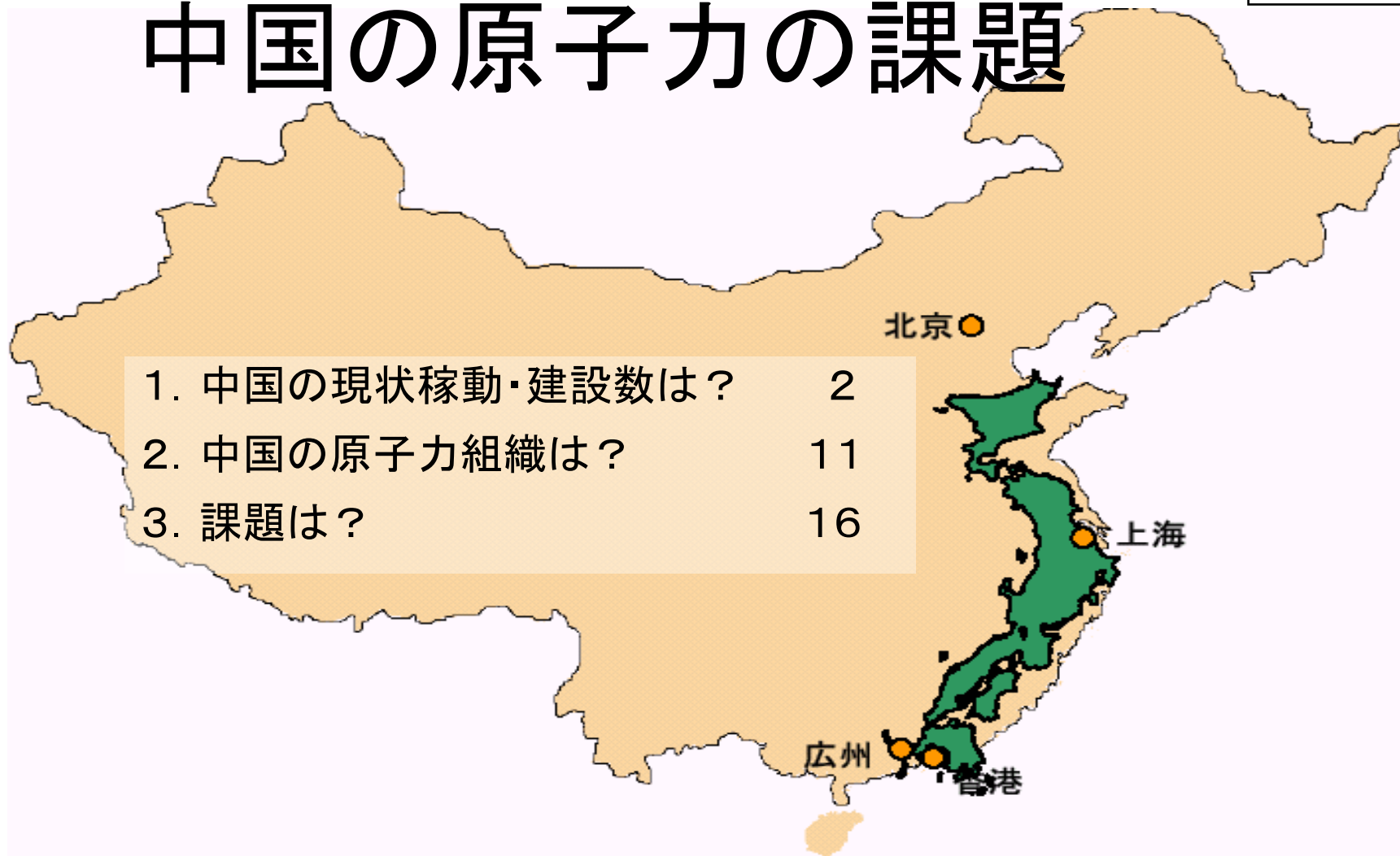


中国の原子力の課題



- | | |
|------------------|----|
| 1. 中国の現状稼動・建設数は？ | 2 |
| 2. 中国の原子力組織は？ | 11 |
| 3. 課題は？ | 16 |

日中科学技術交流協会 常務理事
元 JAEA 北京事務所 所長 永崎隆雄
2019年1月22日

1. 稼働状況（2019年1月）

① 2018年 7基増加

増加：田湾4号、陽江5号、三門1,2号、海陽1,2号、台山1号

② 中国は45基4300万kWとなり、日本の39基（停止30基、再開9基）を超えた

③ 増加は世界最新の改良第3世代炉6基、第3世代炉1基

④ トップ企業が施行：東芝WH社AP1000（三門、海陽）、仏アレバ社ERP（台山）

⑤ AP1000とEPRは予定の2倍近くの工期 9年間 経営を圧迫

AP1000の遅延原因は新型主冷却ポンプの故障、試験での破損など

⑥ 国産化改良第三世代炉ACPR1000（陽江5）も運転を開始 順調

⑦ 新しい改良第三世代炉の時代に突入

2. 建設状況（2019年1月）

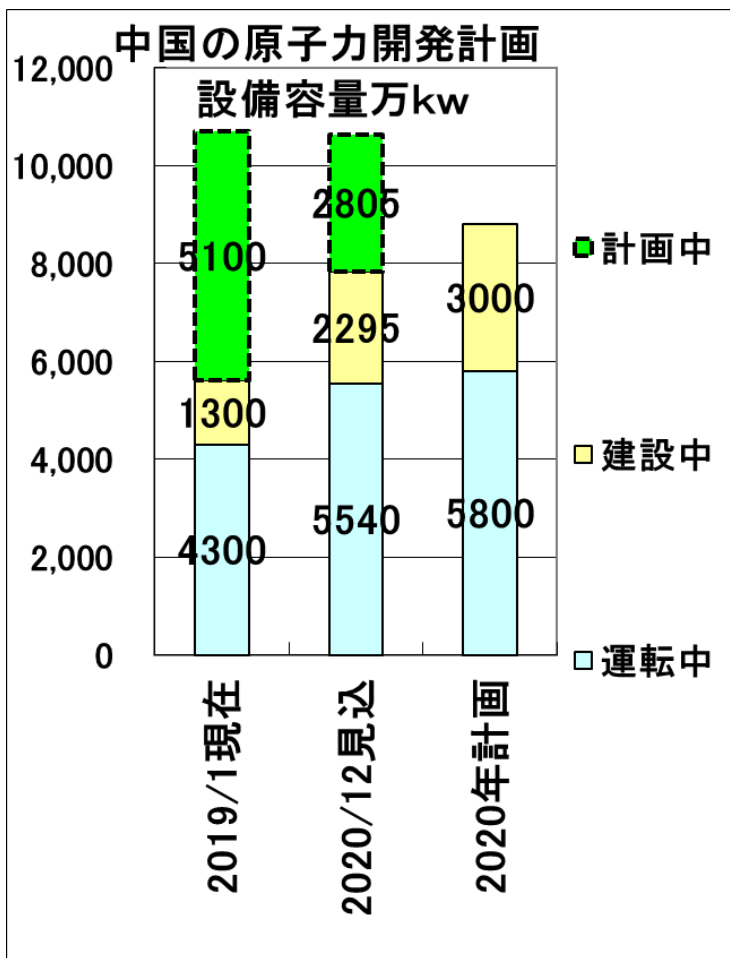
① 13基 1270万kW 全て改良第3世代炉

② 国産 高速炉CFR600 霞浦Xiapo が着工

小型船舶炉ACPR50S 渤海港 が着工

③ 2018年着工予定のCAP7基、華龍1基は未着工。APの稼働状況見か？経済減速？

中国の原子力発電 第13次5力年(2020年)計画 達成見込み



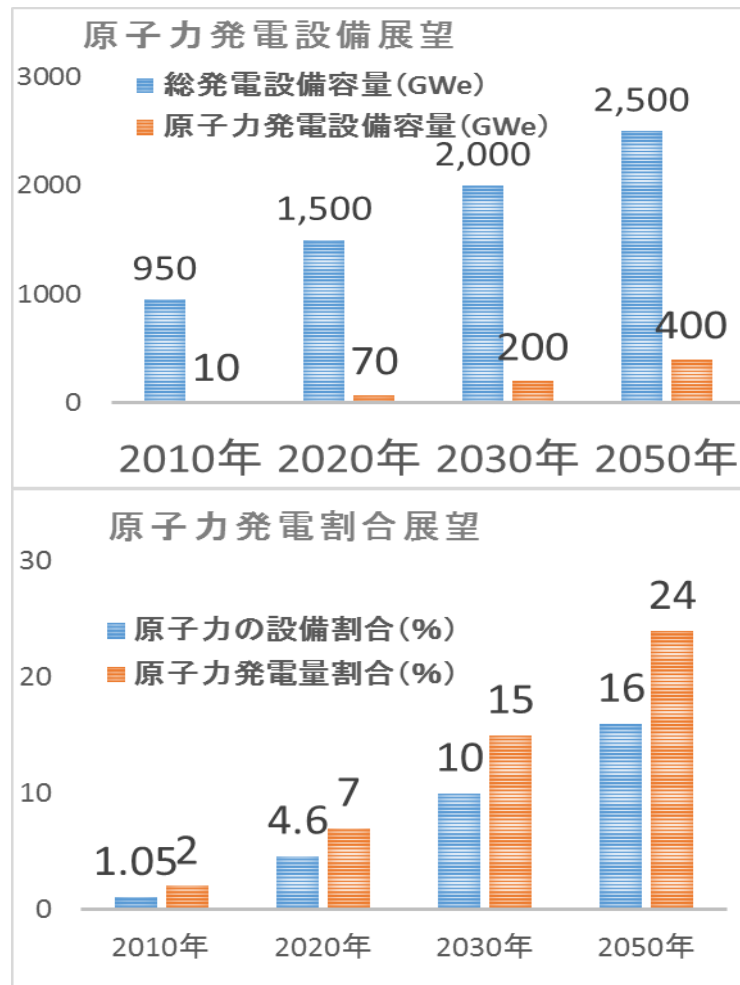
2020年達成
見通し

運転
ほぼ達成

建設
2018年着工
予定~19基
2295万kW
が着工しても
未達

原子力発電長期展望

出典：中国能源中長期発展戦略研究2011年3 工程院



2015年新常態経済で成長率は
10%より6.5%へ減速
⇒400GW は270GWへ減少

状況	主株主	名称	名称	炉型	世代	万kW	売(発電)電
稼働中	核工業集団 15基	Qinshan I	秦山 I	国 CNP300	II	29.8	1994年4月
		Qinshan II	秦山 II 1	国 CNP600	II +	61	2002年4月
			秦山 II 2	国 CNP600		61	2004年5月
			秦山 II 3			62	2010年10月
			秦山 II 4			62	2011年12月
		Fangjiashan	方家山1	仏CPR1000	102	2014年12月	
			方家山2		102	2015年2月	
		Qinshan III	秦山 III 1	加 CANDU6	67.8	2002年12月	
			秦山 III 2		67.8	2003年7月	
		Tianwan	田湾1	露VVER1000	99	2007年5月	
	田湾2		99		2007年8月		
	田湾3		106		2017年12		
	田湾4		106		2018年10月		
	Sanmen	三門1	米AP1000	115.7	2018年9月		
		三門2		115.7	2018年11月		
	核工業・ 華能集団 6基	Changjiang	昌江1	国 CNP600	65	2015年12月	
			昌江2		65	2016年8月	
		Fuqing	福清1	仏CPR1000	102	2014年11月	
			福清2		102	2015年10月	
			福清3		102	2016年10月	
			福清4		102	2017年9月	
		中広核集団 14基	Daya Bay	大亜湾1	仏 M310	94.4	1994年2月
				大亜湾2		94.4	1994年5月
	Ling Ao		嶺澳1	仏CPR1000	93.8	2002年5月	
			嶺澳2		93.8	2003年1月	
			嶺澳3		102.6	2010年9月	
			嶺澳4		102.6	2011年8月	
	Yangjiang		陽江1	仏CPR1000+	102.1	2014年3月	
			陽江2		102.1	2015年6月	
			陽江3	III	102.1	2015年12月	
			陽江4		102.1	2017年3月	
	Fangchenggang	防城港1	仏CPR1000	100	2018年7月		
		防城港2		108	2015年12月		
	Taishan	台山1	仏EPR	108	2016年10月		
	中広核 国家電力投資 4基	Hongyanhe	紅沿河1	仏CPR1000	166	2018年6月	
			紅沿河2		102.4	2013年6月	
紅沿河3			102.4		2014年5月		
紅沿河4			102.4		2015年8月		
中広核 大唐集団 4基	Ningde	寧徳1	仏CPR1000	102.4	2016年6月		
		寧徳2		102	2013年4月		
		寧徳3		102	2014年5月		
		寧徳4		102	2015年6月		
国電投 2基	Haiyang	海陽1	米AP1000	102	2016年6月		
		海陽2	米AP1000	115.7	2018年8月		
		合計45基		合計	4316		

