Ⅱ期	江蘇省	PWR	110×2基	ロシア型PWR(VVER、AES-91タイプ)、3号機：2012年12月27日着工、4号機：2013年9月27日着工、	中国核工業集团公司
田湾Ⅲ期	江蘇省	PWR	111.8	5号機：2015年12月27日着工、福清Ⅰ期が参照プラント(第2世代改良型炉を採用、主要安全指標は第3世代炉水準)	中国核工業集团公司
建設中小計(基数)	2720.4(24基)				
運転中・建設中合計(基数)	5579.8(54基)				

※1：環境影響評価書では中国核工業集团公司の炉型は「第2世代改良型」となっているが、蘇州熱工研究院有限公司科技情報研究所がまとめている「能源行業觀察(核電版)」(2013年10月14日)では「CNP1000」となっている。

※2：福清5・6号機で採用の「華龍一号」の出力は環境保護部(http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/spwj1/201505/t20150507_301159.htm)によると116万kWになっている。また防城港3号機で採用の「華龍一号」は中国広核集团有限公司(<http://www.cgnpc.com.cn/n471046/n471126/n471156/c1188708/content.html>)によると118万kWとなっている。

計画中					
発電所名	所在省	炉型	出力 (万kW)	備考	投資主体
靖宇（赤松）	吉林省	PWR	125 × 6 基	「AP1000」、1 期工事で 4 基建設	国家電力投資集团公司
樺甸	吉林省	PWR	100 × 4 基		中国広核集团有限公司
興城（徐大堡）	遼寧省	PWR	125 × 6 基	「CAP1000」（中国版「AP1000」）、3 期に分けて建設、1 期工事投資額 407 億元	中国核工業集团公司、大唐國際発電股份有限公司、国家開發投資公司、浙江省能源集团有限公司、江蘇省国信資産管理集团有限公司
桓仁	遼寧省	PWR	100 × 4 基		国家電力投資集团公司
遼寧東港	遼寧省	PWR	100 × 4 基	中国華電集团公司と東港市政府が協力枠組協定締結（2008 年 10 月 20 日）	中国華電集团公司
海陽	山東省	PWR	125 × 4 基	「CAP1000」、1 期工事の 2 基は着工	国家電力投資集团公司
乳山	山東省	PWR	100 × 6 基		中国核工業集团公司
華能山東石島湾	山東省	HTGR	21 × 18 基	高温ガス炉	中国華能集团公司
華能山東石島湾	山東省	PWR	100 × 4 基		中国華能集团公司
栄成石島湾	山東省	PWR	140 × 2 基	中国版第 3 世代炉「CAP1400」の実証炉・標準炉。	国家電力投資集团公司（55 %）、中国華能集团公司（45 %）
田湾Ⅲ期	江蘇省	PWR	111.8	5 号機は 2015 年 12 月 27 日に着工	中国核工業集团公司
田湾Ⅳ期	江蘇省	PWR	100 × 2 基		中国核工業集团公司
江蘇第 2	江蘇省	PWR	100 × 4 基		中国広核集团有限公司
南陽	河南省	PWR	125 × 6 基	「AP1000」、1 期工事で 2 基建設	
信陽	河南省	PWR	125 × 4 基	「AP1000」、2009 年 3 月に河南省政府と協力枠組み協定に調印	中国広核集团有限公司
安徽蕪湖	安徽省	PWR	125 × 4 基	「AP1000」、総投資額 520 億元	中国広核集团有限公司
古陽	安徽省	PWR	125 × 4 基	「AP1000」、1 期工事で 2 基建設	中国核工業集团公司
宣城	安徽省	PWR	125 × 4 基	「AP1000」、1 期工事で 2 基建設	中国大唐集团公司
巢湖	安徽省	PWR	125 × 4 基	総工費 600 億元。2009 年 8 月前期作業に着手。2010 年 8 月初期実行可能性調査に着手、2011 年完成予定。12 年実行可能性調査完成予定。	中国国電集团公司
三門（健跳）	浙江省	PWR	125 × 4 基	「CAP1000」、1 期工事の 2 基は着工	中国核工業集团公司
象山金七門	浙江省	PWR	125 × 6 基	「AP1000」1 期工事で 2 基建設	中国核工業集团公司
浙西（龍遊）	浙江省	PWR	100 × 4 基		中国核工業集团公司
蒼南	浙江省	PWR	100 × 6 基	2009 年 9 月末、電力規画設計総院による初期実行可能性研究報告審査会を実施。I 期工事で 2 基を建設する。	中国広核集团有限公司
（華能浙江蒼南）	浙江省	PWR	—	2008 年 10 月、国家電網公司、電力規画設計総院、上海核工程研究設計院等による立地点選定のための合同審査会が実施。	中国華能集团公司
寧徳Ⅱ期	福建省	PWR	116 × 2 基	「華龍一号」	中国広核集团有限公司
寧徳	福建省	HTGR	60 × 1 基		中国核工業建設集团公司
三明	福建省	PWR	100 × 4 基	第 2 世代改良型、総投資額 600 億元、1 期工事で 2 基建設	中国核工業集团公司
漳州	福建省	PWR	125 × 6 基	「CAP1000」、総投資額 800 億元、1 期工事で 4 基建設（総投資額 544 億元）	中国核工業集团公司
漳州（古雷）	福建省	PWR	10 × 2 基	多目的小型炉「ACP100」	中核新能源有限公司（中国核工業集团公司 51 %、中国国電集团公司 49 %）
莆田	福建省	PWR	100 × 6 基	総投資額 800 億元	中国核工業集团公司
莆田	福建省	HTGR	60 × 1 基	高温ガス炉	中国核工業建設集团公司
莆田	福建省	PWR	10 × 2 基	「ACP100」実証炉、電力・熱・蒸気を供給	中国核工業集团公司
南平	福建省	PWR	100 × 4 基		中国核工業集团公司
龍岩	福建省	PWR	100 × 4 基		中国核工業集团公司

計画中					
発電所名	所在省	炉型	出力 (万kW)	備考	投資主体
霞浦	福建省	PWR	100 × 4 基	「華能福建霞浦核電有限公司」設立へ	華能
		HTGR	60 × 1 基		
霞浦	福建省	FBR	60 × 1 基	建設・運営会社「中核霞浦核電有限公司」設立（2015年5月）、2017年に着工の予定	中国核工業集团公司
咸寧大畈	湖北省	PWR	125 × 4 基	「AP1000」	中国広核集团有限公司
鐘祥	湖北省	PWR	125 × 4 基	「AP1000」、2006年1月に前期作業に着手、1期工事で2基建設（325億元）、初期実行可能性研究の審査にパス（2009年12月）	中国核工業集团公司、中国大唐集团公司
松滋Ⅰ期	湖北省	PWR	125 × 2 基	初期実行可能性報告が専門家の審査を通過（2010年5月）	中国広核集团有限公司
彭澤（帽子山）	江西省	PWR	125 × 4 基 150 × 2 基	「AP1000」	国家電力投資集团公司
万安烟家山	江西省	PWR	125 × 4 基	前期作業共同実施取決めに調印（2009年8月30日）	中国核工業集团公司（51%）、江西贛能股份有限公司+江西贛粵高速公路股份有限公司（49%）
鷹潭	江西省	PWR	125 × 4 基	「AP1000」	中国華能集团公司
峡江	江西省	PWR	125 × 4 基	「AP1000」、2009年7月、初期実行可能性調査報告が完成。	中国大唐集团公司
贛州	江西省	PWR	125 × 4 基	「AP1000」	中国広核集团有限公司
瑞金	江西省	HTGR	60 × 2	初期実行可能性研究報告が専門家の審査をパス（2015年4月20日）	中国核工業建設集团公司
贛州	江西省	PWR	10 × ？	「ACP100」	中核新能源有限公司
桃花江	湖南省	PWR	125 × 4 基	「AP1000」、総投資額600億元。2010年4月7日、桃花江核電有限公司、華東電力設計院、ドイツGEA社傘下の北京能源技術有限公司、冷却塔契約を締結。	中国核工業集团公司
常德	湖南省	PWR	100 × 4 基	総投資額480億元。2008年5月、初期実行可能性研究報告の審査を通過。	中国広核集团有限公司
華銀 （株洲県 or 湘陰県）	湖南省	PWR	100 × 4 基	2基ずつ2期。概算投資額246億元以上。初期実行可能性研究報告の審査を通過。	中国大唐集团公司
小墨山	湖南省	PWR	125 × 6 基	「AP1000」、2基ずつ3期。初期実行可能性研究報告の審査を通過。	国家電力投資集团公司
龍門	湖南省	HTGR	60 × 1 基		中国核工業建設集团公司
台山Ⅱ期	広東省	PWR	175 × 2 基	「EPR」	中国広核集团有限公司
陸豊	広東省	PWR	125 × 6 基	「CAP1000」、Ⅰ期工事で2基建設、総投資額120億米ドル。中広核陸豊核電有限公司が2008年2月に登記。2010年12月、国家發展改革委員会が前期作業開始に同意。	中国広核集团有限公司
韶関	広東省	PWR	125 × 4 基	「AP1000」、国家發展改革委員会に認可申請。総投資額560億元	中国広核集团有限公司
揭陽	広東省	PWR	125 × 6 基	「AP1000」、Ⅰ期：2基、実行可能性調査段階	中国広核集团有限公司
肇慶	広東省	PWR	175 × 4 基	2014年1月、肇慶原子力発電所準備事務所設立	中国広核集团有限公司
海豊	広東省	PWR	100 × 8 基	2007年に海豊核電有限公司建設準備事務所設立	中国核工業集团公司
太平嶺	広東省	PWR	125 × 6 基	「AP1000」。Ⅰ期工事で2基建設。総投資額450億元。2006年に立地点選定作業を開始。2013年7月8日、中広核出資の「中広核惠州核電有限公司」設立。1号機：2017年12月着工、22年10月運転開始の見込み。2号機は1号機より10ヵ月遅れ。	中国広核集团有限公司
湛江	広東省	PWR	—		国家電力投資集团公司
広西防城港（紅沙）	広西壮族自治区	PWR	118 × 1 基	Ⅰ期工事の2基（「CPR1000」）は着工。Ⅱ期工事となる3号機（「華龍一号」）は2015年12月24日に着工。	中国広核集团有限公司（61%）、広西投資集团有限公司（39%）
平南白沙（桂東）	広西壮族自治区	PWR	100 × 4 基		国家電力投資集团公司

第1章

中国の新型炉の研究開発の
現状と動向

第2章

原子力基礎工学研究の
現状と動向

第3章

原子力人材の育成の
現状と課題

計画中					
発電所名	所在省	炉型	出力 (万kW)	備考	投資主体
広西白龍	広西壮族 自治区	PWR	100 × 6 基		中国広核集团有限公司、 国家電力投資集团公司、 広西投資集团公司
海南昌江Ⅱ期	海南省	PWR	65 × 2 基	(Ⅰ期:「CNP600」× 2 基、1 号機: 2010 年 4 月 25 日 着工、2 号機: 2010 年 11 月 21 日着工)	中国核工業集团公司 (51%)、中国華能集团公 司(49%)
蓬安(三壩)	四川省	PWR	100 × 4 基		中国広核集团有限公司
重慶石柱	重慶市	PWR	100 × 4 基	1 期工事で 2 基建設	
涪陵	重慶市	PWR	125 × 4 基	「AP1000」、1 期工事で 2 基建設	国家電力投資集团公司
安慶	安徽省	HTGR	—	初期実行可能性研究報告の審査が終了(2010 年 1 月)	中国華能集团公司
洛陽 ^{※1}	河南省	PWR	(100 × 4 基)	河南省發展改革委員会が不支持表明	中国華電集团公司
滄海海興	河北省	PWR	125 × 6	「AP1000」、Ⅰ期: 2 基建設、初期実行可能性研究報告 の審査が終了。実行可能性研究に 2014 年初めに全面的 に着手。2016 年 6 月に 1 号機に着工予定。	中国核工業集团公司 (51%)、中国華電集团公 司(39%)、河北建設 能源投資(10%)
河北承德	河北省	PWR		初期実行可能性調査が専門家の審査を通過(2010 年 5 月)	中国広核集团有限公司
銅仁	貴州省	PWR	125 × 2 10 × 2	2014 年 7 月、中国広核集团と貴州省政府が投資意向協 定	中国広核集团有限公司
福建三明	福建省	FBR	80 × 2	実証炉、実行可能性研究実施中、2010 年 4 月 28 日、福 建三明核電有限公司設立	中国核工業集团公司
蘭州・安寧 ^{※2}	甘肅省	PWR	31(熱出力) × 2 基	「ACP100」、安寧区に熱を供給	中核新能源有限公司
白山 ^{※2}	吉林省	PWR	20(熱出力) × 2 基	「ACPR100」	中電投吉林核電有限公司
佳木斯	黒竜江			広核集团と黒竜江省人民政府が 2009 年 9 月 20 日、共 同で原子力発電所を建設するという枠組協定に調印	中国広核集团有限公司
計画中小計			29139.8 (275 基)		
運転中・建設中・計画中含計(基数)			34719.6 (329 基)		

※1 洛陽: 洛陽市政府と中国華電集团公司は 2008 年 1 月 3 日、同市での原子力発電所建設について合意。市政府首脳は原子力発電所建設に向けて最大限の努力を
払う意向を表明したが、河南省・發展改革委員会は中国華電集团公司の実績不足を理由に、同プロジェクトを支持しない考えを示した。このため、同プ
ロジェクトは合計には含まない。

※2 熱供給プラント及び浮動式原子力プラントは基数・出力とも合計には含まない。

出典: テビア総合研究所・窪田秀雄調べ

2.2 中長期原子力発電見通し

中国工程院は 2011 年 2 月、「中国能源中長期
(2030、2050) 發展戰略研究」を公表した。国家能
源局の委託を受けてまとめたもので、中国の電力
消費量が 2007 年の 3 兆 2589 億 kWh から 2050 年
には 3.2 倍に相当する 10 兆 4616 億 kWh に増加する
と予測している。

こうした電力消費量の急激な増加に対応するた
め、総発電設備容量は 2050 年時点で 25 億 kW まで
拡大すると見込んでいる。このうち原子力発電設
備容量は、2020 年時点では 7000 万 kW に過ぎない
が、2050 年時点では現在の世界全体の原子力発電
設備容量(約 3 億 8000 万 kW)を上回る 4 億 kW に
達するとのシナリオを描きだした。中国工程院の
見通し通りに計画が進めば、総発電電力量に占め
る原子力発電の割合(シェア)は、2020 年に 7%、
2030 年に 15%、2050 年に 24% まで上昇する。

また中国工程院は 2012 年 5 月 29 日、原子力研究

課題グループの研究討論会を開催し、2020 年時点
の原子力発電設備容量を 6000 万～7000 万 kW に
することを提案した。同グループは、中長期計画
の目標策定にあたって 4000 万 kW を 2015 年時点
の設備容量のベースとして、それ以降新規に 3000
万 kW 程度を建設することを提案している。

これに対し、国家發展改革委員会能源研究所の
所長を務めた周大地・中国能源研究会常務副理事
長は、中国の原子力発電設備容量について、2030
年に 2 億 kW を達成したあと、2050 年には 4～5 億
kW まで拡大しエネルギー供給の柱の 1 つとする
必要があるとの見解を表明した。2014 年 10 月 18
日付『大智慧阿思达克通信』が伝えた。⁶

福島事故後、内陸部での原子力発電所の建設が
一時的にストップしたものの、周氏は、エネルギー
需給構造を改善するためにも内陸部では原子力発
電のニーズが高まってきていると指摘した。

第2-3表 中国工程院の電力需要予測

	2007年	2020年	2030年	2050年
全社会電力消費量 (億 kWh)	32588.6	66399.0	90204.2	104616.0
伸び率 (%)		5.63	3.11	0.74
都市・農村生活用電力消費量 (億 kWh)	3475.9	8620.0	13391.0	25480.0
第一次産業電力消費量 (億 kWh)	976.5	1547.5	1548.3	9833.9
第二次産業電力消費量 (億 kWh)	24952.8	48823.2	63350.4	59840.4
工業電力消費量 (億 kWh)	24646.2	48249.7	62586.6	58998.0
第三次産業電力消費量 (億 kWh)	3183.9	7410.1	11916.0	18318.2
電力消費量構成 (%)				
第一次産業	3.0	2.3	1.7	0.9
第二次産業	76.6	73.5	70.2	57.2
(工業用)	(75.6)	(72.7)	(69.4)	(56.4)
第三次産業	9.8	11.2	13.2	17.5
都市・農村	10.7	13.0	14.8	24.4
1人あたり電力消費量 (kWh)	2466.4	4690.4	6185.6	7300
1人あたり生活用電力消費量 (kWh)	263.0	608.7	918.4	1735.7

出典：「中国能源中長期（2030、2050）発展戦略研究」（科学出版社、2011年2月）

第2-4表 中国工程院の原子力発電中長期見通し

	2010年	2020年	2030年	2050年
総発電設備容量 (億 kW)	9.5	15	20	25
原子力発電設備容量 (億 kW)	0.1	0.7	2.0	4.0
原子力発電設備容量シェア (%)	1.05	4.6	10	16
原子力発電電力量シェア (%)	2	7	15	24

出典：「中国能源中長期（2030～2050）発展戦略研究」（科学出版社、2011年2月）

第2-1図 中国の原子力発電設備容量とシェア予測



出典：「中国能源中長期（2030、2050）発展戦略研究」（科学出版社、2011年2月）をもとに作成

2.3 地方の原子力開発政策

(1) 広東省

広東省核電建設聯席會議の代表世話人を務めている広東省共産党委員会副書記兼省長代理（当時、現省長）の朱小丹氏は2011年11月16日、深圳で開催された同聯席會議の第2回会合で、原子力安全確保を大前提に、引き続き原子力発電の整備と原子力発電産業の安全かつ持続的発展を促進していく方針を明らかにした。

広東省のGDPは中国全体の12%を占めているが、1人あたりのエネルギー資源量は20分の1以下に過ぎない。広東省で消費する石炭の100%、石油の75.9%、電力の21%は他の省からの輸入に依存しており、省としてのエネルギー自給率は10%程度しかない。このため、クリーンエネルギーとしての原子力発電産業を育成することは、広東省にとって、産業の高度化を加速させ、エネルギー安全保障体系を構築するうえで最良の選択肢と位置付けられている。

広東省政府は2006年に「広東省原子力発電発展『第11次5ヵ年』規画」（「広東省核電発展“十一五”規劃」）、また2009年に「広東省原子力産業チェーン發展規画」「广东省核产业链发展规划」を公表した。このほか、広州、深圳、江門の3市はそれぞれ、南沙、龍崗、台山の3ヵ所の原子力発電産業パークに関連した原子力発電産業發展規画をとりまとめている。⁷

「広東省原子力産業チェーン發展規画」では、原子力発電産業の一定規模の発展と原子力技術の応用促進を中心として位置づけ、原子力発電設備の製造、原子力発電プロジェクトの建設、原子力発電サービスなどの重点分野を通じて原子力産業チェーンの育成を加速する方針を示した。

具体的には、2012年には原子力産業を一定の規模に引き上げるとともに、原子力発電主要設備の設計・製造能力、関連製品の供給能力が国際的な先進水準に達した原子力産業チェーンを2020年までに構築するとの目標を掲げた。

広東省江門市政府は2010年2月、広東核電集团有限公司（現中国広核集团有限公司）との間で「台山クリーンエネルギー（原子力発電）設備産業パーク規画の建設に関する戰略協力枠組協定」（「关于台山清洁能源（核电）装备产业园规划建设战略合作框架协议」）を正式に締結した。これによって、台山核電産業パークの設立に向けて大きく動き出した。⁸

また広東省政府は2012年3月15日、「広東省戰略性新興産業發展『第12次5ヵ年』規画」（「広東省

戰略性新興産業發展“十二五”規劃」）を同6日付で、各市や県等の人民政府に対して通知したことを明らかにした。

それによると、新エネルギー産業のうち原子力発電については、原子力発電所の建設と重点企業を拠り所として、国内外の原子力発電基幹設備・原子炉部分補助設備企業と協力するという方式によって、国際競争力を持った原子力発電設備製造産業集團の構築を推進する方針を示した。

また、南沙原子力発電設備プラント製造基地を重点的に建設するとともに、蒸気タービンや発電機、陸上運輸設備、部品製造等を集合させ同基地の一層の発展をはかるとしている。なお、フランスのValinox社は2011年、同基地建設プロジェクトを進める広州市で蒸気発生器（SG）用管材の生産工場の建設に着手した。中国の原子力発電市場の拡大をにらんだもので、同社としても最先端の工場。⁹

「広東省戰略性新興産業發展『第12次5ヵ年』規画」では、台山クリーンエネルギー（原子力発電）設備産業パークを建設し、原子力発電補助設備・部品の製造パークを構築する方針も打ち出した。このほか深圳新エネルギー（原子力発電）産業基地を建設し、原子力発電技術の研究開発とハイエンドサービス業のグレードアップをはかる考えを明らかにしている。

浙江省政府は、秦山原子力発電所を所有する中国核工業集团公司との協力関係を強化しているが、広東省政府も地元の有力原子力事業者である中国広核集团有限公司との協力を強化している。

広東省人民政府と広東核電集团有限公司（現中国広核集团有限公司）は2012年6月28日、「協力の深化に関連する問題に関する會議メモ」に署名した。広東省人民政府からは朱小丹・省長らが、また広東核電集团有限公司からは賀禹・董事長らが出席した。双方は、広東省内における原子力発電や風力発電プロジェクトの推進ならびに原子力発電設備製造産業チェーンの発展に向けて協力を強化していくことで合意した。広東省は、同公司による核燃料集合体製造プラントや低・中レベル放射性廃棄物処分場の建設も支持する意向を表明した。

こうしたなかで中国核工業集团公司の錢智民總經理と中国電力投資集团公司（現国家電力投資集团公司）の余劍副總經理は2014年12月2日、広東省湛江市で同省の朱小丹省長と会談し広東核燃料産業パーク等のプロジェクトについて協議した。この中で錢總經理は、広東省での核燃料産業パーク立地点の選定状況に加えて中国電力投資集团公司

と共同で進めている湛江原子力発電プロジェクトについて説明した。会合には湛江市の劉小華書記や中国核燃料有限公司の関係者が出席した。¹⁰

広東省の広州市にある国家スーパーコンピューティング広州センター(国家超級計算広州中心)は2014年6月29日、中国原子能科学研究院、蘇州熱工研究院有限公司、中国科学院計算機ネットワーク情報センターとの間で戦略協力枠組協定を締結

した。広州センターは、広東省人民政府、広州市人民政府、国防科技大学、中山大学によって共同で建設されたもので、同センターには科学技術部の「第12次5ヵ年」期における「863計画」の重大プロジェクトであるスーパーコンピュータ「天河二号」が設置されている。スーパーコンピュータは、新型炉の設計や放射性廃棄物の処分、基礎核物理などの分野での応用が期待されている。¹¹

住民の反対受け核燃料工場プロジェクトが中止

広東省で建設が計画されていた核燃料工場が住民の反対によって中止されることになった。中国を代表する2大原子力事業者である中国核工業集团公司と中国広核集团有限公司は、同省鶴山市に転換、濃縮、成形加工まで一貫して行う「龍湾工業パークプロジェクト」を進めていたが、江門市ならびに同市管轄下の県級市の鶴山市政府は2013年7月13日、同プロジェクトの中止を発表した。

中国核工業集团公司は、原子力発電開発の拡大を見据え、2012年2月、核燃料産業パーク計画をスタートし、同6月には江門市の鶴山市を候補地とすることを決めた。同12月には、広東省発展改革委員会から着工までのすべての作業を含めた「前期作業」開始の承認を取得。鶴山市政府との間では、投資意向契約を締結した。

中国核工業集团公司は、2012年11月、12月、2013年1月と3回にわたって、鶴山市政府幹部や住民を対象に操業中の宜賓核燃料工場などの現地視察を実施した。2013年3月31日には、中国核工業集团公司傘下の中国核燃料総公司との間で投資枠組協定やプロジェクト用地取決め書を締結。また、中国核工業集团公司は広州国際工程諮詢公司に社会安定リスク分析の実施を委託した。

同プロジェクトに対する反対は、江門市発展改革局が2013年7月4日に龍湾プロジェクトの社会安定リスク評価結果を公表し、一般からの意見募集を開始したあたりから目立つようになってきた。同5日、鶴山市発展改革局と中国核工業集团公司は省内の10のメディアに対し、核燃料工場は絶対に安全であり、汚染もなく地震等の自然災害に対しても環境に全く影響を及ぼさないと説明した。鶴山市政府は7、8の両日、企業経営者や教師、村民の代表などを対象に講演・説明会等を実施した。

7月12日午前、核燃料工場の安全問題を心配する住民約200名が江門市の東湖広場に集まり始め、9時には約1000名に達した。住民らは口々に核燃料工場建設に反対を表明した。一部住民は江門市政府にも押しかけ、核燃料工場の安全性に疑問を投げかけた。これを受け、江門市政府と鶴山市政府は同日、社会安定リスク評価の公示期間の10日間の延長を発表したが、翌13日には、プロジェクトの立ち上げ申請を取り消すことを明らかにした。

同プロジェクトは、2020年時点の核燃料需要の50%を賄うだけでなく、中国を代表する中国核工業集团公司と中国広核集团有限公司の共同出資プロジェクト(総額370億元)として注目されていた。今回の決定によって核燃料工場の建設は振り出しに戻った。^{12,13,14,15}

「台山核電設備産業パーク」計画

江門市は、「珠江デルタ地区改革發展規画綱要(2008-2020年)」で先進製造業重点發展地区と指定されていることから、原子力発電産業パークとしての技術レベルを備えているだけでなく、その相乗効果も大きいと期待されている。また、第3世代炉であるフランスAREVA社の「EPR」を採用する台山原子力発電所の所在地であるため、研究開発センターと産業パークを建設する意義は大きいとみられている。

江門市のカウンタパートとなるのが、広東省を拠点とする、中国を代表する原子力事業者の中国広核集团有限公司である。同公司は、原子力発電の設計、建設、運転など、原子力発電所に関連した傘下企業を抱えているため、台山核電設備産業パークに対して、各種の技術だけでなく、参加企業の発展も支援する意向を示している。

産業パークの發展目標は、以下の通りである。

2012年：

- 一定の規模に到達し、一部の国内外の有名原子力発電設備製造企業を誘致でき、広東省の生産シェアの20%を占め、生産高が20億元に達する。
- 原子力発電設備企業をベースとする研究開発チームを基本的に確立し、原子力発電設備の技術サポート体系及び総合サービス能力を有する。

