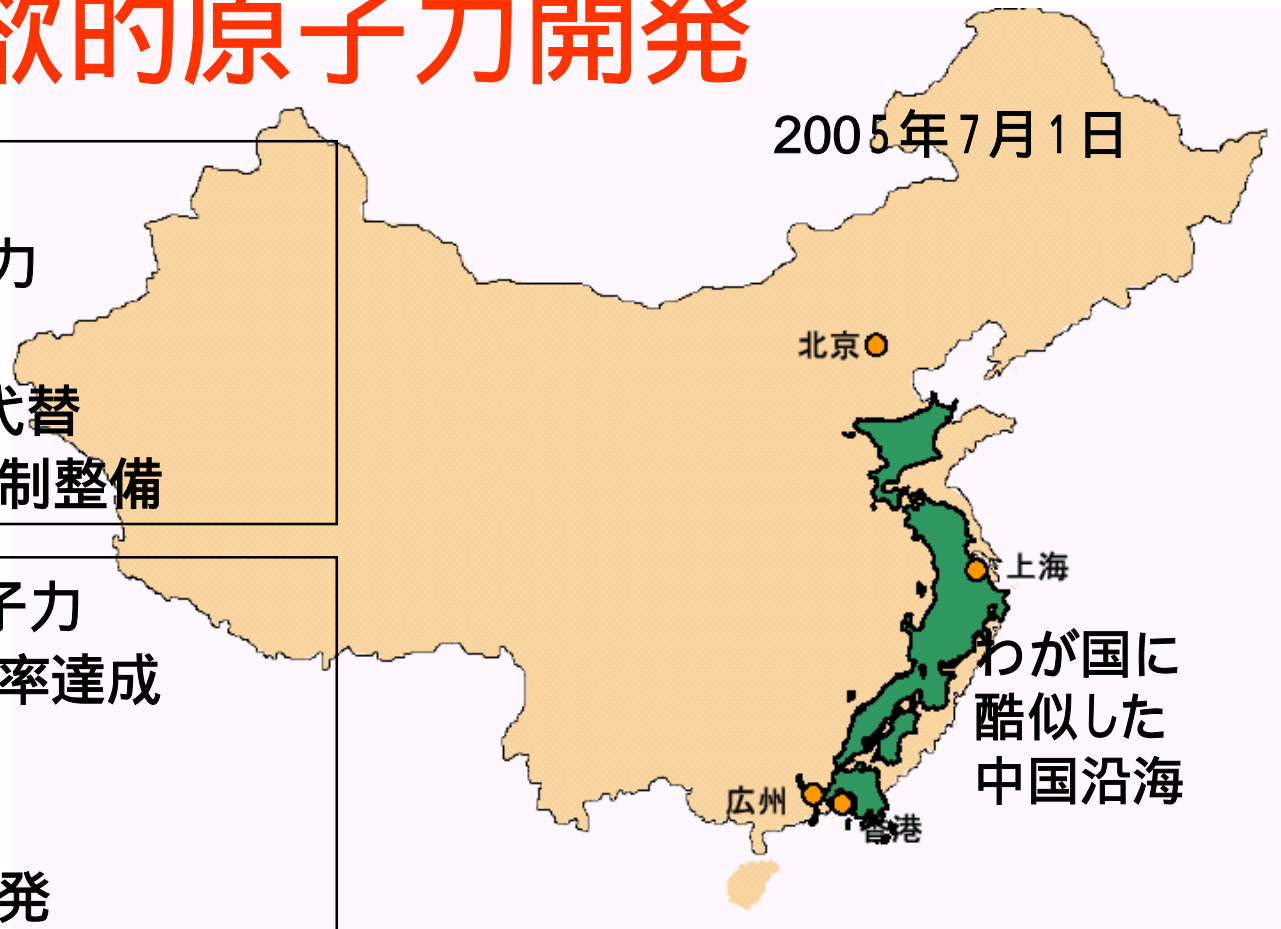


中国の経済エネルギー情勢 と意欲的原子力開発

2005年7月1日

1. 速度・質・効果追求の経済
2. 中国の活性源は石炭と電力
3. 毎年39GWの電力拡大
4. 国内エネルギーの限界と代替
5. 総合国力原子力の開発体制整備

6. 導入と国産化・輸出の原子力
7. 原子力発展基盤 高稼働率達成
8. 発展を生む利益の発生
9. 意欲的原子力発電計画
10. トップに迫る第4世代炉開発

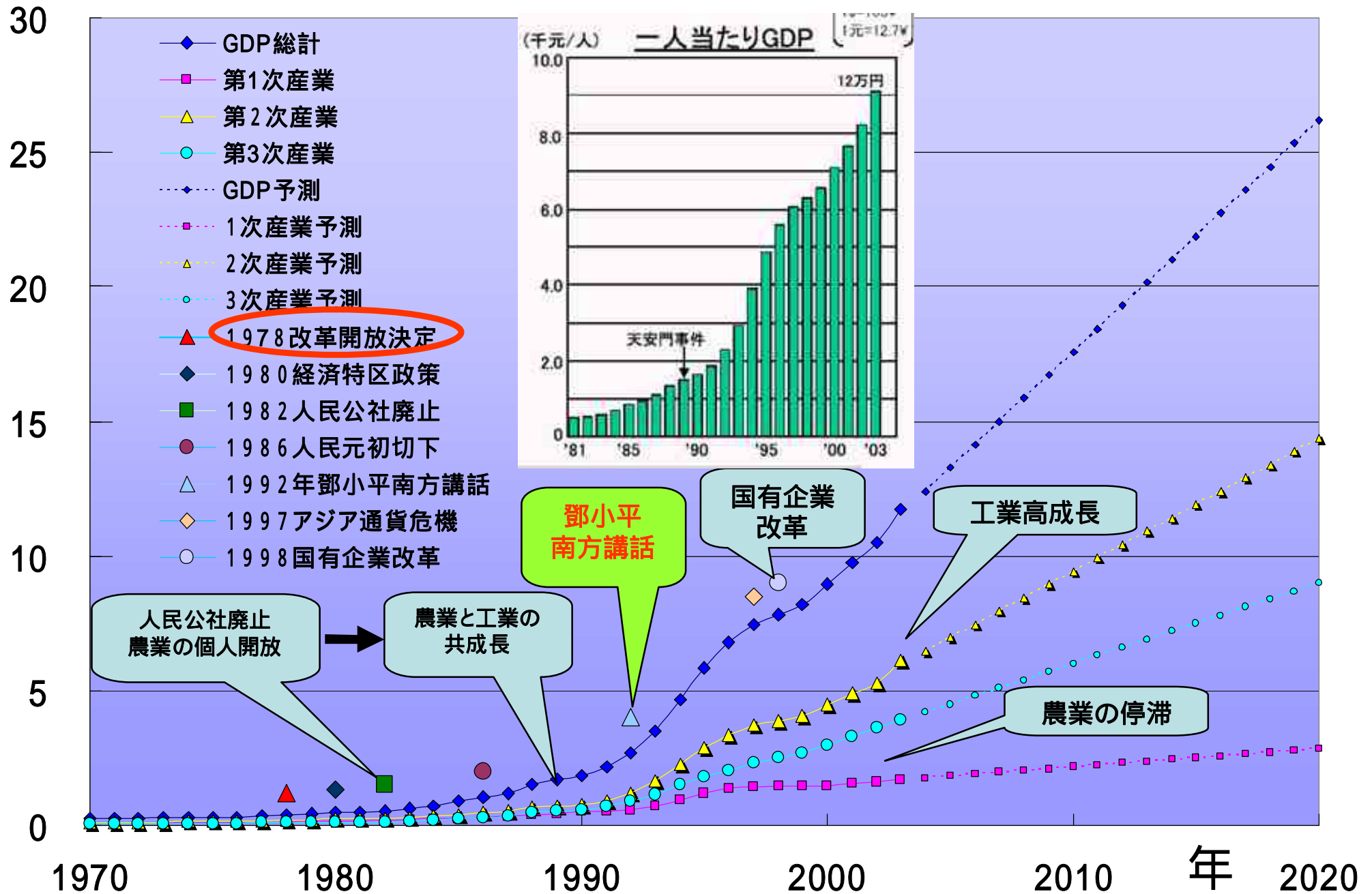


日本原子力産業会議アジア協力センター調査役
元核燃料サイクル開発機構 北京事務所 所長
永崎 隆雄

1 . 速度・質・効果追求の経済

中国国内総生産GDP(単位兆元 = 約15兆円) の推移...

中国統計年鑑2004年



鄧小平元国家主席の改革開放

経済特別区：税制等優遇、外国企業開放、国内守旧派の抵抗排除
人民公社廃止、人民元切り下げ

南方講和

農業国家から工業国家へ

農業と工業、農村と都市の相互発展が富の大増加、国民経済を刷新する。

発展こそが確かな道理

発展の速さ、効果や質を追及せよ。

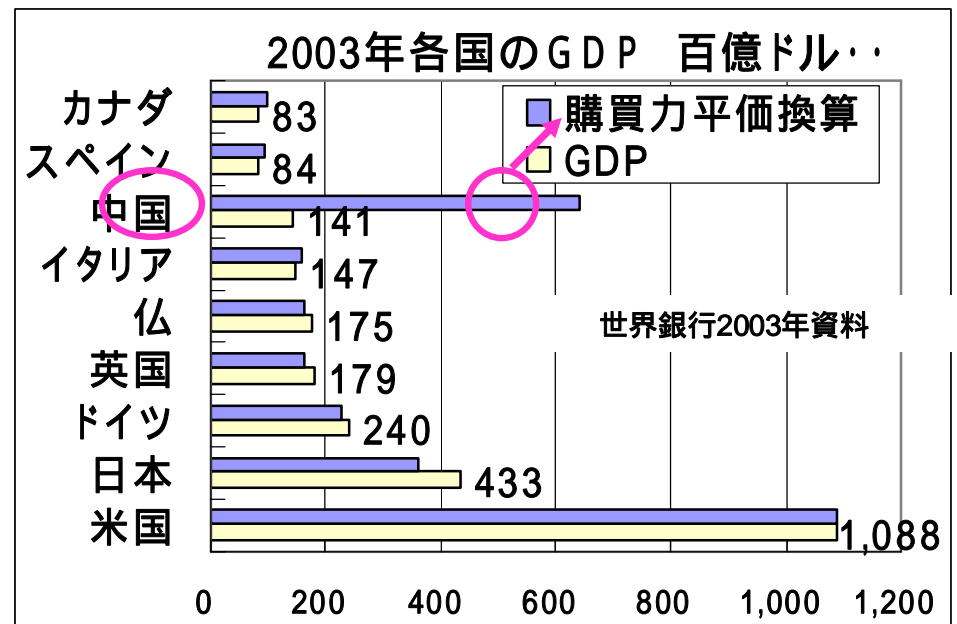
スピードの遅さは停止、後退と同。

外向型の経済を進めよ。

国内環境整備と有利な国際環境と**事業集中力**のある社会主義制度が発展速度の速い、高効率発展をもたらす。

日中経済比較

中国GDPは2003年、世界第7位
 購買力平価換算 2位、日本を越える
 一人当たりGDPは日本の30分の1
 国民の成長欲
 高い経済成長率9.3%
 日本を越える消費エネルギー、発電量
 日本に迫る外貨準備と特許出願



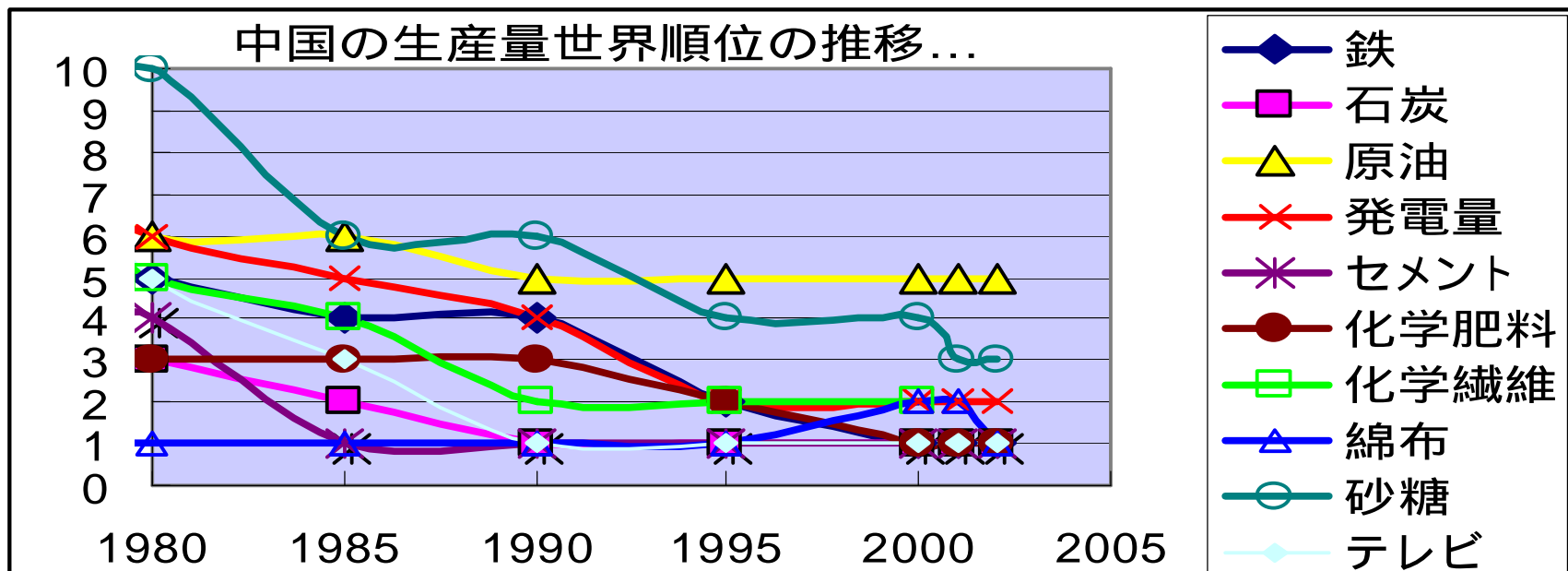
日中経済比較

世界銀行2003年 中国統計年鑑2004

	単位	中国	日本	中国 / 日本
GDP 2003年	兆USドル	1.41	4.33	0.33
1人当りGDP 03年	千ドル	1.1	34.0	0.03
GDP成長率 03年	%	9.3	2.7	3.44
1次エネルギー消費 01年	石油換算億トン	11.4	5.2	2.19
発電量 01年	兆KWH	1.47	1.04	1.41
外貨準備 03年末	億USドル	4092	6646	0.62
特許出願 01年	万件	15	50	0.30