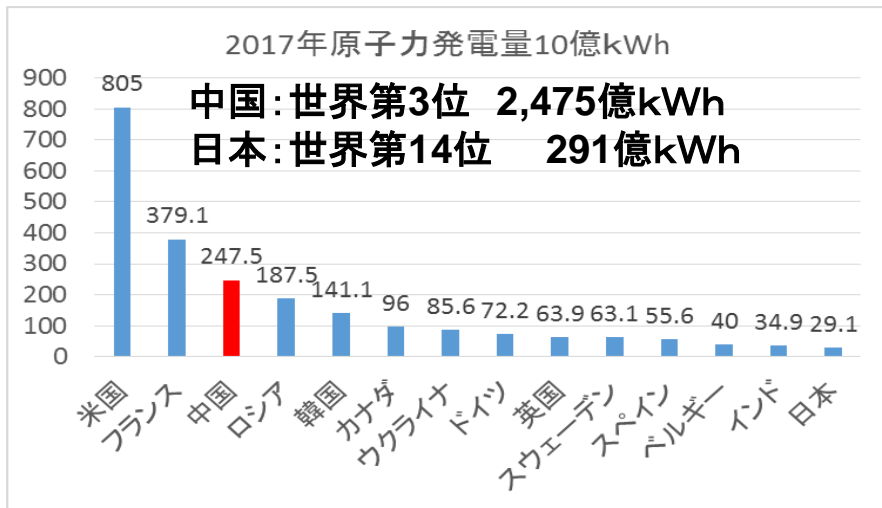
建設中2018年12月									
状況	主株主	名称	名称	タイプ	世代	万kW	建設開始	売(発電)電	
建設中	核工業 4基	Tianwan	田湾5	ACPR1000	Ⅲ+	108	2015/12/1	2020年12月	
			田湾6			108	2016/9/1	2021年7月	
		Xiapu	福建 霞浦 1	CFR600	Ⅳ	60	2017/12/1	2023年	
	核工業・華電 2基	Fuqing	福清5	華龍1号	Ⅲ+	115	2015/5/1	2019年	
			福清6			115	2015/12/1	2020年	
	中広核 5基	Yangjiang	陽江6	ACPR1000		108	2013/12/1	2019年	
		Bohai Shipyard	渤海港	ACPR50S		6	2016/11/1	2020年	
		Taishan	台山2	EPR1600		175	2010/4/1	2019年	
		Fangchenggang	防城港3	華龍1号		115	2015/12/1	2019年	
			防城港4			115	2016/9/1	2020年	
	中広核・国電投 2基	Hongyanhe	紅沿河5	ACPR1000		112	2015/3/1	2019年11月	
			紅沿河6			112	2015/12/1	2020年8月	
	華能	Shidaowan	石島湾	HTR-PM		Ⅳ	21	2012/12/1	2018年
		合計基数	13			合計	1270		

状況	計画 主株主	2018年12月WNA			世代	万kW	基数	出力	建設開始
		名称	名称	タイプ					
計画 中	核工業 11基	Sanmen	三門3, 4	CAP1000	Ⅲ+	125	2	250	2018年
		Haixing	海興1, 2			125	2	250	2018年
		Taohuajiang	桃花江1-4			125	4	500	2019年
		Tianwan	田灣7, 8	VVER-1200/V-		120	2	240	2019年
		Xiapu	霞浦2	高速炉CFR600	Ⅳ	60	1	60	
	核工業-大唐 4基	Xudabao	徐大堡1, 2	CAP1000	Ⅲ+	125	2	250	2018年
			徐大堡3, 4	VVER-1200		120	2	240	2019年
	核工業-国電	Zhangzhou	漳州1, 2	華龍1号		115	2	230	2018年
		ChangjiangSMR	昌江SMR 1,2	ACP100		10	2	20	
	核工業/華能	Changjiang	昌江1,2	華龍1号		115	2	230	2019年
		Shidaowan/Rongcheng	石島湾/荣成1、2	CAP1400		140	2	280	2018年
	中広核	Lufeng (Shanwei)	陸豊1, 2	CAP1000		125	2	250	2018年
		Xianning (Dafan, Daban)	通山大阪1, 2			125	2	250	2019年
		Huizhou	惠州1, 2	華龍1号		115	2	230	2018年
		Fangchenggang	防城港5, 6	EPR1600		115	2	230	
		Taishan	台山3, 4		175	2	350		
	中広核・大唐	Ningde	寧徳5, 6	華龍1号	115	2	230	2019年	
	国電投	Bailong	白龍1, 2	CAP1000	125	2	250		
		Haiyang	海陽3, 4		125	2	250	2018年	
		Lianjiangs	廉江1, 2		125	2	250		
Pengze		彭澤 1, 2	125		2	250	2019年		
	合計					43	5090		