- 2020年：
- ― 広東省の生産シェアの45%を産業パークが占め、生産高が420億元に達し、国内外の市場への進出を果たす。原子力発電設備の研究開発、保守分野のトップ企業集団を構築し、第3世代原子力発電設備技術を全面的に掌握する。
 - ― 業界内のイノベーションをリードし、原子力発電設備産業の発展と原子力技術応用のモデル地区としての地位を確立する。
- ①産業パークの位置づけ
- 原子力発電設備製造及び研究開発、非動力原子力と原子力発電設備サービスなどの産業発展を積極的に推進し、製造、研究開発、設計、応用を一体化した小規模の原子力発電設備産業基地、総合メンテナンス基地、非動力原子力応用モデル産業基地を目指す。
- ②原子力発電補助設備の製造基地
- 広州市の南沙原子力発電主要設備製造基地との差別化を図り、100万kW級原子力発電所の原子炉蒸気発生設備（NSSS）、二次系補助設備、BOP（Balance of Plant）設備の量産化が可能な生産基地を目指す。
- 南沙原子力発電主要設備製造基地は、100万kW級原子力発電所の基幹設備の製造に焦点を定め、世界的水準に達したNSSSを供給し生産高500億元を達成する。主として、NSSS、二次系主要設備、「AP1000」のモジュール組立及び原子力発電補助設備などの生産と取り組む。¹⁶
- ③原子力発電補助設備の設計・開発プラットフォーム
- 原子力発電補助設備の自主設計、開発能力を備えたプラットフォームとして、パーク内企業と国内外の有名原子力発電設備研究機関との幅広い協力をサポートし、先進技術の吸収・移転を強化する。
- ④原子力発電補助設備総合技術サービスエリア
- 原子力発電補助設備の産業チェーンを川下まで広げ、一貫した産業チェーンを構築し、国家レベルのアフターサービス従業員の研修基地と広東省原子力発電補助設備総合技術サービスエリアを目指す。
- ⑤非動力原子力技術産業化モデル基地
- 広東省内における非動力原子力技術開発・産業化能力を備えたモデル基地を目指す。¹⁷

第2-5表 広東省の戦略的新興産業重大プロジェクト（原子力関係）

プロジェクト	建設主体	内容・規模	期 間	投資額 (億元)	所在地区
広州南沙核電設備産業パーク	広州市政府、中国広核集団	原子力発電所の圧力保持設備（年産5～6台）及び関連するプラント設備・高圧送配電等の設備製造	2009～15	34	広州
江門台山クリーンエネルギー（原子力発電）設備産業パーク	江門市政府、中国広核集団	原子力発電所の補助設備等、クリーンエネルギー応用設備の製造	2010～15	12	江門
深圳大亜湾原子力発電科学技術産業パーク	深圳市政府、中国広核集団	国家レベルの原子力発電研究開発センター及び技術サービス基地を建設する	2010～15	10	深圳
国家エネルギー原子力発電エンジニアリング建設研究開発センター	中広核工程有限公司	センターのインフラ及び6カ所の実験室を建設する	2010～12	3.82	深圳
第3世代原子力発電所の原子炉部分のHVACシステム設備産業化	南方風機股份有限公司	2億3000万元に相当する生産能力	2010～14	1.2	仏山
1000トンの原子力級ジルコニウム・スポンジ	広東東方ジルコニウム業科技股份有限公司	建屋の建設及び設備の調達据付を行い、原子力級ジルコニウムの産業化を実現する	2010～12	3.5	汕頭

出典：「広東省戦略性新興産業発展“十二五”規画的通知」（広東省人民政府、2012年3月）

(2) 浙江省

中国で初めて建設された原子力発電所の立地自治体を一大原子力産業基地（「核電城」）とする計画が進められている。浙江省発展改革委員会は2011年9月19日、秦山原子力発電所が立地する海塩県で開催した審査会で「海塩原子力発電関連産業省ハイテク産業基地発展計画」を承認した。¹⁸

浙江省は2011年1月、中央政府が打ち出した戦略的新興産業の育成・発展の一環として2010年12月21日付で省内の市や県などの人民政府に対して「浙江省原子力発電関連産業発展計画（2010～2015年）」（「浙江省核電関連産業発展計画」）を通知したことを明らかにした。海塩県は省の計画を受け、中国でも有数の原子力発電所を抱える立地点としての優位性を活かし、独自の産業計画をまとめた。¹⁹

浙江省が公表した原子力産業発展計画によると、同省では原子力発電設備の製造と建築・据付が2大原子力産業になっており一定の産業規模に達しているものの、総合的な実力と競争力はまだ弱い。2009年の同省の原子力発電設備売上高は20億元、原子力関連設備製造業の売上高は400億元、原子力発電所の建設・据付サービス売上高は21億元であった。

同省の原子力発電設備製造業は、原子力発電補助設備分野に集中している。この中にはポンプ・空調類や計器・バルブ類、新材料、消防設備が含まれており、省内の原子力売上高のそれぞれ28%、16%、16%、8%を占めている。国家核安全局から「核安全許可証」を取得している企業は合計9社で、中国全体の130社中の7%を占めている。また、中国核工業集団公司が供給業者として認めている企業（合格ベンダー）は114社に達し、中国全体（1021社）の11%を占めている。全体的に浙江省内の原子力発電設備製造業は規模が小さく競争力も弱い。

こうしたことから原子力産業発展計画では、原子力発電サービス産業の発展加速に焦点を定めるとともに、製造水準を引き上げることに努力を傾注し、先導的な役割を果たす中核企業の育成を積極的に支援する方針が打ち出されている。

同発展計画では、2015年までに原子力発電サービス基地と原子力発電設備製造基地を初歩的に建設するとの目標を掲げている。具体的には、「核安全許可証」取得企業を50社程度に拡大するとともに、供給業者としての資格を持った企業を200社程度に増やすとしている。

また、研究開発やエンジニアリング設計、運転・

保守、教育訓練、建築・据付等の原子力発電技術及び産業サービス体系を初歩的に構築し、全省の原子力関連サービス売上高を400億元程度まで拡大するとの目標を定めた。このほか、中核的な製造企業を5社程度育成し、独自の知的財産権とブランドを持った原子力発電設備製造体系を構築し、原子力発電設備の売上高200億元以上、関連設備の製造企業の売上高2000億元程度の達成を目指すとしている。

同発展計画では、各分野の発展を加速するための具体的な施策を盛り込んでいる。まず、研究開発に関しては、省内の原子力発電中核企業が国内外の著名な大学や研究機関との協力を強化し、エンジニアリング研究センター（エンジニアリング実験室、企業技術センター）を設立することを奨励する考えを示した。

エンジニアリング設計の分野では、原子力発電及び関連分野の研究設計機関を主体として、設計や試験、評価、コンサルティング等の能力を向上し、国内外における原子力発電所エンジニアリング設計市場でのシェアを拡大するとともに、浙江省としてのブランドを確立するとしている。

原子力発電所の運転・保守については、サービス能力と水準を引き上げ、国内外の原子力発電所に対して、部品や設備の点検・修理・検査測定、燃料交換、放射線及び原子力安全防護、原子力緊急事態等のサービスを提供することを目標に掲げた。

教育・訓練については、原子力発電に関係した高等教育の発展を加速するとし、省内の条件を備えた大学に原子力工学科を設置するとともに、原子力発電訓練センターの建設を積極的に進め、国内有数の教育・訓練基地とする方針を示した。

こうした目標を達成するため、「原子力発電及び原子力発電関連産業発展協調グループ」を立ち上げるとともに、省発展改革委員会内に同グループの事務局を作り、関連計画や政策・法規の策定、外国との協力等の責任を負わせる考えも明らかにした。

浙江省と海塩県は、原子力発電所の立地点にとどまらず、設備製造・サービス基地としての大きな一歩を踏み出したと言える。

海塩県とフランスのAREVA社は2014年3月27日、経済貿易投資意向書を締結した。それによると、AREVAは海塩県に3億元を投資しAREVA（中国）核電服務有限公司を設立する。同公司は中国におけるAREVAのメンテナンス本部として、秦山原子力発電所をはじめとした中国国内の原子力発電所に対して技術サービスを提供する。具体的には、原子力発電所のメンテナンスや修理、改造、アップグレード、現場設備・システムの調整試験、

撤去、交換等を行う。

また、意向書によると、双方は海塩県に共同で原子力発電訓練センターを設立し、関連人材の養成を行う。このほかAREVAは、「核電城」に進出している企業とフランス企業間での産業協力を積極的に推進する。²⁰ AREVA（中国）核電服務有限公司の開業式典が2014年9月17日に行われた。²¹ 海塩県商務局の趙建峰副局長によると、「核電城」には2014年11月末現在、国内外から76社が進出している。

「海塩県核電関連産業連盟」の設立

「核電城」に進出している浙江中達特鋼股份有限公司、嘉興美克斯机械制造有限公司、嘉興繁栄電器有限公司等、5社を発起人として、2013年3月26日、「海塩県核電関連産業連盟」が設立された。同連盟には地元企業のほか、中核秦山核電集団準備グループ、上海核工程研究設計院、中国原子能科学研究院秦山分院、中科華核電技術研究院有限公司上海公司等を含めた著名企業、設計院など全部で46組織が加盟している。^{22, 23}

同連盟は、地元で秦山原子力発電所があることの優位性を活かし、原子力発電産業クラスター・産業基地を構築するなかで関連企業が協力し「win-win」の関係を構築することをめざしている。また、学会や仲介組織のリソースやパイプを活かして産業発展戦略の研究や規画の策定、競争情報分析、ハイレベルフォーラムの開催等を実施し、中国核工業集团公司等の国有企業とのコンタクト・コミュニケーションをはかり、国内外の交流・協力を強化する方針も打ち出している。このほか、政府や原子力産業主管部門とのコミュニケーション・対話を強化し、原子力産業の発展に向けた重大プロジェクト、重点課題、応用基準、サービス規程、入札を引き受けることも連盟の事業目的としてあげている。²⁴

第2-2図 原子力発電事業者と積極的に交流を行う海塩県核電関連産業連盟



出典：http://www.cnpc-hy.com/art/2014/12/1/art_3700_178055.html

同連盟は設立以来、活発な活動を展開している。2013年12月1日から3日にかけて浙江省核学会が主催した中国広核集团有限公司傘下のエンジニアリング会社、中広核工程有限公司等との交流会には同連盟から中達特鋼など6社が参加した。同社をはじめとした連盟加盟企業は、中広核工程有限公司のほか、東方電気（広州）重型機器有限公司等と意見交換した。また同連盟は海塩県人民政府と共同で福清、寧徳両原子力発電所の関係者との間で意見交換を行い、同連盟から17社・30人が参加した。²⁵

海塩県人民政府関係者は、同連盟に加盟した場合のメリットを以下のようにあげている。

- ・中国核工業集团公司との交流会への参加。具体的には、連盟が主催し秦山原子力発電の関係者を招き、発電所の運転状況と製品ニーズなどについて説明を受ける。
- ・連盟企業間の交流会への参加。外国企業が発電所から認定書（「合格供應商証書」）を取得するのは難しいが、連盟企業間での技術供与やビジネス協力等を通じて問題をクリアするための場を連盟が提供する。
- ・連盟が地方政府や発電所との仲介役を果たし、企業の設立や営業活動、行政認可、発電所との関係構築に便宜を供与する。

なお海塩・中国核電城建設弁公室が2014年10月20日、明らかにしたところによると、同連盟に加盟している嘉興繁栄電器有限公司が中国核工業集团公司の「合格供應商証書」を取得した。これによって嘉興繁栄電器は中核集団本部及び傘下組織に対して製品やサービスを提供できるようになった。嘉興繁栄電器はこれまでに、中国核電工程有限公司や秦山核電有限公司、中核二三建設公司東方公司、中国核建五公司等から認定書を取得している。²⁶

第2-3図 中核集団の「合格供應商証書」



出典：http://www.cnpc-hy.com/art/2014/10/20/art_3686_175578.html

海塩県「核電城」計画

原子力発電設備の国産化率を80%以上に引き上げるという中国政府の要求にしたがい、海塩杭州湾大橋新区原子力発電関連工業パーク（「核電城」）プロジェクトがスタートした。同パークの建設は、秦山原子力発電所の調達コスト削減に寄与するとみられることから、同発電所もこれを支援している。同発電所の投資主体である中国核工業集团公司と浙江省人民政府は2010年3月8日、浙江省海塩県において共同で「核電城」を建設するという戦略協力会談メモに署名した。

海塩県「核電城」は、以下の5つの基地で構成され、将来的には国家級のハイテク産業基地をめざす。海塩中国核電城建設弁公室の徐瀏華主任は、「核電城」の建設は中国核工業集团公司が中心になって行われるものの、外国企業の進出も希望するとの考えを表明している。同弁公室によると、「核電城」に入った原子力発電関連企業は2014年11月末現在、76社に達している。

①（秦山）原子力発電生産基地

秦山Ⅰ期、Ⅱ期、Ⅲ期、方家山の各原子力発電所で構成される。

②原子力発電運転サービス基地

原子力発電PRセンター、予備工具・部品センターを設置し、原子力発電所サービス企業が運転サービス業務を提供する。また、放射線照射ステーションや核医学病院等の原子力技術応用産業を誘致する。

③原子力発電生活基地

原子力発電の集約化と総合化をはかるとともに、秦山Ⅰ期、Ⅱ期、Ⅲ期原子力発電所の要求に応えるため、同発電所に近接した生活区域に本部事務基地や管理、サービス基地を新たに建設する。また、海塩県の原子力発電企業が新たな産業領域を開拓するため、全国の原子力発電所に対して運転サービスを提供する企業の本社建設を検討する。

④大橋新区原子力発電研究開発・設備製造基地

大橋新区において原子力発電関連産業基地を設立し、原子力発電設備の国産化を進める。また、国内の各種原子力企業が発展する場を提供するとともに、外国の中小企業が単独あるいは合併の形で中国に建設する場合の用地を提供する。さらに、原子力発電所の廃止措置や寿命延長に関して研究開発や実験のニーズを提供する。このほか、原子力発電用の大型機器産業パークの発展をはかり、原子力発電製品の自主化、大規模生産を成し遂げる。

⑤「中国核電城中心城」

原子力安全文化の構築等を目的として、原子力発電発展研究・管理、原子力発電プロジェクト開発、入札認証、会議、展示、PR、教育訓練、内外の原子力発電関連企業の管理機関を1ヵ所に集めた「中国核電城中心城」を建設する。この中には、中心城の本部ビル、展示センター、原子力発電企業の本社基地、入札・検査測定センター、金融・商業サービスセンター、文化宣伝センターが含まれる。さらに「中核科技大学（仮称）」を建設し、中国の急速な原子力発電に不可欠な人材を供給する。

第2-4図 海塩経済開発区原子力発電関連工業パーク



出典：「浙江海塩経済開発区核電関連産業園」

(<http://www.chinahed-nuclear.com/zh/2010-07-13-04-26-32/introduction>)

(3) 四川省

2010年7月20日に公表された「四川省工業『7+3』産業2010年度活動計画」（「四川省工業“7+3”産業2010年度工作计划」）²⁷に盛り込まれた「四川省設備製造産業2010年活動計画」（「四川省装备制造産業2010年度工作计划」）では、原子力発電設備の開発・生産を重点的に推進させていく方針が示された。

中核的な製造技術のブレークスルーについては、中国第二重型機械集团公司（中国二重）を中心に、「CPR1000」向け原子炉压力容器クロージャーヘッドと蒸気発生器ヘッド部分、「AP1000」向け大型鍛造品製造技術のブレークスルーを達成している。また、東方電気を中心として、100万kW級の原子力発電及び超超臨界圧ユニット製造技術のブレークスルーを達成するという目標が示された。

さらに、東方電気、中国二重、三洲川化機などの企業を中心として、「CPR1000」の原子炉部分の主要設備、二次系のタービン発電機について年間3基分の生産能力を確立することも明記された。このほか、原子力発電設備の工業パークについて、成都核電設備関連産業パークの建設を開始する方針が明らかにされた。

「成都原子力技術産業発展規画」（「成都核技術産業発展規劃」）によると、原子力発電設備産業に焦点を定め、企業のイノベーションをサポートするとともに、大学や研究開発機関、関連企業の原子力技術資源を統合し、成都を中心とした原子力技術応用の産学官チェーンを構築することによって、科学研究の成果を産業に移転するモデルを確立する。²⁸

四川省経済・情報化委員会は2011年8月17日、「611計画」*の2011年度活動推進計画を公表し、この中で、原子力発電設備を重点発展分野の1つとしてリストアップした。それによると、積極的に推進する基幹技術の中で原子力発電設備については、第3世代原子力発電所の原子炉部分の主要設備の製造技術、大型鍛造品製造技術、新型核燃料要素製造技術を含めた。重点開発製品としては、100万kW級の先進的加圧水型炉（PWR）と高温ガス炉の設備、一次系配管、制御棒駆動機構、原子力2級と3級の配管、核燃料コンポーネント、原子力級のケーブルなどをリストアップした。

重点的に育成する企業として、東方電気集団、中国二重、中核建中核燃料元件有限公司、徳陽台海核能裝備有限公司を指名した。

なお同委員会が公表した「戦略性新興産業（産品）発展指導目録（2012年）」では、原子力発電に関連した以下の設備がリストアップされている。

- 100万kW級先進PWR・高温ガス炉原子力発電設備
- 压力容器
- 蒸気発生器
- 加圧器
- 炉内構造物
- 制御棒駆動機構
- 原子炉冷却材循環ポンプ
- 一次系配管
- 電気貫通孔
- 原子力2級・3級配管
- 核燃料コンポーネント
- 原子力級ケーブル
- 原子力級溶接材料
- 原子力タービン
- タービン発電機
- 放射性廃棄物処理設備
- 第3世代原子力発電所の原子炉部分主要設備製造技術
- 大型鍛造品製造技術
- 新型核燃料要素製造技術
- 原子力発電所用デジタル計装制御システム製造技術
- 放射性廃棄物処理技術
- 原子力技術応用産業化技術

こうしたなかで2013年5月、四川省重大技術裝備弁公室は、東方電気を中心として「四川核電産業連盟」を設立することを決め、中国核動力研究設計院や中国二重、四川大学等の賛同を得た。2014年6月には連盟の準備会合が開かれ、同7月25日に正式に設立された。同連盟には、中国核動力研究設計院や東方電気、中国二重、四川大学のほか、三洲川化機核能設備制造有限公司（一次系配管の製造）、川開電氣有限公司（中低圧電氣設備）、中核建中核燃料元件有限公司（核燃料の成形加工）等が加盟している。²⁹

四川省重大技術裝備弁公室の張支鉄主任は、2017年までを見据えた同連盟の具体的な目標について、第3世代炉のシステム及び設備に共通した核心的な技術研究を行い、製品開発を技術的にサポートする考えを明らかにした。張主任は以下の7つの目標をあげた。

* 611計画：2015年までに、60以上の核心技術のブレークスルーを達成し、販売収入額10億元相当の製品を100種類作り上げ、10社以上の100億元企業を育成するという計画。

- ①「ACP1000」の原子炉システム及び原子炉部分の主要設備の基礎研究を完了し、「ACP1000」ならびに「AP1000」の原子炉部分のシステム・設備のエンジニアリング設計を完了させる
- ②「AP1000」の原子炉压力容器、蒸気発生器、制御棒駆動機構、炉内構造物、「CAP1400」の蒸気発生器、一次系配管及び「ACP1000」の蒸気発生器等の原子炉主要設備の1号製品を製造し、第3世代原子炉主要設備のバッチ製造能力を構築する。
- ③「ACP1000」向けの核燃料集合体の基礎技術ならびにメカニズムの研究を実施し、エンジニアリング設計ならびに製造分野での基幹技術のブレークスルーを達成する。
- ④「CAP1400」、「ACP1000」、「AP1000」の在来部分のタービン発電機のエンジニアリング設計ならびに1号製品の製造を完了し、第3世代炉のタービン発電機をバッチ生産するための設計・製造能力を構築する。
- ⑤第3世代炉の原子炉部分及び在来部分の大型鍛造品のバッチ製造能力を構築する。
- ⑥第3世代炉の計装制御システム・設備、補助システム・設備の研究・製造を実施する。
- ⑦原子力産業が必要とする研究開発や設計、製造、サービス能力を有した高い資質の人材を養成するとともに、連盟の会員間での協力を促進し、原子力産業に従事する企業の共同发展をはかる。

このほか張主任は、同連盟として原子力発電設備産業の発展戦略研究を行い、発展計画を策定する考えを明らかにした。同計画には、以下のような内容が織り込まれる予定になっている。

- ①第3世代炉の設備の設計・製造技術の最適化・改良の明確化を行い、国内でも最先端の水準を達成する。また、国際的な競争力を持ち、四川省で設計、製造された原子力発電設備を世界各国に輸出する。
- ②産・学・研の協力体制や人材養成、科学研究試験施設の建設、設備製造能力構築等の分野での目標・措置を明確にし、モジュール方式の小型炉（SMR）や超臨界圧軽水冷却炉、トリウム溶融塩炉、ナトリウム冷却高速炉、核融合炉、各種研究炉等の新型原子炉の基礎研究ならびにシステムの研究開発、設備の研究開発等の分野で顕著な進展を達成する。
- ③科学研究成果の産業化応用の支援を強化し、各リソースの最適化をはかり、原子力発電産

業チェーンを育成する。

- ④産業界、学界、研究機関、ユーザー、投資家、政治の協同的なイノベーションを強化するとともに、連盟会員間の広範な協力を促進し、四川省を中国の原子力発電設備設計製造の重要基地とする。

（4）山東省

山東省経済貿易委員会と国防科学技術工業弁公室は2009年5月8日、「原子力発電設備製造業の発展加速に関する山東省の指導意見」（「山东省关于促进核电装备制造加快发展的指导意见」）を関係機関に通知した。同意見では、原子力発電設備製造業の現状分析を行ったうえで、発展を促進するための対応措置を提示した。³⁰

それによると、原子力発電設備製造業への参入はハードルが高く、技術に対する要求も高いため、山東省内の企業にとってはクリアすべき課題が多い。2008年の業界統計に掲載されている山東省の原子力発電設備中堅企業は7社しかなく、合計工業生産高2億3400万元、工業付加価値4300万元、販売高2億7900万元で、製品には原子炉部分設備、二次系設備、補助設備と関連材料が含まれている。

山東省政府は、原子力発電設備製造工業パーク、重点企業、重点プロジェクト、重点技術の発展を加速し、ブランド戦略をテコに、原子力発電設備の国際生産基地に育てていく方針を示している。

具体的には、2011年までに省内の原子力発電設備製造業の生産高を100億元に拡大し、3ヵ所の工業パーク、10社の中堅企業、10件の重点プロジェクトを目標として、専門化、標準化、規模化、国際化をキーワードに原子力発電設備開發生産体系の確立を目指すとした。

山東省政府は、原子力発電設備製造工業パークの建設推進について、煙台海陽原子力発電設備製造工業パーク、煙台萊山原子力発電設備製造工業パーク、淄博原子力発電設備・関連材料工業パークという3ヵ所の原子力発電設備工業パークの建設計画を推進する方針を打ち出した。

また、個別重点企業のサポートに関して、山東核電設備製造有限公司、煙台台海瑪努爾核電設備有限公司、青島双瑞防腐防汚工程有限公司、淄博蓄電池廠、煙台氷輪集团有限公司などが得意とする分野をバックアップする考えも明らかにした。

山東省は重点プロジェクトについて、国家核電技術会社の煙台総合性原子力発電技術基地プロジェクト、山東核電設備製造有限公司の原子力島CV格納容器、压力容器及び原子炉内部材製造プロジェクト、煙台台海瑪努爾核電設備有限公司の原

子力発電バルブ建設プロジェクト及び「AP1000」向け原子力級鍛造プロジェクトなどの実施を加速していくとしている。

重点技術については、原子炉部分の部材の生産、大型鍛造物、特殊バルブ、自動制御、炭素繊維材料などの基幹技術の掌握をサポートする。さらに、原子炉部分の関連設備、二次系関連設備、補助関連設備、原子力発電輸送関連設備、関連材料の開発生産を加速していくとしている。

山東省政府は2011年5月4日、「戦略的新興産業の育成、発展の加速に関する山東省人民政府の実施意見」（「山東省人民政府關於加快培育和發展戰略性新興産業的實施意見」）³¹を各市人民政府などの関係機関に同4月25日付で通知したことを明らかにした。

この中で原子力に関しては、次世代原子力技術と先進的な原子炉の研究開発を積極的に行うとともに、海陽、栄成両原子力発電所の建設を加速する方針を示した。また、知的財産権を有する原子力発電設備のブランドを確立し、煙台と威海の原子力発電設備製造基地を着実に構築する意向を改めて表明した。現在、石島湾で建設が進められている高温ガス炉実証炉は、山東省の第1次戦略的新興産業プロジェクトに指定された。

山東省で運転中の原子力発電所はまだないが、米国ウェスチングハウス社の「AP1000」を採用する海陽Ⅰ期（PWR、125万kW×2基）と、高温ガス炉（HTGR）実証炉の華能山東石島湾（栄成）発電所が建設中である。また、HTGR実証炉と同じサイトには、「AP1000」をベースに中国が独自に開発した「CAP1400」の実証炉が2基建設されることになっている。

このほか、乳山市で計画されている紅石頂原子力発電所については、2014年1月7日に発生したマグニチュード4.3の地震を受け、再び住民の間に懸念が浮上してきている。同発電所は、Ⅰ期プロジェクトとして250億元をかけ100万kW級のユニットが2基建設されることになっている。最終的には600～800万kWの規模に達することが見込まれている。³²

乳山紅石頂原子力発電プロジェクトは1983年に立地点選定作業がスタート。1995年8月に国の審査をパスし国家原子力発電中長期発展計画に盛り込まれた。2005年10月には、山東省政府と中国核工業集团公司との間で「山東原子力発電の発展を共同で促進する全面協力強化に関する枠組協定」を締結。中国核工業集团公司が同プロジェクトの投資主体となることが決まった。2006年11月には「山東紅石頂核電有限公司」が正式に設立され、同プロジェクトが正式にスタートした。³³

山東省煙台「海陽原子力発電設備製造工業パーク」計画

海陽原子力発電設備製造工業パークは、2009年に山東省によって承認された初の原子力発電設備製造工業パークであり、80km²の敷地面積を有する。大型設備製造、原子力発電関連設備製造、プロジェクト設計と管理、自主研究開発、物流及び関連総合サービスを重点分野として、設計や研究開発、製造、据付、測定、環境保護、サービスの一体的な発展をはかり、最終的に原子力発電総合サービスセンター、研究開発センター、重大設備製造基地を目指すとしている。

