

世界の原子力市場制覇に 動き出した中国

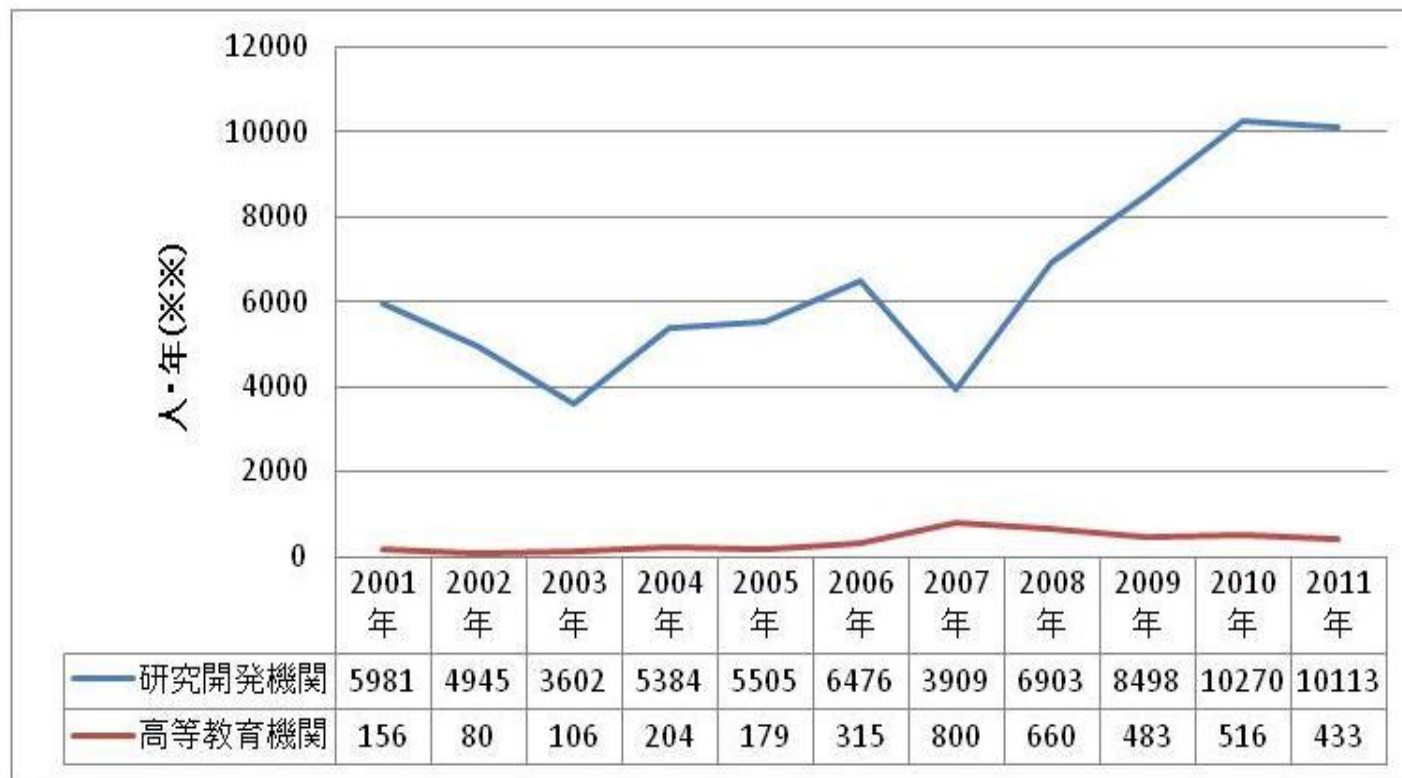
＝新型炉開発から原子力輸出まで＝

日本テピア・テピア総合研究所

窪田 秀雄

2014年3月4日

原子力科学技術分野の研究開発投入人的資源



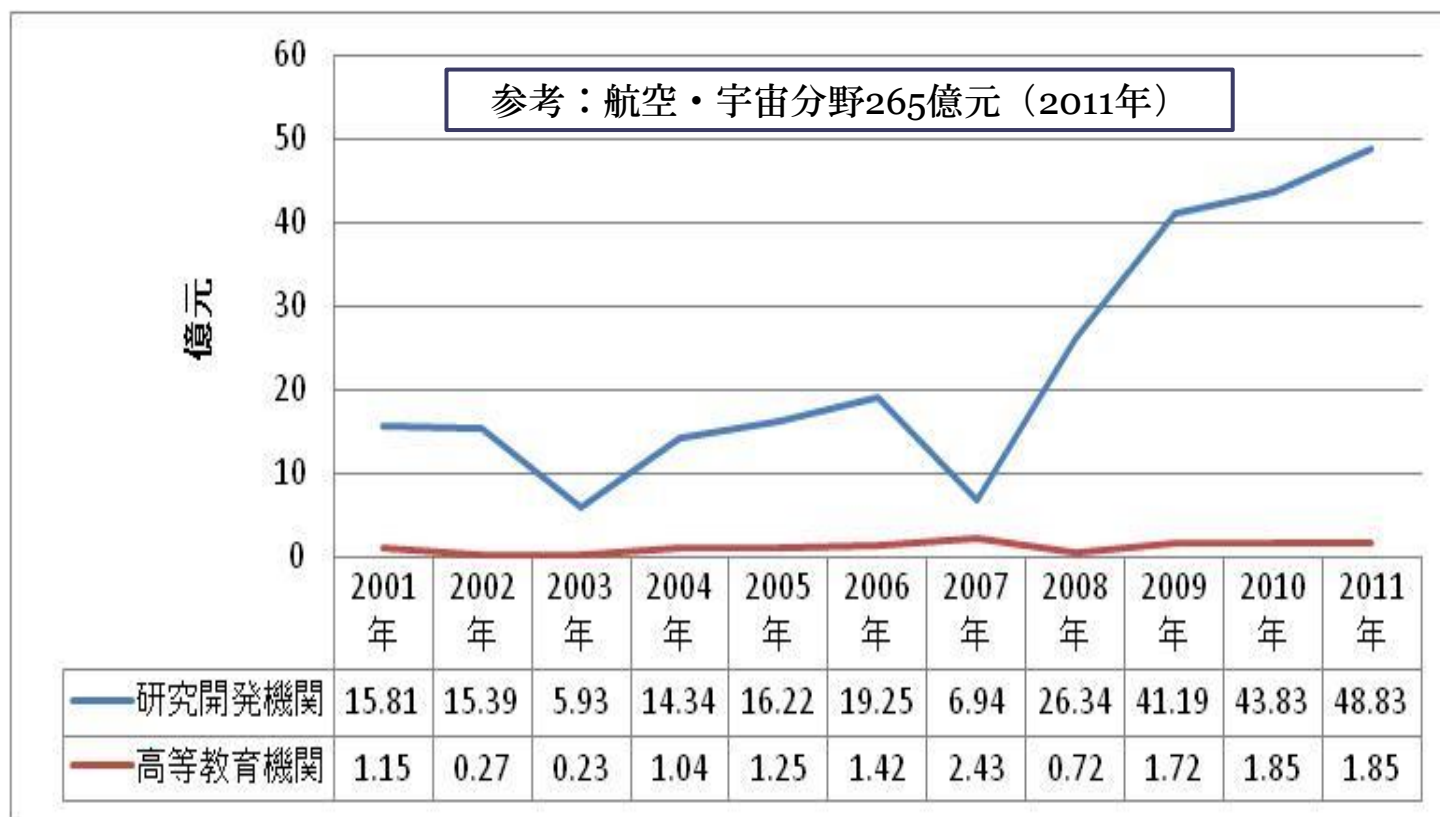
出典:「中国科技統計年鑑」をもとに作成

原子力分野と航空宇宙分野における研究開発投入人的資源



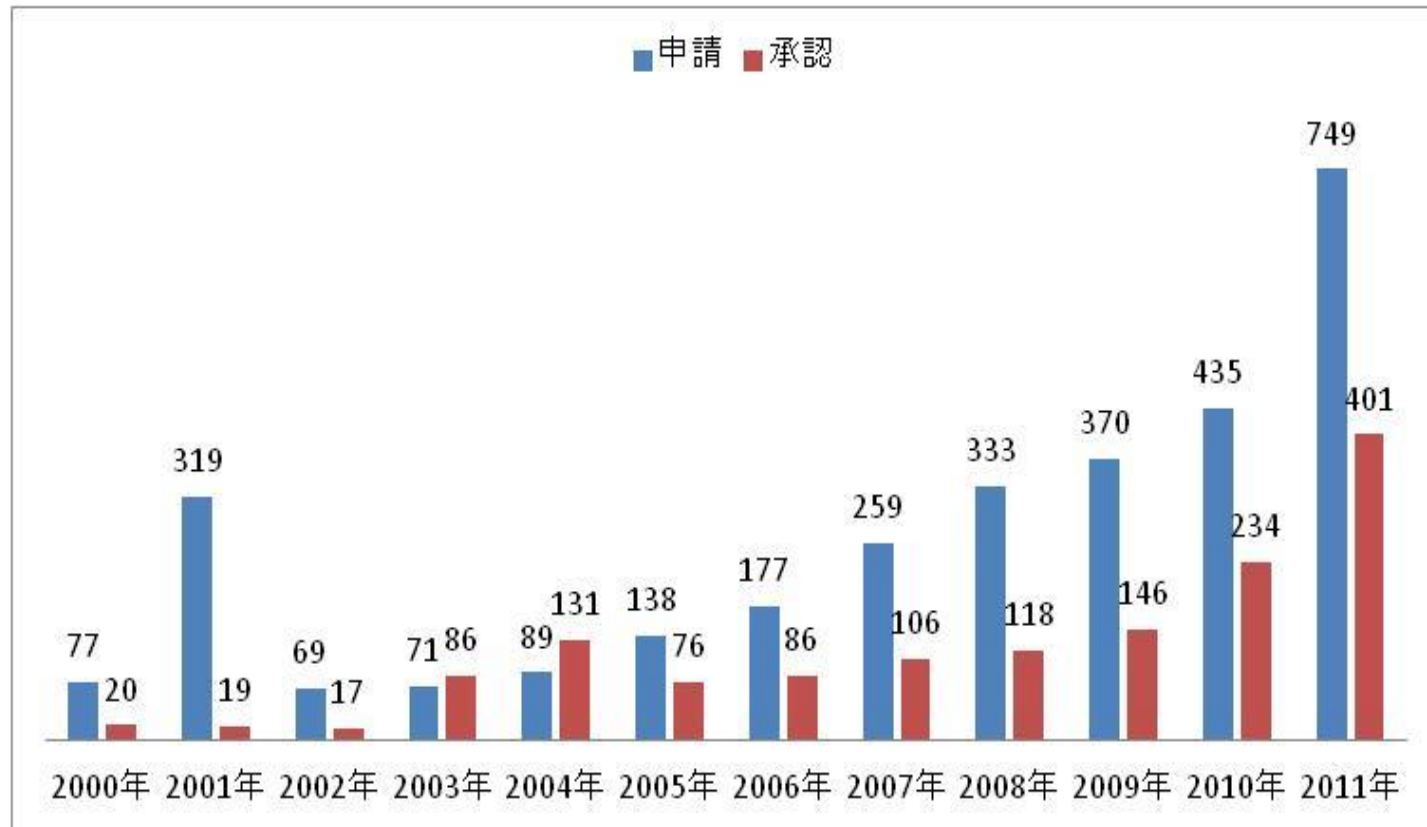
出典:「中国科技統計年鑑」をもとに作成

原子力科学技術分野の研究開発内部支出



※：労務費等を含まない、有形固定資産調達や科学研究基礎建設支出、その他の科学技術活動に利用する支出を含む。出典：「中国科技統計年鑑」をもとに作成

原子力分野（核物理・原子力工学）の 発明・実用新案特許件数



出典:「中国科技統計年鑑」をもとに作成

主要事業者の動向

- 中国核工業集団公司：2013年に続き2014年も2000人超を新規採用へ
- 国家核電技術公司：新規採用2007年の50人から08年530人、09年1200人へと拡大