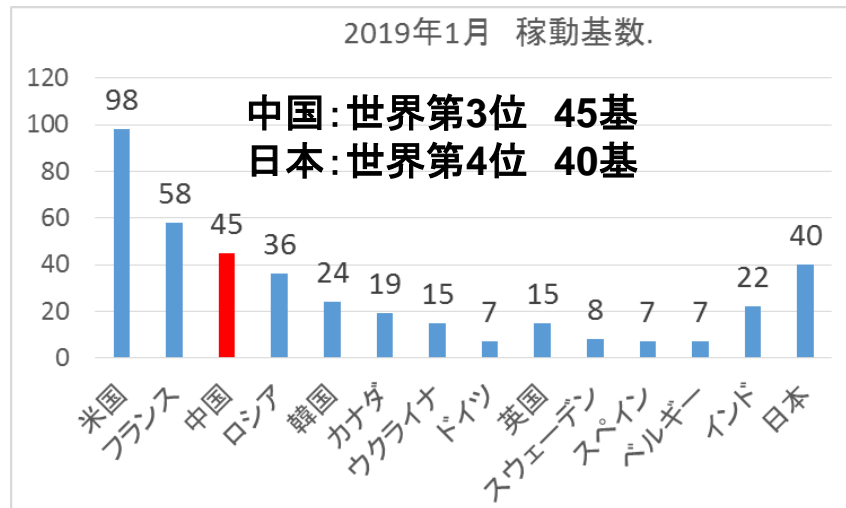
中国の世界順位

出典:WNA

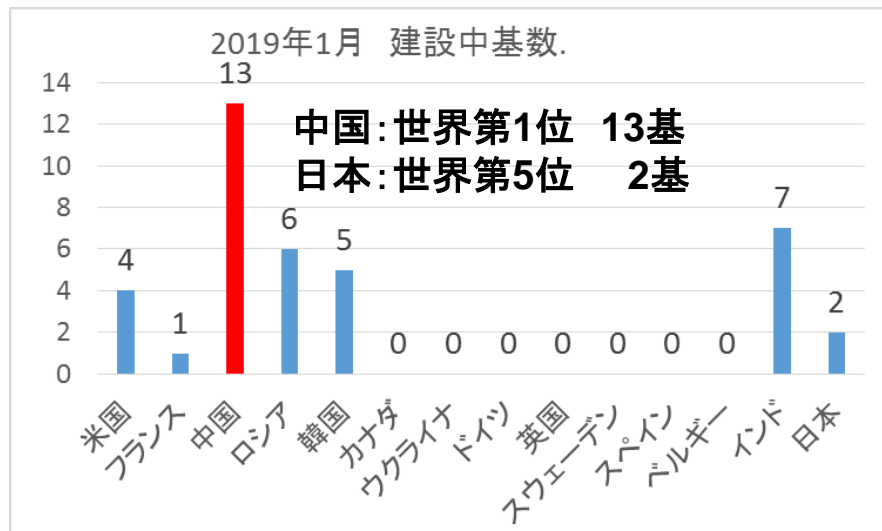
原子力発電量 2017年



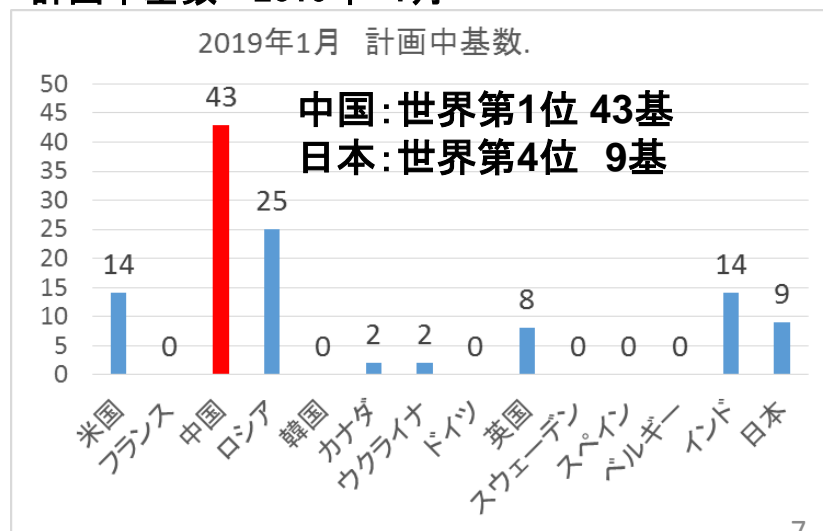
稼働基数 2019年 1月



建設中基数 2019年 1月

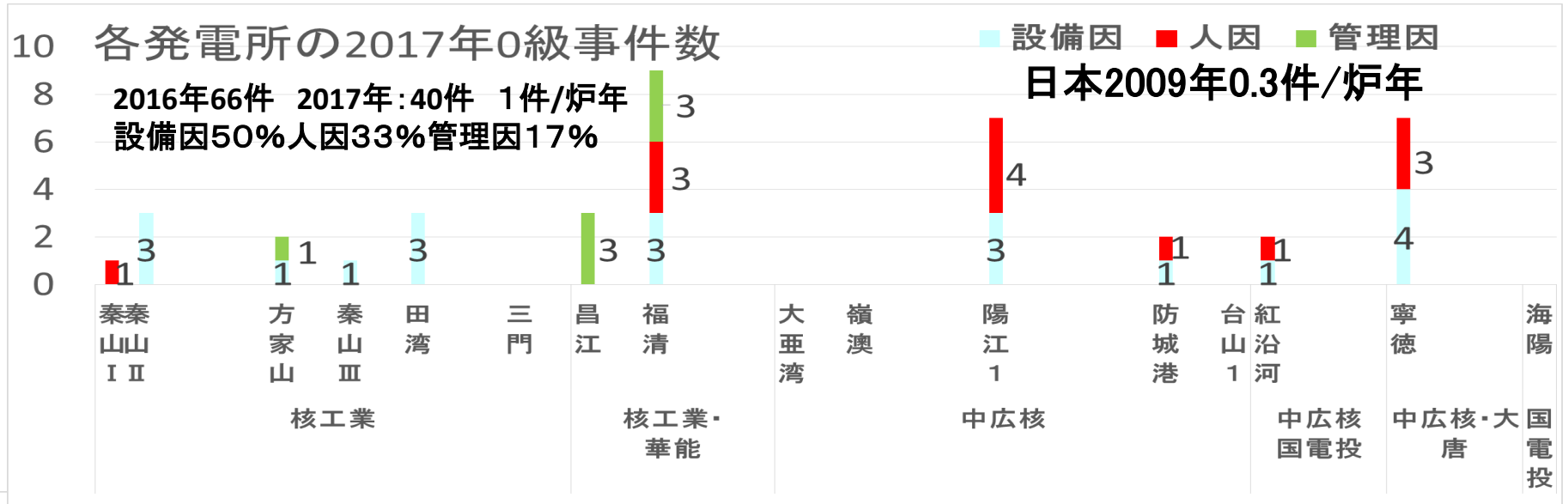


計画中基数 2019年 1月



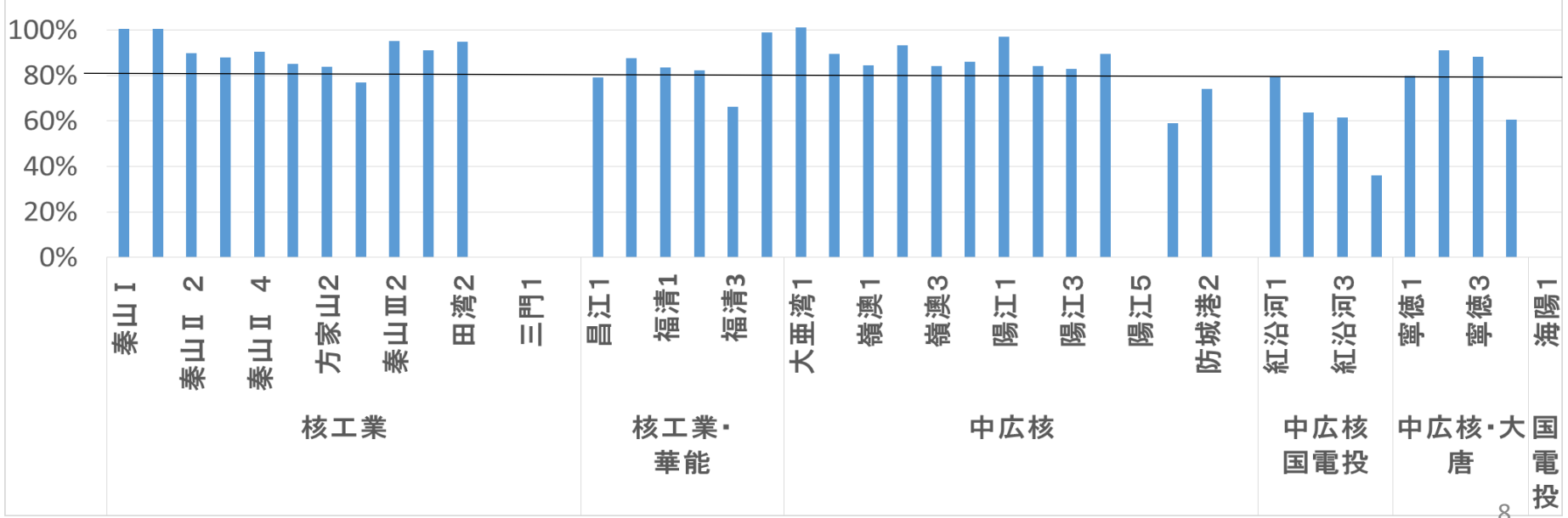
原子力発電稼働状況

出典: 国家核安全局2017年報

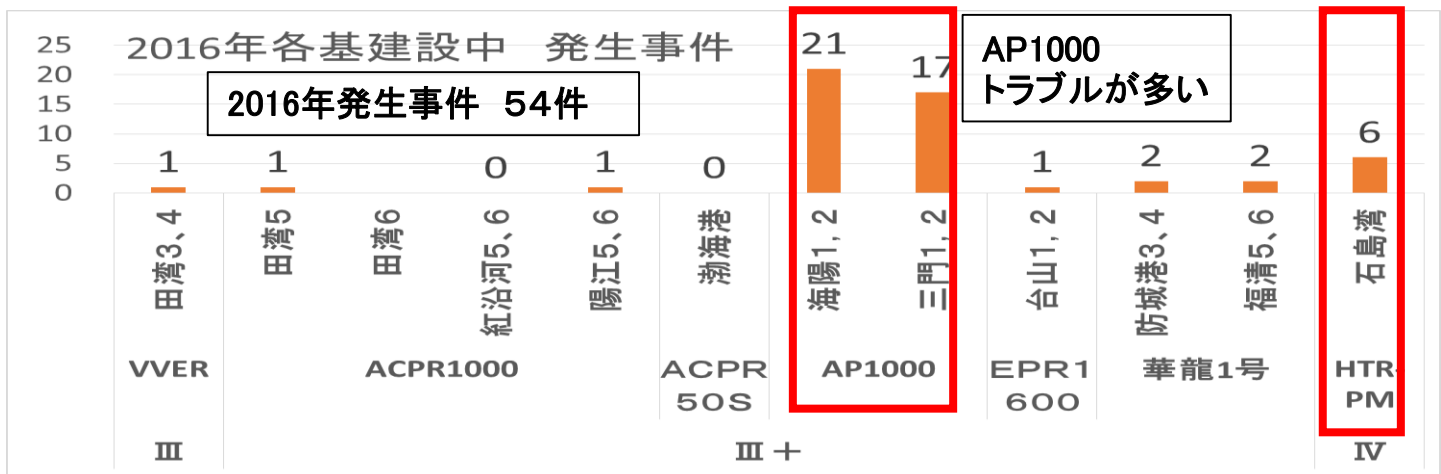


平均80%稼働

2017年設備利用率



建設中原子力発電事件

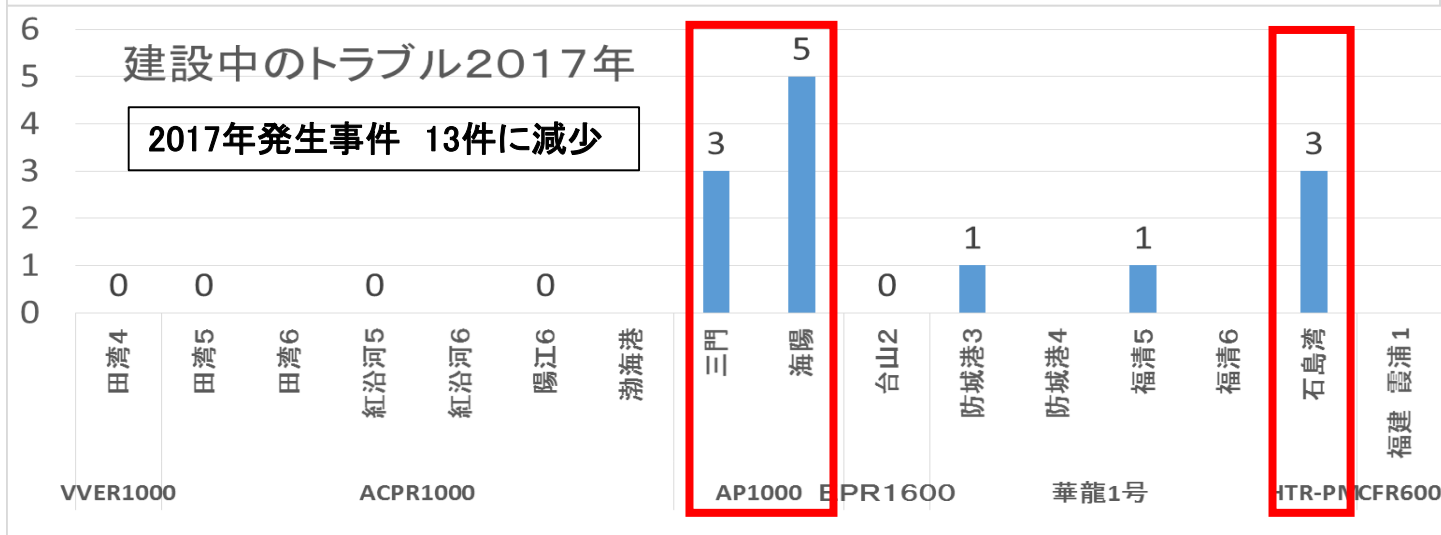


三門 AP1000

着工 2009年4月
運開 2018年6月
工事長期化9年

海陽 AP1000

着工 2009年9月
運開 2018年8月
工事長期化9年



台山 EPR1400

着工 2009年11月
運開 2018年6月
工事長期化 9年

陽江5 ACPR1000

着工 2013年9月
運開 2018年7月
工期 5年

出典: 国家核安全局2017年報、16年報

中国の原子力の技術レベル

中国原子力発電 炉型基数 2019年1月

0 5 10 15 20 25

発達段階・世代	運開	特色	炉心溶融確率 回/炉年	設計寿命年	稼働率 %				
II	1994~	商業炉	1/1万	40年	0.89	II	CNP300	1	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ■ 運転中 ■ 建設中 ■ 計画中 </div>
II +	1994~	TMI事故改良と追加安全設備で対応	1/1万~1/10万	40年~60年	87~88 %	+ II	CNP600	6	
							M310	4	
III	2002~	設計からTMI事故・チェルノブイリ対応	1/10万	60年	90~92 %	III	CPR1000	20	
							CANDU6	2	
							VVER1000	4	
III +	2013年~	設計から9.11テロ福島事故対応	1/百万	60年	92~94 %	+ III	CPR1000+	2	
							ACPR1000	1	
							華龍1	4	
							AP1000	4	
							CAP1000	22	
							EPR1600	1	
							ACPR50S	1	
							CAP1400	2	
							ACP100	2	
							VVER1200	4	
IV	実証炉 2015年~	高効率・高持続・高安全・高核不拡散・良環境性	1/百万	60年	85~94 %	IV	HTR-PM	1	
							CFR600	1	
							BN800	1	

現在は改良第2世代が主

今後は改良第3世代が主

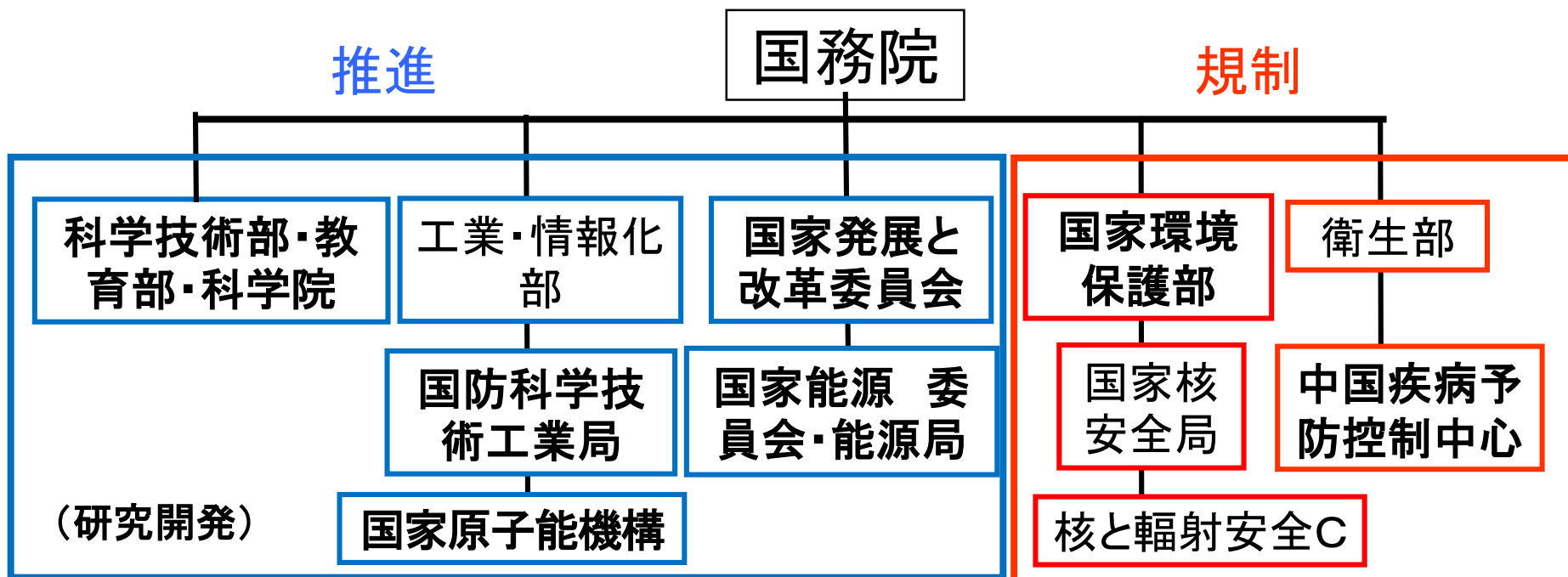
2. 中国の原子力組織

1998行政改革で 規制と推進を分離

核安全局が放射線と原子力発電の統合規制

能源局がエネルギーと原子力発電を統合推進

国家原子能機構が国防と核燃料を推進



・高速実験炉
高温ガス実験炉
・溶融塩炉
核融合

核物質・核燃料・
廃棄物計画・監督
核事故、輸出
国際協力

・エネルギー
原子力発電
計画・監督

原子力と放射線
健康管理
統合規制・監督
:2020年
2000人

原子力発電事業者 3大事業者

事業者	中国核工業集団 CNNC	中国広核集団 CGN	国家電力投資集 団 SPIC	5大電力 華能、大唐、 華電、国電
事業 内 容	設計・エンジニア			将来原子力発電所
	原子力発電所運営			
	研究開発	新エネルギー	一般電力(火力・水力・太陽・風力)	
	ウラン探鉱・開発	ウラン探鉱・開発		
	核燃料製造			
再処理				
廃棄物 低・高レベル	廃棄物 低レベル			
特色	元核工業部 加CANDU 露VVER 自主国産化 CNP ⇒ACC⇒華龍	元水電部 フランスM310 導入国産化 CPR ⇒ACPR⇒華龍	元国家電力公司 米AP1000 導入国産化 AP ⇒CAP 投資	

