

中国の原子力国産化と国際展開

- 1 . 中国の原子力発電の現状
- 2 . 1 2 次 5 年計画での新原子力技術開発
- 3 . 核燃料供給体制の整備
- 4 . 対外進出状況
- 5 . 中国の課題

2014年2月20日

日中科学技術交流協会

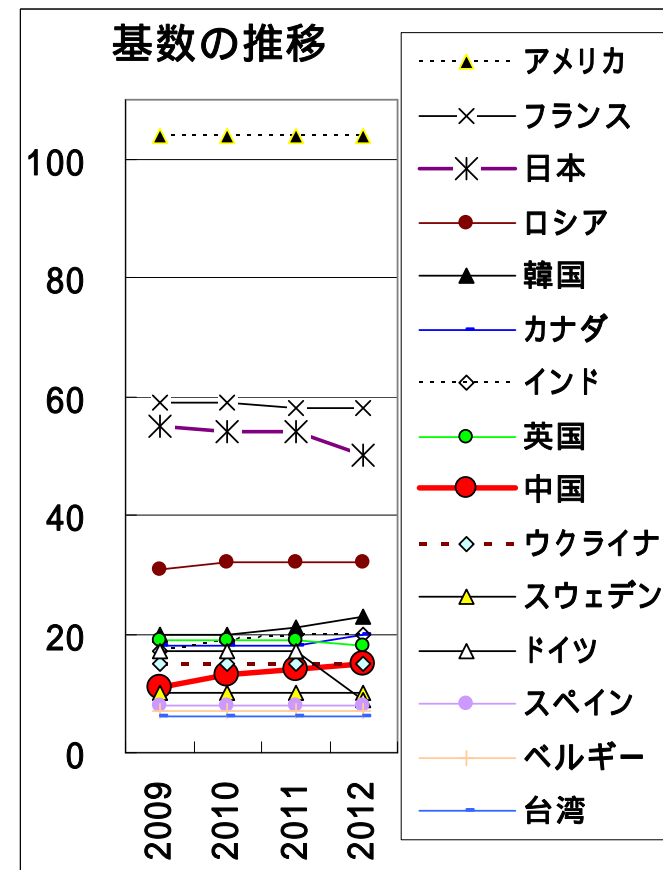
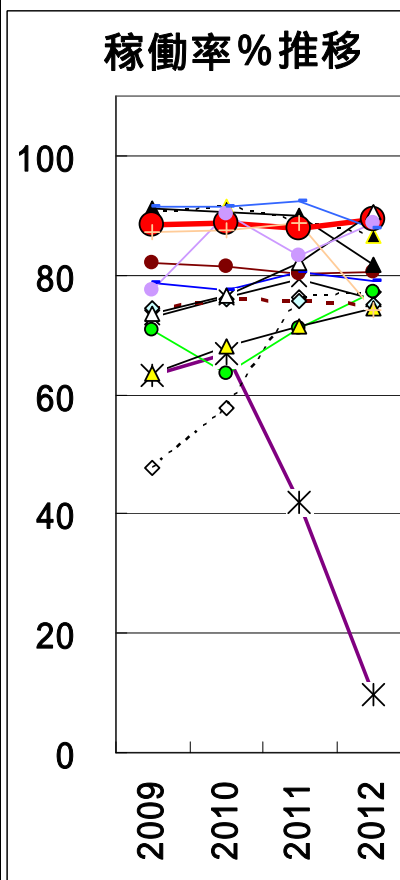
事務局長 永崎隆雄

元JAEA 北京事務所 所長

1 . 中国の原子力発電の現状

- 2012年原子力発電量 世界6位米、仏、露、韓、独に続く930億kWh
- 原子力発電稼働率と基数 : 中国は高稼働を維持している。

順	国	2009	2010	2011	2012
1	ルーマニア	94.8	93.5	94.6	92.6
2	ブラジル	80.7	83.8	95.7	92
3	フィンランド	95.2	91.9	92.8	91
4	ドイツ	73.6	76.7	82	90.5
5	スロヴァキア	86.7	87	90.6	90.4
6	中国	88.4	88.8	87.7	89.2
7	ハンガリー	87.6	88.6	88.9	89
8	スペイン	77.5	90.1	83.2	88.7
9	ブルガリア	86.7	84.3	90	88.5
10	台湾	91.5	91.4	92.4	87.7
11	オランダ	95.1	88.9	92.1	86.9
12	スロベニア	90.8	89.3	98.6	86.5
13	アメリカ	90.1	91.5	89	86.5
14	チェコ	79.6	81.6	81.8	86
15	スイス	92.2	88.6	89.5	84.8
16	パキスタン	72.5	69.7	70.3	84.3
17	韓国	91.1	90.6	90	81.6
18	ロシア	82	81.4	80.3	80.6
19	カナダ	78.7	77.6	80.4	79.1
20	南ア	74	82.9	81.3	77.4
21	インド	47.7	57.6	76.2	77.3
22	英国	70.8	63.4	71.2	77.1
23	フランス	72.9	76.4	79.3	76
24	ウクライナ	74.5	76	75.6	75.2
25	スウェデン	63.4	68.2	71.3	74.5
26	ベルギー	87.3	87.5	88.7	74.1
27	アルゼンチン	93.1	81.9	72	71.7
28	アルメニア	69.8	69.7	73.7	66.4
29	メキシコ	88.5	53.6	80	62.6
30	日本	63.3	66.9	41.8	9.8



原子力の現状と計画

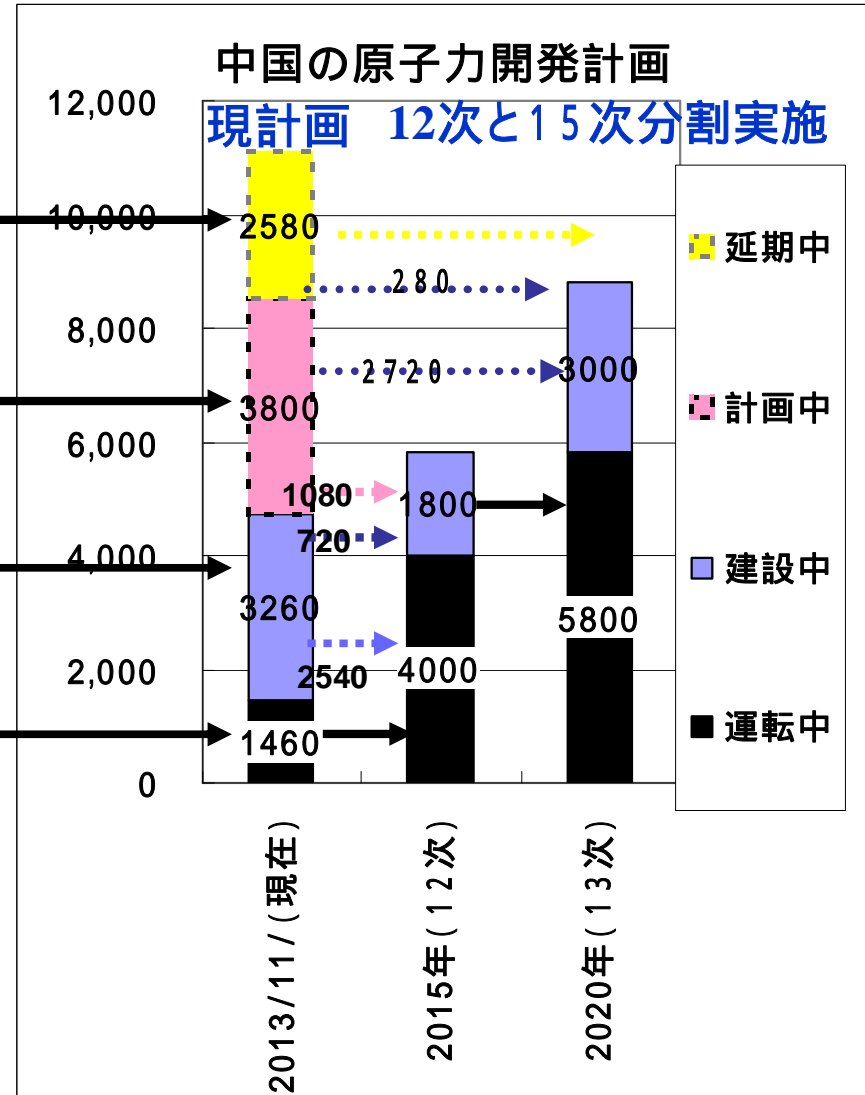
内陸計画中(2015年以降に延期)
28基 2,580万kW

•計画中 35基 3,800万kW

•建設中 30基 3,260万kW

•運転中 19基 1,460万kW
高速実験炉と高温ガス実験炉を含む
2012年全電力 114,400万kW
の1.3%

2013年11月 合計113基11,100万kW
日本の既存と建設中の54基約5,000万kW





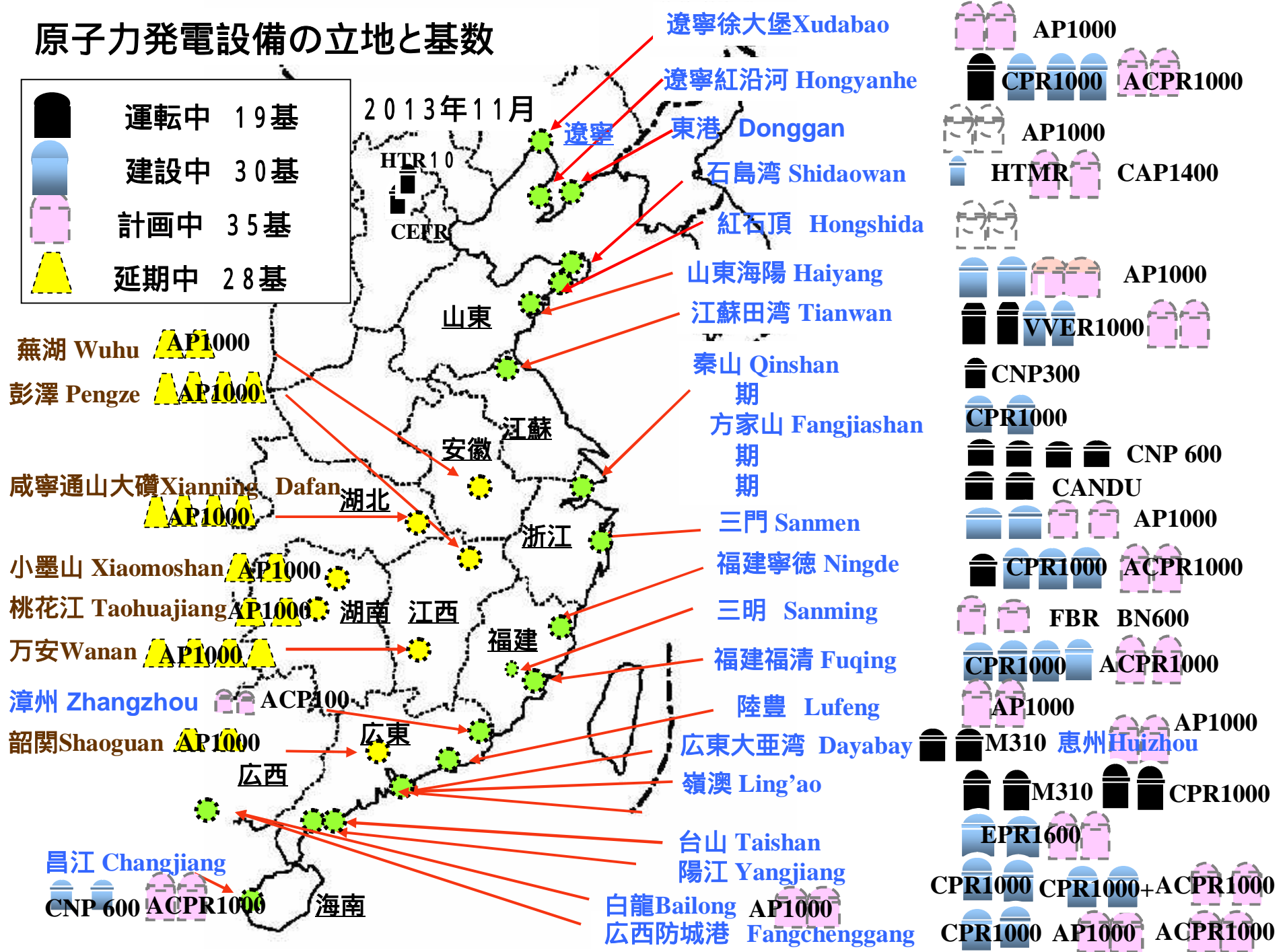
建設中と計画中は世界一の規模

原子力停滞せず

原子力発電設備の立地と基数




























2013年11月

	運転中	19基
	建設中	30基
	計画中	35基
	延期中	28基



蕪湖 Wuhu  AP1000
 彭澤 Pengze  AP1000
 咸寧通山大礮 Xianning Dafan  AP1000
 小墨山 Xiaomoshan  AP1000
 桃花江 Taohuajiang  AP1000
 萬安 Wan'an  AP1000
 漳州 Zhangzhou  ACPR1000
 韶關 Shaoguan  AP1000
 昌江 Changjiang  CNP-600  ACPR1000

遼寧徐大堡 Xudabao
 遼寧紅沿河 Hongyanhe
 東港 Donggan
 石島灣 Shidaowan
 紅石頂 Hongshida
 山東海陽 Haiyang
 江蘇田灣 Tianwan
 秦山 Qinshan
 方家山 Fangjiashan
 三門 Sanmen
 福建寧德 Ningde
 三明 Sanming
 福建福清 Fuqing
 陸豐 Lufeng
 廣東大亞灣 Dayabay
 嶺澳 Ling'ao
 台山 Taishan
 陽江 Yangjiang
 白龍 Bailong AP1000
 廣西防城港 Fangchenggang

-  AP1000
-  CPR1000  ACPR1000
-  AP1000
-  HTMR  CAP1400
-  AP1000
-  VVER1000 
-  CNP300
-  CPR1000
-  CNP 600
-  CANDU
-  AP1000
-  CPR1000  ACPR1000
-  FBR BN600
-  CPR1000  ACPR1000
-  AP1000
-  M310  AP1000
-  M310  CPR1000
-  EPR1600
-  CPR1000  CPR1000+ACPR1000
- CPR1000 AP1000 ACPR1000