中国産品生産量世界順位の推移

2004年中国統計年鑑



産品名	1978	1980	1985	1990	1995	2000	2001	2002	項目	2003
鉄	5	5	4	4	2	1	1	1	穀物	1
石炭	3	3	2	1	1	1	1	1	肉類	1
原油	8	6	6	5	5	5	5	5	綿花	1
発電量	7	6	5	4	2	2	2	2	大豆	4
セメント	4	4	1	1	1	1	1	1	落花生	1
化学肥料	3	3	3	3	2	1	1	1	菜種	1
化学繊維	7	5	4	2	2	2			砂糖	3
綿布	1	1	1	1	1	2	2	1	茶	2
砂糖	8	10	6	6	4	4	3	3	果物	1
テレビ	8	5	3	1	1	1	1	1		

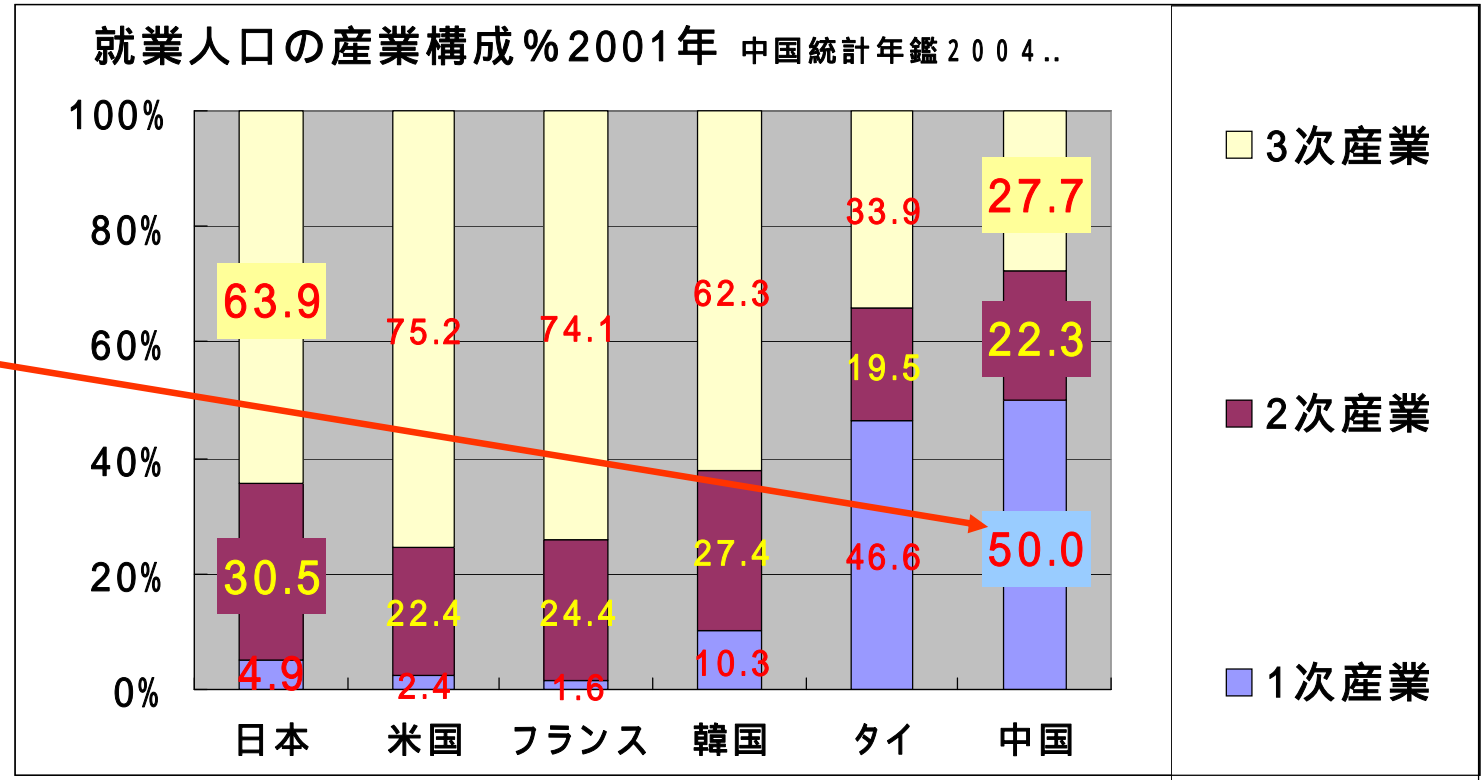
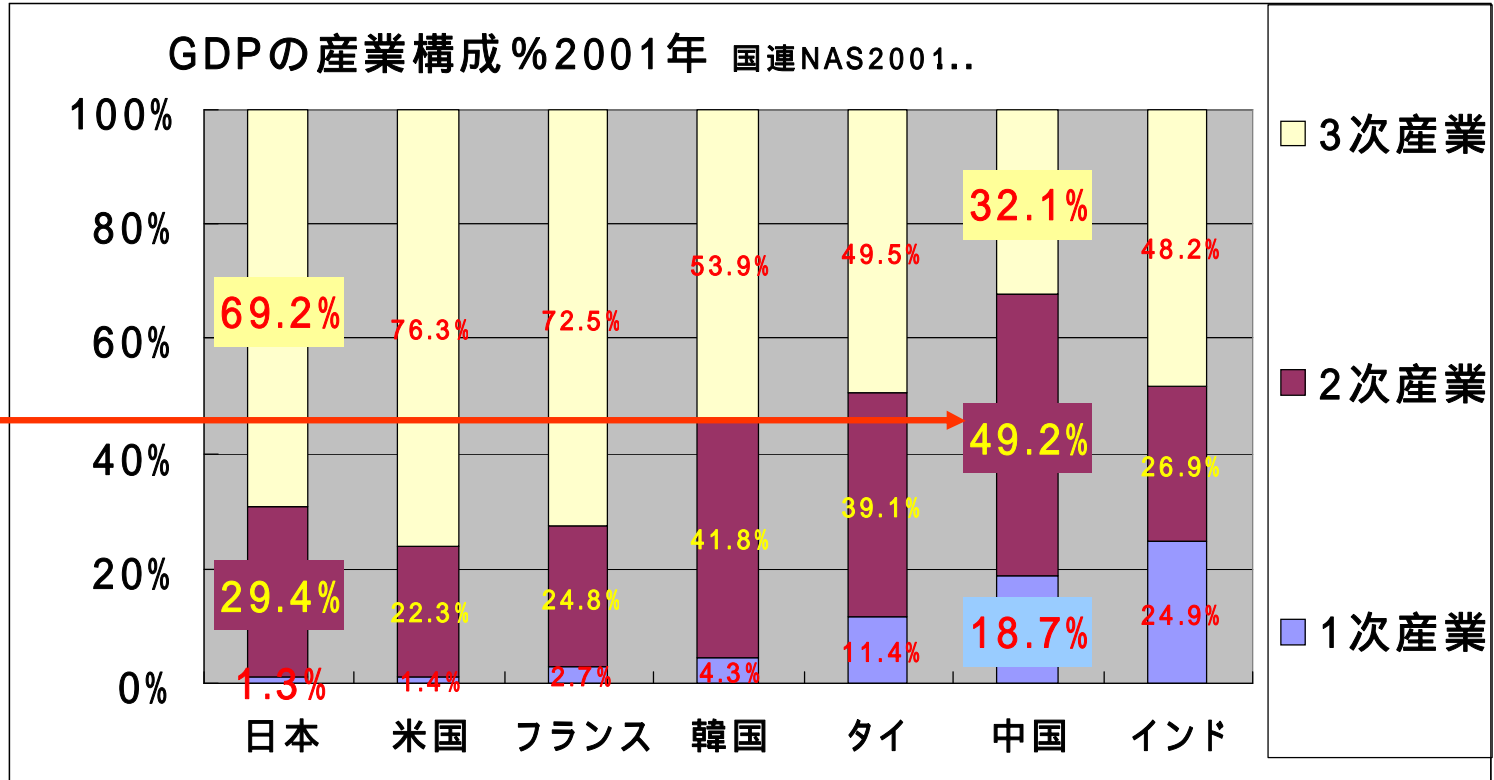
中国の産業構成 世界比較

GDP:
工業比率 高
富を生む

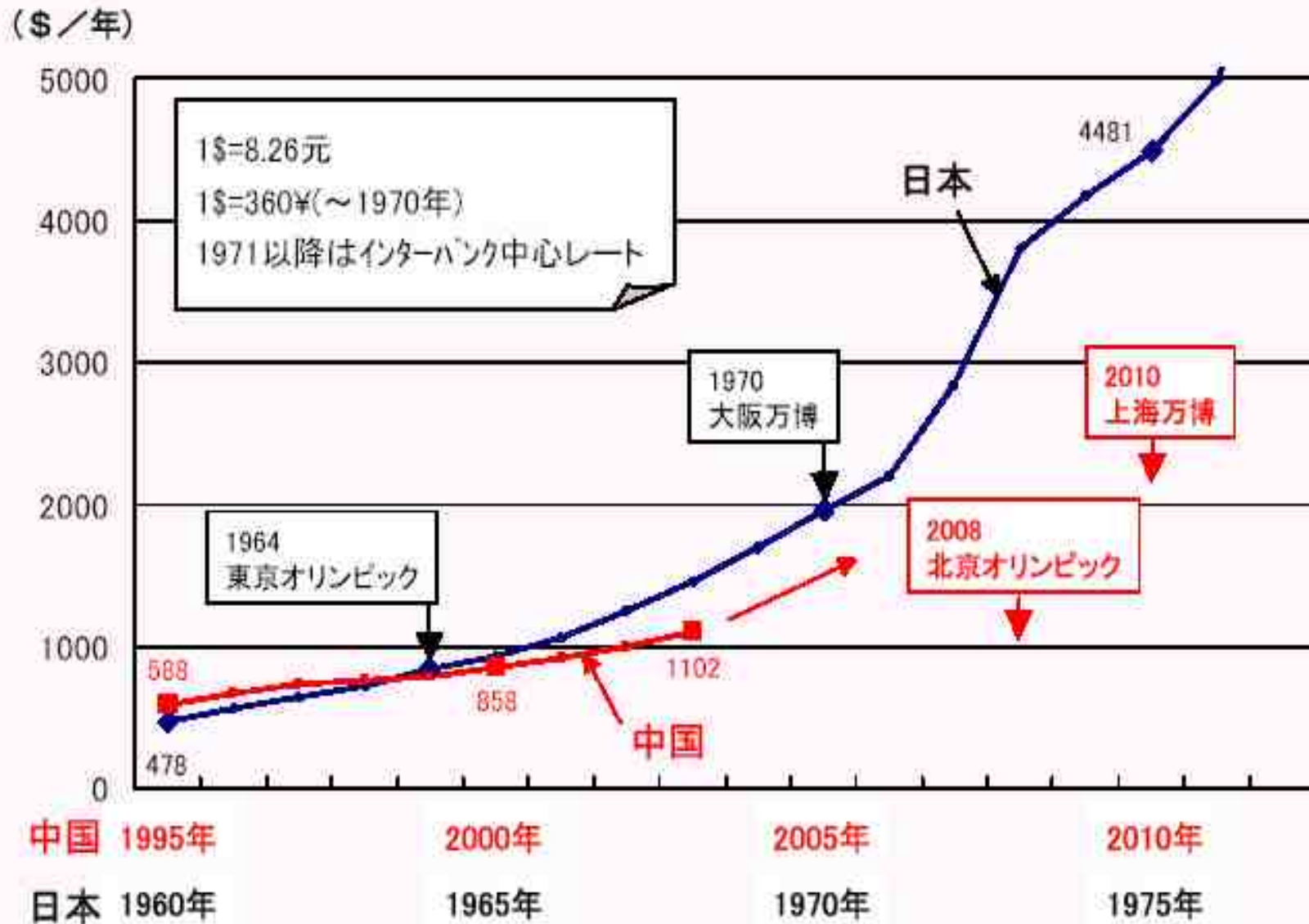
就業者:
農民 多
3次業 低

農業人口
移転が可能

成長 可能



一人当たりGDP推移の日中比較

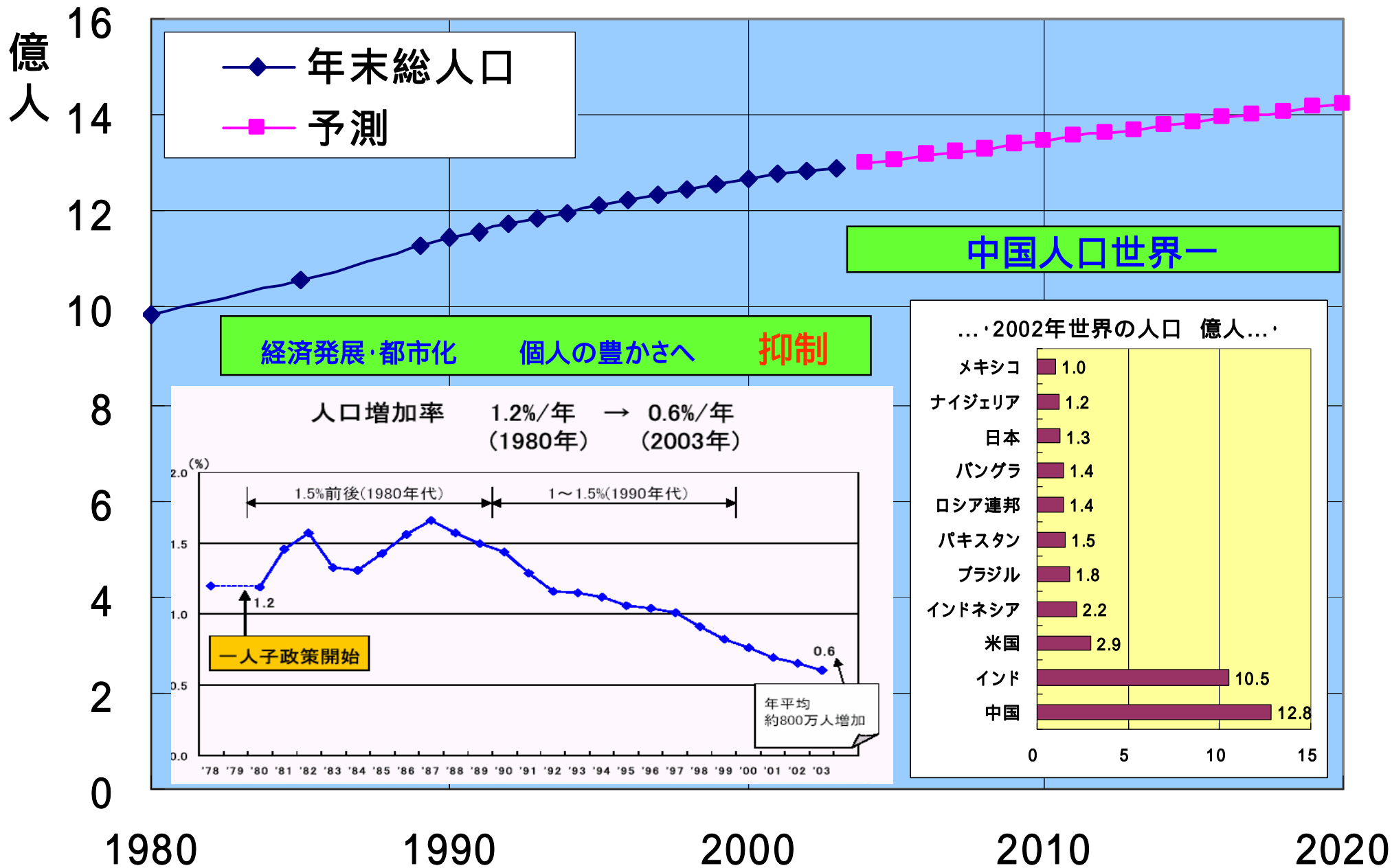


出典:内閣府 経済財政白書(平成16年版), 中国統計年鑑2004年版

日立製作所 河原氏 講演資料

中国の人口推移

中国統計年鑑 2004...