- 中国広核集団有限公司：2011年から72億5000万元を科学技術イノベーションに投入（営業収入の4.5%）、国家級・集団級・傘下企業級の研究開発プラットフォームに分かれた約3000人で構成された科学技術イノベーション部隊を設立

国家ハイテク研究発展（863）計画

- 科学技術部（省）が2015年度案件を公募（2月20日）

【原子炉の高性能数値シミュレーション環境：材料性能最適化ソフトウェアシステム】

「原子炉性能の最適化、寿命延長ならびに運転面での安全性等の重要課題及び新しい原子炉の自主的なイノベーション設計等の重大な任務に的確に対応した、高性能数値シミュレーションの要求に応える、原子炉重要材料の性能最適化ソフトウェアシステムを研究開発する」

「863計画」：

中国政府自ら研究を進める計画の一つであり、ハイテク産業技術の開発を目的とした応用技術研究開発プログラム。1986年3月に実施が決定されたことから、「863計画」と呼ばれる。

中国の原子力発電開発の現状

	基数	出力(万kW)
運転中	17	1474.5 (世界6位)
建設中	31	3400 (世界1位)
計画中 (※)	225	2億3264 (世界1位)

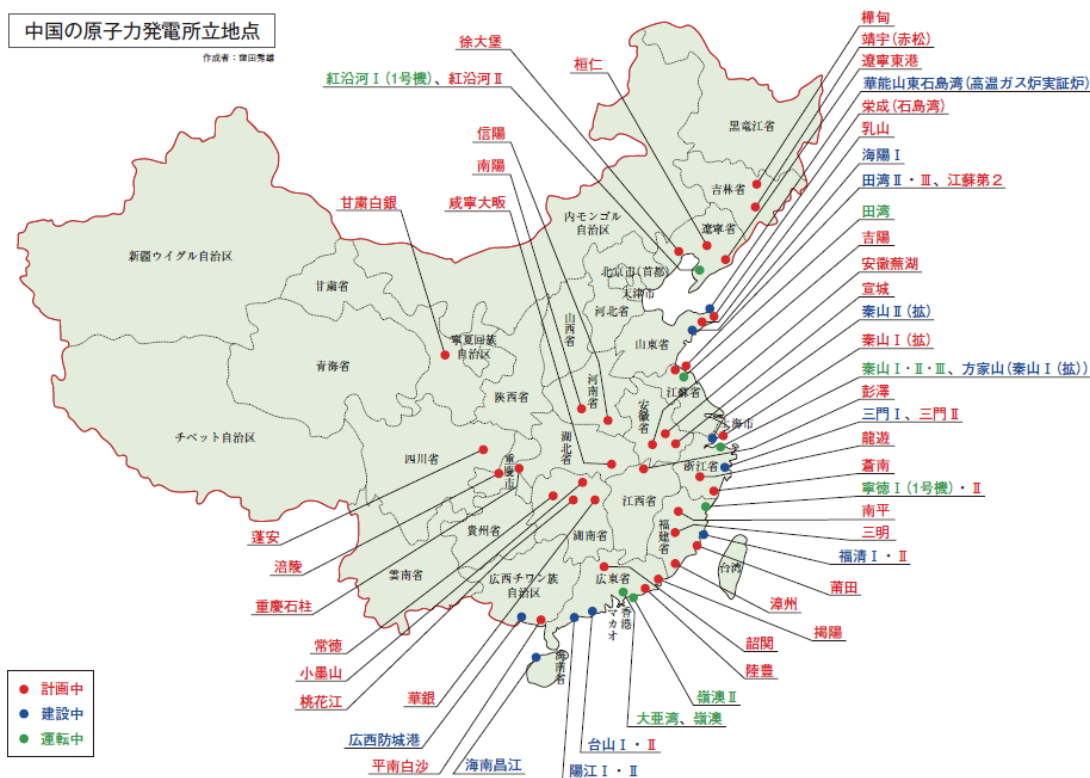
2013年12月末現在

※テピア総合研究所調べ(熱供給炉は含まず)