同パークは、海陽原子力発電所をサポートする基地と位置づけられている。海陽原子力発電所は米国のウェスチングハウス社が開発した第3世代炉「AP1000」（125万kW）を採用し、最終的には投資総額1400億元、設備容量870万kWの大型プロジェクトとして、16～20年間をかけて完成させる予定である。当初、6基の建設を計画しているが、さらに2基増設するスペースを確保している。Ⅰ期工事では400億元を投じて2基が建設される。1号機は2007年12月に着工し、2014年に運転開始が見込まれたものの完成が遅れている。

①工業パークの構成

工業エリア、研究開発エリア、商業貿易物流エリア、総合サービスエリア、原子力発電観光エリアーで構成されている。

②工業パークの発展状況

山東核電設備製造有限公司、山東豊匯集团有限公司、山東立泰船舶重工有限公司、核電商貿城、特種飛行器などが既に進出している。稼働中のプロジェクトが8件（投資総額36億元）、建設中のプロジェクトが7件（投資総額48億元）となっている。2015年時点の工業パークの従業員1万人、売上高200億元を想定している。

③発展目標

3～5年をかけ、重点研究開発基地10ヵ所、大型原子力発電商業貿易サービスセンター10ヵ所、重点設備製造プロジェクト10件という目標を達成し、原子力発電総合サービスセンター、研究開発センター、重大設備製造業基地を目指す。³⁴

(5) 福建省

福建省経済貿易委員会が2009年12月8日に公表した「福建省産業調整・振興实施方案投資重点」（「福建省产业调整和振兴实施方案投资重点」）では、同省における原子力発電産業の発展の方向性が明らかにされた。

それによると、寧徳原子力発電所と福清原子力発電所を中心に、原子力発電産業チェーンを拡大させていく方針が示された。具体的には、機械やソフトウェア、電子、ケーブル、電機、バルブなどの業界において競争力を持った企業が、原子力発電関連製品の生産開始や原子力発電産業の関連ライセンスを取得できるようサポートする。また、原子力と石炭及びその他の化石燃料との総合利用研究を通じ、原子力産業の競争力を向上することを奨励している。³⁵

2011年5月に公表された「福建省『第12次5ヵ年』エネルギー発展特別規画」では、安全確保を前提に、原子力発電を発展させていく方針が示された。また、寧徳原子力発電所Ⅰ期(100万kW級×4基)、Ⅱ期(100万kW級×2基)、福清原子力発電所(100万kW級×6基)の建設を加速し、「第12次5ヵ年」期間中に700万KWを稼働させることを確認している。同時に、将来のエネルギー需要、環境保護、立地点確保などの条件を考慮し、三明の高速炉(80万kW×2基)の準備作業を積極的に進めることも明らかにした。³⁶⁾

福建省漳州市環境保護局は2014年8月8日、「漳州原子力発電所Ⅰ期工事の環境影響評価（立地点選定段階）の情報公告（第一号）」を公示した。それによると、同プロジェクトでは国産化「AP1000」型炉（「CAP1000」）が6基建設される。まずⅠ期工事として4基が建設される。2015年10月1日の着工予定で、工期は54ヵ月の見通しとなっていたが、15年12月末時点でまだ着工されていない。

「南平市人民政府の南平市低炭素都市試験工作实施方案の発布に関する通知」(南政総[2013]203号)では、南平原子力発電プロジェクトは同市の二酸化炭素の排出抑制と電力の安定供給に貢献するため、同プロジェクトの前期作業を積極的に進め国の承認を早期に取得する方針が示された。同プロジェクトでは、100万kW級のユニットが4基建設されることになっており、まずⅠ期工事として2基が建設される。龍岩市でも、100万kW級のユニットを4基建設する計画が浮上している。このほか莆田市では、中国核工業集団公司が開発したモジュール方式の小型炉「ACP100」の実証炉と60万kWの高温ガス炉を建設する計画がある。³⁷⁾

一方、福建省發展改革委員會は2014年8月21日、「福建省対応気候変化計画（2014－2020年）」を公表し、安全かつ高い効率で原子力発電の発展をはかり、福清、寧徳両原子力発電所の建設を着実に進め、2020年までに10基を稼働させるという目標を掲げた。³⁸

第2-5図 漳州原子力発電所の立地点



第2-6図 漳州原子力発電所の完成予想図



出典：漳州核电厂一期工程环境影响评价（选址阶段）信息公告（第一号）

(6) 遼寧省

中国国務院は2014年8月19日、「東北振興の短期的な支援の若干の重大政策措置に関する意見」³⁹を同8月8日付で各省や自治区等の関係機関に通知したことを明らかにした。国有企業の改革を先行して実施することを中央政府として支持する考えを表明したほか、伝統的な産業の改造・グレードアップに加えて、戦略的新興産業を積極的に発展させる意向を示した。

また同意見では、東北地方のエネルギー構成を最適化するとしたうえで、遼寧省の紅沿河原子力発電所のⅡ期プロジェクトに着工するとともに、徐大堡原子力発電所プロジェクトを適宜スタートさせるとした。このほか、東北地区では熱電併給プロジェクトの建設の審査・承認を加速する方針を明らかにした。

中国華電集团公司遼寧分公司と遼寧省東港市政府は2008年10月20日、東港原子力発電プロジェクトを協力して進めるという枠組協定に調印した。それによると、双方は共同で同プロジェクトの前期作業（前期工作＝着工までのすべての作業）を進める。⁴⁰

(7) 江西省

江西省發展改革委員会は2010年12月30日、九江原子力発電産業基地の設立を正式に承認し、省レベルの産業基地と位置づけた。同基地の設立の目的は、彭澤原子力発電プロジェクト（投資総額1050億元）、万安原子力発電プロジェクト（投資総額700億元）の建設計画に合わせ、原子力発電設備関連産業の整備を図ることにある。

江西省の原子力発電産業はようやくスタートした段階にある。ウラン採掘業を除いて産業全体の規模が小さく、産業発展を牽引できる中核企業も少ない。しかし、一定の産業基盤をベースに、資源に恵まれている利点を活かし、原子力産業発展の重点分野として原子力発電、核燃料生産、原子炉設備と原材料製造などを指定した。⁴¹

九江原子力発電産業基地は、全体計画面積が2450ムー（1ムーは約667㎡）となっており、Ⅰ期は1100ムーで機械加工生産区、機電設備生産区、設備組立及び倉庫区、商業貿易物流及び関連生活基地の5つのエリアで構成される。

同基地は、原子力発電だけでなく、新エネルギー関連の設備製造とサービス基地の役割も果たす。

第2-7図 徐大堡原子力発電所の完成予想図



出典：中国核工業集团公司

(http://cnnc.chinahdr.com/pages/cnncampus/dept_info.asp?did=134211000198&parentid=134211000186)

建設目標としては、2015年までに一定の規模に達し、機能エリアを完備し、生産チェーンのベースを構築する。そして、I期工事の完成後には進出企業が60社を数え、関連貿易や製品の売上高が毎年約50億元に達すると想定している。⁴²

彭澤原子力発電所については、隣の安徽省から

反対の声があがったが、福島事故を受けた中央政府の決定により「第12次5ヵ年」期間中(2011～2015年)の着工は見送られた。同発電所では、「AP1000」が4基建設されることになっているほか、全機完成後に150万kW級ユニット(「CAP1400」)を2基建設するという計画もある。

(8) 安徽省

①隣の省の原子力発電所計画に反対運動

安徽省でも、蕪湖(「AP1000」×4基、投資主体：中国広核集团有限公司)、吉陽(池州)(「AP1000」×4基、投資主体：中国核工業集团公司)、宣城(「AP1000」×4基、投資主体：中国大唐集团公司)、巢湖(「AP1000」×4基、投資主体：中国国電集团公司)の建設計画が明らかになっている。また安慶市に高温ガス炉を建設する計画もある。その安徽省で、隣の江西省で計画されている彭澤原子力発電所の建設に対して反対運動が起きた。

2012年2月7日にインターネットに流れた「江西彭澤原子力発電所プロジェクトの建設停止の請求に関する報告」(「関于請求停止江西彭澤核電廠項目建設的報告」)が発端となり、マスコミが競って報道した。この報告は安徽省望江県の王進・県長が署名した正式文書で、2011年11月15日に安徽省の発展改革委員会能源局に提出された。安徽省発展改革委員会は、国家能源局に望江県の報告を提出する意向を示した。⁴³

この報告は、隣の江西省彭澤県に建設が計画されている原子力発電所に対して公然と中止を求めたため、多くの関心と呼んだ。報告は、発電所の立地点選定評価、環境影響、安全分析の点から疑問を呈した。

まず、人口データが実際と食い違っていると指摘している。中国の原子力規制当局である環境保護部(国家核安全局)の「核動力廠環境輻射防護規定」によると、原子力発電所の立地点の半径5km内に1万人以上の村や町、また半径10km内に10万人以上の都市があることを制限しており、こうした場所では原子力発電所の建設は適さないと規定している。

望江県によると、彭澤原子力発電所の半径10kmには望江県の華陽鎮や太慈鎮等、多数の村や町が含まれており、半径3.2kmから10.9kmの範囲内に

は17万人が住んでおり、流動人口も3万人に達するという。しかし、彭澤原子力発電所の建設に関して2006年に当局に報告されたデータでは、華陽鎮の人口は2万4110人、2008年の改訂版でも4万5280人となっており、事実と大きく異なると望江県側は主張した。

地質評価についても異議を唱えた。彭澤県の上級行政単位である九江市は、「九江-靖安断層」の上に位置し、江西省でも比較的地震活動が活発な地域の1つに数えられるとしたうえで、2005年11月26日と11年9月10日には九江市でマグニチュード5.7と4.6の地震が発生したと指摘している。

また、望江県には発電所の立地点の半径10km内に省級の2ヵ所の開発区があるものの、立地点選定段階の環境評価報告書では、半径15km内には大・中規模の企業はないと明記されており、これも事実と反すると批判した。⁴⁴

さらに、望江県に対して実施された世論調査でも民意を全面的に反映しているとは言えず、公開・透明の原則に反すると非難した。望江県側によると、彭澤県の関連部門が望江県磨盤村で実施した世論調査では、調査目的や影響について説明がなかったとしている。さらに調査対象者に対して、歯磨きや洗剤、石鹼、シャンプーなど1個50元程度の粗品が配られたことを明らかにした。このほか、原子力発電所の立地予定地点は江西省から見ると最下流に位置するため、仮に事故が起こった場合には安徽省が大きな被害を受けるとの懸念を表明した。

これに対して彭澤県側は、実施主体である中国電力投資集団会社が設立した江西核電公司による環境影響評価や安全評価に協力を行ったとしたうえで、国の関連規定に従ったと正当性を主張した。

彭澤原子力発電所の安全管理を担当する環境保護部核安全管理司の担当者は2012年2月8日、立地点選定段階の評価報告は関連規定に適合しているとの見解を明らかにした。また、2月10日現在、望江県に対して上級政府からの回答はないというが、国家能源局は2月9日、調査を実施するため担当者を江西省に派遣した。⁴⁵

今回の争議は、望江県を退職した元幹部の行動が発端になっている。望江県法院長を務めた方光文氏ら4名は2011年6月、彭澤原子力発電所の建設中止を呼びかけた請願書を公表した。中止を求めた理由は、望江県の公式文書の内容と同じだが、この4名は2011年12月20日、中央政府の関連部門にも陳情書を提出した。陳情書は、国务院の指導者にもすでに渡った。⁴⁶

今回の件については、2つの省の間で事前に調整が行われていれば展開が違ったとの見方がある。

さらに、彭澤原子力発電所の立地点が望江県の開発区から離れた場所であったら状況は違っていたと指摘する関係者もいる。原子力発電所の建設予定地は、彭澤県から20km、九江市から80km離れているのに対して、望江県からはわずか10kmしかない。

なお、彭澤原子力発電所Ⅰ期工事では4基を建設する計画になっており総投資額は1050億元と見積もられ、地元経済に大きく貢献すると期待されている。また、地元政府に対しては、建設期間中には毎年5000万元の建築施工時の営業税が支払われる。4基が全部完成すると毎年30億元の税金が見込める。ちなみに、彭澤県の現在の財政収入は5億元程度に過ぎない。

同発電所は1982年、着工までのすべての作業を含めた「前期作業」を開始。1992年に「江西原子力発電所初期実行可能性研究報告」（「江西核電廠初步可行性研究報告」）が完成したあと、当時の電力部が核工業総会社と共同で同報告を審査した。その後、2008年1月に国の原子力発電中長期発展計画に組み込まれた。米ウエスチングハウス社が開発した第3世代炉「AP1000」（PWR、125万kW）が4基建設されることになっている。

②内陸部での原子力発電プロジェクトに反対の声

また同発電所は、湖南省の桃花江や湖北省の咸寧と同じく、内陸部に建設される中国初の原子力発電所の候補にあがっている。2010年末時点では、初期実行可能性研究報告の審査が終了した原子力発電プロジェクトは全国で43件あったが、このうち31件を内陸のプロジェクトが占めていた。彭澤発電所もそのうちの1つであるが、内陸部での原子力発電所の建設に異議を唱える向きもある。

中国科学院理論物理研究所研究員の何祚庥院士

は2011年7月、内陸部の原子力発電所建設に反対する考えを明らかにした。内陸部の場合には河川に沿って原子力発電所が建設されるが、干ばつが起こった場合には冷却水の取得が難しくなり大きな事故につながる可能性があるということを理由の1つとしてあげている。今回の望江県の反対声明に関しても、江西省の彭澤地区では干ばつに見舞われ、水の確保に重大な問題が発生したことがあるとの懸念を示した。

なお、2012年10月24日に温家宝首相（当時）が召集した国务院常务会议では、内陸部における原子力発電所の着工を「第12次5ヵ年」期間中は見送ることを決めた。

(9) 吉林省

吉林省人民政府は2012年2月27日、各市や県などの人民政府をはじめとした関係機関に対して「吉林省エネルギー発展・エネルギー保障体系建设『第12次5ヵ年』規画」（「吉林省能源发展和能源保障体系建设“十二五”规划」）を通知した。

同省では化石燃料資源が全体的に不足しているが、一次エネルギー消費に占める石炭の割合が70%以上を占めている。また、石油と天然ガスの占める割合が全国平均を下回っており、新エネルギーと再生可能エネルギーの開発もそれほど進展していない。このため、エネルギー発展規画では、原子力発電等のクリーンエネルギーの開発を促進する方針が打ち出された。

具体的には、すでに国の原子力発電発展計画に組み込まれている靖宇赤松原子力発電プロジェクトのⅠ期工事に着工するとともに、同発電所に続く2番目の原子力発電プロジェクトの「前期作業」に着手する方針を示した。

第2-8図 彭澤発電所の立地点



出典：「中科院院士何祚庥：坚决反对在内陆建设核电站」（<http://news.sohu.com/20120210/n334318851.shtml>）

第2-6表 吉林省の「第12次5ヵ年」期の各種エネルギー指標

	単位	2005年	2010年	2015年	伸び率(%)	年平均伸び率(%)
一次エネルギー消費	標準炭換算万ト	5258.5	8297	12283	48	8.16
石炭消費量	万ト	6458	9583	12040	25.64	4.67
石炭消費の占める割合	%	76.5	74.7	62	-12.7	
石油消費量	万ト	872.59	994	1506	51.51	8.66
石油消費の占める割合	%	20.9	17.3	17.52	0.22	
天然ガス消費量	億m ³	5.4	17.45	87	398.57	37.89
天然ガス消費の占める割合	%	1.37	2.8	9.42	6.62	
非化石エネルギー消費量	標準炭換算万ト	—	453.4	1204	165.5	21.57
非化石エネルギー消費の占める割合	%	—	5.46	9.80	4.34	
電力使用量	億kWh	378.23	577	1146	98.61	14.71

出典：「吉林省能源發展和能源保障體系建設“十二五”規劃」（吉林省人民政府、2012年2月）

(10) 河北省

河北省滄州市政府は2014年8月26日、「河北省滄州海興原子力発電プロジェクト公衆参加第一次情報広告」を公表し、この中で海興原子力発電所Ⅰ期プロジェクトにおいて「AP1000」型炉を2基建設する計画であることを明らかにした。1号機は2016年6月に着工する。建設工期は54ヵ月の予定で、2020年12月の運転開始を見込んでいる。同プロジェクトでは最終的に6基・750万kWが建設される。

また河北建設能源投資有限公司は同日、中国核能電力股份有限公司、華電国際電力股份有限公司と共同で中核華電河北核電有限公司を共同で設立したことを明らかにした。出資比率はそれぞれ10%、51%、39%。中核華電河北核電有限公司は7月28日、滄州市工商局で登記された。

河北省は2010年に公表した「河北省電力『第12次5ヵ年』發展規画」（「河北省電力“十二五”發展規劃」）の中で、初めて原子力発電所の建設に言及。その後、広核集団や中核集団、華電集団、華能集団等が承德寛城県や秦皇島撫寧県、滄州海興県、唐山遷西県等で実施したプロジェクトの前期作業をサポートした。⁴⁷

(11) 貴州省

中国広核集団有限公司の譚建生副総経理は2014年7月10日、同公司与貴州省の發展改革委員会及び能源局との間で投資意向協定を締結したことを明らかにした。それによると、2014年から2020年の間に総額350億元をかけて銅仁市に125万kWの大型原子力発電所2基を建設するとともに、30億元をかけて10万kWの小型原子力発電所を2基建設する。銅仁原子力発電所の立地点については、徳江や思南、沿河県等が候補にあがっている。小型原子力発電所については興義、鎮寧、玉屏などが候補地になっており、「貴州原子力発電小型炉原

子力発電プロジェクト方案」が完成している。

貴州省と広核集団は2009年に協力枠組協定を締結し、これと前後して大型商用原子力発電所の立地点選定作業を終えた。また、2013年に締結されたエネルギー協力深化協定に基づき、小型炉を用いた原子力発電所の立地点選定と専門家による審査が終了し、近いうちに小型炉の立地点選定が終了するとみられている。⁴⁸

(12) 内モンゴル

中国科学技術部によると、内モンゴルは「第12次5ヵ年」期における戦略的新興産業發展計画の一環として、これまでの実績を踏まえ核燃料の成形加工産業の拡大を図っていく方針を打ち出している。⁴⁹

それによると、ウラン鉱の採掘・製錬とトリウムの製錬・分離、天然ウランの転換ライン、「AP1000」用核燃料、高温ガス炉用燃料の生産基地を構築するとともに、AFA3G核燃料の生産規模を拡大する。「第12次5ヵ年」期には、包頭市の重水炉、PWR、高温ガス炉の燃料生産ラインの生産能力は年間1200トンUに達すると見込まれている。

また、同期間内には、核燃料の研究開発と照射検証が実現することが有望視されているほか、初のトリウムを燃料とした重水炉を採用した原子力発電所の建設を推進する。

(13) 陝西省

陝西省の第12期人民代表大会常務委員会第11回会議で「陝西省放射性污染防治条例」が可決されたのを受け2014年10月1日から正式に実施された。⁵⁰

条例は全部で5章、46条で構成され地方政府の放射線に関係した環境保護責任を強化する内容となっており、地方政府が放射性汚染防止の第一の責任を負うことを明確にした。また、モニタリン

グ体系の完璧化をはかるとともに、固定されていない放射線源及び放射線発生装置の監督管理の強化、廃棄放射線源の回収・再利用、放射線緊急事態への対応等の内容が盛り込まれた。

このほか条例では、県クラス以上の放射線環境モニタリング機関が管轄内の放射線環境の状況についてモニタリングを行うことを定めた。こうしたモニタリング情報については、県クラス以上の環境保護当局によって定期的に公表される。

陝西省にはまだ原子力発電所は稼働していないが、研究炉が1基あるほか、ウラン濃縮企業や放射性廃棄物貯蔵所などがある。また、中国で唯一の核燃料集合体向けジルコニウム管生産工場もある。なお、吉林省や黒竜江省、江蘇省、四川省などでも、放射性汚染防止に関係した地方法規が実施、あるいはドラフトが作成されている。

(14) 西部開発

国家発展改革委員会は2014年8月20日、国务院の承認を得て「西部地区奨励産業目録」（「西部地区鼓励類産業目録」）を公表した。10月1日から施行された。⁵¹ 重慶市、四川省、貴州省、雲南省、チベット自治区、陝西省、甘肅省、青海省、寧夏回族自治区、新疆ウイグル自治区、内モンゴル自治区、広西壮族自治区について奨励産業を指定した。

このうち原子力関係では、重慶市で原子力設備の製造が、また四川省では原子力級黒鉛の開発生産が奨励産業に指定された。このほか甘肅省の高温ガス炉炭素炉内構造物黒鉛材料の開発生産と内モンゴル自治区のウラン等新材料の研究応用（重水炉、PWR、ガス冷却炉の核燃料集合体の製造、トリウム資源の開発利用）が奨励類として盛り込まれた。

2.4 主要原子力事業者の炉型戦略と中国国内外での事業展開

(1) 輸出戦略

江沢民総書記（当時）は1992年10月に開催された中国共産党第14回全国代表大会の政治報告の中で、国際市場を積極的に開拓するとともに対外貿易の多元化を推進し、輸出重視型経済（「外向型経済」）を発展させるとの方向性を示した。また、中国企業の対外投資とグローバル経営を積極的に拡大し、国外資源をさらに利用するとともに先進技術を導入する意向を表明した。これが、中国の「走出去」（海外進出）戦略の萌芽と位置付けられている。⁵²

原子力輸出については、これまで中国政府とし

ての戦略はなかったが、国家能源局は2013年10月11日、「原子力発電企業の科学発展を支える協調活動メカニズム実施計画」（「服務核電企業科学発展協調工作机制实施方案」）を公表し、原子力発電所の輸出を含めた海外進出を政府としてサポートする考えを明らかにした。

同計画は、原子力輸出を原子力発電導入の可能性がある国との政治・経済交流の重要議題とするとしたうえで、原子力発電輸出にかかわる組織や指導を強化し、プロジェクトの建設や設備製造、技術支援、国有銀行による貸し付け等の方式によって国際プロジェクトへの参加をサポートする方針を打ち出した。国内的には、関連部門や委員会、地方政府との意思疎通をはかり、原子力発電プロジェクトの立地点選定やプロジェクトの実施・運転面で支援する。

このため、主要原子力事業者や大学、関連協会などのメンバーで構成された「原子力発電企業の科学発展を支える協調活動グループ」（「服務核電企業科学発展協調工作小組」）を設立し、重要な問題の調整や矛盾点の解決にあたらせるとした。

中国は、原子力発電所のトップセールスを積極的に展開している。李克強首相は、2013年11月下旬のルーマニア訪問、同12月上旬のキャメロン英首相、ジャン＝マルク・エロー仏首相の訪中において、原子力商談の先頭に立った。『新華網』（2013年12月8日）は、こうした動きを「中国の『原子力発電外交』（核電外交）」と捉えている。⁵⁴

中国政府が原子力発電所の輸出を積極的に推進する背景には、原子力発電設備の製造能力の過剰に加えて、1基の原子力発電所の輸出がフォルクスワーゲンの中国におけるベストセラー車の「サンタナ」100万台の価値に匹敵するという事実がある。また、原子力発電産業は裾野の広い産業であることから、先進的な技術基盤の確立にも大きく貢献するとの思惑がある。

2014年9月14日付『中国能源網』によると、国家発展改革委員会の林念修・副主任は、同委員会が関連政府部門と協力して高速鉄道と原子力発電所の国際プロジェクトを積極的に推進する考えを明らかにした。⁵⁵

中国核工業集团公司、国家核電技術公司、中国広核集团有限公司の3社が中心となり、原子力発電技術開発やエンジニアリング建設、運営管理、設備製造、エンジニアリングコンサルティング、金融機関などの14社が参加する「中国原子力発電技術設備輸出産業連盟」（「中国核電技術裝備“走

出”産業連盟」)が設立されている。中国政府が2014年1月27日、明らかにした。⁵⁶

同連盟は、法人資格を持たない組織で、海外の原子力発電プロジェクトに関して意思の疎通をはかりながら協調し、経験のフィードバックや情報の共有を行い海外プロジェクトに対応することを目的としている。初代の主席には中国広核集団の鄭東山副総経理が、また秘書長(事務局長)には中核集団の呂華祥副総経理が就いた。連盟の事務局には国家能源局も人員を派遣する。連盟設立の背景には、中国政府による原子力発電輸出の奨励がある。⁵⁷

中国が世界展開をはかる第3世代原子炉技術の建設単価がkWあたり2000～2500米ドルであるのに対して、仏AREVA社の「EPR」や米ウェスチングハウス社の「AP1000」は6500～8000米ドル、韓国の「APR1400」やロシアの「AES-2006」は3500～5000米ドル程度と見られているため、価格面では中国の原子力発電所が世界的に高い競争力を持つとの見方がでている。⁵⁸

李克強首相は2014年12月24日、国務院常務会議を召集し、国内と海外を統一的に計画し企業の海外進出に対する金融面での支援を拡大することを承認した。李首相は、中国は消費財を輸出するために生産したこれまでの「世界の工場」から、世界に先進設備を提供する重要基地へとグレードアップしなければならないと強調した。また、外国との協力を促進し中国製の設備の国際競争力を高める必要性にも言及した。常務会議では、海外進出にあたっての審査承認手続きを簡素化することを決めた。^{59, 60}

李首相は2015年1月28日、国務院常務会議を召集し、鉄道や原子力発電等の中国製設備の海外進出を加速するため、政府として強力にバックアップすることを決めた。国際展開にあたっては、外国との協力をさらに進め市場を開拓する方針も明らかにした。⁶¹

また、鉄鋼や非鉄金属、建材、織物等の産業についても国際市場のニーズを踏まえ、中国企業が海外で生産ラインを建設し、製品や技術、基準の海外進出を実現することを政府として支援する意向を表明した。さらに、海外の工事元請や対外投資等によって、通信や電力、エンジニアリング機械、船舶等のプラント設備輸出を着実に進める方針も示した。このほか、中国企業による外国におけるM&Aや研究開発センターの設立を政府としてサポートする。

海外進出にあたっては、各国のニーズを踏まえ、

プロジェクトの設計・コンサルティングから施工建設、設備供給、運営・維持まですべてのサービスを対象とするとともに、国際協力によって第3国の市場を開拓するという。

高速鉄道や原子力発電は、国内での開発拡大にともない中国も自信を深めており、国際的な競争力もついてきている。商務部研究院の王志楽研究員によると、中国は現在、高速鉄道の協力プロジェクトについて28カ国との間で協議を進めている。⁶² また原子力発電プロジェクトについても20を超える国との間で協議が進められている。