中国の原子力発電の現状と計画の世代分布

2013年12月 WNA

世代炉	第2世代	第2 + 世代	第3世代	第3 + 世代	第4世代
全基数	1基	30基	10基	65基	7基
運開	1994～	1994～	2002～	2013年～	実証炉2015年～
特色	商業炉	TMI事故対応改良	TMI事故・チェルノブイリー対応		高効率・高持続・高安全・高核不拡散・良環境性
炉心溶融確率 回 / 炉年 設計寿命 年 稼働率 % その他	1/1万 40年		1/10万 60年 87%	1/百万 60年 93～94%	同左 同左 同左 高熱効率
運転中	CNP300 : 1基	M310 : 4基 CPR1000 : 4基 CNP600 : 4基	CANDU6 : 2基 VVER1000 : 2基		高速実験炉:CEFR 1基 高温ガス実験炉 HTR-10 1基
建設中		CNP600 : 2基 CPR1000 : 16基	VVER1000 : 2基 CPR1000+ : 2基	AP 1000 : 4基 EPR1600 : 2基	高温ガス実証炉 HTR-PM 1基
計画		中止 CPR1000 CNP1000 CNP100	VVER1000 : 2基	AP1000 : 34基 EPR1600 : 2基 CAP1400 : 2基 ACPR1000 : 9基 ACP1000 : 2基 ACP100 : 10基	高速実証炉BN800 2基 溶融塩Th燃料実験炉 1基 溶融塩冷却高温実験炉 1基

今後は最新鋭の改良第3世代炉が主流
第3世代炉以上のもの82基72.6% 日本：計8基15%（ABWR7基もんじゅ1基⁵）

(2) 中国の原子力産業の特徴

軍事開発からの発展の形跡が残る。

- 民生の遅れ 原子力は1%程度
- 核国防能力の維持と経済発展 発電
- 軍事技術の民用転用経済発展策 発電と核燃料の国産一体発展
- 三步走国産開発路線：加圧水型炉 高速炉以外 核融合
- 発電：軍系（核工業集団）+ 電力系（中広核、中電投 5大電力参入）
- 燃料：軍系の独占 中広核への開放 膨大な将来需要供給：アジア・世界への供給
- メーカー：分散三大原子力メーカーと二大重型工業 多数企業参入

共産主義社会主義の形跡が残る。

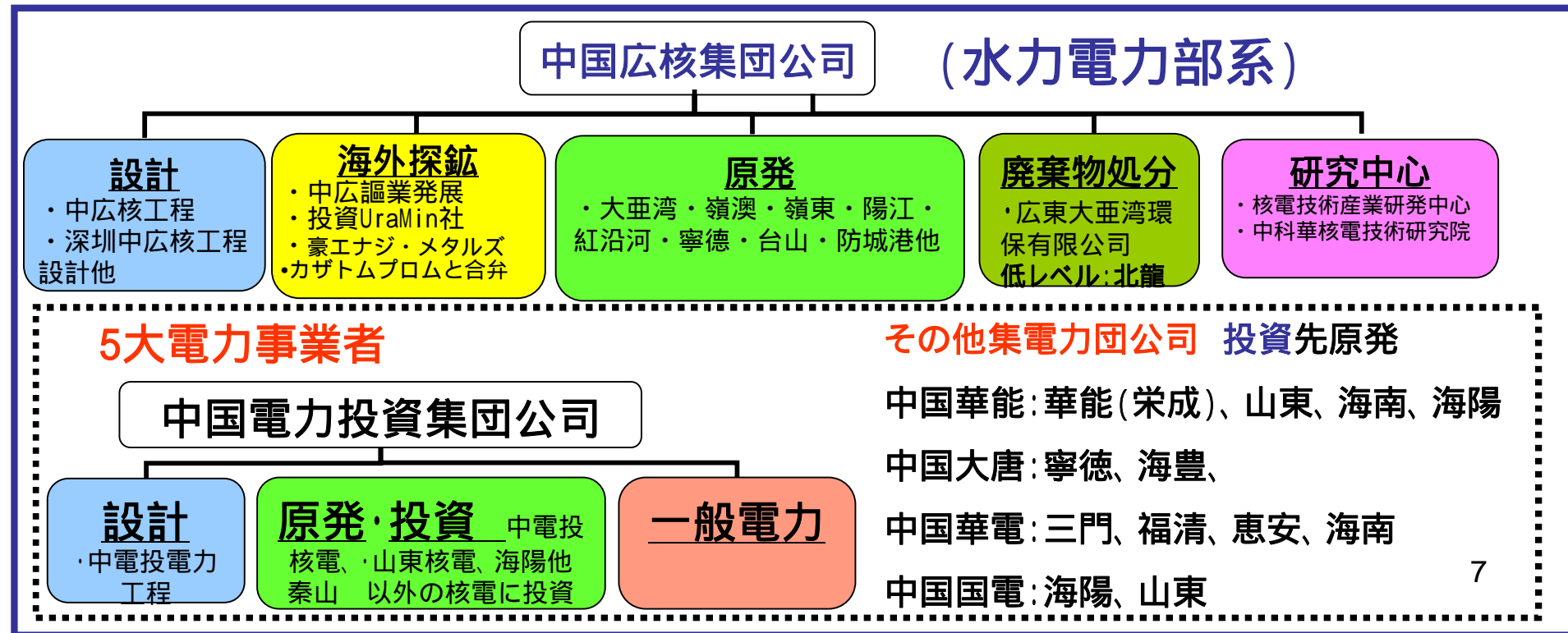
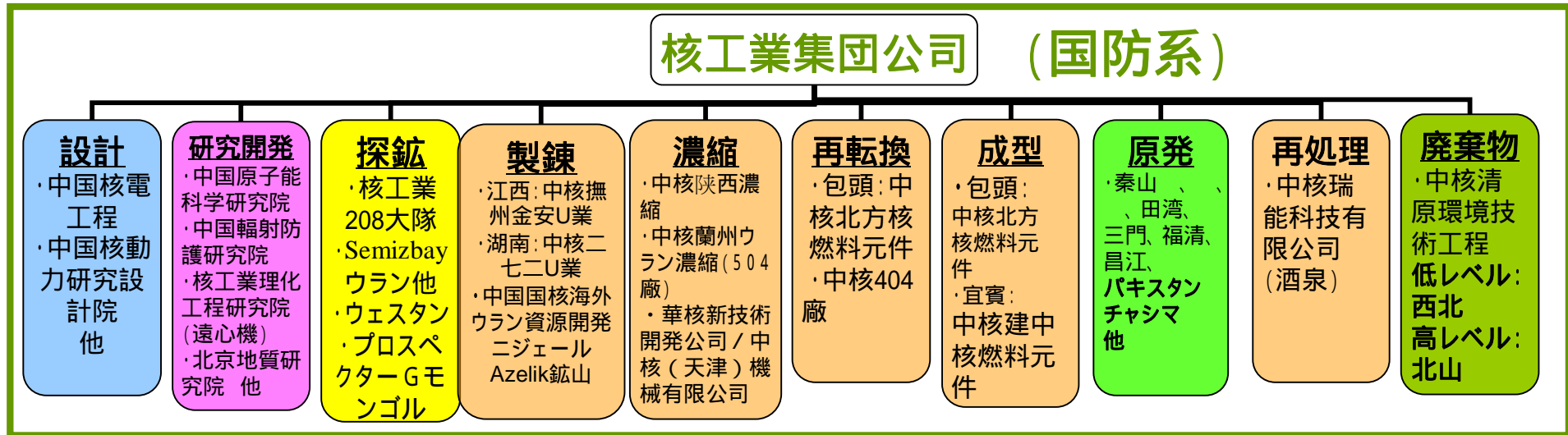
- 国の独占 規制と推進の分離、行政と企業（国有で）の分離（1998年の改革）
- 巨大国有企業改革 集団企業と有限公司：巨大ホールディング企業と子会社体制

改革開放路線（内需産業化） 国際展開路線 中国の夢、海洋強国、原子力強国

- 技術導入 国産化 輸出の三段階戦略：国内製造化 中国知財権化
- 世界最進の第3+世代炉で安全と経済性を強化 輸出

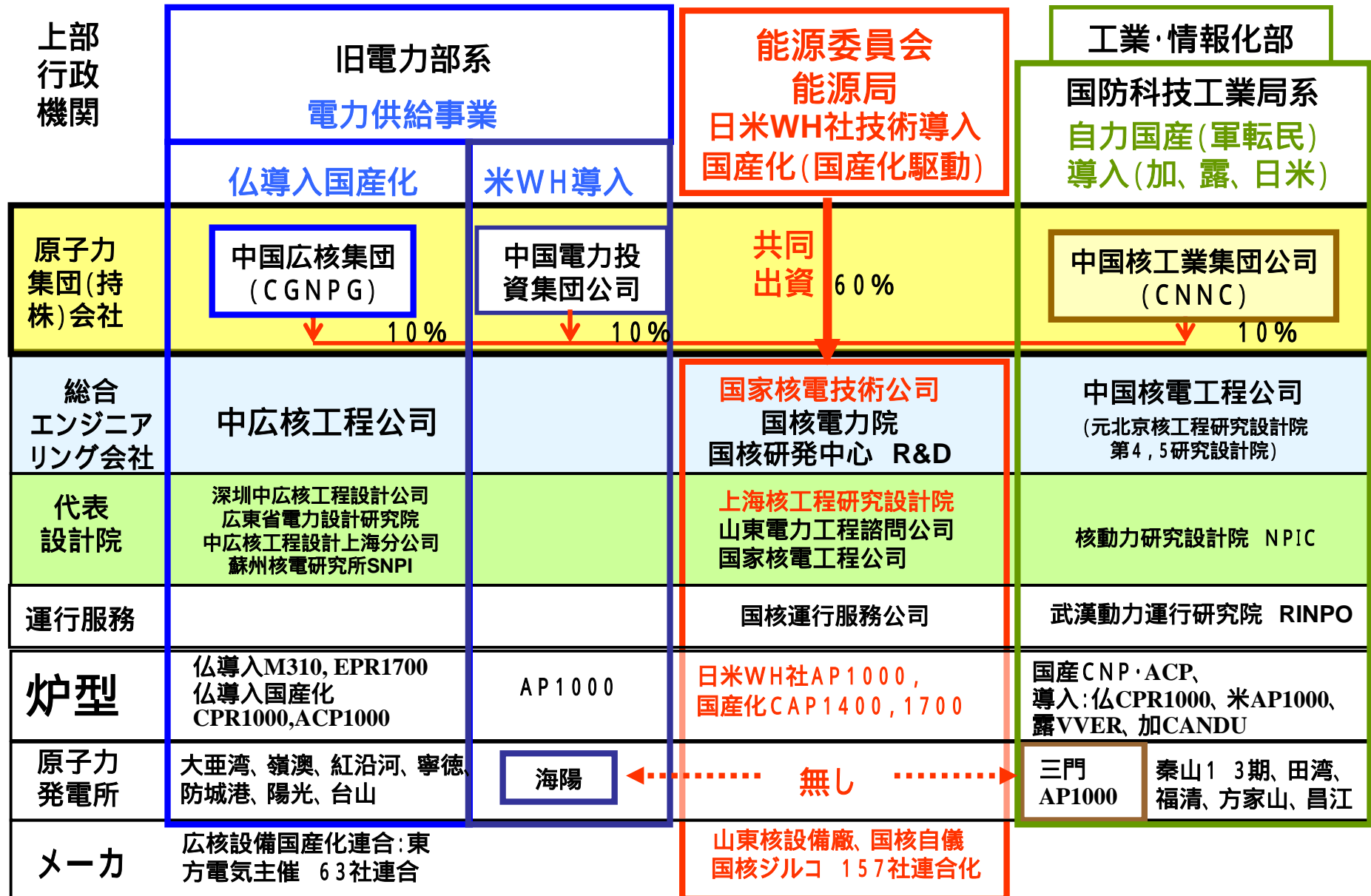
中国原子力事業者体制

設備製造企業は別会社



中国原子力産業組織図の特徴

2013年4月



日本 電力に総合エンジ無く、メーカーにあり メーカーなくして安全無し 受注無くしてメーカーなし 海外展開必須⁸

原子力発電設備製作集団の能力集約化状況

2013年

	上海電気集団 上海電気重工集団		東方 電気集団	ハルビン 電気集団	第一重型 機械集団	第二重型 機械集団	その他		
原子炉圧力容器 蒸気発生器	上海重型 機器廠	上海電気 核電設備	東方鍋炉 広州重型機械	ハルビン鍋炉廠 秦皇島重型装備	一重 核電 石化 大連	二重 鎮江 基地	山東 核設 備廠		
蒸気タービン 発電機	上海電気 電站設備(有)		東方汽輪 東方電機廠	ハルビン汽輪 ハルビン電機					
炉内構造物	上海(電気)第一機廠		武漢核設備						
制御棒駆動			東方汽輪						
主配管等	上海(電気)重型機器廠		東方鍋炉		中国 一重	二重 徳陽 基地	中船 重工		重慶 ポンプ
ポンプ類	上海電気KSB核電ポンプ		東方アレバ核ポンプ	ハル電交直流電機				潘陽 送風機	大連 深藍
計装設備	上海電気電站設備		東方電機廠	ハルビン電機	北京核儀工廠	中核武漢核電 運行技術股份	北京広利核 系統工程		
燃料交換機	上海電気 機重運送機械廠								
環状クレーン							大連 重工・起重		太原 重型機械
バルブ類	中核蘇閩バルブ	航天總公司研究所	西安核設備	ハル電站バルブ ハル電交直流電機	江蘇神通バルブ	大連大高バルブ			
土木建設	核工業建設集団		核工業華興建設有限公司	第22建設公司(CNI22)					

上海電気:臨港工場に集約

ハルビン電気:ハルビン3大動力廠と秦皇島重型装備 基地改造

二重:徳陽と
鎮江へ

東方電気:四川徳陽と広州南沙と武漢に分散と集約化

一重:チチハルと大連綿花島へ集約化

2 . 1 2 次 5 年計画での新原子力技術開発

(1) 福島事故を克服する安全高効率な原子力発電の開発

三歩走サブソウ路線の維持 = 高速炉も核融合もやる

百万kW級の先進加圧水型原子炉を主

改良第3世代炉：AP1000(東芝WH社製)、EPR1600(仏製) 自国知財権無し

自主知財権のある革新原子力発電を積極開発

- 自主知的財産権のある先進加圧水型原子力発電炉(重点実証)
- 20万kWモジュール式高温ガス冷却原子力発電炉(重点実証)
- 高速増殖炉(重点実証)
- モジュール式小型軽水炉(重点実証)
- 新世代原子力発電(重大科技研究)

新規立地：2011～2015年期 沿海限定、第3世代炉の安全基準に合致

内陸部の28基のAP1000計画延期

機器設備の国産化達成、中国機器設備製造レベル向上

近代的な(知識集約型)原子力発電産業体系建設の加速

原子力発電強国の樹立

関係メーカー集約連携組織化：AP1000グループと中広核グループ

「核電企業の科学発展 協調活動サービス制度 創設」(2013年11月
= 19社の中心的な核電企業、大学協調活動小グループを作る

(2) 自主知財権のある先進加圧水型原子炉の開発(重点実証)