中国経済の特徴

1. 先進国と比べ第2次産業(工業)比率が高い。

鉄鋼、石炭、電力、綿糸、布、アンモニア、肥料、セメント、テレビ等の鉱工業生産量は既に世界一、二位。

(第2次産業構成%:中国49、韓国42、日本29、米国22)

2. 都市化(工業化や第三次産業化)遅れ

農村人口% :中国50、先進国3-5(2002年)

第3次産業%:中国32、日本69、米国76

3. 国民1人当消費は低レベル **高潜在成長欲**

GDPは約1/30の1000ドル/1人(2002年)

一人当年収:都市住民8472元(13万円)2003年

農民2622元(4万円)

4. 世界一の市場。人口12.8億人(日本の10倍)

中国経済発展の原因

- 外国技術・資本導入
- 市場原理の採用
- 重点(傾斜)生産 高度経済成長政策

特に1992年鄧小平の南方講話

(先富論・黒猫白猫利益重視論等) 激励 - による国内改革政策(対外開放と対内改革)と対外輸出による。

- 先富論: 先憂(利)後楽(福祉)

“豊かになれる者から豊かになれ”論。

個人利益を容認・奨励 先富で貧困解消策

- 黒猫白猫論:

社会主義でも資本主義でも人民生活を良くする(鼠をよく捕る)なら良いとの論。

中国の発想の転換

1 発明は必要の母

計画経済(義務ニーズ論)から市場経済(挑戦)

2 利益は発展の母

先富論、黒猫・白猫論、三ヶ代表
清貧平等から金儲け優遇

3 世界は豊かさの母

自力更生から開放政策、国内に世界を誘致
特区 一国二制度 多民族・多制度・多様国家

4 倒産は活力の母

国有企業・産業保護から倒産・外資身売り奨励

今後の経済発展

- WTO加盟による市場メカニズム強化
- 不良国有企業の整理ほぼ完了
- 農村部の都市工業化
- 都市部の第三次産業化等の産業構造改善
- 国民の強い生活改善意欲

成長率%	2002年	2003年
GDP	8.3	9.3
1次E	9.9	13.2
電力	11.6	16.5

	GDP	エネルギー消費
10年後	2倍化	2倍化以上
20年後	4倍化	4倍化以上

2 . 中国の活性源は石炭と電力

中国のエネルギーの現状

2003年1次エネルギー需給

ほぼ自給 **輸入国化**

石油換算

消費 11.7億トン 世界2位

生産 11.2億トン 世界3位

石油輸入0.97億トン(04年1億トン超)

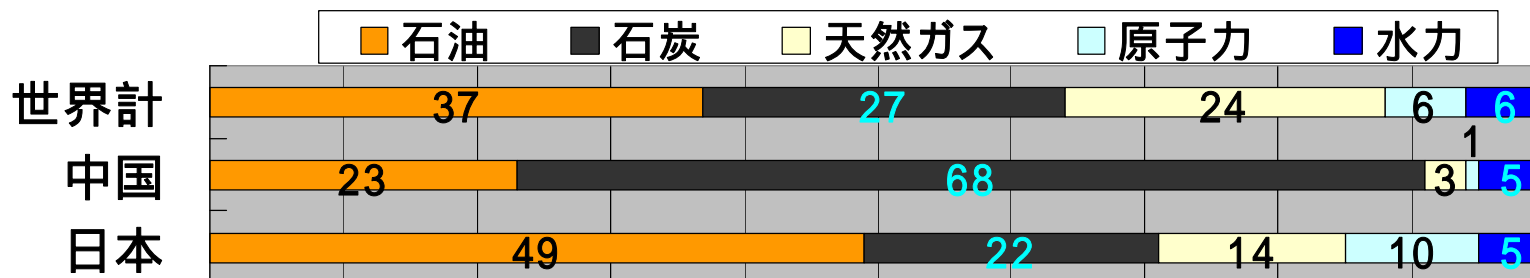
石炭輸出0.82億トン

	生産	消費
石炭 億トン	17.3	15.6
石油 億トン	1.7	2.5
天然ガス 億m ³	351	351
発電 兆KWh	1.9	1.9

中国のエネルギー資源

	単位	確認埋蔵量 BP統計 2003等
石炭	億トン	1100 (世界2位)
水力	万KW 億kWh	67000 (世界1) 19200
原子	万kW 億kWh	(6.4万tU) (25000)
石油	億トン	32 (中国評価203)
天然	億m ³	18000 (世界10位)

1次エネルギー消費構成2003年 比較



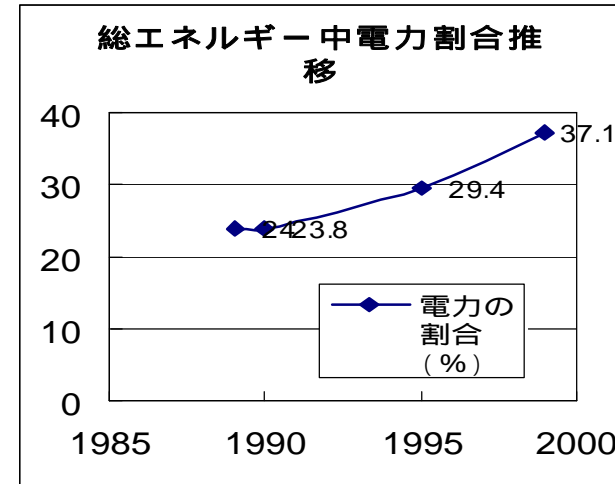
石炭依存
約70%

約5割が
発電用

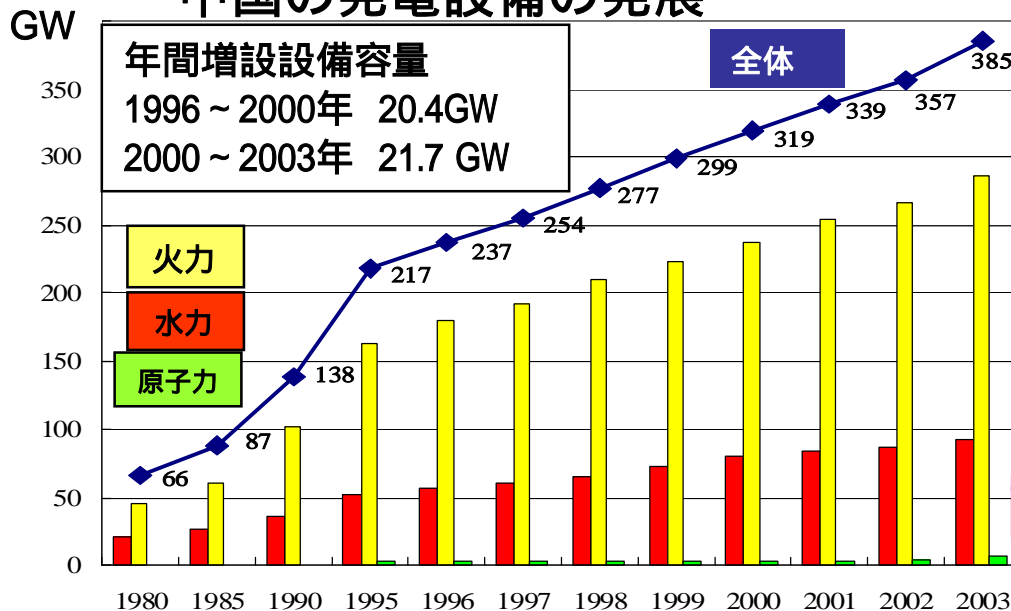
3. 毎年39GWの電力拡大

2003年	発電量 1.91兆KWh	設備容量 385GW
対前年伸び	15.3%	7.8%
	0.29兆KWh	30GW
火力(石炭)	82.8%	74.0%
水力	14.8%	24.0%
原子力	2.3%	1.6%

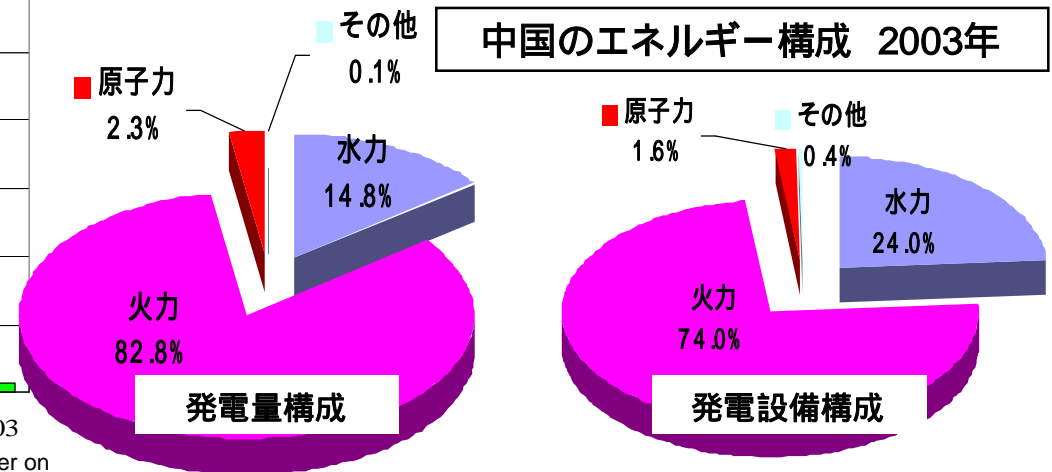
- 全国的電力不足
- 2004年前半24省・市広域電力利用制限
- 短期、需要制限 **経済の加熱抑制**
- 中期的電源開発急務 **高度成長の維持**
- 長期安定供給 **原子力と天然ガス導入**