中国において原子力発電所輸出の主導権を握っているのは、東方電気や上海電気といった中国を代表するプラントメーカーではなく、原子力発電所の投資主体となっている中国核工業集团公司、中国広核集団有限公司に加えて、第3世代炉の開発を担当している国家電力投資集团公司の3社である。この3社は、傘下に設計院やエンジニアリング会社(元請)を抱え、海外市場への進出を狙っている。

原子力発電所の輸出にあたっての候補炉は、中国核工業集团公司と中国広核集団有限公司が「華龍一号」(PWR、100万kW級)。「華龍一号」は、中核集団の「ACP1000」と広核集団の「ACPR1000+」の設計を統合したもので、輸出名は「HPR1000」。また、国家電力投資集団の炉型は「CAP1400」である。

中国核工業集团公司の孫勤董事長は『英才』誌(2014年12月23日)の質問に答え、「華龍一号」は「AP1000」と競争することは想定していないとしたうえで、「華龍一号」が現時点では輸出用として位置付けられていることを明らかにした。⁶³

「華龍一号」の基準建設単価についてはkWあたり2500ドル以下になるとみられており、ロシアが国際展開している炉型や第3世代の主流型炉と比べても明らかな競争力を持つとの指摘がある。⁶⁴

5大電力のうちの1社である中国電力投資集团公司と国家核電技術公司を合併した「国家電力投資集团公司」(国家電投)の発足式が2015年7月15日、北京で行われた。なお国家核電技術公司は国家電投の子会社として存続する。国家電投と国家核電の董事長は、前国家核電技術公司の董事長を務めた王炳華氏が兼任する。

国家電投の登録資本金は450億元で総資産額は7223億元。従業員数は14万人で、水力発電、火力発電、原子力発電、新エネルギーを有する総合エネルギー企業となる。所有する発電設備容量は9877万kWに達する。⁶⁵ これによって、中国核工業

集团公司、中国広核集团有限公司を合わせた3大原子力事業者体制が本格的にスタートした。

なお、中国を代表する原子力事業者の中国核工業集团公司と中国広核集团有限公司は、独自に開発した第3世代原子炉の設計を統合した「華龍一

号」(PWR、115万kW)を国内外で展開しているが、同型炉の海外輸出を一手に引き受ける折半出資の専門会社「華龍公司」を設立する契約を2015年12月30日に締結した。

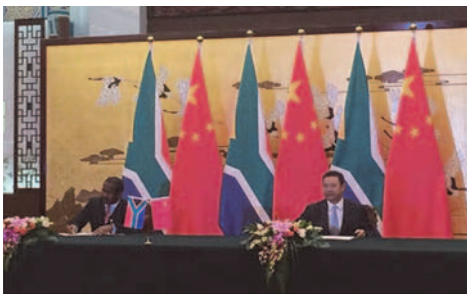
第2-7表 協調活動グループのメンバーリスト

1	中国核工業集团公司
2	中国核工業建設集团公司
3	中国華能集团公司
4	中国電力投資集团公司
5	中国第一重型機械集团公司
6	中国第二重型機械集团公司
7	ハルビン電気集团有限公司
8	中国東方電気集团有限公司
9	国家核電技術公司
10	中国広核集团有限公司
11	上海電気集团有限公司
12	清華大学
13	上海交通大学
14	西安交通大学
15	ハルビン工程大学
16	中国工程物理研究院
17	中国核能行業協会
18	中国核学会
19	中国機械工業連合会

第2-8表 主要原子力事業者の国内外での事業展開

(1)中国核工業集团公司

時 期	協力相手等	内 容
2009年1月	スペイン ENSA 等	- スペイン ENSA との間で海南昌江原子力発電プロジェクト向け蒸気発生器の設計と製造契約を締結し、4台の蒸気発生器の施工設計、技術サポート及び蒸気発生器1台の本体製造を依頼。 - スペイン原子力発電企業連盟との間で協了解覚書を締結し、原子力発電設備加工、核燃料部品製造技術交流、原子力発電所保守などの分野での協力関係強化に合意
10月	ロシア ROSATOM	田湾Ⅱ期プロジェクト協力、高速炉実証炉協力覚書を締結
12月	仏原子力庁	「原子力平和利用研究開発協力協定」を締結。双方は、原子炉（高速炉を含む）、核燃料サイクル・バックエンド、原子力施設の廃止措置、廃棄物管理、核融合、教育・研修などの分野で協力関係を強化する
2010年3月	ロシア ROSATOM	- BN-800型高速炉実証炉2基を中国国内に共同で建設する了解覚書に調印 - 田湾原子力発電所3号機、4号機の増設に関する枠組契約を締結
5月	モンゴル原子力エネルギー庁	「放射性鉱物と原子力産業における協了解覚書」を締結し、原子力平和利用分野、特にウラン資源における協力関係を構築
6月	カナダ CAMECO 社	中国とカナダ最初の天然ウラン長期調達契約を締結
9月	ロシア・アトムストロイエクスポート	「田湾原子力発電所3、4号機技術設計契約」を締結し、中ロ合作の田湾原子力発電所増設3、4号機プロジェクトが実質的推進段階に
11月	仏 AREVA 社	「中国大型商業再処理・リサイクル工場プロジェクトに関する了解覚書」、「中国 AREVA 上海営業有限公司合資契約」を締結
11月	米ウェスチングハウス社	原子力発電技術サービス協力覚書を締結
11月	ロシア・アトムストロイエクスポート	「田湾原子力発電所3、4号機総契約」を締結し、同プロジェクトが全面実施段階に
2011年1月	米ウェスチングハウス社	「AP1000」核燃料製造設備調達契約を締結
1月	米エクセロン社	原子力発電所運営サービス協力覚書が発効し、米国最大の原子力発電事業者と長期戦略協力関係を確立

時 期	協力相手等	内 容
2011年1月	仏 AREVA 社	折半出資で上海にジルコニウム合金パイプ会社を設立。2012 年現地生産開始の予定。
5月	ウクライナ・エネルゴアトム	原子力分野における協力了解覚書を締結し、原子力安全と緊急時対応の協力、原子力発電所の設計、建設、運転、保守などにおける協力活動を展開へ
2012年4月	米国ベクテル	傘下のエンジニアリング会社である中国核電工程有限公司に対してプロジェクト管理コンサルティングサービスを提供する契約を締結
2012年7月24日	カナダ SNC 社	カナダ SNC 社と了解覚書を締結。重水炉の研究開発・新規建設の推進、ウラン鉱山の共同開発、原子力発電所の重点分野の技術サービス、原子力発電所の更新・寿命延長等の分野で協力を強化するとともに、国内外の市場を共同で開拓する。  出典：中国核工業集团公司
2014年4月	韓国水力・原子力	傘下の中国核能電力股份有限公司が韓国水力・原子力との間で「技術協力了解覚書」を締結。
6月	イタリア電力公社 (ENEL)	「原子力協力了解覚書」を締結。原子力発電所の建設や運転・保守、核燃料の供給、デコミッションング、放射性廃棄物管理などの分野で協力を実施する。
9月11日	英国	「中核集団英国代表処」を設立  出典：中国核工業集团公司
9月25日	英国 INS (International Nuclear Services)	北京で原子力施設の退役・再処理研究討論会を開催。原子力施設の退役や放射性廃棄物管理、再処理について意見交換。
9月25日	スペイン ENSA	原子力発電向け製品・サービス協力了解覚書を締結。中国及び国際市場に原子力発電設備を供給するにあたって、共同で国際市場を開拓するとともに、企業管理経験の交流等について協力する。
12月4日	South African Nuclear Energy Corporation (NESCA)	「中核集団と南ア NESCA の核燃料サイクル全面協力に関する了解覚書」を締結。南アでの原子力産業構築に中核集団が全面協力する。  出典：中国核工業集团公司
12月4日	米 Fluor 社	欧州及び中国国内での原子力発電及び新エネルギー分野での協力推進に関する了解覚書を締結。英国、ドイツ、中国での民生用原子力分野及び風力発電・太陽エネルギー分野で広範に協力する。

第1章

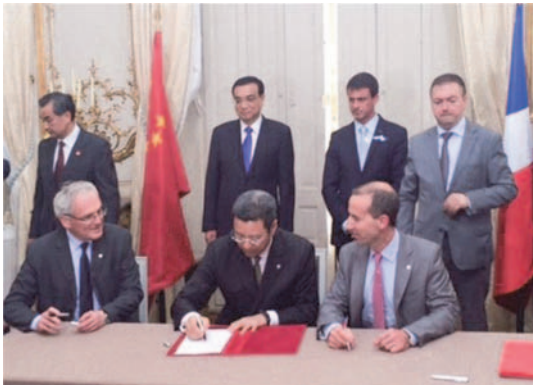
中国の新型炉の研究開発の
現状と動向

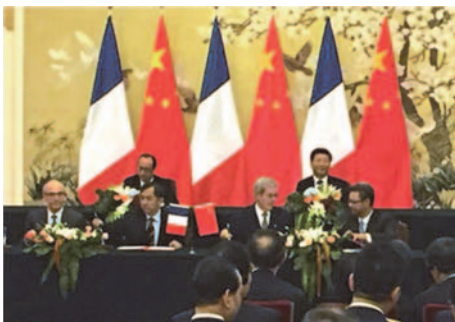
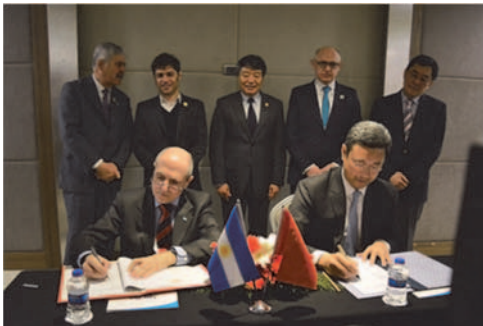
第2章

原子力基礎工学研究の
現状と動向

第3章

原子力人材の育成の
現状と課題

時 期	協力相手等	内 容
2014年12月9日	英ロールス・ロイス社	共同で国際原子力市場を開拓することが双方の戦略的利益に一致することを確認。  出典：中国核工業集团公司
12月11日	エジプト電力・再生可能エネルギー省	中核集団の銭智民総経理がエジプト電力・再生可能エネルギー省のムハンマド・シャーキル大臣と原子力発電分野の協力強化などで意見交換。
12月31日 (『電機網』)	アレバ、三菱重工	原子力発電技術や市場開拓協力について意見交換
2015年2月5日	アルゼンチン	「中国政府とアルゼンチン政府のアルゼンチンにおけるPWR原子力発電所の建設協力に関する協定」締結(2月4日)を受け、中国核工業集团公司は「華龍一号」の海外進出に成功と発表。
2月11日	東方電気	共同で海外市場開拓を合意。
3月11日		中核集団が「華龍一号」向け蒸気発生器(SG)の国産化にメドと発表。
3月12日		中核集団が中国初の「原子力発電所廃止措置エンジニアリング技術研究開発センター」を設立。
3月	エジプト	エジプト電力・再生可能エネルギー省との間で原子力協力に関する了解覚書に仮調印。
4月3日		「100万kW級商用高速炉実証炉発電所(CFR-1000)の技術プログラム・概念設計」が中核集団の検収にパス。
4月16日	IAEA	IAEAと多目的小型炉「ACP100」の安全審査実施協定に調印。
4月29日	アルジェリア	アルジェリア原子力庁との間で「原子力全面戦略協力協定」に調印。原子力発電や研究炉、原子力安全、核燃料、海水淡水化等で協力へ。
5月8日		傘下の中国核能電力股份有限公司等5社が60万kW 高速炉実証炉の建設・運転会社「中核霞浦核電有限公司投資意向協定書」を締結。
5月19日	ブラジル	ブラジル国家電力公社、ブラジル原子力発電公社との間で「ブラジルで全面的に原子力協力を行うにあたっての了解覚書」に署名。
5月27日	エジプト	エジプト原子力発電庁との間で原子力発電協力了解覚書を締結。
6月9日	ハルビン電気	原子力発電設備や機器の技術研究開発、製品製造、品質安全管理等の分野での協力強化と共同での海外市場開拓に合意。
6月16日	アラブ、スーダン	アラブ原子力機関やスーダンの関係者との間で原子力発電プロジェクトの協力方式について協議。
6月23日	ベルギー	ベルギー原子力研究センターとの間で「混合酸化物(MOX)燃料協力に関する了解覚書」を締結。
6月24日	上海市	上海市政府と戦略協力枠組み協定を締結。上海市の原子力関連企業と共同で「先進原子力発電設備技術産業連盟」を設立へ。
6月30日	フランス	フランス電力公社、AREVAとの間で「中国・フランス国家共同声明のグローバル協力実施方案」を締結。原子力産業チェーンのグローバル協力を実施へ。また AREVAとの間で「再処理・リサイクル工場プロジェクト契約商務協議工作ロードマップ了解覚書」を締結。同プロジェクトの協力が新段階に。  出典：中国核工業集团公司

時 期	協力相手等	内 容
2015年 8月26～28日	イラン	イラン原子力庁長官が出力10万kWの小型炉2基の建設とアラクの重水炉の改造について協議。
9月22日	米国	米原子力ベンチャーのテラパワー社との間で「進行波炉」の共同開発で了解覚書。
9月23日		フランスと共同で進める再処理工場を含めた核燃料サイクルプロジェクトについて、2020年に着工し2030年に完成させる意向を表明。
10月1日	ブラジル	リオデジャネイロで原子力協力セミナー・産業チェーンマッチメイキング会合を開催。「華龍一号」輸出めざす。
10月17日	シエラレオネ	シエラレオネ・エネルギー大臣と原子力を含めエネルギー協力を協議。
10月19日	英国	英国立原子力研究所（NNL）と「中英共同研究・イノベーションセンター設立の共同声明」に署名。
10月20日	英国	傘下の中国核動力研究設計院が英ロイドレジスターとの間で浮動式原子力プラントの開発を支援する協力の枠組み協定に調印。
11月2日	フランス	仏AREVAと「資産・産業協力に関する了解覚書」を締結。AREVAへの出資を協議へ。EDFとの間で「国家連合声明に関する実施計画」を締結。中型炉と大型炉の世界市場での展開協力を強化へ。 
		出典：中国核工業集团公司
11月11日	ビル・ゲイツ氏 (米テラパワー社会長)	ビル・ゲイツ氏の講演会を中国工程院と共催。「進行波炉」について協議。
11月16日	アルゼンチン	アルゼンチン原子力発電会社と「重水炉原子力発電所の商業契約及びPWR原子力発電所の枠組み契約」を締結。 
		出典：中国核工業集团公司
11月18日	スペイン	スペイン ENSA 社と海外原発プロジェクト協力で協議。
11月20日		中国銀行股份有限公司と「原子力発電及び原子力産業チェーンの海外進出・戦略協力一般協定」を締結。中核集団の国内外での原子力発電プロジェクトを資金面で支援へ。
11月24日	スロバキア	スロバキア原子力発電研究所との間で「核燃料サイクル産業チェーン発展の全面協力に関する了解覚書」を締結。欧州での核燃料サイクルチェーン確立に向け協力へ。 
		出典：中国核工業集团公司

第1章

中国の新型炉の研究開発の
現状と動向

第2章

原子力基礎工学研究の
現状と動向

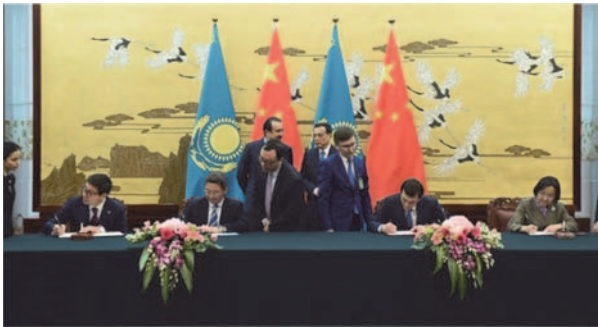
第3章

原子力人材の育成の
現状と課題

時 期	協力相手等	内 容
2015年12月30日		中国核工業集団有限公司と中国広核集団有限公司は2015年12月30日、両社が国内外で市場展開する国産の第3世代炉「華龍一号」(PWR、100万kW級)の輸出専門会社「華龍国際核電技術有限公司」を共同で設立する契約を締結。  出典：中国核工業集団有限公司

(2) 中国広核集団有限公司

時 期	協力相手等	内 容
2007年11月	仏電力公社 (EDF)	「グローバルパートナーシップ協定」を締結し、台山原子力発電プロジェクトへの協力及びグローバル原子力発電プロジェクトへの協力について原則を確立
2010年4月	仏電力公社 (EDF)	「グローバルパートナーシップ協定」を執行する了解覚書を締結し、双方は原子力発電プロジェクトの設計、調達、運営、研究開発などの分野における協力関係を強化へ
6月	カナダ Cameco グループ	戦略的協力枠組協定を締結し、グローバルにウラン資源を共同開発し、天然ウランの長期供給契約による長期的かつ安定的な天然ウラン貿易協力関係確立へ
6月	オーストラリア北部準州政府資源部	オーストラリア北部準州のウラン資源を共同開発する了解覚書を締結
11月	Meiya Power Company	Meiya Power Companyを100%買収し、風力発電、水力発電などの競争優位性、海外展開と相乗効果を発揮し、国際市場への進出を加速
11月	仏 AREVA 社	天然ウラン長期調達契約を締結
11月	カザフスタン・カザトムプロム	天然ウラン長期調達契約を締結
11月	オーストラリア ANZ Bank、シンガポール バイオマス工業社	- オーストラリア ANZ Bank のシンガポール支社との間で、シンガポールなどアジア太平洋地区における再生可能エネルギープロジェクトの協力覚書 - シンガポール バイオマス工業社との間で、太陽光発電とバイオマス発電を一体化するプロジェクトの協力契約を締結。契約に基づき、中国広核集団有限公司は5000万ドルを投じ、260kW太陽光発電と20MWバイオマス発電を一体化するプロジェクトを建設する
2011年1月	米国 First Solar 社	了解覚書を締結し、内モンゴルオールドス太陽光発電所第I期30MWプロジェクトを共同開発することに合意
1月	ドイツ Solar Millennium AG 社	太陽熱発電プロジェクトにおける協力の了解覚書を締結
2月	カザフスタン・カザトムプロム	協力覚書を締結し、原子力発電分野の協力強化へ
5月	仏法中電力協会	広東台山市政府を交え、三者間で「台山クリーンエネルギー(原子力発電)設備産業パークの発展を共同で推進する協力枠組覚書」を締結
6月	米国 C&M 社	ニュージャージー州 Old Bridge の10MW太陽光発電プロジェクトを共同開発する契約を締結
9月	ウズベキスタン地質鉱物資源委員会	ウラン資源分野における全面協力の覚書を締結
2012年3月	米国 デューク エナジー 社	原子力発電投資及び運営管理、他のクリーンエネルギー開発等の分野での協力を内容とした了解覚書を締結
4月	米国 ベクテル	傘下のエンジニアリング会社である中広核工程有限公司に対してプロジェクト管理コンサルティングサービスを提供する契約を締結
10月	仏電力公社 (EDF)、AREVA 社	100万kW級の原子炉(「ACE1000」)の共同設計で協力協定を締結。EDFが11月13日に公表。概念開発の第一段階。。「ACE1000」は2014年10月14日から16日にかけてパリで開催された原子力国際展示会で最新の成果が発表された
2014年6月	英国	英国事務所を設立
10月	スペイン ENUSA	原子力発電所の破損核燃料の超音波検査システムをENUSAから購入する契約を締結。

時 期	協力相手等	内 容
2014年12月14日	カザフスタン・カザトム プロム	原子力分野の相互利益の拡大・深化に関する取決めを締結。カザフスタンに核燃料製造の合併企業を設立し、中国国内だけでなく、広核集団の海外プロジェクトに対しても核燃料を供給する。
2015年1月29日	フランス電力公社	原子力発電所の設計分野での協力協定に署名。
4月7日～12日		貴州省で小型炉の立地点選定作業を実施。
5月19日	清華大学	「高温ガス炉（HTGR）技術産業の推進に関する協力協定」に調印。
6月10日		上海電気、上海交通大学等と「ACPR シリーズ小型 PWR 基幹設備協力協定」締結と発表。
6月23日	ベルギー	Sarens 社との間で戦略協力協定を締結、原子力発電所の設計や建設技術の研究開発、原子力発電所のデコミッショニング技術の研究開発等で協力へ。
7月17日	タイ	タイのエネルギー省一行が遼寧省の紅沿河原発を視察。核燃料の供給や使用済み燃料の処理で意見交換。
9月7日	ケニア	ケニア・エネルギー石油省・原子力発電局との間で「ケニアの原子力発電開発協力に関する了解覚書」を締結。
10月9日	欧州	「華龍一号」の「欧州電力要求」（EUR）審査受理を発表。
10月19日	英国	ロンドンに「通用核能国際有限公司」設立。
10月20日	国家開発銀行	「英国ヒンクリーポイントC 原子力発電及び海外プロジェクト融資協力覚書」を締結。
10月21日	英国	フランス電力公社との間で「英国原子力発電プロジェクト投資協定」を締結。ヒンクリーポイントC、サイズウェルCに共同出資。ブラッドウェルB 原発では「華龍一号」採用へ。 
		出典：中国広核集团有限公司
11月9日	ルーマニア	ルーマニア国営原子力発電会社（SNN）と「チエルナボータ3、4号機プロジェクトの開発、建設、運営及び廃止措置に関する了解覚書」を締結。 
		出典：中国広核集团有限公司
12月14日	カザフスタン	中国広核集团有限公司の張善明総経理とカザフスタン国有原子力企業のカザトムプロムの Askar Zhumagaliyev 会長は2015年12月14日、北京の人民大会堂で李克強首相とカザフスタンのマシモフ首相相立会いの下、「カザフスタンでの核燃料集合体製造プラントの建設とウラン鉱山の共同開発に関する商業取決」に署名。 
		出典：中国広核集团有限公司

第1章

中国の新型炉の研究開発の
現状と動向

第2章

原子力基礎工学研究の
現状と動向

第3章

原子力人材の育成の
現状と課題

時 期	協力相手等	内 容
2015年12月23日	タイ	中国広核集团有限公司、広西投資集团有限公司、タイ電力公社（EGAT）傘下のラチャブリ発電会社（RATCH）は2015年12月23日、広西チワン族自治区の南寧で、「防城港原子力発電Ⅱ期プロジェクト共同出資取決」を締結。RATCHは10%出資。  出典：中国広核集团有限公司

出典：中国広核集团有限公司等
(<http://www.cgnpc.com.cn/>)

(3) 国家核電技術公司（国家電力投資集团公司）

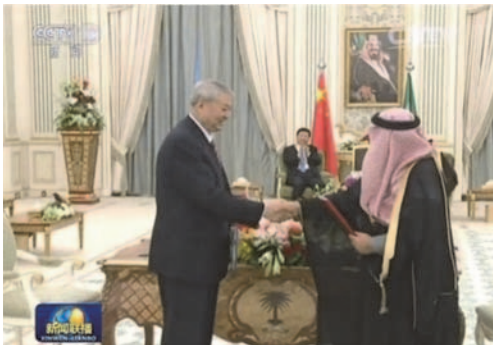
時 期	協力相手等	内 容
2007年7月	米国ウェスチングハウス社	「AP1000」自主化プロジェクトにおけるNSSS設計及び一部主要設備の調達、「AP1000」技術移転契約を締結
2008年5月	米国ウェスチングハウス社、ショウグループ	- ウェスチングハウス社との間で企業戦略的協力枠組み契約を締結し、原子力発電分野における協力の枠組と原則を確立。 - ショウグループとの間で、戦略的協力意向書を締結し、原子力発電分野における協力の枠組と原則を確立。原子力発電所の設計、プロジェクト管理などの協力事項を討議へ
2009年4月	米国ショウグループ	企業戦略的協力枠組み契約を締結し、世界の原子力発電・エネルギー市場において原子力発電所の設計やプロジェクト管理、設備調達と供給などの分野で協力へ
4月	米国ウェスチングハウス社	原子力級のジルコニウムスポンジ・プロジェクト合資経営契約を締結
6月	韓国斗山重工業	原子力発電プロジェクト事業における協力了解覚書を締結、原子力発電分野の協力範囲と原則を確認
6月	韓国電力公社	原子力発電プロジェクトにおける協力了解覚書を締結し、原子力発電分野の関連情報、技術交流、第3世代原子力発電プロジェクトなどで協力へ
2010年11月	米国ウェスチングハウス社	大型受動的原子力発電所（LPP）の事業開発、技術コンサルティングサービス及びポスト「AP1000」プロジェクト計装制御など5件の契約を締結
11月	米国ロッキード・マーティン社	技術協力を通じ、新世代原子炉の安全性に関わるデジタル制御システムとプラットフォームを共同開発する契約を締結
2012年10月	米国ショウグループ	国家核電技術公司傘下のエンジニアリング会社の国核工程有限公司が2012年内に米国のボーグル原子力発電所プロジェクト（「AP1000」を採用）向けに要員を派遣し、中国国内の「AP1000」建設プロジェクト（浙江省の三門と山東省の海陽）で得られた経験等を活かしてボーグル原子力発電所に対して技術サポートを行う。米原子力規制委員会（NRC）は2012年2月、ボーグル原子力発電所の建設・運転一体認可を承認した。同発電所の建設を計画するサザン社は、ウェスチングハウス社とショウグループとの間でEPC契約を締結している。ボーグル3号機は16年後半、同4号機は17年後半の運転開始が予定されている。
2014年9月	米国ウェスチングハウス社	国家核電技術公司傘下の国核自儀系統工程会社が計装制御システム協力協定を締結。「AP1000」と「CAP1400」の計装制御システムの研究開発協力を深化する。  出典：国家核電技術公司
12月4日	South African Nuclear Energy Corporation (NESCA)	「南ア原子力プロジェクト養成訓練協定」を締結。国家核電は、中国工商银行、南アスタンダード銀行との間で「南ア原子力発電プロジェクト融資枠組協定」を締結。