中国の原子力発電の国産化の歴史

1970年代開始 文化革命の影響で中断

1980年代中期に再開 自主国産化と対外導入の2路線

自主国産化(原潜技術から) :元核工業省の核工業集団

フランス技術の導入とその国産化:元水力電力省系の中国広核集団(広東核電)

国産製 30万kW **CNP300** 秦山1期 1985年着工

フランス製 100万kW **M310** 大亜湾原発 1987年着工

1994年より 両者とも商業運転開始

1990年代

自主国産化 核工業集団:秦山2期60万kW**CNP600** 1996年着工

海外導入 広東核電 :M310嶺澳 100万kW 1997年着工

核工業集団:カナダの**CANDU** 75万kW 1998年着工

ロシアの**VVER** 100万kW 1999年着工

1990年代末 第10次5ヵ年計画(2001年～2005年)国産化提案

発展と改革委10 - 5計画: **100万kW統一型PWR海外導入国産化駆動計画**

WH社 - 三菱連合(本命)、GE社 - 日立・東芝連合、

フランスフラマトム・ジームス連合、ABB社 - CE - KEPCOが応募

これに対抗 **改良第 世代国産化炉**

核工業集団: 自主国産化**CNP1000**プロジェクト 1999年12月打ち上げ

広東核電 : 仏導入M310の国産化 **CGP1000** (現在の**CPR1000**)

混乱 李鵬全人代議長登場裁定:

第10次5ヵ年計画

既存立地・既存炉 (秦山2期CNP600 2005年着工、嶺澳2期M310 2006年着工)

CNP1000、CPR1000、改良第3世代炉の海外導入国産化 11 - 5計画に延期

第11次5ヵ年計画期(2006年～2010年)

CPR1000: 嶺澳4号で着工(2006年6月着工)

続いて紅沿河、寧徳、福清、方家山、陽江が着工された。

CNP1000: 秦山近隣の方家山 延期

方家山はCPR1000に取って代わった。

改良第3世代炉導入: 発展改革委員会系の国家核電技術公司が実施

米国WH社のAP1000(2006年内定、2007年3月技術移転契約

仏も引かず、欧州改良第3世代炉EPR1600も決定、

2010年前後に両方着工。結局、絞込みはできず。

第12次5ヵ年計画期(2011年～2015年)

2011年3月11日 福島事故発生 改良第2世代炉安全基準は不十分

今後建設:全電源停止時の安全を確保 = 米国、欧州の第三世代炉安全基準を要求
大量放射性物質放出の実質削除

炉心損傷確率(CDF) $< 10^{-6}$ / 炉年

大規模初期放射性物質放出確率(LERF) $< 10^{-7}$ / 炉年

CPR1000の10分の1～100分の1の厳しい基準

改良第三世代炉AP1000が優位:大気自然冷却で無限時間、残留熱除去可

核工業集団、中国広核集団の反撃

コストはCPR1000やCNP1000の改良第3世代化・自主知財権化が安価 !

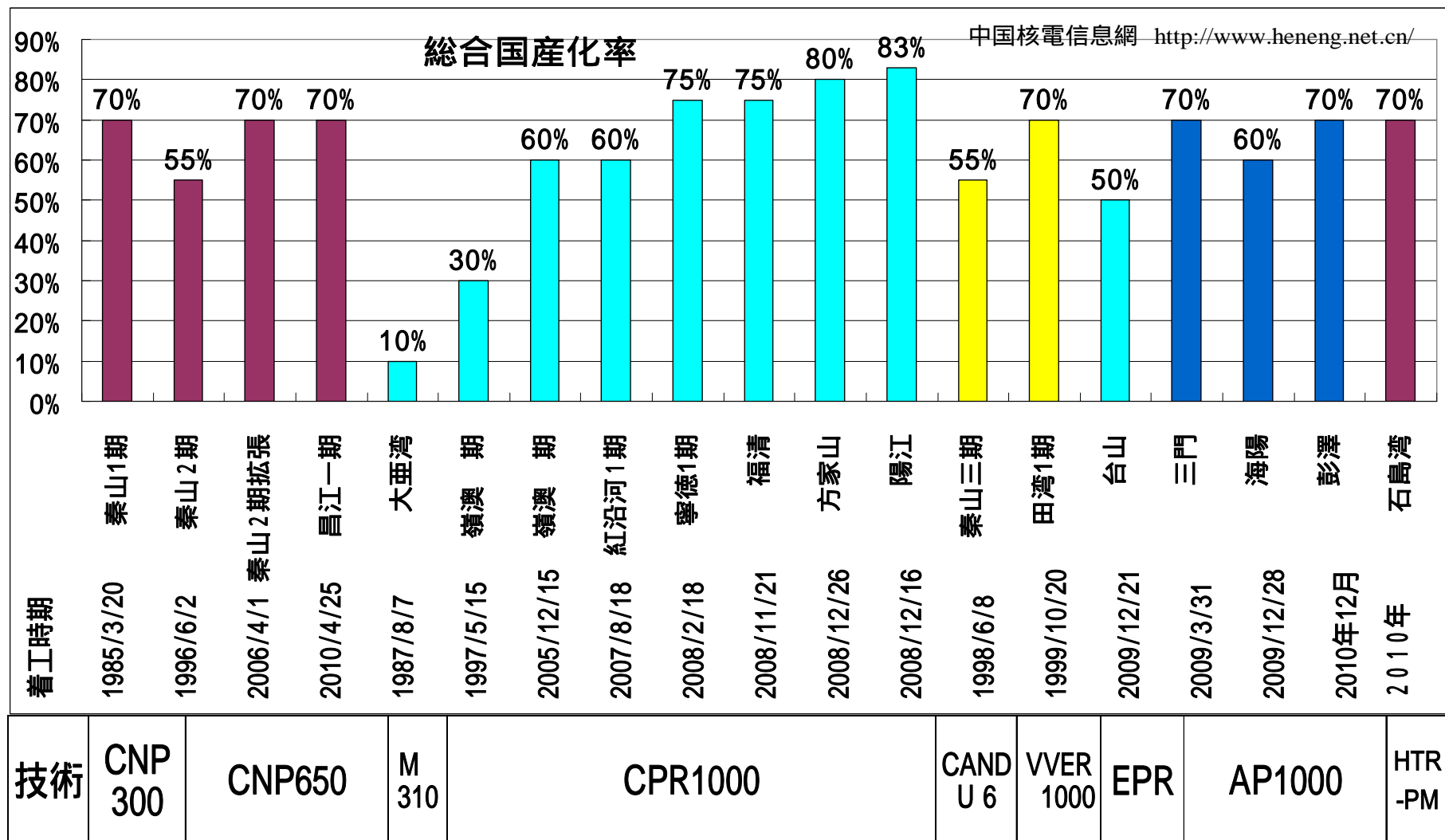
関係メーカーの連携組織化

中国原子力発電国産化の歴史

年代	核工業集団	発改委系	中電投	中広核集団
	自主国産化路線	海外導入国産化路線		
1980代中	30万 CNP300 85年着工			100万 M310 87年着工
1990代 1990末	60万 CNP600 96年着工	加CANDU 6 98年着工		100万 M310 97年着工
	100万 CNP1000計画 99年12月	露 VVER1000 99年着工	国産化駆動計画	100万 CPR1000計画
10-5計画 2001-2005	60万 CNP600 2005年着工		1990末 混乱 李鵬裁定 11-5計画へ延期 既存立地・既存炉	100万 M310 2005年着工
11-5計画 2006-2010	CNP1000延期	CPR1000 2008-10年着工	国家核電技術公司 東芝・WH社製 G3 + AP1000 決定	100万 CPR1000 2006、7、8、年着工
		AP1000 2009年着工		160万 EPR1600 2009年着工
福島事故発生 12-5計画 2011-2015	CNP、CPR中止 100万 ACP1000 2003年12月着工予定	AP1000	自主知財権化 CAP1400計画 2014年着工予定	100万 CPR+1000 10年着工分改良 100万 ACPR1000 2013年着工

国産化率(国内製造の設備金額ベースで評価)?

自己知識財産は?



東芝WH社製 AP1000の国産化 CAP1400

AP1000の課題：自主知識財産権が無い。中国独自輸出できない。

CAP1400国の重点実証プロジェクト：140 - 150万kWに拡大、自主知的財産権化

課題：規模拡大で受動安全性（自然冷却可）は保持可能か？

：上海核工程研究設計院

出資者：国家核電技術公司SNPTC 55%、華能電気集団 45%

運転：国核示範（実証）電站有限責任公司SNPDC 2009年12月設立

設計実証：国家核電技術公司傘下の上海核工程研究設計院(SNERDI)、WH社技術支援

世界市場販売：2013年から南米とアジア：国家核電技術公司与核工業集団

建設費：3,000ドル/kW 発電コスト：7円/kWh

2010年12月31日概念設計完成

2011年12月31日初步設計完成

2014年4月30日 着工予定 山東半島華能石島湾核電

2018年12月31日 送電網接続運転の計画

CAP1700の開発予定：170万kWに拡大、2ループを3ループ化

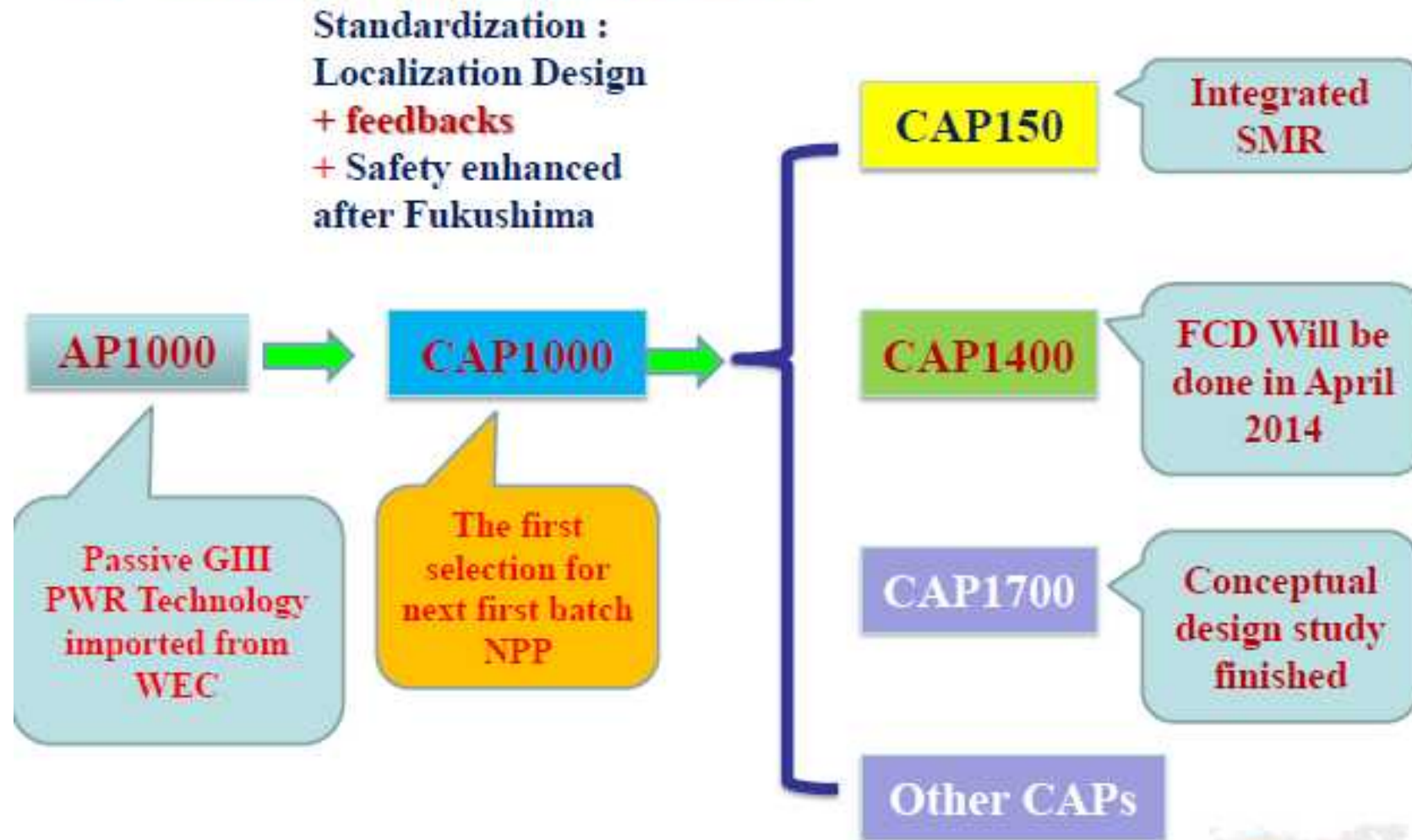
開発：上海核工程研究設計院、山東電力工程諮問公司、山東核電設備等

山東石島湾CAP1400実証プロジェクト



出典：国家核電技術公司 WNEC Mtg,Singapore,Apr.10.2013

7. CAPs development scheme



中国広核集団の改良第3世代炉ACPR1000

CPR1000の課題: 仏の知財権が残、炉心損傷確率G3+の100倍悪い

福島原発事故 建設中CPRの改良 CPR1000+ : 陽江3号、4号

ACPR1000: 完全中国知的財産化、改良第3世代炉: 2013年9月 陽江5号 着工

開発: 東方電気、上海電気、ハルビン電気、第一重、第二重など

特徴: 2重密封した3ループ系冷却系、溶融炉心受器(コアーキャプチャ)

300galの耐震性能、寿命60年

建設計画: 陽江6号、紅沿河5、6号、陸豊1、2号、防城港3号

トルコのシノップ発電所の参照炉の予

建設費: 2,500^{ドル}/kW

更なる開発: 輸出用: 2014年から

ACE1000: CPR-1000の第3世代化炉、中広核、Areva、EdF共同開発(2012年1月協定)