【参考】世界の原子力発電設備
容量: 435基・約3億7200万kW
(IAEA、14年2月現在)

中国の原子力発電所立地点

作成者: 藤田博雄



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 (0.58)	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」(中国工程院、2011年2月)

福島事故への対応

温家宝首相（当時）は2011年3月16日、国務院常務会議を召集した。会議では、国内の原子力施設に対して全面的な安全検査を実施するとともに、「原子力（核）安全規画」が承認されるまでは、原子力発電プロジェクトの審査・許可を一時中止するなどすることを決めた。

ストレステスト報告

- 「全国民生用原子力施設の総合安全検査に関する状況報告（＝ストレステスト）」（環境保護部、2012年6月15日）

以下の問題点が判明

- シビアアクシデントの予防・緩和問題
- 秦山 I 期原子力発電所の設計基準浸水位問題
- 原子力発電所に対する津波の影響の問題
- 高中性子束試験炉の耐震問題

以下の改良の実施を要求

- 全電源喪失時における原子炉と使用済み燃料プールの冷却及び事故後のモニタリング能力を確保するため移動式電源や移動ポンプ等を設置
- 水素爆発の可能性に対する評価実施と水素削減設備の改良
- 耐浸水能力の個別検査と改造
- 秦山 I 期の浸水防止策
- 大亜湾における地震による津波リスクの評価
- 地震モニタリングの強化と耐震能力の引き上げ
- シビアアクシデント時の環境モニタリング能力の改良
- 民生用核燃料サイクル施設の耐震検査ならびに補強
- その他

福島事故を受けた対策①

- 「設計基準を超える事故に対応した原子力発電安全技術研究開発計画」 (国家能源局が中核集団等に委託して実施、2012年2月)
 - ①受動的非常用電源 (大容量エネルギー貯蔵システム) と高所冷却水源システムの研究開発プロジェクト
 - ②原子力発電所のシビアアクシデント予防・緩和の研究・試験検証プロジェクト
 - ③原子力発電所の耐震能力の向上及び設計基準を超える耐震余裕分析研究プロジェクト
 - ④原子力発電所の設計基準を超える外部浸水研究及び使用済み燃料溶融事故予防・緩和措置研究プロジェクト
 - ⑤受動的格納容器発熱量放出システム・二次側受動的余熱除去システムの研究開発プロジェクト
 - ⑥シビアアクシデント時の緊急救援用ロボットの研究製造プロジェクト
 - ⑦複数の外部災害が重なって起きた状況下における危害分析及び対応措置プロジェクト (秦山発電所、大亜湾発電所)
 - ⑧シビアアクシデントのシミュレーション・プラットフォームと水素抑制装置の研究開発プロジェクト
 - ⑨設計基準を超える事故の緩和設備・システムの研究開発プロジェクト
 - ⑩原子力事故時における放射性物質のモニタリング・放射線防護研究
 - ⑪原子力事故時における放射性廃水の応急処理技術・プロセス研究

福島事故を受けた対策②

- 「福島事故後の原子力発電所の改善行動一般技術要求（試行）」（国家核安全局、2012年6月12日）
 - ①原子力発電所の浸水防止能力を改善する技術要求
 - ②緊急補助給水及び関連設備の技術要求
 - ③移動式電源及び設置の技術要求
 - ④使用済み燃料プールモニタリング技術要求
 - ⑤水素モニタリング・管理システム改善の技術要求
 - ⑥緊急管理センターの居留可能性及びその機能の技術要求
 - ⑦放射線モニタリング及び緊急改造の技術要求
 - ⑧外部自然災害対応の技術要求

各事業者の対応

- 中国核工業集团公司：
 - ・「福島改良プロジェクト」（津波を想定した防水対策）がスタート（13年5月）
- 中国広核集团有限公司：
 - ・92項目の短期・中期・長期の改善計画を策定し、短期・中期の改善策は完了
 - ・（大亜湾発電所：13年末までに17項目の改善策を実施。非常用ディーゼル車の配備、タンクの高所設置等）

福島事故後の中国の原子力発電政策

- 原子力安全・放射性汚染防止『第12次5ヵ年』規画及び2020年長期目標（＝原子力安全規画、12年10月16日）
- 原子力発電安全規画（2011－2020年）（12年10月24日、[全文は未公表](#)）
- 原子力発電中長期発展規画（2011－2020年）（[同](#)）

原子力安全規画①

- 原子力安全規制能力が原子力発電開発のスピードに見合っていない
- 新規原子力発電所：炉心損傷確率を炉年あたり10万分の1より低くするとともに、大量の放射性物質が放出される事象の確率を炉年あたり100万分の1より低くする
- 9項目の「重点任務」、5項目の「重点プロジェクト」、8項目の「保障措置」をリストアップ

原子力安全規画②

- 【重点任務】

- 深層防護の強化
- 研究炉と核燃料サイクル施設の安全課題の整理・改善・解消
- 安全管理の厳格化と原子力技術利用の規範化
- ウラン鉱の製錬・処理の強化と環境安全の保障
- 老朽施設の廃止措置と廃棄物の管理の加速
- 品質保証の強化と設備の信頼性向上
- 科学技術の進歩による継続的な安全性向上
- 緊急対応システムの完璧化による突発的な事象への対応
- 基礎能力の充実と監督管理水準の引き上げ

原子力安全規画③

- 【重点プロジェクト】
 - 原子力安全改善プロジェクト
 - 放射能汚染管理プロジェクト
 - 科学技術研究開発イノベーションプロジェクト
 - 事故緊急対応保障プロジェクト
 - 監督管理能力の構築プロジェクト

原子力安全規画④

- 【保障措置】
 - 法規・基準の健全化と安全基盤の確立
 - 管理メカニズムの最適化と取り締まり効率の向上
 - 政策制度の完璧化と脆弱な部分の補足
 - 安全文化の醸成と責任意識の向上
 - 人材養成の加速と均衡のとれた流動の促進
 - 国際協力の強化と先進的な経験の吸収
 - 公衆の参加拡大と社会的信頼の改善
 - 経費の投入拡大と実際に即した資金保障

原子力発電安全規画と中長期規画

- 福島事故後凍結されていた原子力発電所の建設を再開
- 「第12次5カ年」期間中（2011～15年）には内陸部の原子力発電所には着工しない
- 新規に建設される原子力発電所については、世界でも最高の安全を要求し、第3世代炉の安全基準に適合しなければならない