時 期	協力相手等	内 容
2015年4月22日	南アフリカ	南アフリカ原子力公社との間で「CAP1400 プロジェクト管理協力協定」に調印。
5月29日		国家核電技術公司と中国電力投資集団公司の合併が承認。「国家電力投資集団公司」が設立。
6月4日 〔『科技日報』〕		国家電力投資集団公司の王董事長が170万kW級の「CAP1700」の研究開発にスタートと発表。
7月15日		「国家電力投資集団公司」が正式発足。
7月21日	南アフリカ	ヨハネスブルクで「中国・南アエネルギー産業協力検討会」を開催。「CAP1400」を関係者にPR。
10月29日	米ウェスチングハウス、 カーチス・ライト社	「AP1000」向け一次冷却材ポンプの最終性能試験にパス。
11月4～6日	トルコ	トルコの国際エネルギー展示会で「CAP1400」を展示。
12月2日	南アフリカ	国家電力投資集団傘下の国家核電技術公司と南ア原子力公社は2日、習主席とズマ大統領の立会いのもと、「CAP1400 プロジェクト管理協力協定」を締結した。それによると、国家電投は南ア側が組織した原子力発電プロジェクトの管理要員に対して、山東省の「CAP1400」の実証プロジェクトの現場で訓練を行う。国家電投は、今回の協定締結は南アでの「CAP1400」建設に向けて重要な意味を持つと説明している。  国家電力投資集団公司の王董事長から「CAP1400」の説明を受けるズマ大統領 出典：国家核電技術公司
12月6日	南アフリカ	Zweli Mkhize 財務局長をリーダーとする南アフリカの与党アフリカ民族会議（ANC）の幹部一行が2015年12月6日、北京の国家核電技術公司を訪問し、同公司の王中堂総経理らと会談。

注：子会社も含む

出典：国家核電技術公司（<http://www.snptc.com.cn/>）

(4) 中国核工業建設集团公司

時 期	協力相手等	内 容
2015年1月12日		「60万kW級ベブルベッドモジュール式高温ガス冷却原子力発電所」の全体プログラムがレビュー会合で承認。60万kWの高温ガス炉の産業化がスタート。
4月20日		江西省瑞金市で計画中の60万kW高温ガス炉プロジェクトの初期実行可能性研究報告が専門家の審査をパス。2017年に着工の予定。
4月21日	南アフリカ	南アフリカ原子力公社との間で高温ガス炉の建設や原子力人材の分野で協力するなどとした了解覚書に署名。
2016年1月19日	サウジアラビア	中国核工業建設集团公司の王寿君董事長とサウジアラビアのアブドラ国王原子力・再生可能エネルギー都市機構（KACARE）のヤマニ総裁は2016年1月19日「高温ガス炉プロジェクト協力了解覚書」を締結。  出典：中国核工業建設集团公司

(2) 炉型戦略

①国家電力投資集团公司（国家核電技術公司）：CAP炉

米ウェスチングハウス社の「AP1000」をベースにした中国版（China）AP型炉「CAP」の開発が進められている。「CAP」炉は、出力に応じて「CAP1000」（125万kW）、「CAP1400」（140万kW級）、「CAP1700」（170万kW級）の名称が付けられている。「CAP」炉の中で、中国が知的財産権を有するのは「CAP1400」と「CAP1700」である。

「CAP1000」は、「AP1000」をベースにした標準設計タイプの炉で、中国の法規や基準に適合しているだけでなく「AP1000」を採用した三門や海陽のプロジェクトからの経験も採り入れられている。また、福島事故後に国家核安全局が通達した原子力発電所の技術改良要求対策も実施されている。「CAP1000」の主要設備の設計にあたっては「AP1000」とは材料性能に関する要求が違っており、350℃における引っ張り試験の要件が追加されている。また、溶接試験証明に対する要求も追加された。

2008年はじめに「CAP1000」の標準設計の計画論証作業がスタートし、同7月に標準設計計画が構築されるとともに初期設計作業がスタートした。その後、2009年末に標準設計の初期設計と初期安全分析報告が完成した。2010年4月に標準設計の詳細設計作業がスタートし、2011年末までにシステム設計がほぼ固まった。

国家核電技術公司是2014年8月20日、同12日から14日にかけて開催された広東陸豊原子力発電所I期プロジェクト（中国広核集団が投資主体）の初期設計が専門家による評議、審査をパスしたことを明らかにした。同発電所では「CAP1000」の標準設計が採用される。専門家会合には、中国核電工程有限公司や中国核動力研究設計院、中船重工第七一九研究所など、19の関係企業・組織から200名の専門家が出席した。⁶⁶

「CAP1400」は、「AP1000」をベースに出力アップした炉で、中国が知的財産権を有する、輸出も視野に入れた原子炉であり、国家核電技術公司傘下の上海核工程研究設計院が概念設計を担当した。2009年10月には、実証プロジェクトの初期実行可能性研究報告が電力規画設計総院の審査を通過した。上海核工程研究設計院によると、2010年12月31日に「CAP1400」の概念設計が専門家グループの審査を通過した。翌2011年12月には初期設計が完成している。「CAP1400」は「AP1000」に比べて、経済性と安全性を向上させることが設計原則となっている。中国核工業集团公司の孫勤董

事長は2012年11月12日、「AP1000」技術の消化吸收作業が2020年以前に完成する見通しであることを明らかにした。⁶⁷

2020年までを見据えた中国の科学技術政策の根幹に位置づけられる「国家中長期科学技術發展規画綱要（2006～2020年）」（国务院が2006年2月に公表）では、16件の重大科学技術特別プロジェクトの中に大型先進PWRの開発が盛り込まれている。2008年2月には、温家宝首相（当時）が主宰した国务院の第209回常務会議で、大型先進PWRの重大特別プロジェクトの全体実施計画が原則承認されている。ここで言及された大型先進PWRが「CAP炉」である。

科学技術部が2011年7月4日に公表した「国家『第12次5ヵ年』科学技術發展規画」（「国家“十二五”科学和技術發展規劃」）では、「第12次5ヵ年」期間中（2011～15年）に、標準システム設計を完成するとともに実証炉を建設するという目標が示された。

国家核電技術公司が明らかにしたところによると、「CAP1400」の実証炉は、高温ガス炉実証炉の建設が進んでいる山東省威海市榮成石島湾に建設される。同公司によると、発電所の設計寿命は60年で、利用率は93%以上、単機の年間発電量は110億kWhを見込んでいる。同発電所では、「CAP1400」が2基建設されることになっている。

一方、「CAP1700」は、予備概念設計が2007年に実施され、予備設計がスタートしている。上海核工程研究設計院は、「CAP1700」は安全性と経済性のバランスがとれたパラメータが採用されると説明している。

国家電力投資集团公司は、「CAP1400」の輸出をねらっている。中国政府も当初、輸出用の炉型は「CAP1400」に一本化する考えだった。

そうしたなかで、国家核電技術公司与ウェスチングハウス社はそれぞれ2013年5月下旬、ジョイント・ベンチャー（JV）の「国核維科核電技術サービス（北京）有限公司」（SNPTC-WEC Nuclear Power Technical Services（Beijing）Co., Ltd.）を共同出資で設立したと発表した。

国家核電とウェスチングハウス社の発表内容は若干異なるが、JVから免許を受けた企業だけが中国国内で建設される「AP1000」（とCAP炉）に機器・設備を供給できる。JVから免許を取得できれば、中国企業だけでなく、外国企業も中国国内で建設される「AP1000」に機器・設備を供給できる。ウェスチングハウス社の発表によると、JVは、免許を与えた中国企業（だけ）に対して、外国で建設される「AP1000」に機器・設備を供給することが

許可される。

なおウェスチングハウス社と国家核電は2013年5月16日、ウェスチングハウス社の技術をベースとして、モジュール方式の小型炉（SMR）を共同で開発し、両国内はもちろん、世界市場において展開するという了解覚書を締結した。

こうしたなかで国家核電とウェスチングハウス社は2014年11月24日、トルコ発電公社との間で協力覚書を締結し、「AP1000」をベースとした4基の原子力発電所建設に関する独占交渉を開始すると発表した。国家核電は「AP1000」と「CAP1400」が候補炉型としている。^{68, 69} 4基のユニットを建設するプロジェクトの立地点は明らかにされていないが、アックユ、シノップに続く3番目の原子力発電所になるとみられている。⁷⁰

ウェスチングハウス社の発表によると、同プロジェクトでは原子力発電所の運転のほか核燃料や保守、エンジニアリング、プラントサービス、デコ

ミッションニングまで含まれる。

国家核電技術会社の王炳華董事長は2014年11月26日、同公司傘下の国核電力規画設計研究院トルコ代表所を訪問し、人員の配置や市場開拓の状況などについて現地スタッフと意見交換した。⁷¹

国核電力規画設計研究院の徐潜院長一行は2014年5月7日から14日にかけてエチオピアを訪問し、同国のテゲヌ・エネルギー大臣や電力公社首脳らと会談している（＝写真）。国核規画設計研究院一行は、エチオピア及び東南部アフリカ市場共同体（COMESA）地区のエネルギー分野での協力プランについてエチオピア側の意見を踏まえて検討するとともに、協力や融資の方法、エネルギープロジェクトの建設工程について意見交換した。送電網や新エネルギー、原子力発電プロジェクトの前期作業等についてとりあえず協力を行う方向で意見が一致した。⁷²

第2-9図 エチオピアのエネルギー関係者と会談する国家核電関係者



出典：国家核電技術公司

第2-9表 CAP炉の主要諸元

主要パラメータ	AP/CAP1000	CAP1400	CAP1700
名目熱出力（MW）	3400	4040	4900～5200
予想電気出力（MW）	～1250	～1500	1900～2200
原子炉冷却材平均温度（℃）	300.9	304	～309
原子炉冷却材運転圧力（MPa）	15.5	15.5	
燃料集合体数	157	193	241～257
平均線出力密度（W/cm）	187	181	～178
蒸気発生器タイプ	Δ 125	SNP SG	
蒸気発生器出口圧力（MPa）	5.61	6.02	～7.0
ループ流量（kg/s）	944	1122	
一次冷却材ポンプ設計流量（m ³ /h）	17886	21640	～21000
核沸騰限界比裕度	> 15%	> 15%	> 15%

出典：“Overview of LWR in China” (Zheng Mingguang, President of SNERDI, June 18-20, 2012, IAEA in Vienna)

第2-10図 山東省栄成石島湾の原子力発電サイト



出典：「華能集团核電産業発展及高温気冷堆工程建設実践」（崔紹章、中国華能集团公司、2013年11月）

②中国核工業集团公司（ACPシリーズ）

中国核工業集团公司が開発している第3世代炉が「ACP」シリーズである。モジュール方式の多目的小型炉である10万kW級の「ACP100」から100万kW級の「ACP1000」までラインアップされている。⁷³

このうち「ACP1000」は、「CP1000」をベースに開発した第3世代炉で、国内だけでなく輸出用としても利用することを視野に開発が進められた。2011年10月19日には科学研究設計段階からエンジニアリング全体設計段階に入った。中国核工業集团公司は当初、福清5号機と6号機に同型炉を採用することを計画していた。⁷⁴

同公司によると、「ACP1000」は福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえた対策も採り入れられている。⁷⁵ なお2012年9月18日付『福清網』によると、パキスタン原子力委員会の Ansar Parvez 委員長は、福清原子力発電所の建設状況を視察するとともに、「ACP1000」の主な安全基準や技術的な特徴等について説明を受けた。⁷⁶

中国核工業集团公司は2012年8月10日、福清5・6号機の「ACP1000」採用を特別テーマとした会議を発電所の建設サイトで開催した。同会議には、同集团公司の呂華祥・副総経理も出席した。会議に前後して、福建福清核電有限公司や中国核電工程有限公司、中国核動力研究設計院等から、設計や設備の調達、人員の配置等を含めた「前期作業」の進展状況について報告が行われるとともに、作業面での問題点や対策が議論された。

呂副総経理は、福清5・6号機で採用する「ACP1000」について、世界のトップを目指す重要な戦略炉の1つであるとしたうえで、福清5・6号機のプロジェクトを進める福建福清核電有限公司を含めた関係企業にとっては困難をとまうが光

榮な任務であると語り、同プロジェクトの意義を強調した。⁷⁷

IAEAの安全審査をパス

中国核工業集团公司は2014年12月5日、「ACP1000」が国際原子力機関（IAEA）の安全審査（Generic Reactor Safety Review: GRSR）をパスしたと発表した。審査は2013年11月にスタート。IAEAの評価を受けた中国が設計した初の原子炉となった。中核集団は、IAEAが定めたすべての安全基準に適合していることに加えて外国に輸出するのにも適しているということを認められたものであると強調している。

また中核集団は、「ACP1000」が国際的に採用されるかどうかは各国独自の基準や要件を満足できるかにかかっているとする一方で、IAEAの安全審査をパスしたことによって海外での採用にも弾みがつくと見ている。

中核集団は、「ACP1000」と中国広核集团有限公司の「ACPR1000」の設計を統合した「華龍一号」については、「ACP1000」がIAEAの安全審査を通過したことは「華龍一号」の技術を認められたことに等しいとしており、「華龍一号」の国際展開にあたっては有利になるとの見方をしている。^{78, 79}

③中国広核集团有限公司（ACPR+）

中国広核集团有限公司は2009年以来、「CPR1000」技術の標準化、集約化に基づき、東方電気集団や上海電気集団、ハルビン電気集団、中国一重、中国二重といった企業と協力して、100万kW級第3世代炉「ACPR1000」の研究開発に着手した。中国広核集团有限公司は当初、2013年には研究開発作業がすべて終了することから、2015年以前には初号機の建設条件が整うとみられている

と説明していた。⁸⁰ 同会社は、「ACPR1000」を輸出することも視野に入れていた。

中国広核集团有限公司は2011年11月16日、「ACPR1000」のカットモデルを深圳で開かれた中国国際ハイテク技術成果交易会で公開した。同型炉は、中国の最新の安全法規であるHAF102（「核動力廠設計安全規定」）や米国のユーザーが要求する要求文書（URD）等を満足している。

同会社が2012年7月12日に公表した「2011企業社会責任報告」⁸¹では、2010年から先進的なPWR技術である「ACPR1000+」の研究開発作業を積極的に進めてきたとしたうえで、同型炉が福島事故の教訓を取り入れており、耐震や電源喪失、津波、洪水等の設計基準を超える事象を総合的に考慮していることを明らかにした。

また中国広核集团有限公司は、計画に従い2013年には「ACPR1000+」の研究開発作業が終了し、初号機の建設条件が整うため、今後の原子力発電所の建設にあたって採用する炉型の重要な選択肢になるとの考えを示した。また、原子力発電所を輸出するという戦略目標を達成するうえでも貢献するとの期待を表明した。

同会社は、「ACPR1000+」は中国の最新原子力安全法規であるHAF102だけでなく、米国の電力要求仕様書（URD）、欧州の電力要求仕様書の規定を満足しており、国際的な第3世代原子力発電技術の先進水準に達していると説明している。なお同型炉の炉心損傷確率は炉年あたり $\sim 1 \times 10^{-6}$ 、早期に大量の放射性物質が放出される確率は炉年あたり $\sim 1 \times 10^{-7}$ となっている。

④国産第3世代炉「華龍一号」

中国広核集团有限公司（広核集団）は2014年1月15日、中国核工業集团有限公司（中核集団）の第3世代炉と設計を統合した第3世代原子炉「華龍一号」の初期設計が完成したことを明らかにした。

広核集団と中核集団はフランスの原子炉（M310）をベースとして、国内だけでなく輸出用の戦略商品としてそれぞれ「ACPR1000+」、「ACP1000」という第3世代原子炉（PWR＝加圧水型炉）を開発していた。なお、広核集団の「ACPR1000」は第3世代炉水準の炉型という位置付けであり、純粋な第3世代炉ではない。

「CAP1400」は、中国が輸出向けの戦略商品と位置付けているが、広核集団、中核集団ともそれぞれ独自に開発している第3世代炉を前面に出し、三つ巴の様相を呈していた。エネルギーを所管する国家能源局は2013年春、「ACPR1000+」と「ACP1000」はフランスの炉がベースになってい

ることから設計が似ているため、設計の一本化に乗り出し、両社と協議を重ねていた。その後、2013年9月には広核集団と中核集団が「華龍一号技術協力協定」を締結した。⁸² 国家能源局が2014年1月20日に公表した「2014年エネルギー工作指導意見」では、技術の統合について論証を行い、複数の種類の炉型が重複して建設されることを避ける考えが示された。

「華龍一号」という名称は、広核集団が2012年8月6日に商標申請しており、炉心部分は「ACP1000」を、補助系統では「ACPR1000+」の設計が多数採用されている。主な設計パラメータは、設計寿命60年、燃料交換サイクル18～24ヵ月、炉心溶融確率 10^{-6} /炉年未満、大量に放射性物質が放出される確率 10^{-7} /炉年などとなっている。また、大型の二重格納容器を採用し、大型商用ジェット機が衝突しても大丈夫なように設計されている。⁸³

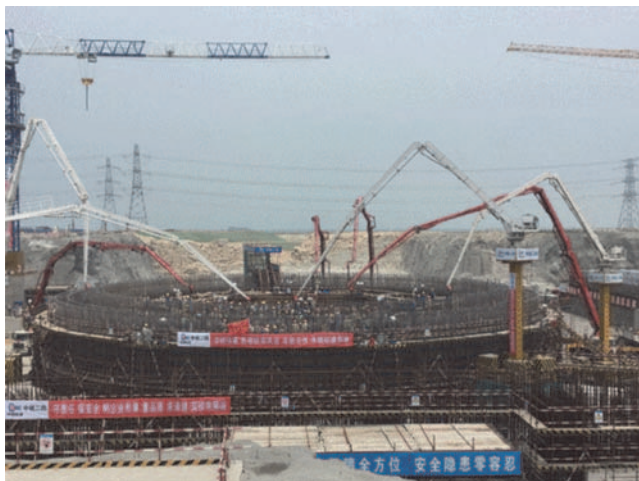
「華龍一号」は中核集団の福清5・6号機、広核集団の広西防城港3・4号機、寧徳5・6号機で採用されることになっており、このうち福清5号機は2015年5月7日に着工した。なお、中核集団は2014年11月4日、国家能源局が福建省發展改革委員会と中核集団に対して福清原子力発電所5・6号機に国産原子炉の「華龍一号」を採用する計画を同日に承認したことを明らかにした。⁸⁴

広核集団は2014年12月16日、国家能源局が同集団と広西自治区發展改革委員会に対して広西防城港原子力発電所Ⅱ期プロジェクト（3・4号機＝紅沙プロジェクト）において「華龍一号」の採用を認めたことを明らかにした。防城港原子力発電所では、100万kW級ユニット6基が建設されることになっており、Ⅰ期プロジェクトの2基の建設は2010年7月30日に始まっている。⁸⁵

国家能源局は、「華龍一号」の採用にあたっては中国の現在の原子力発電設備製造業体系を十分に利用し、中核設備や部品、材料等の国産化作業を支援し、原子炉压力容器や蒸気発生器、一次系ポンプ、デジタル制御機器、炉内構造物、制御棒駆動機構のほか、在来部分の中核設備、ポンプ、バルブ等の部品、インコネル690U字管、原子力級ケーブル、溶接材料等の国産化率を85%以上にすることを要求した。

また、広核集団傘下のエンジニアリング会社である中広核工程有限公司と上海電気集団は「『華龍一号』タービン発電機供給意向取決め書」に署名した。上海電気集団は、防城港原子力発電所Ⅱ期プロジェクト向けの研究開発、製造任務を請け負う。⁸⁶

第2-11図 2015年5月7日に着工した「華龍一号」の初号機（福清5号機）



出典：中国核工業集团公司

第2-12図 福清5号機の完成予想図



出典：中国核工業集团公司

第2-13図 防城港原子力発電所の完成予想図



出典：中国広核集团有限公司

「華龍一号」への設計の一本化によって、中国の原子力輸出は今後「CAP1400」との2本立てとなる見通しが強まった。^{87、88、89、90}

広核集団によると、「華龍一号」の初号機の国産化率は90%に達するとみられているほか、基準建設コストは2500米ドル/kW程度になると見込まれている。⁹¹

なお、中核集団傘下の中国核電工程有限公司と広核集団傘下の中広核工程有限公司のエンジニアリング企業2社は2014年3月17日、「原子力発電調整試験協力枠組取り決め」を締結した。原子力発電所の調整試験分野での標準化を進めることが目的だが、国際市場進出を見据えて、これ以外の分野でも協力を深める考えである。⁹²

2014年8月21、22の両日、国家能源局と国家核安全局は総勢43名の院士と専門家を召集し「華龍一号」の全体技術プランの評議、審査を行った。専門家らは、「華龍一号」の成熟性、安全性、経済性が第3世代原子力発電技術の要求を満足できるだけでなく、設計技術や設備の製造、運転・保守技術分野においても独自の知的所有権を持つという認識で一致した。これによって「華龍一号」は正式に国の承認を得たことになる。

評議・審査会の結論を受け、中核集団と広核集団は「華龍一号」の技術融合協定を締結した。国

家能源局の呉新雄局長は「『華龍一号』は中国の原子力発電輸出の重要なブランドとして、全方位で国際競争に参加しなければならない」と発言した。なお、中核集団と広核集団による「華龍一号」の実証プロジェクトの前期準備作業は順調に進んでおり、着工の条件を備えている。⁹³

こうしたなかで中国広核集团有限公司は2014年12月3日、中国一重、東方電気、上海電気等30社との間で、「華龍一号」の主要設備、原子力級ポンプ・バルブ、原子力級電気計測制御機器等の設備の戦略研究開発協定を締結した。⁹⁴

第2-14図 国家能源局と国家核安全局が主催した「華龍一号」の評議・審査会



出典：国家能源局 (http://www.nea.gov.cn/2014-08/26/c_133584277.htm)

第2-15図 中核集団と広核集団が技術融合協定を締結



出典：中国核工業集团公司

第2-10表 「華龍一号」の主要技術パラメータ

パラメータ名称	具体的データ
電気出力	≥ 1160MWe
設計寿命	60年
燃料交換サイクル	18～24ヵ月
炉心の熱的余裕	≥ 15 %
原子炉の安全停止地震	0.3 g
安全措施	能動的・受動的システムの組合せ
確率的安全目標	CDF < 1.0 × 10 ⁻⁶ /炉・年 LRF < 1.0 × 10 ⁻⁷ /炉・年
耐衝撃能力	大容量上部格納容器 大型商用機耐衝撃性
平均設備利用率	≥ 90 %
職業被曝集団線量	1人・Sv/炉・年より小

出典：<http://news.bjx.com.cn/html/20140410/502598.shtml>

⑤中国核工業建設集团公司（高温ガス炉）

山東省で建設が進められている高温ガス炉（HTGR）実証炉に出資している原子力発電専門のゼネコンである中国核工業建設集团公司は、実証炉に続き国内外市場で60万kWクラスの実用炉を展開することを計画している。

中国核工業建設集团公司の王寿君・董事長は2013年3月8日、同公司が出資する中核能源科技有限公司がすでに60万kWの高温ガス炉プロジェクトをスタートさせたことを明らかにした。王董事長は、高温ガス炉の出力はモジュールの組合せによって10万～100万kWの出力が考えられるとしたうえで、60万kWが標準的な出力になるとの見方を示した。60万kW出力の高温ガス炉の電力卸売価格は初期評価によってkWhあたり0.48元と試算されており、大型の軽水炉（PWR）と比べても大きく劣っていないと説明している。また、実証炉の設備国产化率は75％に達し独自の知的財産権を有するという。⁹⁵

清華大学核能・新能源技術研究院によると、10万kWモジュール6基で構成された電気出力60万kWの電熱併給プラント「HTR-PM600」の概念設計がすでに終了している。⁹⁶ 60万kWの高温ガス炉実用炉は、福建省・莆田市、江西省・瑞金市、湖南省・龍門市で建設が計画されている。

中国核工業建設集团公司は2013年5月11日、福建省莆田市政府との間で戦略協力枠組み協定を締結するとともに、「中国核建莆田核電準備事務所」を設立した。また同公司与福建省龍岩市政府は2014年12月3日、協力枠組み協定を締結し、高温ガス炉の建設に向けて協力関係を深めていくことを確認した。⁹⁷

中国核工業建設集团公司傘下の核建クリーン能源有限公司と瑞金市人民政府は2013年10月9日、江西省核工業地質局の積極的な働きかけを受け、戦略協力枠組み協定を締結するとともに、「瑞金原子力発電準備事務所」を設立した。協定によると、核建クリーン能源有限公司はHTGR発電所と関連するプラント産業基地を建設する。⁹⁸

また、核建クリーン能源有限公司と中核能源科技有限公司は2014年6月6日、北京の高温ガス炉技術工程化研究センターにおいて、「瑞金高温ガス炉プロジェクトの立地点一般選定委託契約」と「湖南龍門高温ガス炉プロジェクトの初期実行可能性研究委託契約」に調印した。これを受け、中核能源科技有限公司が瑞金市での立地点選定作業と龍門市での初期実行可能性調査を行う。⁹⁹

中核能源科技有限公司の呉郁龍總經理と核建クリーン能源有限公司の呉集文總經理は2014年10

月23日、瑞金高温ガス炉プロジェクトの初期実行可能性研究契約に調印した。契約調印を受け、中核能源科技有限公司は初期実行可能性研究に着手する。¹⁰⁰

高温ガス炉開発を共同で進める清華大学と中国核工業建設集团公司は2014年3月19日、高温ガス炉（HTGR）技術産業普及協力取り決めを締結した。調印式には、清華大学側から陳吉寧・学長らが、また中国核工業建設集团側からは王寿君・總經理らが出席した。

清華大学と同集団は、山東省でHTGR実証炉の建設を進めている華能山東石島湾核電有限公司に出資している。同集団は、清華大学との協力関係を強化しHTGR技術の産業発展を促進するとともに、原子力だけでなく水力発電やクリーンエネルギー、省エネ分野でも清華大学と協力する意向を表明した。なお同集団は、実証炉に続く60万kWの商業用HTGR技術の普及について、双方の責任分担を明確にしたことを明らかにした。^{101, 102}

60万kWクラスの建設単価は秦山Ⅱ期3・4号機（PWR、各65万kW）と比べて10～20%高いものの、「AP1000」よりは高くないとみられている。同公司傘下の核建クリーン能源有限公司は、国内外で立地点の選定を進めているが、同公司の張瑋・総工程師は、海外での動きの方が活発な実態を明らかにした。¹⁰³

こうしたなかでDjarot Sulistio Wisnubroto 長官を団長とするインドネシア原子力庁（BATAN）の代表団一行6名は2014年5月15日から17日にかけて中国を訪問し、中国の高温ガス炉関係者と意見交換した。同代表団は科学技術部や国家国防科技工業局、華能山東石島湾核電有限公司、中国核工業建設集团公司を訪問した。17日には清華大学核能・新能源技術研究院を訪問し、張作義院長、孫玉良副院長らと懇談した。席上、インドネシア側は、高温ガス炉技術分野における清華大学との技術協力を希望すると表明。養成訓練や人員交流、技術協力について協議した後、協力合意書に署名した。清華大学での会合には、科学技術部や国家国防科技工業局、中核能源科技有限公司、インドネシア大使館の関係者らが出席した。¹⁰⁴

一方、中核能源科技有限公司の副董事長を務める清華大学の核能・新能源技術研究院の張作義院長、科学技術部重大特別プロジェクト部の田榮斌部長、中核能源科技有限公司の呉郁龍總經理らは2014年9月末、BATANを訪問し、同国での高温ガス炉プロジェクト協力について協議した。中核能