進歩性: 単一閉じ込め機能の強化、運転中補修維持可能な3ループの能動安全系

三菱重工 - Areva の小型炉Atmea1と異なる

核工業集団のACP1000と小型炉ACP100

A) 改良第3世代炉 ACP1000

原点: CNP1000: 中国国産知財権の標準3ループPWR、第 + 世代炉

協力: 米WH社・仏フラマトム

設計: 1990年初め上海核工程研究設計院、1997年核動力研究設計院NPIC参加

計画: 11 - 5計画 方家山に建設予定、パキスタン2基輸出予定

2007年初め計画延期、パキスタン輸出中止

上海核工程研究設計院が国家核電技術公司傘下に移籍、WH社AP1000担当化

福島事故 改良型第3世代炉 ACP1000

特徴: 300 gal耐震性、2重閉込め、能動 / 受動安全系の併用、3ループ冷却系、中国知財権

2013年 3月: 福清5、6号基本的安全性解析終了 “対外輸出(走出去)”基礎樹立

2013年12月: 計装設備、アレバシーメンズ社とコンソーシアム契約

2014年: 着工予定

輸出:

ACP1000 : パキスタンとの輸出協定、2013年締結

小型ACP300: ベラルーシとアフリカへ輸出を計画

B) 小型炉ACP100

特徴 : 熱出力38万kW電気出力12万kW小型モジュール式原子炉、
第3世代炉級、安全性と経済性が最先進、工期36～40ヶ月
収益良好、自己知的財産権

用途 : 多用途:工業用蒸気供給、海水淡水化、船舶の動力源等 発展途上国向き

担当 : 中国核工業集団(核動力研究設計院NPIC)

産業化:2011年4月 中核新エネルギー有限公司 設立

第12次5カ年計画:国家エネルギー応用技術研究および実証プロジェクト

計画 :2014年6月実証プロジェクト(2基)福建省莆田(Putian)県漳州Zhangzhou 着工

開発費:50億元(7.88億ドル)

出資者:核工業集団51%、中国国電(Guodian)集団49%

建設 :中国核工業建設集団(CNEC)

運転 :核工業集団

次計画:内陸部

江西省上饒(Shangrao)市横峰(Hengfeng)県2基

江西省贛州(Ganzhou)市寧都(Ningdu)県2基

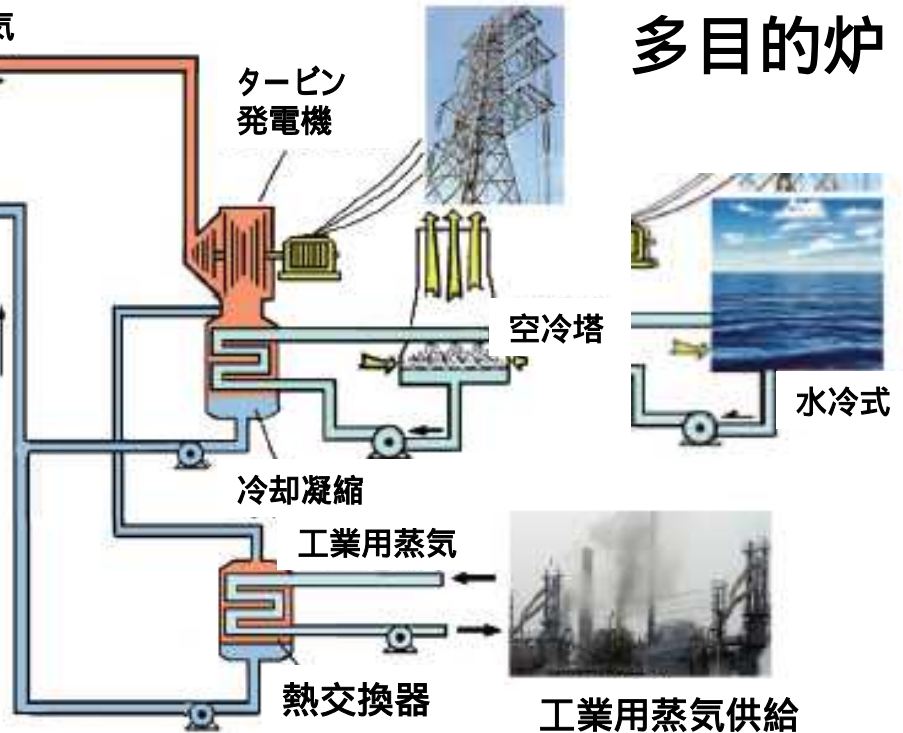
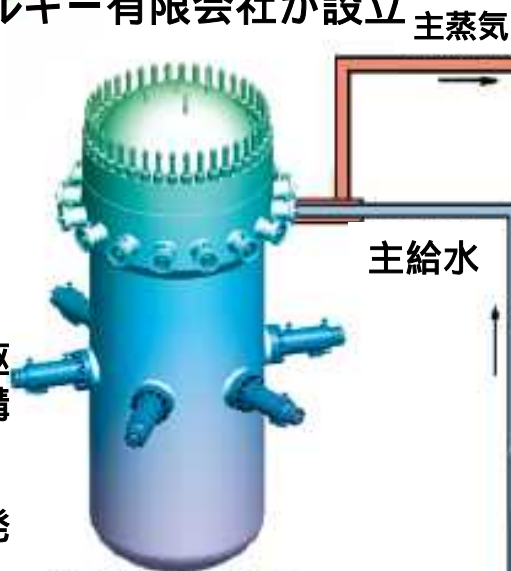
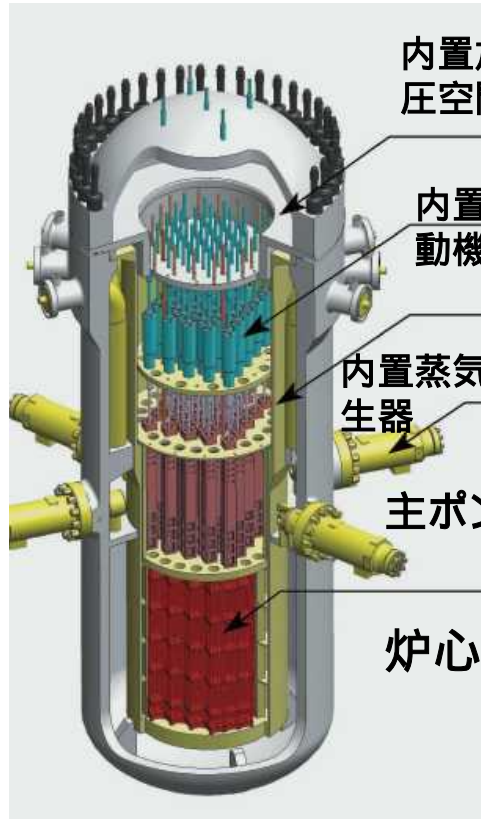
建設コスト 160億元(24億ドル) 2013年7月に合意

更に湖南省と吉林省白山(Baishan)

小型モジュール式加圧水型炉ACP100実証P

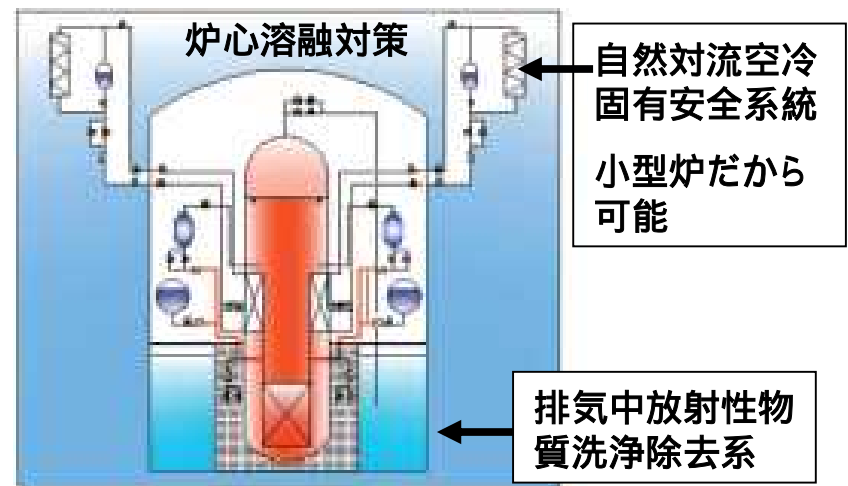
2011年4月 中核新エネルギー有限公司が設立
 2013年 着工予定
 福建省漳州

多目的炉



形式	一体型加圧水型炉
炉熱出力	38.5万kWt
電気出力	12万kWe
内径	3.1m
炉心部高さ	2.1m
原子炉冷却温度	305
圧力	15MPa
燃料交換	2年
燃料集合体	17×17SCF
集合体数	57体
最大蒸気供給能力	毎時504t _h
海水淡水化	日産14.4万t
建設期間	36ヶ月

沸騰水型炉に酷似しているが、制御棒駆動装置を上部に置いてあり、自然落下で炉が止まる様にしてある。



(3) 近代的な原子力発電産業体系の建設 原子力発電強国の樹立

「原子力発電企業の科学発展 協調活動サービス制度 創設」(2013年11月)

国家エネルギー局発布

政府職務方式(態度)の改革転換、党の大衆路線の貫徹、核電企業の科学発展への奉仕強化

主要任務 7点

- (一) 良好な企業発展環境の造営
- (二) 政策の発布前の公聴など産業政策と関連情報サービス強化
- (三) 企業の科学技術革新への奉仕
- (四) 原子力発電の“ 対外進出 ” 戦へ奉仕
- (五) 関連の省・委員会、地方政府間の意思疎通協調とサービス能力の増大
- (六) 専門家の派遣など企業の育成訓練サービスの創立
- (七) 原子力産業協会のブリッジ機能強化。

実行組織: 原子力発電企業科学発展奉仕協調グループ創立 相談サービスを提供

1核工業集団、2核工業建設集団、3華能集団 4中国電力投資集団、5一重集団、6、第二重集団、7ハルビン電気集団、8、東方電気集団、9国家核電技術有限公司、10、中国広核集団、11、上海電気集団、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、中国原子力産業協会、18、中国核学会、19、中国機械工業連合会

3. 核燃料供給体制の整備

特徴: 軍事工業の残影 独占的国防核工業(核工業集団)、内陸部分散配置、全部国産

課題: 経済合理性の獲得

日中比較: ほぼ同一規模: 世界の約10% 中国は原則国産、日本は部分国産

ウラン資源: 日中とも不足 輸入依存化

採鉱・製錬、転換: 中国は国産、日本は全面輸入

濃縮: 中国ほぼ国産、日本 3分の2輸入

成型加工: 日中とも国産

国	原子力発電規模	ウラン需要2013年	ウラン確認埋蔵量	採鉱製錬	転換	濃縮	再転換	成型加工
単位	万kW	トU/年	トU	トU/年	トU	トUSWU/年	トU	トU
中国	運転中 19基 1,461 建設中 28基 3,047 合計 47基 4,500 世界占有率 9.73%	需要6000 生産1500 輸入:カザフ、ニ ジェール、加、仏、 豪	確認埋蔵量109,500 推定追加 56,600 合計 166,100 世界シェア2.3%	衡陽1100 撫州1100 生産1500	包頭 2000	漢中 500 蘭州1500 2013年遠心 機国産化	包頭 200 宜賓 400	包頭 CANDU用 200 AP1000用 200 HTR-PM用 30万球体 研究炉用 金属U 宜賓 PWR用 450
集約工場2020年需要の50%供給 370億元(江門鶴山中止)								
日本	運転中 2基 236 停止中 48基 4379 建設中 4基 442 合計 54基 5057 世界占有率10.76%	需要4425 生産 0 輸入:豪、加、ナミ ビア、ニジェール、 米他	確認 7,701	輸入	輸入	六ヶ所1050	三菱原子燃 料 450	GNF-J BWR用750 MNF PWR用440 NFI熊取 PWR用284 NFI東海 BWR用250

核燃料製造集合工場計画

規模:2020年時(58百万kW運転)製錬・転換・濃縮・再転換・加工 需要の50%供給

出資:核工業集団、中広核集団:共同投資370億円

立地:沿海部広東省東省鶴山

公聴:2013年7月、 反対運動のため、同年7月14日計画取り下げ

進歩性:

- 従来には見られない当局の公衆参画・民衆重視・市場重視姿勢
- 核工業集団独占事業の開放:中国広核集団参入
- 内陸奥地立地から経済発展地域立地
- 中国広核集団(元広東核電集団)CGNPCの核工業集団からの独立性増大

核工業集団45%出資 国資委82%、広東省10%(元45%)、核工業集団8

バックエンド建設強化

高レベル廃棄物処分は国(環境保護部)と各事業者の共同責任事業

中核清原環境技術工程会社が担当、実施

立地:ゴビ砂漠北山地域

実験施設建設計画:JAEAの幌延や東海のような施設

中央・地方の対立なし:地方政府は支援義務、中央と地方政府は一体

	再処理	低レベル廃棄物	高レベル廃棄物
	トU/年	m ³	
中国	玉門(504) 2013年 50 2020年 800	処分場 北龍 8800 西北 6000	立地:北山地区 現在:立地評価中 2020年地下研完成 2030年実証試験 2040年処分実施
日本	東海 約80 六ヶ所 800	六ヶ所 80,000	立地:未定 幌延深地層研究センター 東濃地科学センター 東海: エントリー 東海: クオリティー