原子力発電開発見通し

- 2015年の原子力発電設備容量4000万kW、建設中1800万kW（「エネルギー発展『第12次5カ年』規画」、国務院、2013年1月公表＝拘束力を持った目標ではない）
- 2014年の稼働見通し：864万kW（「2014年エネルギー工作指導意見」、国家能源局、2014年1月）
- 2020年の原子力発電設備容量5800万kW、建設中3000万kW程度（趙志祥・全人代環境・資源保護委員会委員）

国家エネルギー科学技術『第12次5カ年』規画（先進的原子力発電）

- 国家能源局が2011年12月5日通知
 - ・先進的加圧水型炉(PWR) (2011～2020年)
 - ・高温ガス炉技術(2011～2015年)
 - ・高速炉発電技術(2011～2020年)
 - ・モジュール式多目的小型炉技術(2011～2013年)
 - ・先進核燃料要素技術(2011～2020年)
 - ・使用済み燃料の再処理技術(2011～2020年)
 - ・PWR基幹設備(2011～2019年)
 - ・高速炉実証炉の基幹設備(2011～2020年)
 - ・使用済み燃料再処理基幹設備(2011～2020年)
 - ・知的財産権を有する先進PWRの実証プロジェクト(2013～2017年)
 - ・高温ガス炉実証プロジェクト(2011～2014年)
 - ・高速炉実証炉(2011～2018年)
 - ・大型再処理実証プラント(2013～2020年)
 - ・原子力級材料・設備の研究開発プラットフォーム
 - ・先進的原子炉技術研究開発プラットフォーム
 - ・先進核燃料要素研究開発プラットフォーム
 - ・原子力発電プロジェクト建設技術研究開発プラットフォーム
 - ・原子力発電所計装制御システム研究開発プラットフォーム
 - ・原子力発電所の経年化評価・管理技術研究開発プラットフォーム

先進的原子力発電

- 高温ガス炉技術（超高温ガス炉技術、ガスタービン発電技術）
- 先進核燃料要素技術（高速炉用・PWR用MOX燃料炉心設計）
- 使用済み燃料の再処理技術（高レベル廃棄物地層処分安全技術、群分離消滅処理技術）
- 使用済み燃料再処理基幹設備（使用済み燃料輸送容器）
- 大型再処理実証プラント（立地点の比較選定）

原子力発電所の卸売ベンチマーク価格

- 国家発展改革委員会が2013年6月に公表
- 新規に建設される原子力発電所の卸売価格：ベンチマーク価格として0.43元/kWh (平均卸売価格を0.02~0.04元程度上回る)
- 定期的に調整

(大亜湾：0.414元/kWh、嶺澳：0.429元/kWh、秦山Ⅱ期：0.39元/kWh)

中国の新型炉開発

(PWR、SMR、高速増殖炉、高温ガス炉、トリウム溶融塩炉、進行波炉)

第2世代炉と第3世代炉の特性比較

特性	第2世代炉	第3世代炉	
		EPR	AP1000
炉心損傷確率	～ 10^{-4} /炉年	$<1 \times 10^{-5}$ /炉年	5.09×10^{-7} /炉年
大量の放射性物質が放出される確率	～ 10^{-5} /炉年	$<1 \times 10^{-6}$ /炉年	5.92×10^{-8} /炉年
事故時に運転員が関与しなくても良い時間	10～30分間	30分間	72時間
設計寿命	30～40年	60年	60年
燃料交換サイクル	12ヵ月	18～24ヵ月	18～24ヵ月
年間利用率	約80%	87%以上	93%以上
制御システム	アナログ/一部デジタル	全デジタル	全デジタル
施工技術	在来の施工技術	モジュール化	モジュール化

中国の第3世代PWR (AP1000をベースにしたCAP炉)

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 (°C)	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

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

原子力事業者の第3世代PWR

	ACP1000	ACPR1000+	CAP1400
	中国核工業集团公司	広核集团有限公司	国家核電技術公司
単機出力 (万kW)	110	115	140
設計寿命 (年)	60	60	60
運転サイクル(月)	18	18	18
主な特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・受動的及び能動的設計 ・二重格納容器 ・大型商用航空機耐衝突性 ・移動電源と多様電源の配置 	<ul style="list-style-type: none"> ・14ft燃料集合体 ・二重格納容器 ・航空機耐衝突性 ・外部爆発衝撃波耐性 ・非常用ディーゼル発電機3台等 	<ul style="list-style-type: none"> ・大型商用航空機耐衝突性 ・超大型構造モジュール最適設計 ・耐震性強化 ・浸水等の自然災害予防能力

中国 3 大事業者の炉型戦略

事業者	第2世代	第2世代改良型	第3世代
国家核電技術公司			(AP/CAP1000) CAP1400 CAP1700
中国核工業集团公司	<u>CNP300</u> <u>CNP600</u> <u>輸入炉</u>	<u>CNP1000</u> (※1) <u>CP1000</u> (※2)	ACP100 ACP300 ACP600 ACP1000
広核集团有限公司	<u>輸入炉</u>	<u>CPR1000</u> (※1) <u>ACPR1000</u> (※3)	ACPR1000+ CPR1700 (EPR)

※1: フランスのM310をベースに中国が開発(知的財産権はフランスが所有)

※2: 第3世代水準(知的財産権は中国が所有)

※3: 第3世代炉の技術的特性を保有

アンダーラインの炉型は運転中

第3世代PWRの最近の動き

- 米ウェスチングハウス社と国家核電技術会社がJV（国核維科核電技術サービス(北京)有限公司)設立(2013年5月)
 - ★JVから免許を受けた企業(国内外)だけが、中国国内で建設される「AP1000」向けに機器・設備を供給できる
 - ★外国で建設される「AP1000」に対しては、JVから免許を受けた中国企業が機器・設備を供給できる
 - (現在は、国家核電技術公司のみがAP/CAP炉の合格サプライヤーを認定)
- 中国核工業集团公司(「ACP1000」と広核集団有限公司(「ACPR1000+」)が第3世代炉を共同開発＝「華龍一号」(初期設計が完成、広核集団が14年1月公表)

モジュール方式多目的小型炉 (SMR)

	CAP150	CAP-FNPP	ACP100	ACPR100	ACPR50S
原子炉タイプ	PWR	PWR	PWR	-	-
熱出力 (MW)	450	200	310	-	-
電気出力 (MW)	~150	~40	~100	-	-
原子炉冷却系 圧力 (MPa)	13	15.5	~15	-	-
燃料集合体数	69	57	57	-	-
燃料交換サイ クル (年)	3	5	2	-	-
炉心直径(m)	2.06	2.04	-	-	-
炉心高さ(m)	2.9	2	-	-	-
蒸気発生器	U字管	U字管	貫流式	-	-
開発事業者	国家核電	国家核電	中核集団	広核集団	広核集団

SMRの建設プロジェクト①

- 中核新能源有限公司（中核集団）、江西省寧都県と「ACP100」建設で協力意向書（2011年）
- 同公司、福建省・漳州市政府と協力協定（2011年、古雷石油化学産業パークに50億元をかけて2基のモジュールを建設し、電力・熱の供給に加えて、海水淡水化に利用）
- 同公司、甘肅省・蘭州市政府と協力し40億元をかけ「ACP100」2基で熱供給プラントを建設へ
- 中核集団、米B&W mPower社とSMR分野協力で一致

SMR建設プロジェクト②

- 中核能源科技有限公司（中国核工業建設集団公司、清華大学、広核集団が共同出資）＋中電投吉林核電有限公司、吉林省白山市で200MWの低温核熱供給炉を40億元投じて2基建設へ
- 中核能源科技有限公司の低温核熱技術：「一体化容器式核熱供給技術」
 - NHR200-I型（都市の熱供給用）
 - NHR200-II型