源科技有限公司が10月9日に明らかにした。中国側は、山東省石島湾で建設中の実証炉の状況について紹介。インドネシア国内に小型の高温ガス炉実験炉を建設する技術プランやどのような協力方式がとれるかなどについて突っ込んだ話し合いが行われた。¹⁰⁵

中国の李克強首相は2014年11月9日、北京の人民大会堂でインドネシアのジョコ大統領と会談した。李首相はこの中で、双方向での貿易投資やエネルギー、農業等の分野での協力を拡大することを希望するとともに、中国企業がインドネシア国内での港湾や橋梁、空港、道路、発電等のインフラ建設に参加することを奨励する意向を表明した。これに対してジョコ大統領は、協力を拡大することを希望するとともに、中国企業によるインフラ建設への参加を歓迎すると応じた。¹⁰⁶

2.5 核燃料サイクル分野での主な動向

(1) ウラン資源

中国は、2006年に公表した「原子力工業『第11次5ヵ年』発展計画」(「核工業“十一五”発展規劃」)の中で、2020年における核燃料サイクルの各プロセスの生産能力を4～6倍に拡大する考えを示した。このうち、ウラン資源戦略については、①国内生産の拡大をはかる、②外国での鉱山開発を積極的に進める、③国際貿易を進める——方針を打ち出した。

中国は積極的に国内ウラン資源の探査を行っているが、国内資源だけでは将来の原子力発電需要を賄うことはできないとみられている。「EURATOM Supply Agency Annual Report 2014」によると、現在の年間ウラン生産量は約1500トンUと推定されており、これは約700万kWの原子力発電所の需要を賄うことしかできないため、ウラン需要の半分以上を輸入に依存している。関税当局である中国海関総署によると、2010年の中国のウラン輸入量は前年の3倍に相当する1万7136トンUを記録した。¹⁰⁷ 2011年は福島第一原子力発電所の事故もあり、ウラン輸入量は1万6126トンUに減少した。¹⁰⁸ 国务院発展研究センターの王亦楠研究員は、原子力発電所の基数が43基に達すれば中国のウラン対外依存度は85%に達すると予想している。¹⁰⁹

中国のウラン鉱山の大部分は地下500mより浅い場所にある。近年は探鉱技術の進歩にともない深い場所の鉱山が開発されてきており、地下1000m程度の深度において有望なウラン鉱床が発見されている。新疆ウイグル自治区の伊犁盆地やオル

ドス盆地では、砂岩ウラン鉱床の探鉱震度は700m以上に達している。一方で、探鉱の深度が増すにしたがい、技術的な困難も拡大してきている。¹¹⁰

中国核工業集団公司は2013年7月17日、江西省撫州市で記者会見を開き、ウラン鉱山の掘削深度がそれまでの1200メートルを大幅に超え2819メートルに達したことを明らかにした。ウラン資源の確定量の拡大につながると期待されている。¹¹¹

そうしたなかで、国土資源部の汪民副部長は2014年4月29日、中国核工業集団公司の孫勤董事長らと会談し、国内でのウラン資源開発に関して国土資源部としても最大限の協力を行う意向を表明した。¹¹²

中国最大級の石炭企業である神華集団と中国核工業集団公司は2014年10月28日、「オルド斯塔然高勒鉱区石炭・ウラン鉱採掘技術」コンサルティングセミナーを北京で開催しウラン鉱の採掘を共同で推進することなどを確認した。¹¹³

世界全体の2014年のウラン生産量は前年から約5.3%減少し、約5万6217トンUとなった。国別では、カザフスタンが前年より3%多い2万3127トンUを生産し、前年に引き続き世界最大のウラン生産国となった。カナダは前年から生産量が2%減少したが、オーストラリア、ニジェール、ナミビアは前年からそれぞれ21%、10%、25%減少した。

中国のウラン資源埋蔵量については、約17万トンUとする見方がある一方で、170万トンとする見方もある。ただし、170万トンという数字は資源総量であり、どのくらいのコストで回収可能かという点には言及されていない。

そうしたなかで、中国の内モンゴル自治区中部の大営地区で、国内最大規模の砂岩型ウラン鉱床が発見された。中央地質探査基金(中央地質勘査基金)が投資して探査を実施したもので、想定埋蔵量など詳細は明らかにされていないが、世界的に見ても大規模なウラン鉱山の部類に入るといえる。国土資源部の情報として、2012年11月4日付『新華網』が伝えた。

ウランの採掘技術でも大きな進展が見られた。2014年8月1日に開催された中国核工業集団公司による科学技術成果発表会では、ウラン鉱石を採掘せず原位置で鉱石からウランを抽出するインサイトゥリーチング技術が新疆と内モンゴルで採用されている。¹¹⁴

中央地質探査基金管理センターは、中国核工業集団公司、中国煤炭地質総局、内モンゴル自治区ならびに地質探査局で構成された総勢500名の探

査グループを組織し、28台のボーリングマシンを使って、内モンゴル中部大営地区を探索した。調査の結果、510億トン規模の炭鉱だけでなく大規模ウラン鉱床を発見した。¹¹⁵

2014年10月20日に天津で開催された「2014年中国国際鉱業大会」では、中国の天然ウラン資源開発において重大な成果が得られ、1000トン級のウラン鉱山の建設が行われていることが明らかにされた。¹¹⁶

ハルビン工程大学は2014年10月28日、同大学の先進海洋材料協同創新センターが高い効率で海水からウランを回収できる新材料の研究開発に成功したと発表した。海水に含まれる世界全体のウランの量は45億トンに達するとみられているが、回収費用は陸地の場合に比べて2倍程度になると推定されている。同センターの王君教授によると、新たに開発した新材料を使えば回収コストを大幅に下げることが可能という。¹¹⁷

中国工程院が2011年2月に公表した「中国エネルギー中長期（2030～2050）発展戦略研究」（「中国能源中長期（2030～2050）発展戦略研究」）では、2030年時点の原子力発電規模を2億kW、2050年時点の規模を4億kWと見込んでいるが、すべて軽水炉（PWR）と仮定した場合には、2050年までに合計で440万トンUの天然ウランが必要になると試算している。

一方で、4億kWのうち3億7000万kWがPWRで、残りの3000万kWが高速増殖炉の場合には、天然ウランの所要量は407万トンUまで減少する。ちなみに、100万kW級の原子力発電所1基を60年間

にわたって運転するために必要な天然ウランは約1万トンUと推定されている。¹¹⁸

中国は、国外でのウラン調達にも積極的に乗り出している。現在、中国がウランを調達している上位4カ国は、カザフスタン、ウズベキスタン、ナミビア、オーストラリアで、この4カ国だけで中国のウラン輸入総量の95%以上を占める。¹¹⁹

このうちオーストラリアの鉱山会社 Extract Resources がナミビアで所有する世界で4番目に大きいウラン鉱床の過半数株式について、ナミビア公正取引委員会は2012年1月11日、中国を代表する原子力発電事業者である中国広核集团有限公司の子会社 Taurus Mineral に譲り渡すことを承認した。同鉱床は2億8000万トンのウラン資源を抱えており、開発コストが15億米ドルに達すると見積もられている。

ナミビアの Husab ウラン鉱山は2012年末には鉱山の開発に着手。2014年5月8日に正式に生産を開始した。同鉱山の年間生産量は酸化ウラン（ U_3O_8 ）で6500トンに達するとみられている。中国広核集团有限公司の2020年時点での年間ウラン需要は1万トンUに増加すると予想されている。^{120, 121}

また中国を訪問したカナダのハーパー首相は2012年2月9日、温家宝首相（当時）との間で、中国へのウラン輸出の拡大で合意した。

中国広核集团有限公司の賀禹董事長は2013年3月、同会社が国際貿易や共同開発等の方式によって、在庫も含めて約31万トンの天然ウランを確保していることを明らかにした。これは、30基の100万kW級の原子力発電所を30年間にわたって運転するのに十分な量という。¹²²

第2-11表 中国の天然ウラン需要

年	原子力発電設備容量 (万kW)	初装荷量 (t _U)	年間取替量 (t _U)	年間需要 (t _U)	年間必要生産量 (t _U)
2010	900	1920	1575	1575	6015
2011	1380	1920	2415	4335	6855
2012	1860	1920	3225	5175	7695
2013	2340	1920	4095	6015	10030
2014	2820	1920	4935	6855	11325
2015	3300	1920	5775	7695	12620
2016	4040	2960	7070	10030	13915
2017	4780	2960	8365	11325	15210
2018	5520	2960	9660	12620	19150
2019	6260	2960	10955	13915	21250
2020	7000	2960	12250	15210	23350

注：2020年には新たに建設される原子力発電所向けの初装荷燃料と既存原子力発電所の取替燃料を含めて約1万5000t_Uの天然ウランが必要になる。また、天然ウランは転換、濃縮を経て燃料に成形加工するまでに約3年かかるため、2017年に生産されたウランが2020年に利用されることになる。

出典：「中国能源中長期（2030～2050）発展戦略研究」（中国工程院、2011年2月）

(2) 転換

中国では、甘粛省の蘭州で3000トンU規模の転換工場が2008年から操業を開始しているとされていたが、「EURATOM Supply Agency Annual Report 2014」によると、2014年の実績で3650トンUになっている。中国核工業集团公司傘下の中国核燃料有限公司は2013年11月、「第12次5ヵ年」計画期末（2015年）までに、生産能力を年間1万

1000トンUにまで拡大する考えを明らかにした。¹²³ また、現在5000トンUの能力があるほか、9000トンUが建設中との情報もある。¹²⁴

こうしたなかで中国核工業集团公司は2015年1月22日、中核建中核燃料元件有限公司の旧式のウラン転換湿式生産ラインが同20日に運転を中止し乾式法への転換が終了したことを明らかにした。年間生産能力は800トンUに達したとしている。¹²⁵

第2-12表 世界のウラン転換能力（2014年）

企業名	設備容量（UF ₆ としてトンU）	世界シェア（%）
Atomenergoprom（ロシア）	25000 ^{※1}	35
Cameco（カナダ+英国）	12500	18
ConverDyn（米国）	15000	21
AREVA（フランス）	15000	21
中国核工業集团公司	3650 ^{※2}	5
Ipen（ブラジル）	40	—
合 計	71190	100

※1：稼働容量は10000トンU/年

※2：5000トンUの能力があるほか、9000トンUが建設中との情報もある。

出典：「EURATOM Supply Agency Annual Report 2014」

(3) 濃縮

中国は1955年1月、原子力事業の発展を決定し、1958年5月には中国共産党中央書記処総書記であった鄧小平が甘粛省蘭州に中国初のウラン濃縮企業を設立することを承認した。これが「504プラント」である。同プラントは1964年1月に軍事用の濃縮ウランを生産した。1970年代末から80年代初めにかけて、濃縮度の異なる濃縮ウランも生産し、ここで生産された低濃縮ウランは、中国初の原子力発電所である秦山発電所でも使用された。¹²⁶ 同プラントではソ連時代の拡散技術が採用され、1980年から97年にかけて商業目的で運転された。¹²⁷

1992年、93年、96年の中国原子能工業有限公司とロシア原子力庁（Minatom＝当時）傘下のテクスナプエクスポート（Tenex）社との契約に基づき、陝西省の漢中にロシア製の遠心分離濃縮プラントが建設された。契約では、2ヵ所のサイトの合計で1500トンSWU/年規模のプラントを建設することになっていた。

最初の2モジュール（500トンSWU）は漢中で1997年から2000年にかけて操業を開始した。Tenexは2007年11月、漢中でさらに500トンSWU規模のプラントの建設に着手し、2011年半ばに操業を開始した。また、蘭州の濃縮プラントは、それまでの拡散技術に代えてロシアの遠心分離機を採用して500トンSWU規模で2001年に操業を開始した。これ以外にも、四川省で拡散技術を採用

した軍事目的の大規模濃縮プラントが1975年から89年にかけて運転されたが、現在は操業を停止している。

中国は、原子力発電所用の濃縮ウランの大半を外国から輸入している。大亜湾原子力発電所の濃縮ウランの30％はUrencoから供給を受けている。Tenexとの間でも2008年、2010年から2021年にかけての4基（三門2基、海陽2基）の「AP1000」用濃縮ウラン役務契約（600トンSWU）を結んだ。

中国の2010年の濃縮需要は2500トンSWUであったが、2020年には7000トンSWUに増加すると予測されている。EURATOM供給局によると、2010年時点では世界の濃縮設備容量は公称で約6万1000トンSWU（2014年実績は5万6575トンSWU）とみられているが、需要は4万7000トンSWUで供給が需要を大きく上回っている。¹²⁹

原子力発電と核燃料サイクル事業をてがける中国核工業集团公司は2013年6月21日、甘粛省蘭州市にあるウラン濃縮産業基地で、遠心分離濃縮技術の完全国産化と工業化を実現したと発表した。

同公司傘下の蘭州ウラン濃縮有限公司の朱紀・総経理は、国産の遠心分離濃縮設備の操業がスタートしているとしたうえで、現在稼働中の17基の原子力発電所に加えて、2020年までは現在の5倍に相当する規模の原子力発電所で必要となる核燃料の需要を賄うことができると説明している。¹³⁰

第2-13表 中国で運転・建設中の濃縮工場

施設名	運営事業者	製品	状況
陝西ウラン遠心分離施設	中核陝西ウラン濃縮有限公司	低濃縮 UF ₆	運転中
陝西四期導入遠心プロジェクト	中核陝西ウラン濃縮有限公司	//	//
北区拡張遠心プロジェクト(1期)	中核陝西ウラン濃縮有限公司	//	//
北区拡張遠心プロジェクト(2期)	中核陝西ウラン濃縮有限公司	//	建設中
蘭州ウラン遠心分離施設一期	中核蘭州ウラン濃縮有限公司	//	運転中
蘭州遠心機商用実証プロジェクト	中核蘭州ウラン濃縮有限公司	//	//
蘭州ウラン濃縮三期プロジェクト	中核蘭州ウラン濃縮有限公司	//	//

出典：「国家核安全局2014年報」

第2-14表 世界の濃縮設備容量(2014年)

企業	公称設備容量(トンスwu)	世界全体のシェア(%)
Atomenergoprom(ロシア)	28000(27500)	50(45)
Urenco(英・蘭・独)	18100(13000)	32(21)
AREVA-GBII(仏)	7500(10800)	13(18)
中国核工業集团公司	2900(1300)	5(2)
日本原燃	75(150)	0
合計	56575(60750)	100

()は2010年データ。

出典：「EURATOM Supply Agency Annual Report 2014」

(4) 核燃料の成形加工

核燃料サイクル事業を手掛ける中国核工業集团公司傘下の企業が核燃料の成形加工を担っている。いずれも、原子炉を提供した国の技術がベースになっており、フランス、ロシア、米国の技術が採用されている。

中国の主流炉型である加圧水型炉(PWR)向けの燃料成形加工工場は四川省の宜賓にある。同工場は、1965年に設立された軍事用の成形加工工場をベースに1982年に建設された。また、内モンゴルの包頭では、重水炉(秦山Ⅲ期)向けの燃料の成形加工が行われている。

中国核工業集团公司は2013年1月、核燃料企業の再編に着手した。2013年4月12日には国家工商総局から「中国核燃料有限公司」の営業許可を取得した。¹³¹ これを受け同7月には核燃料成形企業など9社を傘下におさめ中国核燃料有限公司の業務をスタートした。¹³²

中核建中核燃料元件有限公司の宜賓工場では2011年12月1日、国家核安全局から核燃料製造ラインの拡張プロジェクトの建設許可証を取得したのを受け、400トンUの拡張工事の着工セレモニーを行った。新製造ラインは当初2013年に完成が予定されていたが、2014年6月30日に正式に操業を開始した。¹³³ 設備容量は現在操業中と合わせて800トンU/年に拡張された。これによって、100万kWクラスのPWR30基分の取り換え燃料の需要を満足できることになった。製造可能な燃料は、秦山1期の30万kWのほか「AFA-2G」、「AFA-3G」、

「M5AFA-3G」、「VVER-1000」、「TVS-2M」の6種類のPWR燃料。^{134、135、136} このうち、田湾原子力発電所で採用されているロシア製PWRである「VVER」向けの「TVS-2M」燃料については2013年に国産化を実現している。¹³⁷

中国核工業集团公司によると、2011年12月に開催された生産計画討論会では、2012年に、秦山、大亜湾、嶺澳、田湾、紅沿河、陽江、寧徳、方家山、福清等、10カ所の原子力発電所・約30基のユニットに対して1000体を超える燃料集合体を供給する計画が明らかにされた。¹³⁸

なお内モンゴル自治区の包頭工場では、今後の中国の主力炉になるとみられている「AP1000」型炉向けの核燃料製造ラインの建設が行われている。2012年3月、国家核安全局が「AP1000核燃料要素生産ライン建設許可証」を発給したのを受け、同28日に着工式が行われた。設計能力は200トンU/年規模で、2015年の創業開始が予定されている。同工場は、将来的には2000トンU/年に拡張される計画がある。^{139、140、141、142} 中核包頭核燃料元件股份有限公司は2014年5月22日、「AP1000」向け燃料集合体の試験組立を終えた。¹⁴³

また同会社が請け負っている国の科学技術重大プロジェクトである「AP1000核燃料製造技術」が2014年9月26日、国家能源局の検収をパスした。この技術課題は2010年にスタートし、約4年を経て米国ウェスチングハウス社の技術移転文書を消化し、各種の重要設備の国産化を達成した。¹⁴⁴

第2-16図 「AP1000」向け燃料集合体の試験組立



出典：国务院国有资产监督管理委员会

「AP1000」向けの核燃料については、初号機の初装荷燃料と一部取替燃料はウェスチングハウス社が供給することになっている。同社は2012年3月19日、「AP1000」を世界で初めて採用する中国浙江省の三門原子力発電所1号機向けの157体の燃料集合体と関連コンポーネントが、米国サウスカロライナ州コロンビアにあるコロンビア燃料製造施設（Columbia Fuel Fabrication Facility）で完成したと発表した。¹⁴⁵

包頭工場では、高温ガス炉燃料製造ラインが2013年3月16日に着工し、2015年5月13日に調整試験に入った。2015年9月に生産をスタートし、2016年9月には実証炉向けの製造を終了する予定となっている。設計生産能力は燃料球で年間30万個。濃縮度8.5%の六フッ化ウランが原料。¹⁴⁶ 中国は、高温ガス炉実証炉（電気出力21万kW）プロジェクトを国家重大科学技術専門プロジェクトの1つとして位置づけており、実証炉燃料製造ラインは同プロジェクトの基幹事業となっている。

なお、燃料被覆管等に用いられるジルコニウム管材の製造能力は現在、年間100トンであるが、3年内にはジルコニウム・スポンジ1000トン、原子力級製品ジルコニウム材500トンを製造する計画がある。最終的には、ジルコニウム・スポンジ2000トン、製品ジルコニウム材1000トンの生産能力を目指している。「AP1000」の国産化等を担当する国家核電技術公司与宝钛（チタン）集团有限公司が共同で出資して設立した国核宝钛（チタン）锆（ジルコニウム）業股份有限公司が明らかにした。¹⁴⁷

2012年6月8日には、国家核電技術公司与ウェスチングハウス社が共同出資した国核維科锆（ジ

ルコニウム）鉛（ハフニウム）有限公司の原子力級ジルコニウム・スポンジ工場が正式に生産を開始した。生産規模は最終的に年間2000トンをめざす。¹⁴⁸ なお国核宝钛（チタン）锆（ジルコニウム）業股份有限公司によると、2012年9月4日、1.1トンの原子力級ジルコニウム・スポンジの製造に初めて成功した。¹⁴⁹

一方、中核阿海珅（AREVA）（上海）锆合金管材有限公司は2013年11月6日、仏AREVA社から新型被覆管の生産許可証を取得した。これによって、ジルコニウム合金管材の中国国内での生産がスタートすることになった。¹⁵⁰

中国核工業集团公司は2013年8月21日、傘下の中国核燃料有限公司の「燃料要素研究設計所」（燃料元件研究設計所）を中国核動力研究設計院内に設立したことを明らかにした。同公司傘下の中核建中核燃料元件有限公司と中核北方核燃料元件有限公司が共同で設立した。研究設計所は、原子力発電所の燃料要素の研究開発を担当する。¹⁵¹

中核北方核燃料元件有限公司は2014年1月17日、中国工程院物理研究院核物理・化学研究所との間で、戦略協力協定を締結した。今後、燃料集合体の供給や研究試験炉の応用技術研究、新型材料の研究開発協力や人材の交流等を進める。¹⁵²

こうしたなかで、中国広核集团有限公司は2014年12月14日、李克強首相とマシモフ・カザフスタン首相同席のもと、原子力分野の相互利益の拡大・深化に関する取決めをカザフスタンの国営原子力企業カザトムプロムとの間で締結した。それによると、カザフスタンに核燃料製造の合併企業を設立し、中国国内だけでなく、広核集団の海外プロジェクトに対しても核燃料を供給する。¹⁵³

第2-15表 中国の核燃料成形加工工場

施設名	運営機関	設計能力	製品	現状
宜賓核燃料要素生産ライン	中核建中核燃料元件有限公司	200トンU/年	PWR核燃料集合体	運転中
宜賓核燃料要素生産ライン 拡張工程	//	200トンU/年	PWR核燃料集合体	運転中
宜賓核燃料要素生産ライン 拡張工程Ⅱ	//	400トンU/年	PWR核燃料集合体	2014年6月操業開始
宜賓ガドリニウム含有核燃料 生産ライン	//	10トンM/年 (M = Gd ₂ O ₃ とUO ₂ の混合物)	Gd ₂ O ₃ とUO ₂ の 焼結ペレット	運転中
VVER-1000 燃料集合体生産 ライン	//	41トンU/年	PWR核燃料集合体	運転中
包頭PWR核燃料生産ライン	中核包頭核燃料元件有限公司	200トンU/年	PWR核燃料集合体	運転中
AP1000向け生産ライン	//	200トンU/年	PWR核燃料集合体 (AP1000)	建設中
包頭重水炉核燃料生産ライン	//	200トンU/年	重水炉核燃料集合体	運転中
包頭高温ガス炉核燃料生産 ライン	//	2.1トンU/年	高温ガス炉核燃料要素	建設中*

出典：「中華人民共和国国家核安全局 2009年報」、「中核北方核燃料元件有限公司」(<http://www.btgh.com.cn/Items.aspx>) 等をもとに作成

(5) 使用済み燃料と再処理

①再処理

中国は1983年、国務院の科学技術指導グループ（「科技領導小組」）が召集した専門委員会の中で、核燃料リサイクル実現のため使用済み燃料を再処理する方針を決定した。その後、国務院が1986年、国家計画委員会（当時）が1987年7月、甘粛省蘭州の「404工場」に再処理パイロットプラントを建設することをそれぞれ承認した。同プラントの設計は核工業第二研究設計院が単独で実施し、1998年に全面的に着工した。

同プラントでは2010年12月21日、実際の使用済み燃料を使ったアクティブ試験に成功した。同プラントは、年間処理能力50トンHM（重金属）でまずスタートし、次のステップとして100トンHMまで拡張する計画になっている。

同パイロットプラントでは、2003年9月には大亜湾原子力発電所の使用済み燃料の受け入れを開始しているが、これは同発電所で使用済み燃料の貯蔵容量が不足したためである。同パイロットプラントには、商業炉用500トン、研究炉用50トンの使用済み燃料中間貯蔵施設がある。¹⁵⁴ ちなみに、100万kW級の原子力発電所1基から毎年25～30

トンの使用済み燃料が発生すると試算されている。

パイロットプラントに続く商業規模の再処理工場は当初、甘粛省に建設することを決め、着工までのすべての作業を含む「前期作業」も進展し、すでに初期実行可能性調査報告がまとめられていたが、立地点の選定は白紙に戻ったとみられている。甘粛省の場合、道路を使って長距離輸送しなければならないため、全国の原子力発電所から集めるのは難しいとの問題点が浮上した。甘粛省のほか、山東省や江蘇省、浙江省、福建省、広東省などが候補にあがっている。

原子力発電と核燃料サイクル事業をてがける中国核工業集团公司は2013年4月25日、北京において、フランスのAREVA社との間で「大型商業再処理・リサイクルプラント」プロジェクトの協力意向書を締結した。AREVA社の技術を採用して年間処理能力800トンの再処理工場を建設するにあたっての性能指標や責任分担などを定めた。¹⁵⁵

こうしたなかで中国核工業集团公司は2015年6月30日、AREVAとの間で「再処理・リサイクル工場プロジェクト契約商務協議工作ロードマップ了解覚書」を締結し、同プロジェクトの協力が新段階に入ったことを明らかにした。また同公司

は9月23日、フランスと共同で進める再処理工場を含めた核燃料サイクルプロジェクトについて、2020年に着工し2030年に完成させる意向を明らかにした。

同公司によると、アレバが技術の責任を負い中核集団が建設の責任を負う。プロジェクトの敷地面積は3平方キロで、国家特別プロジェクト基金から投資する。総投資額は1000億元を超えると推定されている。同プロジェクトは800トンの使用済み燃料再処理工場、貯蔵能力3000トンの使用済み燃料貯蔵センター、高レベル廃液ガラス固化施設で構成されている。

一方で中国核工業集团公司は2014年6月24日、独自の知的所有権を持つ200トン規模の商業再処理実証プロジェクトがスタートしていることを明らかにした。¹⁵⁶ また同集团公司の銭智民・総経理一行は2014年8月8日、福建省共産党委員会の尤権書記らと会談し、使用済み燃料再処理工場のサイト選定と建設で支援を求めた。¹⁵⁷

核燃料サイクル事業の実施体制は整っている。中国核工業集团公司は2011年11月17日、再処理事業やMOX（ウラン・プルトニウム混合酸化物）燃料製造事業を行う中核瑞能科技有限公司を設立した。同公司は、再処理工程とMOX燃料製造工程のサイト選定や設計、施工、投資・管理、使用済み燃料の貯蔵と再処理・管理、リサイクルの科学技術研究開発、技術コンサルティングサービスなどを担当する。¹⁵⁸

再処理によって得られたプルトニウムについては、軽水炉（PWR）とFBRで利用することが計画されている。とくに、FBRの商業化はまだだいぶ先になるとの見通しから、MOX（混合酸化物）燃料としてPWRで利用（“プルサーマル”）することが有望視されている。¹⁵⁹