年28GW建設 1.6~2.0兆円/年
中国の発電設備の発展

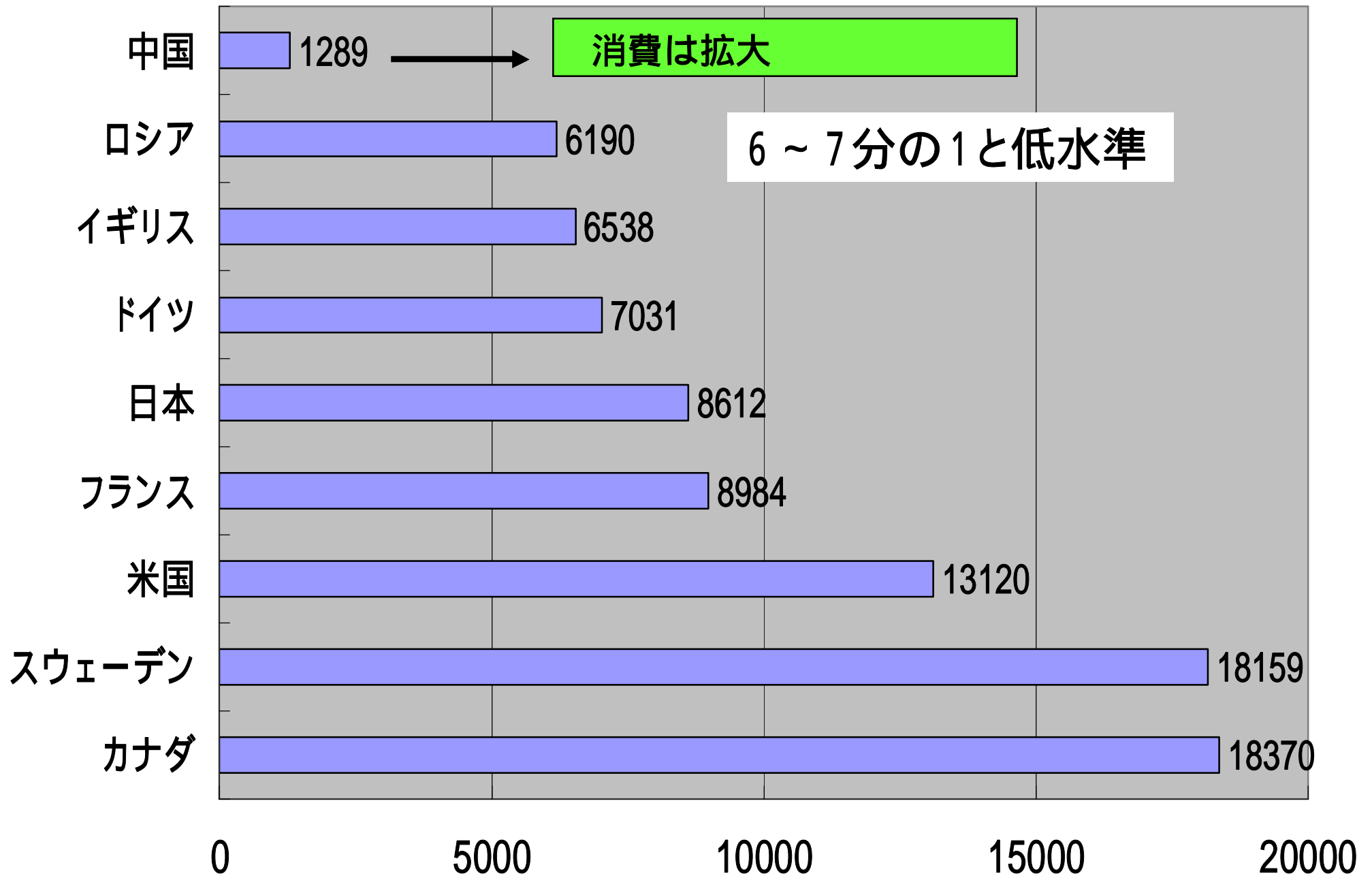


中国のエネルギー構成 2003年

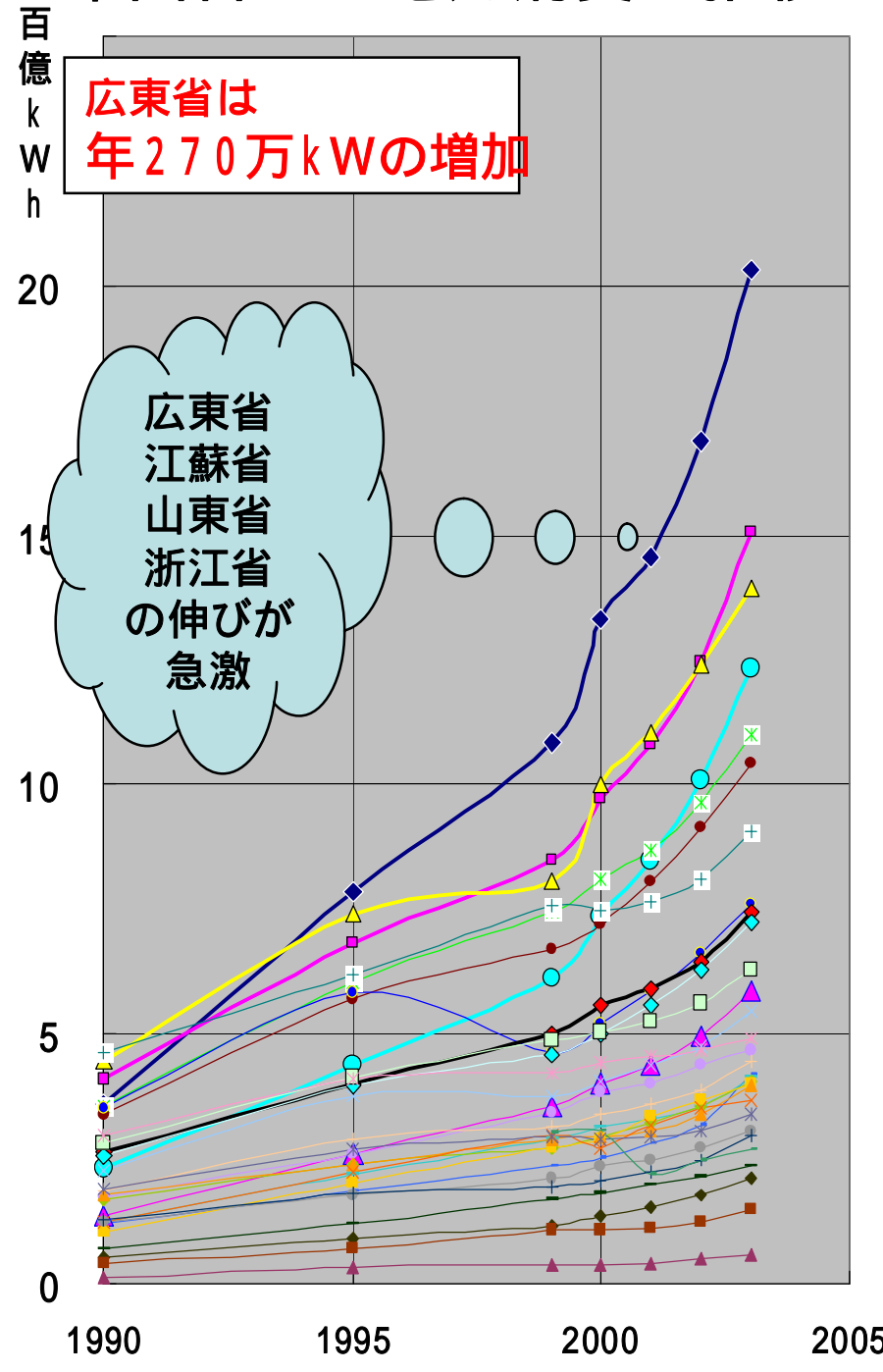


出展: China Power Yearbook, various year, China Power Press, the data in 2003 is from paper on China's economy and energy situation (ERI, 2004).

各国の1人当たり電力消費kWh/1人(2002年)



中国各地の電力消費の推移



- ◆ 広東
- 江蘇
- ▲ 山東
- 浙江
- ✱ 河北
- 河南
- + 遼寧
- 四川
- ◆ 上海
- ◇ 山西
- 湖北
- ▲ 福建
- ✱ 湖南
- ✱ 黒龍江
- 北京
- + 安徽
- 内蒙古
- 広西
- ◆ 陝西
- 貴州
- ▲ 甘肅
- ✱ 雲南
- ✱ 吉林
- 天津
- + 江西
- 重慶
- 新疆
- ◆ 寧夏
- 青海
- ▲ 海南

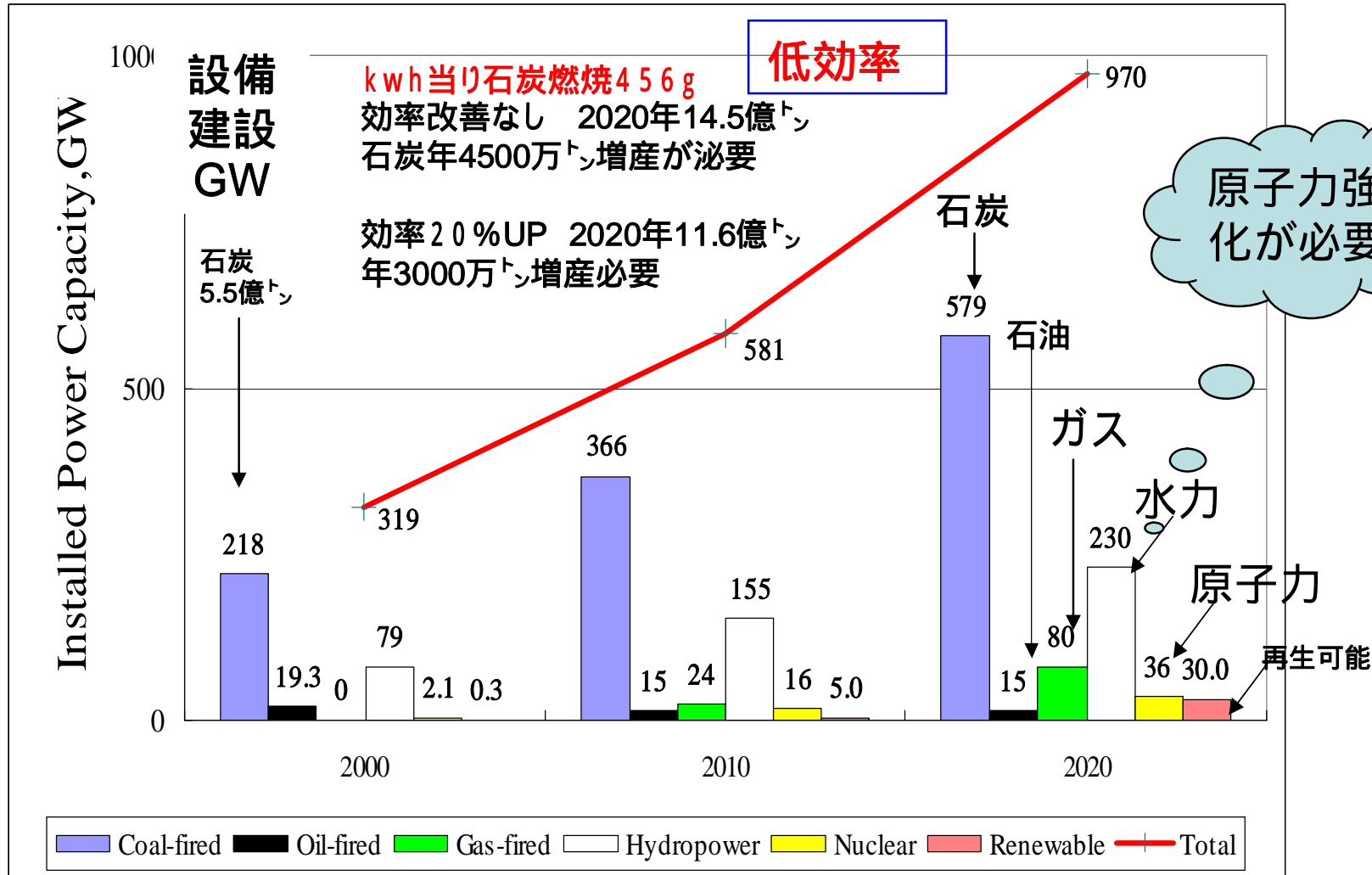


中国の発電設備導入計画

2010年 581 GW - 2020年 970 GW

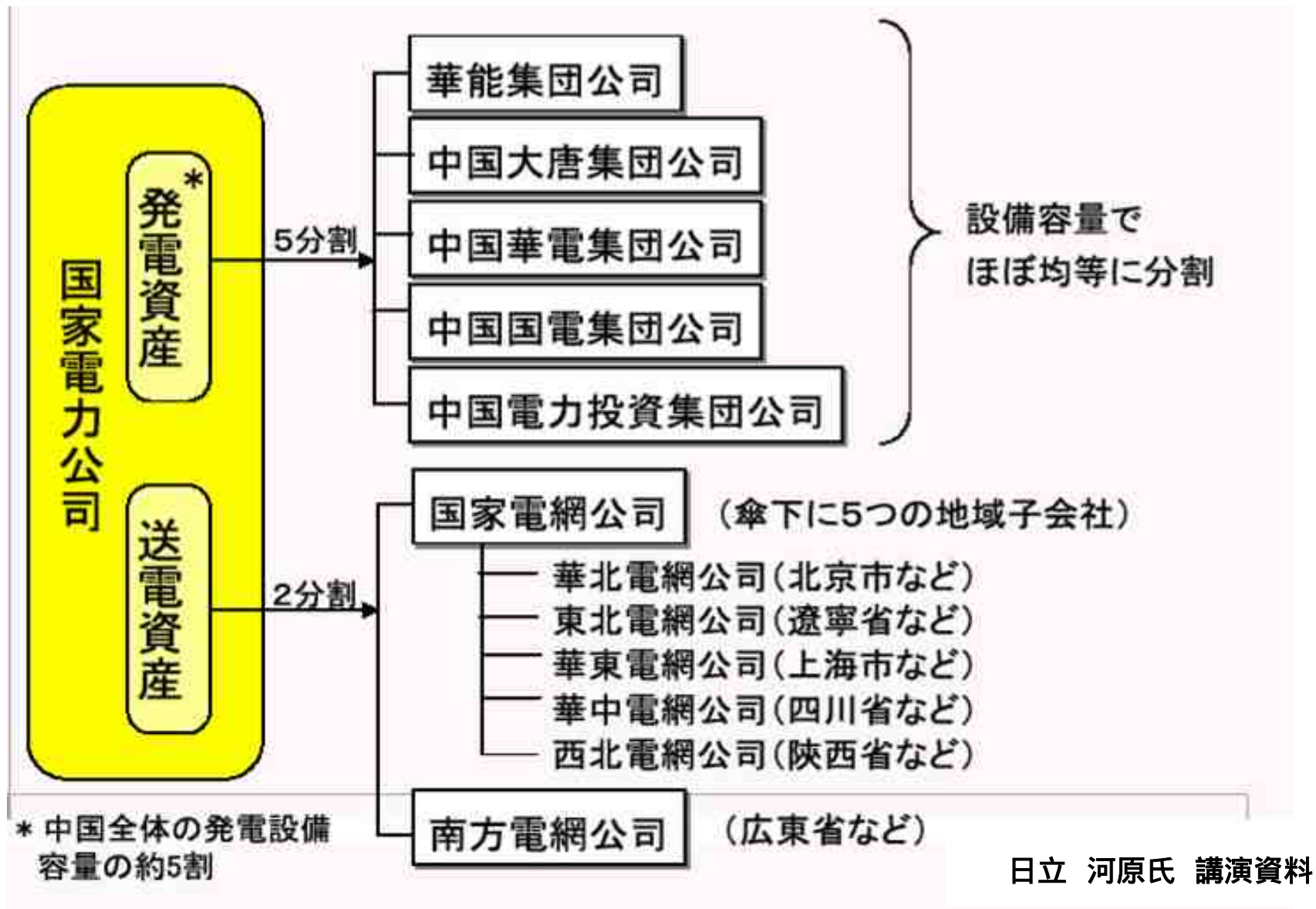
10年間 390 GW = 3.9 GW / 年

(中国エネルギー研究所)



Source: ERI(2004), "Restructuring and Optimization of Energy Supply Structure".

電力自由化発送電 分離改革 (2002年末)