中国における高温ガス炉（HTGR）の位置付け

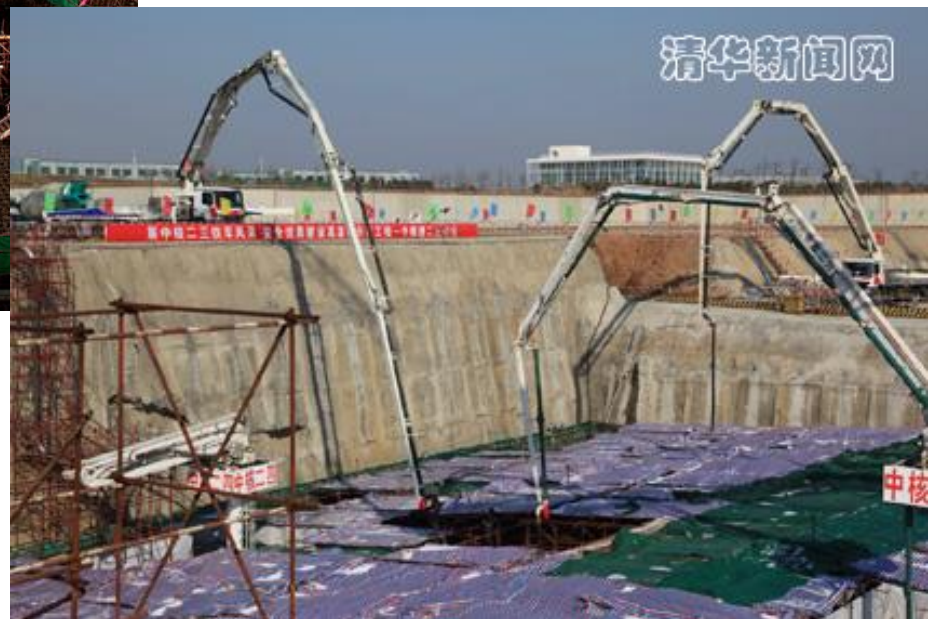
- 国家重大特別プロジェクト(全16件)の1つに指定(国家中長期科学技術発展規画綱要=2006年2月に国務院公表、大型先進PWRの開発も指定)
- 「すでに建設された10MWの実験炉(HTR-10)を基礎として、一層の自主的な研究開発により、出力200MWのHTGR実証炉を建設し、中国が独自に知的財産権を持つモジュール方式のHTGR技術の産業化を実現し、中国のHTGR技術を世界のトップ水準に維持する」(原子力工業『第11次5ヵ年』規画=2006年8月に国防科学技術工業委員会公表)
- 「HTGRを自主的に研究、開発し、技術研究の進展状況に基づいて、試験あるいは実証プロジェクトの建設を適時行う」(原子力発電中長期発展規画(2005-2020年)=2007年11月に国家発展改革委員会が公表)

HTGR実証炉に着工

(山東省栄成市：2012年12月9日。2017年完成予定)



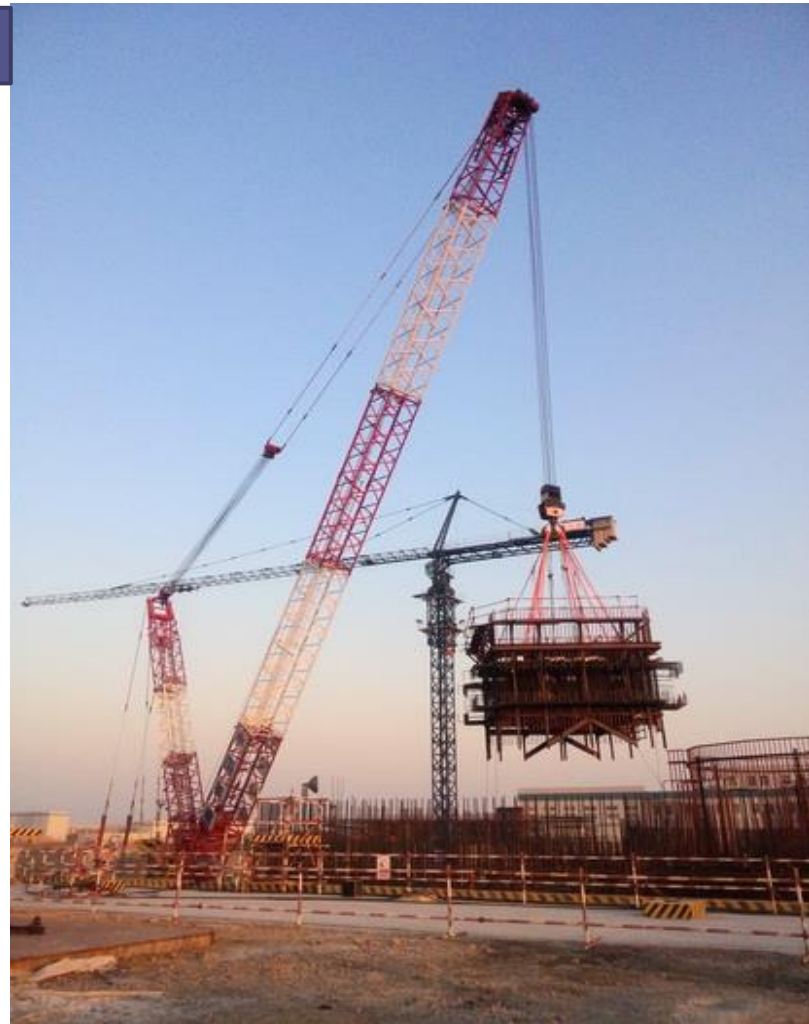
出典: 華能山東石島湾核電有限公司ホームページ



出典: 清华大学ホームページから

2013年12月

2013年6月



出典: <http://www.hsnpc.com.cn/Showshadow.aspx?Nid=33>

HTGR実証炉プロジェクト



出典:「高温気冷堆及其核安全特点」(孫玉良・清華大学核能与新能源技術研究院、「中日核電安全与技術研討会、2011年6月28日」)