中国核工業集团公司は2010年10月、Tractabel、Belgonucleaire、SCK-CENとの間で、中国国内にMOX燃料の成形加工工場を建設するとした協定に調印した。ベルギーはMOX燃料の開発・製造で長年の実績を持つ。中国国家原子能機構は、2018年頃に40トン/年規模のMOX工場が操業を開始するとともに、2030年頃までには50トン/年規模のMOX燃料再処理工場が建設に入ると見込んでいる。¹⁶⁰

財政部、国家発展改革委員会、工業・情報化部は2010年7月12日、「原子力発電所使用済み燃料処理処分基金徴収使用管理暫定規則」（「核電站乏

燃料処理処分基金徴収使用管理暫行弁法」）を関係機関に通知した。2010年10月1日から施行された。同規則は、使用済み燃料処理処分基金の徴収、使用、管理を定めており、商業運転を開始してから5年以上が経過した原子力発電所が対象で、kWhあたり0.026元を徴収するとしている。価格については、財政部が国家発展改革委員会や工業・情報化部、国家能源局、国防科技工業局等と協議のうえ改定される。¹⁶¹

納入された基金は、政府の関連部門と機関が使用済み燃料の処理・処分に利用することになっている。対象となる活動には以下が含まれる。なお、こうした基金は原子力発電コストに算入することができる。

- －使用済み燃料の輸送
- －使用済み燃料の隔離貯蔵
- －使用済み燃料の再処理（パイロットプラントでの商業用原子力発電所の使用済み燃料の再処理を含む）
- －使用済み燃料再処理プラントで発生した高レベル放射性廃棄物の処理・処分
- －再処理プラントの建設、運転、改造、廃止措置
- －使用済み燃料の処理・処分にかかるその他の支出

なお財政部が2013年3月25日に公表した「2013年中央財政予算」によると、2013年の使用済み燃料処理処分基金の収入予算が18億3800万元、支出予算が64億6200万元であることが明らかにされた。¹⁶²

②使用済み燃料の中間貯蔵

使用済み燃料の（中間）貯蔵が大きな問題として浮上してきた。中国核工業集团公司が発行する『中国核工業報』¹⁶³によると、2013年6月末現在、中国では17基の原子力発電所が稼働しており、このうち再処理の必要のない秦山Ⅲ期の2基（重水炉）に加えて、まだ使用済み燃料が発生していない、2013年に商業運転を開始したばかりの紅沿河1号機と寧徳1号機を除いた13基の使用済み燃料の累積発生量は約2200トンに達している。国家原子能機構の王毅韜・副主任によると、使用済み燃料の累積量は2015年に3500トンに達したあと、2020年には1万トンの規模に達するとみられている。¹⁶⁴ また、2030年までには使用済み燃料の累積量が2万3500トンに達するため、原子炉敷地外で1万5000トン規模の貯蔵能力が必要になるとの予測もある。¹⁶⁵

第2-16表 中国の原子力発電所の使用済み燃料発生状況（2013年6月末現在）

原子力発電所	ユニット	設備容量（万kW）	累積使用済み燃料発生量（トHM）
田湾	1号機	106	148
	2号機	106	148
秦山Ⅰ期	1号機	31	147
秦山Ⅱ期	1号機	65	192
	2号機	65	152
	3号機	65	38
	4号機	65	20
大亜湾	1号機	98	421
	2号機	98	436
嶺澳Ⅰ期	1号機	99	208
	2号機	99	219
嶺澳Ⅱ期	3号機	108	68
	4号機	108	56
合 計		1113	2241

出典：「推進我国核燃料循環後端發展的思考与对策」（『中国核工業報』、中国核工業集团公司、2013年11月）

第2-17表 2013年から2020年の使用済み燃料の年間発生量と累積量（トHM）

年	使用済み燃料の年間発生量	使用済み燃料の累積量
2013	301	2524
2014	334	2858
2015	665	3522
2016	837	4360
2017	876	5236
2018	977	6213
2019	1208	7421
2020	1298	8718

出典：「推進我国核燃料循環後端發展的思考与对策」（『中国核工業報』、中国核工業集团公司、2013年11月）

第2-18表 中国の各原子力発電所における使用済み燃料の貯蔵状況

原子力発電所	ユニット	送電開始	貯蔵方法	サイト内貯蔵容量	満杯時期
秦山（Ⅰ期）		91年12月15日	稠密バック湿式 プール拡張	35年	2025年
大亜湾	1	93年8月31日	湿式貯蔵	10年	2003年
	2	94年2月7日			2004年
秦山Ⅱ期	1	02年2月6日	稠密バック湿式	20年	2022年
	2	04年3月11日			2024年
嶺澳	1	02年2月26日	稠密バック湿式	20年	2022年
	2	02年9月14日			2022年
秦山Ⅲ期	1	02年11月19日	サイト内湿式/乾式 貯蔵	40年	2042年
	2	03年6月12日			2043年
田湾	1	06年5月12日	湿式貯蔵	20年	2026年
	2	07年5月14日	稠密バック湿式、 プール拡張		2027年

出典：「China's Spent Nuclear Fuel Management: Current Practices and Future Strategies」（Yun Zhou, March 2011, University of Maryland）

第2-19表 原子力発電規模と使用済み燃料蓄積量の予測

年	基 準		現 実 的		楽 観 的	
	原発電規模 (万kW)	使用済み燃料蓄積量 (tHM)	原発電規模 (万kW)	使用済み燃料蓄積量 (tHM)	原発電規模 (万kW)	使用済み燃料蓄積量 (tHM)
2020	4000	5639	5000	6319	6000	6885
2025	5100	9885	6800	11845	9600	14321
2030	6500	15447	9200	19581	13800	25704
2035	8000	22358	12000	29796	18000	41037
2040	10400	31229	17000	43921	23700	61144
2045	12700	42262	21300	62337	29300	86562
2050	15000	55464	25000	84490	35000	117300

出典：“Nuclear Fuel Cycle Scenarios at CGNPC” (Xi Ao Min, China Nuclear Power Tech. Research Institute, CGNPC, May 19-23, 2008)

大亜湾発電所から取り出された約400トンの使用済み燃料は中核四〇四有限公司の使用済み燃料貯蔵プールに移送されているが、これ以外の使用済み燃料は各原子力発電所のサイトに貯蔵されている。

中国核工業集团公司によると、使用済み燃料の外部への移送需要は急速に増加するとみられている。発電所内で5年間冷却した後外部に運び出すとした場合、2020年時点の年間移送需要量は800トン、2025年時点では1000トンに達する。また8年間冷却した後移送する場合、2020年の年間移送量は300トンであるが、2025年時点では1000トンに達する。

中国広核集团有限公司も同様の予測をしており、2016年前後に中国の使用済み燃料の輸送ならびにサイト外貯蔵量は現在の6倍に達すると見込んでいる。具体的には、2016年から2020年までの使用済み燃料の輸送量とサイト外貯蔵量は、2010年から2015年までの量の6倍に達する。

中国の使用済み燃料の輸送は、欧州などと違い道路だけを使って行われている。2015年までの輸送需要は賄えとみられているものの、2016年以降は使用済み燃料の輸送需要が急速に増大するため、新しい輸送キャスクに対する需要が拡大すると予測されている。とくに2020年頃には、単一の運輸方法、年間輸送能力、輸送キャスクの技術的な限界のすべての面において、使用済み燃料の輸送要求を満たすことができなくなるとみられている。原子力発電所の廃止措置や放射性廃棄物の輸送などを手がける中核清原環境技術工程有限責任公司の関係者も使用済み燃料の輸送能力に懸念を示している。

国务院發展研究センターの王亦楠研究員は、使用済み燃料を東部沿海地区から西北部に遠隔輸送することは大きなリスクをとまうとしたうえで、輸送容器をはじめとした設備や技術について

も高い要求を満足できる状況にないと指摘している。¹⁶⁶

こうしたなかで、中国核工業集团公司の重点科学技術特別プロジェクトである使用済み燃料輸送容器のプロトタイプ試作機の第5回コーディネート会合が2014年3月28日、西安核設備有限公司で開催された。中核集団の核動力事業部、核環境保護工程事業部のほか、中核清原環境技術工程有限公司、中国核電工程有限公司、西安核設備有限公司の関係者が参加した。¹⁶⁷

なお、中国核動力研究設計院が独自に研究・開発した新型中性子吸収材料が2014年11月30日、中国核能行業協会が組織した鑑定をパスした。使用済み燃料の湿式集中貯蔵ラックや輸送容器の反応度コントロールに利用される。これによって、中国が独自に知的財産権を持つ使用済み燃料密集貯蔵システムの国産化が新たな段階に入った。¹⁶⁸

中核四〇四公司の使用済み燃料プールは、現在、原子力発電所の使用済み燃料を受け入れることができる唯一の施設である。当初、建設された500トン規模の使用済み燃料貯蔵プールはすでに満杯に近付いているため、800トンの貯蔵プールの建設が行われている。拡張分の800トンは「AFA3G」タイプのPWR燃料用に設計されている。ロシア型PWRであるVVERを採用する田湾発電所では、使用済み燃料をサイト外に貯蔵する計画はない。

使用済み燃料貯蔵プールが拡張されたとしても、現有の500トンと合わせても2018年には満杯になるとみられている。これは、大亜湾発電所からの使用済み燃料の移送量が2016年以降、現在の3～4倍に増加することが確実なためである。有効な輸送、貯蔵対策がとられなければ、大亜湾発電所の運転を停止せざるをえない状況に追い込まれる。その大亜湾発電所の使用済み燃料26体が2013年6月27日、隣接する嶺澳4号機の使用済み燃料

プールに移送された。使用済み燃料が発電所間で輸送されたのは初めて。また、国家核安全局は2014年10月17日、大亜湾1号機の使用済み燃料の嶺澳4号機への移送を承認することを大亜湾核电运营管理有限责任公司に通知した。¹⁶⁹

中国核能行业协会の張華祝理事長は、当面の課題は使用済み燃料の中間貯蔵問題であるとしたうえで、仮に実施するとしても貯蔵を分散する必要があるとの見解を示している。

使用済み燃料の中間貯蔵能力が不足することは確実な情勢となっている。中間貯蔵方法としては、プールに貯蔵する湿式法とキャスクに収める乾式法があるが、どちらにするかはまだ決まっていない。そうした背景には、商業規模の再処理工場の立地点が最終的に決まっていないことがある。再処理工場の操業はかなり先になるため、発電所サイト内での貯蔵や発電所間での使用済み燃料の移送、乾式貯蔵、集中貯蔵といった多様な方法が検討されている。

中国核工業集团公司傘下の中国核科技情報・経済研究院の劉敏氏らは、現在の状況を踏まえ、以下の提言をしている。

a) バックエンド政策の確定

使用済み燃料の輸送、貯蔵、再処理を統一的に計画し、原子力発電の発展を踏まえた使用済み燃料の処理・処分能力の建設計画をきちんと作成する。とくに使用済み燃料の輸送と中間貯蔵を優先的に行うことによって、商業用再処理工場に柔軟性を与える。

b) マルチモデルの使用済み燃料輸送体系の構築

使用済み燃料の貯蔵施設と再処理工場のサイト選定状況を踏まえ、鉄道輸送と海上輸送を検討しなければならない。使用済み燃料の輸送需要は着実に増加するため、輸送体系の研究ならびに能力の構築は非常に重要であるだけでなく差し迫っている。使用済み燃料輸送容器の基幹技術のブレークスルーを達成する。

c) 中間貯蔵の研究

使用済み燃料中間貯蔵の計画ならびに建設、商業用再処理工場のサイト選定を迅速に実施する。湿式法とするか湿式法と乾式法を組み合わせた中間貯蔵法にするか、ただちに決める必要がある。短期的には、技術的に成熟した湿式法が主流で乾式法を補助とする。

d) 中間貯蔵所の配置

原子力発電所の大多数は沿海部に集中しているため、中間貯蔵所は原子力発電所の近く

に立地することを検討しても良い。集中貯蔵方式とするか分散貯蔵方式とするか直ちに決めなければならない。再処理工場のサイトが決まっていないため、原子力発電所の近くに分散式の中間貯蔵施設を建設することを提案する。

e) 関連する政策・法規の制定

使用済み燃料管理政策を策定し、輸送、中間貯蔵、再処理に関連する責任主体と運用メカニズムを明確化する。使用済み燃料処理・処分基金の管理を強化する。乾式貯蔵施設の設計基準や外国から調達する輸送キャスクの審査基準を制定する。

f) パブリック・アクセプタンス

輸送体系の構築に際して、地方政府や鉄道・海上輸送等に関連する政府部門との意思の疎通をはかる。中間貯蔵施設、再処理工場のサイト選定ならびに建設にあたっては地方政府や原子力発電事業者、公衆等の協議を促進するとともに、宣伝や公衆からの意見聴取を進める。

(6) 廃止措置

中国で初めて送電を開始した原子力発電所は浙江省の秦山発電所（1991年12月）であり、まだ20年程度しか経っていない。このため廃止措置（退役）はそれほど緊急な課題とは認識されていない。

国家发展改革委員会が2007年11月に公表した「原子力発電中長期発展計画（2005～2020年）」（「核電中長期発展規劃」）では、原子力発電所が商業運転を開始した時点において、原子力発電原価の中から廃止措置費用を強制的に徴収し積み立てるとしている。

具体的には、中央財政に「原子力発電所退役専門基金口座」（「核電站退役專項基金賬戶」）を設置し、各原子力発電所の商業運転期間中に徴収するとしている。なお、関連費用の徴収基準と実施方法については、国家发展改革委員会が財政部及び国防科学技術工業委員会（組織改革によって廃止）と共同で研究、確定することになった。

一方、「原子力工業『第11次5ヵ年』発展計画」（「核工業“十一五”発展規劃」）では、原子能科学研究院や清華大学などの研究炉の廃止措置の事前準備作業を行う方針が明記された。

また同計画では、ウラン鉱の地質探査や採掘にともなって廃棄された鉱石や鉱滓などの管理を継続して行うとともに環境を復旧させるとしている。このほか、各種の施設については、それぞれの特徴を踏まえてソース・ターム（source term：環

境中に放出される核種の種類や化学形、放出量等)の測定、設備の除染、ならびに解体などの廃止措置技術の研究及び廃止措置設備の研究製造が行われることになっている。

廃止措置分野での国際協力も活発化してきている。中国核工業集团公司とフランスのAREVA社は2014年7月2日から4日にかけて北京で「原子力施設の廃止措置と放射性廃棄物管理研究討論会」を開催した。中核集団とAREVAは2014年3月、全面戦略協力協定を締結。また同7月1日にはAREVA関係者が中核集団傘下の中国原子能科学研究院を訪問し原子力施設の廃止措置について協議した。一方、中核集団側が同10月にフランスの原子力施設廃止措置について検討を加え、それらをもとに具体的な協力項目を詰めることにしている。¹⁷⁰

(7) 放射性廃棄物の処理・処分

①低・中レベル放射性廃棄物

「原子力工業『第11次5ヵ年』発展規画」では、原子力発電の拡大にともなってニーズが増加するとみられている放射性廃棄物の処理・処分について、低レベルと中レベルの放射性液体廃棄物用の処理施設及び有機液体廃棄物焼却施設を建設・運転するとしている。また極低レベル放射性固体廃棄物処分場を建設するとともに、全国規模で低・中レベル放射性廃棄物処分場の計画を作成し、華東地区と西南地区で処分場の建設に着手する方針を示した。

中国では、低・中レベル放射性廃棄物について、西北低・中レベル放射性廃棄物処分場と広東北龍低・中レベル放射性廃棄物処分場が操業している。このうち西北処分場は2012年に346 m³の低・中レベル放射性廃棄物を受け入れた。コバルト60、セシウム137、マンガン54、鉄55、ニッケル63等が主な核種で、合計放射エネルギーは 6.84×10^{11} ベクレル。同処分場では、2012年末時点で8553 m³、 4.53×10^{13} ベクレルの低・中レベル放射性廃棄物を受け入れている。

また、広東北龍処分場では、2012年に大亜湾原子力発電所と嶺澳原子力発電所から105体の放射性廃棄物パッケージを受け入れた。2012年末までに受け入れた廃棄物は1267 m³、放射エネルギーは 3.48×10^{13} ベクレルに達している。

なお、この2ヵ所以外にも、飛鳳山低・中レベル放射性廃棄物処分場の立地作業が進んでおり、すでに環境影響評価が終了し、国家核安全局は2012年に建設許可証を発給している。^{171, 172}

環境保護部は2013年12月30日、「放射性固体廃棄物貯蔵・処分許可管理規則」(「放射性固体廃棄物貯蔵和処置許可管理弁法」)を公布した。施行日は2014年3月1日。放射性固体廃棄物の貯蔵や処分活動に従事する専門業者は、同規則の規定にしたがい貯蔵許可証あるいは処分許可証を取得しなければならないが、原子力施設の運営組織が利用する施設や原子力施設とワンセットで建設される貯蔵施設などについては例外扱いとなる。¹⁷³

国家国防科技工業局は2014年5月6日、放射性可燃固体廃棄物管理の規範化と標準化を進めるため中国核工業集团公司傘下の四〇四有限公司が放射性固体廃棄物の一時貯蔵庫の建設を開始したことを明らかにした。¹⁷⁴

②高レベル放射性廃棄物

再処理にともなって発生する高レベル放射性廃棄物(HLW)に対する中国の取り組みは比較적으로早く行われ、核工業部(当時)は1985年、HLW地層処分研究調整グループを設立し「HLW深地層処分研究開発計画」をとりまとめ、深地層に処分するという技術路線を提言した。

国防予備研究費の中から経費が支出され、エンジニアリングや地質、化学、安全分野の研究プロジェクトに割り当てられた。こうしたプロジェクトには、核工業部の関連研究所や清華大学、南京大学、北京大学、復旦大学、中国地質大学、中国鉱業大学、長春地質学院が参加した。

また、中国科学院武漢岩土力学研究所、中国科学院地質・地球物理研究所、中国地震局、中国科学院金属研究所、香港大学、中国科技大学、河海大学、東北大学等は、国際原子力機関(IAEA)の技術協力プロジェクトや自然科学基金を通じて国外の研究活動に従事するとともに国際的な共同研究計画に参加し、技術基準の作成を行った。

1986年には核工業北京地質研究院による地層処分場の立地点選定と評価作業がスタートし、華東、華南、西南、内モンゴル、西北の5ヵ所で、予備的な比較調査を実施した。これをもとに、西北部の甘粛省・北山地区を予備的な候補地として、大がかりな基礎研究調査が行われた。

そうしたなかで、核燃料サイクルを所管する国防科学技術工業委員会(当時)は2006年2月、科学技術部、国家環境保護総局(当時)と共同で「HLW地層処分研究開発規画指針」(「高放廃物地質処置研究開発規画指南」)を公表した。同指針は中国のHLW処分の拠り所であり、適宜更新されることになっている。

なお、中国の原子力基本法の役割を果たしてい

る、2003年に公布された「放射性汚染防止法」（「放射性汚染防治法」）では、HLWとアルファ廃棄物（半減期が30年より長いアルファ放射性物質で比放射能が 4×10^6 ベクレル/kgの放射性固体廃棄物）は深地層処分場に集中的に処分するとの基本方針が示されている。

「HLW地層処分研究開発計画指針」によると、過去20年間にわたる活動は基本的に各部門での研究開発であり、非常に多くの問題と不備な点があるという。具体的には、国家級の研究開発計画や全体的なニーズ、発展目標がないことに加え、研究開発の考え方が明確ではない。また、基礎研究活動が十分ではなく、約20年経った現在でも、まだ技術を準備する前の段階にある。研究開発活動も全般にわたっておらず、調整が行われていないだけでなく、分野ごとの進展にもバラツキがある。さらに同指針は、研究開発活動の組織管理にも問題があり、必要な経費も投入されていないと指摘している。

こうした状況を踏まえ、指針ではHLWの研究開発と処分場建設を3段階に分けて実施する方針を明らかにした。それによると、2006～2020年を「実験室での研究開発と処分場の立地点選定段階」、2021～2040年を「地下試験段階」、2041年以降を「プロトタイプの処分場検証と処分場の建設段階」と位置付けている。

まず「実験室での研究開発と処分場の立地点選定段階」では、「戦略、計画、法規、基準研究」、「処分プロジェクトの研究」、「処分場の地質研究」、「処分場の化学研究」、「処分の安全評価研究」の5つのテーマを設定し、2020年までの目標を掲げた。

このうち、処分場の地質研究については、予備的に選定されたHLW処分場サイトに対して、区域、地区、立地点の3つのレベルで岩石や構造、地球化学、地球物理、放射線バックグラウンド、地震地質、構造運動研究等を実施するとしている。また、甘粛省の北山以外でもHLW処分場の予備選定を行う方針を示した。

処分場の化学研究では、2020年までに、HLW処分場の化学的挙動モデルやデータバンク、固化体の性能基準を構築し、重要核種の地下水中における化学反応挙動について実験室での研究を終了させるとともに、関連した測定試験技術の把握につとめるなどとしている。

処分にかかる安全評価研究については、安全及び環境評価研究の基礎的な問題に対して、基礎的な能力と人材集団の構築を強化し、基礎研究活動を重点的に進める考えを示した。

2021年から2040年までを見据えた地下試験段

階では、地下試験研究活動の中で、地質や化学、環境安全等の分野での研究開発の成果について検証するとともに、系統的な総合及び現場検証を行い、処分場の建設にあたって必要となる各種データの取得をめざす。

「HLW地層処分研究開発計画指針」では、HLW処分場の建設は2041年以降を見込んでいる。まずプロトタイプの処分場の設計が実施される。次の段階として、深地層処分施設を建設するにあたっての建設・施工技術の研究が行われ、実際にHLWを使った処分実験に移り、処分場の全体性能を検証する。また、安全及び環境評価モデルの検証技術と品質保証技術を研究し、重要な技術パラメータを取得し、系統的な安全及び環境評価技術体系を構築する。そのうえで、処分場の立地点を最終的に確認する。

その後、HLWの深地層処分場の回収可能性等について研究を実施し、実行可能性研究報告を作成する。さらに、HLW処分場の初期設計の検証を行うとともに、処分場の建設に必要な基準や品質規格、品質保証体系をまとめ、建設にかかる申請書と安全審査・評定を完成させるという手順になっている。

次の段階でHLW処分場の建設にとりかかる。この中には、処分場の施工設計や施工技術の研究、HLWの受け入れ期間中の運営管理研究、処分場の閉鎖及び監視・防護計画の研究・立案、処分場閉鎖計画の予備的実行可能性研究と安全及び環境評価報告の作成が含まれ、最終的に処分場の正式操業にかかる申請書と安全審査・評定書が作成される。

同指針では、「第11次5ヵ年」期（2006～2010年）の主な任務と研究内容も定めている。まず過去20年間の地層処分研究を総括する。次に、研究開発プラットフォームを構築する。具体的には、「第11次5ヵ年」期が終了する2010年までに、「処分戦略・法規の研究開発」、「処分プロジェクトの研究開発」、「処分地質の研究開発」、「処分化学の研究開発」、「処分環境安全評価の研究開発」のプラットフォームを構築することを求めている。各プラットフォームは、1つ以上の機関によって構成される。

また、甘粛省の北山地区（旧井、野馬泉、向陽山－新場）における予備評価研究を重点的に進めるとともに、地表及び地下での探査を強化し、水文地質と重要な構造事象の研究を拡大したうえで、初期評価報告を完成させるとしている。北山地区以外にも、1～2ヵ所の候補地点を選定し、初期評価報告を提出することも盛り込まれた。

同指針は、「第11次5ヵ年」期の目標を以下のように掲げている。

- 中国の国情に適したHLW 深地層処分発展戦略を提示する。
- HLW 処分に関連した法規・基準体系を構築する。
- ガラス固化体の性能基準を作成し、HLW 処分場の立地点選定基準を制定・改定する。
- HLW 地層処分研究開発計画と関連のネットワークを完成させる。
- 各国の立法、審査・管理、執行、実施、諮問、監督、資金等の管理の枠組みを調査、研究し、案を提示する。
- HLW 地層処分路線とその他の技術路線の比較研究を行う。

このうち、HLW 処理・処分にに関するその他の技術路線に関して、分離・消滅処理や長期的な中間貯蔵研究が行われた。同指針は、技術的な実行可能性や安全面でのリスク、不確実性、社会経済的な便益、技術の準備期間等を踏まえ、地層処分、長期貯蔵、分離・消滅処理の各方法を検証する必要があるとの見解を示している。

このほか、健全な情報交換が公衆参加のメカニズムを着実に構築するとの考えから、実施主体は適切な方法によって、関連の計画やスケジュール、活動及び進展の状況を公衆に理解させる必要があるとしている。また、公衆の意見を聴取するなどして、HLW の処分研究開発活動が順調に進展することも要求した。

2007年11月に公表された「原子力発電中長期発展計画」によると、2020年以前に「高レベル放射性廃棄物最終処分場地下実験室」を建設するとともに、「高レベル放射性廃棄物最終処分計画」をまとめることになっている。なお、2012年10月に最終版が公表された「原子力安全・放射性汚染防止『第12次5ヵ年』計画及び2020年長期目標」（「核安全与放射性防治“十二五”規劃及2020年遠景目標」）（＝原子力（核）安全計画）では、2020年までに高レベル放射性廃棄物処分の地下実験室を建設することが再確認されている。中国核工業集团公司の孫勤董事長は2012年11月12日、深地層処分実験室を2020年に建設する意向を表明した。¹⁷⁵

2014年6月27日には高レベル放射性廃棄物のガラス固化施設の建設も正式にスタートした。2014年8月1日付『新華網』が伝えた。2014年2月に建設許可証を取得していた同施設はこのほど、基礎工事を終え最初のコンクリートを注入した。¹⁷⁶

中国核工業集团公司傘下の核工業北京地質研究院は2014年3月3日、「2013年度の高レベル放射性廃棄物処分科学研究成果驗収会」を開催した。同研究院は、2013年に高レベル放射性廃棄物に関連した5件のプロジェクトを実施した。この中には、高レベル放射性廃棄物の地層処分場のスクリーニングと評価、エンジニアリングバリア緩衝材料の熱・水・力・化学カップリング特性、金属腐食研究ならびに地学情報バンクの研究開発が含まれていた。こうしたプロジェクトの実施によって、予備選定地区である新疆の4地点の地下深部パラメータが取得できたほか、北山予備選定区の地学情報バンクが基本的に構築できた。¹⁷⁷

③放射性廃棄物の最小化

環境保護部は2014年10月16日、放射性汚染防止に関する法規体系整備の一環として、「原子動力プラントの放射性廃棄物の最小化」に関するドラフトを公表し、中国核工業集团公司や中国広核集団有限公司、浙江省環境保護庁をはじめとする37組織に対して意見を求めた。放射性廃棄物管理の監督や管理、指導を強化するとともに廃棄物の最小化をめざしたもので、同11月15日までに意見を提供することを要求した。¹⁷⁸