原子力発電設備メーカー

3大設備メーカー…上海電気集団、東方電気集団、ハルビン電気集団

2大重工…第一重型機械集団、第二重型機械集団

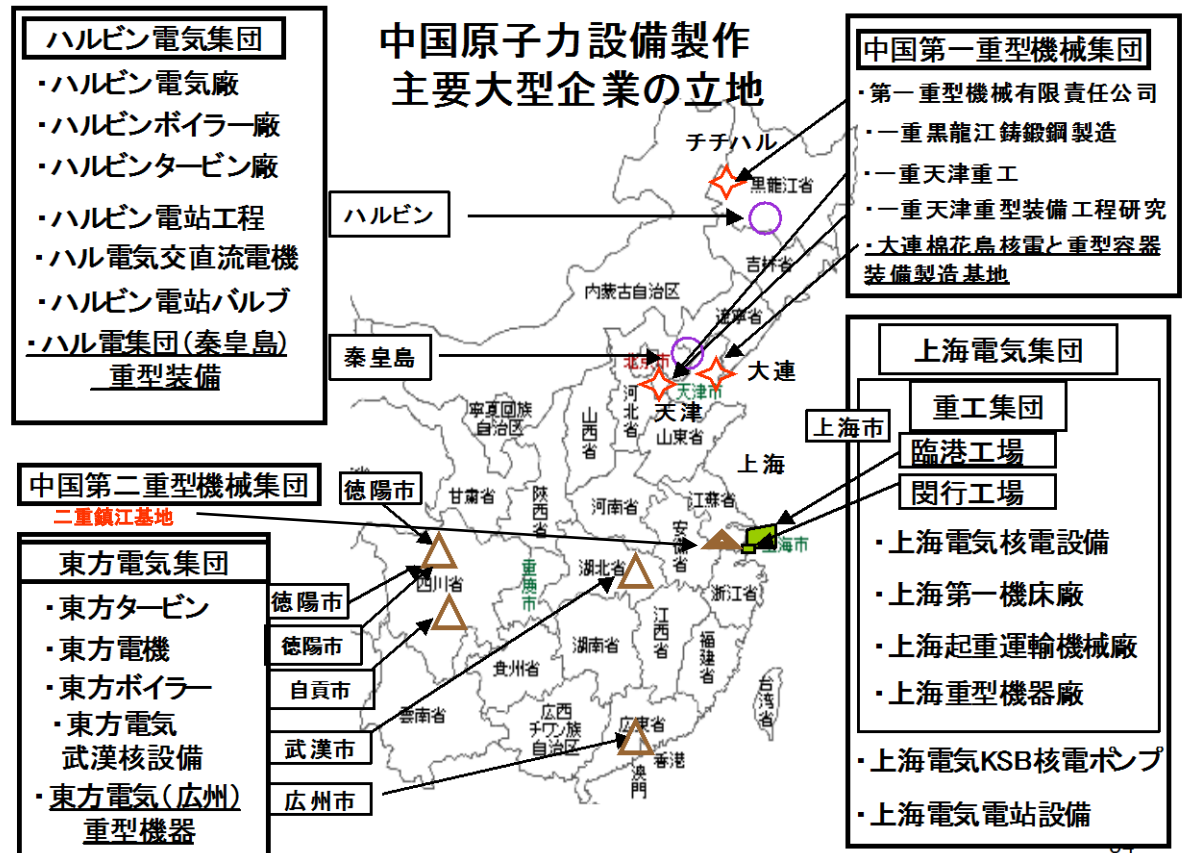
国防分散配置から沿海立地 集約化展開

四川地震復興+リーマンショック対応で設備増強 近代化

⇒福島事故で設備過剰化⇒輸出

特徴

- ①製作設備は最新鋭
- ②工場運営・品質管理は未熟
- ③エンジニアは電力会社に所属
- ④メーカー所属の炉型は無し
- ⑤上海電気集団:フル部品製作可
- ⑥東方電気:アレバ社と提携
全部品製作可
- ⑦重型設備工場:沿海部に移設
積出埠頭を設置



3. 課題は？

課題 1 貧困	1 7
課題 2 過度の石炭依存	1 8
課題 3. 2050年展望 原子力400GW 360基	1 9
課題 4. 過酷事故日本の10倍の低減 改良第3世代炉	2 1
課題 5. 核安全法、原子能法、安全計画	2 3
課題 6. 経済性 製造価格の高騰	2 9
炉の改善、集約経済配置、国産化、組織統合	
課題 7. 核燃料自立 ウラン供給	3 8
課題 8. 新常态策 経済減速 過剰設備 一带一路 輸出	

課題1 貧困

一人当りGDP 8827ドル世界74位 日本の4分の1 平均年収40万円

対策 高度経済成長策⇒外国技術・資金導入、国有企業行企分解、特区
派生課題・・・国内石炭活用⇒環境汚染が深刻化

過剰生産 ⇒低賃金

⇒新常态策、経済減速、一帯一路、輸出 ⇒ 中米貿易摩擦

人口(2017統計)

13.9億人 日本の10倍

農村人口 41% 成長源

農民工人口 20% 成長源

GDP12.24兆ドル世界2位

成長率 6.9% 日本の6倍

1人当年収 :2.6万元(40万円)

農工年収 :4.2万元(63万円)

消費年支出:1.8万元(27万円)

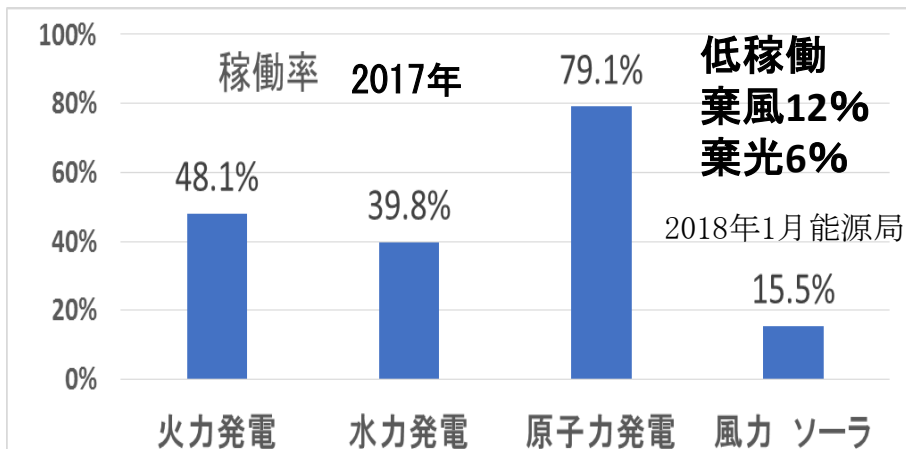
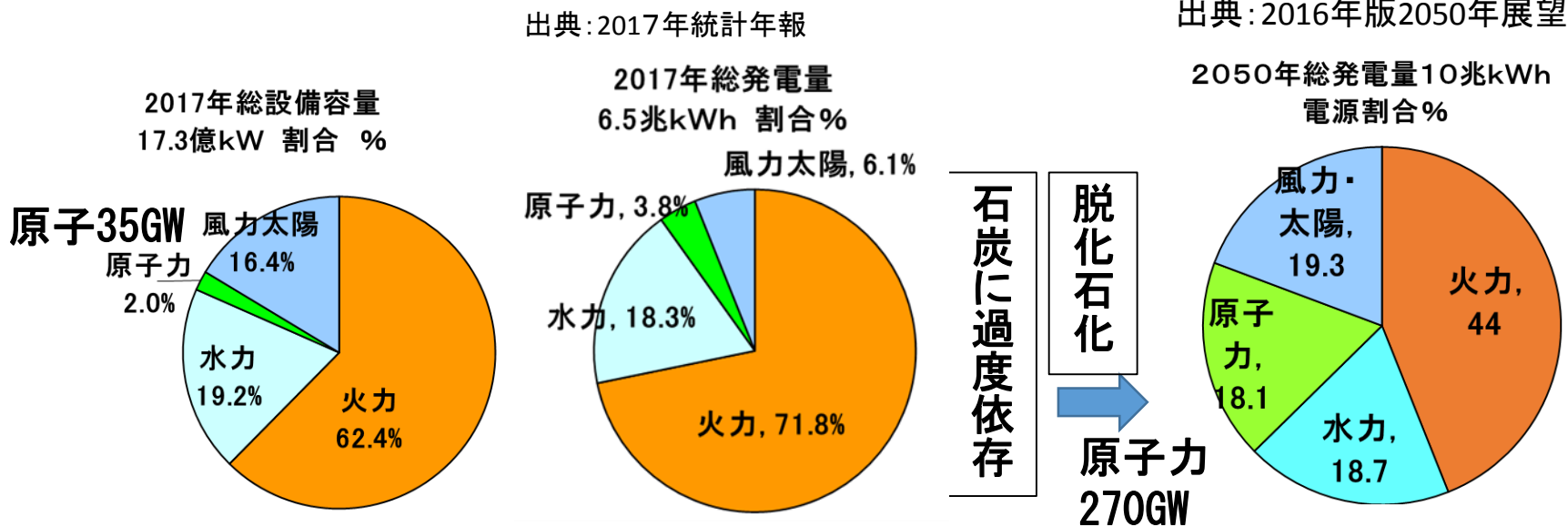
早く豊かになりたい！ 先富論！
日本人並⇒6.5%成長で22年



課題2 過度の石炭依存

派生課題：環境問題の深刻化⇒脱化石化：水力・原子力・風力・ソーラ強化

原子力2050年展望：2011年版工程院：400GW(～360基)、2016年版：270GW(250基)



派生課題：風力・太陽は低稼働・補助金過大化 ⇒2016年発改委は太陽・風力卸電価 引下

13～18%、5～15%

2018年 風力・太陽：補助金 年々削減
買取価 0.05元/kWh 引下

風力・太陽等の廃棄電力の低減義務を課す

課題 3. 2050年展望 原子力 400GW=約320~360基

立地問題

稼働中12立地 現在計画 25立地

日本は16立地

2050年360基なら
6基/1立地で 60立地
沿海（日本の半分）

⇒内陸立地

米国39、仏14ヶ所
平常時：水汚染基準以下

事故対応：福島経験活用

- ①汚染水貯槽、貯水缶
- ②漏洩封堵水セメント
- ③汚染水処理装置
- ④地下水遮水鉄板
等の設置を研究

用水は十分か？

400基空冷式AP1000で

年取水120~160億m³





蒸発 90~130億m³

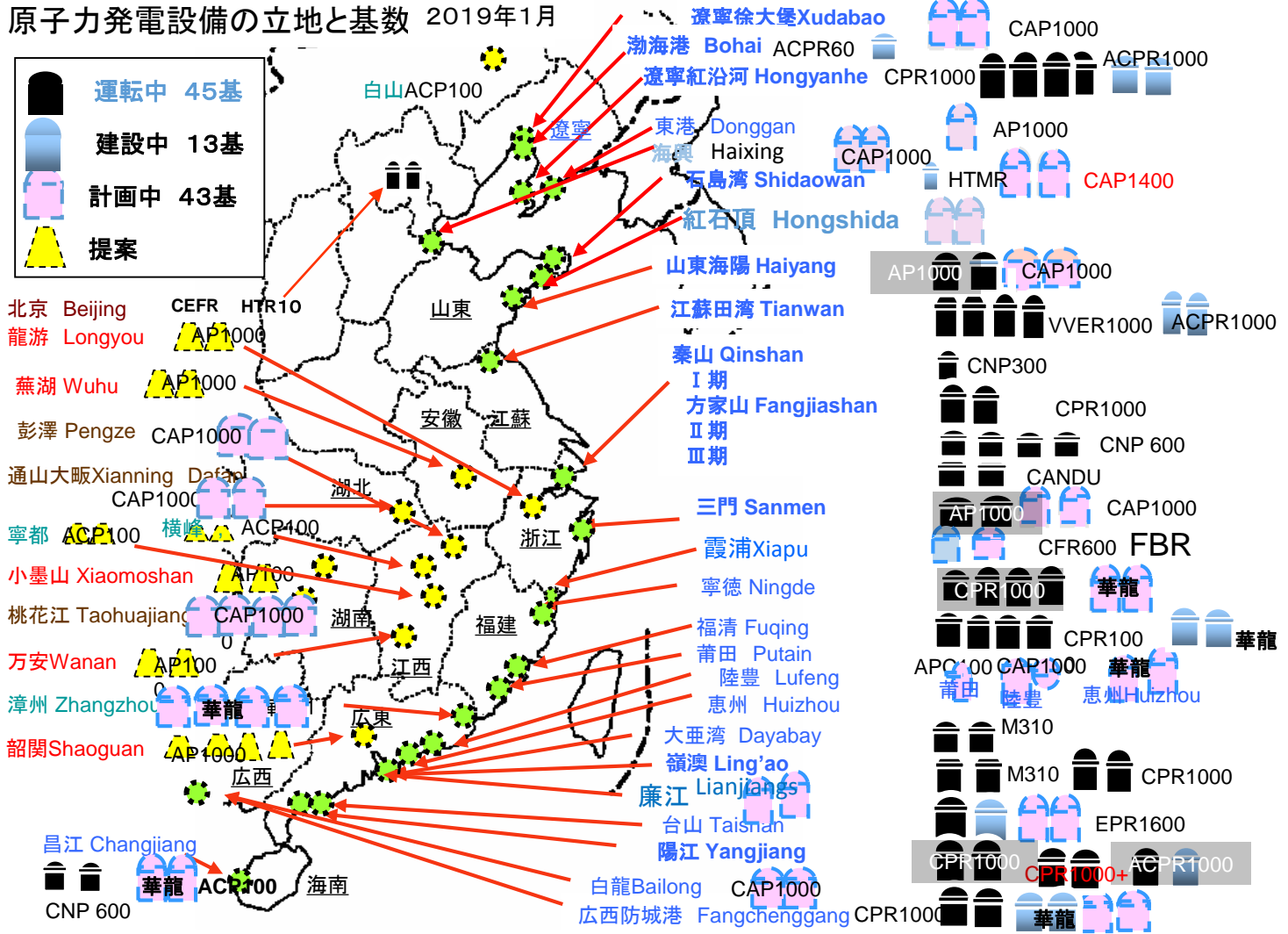
<<中国年用水制限

7000億m³ (~2030年)