中国の核燃料サイクル立地

戦時体制配置の痕跡

中国核施設

中ソ対立 ハルビン工場分散

戦争想定 核燃料工場の分散

対米・台湾 核燃料工場内陸設置

ハルビン

玉門
酒泉
再

包頭
転

北京

蘭州

漢中

上海

成都

徳陽
宜賓

衡陽

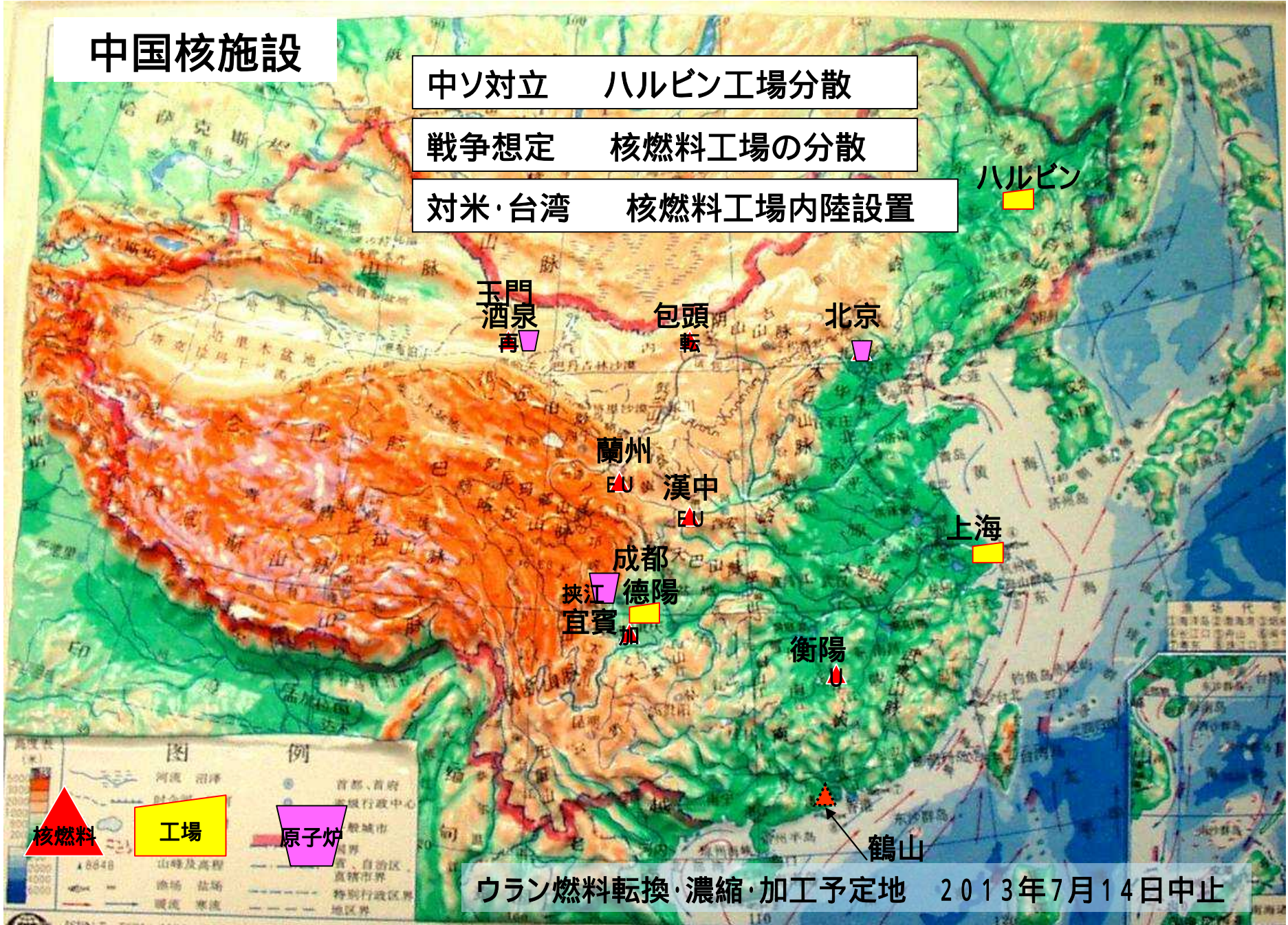
鶴山

核燃料

工場

原子炉

ウラン燃料転換・濃縮・加工予定地 2013年7月14日中止



4. 対外進出状況

対外進出(走出去)政策

「原子力発電企業の科学発展 協調活動サービス制度 創設」の(2013年11月)

(四) 原子力発電の“対外進出”戦へ奉仕

政府と産業界の一体での対外売込み方針を明確化

原子力会社の対外進出に政府は指導を行い

輸入国との政治・経済交流を推進

政府・企業の協調の多元化国際プロジェクトの競争参入支援

工事建設、設備製造、技術サポート、国家銀行ローン貸与

絶えず我が国の原子力発電の全体のレベルと国際競争力を高める

2013年日中首脳海外訪問実績

国	国数	2013年首脳の訪問国
中国 習近平・李克強	22国	アジア、アフリカ、欧州、米州4大陸の22カ国を訪問 タンザニアなどアフリカ3カ国、メキシコなどラテンアメリカ3カ国 訪中した64人の外国元首・政府首脳を接遇し、300人余りの外国政府要人と会見、800近い協力の合意
日本 安部総理	29回 27国	カンボジア、ラオス、トルコ、インドネシアバリ、ブルネイ、カナダ、米国国連、ロシア、アルゼンチン、バーレン、クウェート、ジブチ、カタール、マレーシア、シンガポール、フィリピン、ポーランド、アイルランド、英国、ミャンマー、21ロシア、22サウジ、23アラブ首長国連邦、24トルコ、25モンゴル、26米国、27ベトナム、28タイ、29インドネシア

各国との原子力平和利用協定等の締結状況

1. 2国間原子力平和利用協定等の締結の必要性

膨大な建設資金の国際ローン調達

大亜湾1・2号建設費4072百万\$ 国際ローン(大亜湾3672百万\$)

技術や部品の海外輸入

輸出

2. 現在までの締結国 25カ国

フランス、ドイツ、英国、日本、アルゼンチン、パキスタン、韓国、カナダ、ロシア、
米国、豪州等 25カ国

日本: 米国、英国、カナダ、豪州、フランス、中国、欧州原子力共同体、カザフス
タン、韓国、ベトナム、ヨルダン及びロシア) 11カ国1共同体の2倍以上

3. その他国際条約の締結

IAEA(1984年)加盟

保障措置協定(1985年)

包括的核実験禁止条約CTBT(1996年)署名

NPT追加議定書(2002年)締結

原子力供給国G(NSG)(2004年)加盟

輸出 平和利用協定締結 核兵器転用を縛る 核(兵器)不
拡散 原子力発電輸出と核不拡散が同時成立

(1) パキスタン(1 - 11)

輸出の課題

核拡散防止条約NPT不参加国、核兵器国、原子力輸出の機微国
中国は原子力供給国グループNSGに**2004年加盟**、核拡散防止義務
輸出原発 IAEAの保障措置下に置く条件を課して核不拡散

供給国グループ加盟以前(1990年と2000年)の輸出

30万kW CNP300チャシマ1, 2号契約
1号: 2000年6月に運転開始
2号: 2006年IAEAと保障措置協定、2011年5月より運転

2005年エネルギー安全保障計画の原子力発電所建設

2015年までに90万kW
2020年までに880万kW
中国から4基CNP300、7基CNP1000を輸入計画
2007年中国 CNP1000開発を延期、輸出計画は延期
背景: 中国は米国WH社とAP1000の技術導入商談中、影響を回避?

供給国グループ加盟後の輸出

チャシマ3、4号(CNP300) 2010年契約・輸出 加盟国の了解を取得

了解理由:1,2号の延長 炉型設備配置も同一で加盟以前のパキスタンとの約束

背景 :米国のインド制裁解除、2008年原子力供給国グループのインド制裁解除？

契約合意:2008年計画発表、2010年3月建設費23.7億ドルの82%を中国低金利融資合意

契約窓口:中核集団中原对外工程有限公司CZEC

設計 :上海核工程研究設計院SNERDI

据付 :中国核工業第五建設有限公司

建設開始:3号2011年5月、4号2011年12月

運転開始:3号2016年12月、4号2017年10月

IAEAの保障措置下運開予定

100万kW ACP1000原発輸入 カラチ2、3号

2010年11月 100万kWチャシマ5号建設協議 P原子力委員会と核工業集団

炉はACP1000、場所はチャシマ以外

2013年6月 P計画委、2基ACP1000カラチ2号、3号(KANUPP 2、3)発表

建設費96億^{ドル}

2013年8月末 契約

核工業中原对外工程有限公司、中国核電工程公司CNPE、中国核動力設計院NPIC、東方電氣設計院ECPDI

2013年12月3日 Muhammad Nawaz Sharif首相 地鎮祭

パキスタン

出典: 国家核電技術公司 WNFC Mtg, Singapore, Apr.10.2013



(2) イギリス(1-12)

EDF社 ヒンクリー・ポイント、サイズウェル EPR 中仏連合輸出

EDF社の株主：仏政府85% アレバの株主：仏政府80%

協力契約：2013年10月「中国核工業集团公司」「中国広核集団」、仏のEDF等

イギリス政府と締結 12月キャメロン英首相訪中

中国側投資：ヒンクリー・ポイントPの30~40%、アレバ10%

炉型基数 : 167万kW EPR ヒンクリー・ポイント2基 サイズウウェル2基

総投資 : 約160億ポンド2.27兆円 中国企業2社共同で約30~40%

建設計画：2018年初 送電網接続

中国の意義：先進国の原子力発電市場に初参入 国際的な原子力発電大手と提携

Horizon社 オールドベリーとウィルファ ABWR 日米連合

会社買収：2012年10月6.96億ポンド(986億円)でGE-日立が買収

運転計画：オールドベリー2020年遅く、ウィルファ2025年

ニュージェン社 ムーアサイド AP1000 日米中連合輸出

会社買収：2014年1月15日 東芝はニュージェン社株60%買収発表

スペインイベルドロラと仏GDFより1億200万ポンド(約170億円)

炉型基数：AP1000 3基 340万kW 事業費 1兆5000億円

建設計画：2018年着工 2024年運転開始

イギリス

NuGeneration社
東芝WH社・
中国国家核電技術
AP1000

Horizon社
日立GE
ABWR

Moorside 3基

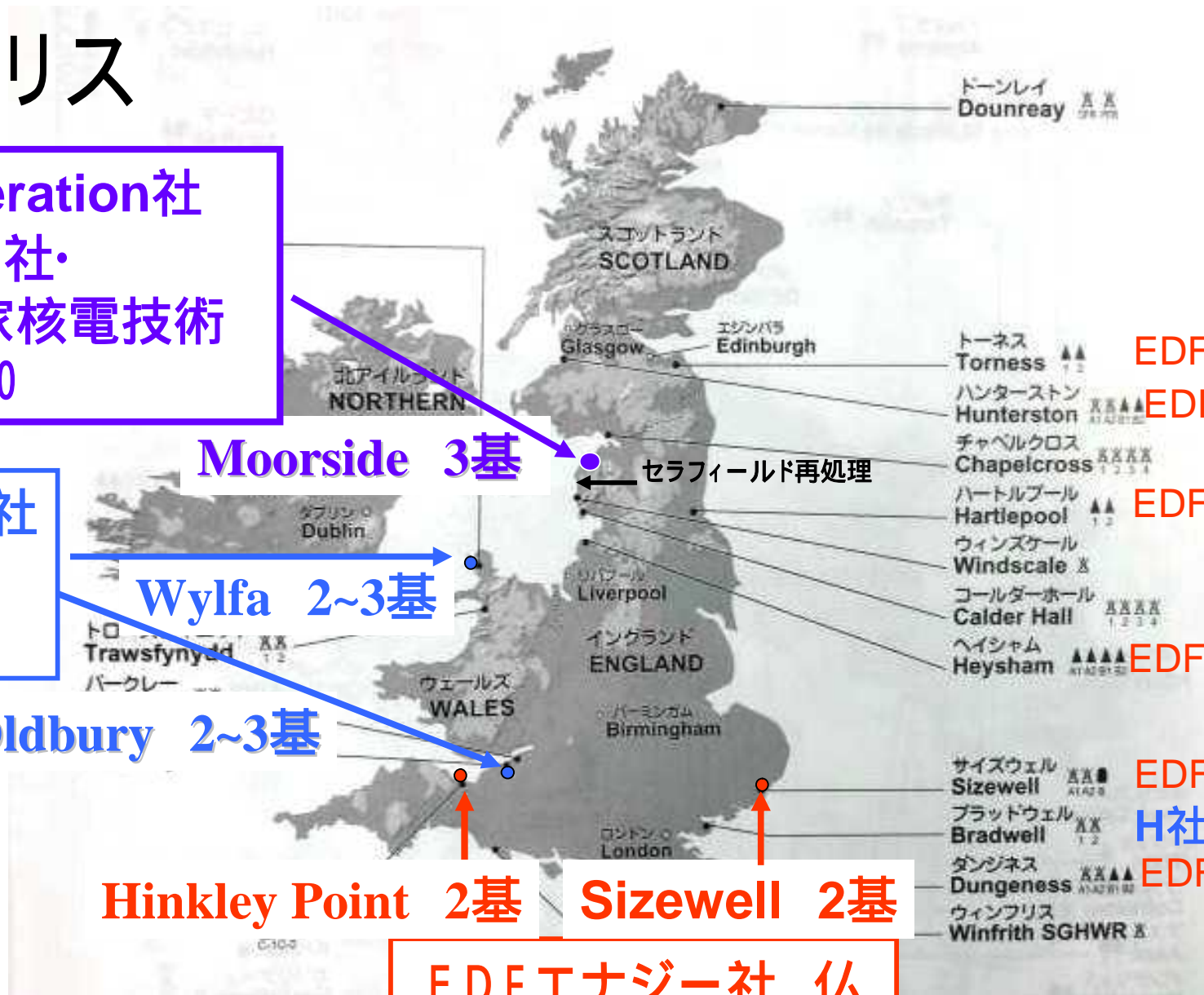
Wylfa 2~3基

Oldbury 2~3基

Hinkley Point 2基

Sizewell 2基

EDFエナジー社 仏
アレバ・中広核・核工
業集団 EPR



図出典:原子力産業協会資料

(3) 米国(1 - 13)