実証炉プロジェクトの経緯

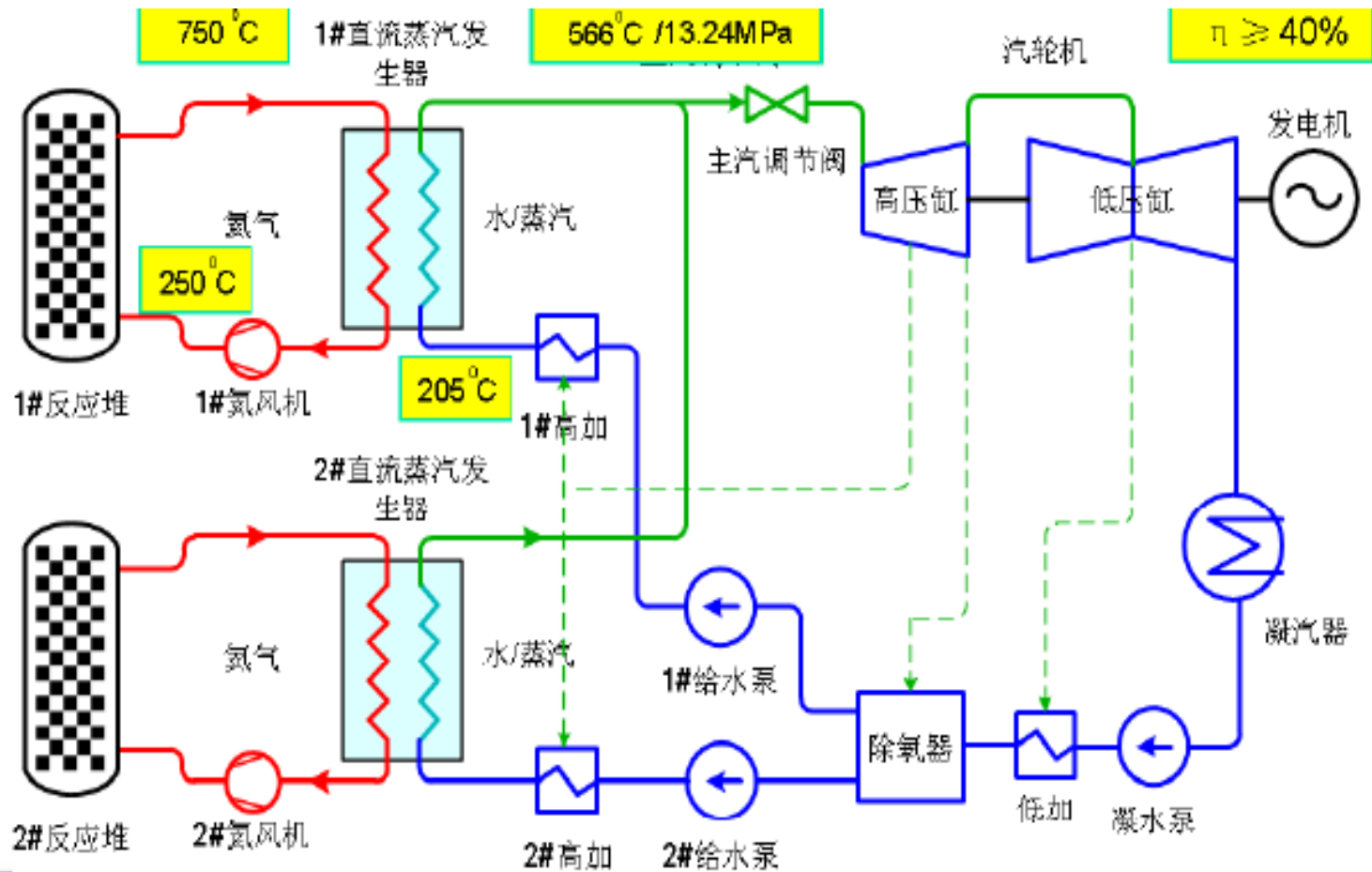
- 2004年4月：中国華能集团公司、中国核工業建設集团公司、清華大学が国家發展改革委員会に対してHTGR実証炉プロジェクトの建議書提出
- 2004年8月：国家發展改革委員会、実証炉プロジェクトの「前期工作」に原則同意
- 2006年2月：実証炉プロジェクトが「国家中長期科学技術發展規画」の国家科学技術重大プロジェクトに指定
- 2006年6月：国務院が「大型先進PWR及び高温ガス炉重大特別プロジェクト指導グループ」を設置
- 2007年1月：華能山東石島湾核電有限公司（中国華能集团公司47.5%、中国核工業建設集团公司32.5%、清華大学20%）設立
- 2008年2月：国務院常務会議、「高温ガス炉原子力発電所重大特別プロジェクト全体実施プラン」を承認、実証炉プロジェクトが正式に実施段階に

実証炉プロジェクトの実施機関

- 清華大学: 技術研究開発
- 華能山東石島湾核電有限公司: 発電所の建設・運転
- 中核能源科技有限公司: エンジニアリング

(2003年8月、中国核工業建設集団公司と清華控股有限公司(清華大学)の共同出資によって設立。2007年12月、広東核電集団有限公司(現中国広核集団)が出資。低温核熱供給とHTGR技術の応用産業化が主業務)

高温ガス炉実証炉のプロセス



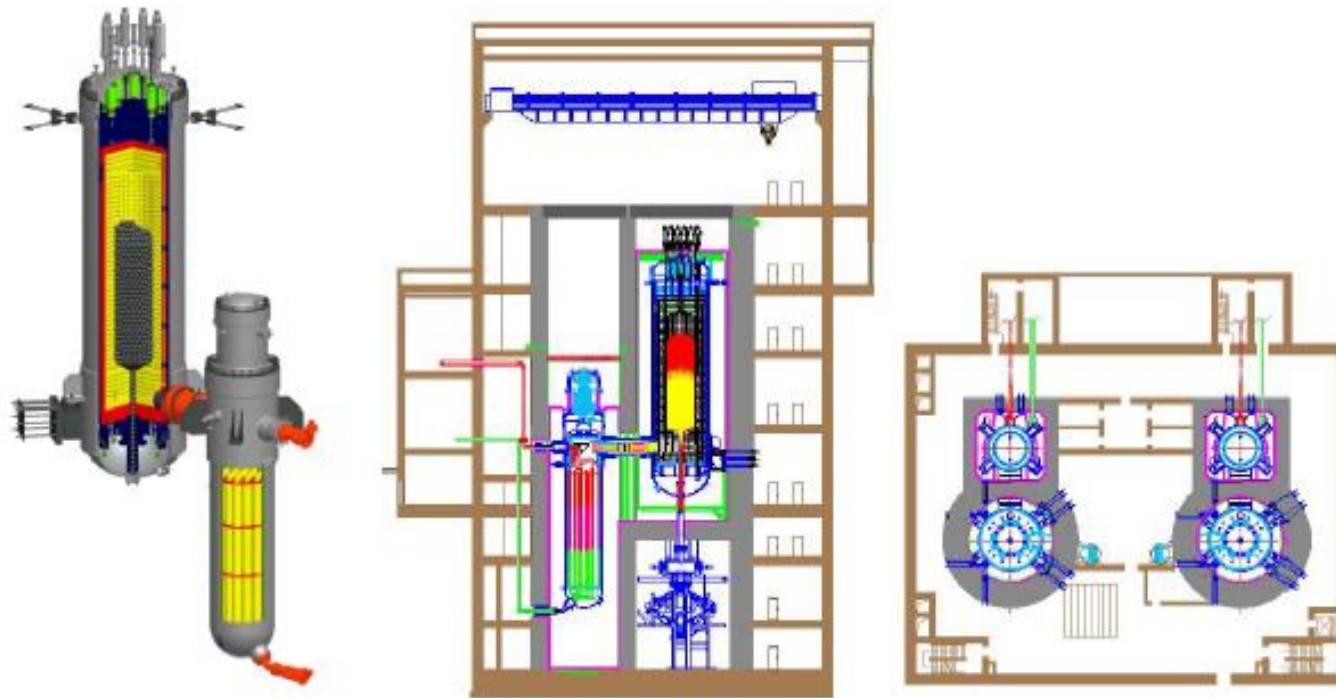
出典：「高温気冷堆及其核安全特点」(孫玉良・清華大学核能与新能源技術研究院、
「中日核電安全与技術研討会2011年6月28日」)

高温ガス炉実証炉の設計パラメータ

Plant electrical power, MWe	211
Core thermal power, MW	250
Number of NSSS Modules	2
Core diameter, m	3
Core height, m	11
Primary helium pressure, MPa	7
Core outlet temperature, ℃	750
Core inlet temperature, ℃	250
Fuel enrichment, %	8.9
Steam pressure, MPa	13.25
Steam temperature, ℃	567