番号	株式会社	立地名	中国読み	基数				立地
				稼働中	建設中	計画中	合計	
1	中国核電力10	秦山/方家山	Qinshan/Fangjiashan	9			9	沿海
2		田湾	Tianwan	4	2	2	8	
3		福清	Fuqing	4	2		6	
4		三門	Sanmen	2		2	4	
5		昌江	Changjiang	2		4	6	
6		霞浦	Xiapu		1	1	2	
7		海興	Haixing			2	2	
8		漳州	Zhangzhou			2	2	
9		徐大堡	Xudabao			4	4	
10		桃花江	Taohuaijiang			4	4	
11	中国広核電6	大亜湾/嶺澳	Daya Bay/Ling Ao	6			6	沿海
12		陽江	Yangjiang	5	1		6	
13		紅沿河	Hongyanhe	4	2		6	
14		寧徳	Ningde	4		2	6	
15		防城港	Fangchenggang	2	2	2	6	
16		台山	Taishan	1	1	2	4	
17	中広核4	渤海港	Bohai Shipyard		1		1	沿海
18		陸豊	Lufeng (Shanwei)			2	2	
19		惠州	Huizhou			2	2	
20		咸寧(大坂)	Xianning (2	2	
21	国電投4	海陽	Haivang	2		2	4	沿海
22		石島湾	Shidaowan		1	2	3	
23		白龍	Bailong			2	2	
24		廉江	Lianjiangs			2	2	
25	華能	彭澤	Pengze			2	2	内陸
		合計		45	13	43	101	

原子力発電設備の立地と基数 2019年1月

	運転中	45基
	建設中	13基
	計画中	43基
	提案	



陽江核電所 6基 全景圖



紅沿河核電所 6基 全景圖



課題 360基 発電事業者3社:1社当り130基は過多

従来3社:①中国核工業集団、②中広核集団、③中国国家電力投資集団
 + ④仏EDF (中広核とJ/V)
 + 5大電力の残り4社:④華能、⑤大唐、⑥華電、⑦国電
 + ⑧中国三峡集団 (2014年8月中核集団とJ/V)
合計 8社 1社当り 45基 それでも多い

中国の原子力発電所の投資者

出典:NPP in China WNA

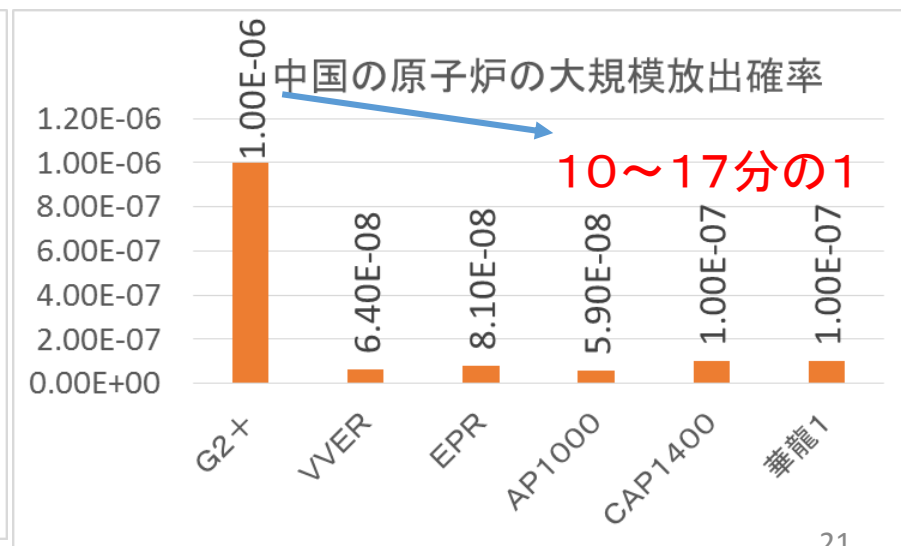
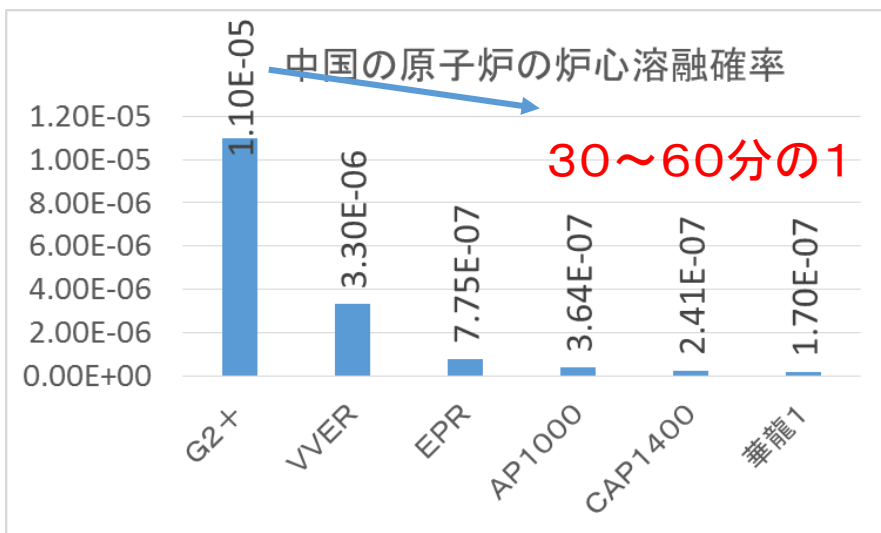
発電所	炉型	中国核工業	中広核	国電投	華能	華電	大唐	国電	EDF	清華大	核工業建設	その他
秦山Ⅰ期	CNP300	100%									2018年1月 中核集団と 統合	0%
秦山Ⅱ期	CNP600	50%		6%								44%
秦山Ⅲ期	CANDU6	51%		20%								29%
方家山	CPR1000	72%										28%
田湾1, 2	VVER	50%		30%								20%
昌江1, 2	CNP600	51%			49%							0%
昌江3, 4	CNP650	51%			49%							0%
福清1, 2	CPR1000	51%				39%						10%
煙家山 万安	AP1000	55%										45%
三門	AP1000	51%		14%		10%				5%		20%
大亜湾	M310		75%								25%	
嶺o	M310		100%								0%	
防城港	CPR1000		61%								39%	
寧徳	CPR1000		46%				44%				10%	
台山	EPR1400		70%						30%		0%	
防城港3	華龍1号		61%								39%	
陽江	CPR1000		78%								22%	
紅沿河	CPR1000		45%	45%							10%	
海陽	AP1000			65%	5%			5%			25%	
石島湾	CAP1400			55%	45%						0%	
石島湾	HTR-PM				48%					20%	33%	

課題4. 過酷事故 日本の10倍 全電源停止・炉心溶融事故の低減

対策：改良第3世代炉で炉心溶融事故30～60分の1に低減

炉心溶融事故の推定発生頻度 年に1回

年		現在2019年	2050年
原子力発電規模 基	1	45	360
世代炉 炉型	1回発生之年数		
第2世代炉 CNP300	1万年	220年	28年
改良第2世代 CPR1000	10万年	2200年	280年
改良第3世代 AP1000	280万年	6.2万年	7800年
改良第3世代 華龍1	590万年	13万年	1.6万年



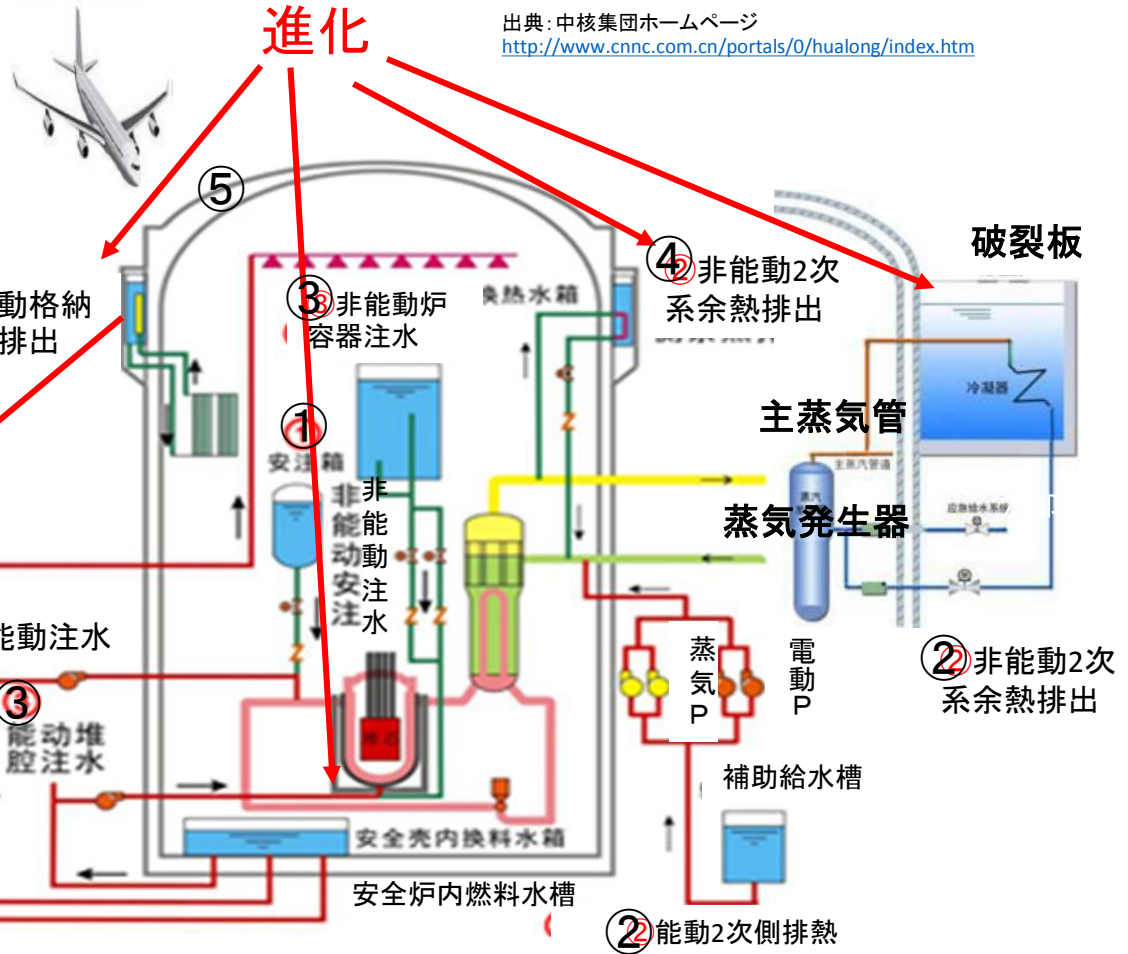
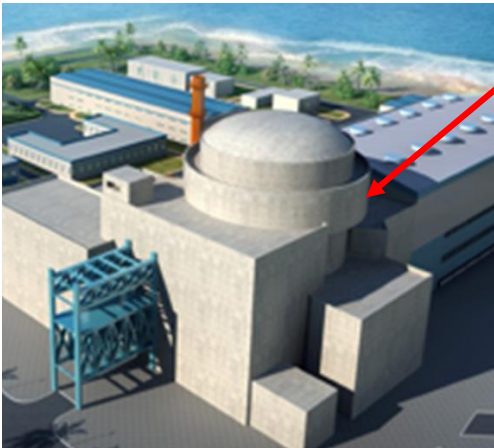
全電源停止の安全対策 改良第3世代 華龍1号