4 . 国内エネルギーの限界と代替

石炭2003年

消費量 約15.6億トン

対前年 7000万トン増

電力 5500万トン増

コークス 1500万トン増

生産量 約17.36億トン

- 新規大型炭鉱の生産追加 今後 3～4年少
- 郷鎮炭鉱事故頻繁
- 能力30%以上超生産
- 2004年7月一般炭輸出量制限

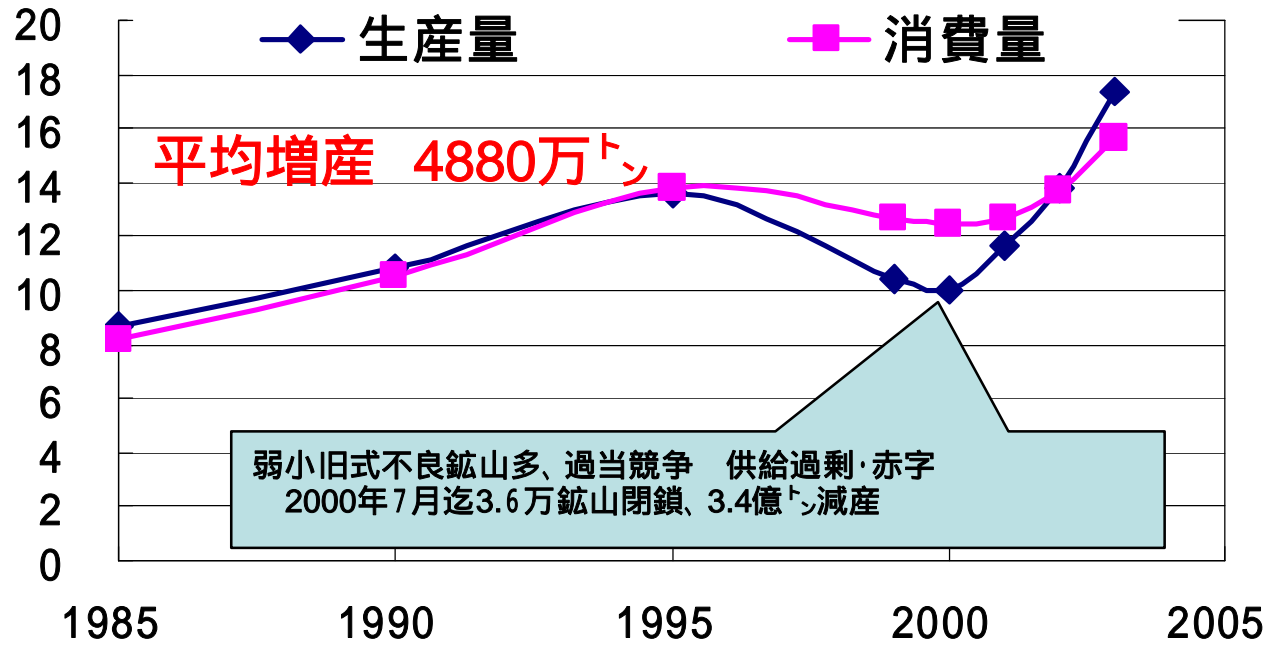
輸送能力改善困難

山元発電送電

送電網2020年完成 沿海部成長に追いつかず

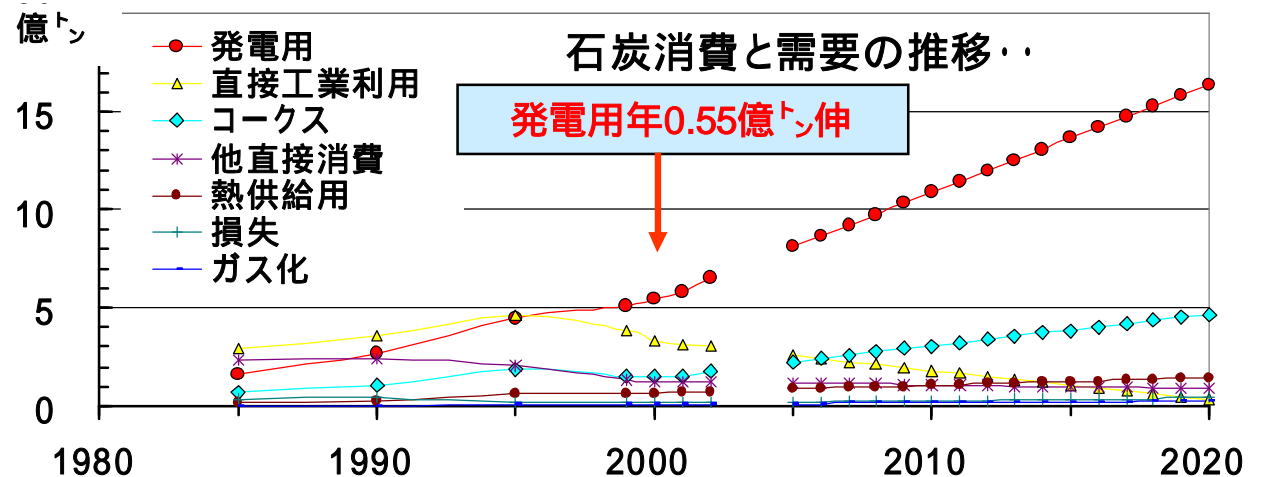
環境問題: NO_x、SO_x、CO₂

石炭生産と消費(億t)の推移

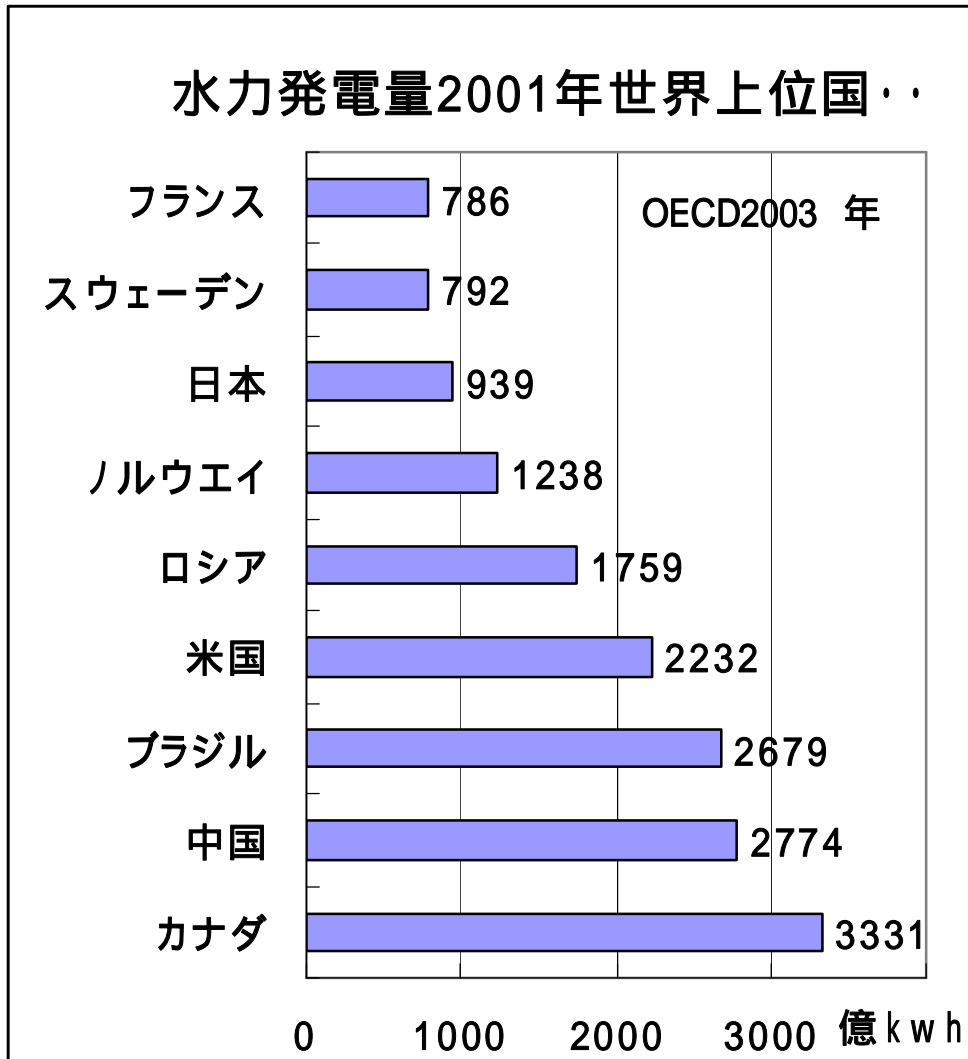


中国の石炭鉱山状況1996年 (2003年)

国有重点鉱山	104企業600鉱山	330万人	5.1 (8.3) 億トン/年
地方国有鉱山	1700	145万人	2.15 (2.96) 億トン/年
郷鎮鉱山	7.3万 (3.6万)	多数	6.25 (6.1) 億トン/年



水力



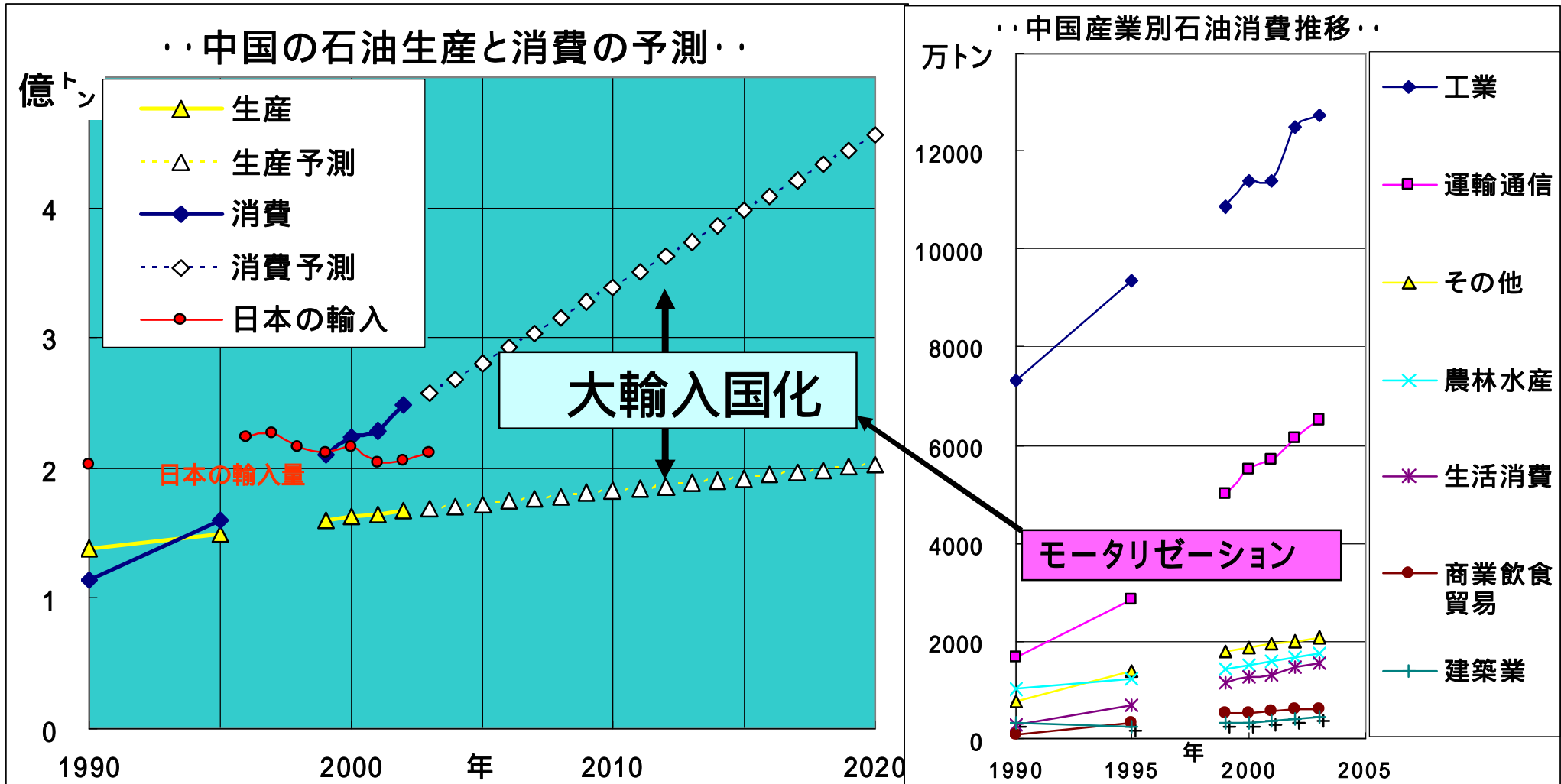
- 2003年 9240 万 kW
2827 億 kWh 世界 2 位
- 南西部（長江）に集中 豊富
- 開発可能 6.67億kW 1.92兆 kWh
世界一
- 送電網や農村電力網の建設が課題

今後の計画

- 積極開発
- 西電東送
- 2010年供給可能量
1.58億 kW、4600億 kWh

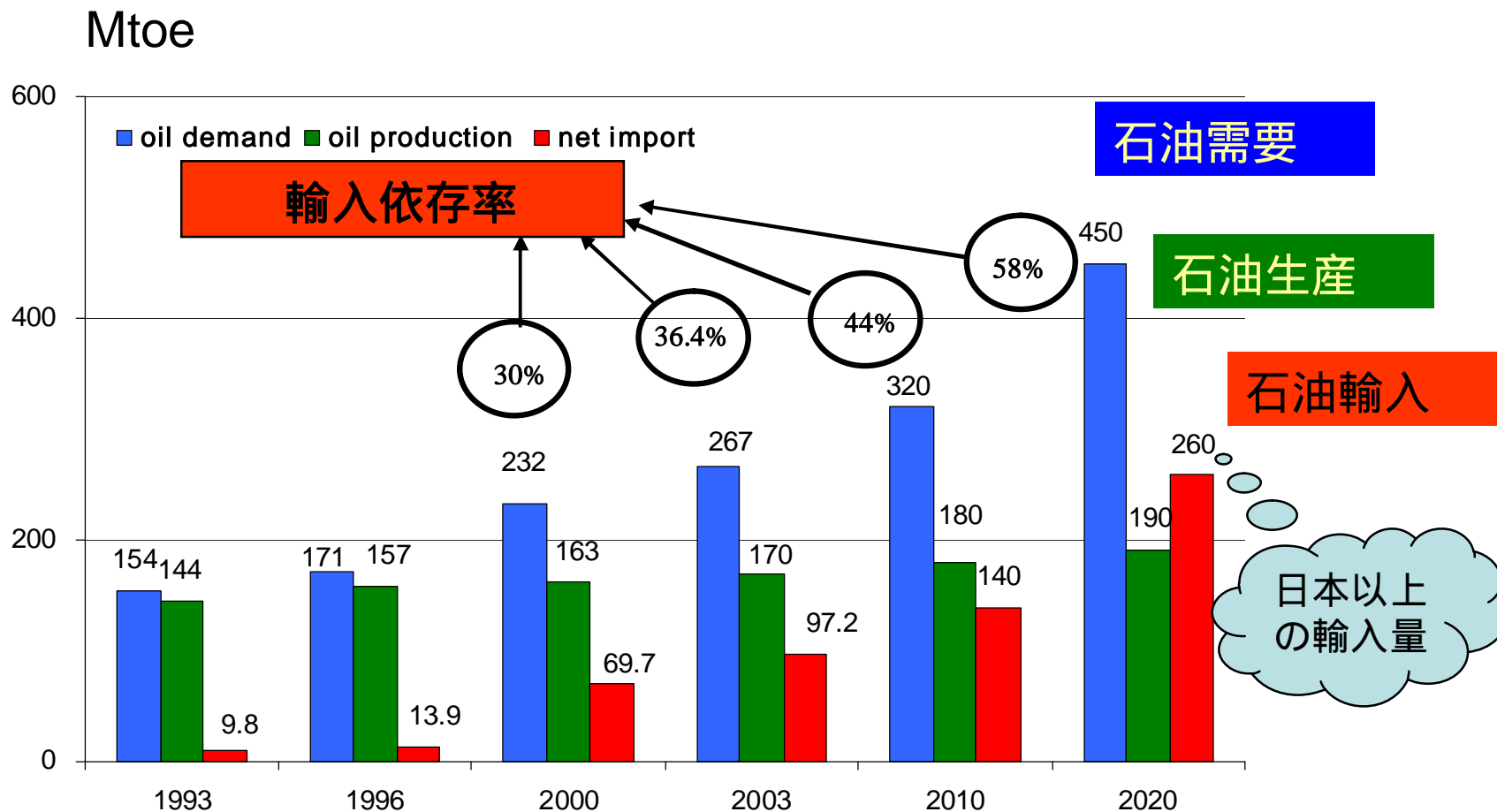
中国の石油需給

- 2003年需要量:2.5億トﾝ 国内生産量:1.7億トﾝ 旧油田は老化・増産困難
2005年初発見報道 タリム盆地27億トﾝ 渤海湾最大205億トﾝ埋蔵?
- 原油純輸入量:8,299万トﾝ、2004年1.2億トﾝ、石油製品純輸入量:1,439万トﾝ
- 中東原油依存度:51%。



中国のエネルギーの将来

中国の石油需要



出展: ERI(2004), "Restructuring and Optimization of Energy Supply Structure".