出典:「高温気冷堆及其核安全特点」(孫玉良・清華大学核能与新能源技術研究院、「中日核電安全与技術研討会2011年6月28日」)

高温ガス炉実証炉のNSSSモジュール



出典:「高温気冷堆及其核安全特点」(孫玉良・清華大学核能与新能源技術研究院、「中日核電安全与技術研討会、2011年6月28日」)

60万kW・HTGRプロジェクトが始動

- 王寿君・中国核工業建設集团公司総経理が言明(2013年3月8日)。
- 「HTGRの出力は10～100万kWの規模が考えられるが、今後60万kWの組み合わせが標準になる。**立地点は近く公表**」(王氏)
- 「HTGR使った電熱併給を積極的に進める。540°Cの高温蒸気を石油化学や石炭化学、海水淡水化等に利用する。60万kWの電熱併給HTGRを建設する」(同集団)

福建省・莆田（ほでん）市にHTGR建設



- 中国核工業建設集団公司と福建省・莆田市が戦略協力枠組み協定締結(5月11日)
- 莆田原子力発電建設準備事務所を設立
- (莆田市では、中国核工業集団公司が多目的小型モジュール炉「ACP100」(PWR、10万kW)の実証炉建設を計画。2015年着工予定)



江西省瑞金市でも建設計画

- 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政府が戦略協力枠組み協定を締結（13年10月9日）
- 瑞金原子力発電準備事務所を設立
- HTGR発電所と関連のプラント産業基地を建設

HTGR設備産業化協力協定

- 清華大学と上海電気集団が締結(2013年6月7日)

HTGR原子炉設備の産業化を共同で推進し、HTGR技術の普及・応用をはかる



出典:清華大学ホームページ

実証炉向け燃料製造ラインに着工

- 内モンゴル包頭市(中核北方核燃料元件有限公司)で定礎式(2013年3月16日)
- 国家核安全局が2月に建設許可証発給
- 2015年8月に完成予定(年産2.1トンU=球形燃料要素30万個)



出典: 清华大学ホームページ

原子力用黒鉛の製造

- 遼寧省で年産10万トン規模の工場建設にスタート（2012年4月）
- 方大集団と清華大学が成都（四川省）に原子力用黒鉛研究開発生産基地建設で合意（2013年2月）

HTGRの輸出視野に国が後押し

- 劉延東・副総理

「政府、産業界、研究機関、学界の協力を強化し、原子力発電科学技術重大プロジェクトであるHTGR実証炉の建設を着実、積極的に進める必要がある」（2013年1月13日）

高速増殖炉（実証炉＋商用炉）

- 国産の実証炉「CFR600」（電気出力60万kW）
2014年2月：概念設計
2015年12月：予備設計
2017年12月：詳細設計
2023年12月：運転開始

（2013年11月に技術実行可能性評価が専門家の審査をパス）

- 商用炉「CFR1000」（電気出力100万kW）：提案段階、
2030年商業運転開始

高速炉実証炉「CFR600」

燃料出力 (MW)	~1500
電気出力 (MW)	600
効率	~41%
設計稼働率	80%
燃料	MOX
燃焼度 (最大、MWd/kg)	100
増殖比	1.2

出典：Fast Reactor Development Strategy in China

福建省・三明市のFBR実証炉

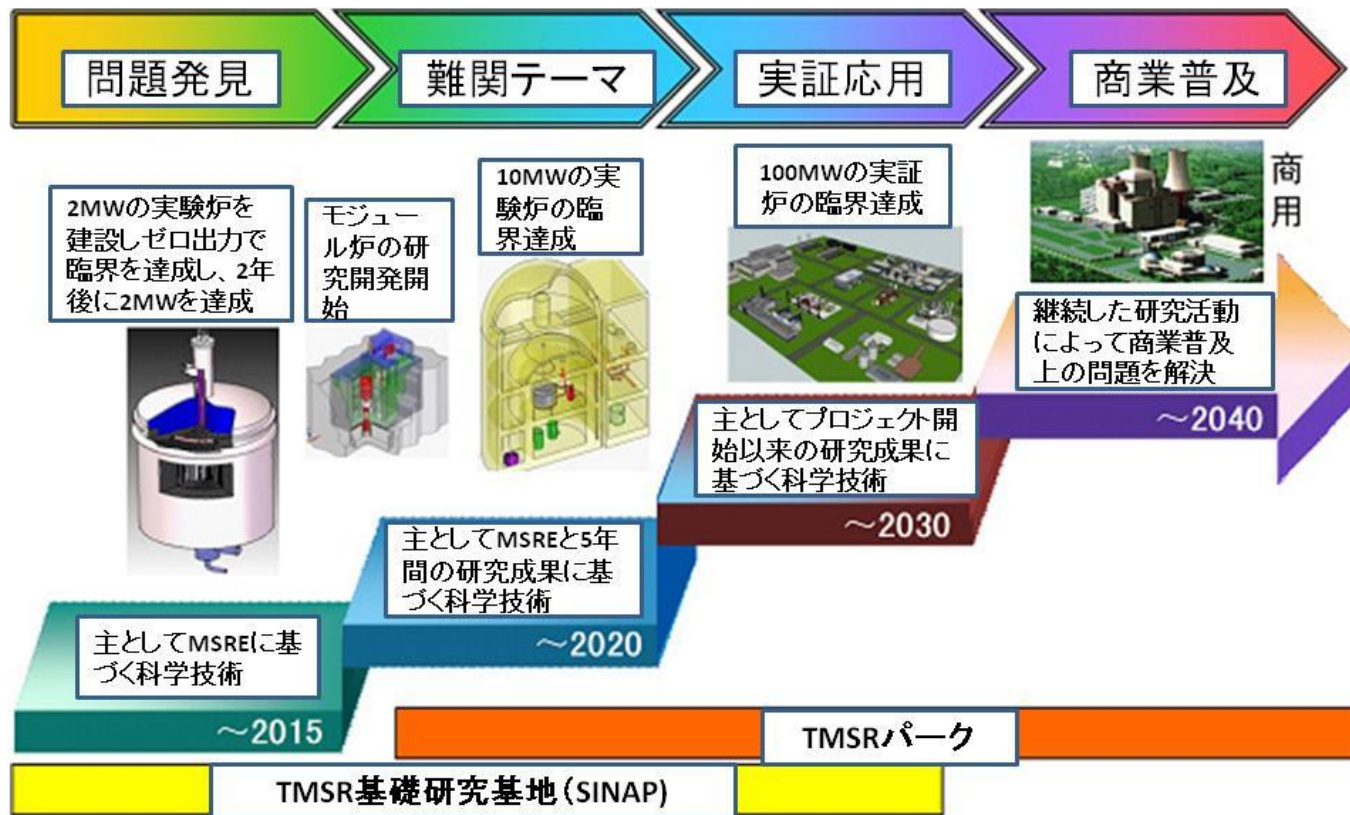


出典：Fast Reactor Development Strategy
in China

トリウム熔融塩炉

- 中国科学院が2011年1月に正式承認
- 中心人物は江綿恒・中国科学院副院長・上海分院院長
- 中核北方核燃料元件有限公司と中国科学院上海応用物理研究所が熔融塩炉燃料の研究・製造で協力協定（2013年6月）
- 方大炭素と上海応用物理研究所が熔融塩炉向け黒鉛の研究開発協力協定（2013年11月）＝「熔融塩炉国産原子力黒鉛研究開発センター」を設立へ）