基本は改良第2世代炉CPR1000

出典: 中核集団ホームページ
<http://www.cnncc.com.cn/portals/0/hualong/index.htm>

能動+受動安全設計

高効率の能動安全系統+
成熟した電源不要自然力駆
動の受動安全系を採用
多様な安全性能を実現



- ①能動+受動緊急炉心冷却(安全注水)
- ②能動+受動炉心余熱除去
- ③能動+受動の炉内溶融物貯留(炉内保持と注水冷却)
- ④能動+受動格納容器熱排
- ⑤飛行機墜落安全二重格納容器

韓国 APR1400に酷似

課題5. 安全文化の強化 核安全法制定

中華人民共和国核安全法

2017年9月全人代通過2018年1月施行

第一章 総則

第二章 核施設、核材料安全

第一節 核施設安全

第二節 核材料安全

第三章 核事故緊急対応準備

第四章 情報公開と公衆参加

第五章 監督検査

第六章 法律責任

第七章 附則

背景：原子力発電多数稼働 11年福島事故

⇒13年16年反対運動

⇒核燃料工場・再処理工場頓挫 立地困難化

⇒事故補償・公衆参加等制定

核安全法の概要 事故対応 安全文化の強化明記

- ① 国は国家安全計画を制定、実施（核安全法第7条）
- ② **企業は安全文化体系を育成建設。**
従業員への安全教育を常時実施。安全意識確立。10条
具体措置：
 - i **核安全承諾メカニズムの構築**
 - ii 定期的核安全知識育成訓練
 - iii **公衆への核施設開放、安全運転の宣伝**
 - iv 小中学生の核安全教育
 - v **核安全宣伝場所の建設、宣伝の展開**
 - vi 核安全文化建設状況の定期的評価
- ④ 核安全研究開発の鼓舞奨励、表彰。（第11条）
- ⑤ **危害行為の報告義務。安全情報を知る権利。核損害賠償を受ける権利。**
核施設、核材料を毀損禁止。（第12条）
- ⑥ **原子力発電事業者は緊急対応能力と核損害賠償の財務保障能力を備えるべき（18条）**

原子力発電会社の核損害賠償保険加入義務 核電管理条例第55条

課題5. 原子能法、情報公開、原子力緊急対応、損害賠償

中華人民共和原子能法 18年9月パブコメ

- 第一章 総則
- 第二章 科技研究と技術開発
- 第三章 核材料と核燃料サイクル
- 第四章 原子力利用
- 第五章 安全監督管理
- 第六章 核輸出入と国際合作
- 第七章 法律責任 第八章 附則

立法目的:

基本法の空白を埋める

核大国として、責任論

政府、企業・国家機関の役割を明確にして、

個人の安全、権利、義務と責任の保障。

資源と環境の保護、公衆の健康保護

概要

1章 立法の目的、適用範囲、産業政策、発展方針、管理職責、科学普及宣伝と人材管理、情報公開と表彰奨励制度を規定。

特色: 軍民融合堅持と革新、**情報公開、疎通、聴取**

2章 国の基本要 求: 原子力科学研究と技術開発の強化、基礎研究の強化、最前線技術の探求、専門人材育成と定め、科技発展計画、科技プラットフォーム建設、新技術開発を行い、軍民融合実現。

重点: サイクル、原子炉・動力、核安全と放射線安全、応用

3章 国は核燃料サイクルを創立し、核材料、核燃料供給を保障。使用済燃料再利用、放射性廃棄物を処理”を規定。

国内立足、適度開放、SFリサイクル・処理処分、天然U備蓄、使用済燃料の輸入の禁止(中国産輸出燃料除外)

4章 原子炉の応用、核技術応用、国防応用。原子力国防組織への鼓舞支援。国家安全保障、軍民融合促進。

原発計画: 能源局主管 其他: 核工業局共管

5章 原子力安全、職業衛生と環境保護、核材料管制、**核緊急対応**など

6章 **核電・核燃料輸出の奨励**、濃縮・再処理・重水製造など輸出制限、廃棄物輸入禁止

7章 関係部門と個人の法律違反責任、**核損害賠償責任**

第五十条 核事故による人身損傷・死亡、財産損失あるいは環境損害は法令により賠償する。

課題5. 核安全計画 核電分野課題

原子力安全計画第13次5カ年計画 課題

- ①放射線汚染環境事故不発生、設計上**ゼロ化**
- ②**内陸核電安全評価**
- ③老朽炉の寿命管理
- ④**過酷事故対応**
- ⑤操作員健康・心理検査制度
- ⑥**制作会社の管理強化、建設事件の報告制度・善処策**
- ⑦物的防護改造
- ⑧発電所連絡網セキュリティ強化・実験室建設

重点工程

- ①福島事故対策長期改良
- ②**AP1000、華龍1号、EPR、HTR の固有安全系の検証**
- ③小型モジュール炉、熔融塩炉、高温炉、船舶炉、加速器駆動臨界炉の規制と安全評価原則編成

福島事故評価 原子力発電所の津波と暴風増水評価

地震による津波増水は暴風増水より低く、
暴風増水の安全性は確認している（潘自強）

原子力発電所の津波増水評価

出典 我国核能發展的再研討 中国工程科技論壇2013年出版

原子力発電所	最大暴風増水 m	最大津波増水 m
海南昌江	3.71	0.8以下
広東台山	5.23	2.41
広東陽江	5.19	1.16
広東大亜湾	5.3	1.16
福建寧徳	5.12	0.5以下
福建福清	4.37	0.5以下
浙江三門	4.22	1.06
浙江秦山	5.44	0.53
江蘇田湾	4.33	0.51
山東海陽	3.96	0.23
遼寧紅沿河	2.49	0.55

課題5. 核安全計画 核燃料分野

1 3次計画の課題

- ①核燃料施設の事故分析： 臨界事故等予防、UF6安全等
- ②劣化UF6安定化处理
- ③廃棄物減容 **核施設放射性廃棄物最小化導則** 核安全局2016年10月21日発布
米国URD原子力発電廃棄物発生日標値50m³/年・基以下
- ④使用済燃料集中貯蔵・乾式貯蔵評価
- ⑤秦山・大亜湾廃棄物集中処理
- ⑥**大型再処理工場建設** 800tHM/年 2020年着工、2030年完成
処理処分基金；1kWh当0.026元(売電収入の6%) 0.39円/kWh
- ⑦中低レベル放射性廃棄物処分場建設
5ヶ所：既設：北龍0.88万m³、西北2万m³、西南（綿陽飛鳳山）+新既：広東、北部
西北処分場拡張⇒60万m³? 発生量推算：360基×50m³/基・年=1.8万m³/年
- ⑧HLW処分**地下実験室着工** 工学障壁研究
処分場サイト調査、~3ヶ所候補選定

課題5. 再処理工場計画

200tHM/年パイロット工場

現在 甘肅省金塔(Jinta)県で建設中 全科技産業園全計画
中核龍瑞科技有限公司 (CNNC Longrui Technology Company)

800tHM/年商業工場 2020年着工、2030年完成

アレバとの協定:

2007年 800t商業再処理とMOXのFS:建設費150億€。金塔県。建設2010年より10年

2010年 工業協定、2013年技術仕様協定、2014年計画継続協定

2015年 技術協議終了 建設費1000億元(157億€)1.5兆円

核工業集団(中核瑞能科技(Ruineng))が建設・運転、アレバは技術責任

立地研究:中国核電工程公司(CNPE 元北京核工程設計院BINE)

2016年 金塔県ではSFの国内輸送が大変 立地を沿海連雲港に変更

⇒市民反対で頓挫

2017年 最終構想 契約2017年 **着工2020年 完成2030年**

MOX工場、3000t-6000tSF貯蔵、HLWガラス固化を付帯、10年毎に1工場建設

課題5. 核安全計画 緊急対応と管理監督分野

1 3次計画

① 特大核事故緊急対応能力の建設 協調体制の建設

国家核事故緊急支援基地、秦山・大亞湾・山東煙台の3支援基地の建設
企業対応力の建設、

② 職業人損害賠償制度研究建設 第三者の最高損害賠償限度額の研究

③ 炉心事故等計算機分析

④ 全国統一個人線量管理系統建設、監測能力強化(監測網、自動ステーション)

⑨ 原子力安全国際合作交流プラットフォーム

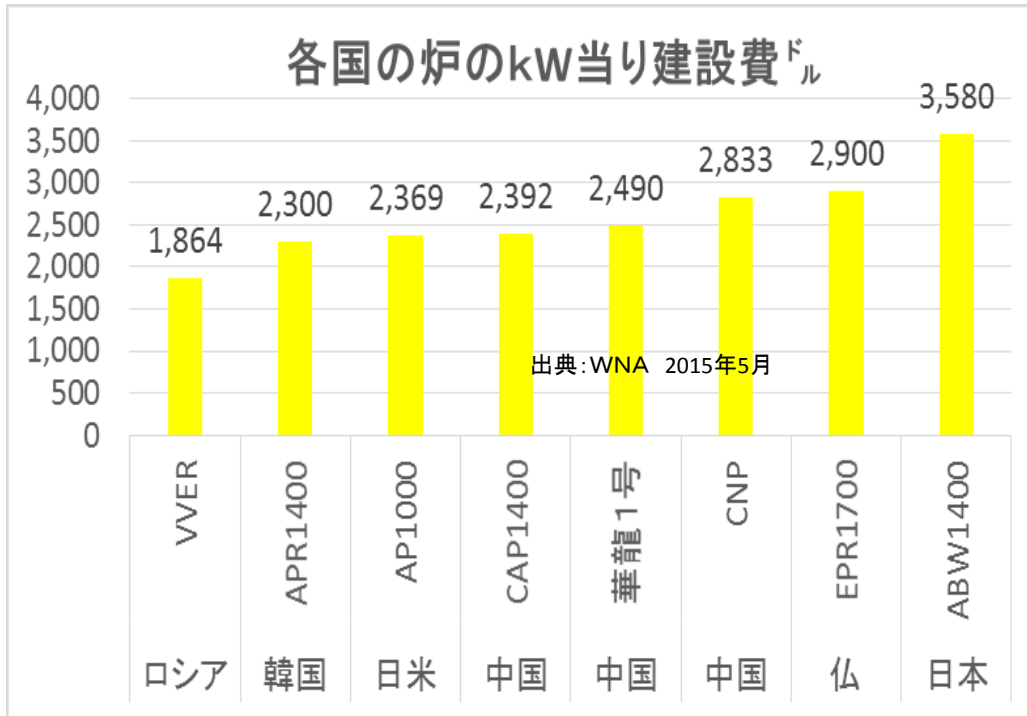
⑩ 政府主導の公衆受容制度建設

10ヶ所の安全普及センター建設、10箇所の広報基地の建設

⑪ 核人材育成計画策定 13次末 核と放射線安全人材養成 1万人 原子力工学科のある大学 44校 在校1万人

関電大飯の場合：運転・保守人員500人/4基⇒360基なら4.5万人：年間1500人
日本原子力界全体 40基8万人⇒中国360基なら9倍の72万人 年間2.4万人増員

課題 6 . 経済性 製造価格の高騰



出典: 中核集団ホームページ
<http://www.cnc.com.cn/portals/0/hualong/index.htm>

国	炉型	単基出力万kW	kW当り建設費ドル	備考
ロシア	VVER	110	1,864	インドクダンカラム3, 4号41億ドル
韓国	APR1400	140	2,300	UAE 4基400億ドル(設計建設運転)
日米	AP1000	125	2,369	中国陸豊2基374億元
中国	CAP1400	140	2,392	石島湾1,2号423億元
中国	華龍1号	100	2,490	福清 15,720元/kW
中国	CNP	30	2,833	パキスタン チャシマ2基 17億ドル
仏	EPR1700	170	2,900	アラブ首長国連邦入札
日本	ABW1400	140	3,580	アラブ首長国連邦入札

福島事故前
 CPR1000の目標
 kW当り1500ドル

大幅値上がり

華龍 2490ドル

kWh当り発電コストは?