・ 正味の石油輸入量が2020年 260 Mtoe (2.6億トン) と予測

石油開発方針

1. 開発輸入と海外調達
ロシアの石油天然ガス導入
中東石油の開発輸入とLNG購入(広東省)
2. 節約と備蓄制度の確立
3. 国内開発
新疆タリム盆地と海洋に集中化
新疆 四川 上海パイプライン
2004年8月完成 3,549 億円
最終的には年間200億m³供給
4. 天然ガス利用拡大
2020年8%、1000億立米/年
5. 2010年調達目標
国内生産2.0億ト
松遼盆地、渤海湾、西部
四川・陝甘寧・新疆(各 5000万ト)
海外1.0億ト
国外開発石油
周辺国導入(各5000万ト)

ロシアの石油天然ガス導入
2400Km 17億ドル計画
2004年550万 650万ト
2005年 1000万ト
2006年 1500万ト
2010年 3000万ト
シベリアパイプライン日中競合中
5年初露政府決定 先中後日？



エネルギー供給可能性評価

* 中国エネルギー研究所

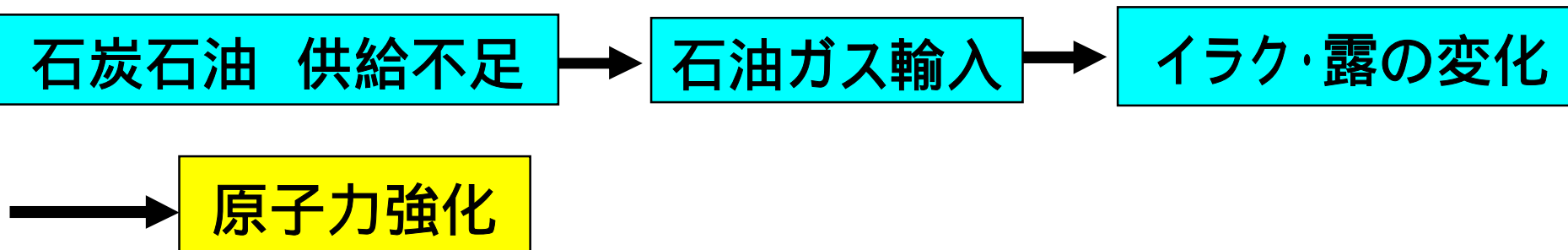
	単位	確認埋蔵量 BP統計 2003等	2000年 供給量	2010年 需要 (2倍化)	2010年 推定 供給力	2010年 不足量	2020年 需要予測 *
石炭	億ト	1100 (世界2位)	10.7	24	17	7	16.5
水力	万kW 億kWh	67000 (世界1) 19200	8000 2224	16000 4500	15800 4600	OK	23000
原子	万kW 億kWh	(6.4万tU) (25000)	210 167	420 340	1500 1200	OK	3600
石油	億ト	32 (中国評価203)	1.6	3.7	2.1	1.7	4.5
天然	億m ³	18000 (世界10位)	245	600	500	OK	2000

石炭石油 供給不足

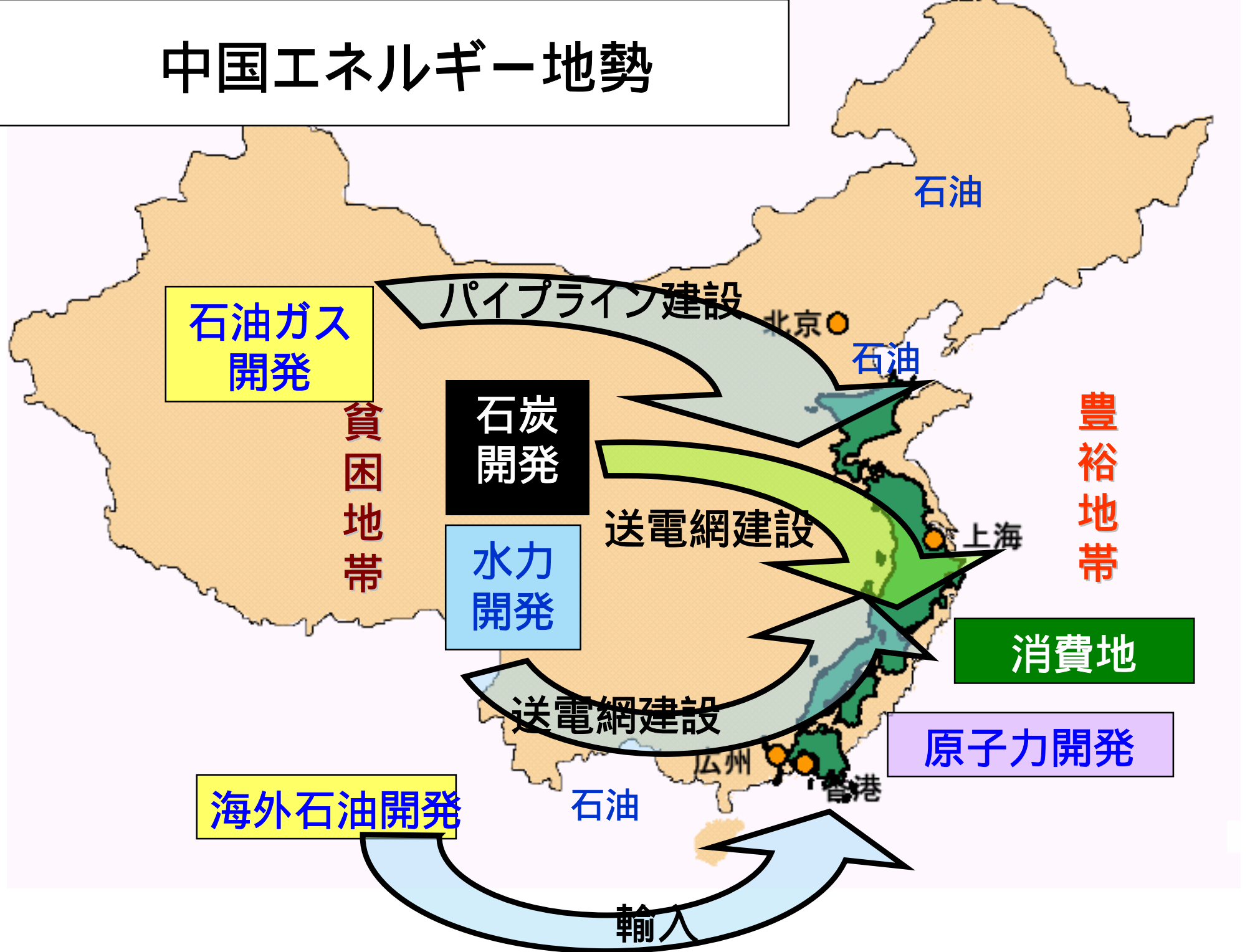
石油ガス輸入

イラク・露の変化

原子力強化



中国エネルギー地勢



5 . 総合国力原子力の開発体制整備

中国の原子力発電の位置付

石炭過度依存
体質の改善

沿海発展地電力需要増
環境保護
2003年22省市で停電発生

先進ハイテク産業の発展
電力や国内機械工業

総合国力の強化
エネルギー、経済、科学技術、
国防
脱軍事民間転用
国家核能力の維持

中国の原子力発展戦略

江沢民前主席方針：
軍事維持と原発の発展

自力更正の堅持 = 国産化

軍事の民生化

原子力発電と核燃料サイクル
一体発展

核燃料技術向上と更新を促進
ウラン製品と核燃料の国内確立

市場主義

中国の原子力発電 発展戦略 将来輸出

軽水炉（原則PWR） 先進軽水炉等 高速増殖炉

軽水炉

海外(技術+資金)導入+75%国産化(核工業集团公司)

国産化: 30万kW 60万kW 100万kW

核燃料: 自給方針、再処理プルトニウムリサイクル路線

第一ステップ : 国産30万kW + 仏の100万kW大亜湾(完了)
パキスタン輸出

第二ステップ : 国産60万kW + 仏、露の100万kW、加70万kW (完了)

第三ステップ : 国産化100万kW標準化 + 海外第三世代先進炉導入、
供給国G加盟(~2010年進行中)

第四ステップ : 第三世代先進炉大規模導入(2010年~)

) 国内電力競争に勝つ: 電力自由化

) 世界の市場 430GW(60兆円)更新需要 獲得

) 3大製作基地の育成: ハルビン集団, 東方集団、上海集団

中国原子力開発の歴史

軍事時代 1950 ~ 1978

1950年: 中国近代物理研究所設立
1955年: 中ソ原子力協力協定調印
(1956年: 日本原研発足JRR- 着工)
1960年: ソ連援助中止
1964年: 原子爆弾実験成功
(日本原電東海発電所発電開始)
1968年: 水素爆弾(3Mt) 実験成功
1971年: 原子力潜水艦進水

空白時代 文革

改革開放時代 軍事の民生転用

1978年: 改革開放(自力/導入)決定
1981年: 原子力発電開発計画国家承認
1983年: 中仏原子力協力協定
1984年: IAEA加盟、中独原子力協力協定
1985年: 中英、中日原子力協定、
民生原子力のIAEA保障措置適用
秦山 期30万kw(国産)着工
1987年: 大亞湾(仏製)98万kw着工

1989年: 核物質防護条約調印

1991年: 秦山 期送電網接続

1992年: NPT締結、

中ロ原子力発電建設協力協定調印

1993年: パキスタン輸出チャシマ原発 着工

1994年: 秦山 期と大亞湾発電所商業運転

1996年: CTBT署名、秦山 期60万着

1997年: 嶺澳100万(仏)着工

原子力輸出管理条例の施行

1998年: 秦山 期72万(加)着工

両用品・技術輸出管理条例施行

米中原子力平和利用協力調印

2000年: 田湾100万(露)着工

2002年: 追加議定書締結

2004年: チャシマ2号パキスタン輸出契約

国産化時代

2004年: 原子力供給国G(NSG)加盟

原発 政策重点： 100万kW PWR国産化と標準化

1. 自国を主として**中外協力** = 国内機関が全面責任

1) 設計 逐次実現完全自主化

2) 設備 55 ~ 70% 国産化 (外国企業合弁国内生産奨励)

外商投資産業指導目録 第21号令、2002年3月11日発布 2002年4月1日施行

60万kW以上のユニットの製造 (**合弁、合作に限る**)

原子力発電所の建設と経営 (**中国側がマジョリティ**)

促進政策:

付加価値税の還付; 法人税の50%減税; 自己資本比率の引き下げ (10%); 長期融資 (返済期限15年)

2. **安全性** 国際基準と国内核安全法基準を満足

3. **経済性** 脱硫設備付**石炭火力発電コスト以下** **国内競争力具有**

4. **立地** **既設空地の先利用** 嶺澳 (広東省)、秦山 (浙江省)

エネルギー不足**東部海岸地域** 広東、浙江省、山東 (各2基)

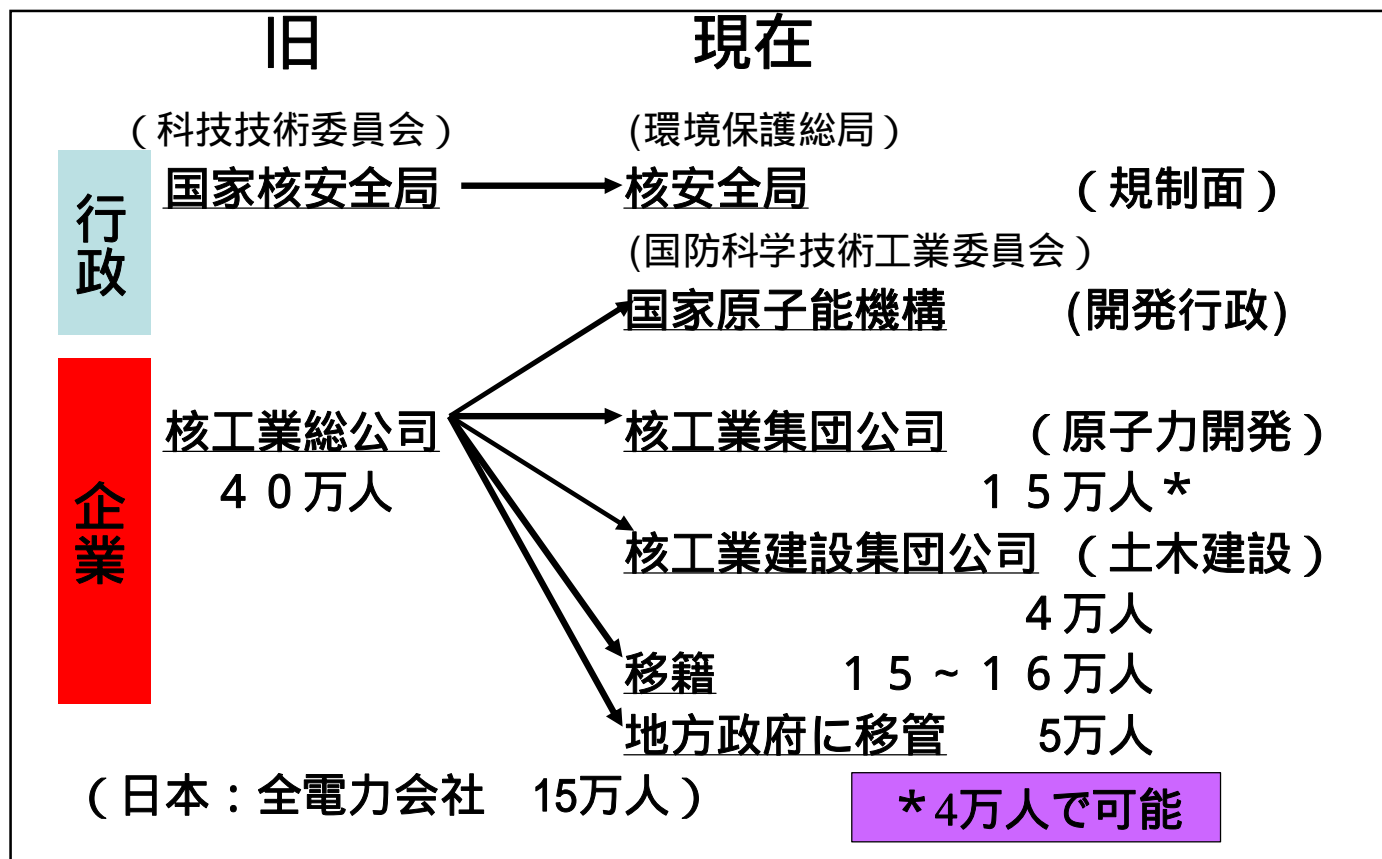
5. **政策転換:** 電力需要増に**国産化は間に合わず** **外国よりの導入**

方針を実績重視より海外先進炉技術の導入国産化へ転換

AP1000、EPR1500、APWR、ABWRも可?