中国科学院の溶融塩炉開発スケジュール

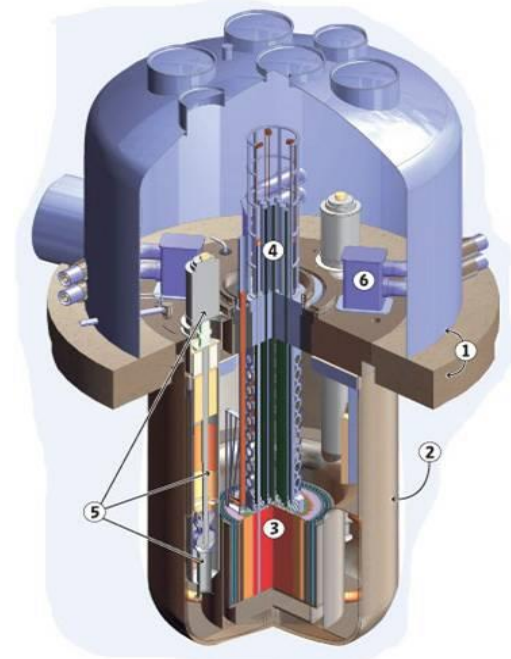


出典:「戦略性先導科技専項“未来先進核裂変能—トリウム基熔塩堆核能系統”啓動」(2011年1月28日、中国科学院上海応用物理研究所発表)

進行波炉（行波堆）（Travelling Wave Reactor)

- 国家能源局に「進行波炉弁公室」を設置
- 広核集団有限公司が教育部直属の国家重点大学であるアモイ大学と進行波炉の共同研究開発で戦略協力協定（2011年2月）
- 中核集団が米原子力ベンチャー「テラパワー」との間で進行波炉の共同開発交渉（2011年12月）

- アモイ大学の進行波炉



原子力産業

国産化と国際展開

戦略的新興産業に関する国務院決定

(2010年10月)

- 「企業を主体として産・学・研の連携を深め、国際協力にも積極的に参加し、消化・吸収・再イノベーションを強化する」
- 原子力発電技術産業
 - 原子力発電の安全、使用済み燃料の再処理ならびに廃棄物処分等の技術研究を強化するとともに、安全確保を前提として、稼働中の第2世代原子力発電所の安全運転技術及び長寿命化技術の開発を進める。また、第3世代原子力発電技術の消化・吸収・再イノベーションを加速し、第3世代炉の建設を統一的に計画する。
 - 大型先進PWR及び高温ガス炉発電所の科学技術重大特別プロジェクトを実施し、実証プロジェクトを建設する。
 - 高速炉等の第4世代炉ならびに小型炉技術の研究開発を行い、適宜、実証プロジェクトをスタートさせる。
 - 原子力発電設備製造ならびに核燃料産業チェーンの発展をはかる。
 - 2015年までに、先進的な原子力発電技術を掌握するとともに、プラント設備製造能力を引き上げ、原子力発電開発の自主化を実現する。
 - 稼働中の原子力発電所の設備容量を4000万kW（2015年）に拡大し、第3世代技術を含めた国内の原子力発電設備製造能力を年間1000万kW以上で安定させる。
 - 2020年までに、国際競争力を持った100万kW級の先進的な原子力発電技術の開発、設計、設備製造能力を構築する。

国産化と製造能力の過剰①

- 原子力発電所の建設費が高騰（人件費、材料・設備価格の上昇、品質面での要求）
- 「AP1000」（中国国内）の建設単価：1940米ドル/kW(2009年) → 2300～2500米ドル/kW（「CPR1000」はkWあたり1800米ドル程度）。「EPR」、「AP1000」：6500～8000米ドル/kW、「APR1400」（韓国）、「AES2006」（ロシア）：3500～5000米ドル/kW
- 建設中の原子力発電所の国産化：原子炉部分と二次系の主要設備の国産化率は70%以上だが、大型鍛造品や中核材料、一次冷却材ポンプ、原子力安全級のバルブ、溶接材料の国産化率が低い

国産化と製造能力の過剰②

設備	企業	生産能力（基数分）		
		2009年	2010年	2011年
圧力容器	中国一重	5	5	5
	東方電気	3	5	5
	上海電気	2		4
	合計	10		14
蒸気発生器	ハルビン電気	2	5	4
	東方電気	3	4	5
	上海電気	2	3	6
	合計	7	12	15
制御棒駆動機構	ハルビン電気			2
	東方電気		4	4
	上海電気	4.5		10
	合計	4.5		16

内陸原発の主要設備を沿海プロジェクトへ

- 「（原子力発電安全規画と原子力発電中長期発展規画（2011－20年）」＝内陸部のプロジェクトを延期
- 湖南省・桃花江（AP1000）の圧力容器・蒸気発生器の鍛造品を遼寧省・徐大堡に、湖北省・咸寧大畷（AP1000）向けの主要設備を陸豊に回すことを国家核安全局が承認

原子力輸出戦略

- 「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」（国家能源局、2013年10月）
 - ・ 原子力輸出を原子力発電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
 - ・ 原子力発電輸出にかかわる組織や指導を強化
 - ・ 国有銀行による貸し付けなど、国際プロジェクトへの参加を支援
- 「中国原子力発電技術設備輸出産業連盟」を設立（中核集団、国家核電、広核集団が中心。2014年1月）

事業者の輸出戦略炉

- 中国核工業集団：ACP1000（パキスタン=2050年までに4000万kWの計画=で着工。サウジ、アルゼンチン）、ACP100（SMR）
- 中国広核集団：ACPR1000+（南アに提案。ベラルーシ、タイ、ベトナム、ウクライナ、トルコ、マレーシア、ポーランド、ブルガリアにもアプローチ）（「華龍一号」？）
- 国家核電：CAP1400（南アに提案）
- 中国核工業建設集団：HTGR

積極的な海外進出

サウジアラビアで「中国能源日」



出所：中核集団ホームページから

パキスタンで「ACP1000」着工



出典：パキスタン政府ウェブサイト

南アとの協力も着々と

- ヨハネスブルクで「中国・南ア原子力協力研究討論会」を2月、25、26日開催。中国側から国家能源局、国家核電技術公司、中国広核集团公司、南ア側からSouth African Nuclear Energy Corporation (Nesca) など100名が参加。
- 国家核電技術公司とNescaとの間で「原子力発電養成訓練協力協定」を締結(右写真)。



核燃料サイクルバックエンド

使用済み燃料、再処理

使用済み燃料の発生状況（13年6月末）

原子力発電所	ユニット	設備容量（万kW）	累積発生量（tHM）
田湾	1	106	148
	2	106	148
秦山Ⅰ期	1	31	147
秦山Ⅱ期	1	65	192
	2	65	152
	3	65	38
	4	65	20
大亜湾	1	98	421
	2	98	436
嶺澳Ⅰ期	1	99	208
	2	99	219
嶺澳Ⅱ期	3	108	68
	4	108	56

2020年までの使用済み燃料発生量 (tHM)

年	年間発生量	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：中国核工業報

再処理商業プラントとMOX利用

- 立地点（当初、甘肅省を予定）の選定が白紙に
- プルトニウムはMOX燃料としてFBRとPWRで利用
- （高レベル廃棄物処分地下実験室を2020年までに建設へ）

中国と日本

中国

- 国内で教育し、研究開発を行い企業が技術を持つことが重要
- 「大国」ではない「強国」をめざす

(中国の強い意思)

日本

- “土建大国”ではなく“おもてなしの文化大国”をめざせ
- 「原発ゼロ」、「脱原発」

(「大国」、「原発ゼロ」で思考停止＝言葉の貧困化＝難しい思考ができなくなっている)