= 建設費借入 2%金利 60年返済
 全返済額/寿命期間発電量
 = 4,298/60年 × 24H × 365日 × 稼働率90% × 1kw = 0.9^{セン}/kWh 0.9円

< 売電価格0.43元: 6.45円/kWh

第2世代炉建設費1500ドル
 寿命40年、稼働率80%、金利2%
 コスト 0.7^{セン}/kwh 0.7円

課題 6 . 経済性 炉の改善

安全対策でコストUP ⇒ 安全性と経済性の両立
⇒ 改良第3世代炉で経済性改善

対策

- ①規模拡大: EPR170万kW、AP(CAP1000)125万kW、CAP1400:140万kW
- ②自然力活用の固有安全対策: 部品削減
⇒ AP1000 ディゼル発電省略
- ③燃料濃縮度UP 取替え周期長期化 稼働率向上
⇒ 華龍: 18ヶ月90%以上、CAP: 24ヶ月93%等
- ④炉の設計寿命長期化: 華龍、AP(CAP1000)、EPR、VVERは60年
- ⑤工期の短縮 AP1000: 42ヶ月 CAP1400: 54ヶ月

中国の原子力発電炉型の主要仕様

発達世代	炉型	出力 万kWe	熱効率 %	濃縮度%	設計寿命 年	燃料周期 月	稼働率 %	建設工期 月	廃棄物発生量 m ³ /基・年	
II	CNP300	34	30 ~ 36	3	40	15	89		95	
II +	CNP600	62		3.4		40>	12	88		85
	M310	98		3.7	18		89	58	48	
	CPR1000	103		4.5	18		87		45~50	
III	CANDU6	74		0.7	60	常時	92		23	
	VVER1000	107		4.45	40	18	80>		116	
	CPR1000+	103		4.5	40>		87		45	
III +	ACPR1000	112		5	60		14~24	92		
	華龍1	115		5				90>		50
	AP1000	120		4.8				93	42	
	CAP1000	150	4.8	93				42		
	EPR1600	175	4.95	18			92			
	VVER1200	120	5<	18			90>			
	CAP1400	158	4.95	24		93	54	50		
	ACP100	10	4.45	36			36			
ACPR50S	6	5<	36		24					
IV	HTR-PM	21	47	8.5	40	常時	85			
	CFR600	60	40	~26	60					
	BN800	80	40	20~30	60					

(*1) 出典 Capital Energy <http://capitalenergy.biz/?p=19019>

VVER1000: 田湾核電所ホームページ

<http://www.cnnc.com.cn/hedzh-xunli/tianwan.htm>

(*2) NUCLEAR POWER REACTORS IN THE WORLD IAEA, VIENNA, 2015 IAEA-RDS-2/35 ISBN 978-92-0-104915-5 ISSN 1011-2642 Printed by the IAEA in Austria 2015/

廃棄物発生量; The People's Republic of China Fourth National Report for the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. Prepared for the Sixth Review Meeting July, 2017 Beijing, China

課題 6 . 経済性 沿海集約配置等による改善

- ① 原子力発電設備製作能力の増強整備
⇒年間 8～10基 国内用7基/年 輸出用3基/年
最新設備導入 国産化率 85%以上
⇒国内国防配置から経済配置へ、沿海埠頭付き立地へ
- ② 部品製作工場の集約、重量部品の沿海埠頭付き工場
- ③ 核燃料コスト低減⇒核燃料工場の集中立地で輸送費等節約
⇒反対運動で頓挫
⇒原子力安全法、原子能法で反対住民対策
- ④ 立地当り建設基数の増大 6基⇒8基 設備の共用

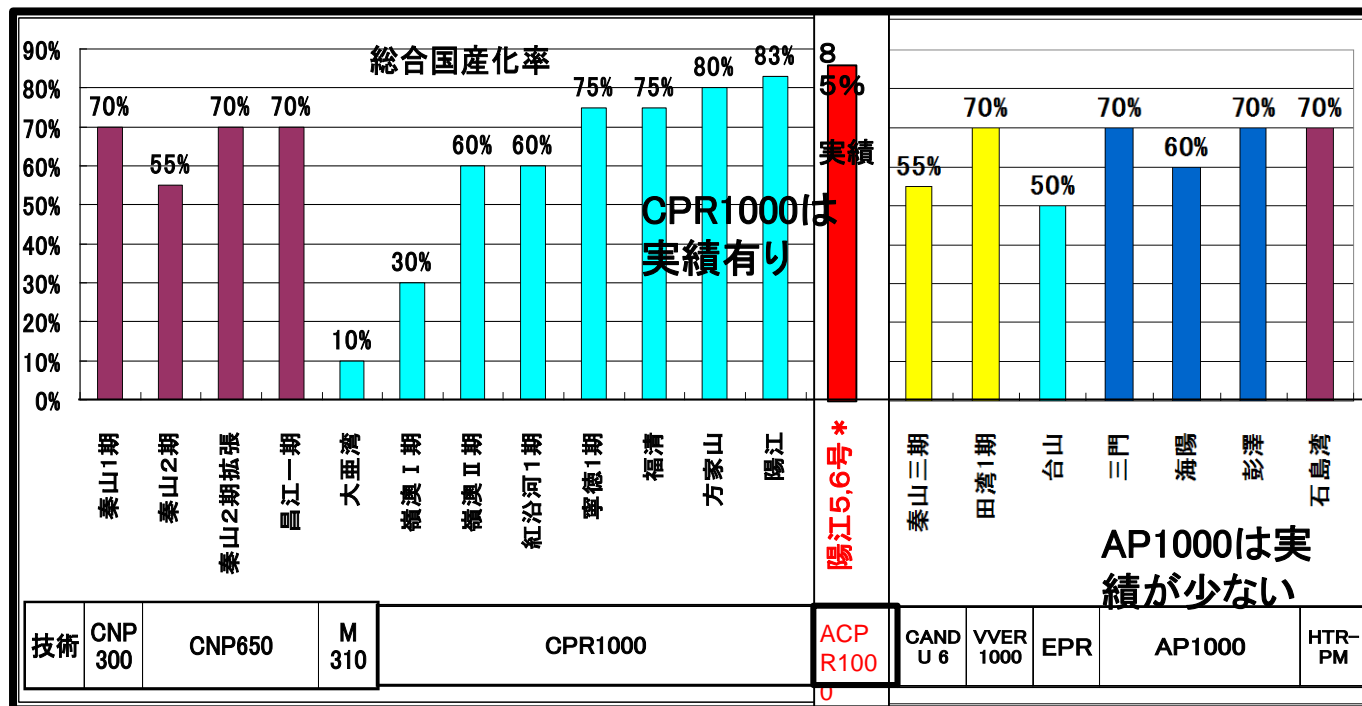
課題6. 経済性 国産化率の向上

国産化率

第二世代改良型及び第三世代原子炉の国産化率はすでに80%を超
AP1000は平均50% 最終70%

2018年11月上海国際輸入展示会で今後5年間で100億ドル輸入表明
 年間10基1基30億ドル 5年間1500億ドルとすれば約7%を輸入

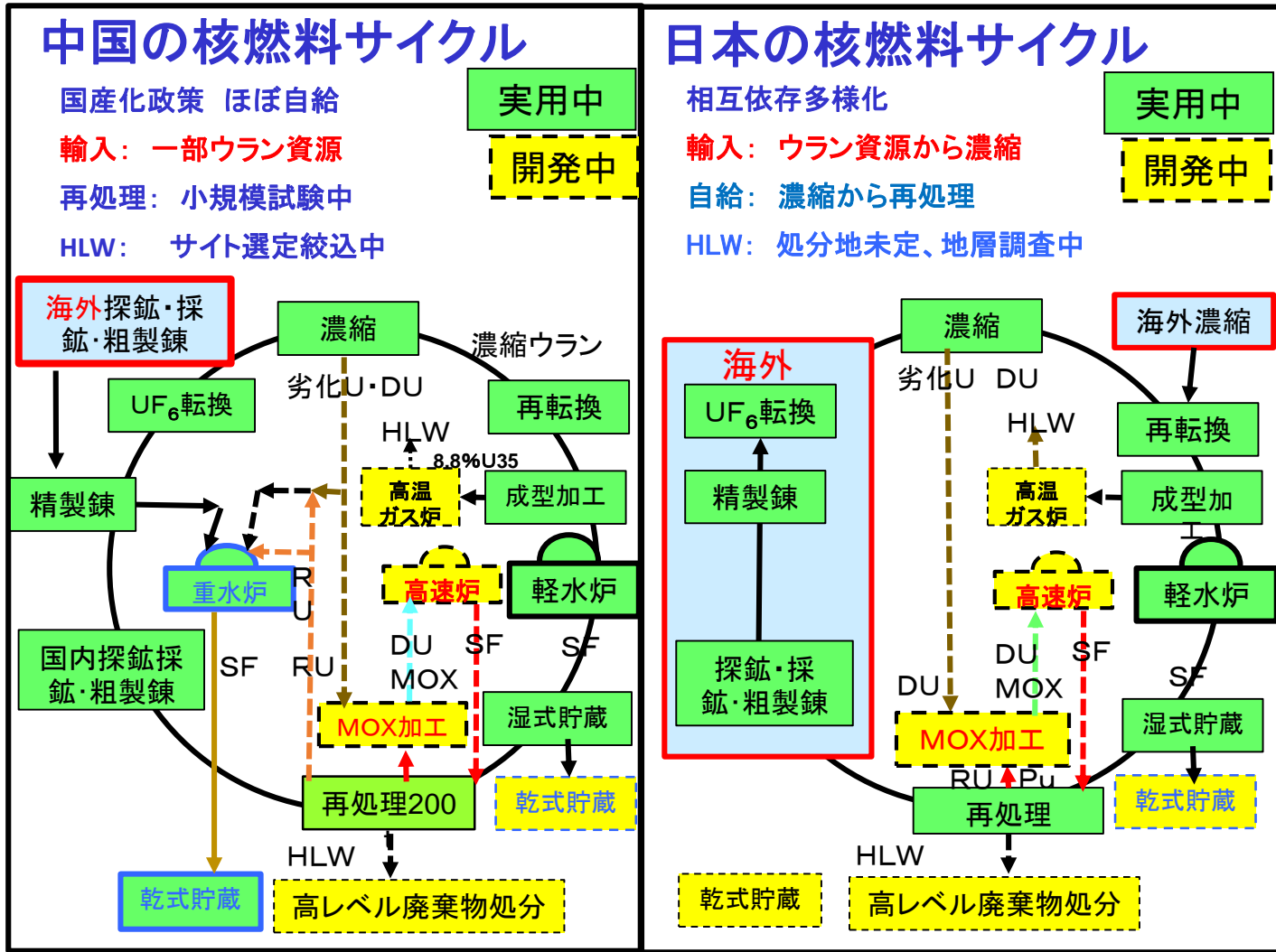
想定国産化率は93%位



日本の例	
BWR	
福島1号	56%
島根	60%
浜岡	61%
福島3号	90%
女川	90%以上
福島4号	91%
福島5号	93%
PWR	
美浜1号	59%
高浜1号	62%
大飯1号	67%
美浜2号	72%
大飯2号	74%
玄海	87%
高浜2号	89%
美浜3号	93%

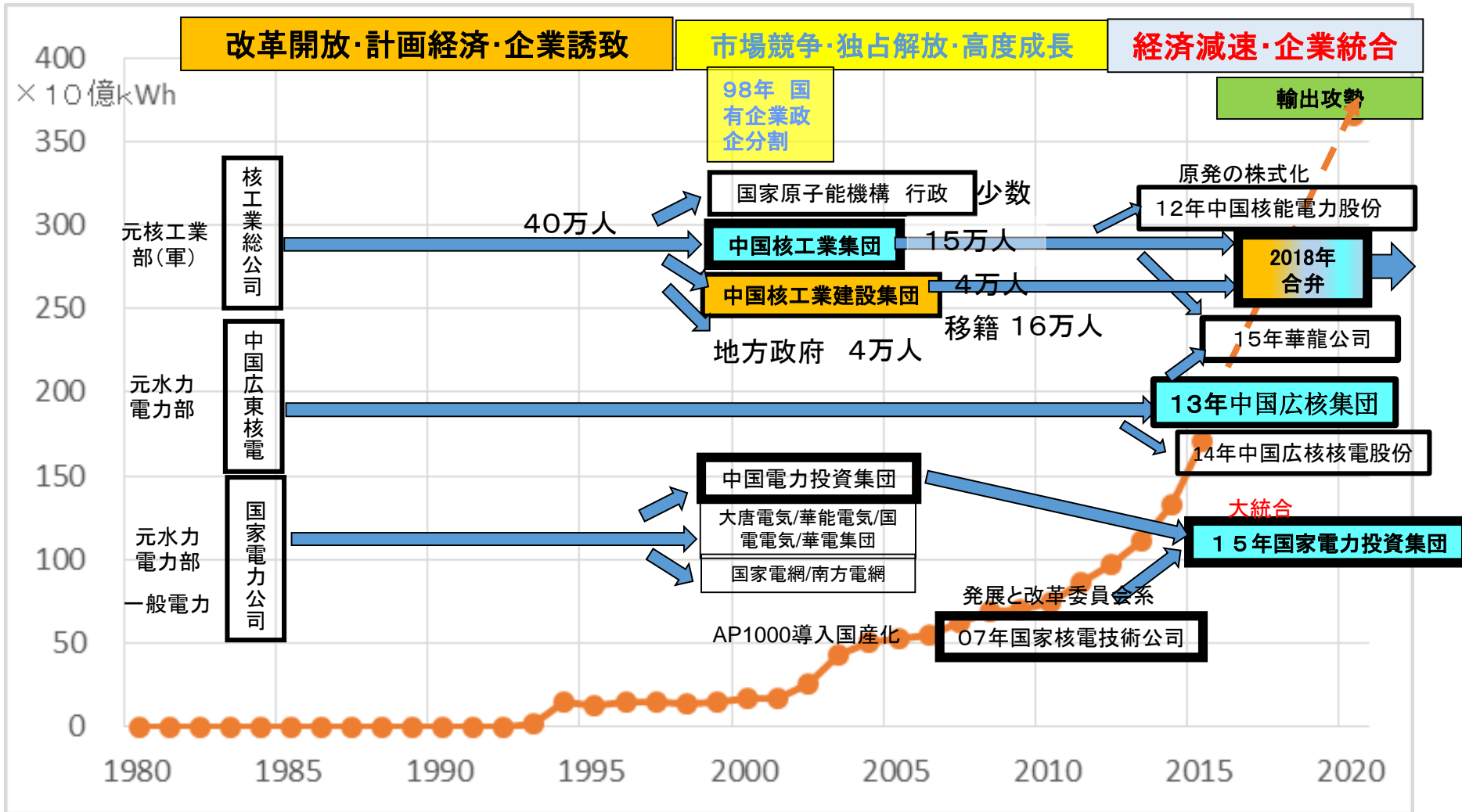
* 大口径調節バルブや安全計測装置等の設備は輸入を要す 中国電力新聞網 2014年7月31日