モニツ長官 米国のAP1000部品の中国調達を明言

日米中連合の英国原発事業参入を示唆 13年10月30日北京

中国でAP1000建設中 先行経験と実績、38基の建設計画
共同調達でコストを低減可能、東芝・中国の資金力活用

ヴォーグル原発3、4号 4基の増設

2012年2月 34年ぶりの増設承認

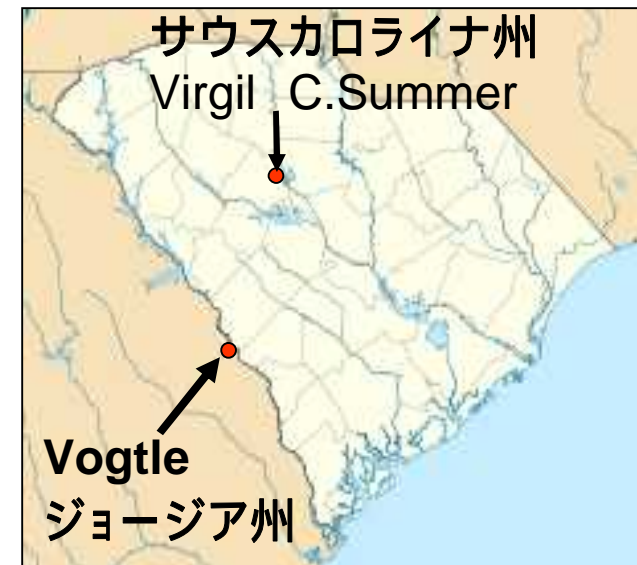
2016年 2017年 運開予定

Virgil C.Summer原発2、3号

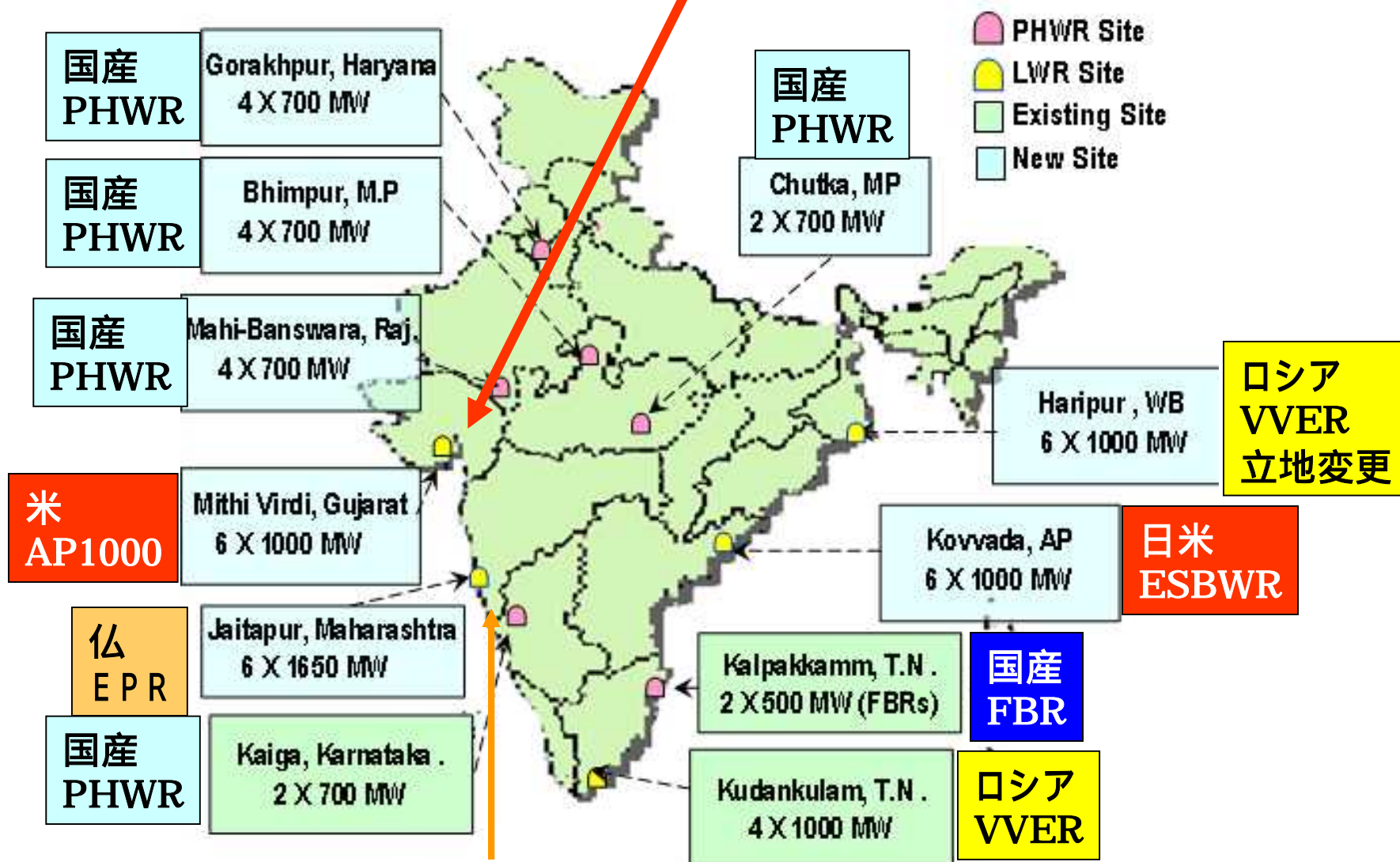
2012年3月 承認運開

2017年2018年 運転開始予定

インド等世界各国への建設
も日米中の企業連合か？



インドへの日米中連合AP1000輸出の可能性



中仏連合？

Ref: SA Bhardwaj Dir (T) NPC

(4) ルーマニア

2013年11月 チェルナヴォダCernavoda原発3号、4号建設 李克強首相と契約署名
国有原子力会社Nuclearelectrica - 中国広核集団CGN

(5) アルゼンチン

2012年6月中国能源局 - アルゼンチン政府 原子力協力協定締結

アルゼンチン原子力委員会は、中国資金でACP1000を建設

アルゼンチン原子力発電会社、ACP1000技術の正式入札予備審査通過証書発行

立地: Monte Lindo、La Emilia、Riacho Riacho Tohué Pilagá等パラグアイ川沿い

燃料製造等の関連技術を移転する共同研究を実施

南米全体の原子力市場の共同開発方策の共同調査

(6) 南ア

電力計画2010 - 2030 中国製低コストCPR1000採用を検討

福島事故でG2 + 炉は中止

ACPR1000採用の可能性？

中国のヨーロッパ地域原発輸出先



アルゼンチン

Embalse CANDU 6

Atucha アトウーチャ

- 1(独Siemens1974年開始)
- 2(独Siemens 2013年送電開始予定)

3,4号:

仏、露、日、韓、中へ提案中

中国核工業集団:ACP1000



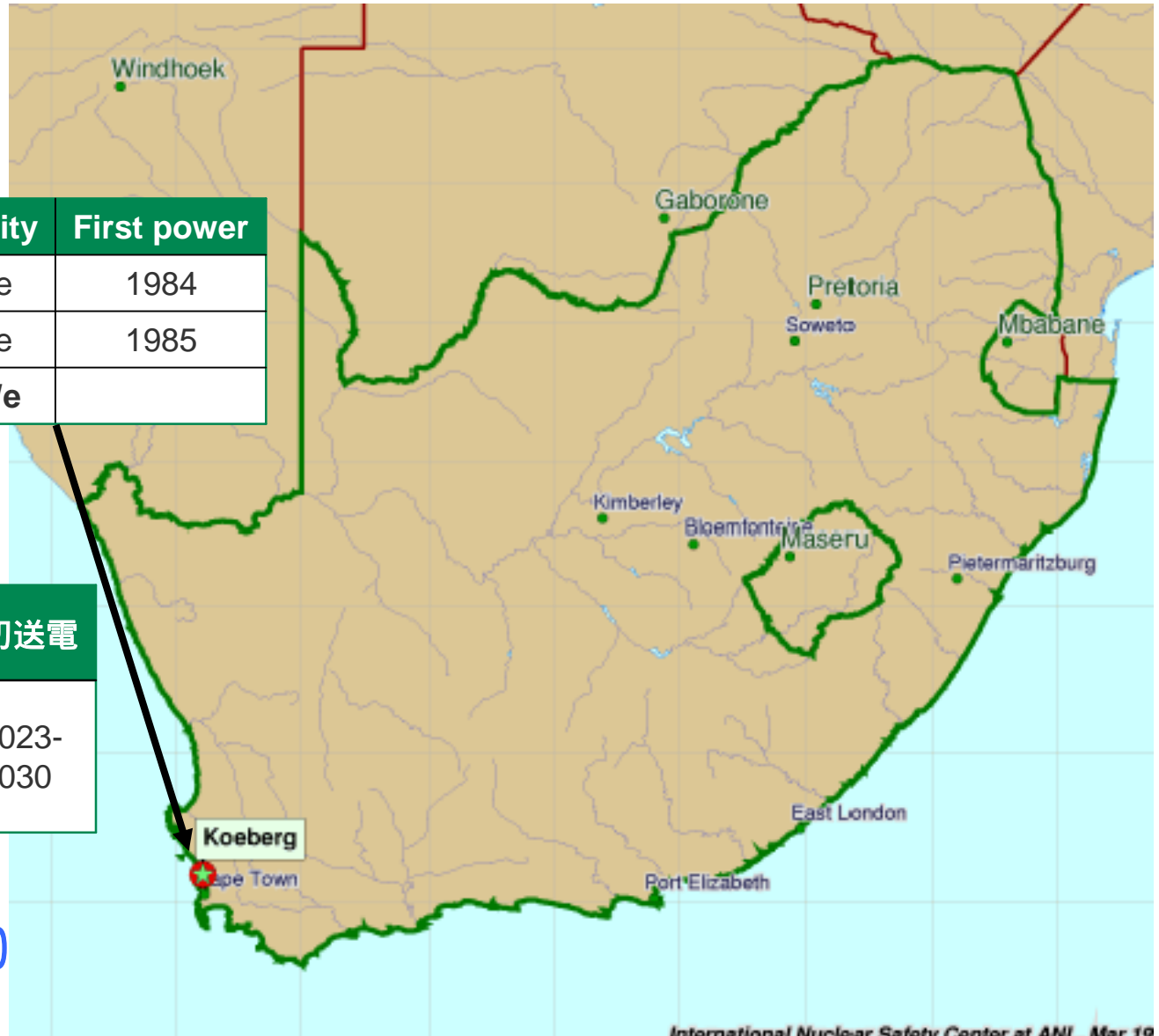
南アフリカ

運転中	Type	Net capacity	First power
Koeberg 1	PWR	900 MWe	1984
Koeberg 2	PWR	900 MWe	1985
Total (2)		1800 MWe	

仏Areva

提案	炉型	出力	初送電
Thyspunt (total 6 or more)	PWR	9600 MWe	2023-2030

仏ArevaのEPR
米WH社AP1000



高価 ↓

中国広核のCPR1000 第3世代化 ACPR1000

(7) トルコ (1 - 16)

2012年4月9日、原子力平和利用協力協定締結

内容:

原発の建設等で協力

シノプス : 2013年5月三菱アレバ伊藤忠のAtmea1 480万kW220億ドルが勝利

中広核電集団 ACPR1000敗北

イグネアーダ (Igneada) : 中広核電集団ACPR1000輸出が期待される

(8) ベラルーシ (1 - 18)

2008年 中広核電、原発建設を提案

2009年5月 原子力協力協定締結 中国の原子力建設の法的基礎樹立

ACP300輸出か?

ロシアの輸出

2011年11月 Ostrovets発電所VVER1200 2基ロシア融資で契約

2013年11月 1号 建設着工 2018年操業開始予定

トルコ

新興国は基盤なし

電力会社設立が参入条件

中国 中広核電ACPR1000 ?

アレバ 三菱ATMEA 1

伊藤忠商事、仏電力会社GDFスエズ、トルコ発電会社(EUAS)



ロシアVVER

アックユ発電会社(AEG) (ロスアトムの子会社)

中国の原子力発電輸出

<p>パキスタン</p>	<p>CNP300: 1, 2号(運転中) 3, 4号(建設中) ACP1000: カラチ2, 3号 2013年8月契約 更に2030年までに8GW建設計画有、中国輸出大</p>	<p>中国核工業集団 国家核電技術公司</p>
<p>イギリス</p>	<p>EPR4基 : Hinkley Point and Sizewell: EDF社投資 Nugen社のMoorside原発 AP1000 2014年1月東芝 Nugen株60%買収</p>	<p>仏アレバ・中広核連合 東芝WH社・国家核電連合</p>
<p>米国</p>	<p>ヴォーグル3, 4号 V.C.サマー 2, 3号 AP1000 部品調達</p>	<p>東芝WH社・国家核電連合</p>
<p>ルーマニア</p>	<p>チェルナボダ3, 4号 ACPR1000 ?</p>	<p>Nuclearelectrica 中広核</p>
<p>ベラルーシ</p>	<p>ACP300 ?</p>	<p>Nuclearelectrica 中広核</p>
<p>アルゼンチン</p>	<p>中国資金でACP1000建設の共同研究実施。 ACP1000 入札予備審査通過証書 アトーチャ 南米全体の原子力市場の共同開発策の共同調査</p>	<p>核工業集団</p>
<p>トルコ</p>	<p>イグネアード (Ignea) 原発の建設等で協力。</p>	<p>核工業集団?</p>
<p>南ア</p>	<p>CPR1000: 電力計画2010 - 2030で採用検討。福島事故で第2世代炉採用は困難化 ACPR1000開発後は可能性有。</p>	<p>中広核</p>

要約

- 21世紀の中国の新売物：世界最新鋭改良型第3世代原子炉
- 世界の原子力企業と連合、また独自で
- 売物は多種：やはり 核電2社 + 発展改革委委員会系
 - 国家核電技術系：AP1000（日米中連合）、CAP1400（独自 / 中米）
 - 中広核系：EPR（中仏連合）、ACPR1000（独自 / 中仏）
 - 核工業系：ACP1000、ACP300、ACP100（独自）
- 総合的
 - 政治協力・経済協力・設計・建設・運転・メンテ・燃料供給・融資

5 . 中国の課題

多炉型、多種技術、多種標準で複雑

原因： 導入路線： 際限ない導入、国産化未達成

開発能力不足

自主知財権なし、独自の事故分析や核計算 不能
個人独創性奨励 集団での実用技術育成が下手

安全や環境の軽視

規制能力と原子力発電発展速度が不整合、環境保護後回し、環境モニタリング体系不整備、
情報公開と公衆参加が不整備、人材が欠乏、能力育成投資が不足

集団協調性の欠乏

無秩序な我先の原発建設提案横行、緊急時の職責が不明確、支援体制が不備
相互協力体質が弱い

原因：個人競争が激しい、経済実績第一評価主義
コスト高の開発を飛ばし、模倣・導入で手っ取り早く
安全とか環境とか高コストのものを後回し

背景：無倒産国有企業による過剰生産と利益減少 開発や安全対策の資金不足

政府幹部の態度改革

「原子力発電企業の科学発展 協調活動サービス制度 創設」(2013年11月) 発布

政府職務方式（態度）の改革転換、党の大衆路線の貫徹、核電企業の科学発展への奉仕強化

改革 主要任務 7点

- | | |
|---------------------------------------|-----------------|
| (一)良好な企業発展環境の造営 | 企業発展 |
| (二)政策の発布前の公聴など産業政策と関連情報サービス強化 | 公衆重視 |
| (三)企業の科学技術革新への奉仕 | 科学技術革新 |
| (四) 原子力発電の“対外進出”戦へ奉仕 | 国際展開 |
| (五)関連省・委員会、地方政府間の意思疎通協調
とサービス能力の増大 | 省庁間協調
サービス強化 |
| (六)専門家の派遣など企業の育成訓練サービスの創立 | 企業人材育成 |
| (七)原子力産業協会のブリッジ機能強化 | 産業連携 |