第4次世代炉共同開発 FBR、HTR

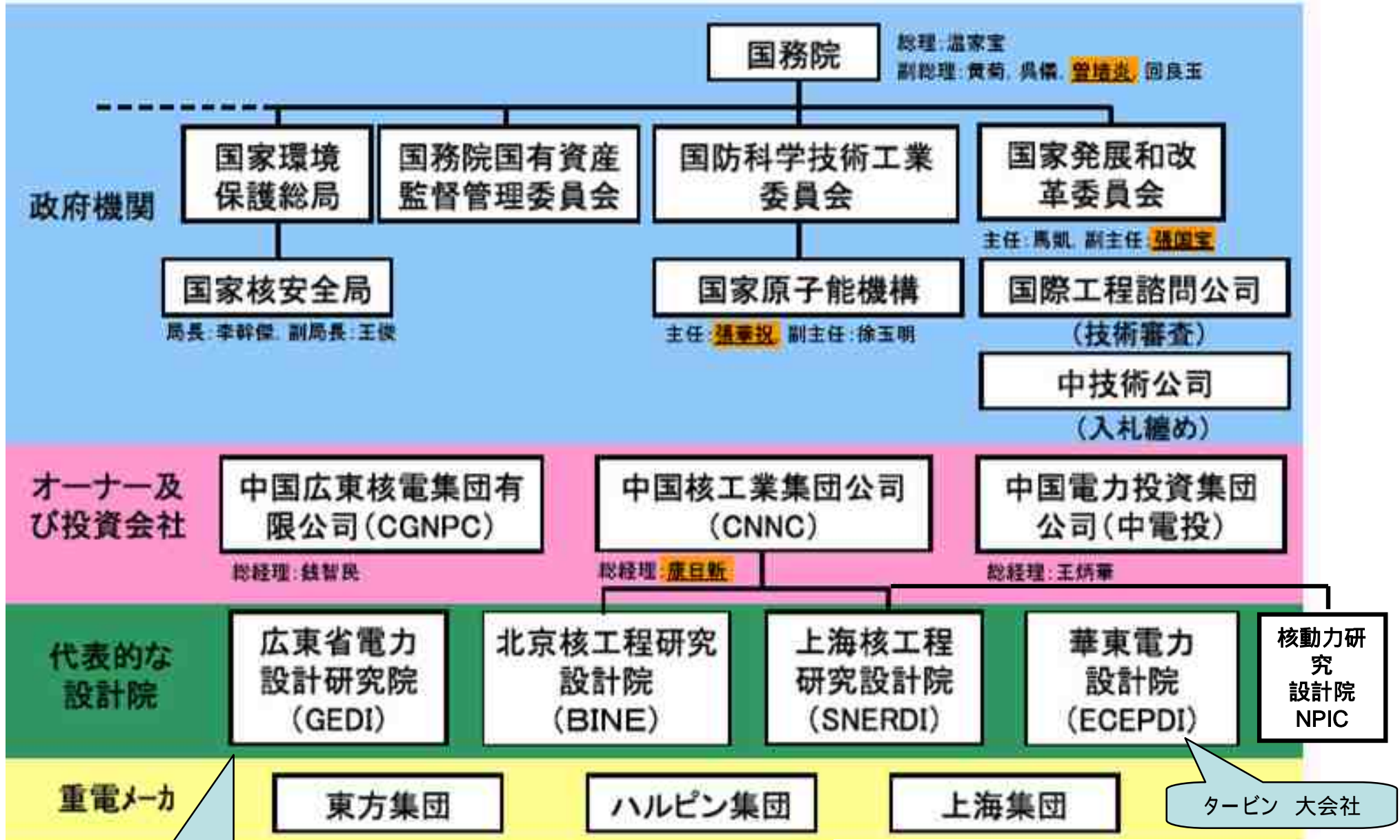
行政(国務院機構)改革1998年3月10日



公平な規制
利潤による
企業発展

推進 / 規制、行政 / 企業の分離
 巨大企業の分割活性化
 集团公司(持ち株会社)化 利潤集約発展
 3大設備メーカー体制整備 外国企業との合併化
 促進政策: 付加価値税の還付、法人税の50%減税、自己資本比率引下げ(10%)、
 長期融資(返済期限15年)

原子力関連組織



大亜湾・嶺澳に実績あり

核工業集團公司組織主要下部機關

上部組織	下部組織	人員	上部組織	下部組織	人員
科技・國際合作部	中国原子能科学研究所 西南物理研究院 中国核情報中心	3400 2000	中国核工業ウラン公司	衡陽水冶廠 礦冶設計研究院 北京化工冶金研究院 湖南礦開採研究所	4200 900
核燃料部	蘭州核燃料廠 宜賓燃料元件廠 理化工程研究院	7800	中国宝原開發公司	北京核儀器廠 西安核儀器廠 蘇州光学儀器廠 蘇州閥門廠 上海光華儀表廠	1400 600
核電部	中国核動力研究設計院 北京核工程研究設計院 上海核工程研究設計院 武漢動力運行研究所 秦山核電公司 秦山第三核電有限公司 CANDU 核電秦山聯管有限公司 江蘇核電公司 (田湾)	5000 1800 900 450 1100	中国原子能工業公司	中国中原对外工程公司 中国同位素公司	
安防部	輻射防護研究院 General Hospital of Nuclear Industry	1100	中国 広東核電集團	広東核電投資 - 合營有限公司 嶺澳核電有限公司	1080
地質局	北京地質研核工業究院 核工業航測遥感中心	500 600			

6 . 導入と国産化・輸出の原子力

建設中と運転中の原子力発電

多国籍

2005年 : 運転中9基7GW世界12位 建設中2基2GW

2005年末: 全11基運転9GW(世界11位): 建設費約161億ドル

海外原子力不況 資金・技術の導入ができた

状況	運転中 (100万kW = 1GW)					建設中
名	秦山	秦山	秦山	大亜湾	嶺澳	田湾
国製 タイプ	国産 PWR	国産 PWR	加 CANDU	仏産 PWR	仏産 PWR	ロシア VVER
万KW	30	60	72.8	90	100	100
基数	1基	2基	2基	2基	2基	2基
着工	85年	96年	98年	87年	97年	00年
建設費	3億ドル	17億ドル	29億ドル	37億ドル	39億ドル	36億ドル
発電	94年	02年 04年	02年 03年	94年 94年	02年 03年	05年 05年



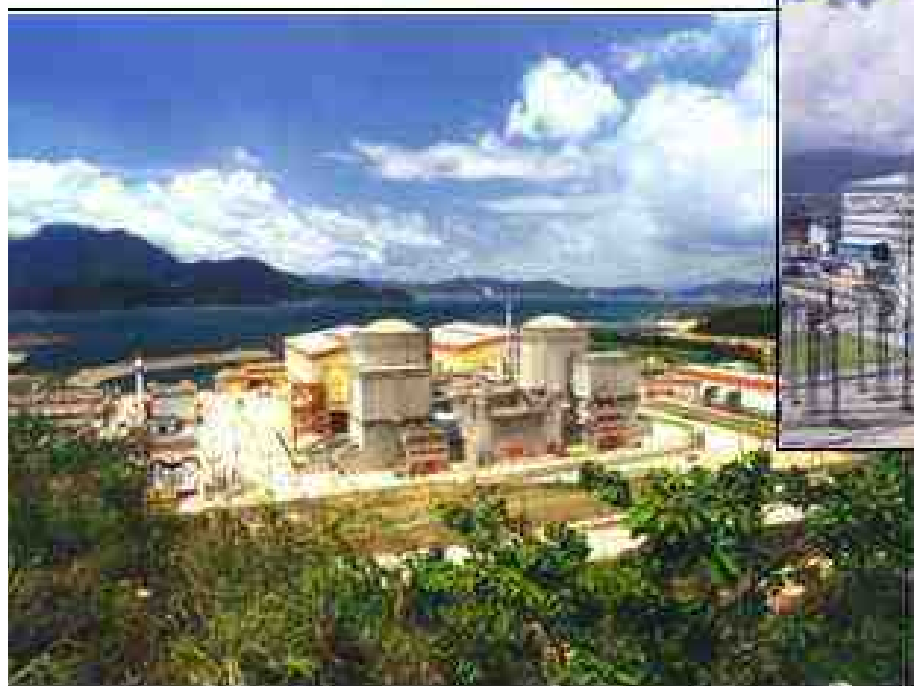
秦山 I 期



秦山 II 期



秦山 III 期



大亞灣



嶺澳

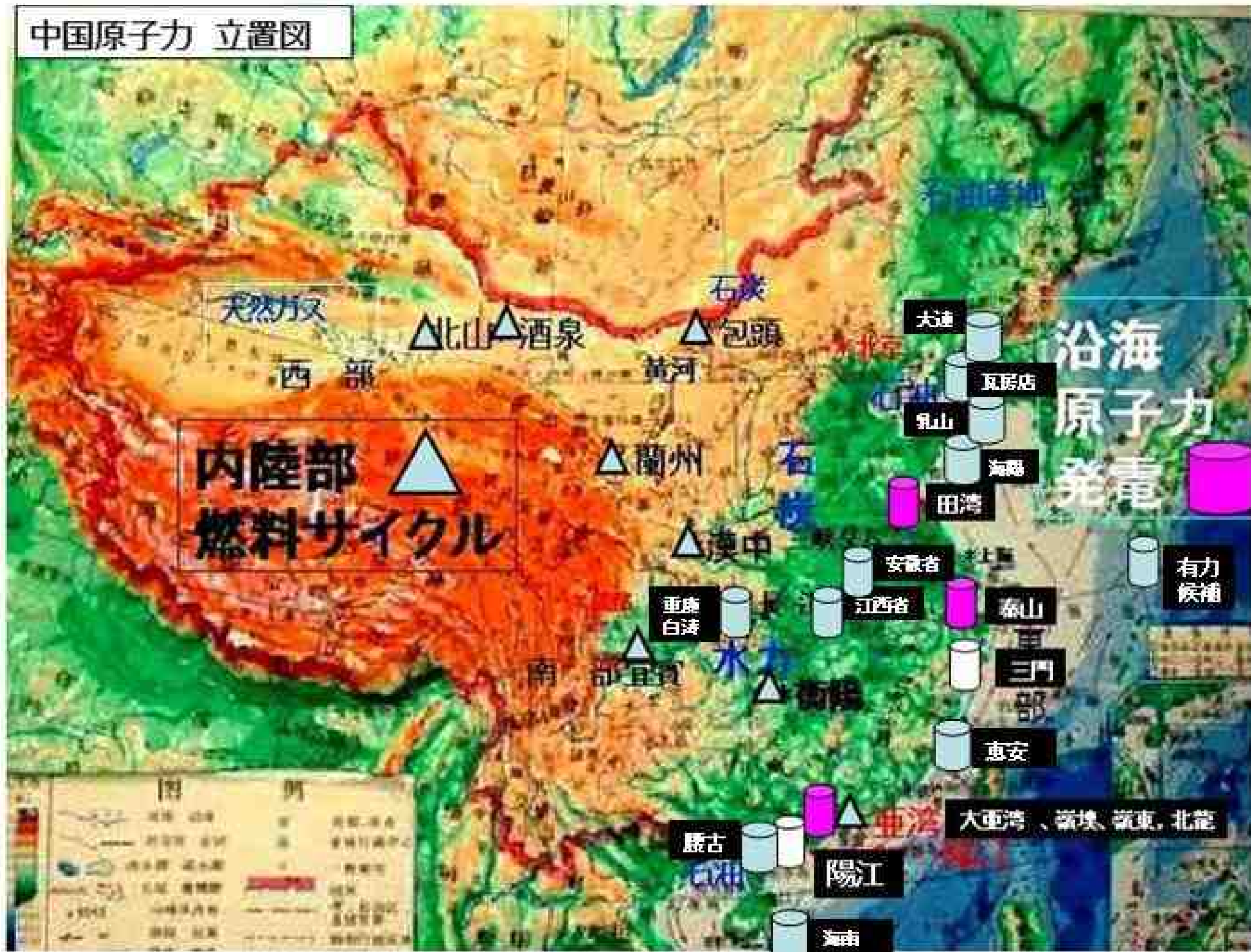


田灣

核燃料サイクル (消費量は2005年870万KW時 年間量)

	軍転民、自給、Puリサイクル路線、内陸立地		能力	消費量
資源	推定埋蔵量 170万 tU、確認量 7.7万tU (Uranium2003) 粗製錬場:撫州 Fuzhou 300 崇義Chongyi 120 伊寧Yining 200 藍田Lantian 100 本溪Benxi 120 衡陽 Hengyang 500-4000 tU/年		~年1840 tU	年1470 tU
製錬	衡陽 1100 撫州 1100 tU/年		年2200 tU	年1470 tU
濃縮	漢中:遠心法 500tSWU(2003年) 蘭州(含転換):拡散法 200t停止 遠心法 500tSWU(2000年) +500tSWU(2005年)計画 1000tSWU 合計 1500tSWU 輸入:欧州ウレンコより大亜湾の30%		年1500 tSWU	年1050 tSWU
成型加工	包頭:含転換、CANDU用200tU/年 2000年着工2003年商業運転 宜賓:PWR用(大亜湾48・嶺澳48・秦山 期13.5 秦山 30・パキスタン13.5:計153 t) 田湾VVER用04着工~600万kW分180t2007年運転予定		年NU220 年EU153 333	年NU220 年EU174
SF貯蔵	発電所内:大亜湾600t、秦山 期1026t、他不明 西北(酒泉) 550t 2000年完工 追加 500t 増設可能		2176t 以上	年NU220 EU200
再処理	西北(酒泉):商業用 P.P 0.1U/日建設中、大亜湾 300t再処理契約。 2003年より輸送。2007年運開予定。2010年Puリサイクル 2020年商業プラント 880Mt/Y建設予定		0	年200Mt
処分	低レベル	北龍 期8800m ³ 完成(最終2万) 西北 期6000m ³ 完成(最終2万)	14800m ³	年 537 m ³
	高レベル	2000年ゴビ砂漠北山のサイト特性調査 IAEA共研 ~'10年処分場サイト決定、~'25地下研究所、~'40 年処分場設計・建設 2040年完成	0	年420 t