課題6. 核工業の国産化 ウランは輸入



中国原子力企業の統合

1998年国有企業改革で分割⇒習近平政権で統合 国際競争力強化



課題6 核燃料企業の集約化

中国核燃料有限公司の構成企業

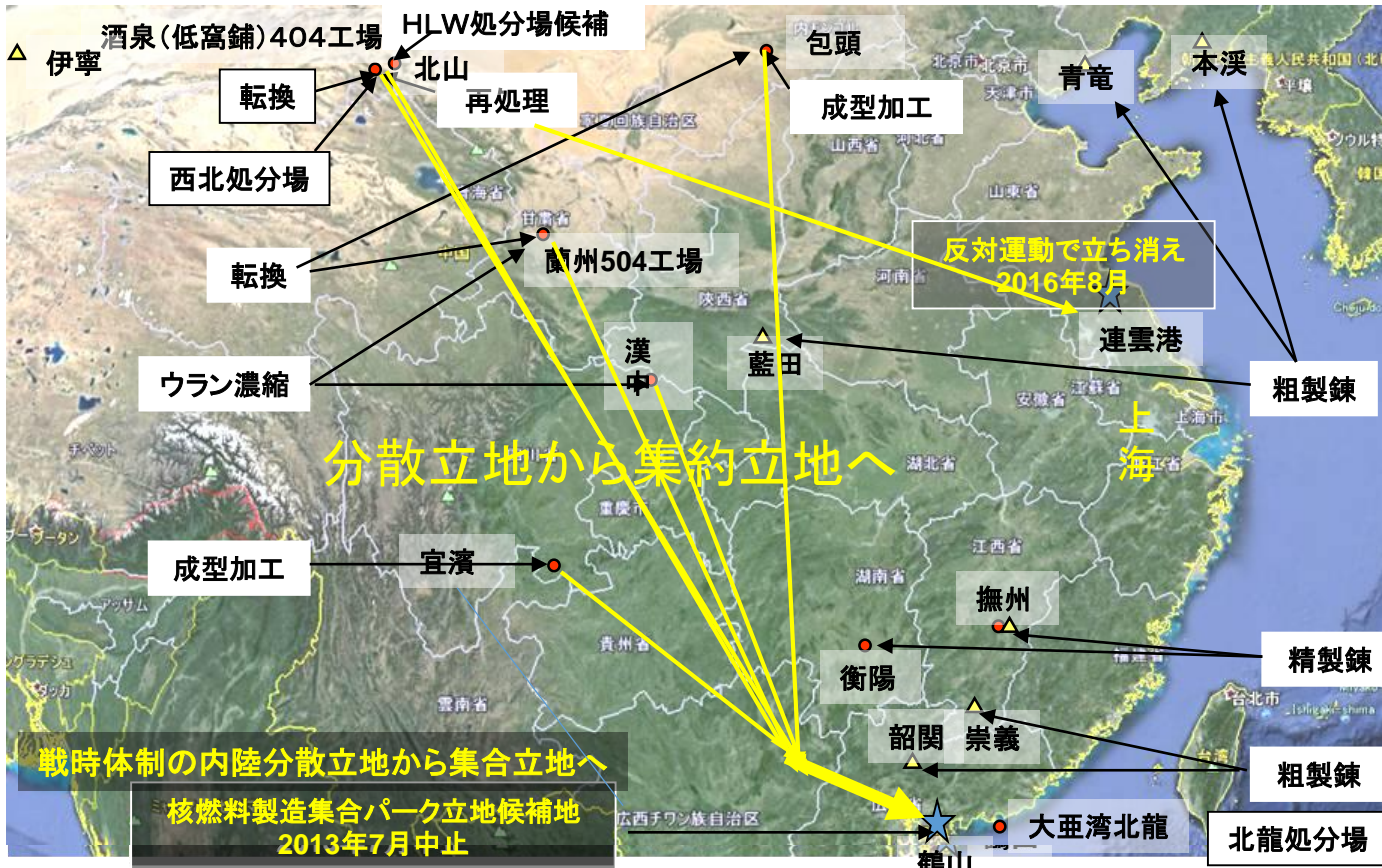
2013年4月12日設立

	構成企業名	所在地	主な役割・業務	2015年 備考
1	中核北方核燃料元件有限公司	内モンゴ包頭	ウラン再転換・成型加工	CANDU200tU/y,PWR:800tU/y
2	中核蘭州鈾濃縮有限公司	甘肅蘭州	濃縮	3560tSWU/y
3	中核陝西鈾濃縮有限公司	陝西漢中	濃縮	2200tSWU/y
4	814工場	四川省蛾眉山和平	濃縮 軍事(潜水艦燃料?)	800tSWU/y
5	中核建中核燃料元件有限公司	四川宜賓	成型加工	PWR:800 VVER:100t U/y
6	中核四〇四有限公司 中核端能科技 Ruineng	甘肅嘉峪関	再処理パイロット	転換500tU/y再処理:50tHM/y 800t/y2020年連雲港着工頓挫
7	中核龍瑞科技有限公司 Longrui	甘肅金塔県	サイクル、核技術産業園	200t/y再処理建設中
8	核工業理化学工程研究院	天津	遠心機開発	
9	中核(天津)機械有限公司	天津	遠心機製造、	
10	中核新能核工業工程有限責任公司	山西太原	転換・濃縮の設計施工	
11	核工業第八研究所	上海	炭素繊維複合材 遠心機材	
12	四川紅華実業有限公司	四川	特殊ガス製造、精密測定	

課題6. 核工業立地の経済合理化

内陸分散配置から沿海の原発近傍立地へ
核工業の集約立地化を企画するも反対運動で立ち消え

立地公衆受容への対処



新核安全法2018年8月 施行

I 緊急対応能力と核損害賠償能力の担保(第18条5)

II 事故訓練 (第47条)
事故対応準備金 (第48条)

III 情報公開と公衆参加
①政府の核安全情報公開義務(第55条)

②原子力事業者の核安全問題の利益双方の意見聴取義務(第58条)

③重要安全問題告発権と虚偽情報拡散禁止(第59条)

課題7 核燃料自立

ウランは80%輸入 他の核工業は自給

核燃料供給世界順位と占有率

黄色部は需給がバランスしておらず差は輸入に依存か

	数量	世界順位	占有率%	2018年需要
1. 原子力発電容量2019年1月	4300万kW	3位	10.5%	4300万kW
2. ウラン需要2017年	8,289tU	3位	12.7%	8300tU
3. ウラン資源確認埋蔵量2015年	366,200 tU	6位	6.2%	
4. ウラン生産量2017年	1,885tU	8位	3.2%	8300tU
5. UF6転換2015年	5,000tU	5位	9.6%	8300tU
6. ウラン濃縮 2015年	5,780tSWU	4位	9.8%	5,313tSWU
7. 再転換 2017年	1,380t	8位	9.9%	1,526tHM
8. ペレット化 2017年	1,380t	8位	9.0%	1,526tHM
9. 成型加工 2017年	1,380t	9位	10.0%	1,526tHM
10. 重水炉140万Kw成型加工2015年	200t	5位	4.6%	182tHM
11. 再処理運転中50t 建設中200t	250t	5位	6.7%	774tHM

課題 7. 核燃料自立 ウラン供給

2050年のU供給能力 2050年400GWワンスルー
7.23万tU/年

累計需要 148万tU

60年寿命期間全需要 400万tU

中国のウラン資源 210万tU

可採70% 経済可採70% 可利用量は100万t

約100GW 60年寿命期間分しか無い

⇒高速増殖炉の早期開発が必要

約30~60倍利用可 3000~6000GW分

商業炉CFR1000 着工2028年12月運開2034年

2055年まで 300GW

2100年まで 1400GW

出典 China's Nuclear Fuel Cycle WNA

世界のウラン資源260^{フル}/kgU既知資源630.6万tU

楽観予測2200万tU 海水ウラン40億tU

全世界の原子力発展に十分な量ある

出展:張金帯 核工業地質局 我国核能発展の再検討2013年 中国工程科技論壇

海外ウラン資源

会社	ウラン鉱山	中国権益 (%)	中国分生産
Sino U 中国 中国核 海外 ウラン 資源	ニジェール Azelik	37.2+24 .8 ZXJOY	2010
	ニジェール Imouraren	10 pendin g	2016
資源 開発 公司	ナミビア Langer Heinrich	25	2014
	カザフ Zhalpak	49?	2014?
CGN-URC 中広 鈾業 發展 有限 公司	ナミビア Husab	90	2015
	カザフ Irkol & Semizbai	49	2008 2009
	ウズベキ Boztau black shales	50	2015?

課題 8 . 新常态策 経済減速 過剰設備 一带一路 輸出

中国習近平政権は輸出を強化。目標：2030年までに30GW輸出

輸出は資金の政府支援が付いている。出資：電力会社運営売電で資金回収と思われる

トランプ政権と摩擦⇒2018年11月 上海国際輸入展示会開催 5年間で100億\$ 輸入表明

中国の原子力発電輸出状況

出典:NPP in China 2018年9月 WNA

国	発電所名	タイプ	建設価格	販売会社	状況、資金調達
パキスタン	Chasma 1&2	CNP-300	23.7億ドル	中国核工業集団	1号2000年より運転中、2号2011年より運転中
	Chasma 3&4				建設中,中国資金は19億ドルの82% 輸出入銀行
	Karachi 2&3	華龍1	96億ドル		1号建設中,65億ドル中国資金, 82%中国資金,輸出入銀行
ルーマニア	Cernavoda 3&4	Candu 6	77億€	中広核集団	建設途上の完成, 中国,輸出入銀と工商銀 2015年11月
アルゼンチン	Atucha 3	Candu 6	58億ドル	中国核工業集団	計画中, 自国資金と20億ドルの中国資金 中国工商銀行
	Atucha 4 他	華龍1	70億ドル		中国融資, 中国工商銀行 が主導
英国	Bradwell	華龍1		中広核集団と 仏EDF	仏中広核66.5% 仏EDF33.5% 出資
	Hinkley Point	EPR2基	180億ポンド(3.3兆円)		相手は英エネルギー社へ 出資 2015年10月協定仏EDF66.5%、中広核集団33.5%
	Sizewell	EPR2基			仏EDFが80%、CGNが20%を 出資
イラン	Makran coast	2 x 100 MWe		中国核工業集団	締結は2015年7月 ACP100?
トルコ	Igneada	AP・CAP1400		国家電力投資	2018年Therace新立地か? 電力会社設立を義務化 出資
南ア	Thyspunt	CAP1400			入札準備⇒2018年新政権は原子力新設予定中止
ケニア		華龍1		中広核集団	基本合意 2015年7月 一带一路建設重要足場
エジプト		華龍1		中国核工業集団	基本合意 2015年5月
スーダン		ACP600?			枠組み協定 2016年5月
アルメニア	Metsamor	1 reactor			議論中
タイ		華龍1号		中広核集団	エネルギー庁官房長華龍を独立審査中。候補に指定か?
ブラジル	アングラ3号			中国核工業集団	2015年原子力全面協力協定調印、2017年更に促進覚書

ご清聴ありがとうございます