ご清聴ありがとうございました

世代	タイプ		基数	合計	名称	名称	主株主	万kW	着工	売(発電)電
	CNP300	運転	1	1	秦山	Qinshan	核工業	30	1985/3/20	1994/4/1
+	M310	運転	1	4	大亜湾1	Daya Bay	中広核	98.4	1987/8/7	1994/2/1
			1		大亜湾2	Daya Bay	中広核	98.4	1988/4/7	1994/5/6
			1		嶺澳1	Ling Ao	中広核	99	1997/5/15	2002/5/28
			1		嶺澳2	Ling Ao	中広核	99	1997/11/28	2003/1/8
	CNP600	運転	1	4	秦山 1	Qinshan	核工業	65	1996/6/2	2002/4/15
			1		秦山 2	Qinshan	核工業	65	1997/4/1	2004/5/3
			1		秦山 3	Qinshan	核工業	65	2006/4/28	2010/10/25
			1		秦山 4	Qinshan	核工業	65	2007/1/28	2012/4/8
		建設中	2	2	昌江1, 2	Changjiang	核工業	65	2010/4/25 2010/11/21	2015/4 2015/12
	CPR1000	運転	1	4	寧徳	Ningde	中広核	108	2008/2/18	2013/4/18
			1		紅沿河	Hongyanhe	中広核	108	2007/8/18	2013/6/6
			1		嶺澳	Ling Ao	中広核	100	2005/12/15	2010/9/15
			1		嶺澳	Ling Ao	中広核	100	2006/6/15	2011/8/7
		建設中	2	16	防城港1, 2	Fangchenggan g	中広核	108	2010/7/30 2010/12/28	2015/
			2		陽江1, 2,	Yangjiang	中広核	108	2008/12/16 2009/8/	2013/8/1 2014
			3		寧徳2, 3, 4	Ningde	中広核	108	2008/11/12 2010/1/8 2010/9/28	2013、 2014、 2014、
3			紅沿河2, ,3, 4		Hongyanhe	中広核	108	2008/3/28 2009/3/7 2009/8/15	2014 2014 2015	
2			方家山1, 2		Fangjiashan	核工業	108	2008/12 2009/7	2013/12 2014/10	
4			福清1, 2, 3, 4		Fuqing	核工業	108	2008/11/21 2009/6/17 2010/12/31 2012/11/17	2013/11 2014/9 2015/7 2016/5	
CANDU6	運転	1	2	秦山	Qinshan	核工業	72.8	1998/6/8	2002/12/31	
		1		秦山	Qinshan	核工業	72.8	1998/9/25	2003/7/24	
	VVER	運転	1	2	田湾	Tianwan	核工業	106	1999/10/20	2007/5/17
			1		田湾	Tianwan	核工業	106	2000/9/20	2007/8/16
		建設中	2	2	田湾3、4	Tianwan	核工業	102	2012/12 2013/9/	2018 /2 2018/12
		計画中	2	2	田湾5, 6	Tianwan	核工業	108	2015-17	
CPR1000+	建設中	2	2	陽江3, 4	Yangjiang	中広核	108	2010/11/15 2012/11/17	20150 2015	

世代	タイプ		基数	合計	名称	名称	主株主	万kW	着工	売(発電)電	
+	AP1000	建設中	2	4	海陽1, 2	Haiyang	中電投	125	2009/9/24 2010/6/20	2014/12 2016/ 3	
			2		三門1, 2	Sanmen	核工業	125	2009/4/19 2009/12/15	2014/12 2015/ 9	
		計画中	2	14	陸豊1, 2	Lufeng	中広核	125	2013-14		
			2		徐大堡1, 2	Xudabao	核工業	125	2013-15		
			2		三門3, 4	Sanmen	核工業	125	2014-16*		
			2		防城港3, 4	Fangchenggang	中広核	125	2014 - 2015		
			2		海陽3, 4	Haiyang	中電投	125	2014-16		
			2		白龍1, 2	Bailong	中電投	125	2015-17		
			2		惠州1, 2	Huizhou	中広核	125	2015-18		
		延期	2	20	湖北 通山大礮	Xianning (Dafan, Daban)	中広核	125	2010		
			4		広東 韶関	Shaoguan	中広核	125			
			4		湖南省 桃花江	Taohuaijiang	核工業	125	2015 - 17		
			2		龍游	Logyou	核工業	125	2015		
			2		煙家山 万安	Yanjiashan/ Wanman	核工業	125			
			2		安徽 蕪湖	Wuhu	中電投	125	2011/12/	2016/8/	
			2		彭澤	Pengze	中電投	125	2010	2013-2014	
		2	小墨山	Xiaomoshan	中電投	125	2010	2015/4、2018			
		CAP1400	計画中	2	2	石島湾1, 2	Shidaowan	華能	140	2014/4/ 2016	2018
		EPR1600	建設中	2	2	台山1, 2	Taishan	中広核	175	2009/11/18 2010/4/15	2014、 2015、
			計画中	2	2	台山1, 2	Taishan	中広核	175	2015-18	
	ACPR1000	建設中	1	1	陽江5	Yangjiang	中広核	108	2013/9/1	1905/7/9	
			2	9	昌江3, 4	Changjiang	核工業	65	2015-18		
		2	防城港5, 6		Fangchenggang	中広核	108	2014 - 2017			
		2	寧徳5, 6		Ningde	中広核	108	2015-17			
		1	陽江6	Yangjiang	中広核	108	2014年	2018			
	2	紅沿河5, 6	Hongyanhe	中広核	108	2013-2014	2016-				
	ACP1000	計画中	2	2	福清5, 6	Fuqing	核工業	110	2013/12 2014		
ACP100	計画中	2	4	莆田漳州1, 2	Putain Zhangzhou	核工業	10	2014/6/	2017 2018		
		2		江西省 横峰	Hengfeng	核工業	10				
	延期	2	6	江西省 寧都	Ningdu	核工業	10				
		2		吉林省 白山	Baishan	核工業	10				
2	湖南省	Hunan	核工業	10							

世代	タイプ		基数	合計	名称	名称	主株主	万kW	着工	売(発電)電
	HTGR	運転	1	1	高温ガス炉	HTR10	清華大	0.25	1995/5/1	2003年1月送電
	HTR-PM	建設中	1	1	石島湾	Shidaowan	華能	21.1	2012/12/9	2017年
	FBR	運転	1	1	高速実験炉	CEFR	核工業	2	2000年着工	(2011/7/21)
	BN-600 (BN-800)	計画中	2	2	三名1,2	Sanming	核工業	60	2017	2023

第3 + 世代炉の例 AP1000

安全性と経済性の同時成立例

電気がなくても自然に止まり、自然力で冷却継続

AP1000の固有安全対策例(全電源喪失時)

発生水素は触媒式水素再結合器と電池式着火器

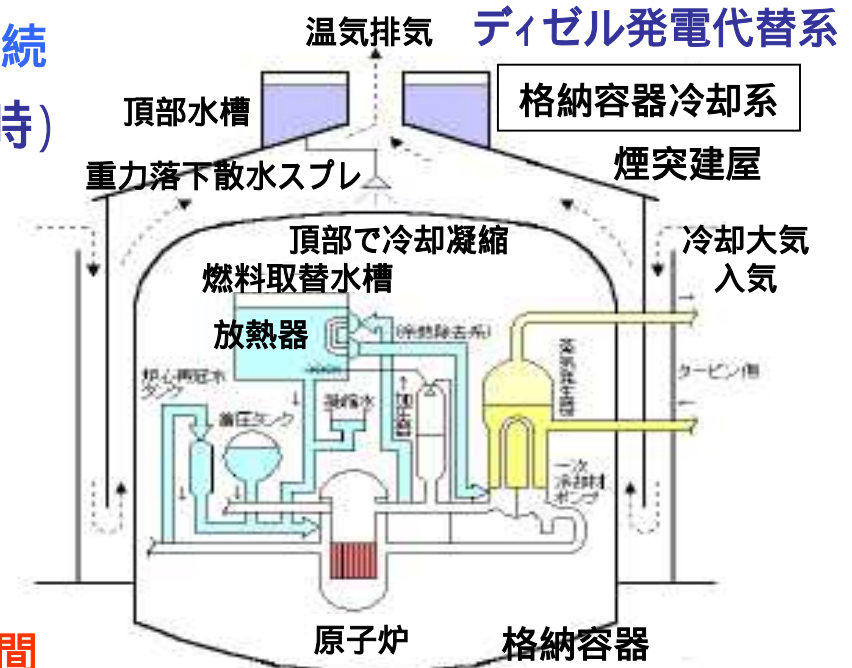
制御棒重力落下 炉の核反応緊急反応停止

燃料取替プール利用 自然対流力冷却 能力2時間

燃料取替プール水蒸発 格納容器散水冷却 72時間

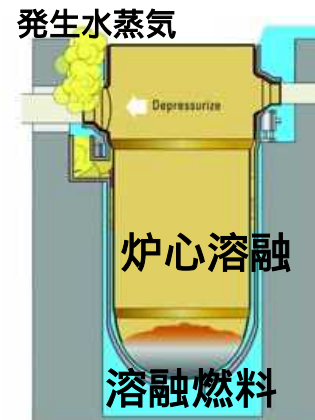
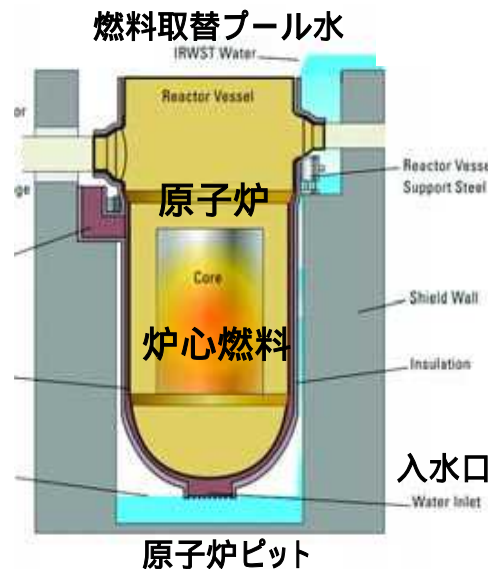
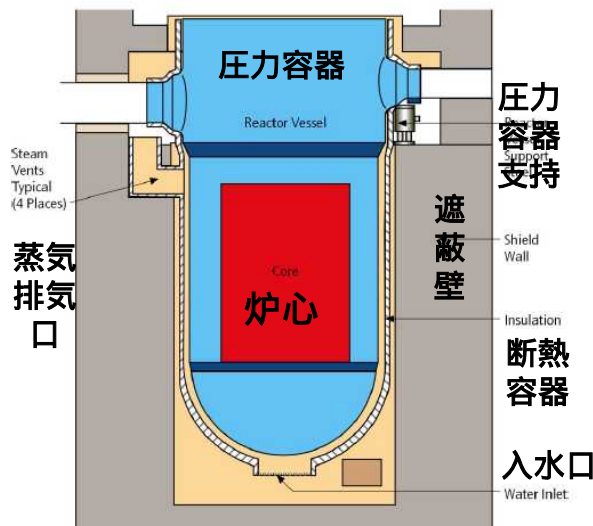
水蒸気凝縮再利用 格納容器空冷 無限時間

燃料溶融 炉外殻注水 格納容器空冷無限時間



炉心冷却系は全て格納容器内設置

炉心溶融物の炉内保持・冷却

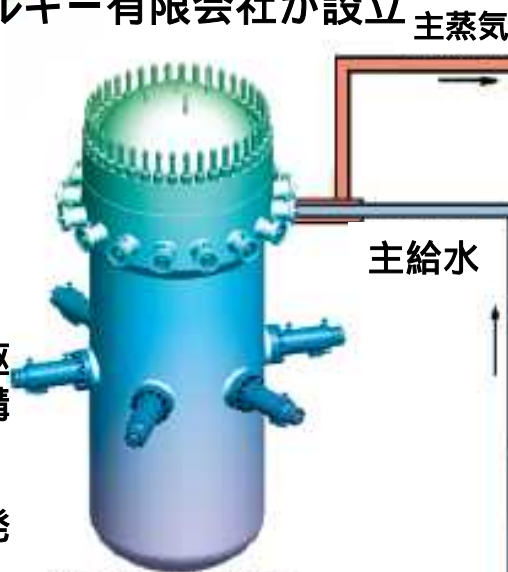
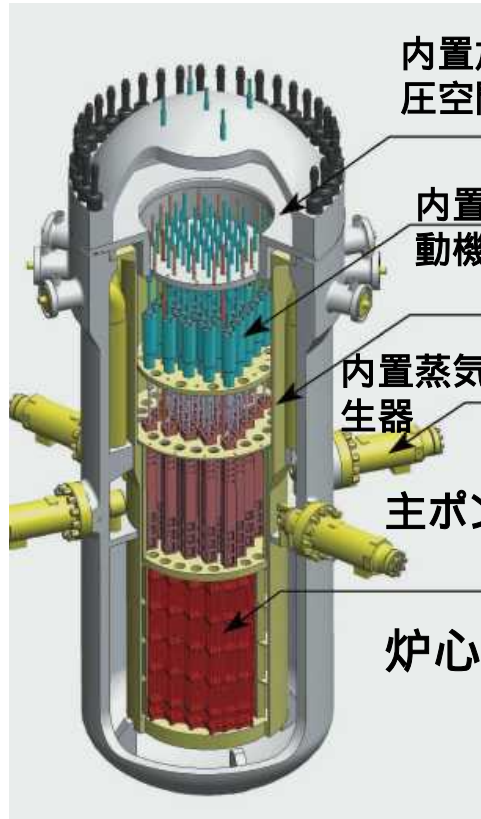