ドラフトでは、放射性廃棄物の発生量を体積ならびに放射能に関して合理的に実行できる限り低く抑えるとしたうえで、新規に建設される100万kW級の原子力発電所1基あたりの年間固体廃棄物発生量を、内陸部の原子力発電所については55 m³、沿海部の原子力発電所については50 m³という目標値を実現するとしている。

参考資料

- ¹ http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-11/19/content_9222.htm
- ² <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2014/11/11/us-china-joint-announcement-climate-change>
- ³ http://www.ndrc.gov.cn/xwzx/xwfb/201506/t20150630_710204.html
- ⁴ http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm
- ⁵ <http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11295142/n11299123/16604752.html>
- ⁶ 「周大地、2030年争取核電發電達2億千瓦」
(<http://www.china-nea.cn/html/2014-10/30729.html>)
- ⁷ 「廣東堅定推進核電建設与産業發展」
(http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2011-11/21/content_964973.htm)
- ⁸ 「广东坚定推进核电建设与产业发展」
(<http://www.gdstc.gov.cn/HTML/kjdt/gdkjdt/1266911842014481293826099035907.html>)
- ⁹ 「法国瓦卢瑞克集团实现核電管材料產品中国本土化」
(<http://www.cnn.com.cn/tabid/283/InfoID/65824/frtid/664/Default.aspx>)
- ¹⁰ 「钱智民拜会广东省长朱小丹共商在粤产业发展」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info86972.htm>)
- ¹¹ 「原子能院与国家超级计算广州中心等四方签署战略合作框架协议」
(http://www.ciae.ac.cn/newsContent.jsp?RID=855&cid_A=10)
- ¹² 「鶴山宣布取消核燃料項目」
(<http://news.sina.com.cn/o/2013-07-14/043927662262.shtml>)
- ¹³ 「中核江門項目流產 喪失核心動力」
(<http://news.bjx.com.cn/html/20130729/448569.shtml>)
- ¹⁴ 「廣東江門核燃料廠項目取消 江門反核遊行得到回應」
(http://www.guancha.cn/society/2013_07_13_157900.shtml)
- ¹⁵ 「廣東鶴山市取消核燃料加工廠項目」
(http://www.gesep.com/news/show_187_344182.html)
- ¹⁶ 「南沙八大重点招商助力转型升级」
(<http://www.gzboftc.gov.cn/article.jsp?id=2c90aa9c2f283e23012f33dba3411213>)
- ¹⁷ <http://www.tsceei.com/>
- ¹⁸ 「海盐核电关联高技术产业基地成功定名为省级高技术产业基地」
(<http://www.zjdpc.gov.cn/BrowseRssDocument.aspx?tableID=dynamicDB&recordKey=dc311a23ecb26e4681cc67887eee02cb>)
- ¹⁹ 「浙江召开《海盐核电关联产业省高技术产业基地发展规划》评审会」
(<http://news.bjx.com.cn/html/20110928/313114.shtml>)
- ²⁰ 「中国海塩県与阿海碁集团簽訂投資意向書」
(<http://www.sastind.gov.cn/n137/n13098/c309589/content.html>)
- ²¹ <http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info85338.htm>
- ²² 「全县核电关联产业蓬勃发展」
(http://www.jiaxing.gov.cn/zgjjx/mljx/jrjx/ms/hyx/201403/t20140326_359943.html)
- ²³ http://www.cnpc-hy.com/art/2013/10/28/art_3703_128039.html
- ²³ 「海盐县核电关联产业联盟章程」
(http://www.cnpc-hy.com/art/2013/10/28/art_3704_128041.html)
- ²⁴ 「海盐县核电关联产业联盟章程」
(http://www.cnpc-hy.com/art/2013/10/28/art_3704_128041.html)
- ²⁵ 「县核电办组织产业联盟企业赴福建开展产业对接活动」
(http://www.cnpc-hy.com/art/2014/12/1/art_3700_178055.html)
- ²⁶ 「嘉兴繁荣电器有限公司获中核集团的合格供应商资格」
(http://www.cnpc-hy.com/art/2014/10/20/art_3686_175578.html)
- ²⁷ http://www.sc.gov.cn/zwgk/zcwj/zfwj/cbh/201007/t20100726_995330.shtml

- ²⁸ 「成都瞄准核电主设备“产业链”」
(<http://roll.sohu.com/20110523/n308302680.shtml>)
- ²⁹ 「【报道】联盟叫响中国核电装备四川造」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab449/info87194.htm>)
- ³⁰ 「山东省关于促进核电装备制造业加快发展的指导意见」
(http://www.sd.gov.cn/art/2009/5/8/art_956_2722_2.html)
- ³¹ <http://gov.sdnews.com.cn/2011/5/4/1063434.html>
- ³² 「地震帶上の核電站安全性引人担優：乳山核電所在威海發生4.3級地震」
(<http://news.bjx.com.cn/html/20140109/485494.shtml>)
- ³³ <http://np.chinapower.com.cn/201404/09/00334.html>
- ³⁴ 「山东省海阳核电装备制造工业园区」
(<http://xinxi.haiyang.gov.cn/zhenqu/ArticleShow.asp?ArticleID=3177>)
- ³⁵ 「福建省经贸委正式公布13产业调整振兴投资重点」
(http://news.fznews.com.cn/dsxw/2009-12-9/2009129zugFtizLrq91943_2.shtml)
- ³⁶ 「福建省“十二五”能源发展专项规划」
(<http://www.fjdpc.gov.cn/show.aspx?ctlgid=376318&id=47002>)
- ³⁷ 「福建正向核電大省看齐」
(<http://news.bjx.com.cn/html/20140820/538533.shtml>)
- ³⁸ http://www.fujian.gov.cn/zwgk/zxwj/bmwj/201408/t20140828_773308.htm
- ³⁹ http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-08/19/content_8996.htm
- ⁴⁰ 「華電遼寧公司与遼寧東港签署合作開發核電項目框架協議」
(<http://www.sasac.gov.cn/n1180/n1226/n2410/n314304/5706553.html>)
- ⁴¹ 「江西设立核电产业基地 开启“千亿元产业”通道」
(http://www.jx.xinhuanet.com/news/2011-01/10/content_21820069.htm)
- ⁴² 「九江新能源(核电)装备产业推介会在京举行」
(http://www.chinaequip.gov.cn/2011-03/17/c_13783213.htm)
- ⁴³ 「安徽望江縣發文要求停建彭澤核電廠稱其評價資料造假」
(<http://industry.caijing.com.cn/2012-02-08/111664988.html>)
- ⁴⁴ 「核電爭議双城記：彭澤建設望江反對」
(<http://finance.ifeng.com/news/region/20120209/5552746.shtml>)
- ⁴⁵ 「安徽江西核電廠之爭背後：暗藏地方經濟利益鏈」
(<http://finance.sina.com.cn/chanjing/sdbd/20120211/013911356844.shtml>)
- ⁴⁶ 「彭澤核電之爭：贛皖兩省千億元投資博弈」
(<http://www.china5e.com/show.php?contentid=208377>)
- ⁴⁷ 「河北滄州核電項目信息首次公示」
(http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2014-09/01/content_1474052.htm)
- ⁴⁸ 「內陸核電建設迎曙光 中廣核斥380億貴州建核電站」
(<http://news.hexun.com/2014-07-14/166582613.html>)
- ⁴⁹ 「內蒙古“十二五”期間戰略性新興產業發展目標及重點」
(http://www.most.gov.cn/dfkj/nmg/zxdt/201203/t20120304_92961.htm)
- ⁵⁰ 「〈陝西省放射性污染防治條例〉10月起實施」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info85870.htm>)
- ⁵¹ http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201408/t20140822_623300.html
- ⁵² 「江沢民“走出去”戰略的形成及其重要意義」(中國共產黨新聞網、2008年11月10日)
- ⁵³ http://zfxgk.nea.gov.cn/auto91/201310/t20131030_1717.htm
- ⁵⁴ 「升級換代的中國“核電外交”」
(http://news.xinhuanet.com/2013-12/08/c_118467296.htm)
- ⁵⁵ 「發改委：積極推動核能高鐵項目國際合作」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info85074.htm>)

- ⁵⁶ 「中国核電技術裝備“走出去”産業連盟成立」
(http://www.gov.cn/gzdt/2014-01/27/content_2577008.htm)
- ⁵⁷ 「中国核電成立産業連盟抱团走出去」
(<http://business.sohu.com/20140129/n394395477.shtml>)
- ⁵⁸ 「核電專家張祿慶：解決核電“走出去”的當務之急」
(<http://news.hexun.com/2014-01-23/161701236.html>)
- ⁵⁹ 「李克强主持召开国务院常务会议 部署加大金融支持企业“走出去”力度 推动稳增长调结构促升级 决定进一步盘活财政存量资金 更好服务经济社会发展 确定保障和改善残疾人生活的措施 共享发展成果同奔小康生活」
(http://www.gov.cn/guowuyuan/2014-12/24/content_2796001.htm)
- ⁶⁰ 「李克强：中国装备“走出去”的附加值，超值！」
(http://www.gov.cn/xinwen/2014-12/24/content_2796068.htm)
- ⁶¹ http://www.gov.cn/guowuyuan/2015-01/28/content_2811254.htm
- ⁶² http://www.gov.cn/xinwen/2015-01/28/content_2811514.htm
- ⁶³ 「《英才》高端访谈：孙勤——哪种模式适合核工业」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info87436.htm>)
- ⁶⁴ 「核电建设国产化提速 5 股手握核心技术（名单）」
(http://stock.cnstock.com/stock/smk_gszbs/201412/3284882.htm)
- ⁶⁵ http://www.snptc.com.cn/index.php?optionid=703&auto_id=19057
- ⁶⁶ 「陸豊核電一期工程初步設計通過專家評審」
(http://www.snptc.com.cn/index.php?optionid=703&auto_id=18499)
- ⁶⁷ 「中核集团董事长：我百万千瓦级核电机组 2014 年开工」
(http://www.news365.com.cn/xwzx/kj/201211/t20121113_776536.html)
- ⁶⁸ “Westinghouse Inks Multi-party Agreement to Develop Nuclear Power in Turkey”
(<http://westinghousenuclear.com/About/News/View/ArticleId/502/Westinghouse-Inks-Multi-party-Agreement-to-Develop-Nuclear-Power-in-Turkey>)
- ⁶⁹ 「国家核电、西屋公司和土耳其发电公司签署土耳其核电项目合作备忘录」
(http://www.snptc.com.cn/index.php?optionid=703&auto_id=18664)
- ⁷⁰ “Tripartite agreement on third Turkish plant ”
(<http://www.world-nuclear-news.org/NN-Tripartite-agreement-on-third-Turkish-plant-2411147.html>)
- ⁷¹ 「王炳华、马骥调研国核电力院驻土耳其代表处」
(http://www.snptc.com.cn/index.php?optionid=703&auto_id=18676)
- ⁷² 「国核电力院加大非洲电力市场开拓力度」
(http://www.snptc.com.cn/index.php?optionid=703&auto_id=18169)
- ⁷³ 「中国核工業集团公司軍民結合自主創新不斷結碩果」
(<http://www.cnstock.com/index/gdbb/201202/1856211.htm>)
- ⁷⁴ 「中核集团自主研发三代核電輸入工程設計段階」
(<http://www.cnn.com.cn/tabid/283/InfoID/56438/frtid/618/Default.aspx>)
- ⁷⁵ 「技術路線統一未果 三大核電各走各路」
(<http://news.hexun.com/2012-04-06/140101979.html>)
- ⁷⁶ <http://www.fqxww.cn/news/fqnews/2012-09-18/42776.html>
- ⁷⁷ 「福清核電5、6号机組 ACP1000 專題會議在福清核電現場召開」
(<http://www.china-nea.cn/html/2012-08/23791.html>)
- ⁷⁸ 「ACP1000 核电技术通过国际原子能机构（IAEA）安全审查」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info87006.htm>)
- ⁷⁹ “Chinese reactor design passes safety review”
(<http://world-nuclear-news.org/NN-Chinese-reactor-design-passes-safety-review-0812145.html>)
- ⁸⁰ 「自主知識產權三代核電技術 2015 年具備建設條件」
(http://www.nea.gov.cn/2011-12/29/c_131333810.htm)
- ⁸¹ <http://www.cgnpc.com.cn/n2881959/n3066010/n5716920/index.html>
- ⁸² 「核電設備国产化率不低于 85 %」
(http://finance.ifeng.com/a/20141217/13361260_0.shtml)

- 83 「專家呼籲盡早在国内建“華龍一號”示範堆」
(<http://news.bjx.com.cn/html/20140318/497585.shtml>)
- 84 「国家能源局給予批復：“華龍一號”落地福清5、6號」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info86339.htm>)
- 85 「国家能源局批復：“華龍一號”落地中廣核防城港核電二期」
(<http://www.cgnpc.com.cn/n1302/n1303/c866047/content.html>)
- 86 「上海電氣集團參建“華龍一號”核電重大項目」
(<http://stock.sohu.com/20141218/n407074657.shtml>)
- 87 「ACP1000与ACPR1000合併為“華龍一號”」
(<http://1t.cjdbdy.net/thread-1773054-1-1.html>)
- 88 「核電出口兩條線：“華龍一號”和CAP1400」
(<http://news.bjx.com.cn/html/20131210/479058.shtml>)
- 89 「中国三代核電技術“華龍一號”完成初步設計」
(<http://finance.chinanews.com/ny/2014/01-15/5741810.shtml>)
- 90 <http://www.tmunic.com/11/8932992.html>
- 91 <http://www.cgnpc.com.cn/n1302/n1306/n575973/index.html>
- 92 「中核集團和中廣核集團合力推動核電調試水平提升」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info80941.htm>)
- 93 「我国正式推出“華龍一號”自主三代核電品牌」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info84705.htm>)
- 94 「中廣核与30家企业簽署“華龍一號”关键设备研发协议」
(<http://www.cgnpc.com.cn/n1302/n1303/c858871/content.html>)
- 95 <http://finance.china.com.cn/roll/20130309/1320496.shtml>
- 96 「世界首座模块式高温气冷堆核电站建设进展顺利」
(http://www.inet.tsinghua.edu.cn/publish/inet/4019/2014/20141106132550694234639/20141106132550694234639_.html)
- 97 「中国核建与龙岩市簽署战略合作框架协议」
(<http://www.cnecc.com/g336/s1735/t17402.aspx>)
- 98 「中国核建在瑞金籌建核電項目」
(<http://www.china-nea.cn/html/2013-10/27848.html>)
- 99 <http://www.chinergy.com.cn/NewsShow.aspx?id=521>
- 100 「江西瑞金高温气冷堆项目初可研合同签字仪式成功举行」
(<http://www.chinergy.com.cn/NewsShow.aspx?id=546>)
- 101 「清華与中国核建簽署深化高温气冷堆技術產業推广合作協議」
(http://news.tsinghua.edu.cn/publish/news/4205/2014/20140320153553119609223/20140320153553119609223_.html)
- 102 「中国核建与清華大学簽署深化高温气冷堆技術產業推广合作協議」
(<http://www.cnecc.com/g336/s1735/t14455.aspx>)
- 103 「中国小型核電站加速走向海外」
(<http://www.china-nea.cnn/html/2014-04/29255.html>)
- 104 「印度尼西亞国家原子能委员会代表团訪問核研院」
(http://www.inet.tsinghua.edu.cn/publish/inet/4019/2014/20140520135103196413541/20140520135103196413541_.html)
- 105 「张作义、吴郁龙一行赴印尼洽談高温气冷堆项目合作」
(<http://www.chinergy.com.cn/NewsShow.aspx?id=545>)
- 106 「李克强会见印尼总统佐科时强调 平等信任 相互支持 深化合作 促进中印尼和中国—东盟关系发展」
(http://www.gov.cn/guowuyuan/2014-11/09/content_2776600.htm)
- 107 「中国增加铀（ウラン）進口量」
(<http://www.moneytimes.com.cn/news/article.php?id=36000>)
- 108 “Nation plans to import more uranium”（『China Daily』、2012年3月13日）
(http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2012-03/13/content_14818316.htm)
- 109 「中国核燃料嚴重短缺 對外依存度達85%遠超国家警戒線」
(<http://military.china.com/important/11132797/20140410/18441248.html>)

第1章

中国の新型炉の研究開発の
現状と動向

第2章

原子力基礎工学研究の
現状と動向

第3章

原子力人材の育成の
現状と課題

資料編

- 110 「中国探铀（ウラン）、向秦部発掘」（『中国核工業雑誌』、2011年8月22日）
（<http://www.cnncc.com.cn/tabid/283/InfoID/55541/frtid/449/default.aspx>）
- 111 「我国铀矿钻深达2818.88米 开启深部找铀新时代」
（http://www.mlr.gov.cn/xwdt/kyxw/201307/t20130718_1242691.htm）
- 112 「国土资源部：将全力支持中核集团铀资源开发工作」
（<http://military.china.com/news/568/20140505/18483914.html>）
- 113 「中核集团与神华集团携手推进铀煤资源共采」
（<http://www.cnncc.com.cn/publish/portal0/tab664/info86242.htm>）
- 114 「我国地浸探铀新技术获得重大突破」
（http://news.ifeng.com/a/20140802/41412123_0.shtml）
- 115 「我国发现国内最大的世界级铀矿」
（<http://www.china-nea.cn/html/2012-11/24693.html>）
- 116 「我国千吨级铀矿山在建」
（<http://www.china5e.com/news/news-886809-1.html>）
- 117 「中国高校研发海水提铀新材料 被赞“核电未来”」
（<http://news.qq.com/a/20141028/045003.htm>）
- 118 「核电项目或将重启 中国不差铀（ウラン）？」
（<http://www.china5e.com/show.php?contentid=212369>）
- 119 “Nation plans to import more uranium”（『China Daily』、2012年3月13日）
（http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2012-03/13/content_14818316.htm）
- 120 「中广核世界第四大铀矿年底开工 2015年试运营」
（<http://www.china5e.com/show.php?contentid=252753>）
- 121 「中广核纳比亚湖山铀矿开采该铀资源储量世界第三」
（<http://finance.chinanews.com/ny/2014/05-09/6155209.shtml>）
- 122 「贺禹：中国核燃料铀资源能满足核电发展需要」
（http://news.xinhuanet.com/20131h/2013-03/12/c_114994445.htm）
- 123 <http://www.cnncc.com.cn/cypt/cyjs/6.htm>
- 124 <http://www.china-nea.cn/html/2015-08/33662.html>
- 125 <http://www.cnncc.com.cn/tabid/283/InfoID/88262/frtid/446/Default.aspx>
- 126 「中国铀（ウラン）浓缩事业发展50年」
（<http://np.chinapower.com.cn/article/1002/art1002708.asp>）
- 127 “China’s Nuclear Fuel Cycle”
（http://www.world-nuclear.org/info/inf63b_china_nuclearfuelcycle.html）
- 128 同上
- 129 “EURATOM Supply Agency Annual Report 2010”
- 130 「我国核工业铀浓缩技术完全实现自主化」
（<http://www.cnncc.com.cn/publish/portal0/tab664/info74590.htm>）
- 131 「中国核燃料有限公司正式注册成立」
（<http://www.cnncc.com.cn/tabid/283/InfoID/73045/frtid/446/Default.aspx>）
- 132 「中国核燃料有限公司：运行元年，开启新征程」
（<http://www.cnncc.com.cn/tabid/283/InfoID/79661/frtid/446/Default.aspx>）
- 133 「中核建中燃料元件产能跻身世界前列」
（<http://www.cnncc.com.cn/publish/portal0/tab664/info83376.htm>）
- 134 「中核南方分公司核燃料元件生产线400吨扩建技改工程开工」
（http://www.jj831.com/Article/2011/201112/2011-12-03/Article_20111203070932_86835.html）
- 135 「中核燃料元件有限公司南方分公司正式揭牌」
（<http://news.bjx.com.cn/html/20111208/328390.shtml>）
- 136 「中核集团推出2014年上半年多项目自主创新科技成果」
（<http://www.cnncc.com.cn/publish/portal0/tab664/info84122.htm>）
- 137 「科技创新：硬实力争锋」
（<http://www.cnncc.com.cn/publish/portal0/tab449/info87198.htm>）

- 138 「中核燃料元件南方公司明年将生産超千組组件」
(<http://www.cnn.com.cn/tabid/283/InfoID/63897/frtid/446/Default.aspx>)
- 139 「中核燃料北方分公司 AP1000 核電燃料元件生産線開工」
(<http://www.cnn.com.cn/tabid/283/InfoID/65297/frtid/664/Default.aspx>)
- 140 “China’s Nuclear Fuel Cycle”
(http://www.world-nuclear.org/info/inf63b_china_nuclearfuelcycle.html)
- 141 「中核北方核燃料元件有限公司」
(<http://www.btgh.com.cn/Items.aspx>)
- 142 「全球首条第三代核電燃料生産線完成設備安裝調試」
(<http://www.china-nea.cn/html/2013-11/28193.html>)
- 143 「中核包頭完成 AP1000 燃料元件首个国産骨架試制」
(<http://www.sasac.gov.cn/n1180/n1226/n2410/n314319/15902994.html>)
- 144 「中核集团 AP1000 核燃料制造技術課題通過驗収」
(<http://www.sasac.gov.cn/n1180/n1226/n2410/n314319/16072558.html>)
- 145 “Westinghouse Completes Fabrication of Fuel Assemblies For Sanmen 1”
(<http://westinghousenuclear.mediaroom.com/index.php?s=43&item=311&printable>)
- 146 「中国高温気冷堆燃料元件生産線建設取得重大進展」
(<http://military.china.com/news/568/20130719/17955354.html>)
- 147 http://www.sn-zr.com/Unit_View.asp?id=6
- 148 「国家核電与西屋合資核急海綿鉛項目生産線開始投産」
(http://www.snptc.com.cn/index.php?optionid=703&auto_id=13079)
- 149 「国核鉛業公司成功試産出我国首塊核級海綿鉛」
(http://www.snptc.com.cn/index.php?optionid=702&auto_id=16279)
- 150 「我国核燃料组件鉛合金管材制造實現新突破」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info78123.htm>)
- 151 「中国核燃料有限公司燃料元件研究設計所誕生記」
(<http://www.cnn.com.cn/tabid/283/InfoID/76220/frtid/446/Default.aspx>)
- 152 「中核北方和核物理与化学研究所籤訂戰略合作協議」
(<http://www.sastind.gov.cn/n127/n199/c287252/content.html>)
- 153 「中广核拟在哈萨克斯坦合資生産核燃料组件」
(<http://www.cgnpc.com.cn/n1302/n1303/c864614/content.html>)
- 154 “China’s Spent Nuclear Fuel Management: Current Practices and Future Strategies”
(Yun Zhou, March 2011, University of Maryland)
- 155 <http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info73314.html>
- 156 「中国啓動 200 噸級大型商用乏燃料後處理示範工程」
(<http://military.china.com/news/568/20140626/18589906.html>)
- 157 「钱智民一行拜会福建省委书记尤权」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info84273.htm>)
- 158 「中核集团乏燃料後處理步入産業化發展」
(<http://www.caea.gov.cn/n16/n1100/n1298/415445.html>)
- 159 “Nuclear Fuel Cycle Scenarios at CGNPC” (Xi Ao Min, China Nuclear Power Tech. Research Institute, CGNPC, May 19-23, 2008)
- 160 “China’s Nuclear Fuel Cycle”
(http://www.world-nuclear.org/info/inf63b_china_nuclearfuelcycle.html)
- 161 http://www.gov.cn/gongbao/content_1754121.htm
- 162 <http://house.xinmin.cn/fczz/2013/04/03/19555203.html>
- 163 「推進我国核燃料循環后端發展的思考与对策」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info77877.htm>)
- 164 「王毅輒談我国乏燃料後處理能力」
(<http://www.chinapower.com.cn/newsarticle/1210/new1210083.asp>)
- 165 <http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info94292.htm>

- ¹⁶⁶ 「国研中心研究員：我为什么不赞成重启内陆核电」
(<http://www.ceweekly.cn/2014/0804/88964.shtml>)
- ¹⁶⁷ 「中核集团推進乏燃料運輸容器研制工作」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info81242.htm>)
- ¹⁶⁸ 「我国乏燃料密集贮存系统国产化进入新阶段」
- ¹⁶⁹ 国核安発[2014]235号
(http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/haq/201410/t20141022_290448.htm)
- ¹⁷⁰ 「核設施退役和放射廢物管理研討会在京召開」
(<http://www.sastind.gov.cn/n137/n13098/c356971/content.html>)
- ¹⁷¹ 「中華人民共和國國家核安全局2009年報」
- ¹⁷² 「中華人民共和國國家核安全局2012年報」
- ¹⁷³ 環境保護部令第25号
(http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bl/201401/t20140107_266115.htm)
- ¹⁷⁴ 「中核集团改建四〇四公司放射性固体廢物庫」
(<http://www.sastind.gov.cn/n137/n13098/c323150/content.html>)
- ¹⁷⁵ 「中国重启的核电审批节奏将大大放慢」
(<http://finance.jrj.com.cn/industry/2012/11/13094414665072.shtml>)
- ¹⁷⁶ 「我国首个高放廢液处理設施開工」
(http://news.xinhuanet.com/2014-08/01/c_1111904876.htm)
- ¹⁷⁷ 「核地研院验收2013年度高放廢物地质处置科研成果」
(<http://www.cnn.com.cn/publish/portal0/tab664/info80540.htm>)
- ¹⁷⁸ http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bgth/201410/t20141024_290615.htm

あとがき

本報告書は、国立研究開発法人科学技術振興機構中国総合研究交流センターが平成27年度に日本テピア株式会社に委託した「中国の原子力分野における研究開発の現状と動向に関する調査」の成果をまとめたものである。

本報告書の作成にあたっては、本編第1章については韦悦周・広西大学教授に執筆いただいた。また第2章と第3章については中国専門家からの情報提供をもとにまとめた。

【企画・総括】

米山 春子 中国総合研究交流センター 参事役
単 谷 中国総合研究交流センター 副調査役

中国の原子力分野における研究開発の現状と動向

編 集 国立研究開発法人 科学技術振興機構
中国総合研究交流センター
〒102-8666
東京都千代田区四番町 5-3 サイエンスプラザ
Tel. 03-5214-7556 Fax. 03-5214-8445
URL: <http://www.spc.jst.go.jp>

I S B N 9 7 8 - 4 - 8 8 8 9 0 - 5 0 3 - 9
2016 Printed in Japan

中国の原子力分野における研究開発の現状と動向

平成28年3月

国立研究開発法人 科学技術振興機構 中国総合研究交流センター

ISBN 978-4-88890-503-9