WH社提出
安全強化で
経済性も向上
簡素化が
同時成立解

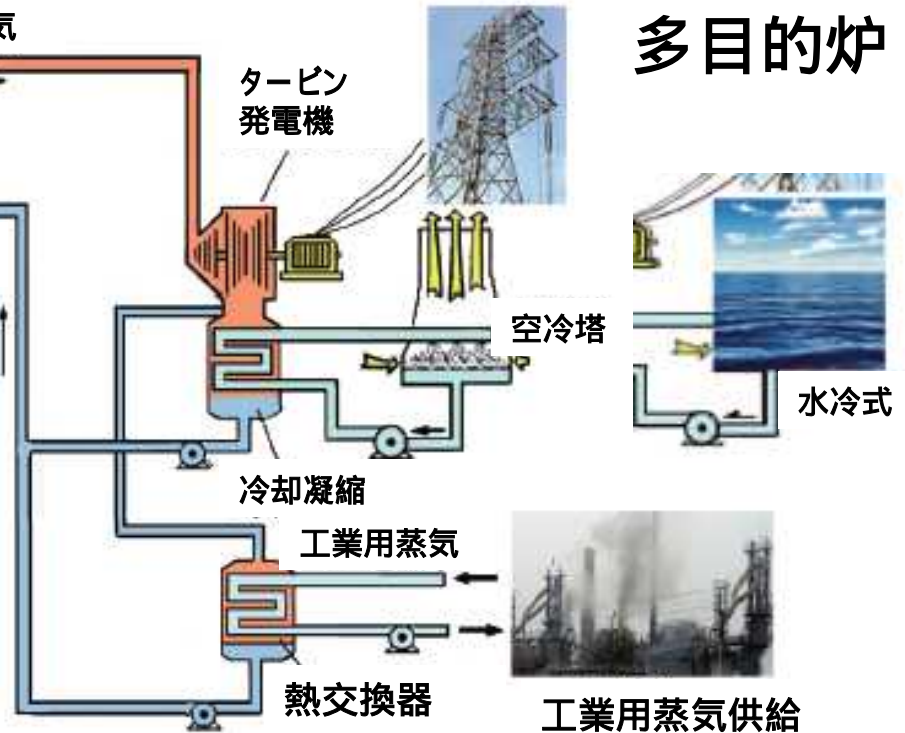
小型モジュール式加圧水型炉ACP100実証P

2011年4月 中核新エネルギー有限公司が設立
 2013年 着工予定
 福建省漳州

多目的炉

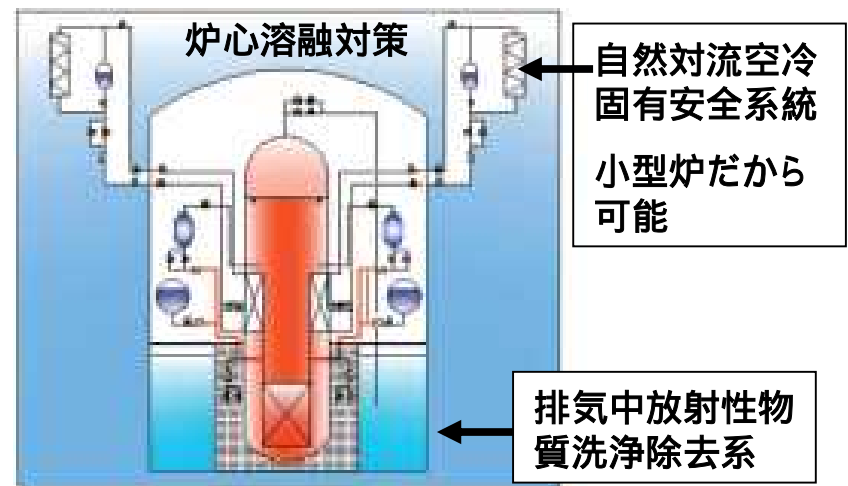


蒸気供給システム



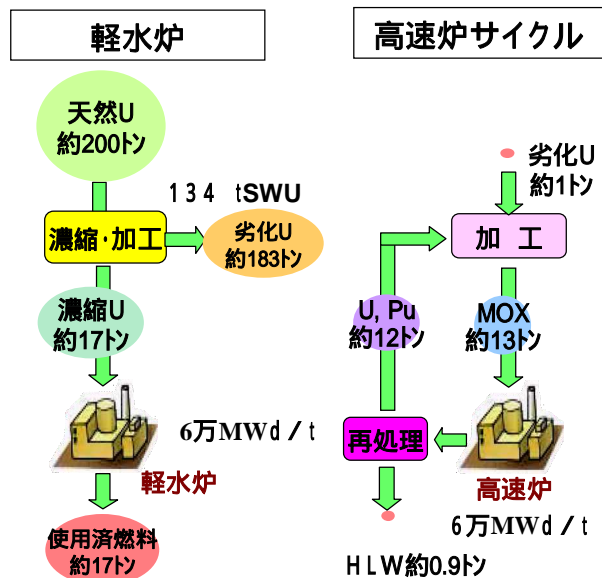
形式	一体型加圧水型炉
炉熱出力	38.5万kWt
電気出力	12万kWe
内径	3.1m
炉心部高さ	2.1m
原子炉冷却温度	305
圧力	15MPa
燃料交換	2年
燃料集合体	17×17SCF
集合体数	57体
最大蒸気供給能力	毎時504t
海水淡水化	日産14.4万t
建設期間	36ヶ月

沸騰水型炉に酷似しているが、制御棒駆動装置を上部に置いてあり、自然落下で炉が止まる様にしてある。



中国高速炉実証プラントCFR-600

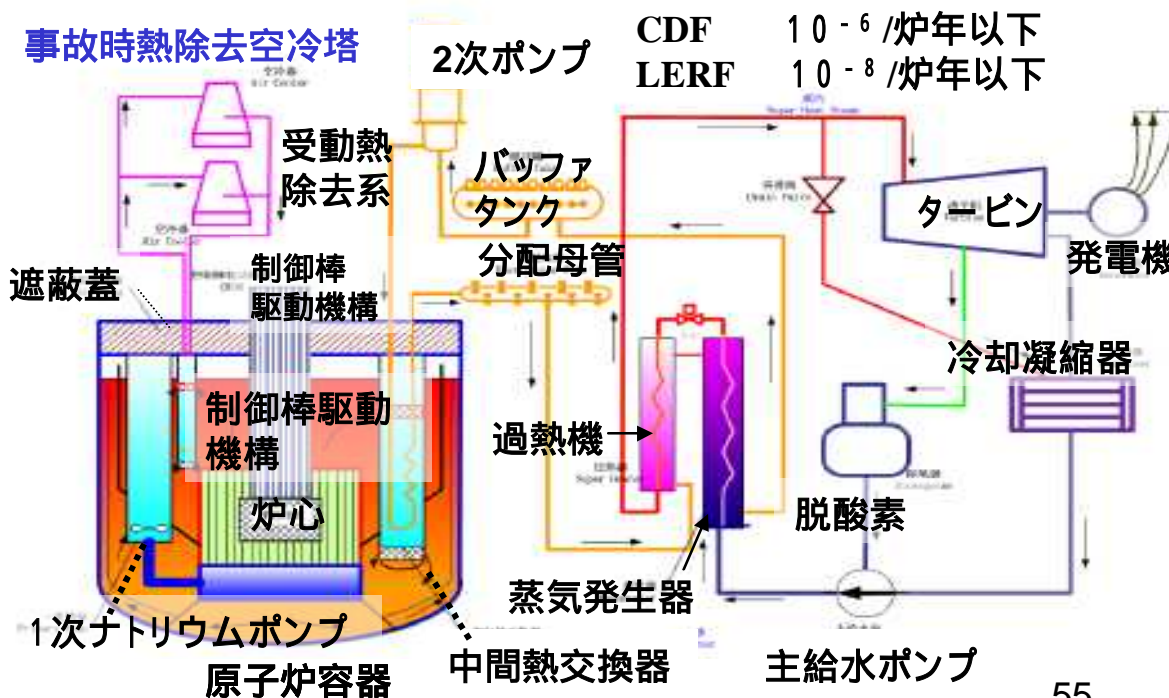
主要核燃料サイクル
(100万kW 1年当り)



形式	タンク型
熱出力	150万kWt
電気出力	60万kWe
熱効率	41%
設計稼働率	80%
燃料	混合酸化物MOX
燃焼度	100 MWd/kg
増殖率	1.2
ループ/回路	2 / 2

安全デザイン

1. 負のフィードバック係数 (暴走高温時の反応低下)
2. 追加の受動原子炉停止機能
3. 崩壊熱除去設計: 受動系と能動系の両方を備える
4. 炉容器下部に炉心溶融物受を設置
5. 過酷事故の結果を緩和するよう閉じ込め機能を設計



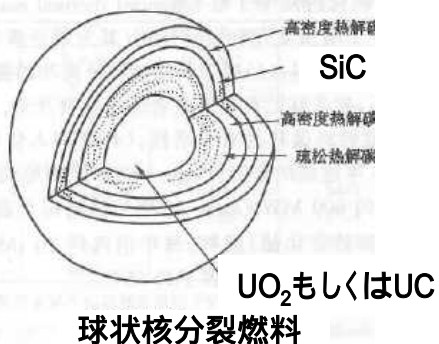
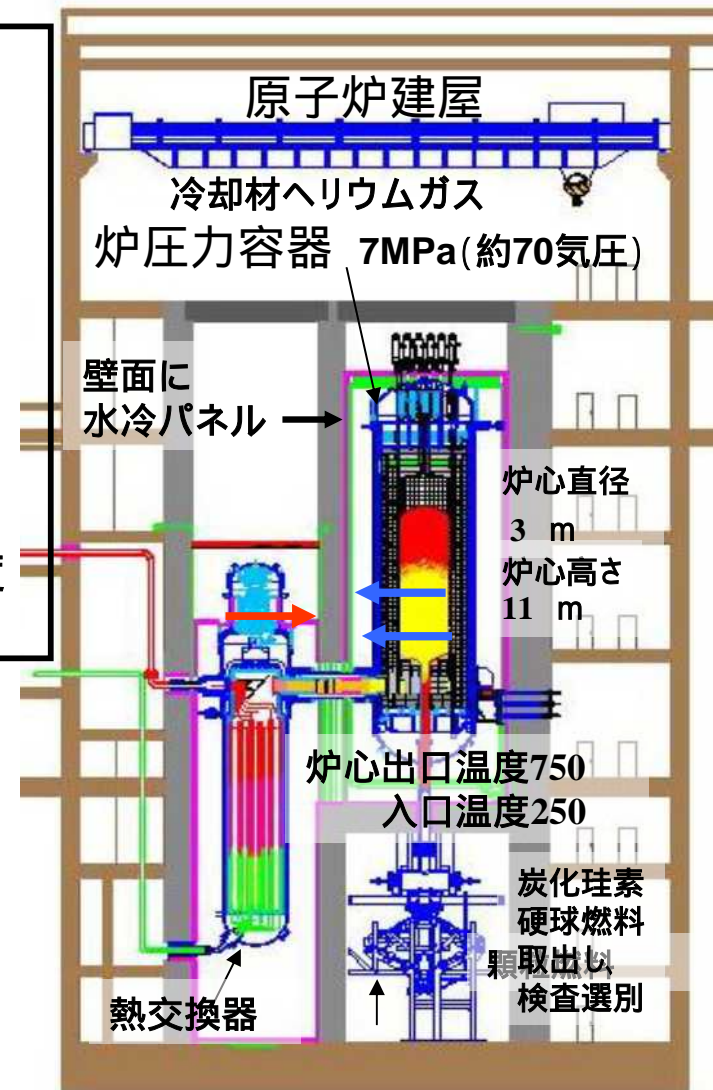
高温ガス炉 HTR-PM

諸元

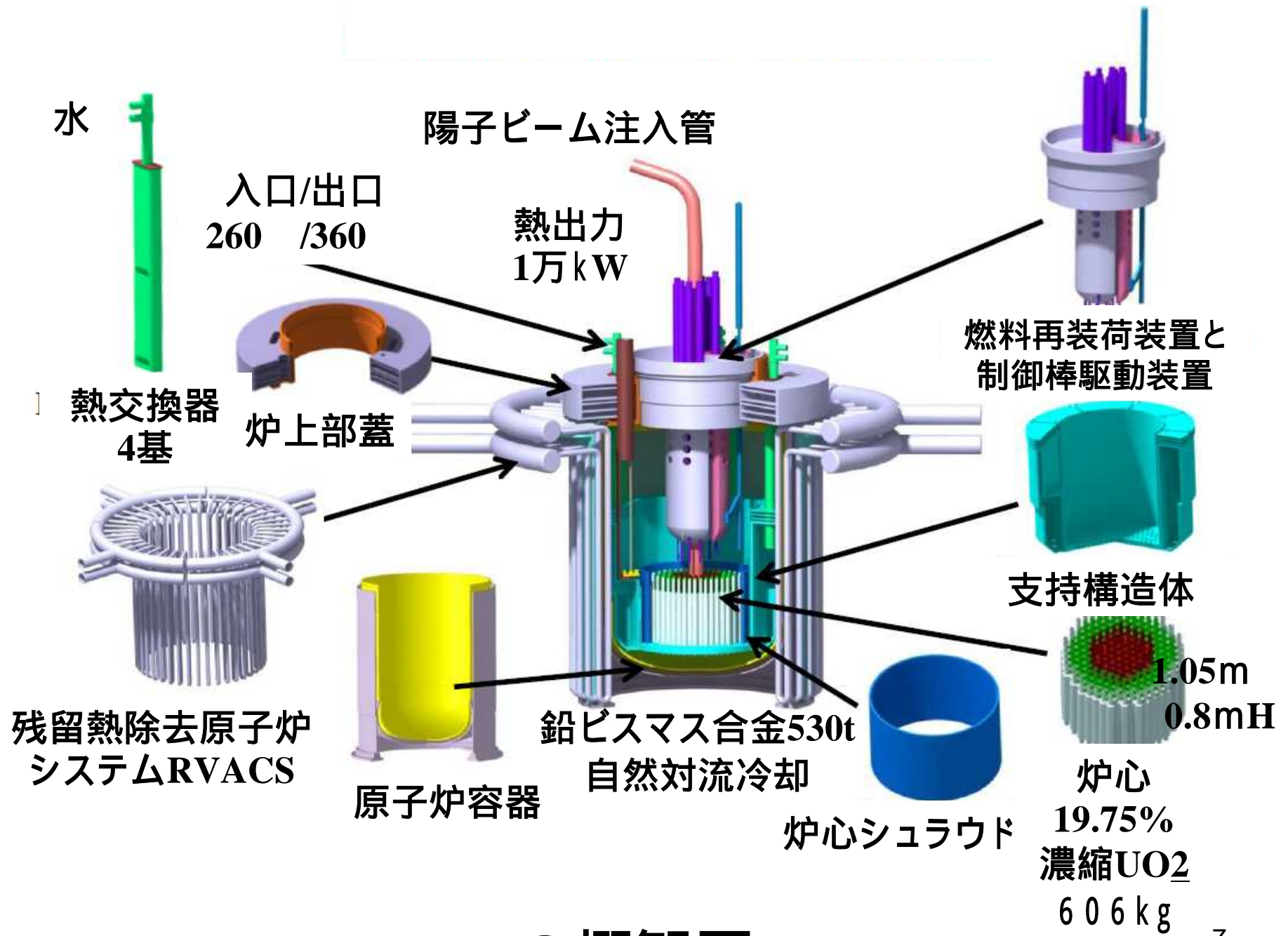
電気出力	21.1万kWe
炉心熱出力	25.0万kWt
モジュール数	2
炉心直径	3 m
炉心高さ	11 m
ヘリウム圧	7 MPa
炉心出口温度	750
炉心入口温度	250
燃料濃縮度	8.5%
球状燃料	ペブルベット式
蒸気圧	13.25MPa
蒸気温度	567

安全性

- 重力落下 制御棒
- 緊急停止B球落下
- 負の反応度
- 小形炉なので残留熱小
- 熱除去：伝導輻射で可
- 炉室側壁水冷
- 硬球燃料でF P閉込（温度1600 以下）



実物燃料



CLEAR-1の概観図

トリウム溶融塩炉 重大科技研究P