中国原子力 立置図





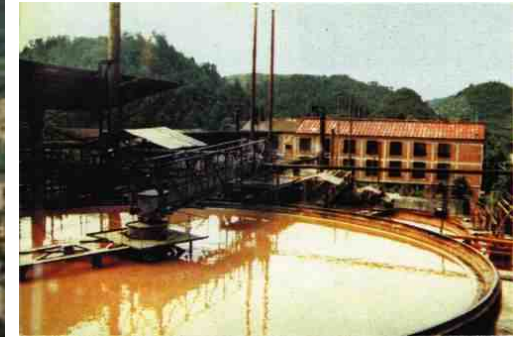
地浸法ウラン採取



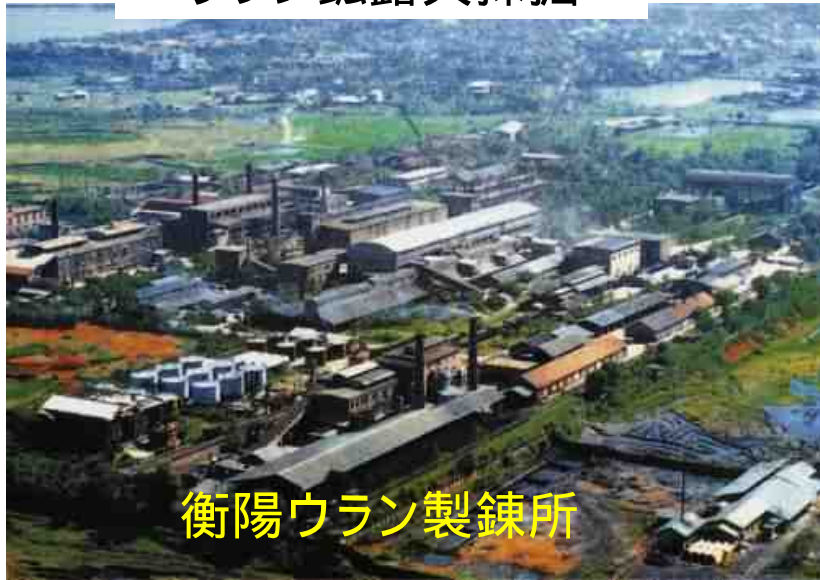
堆浸法ウラン採取



ウラン鉱露天採掘



な県ウラン放
射線選鉱場



衡陽ウラン製錬所



衡陽：鉱石粉碎機

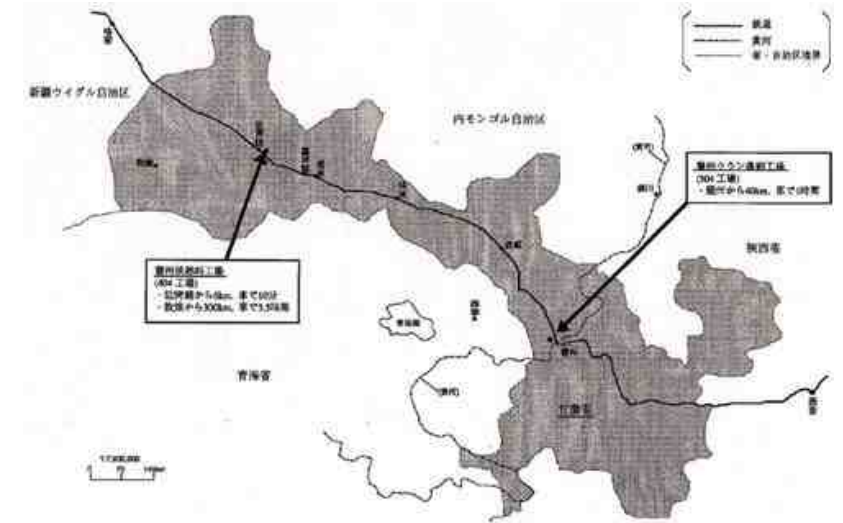


衡陽：イエローケーキ

蘭州ウラン濃縮工場(504工場)



90年代新建設のウラン濃縮工場外観画像

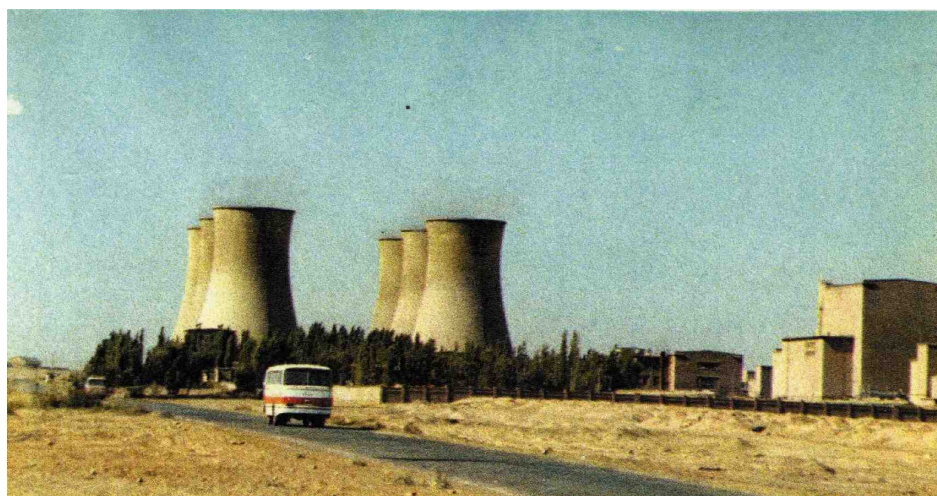


ガス拡散ウラン濃縮カスケイド



ガス拡散ウラン濃縮カスケイド

西北(酒泉)核燃料集合施設





IAEA専門家2001年



米国核廃棄物技術評価
委員会 1999.10

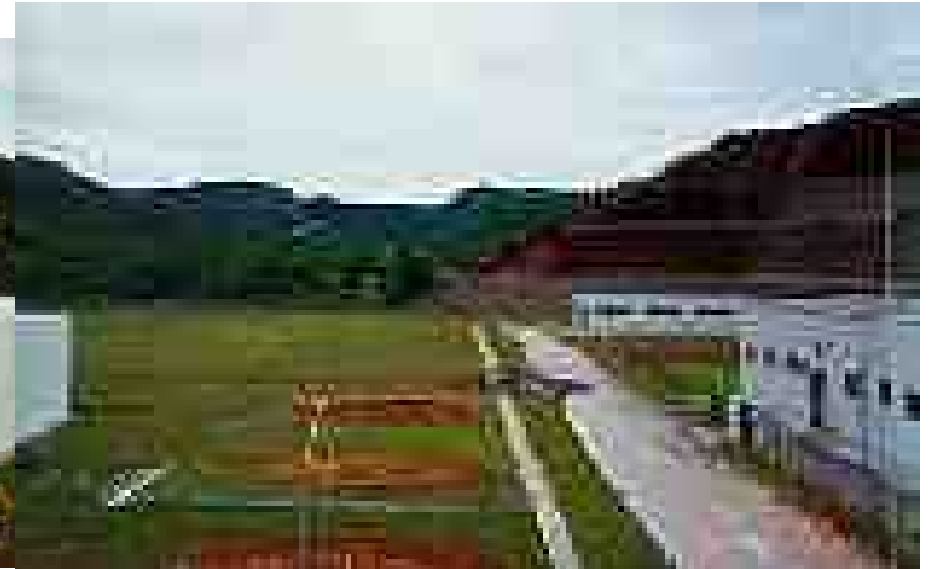


日本JNC専門家1999.6



北山ボーリング現場 (王駒氏2003年2月PPより引用)

北龍中低レベル廃棄物処分場の状況



+ 皮物貨包

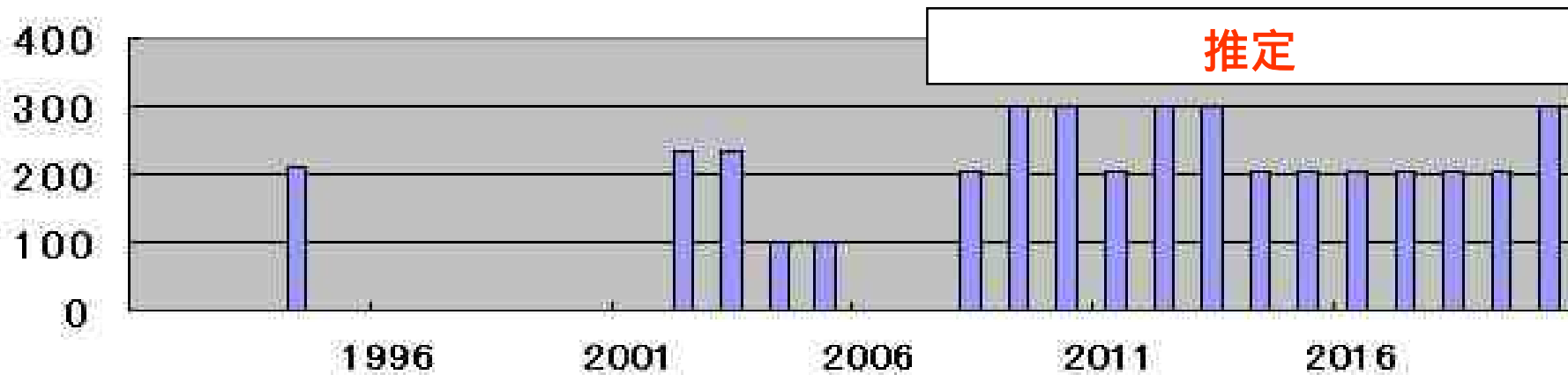


10

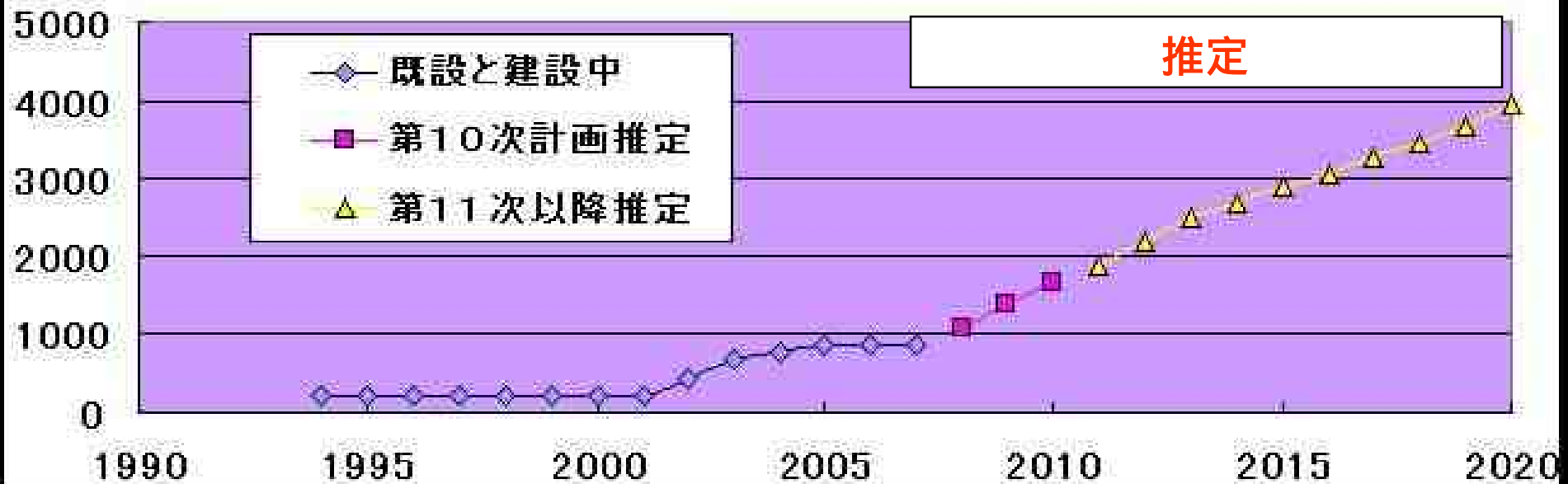


今後の核燃料サイクルの展開3

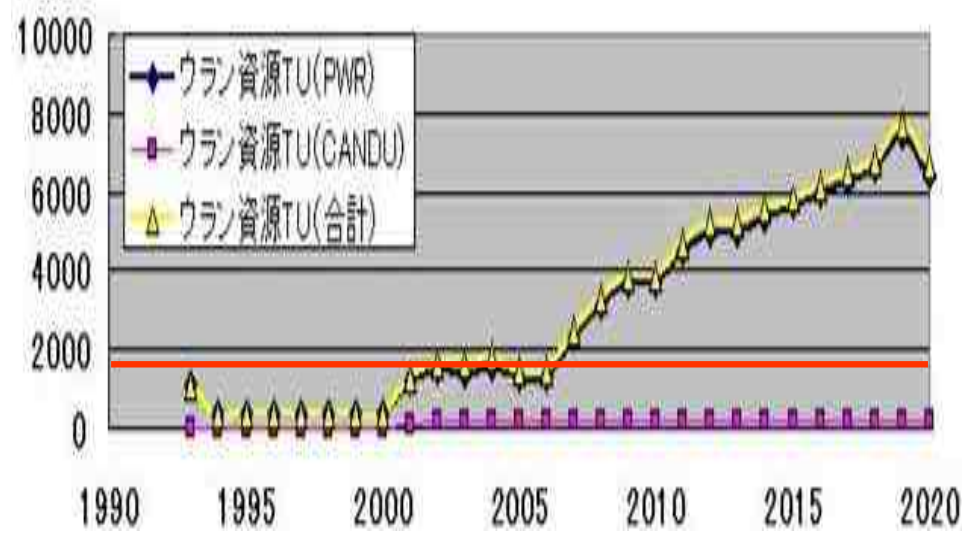
中国原子力発電設備 毎年の設置万KW



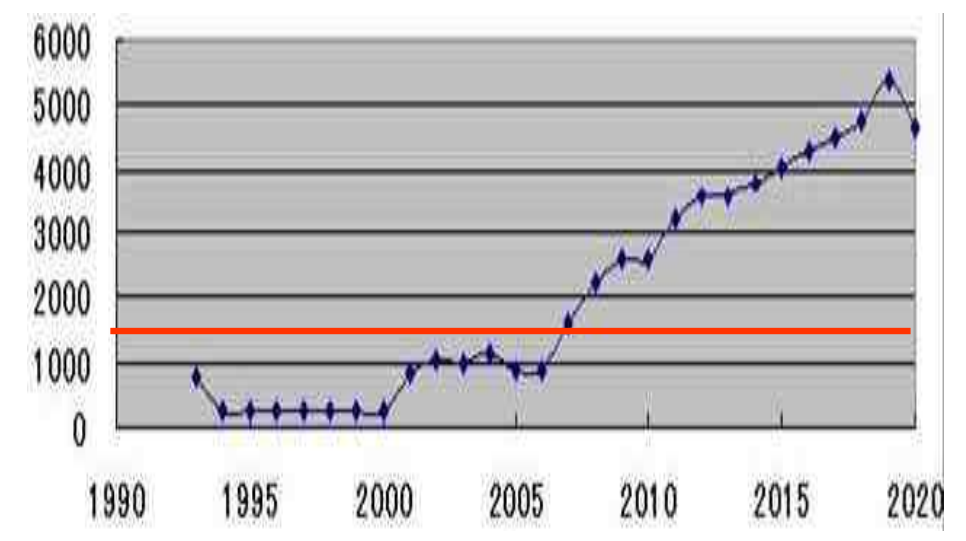
中国原子力発電設備の発展(設置容量万KW)



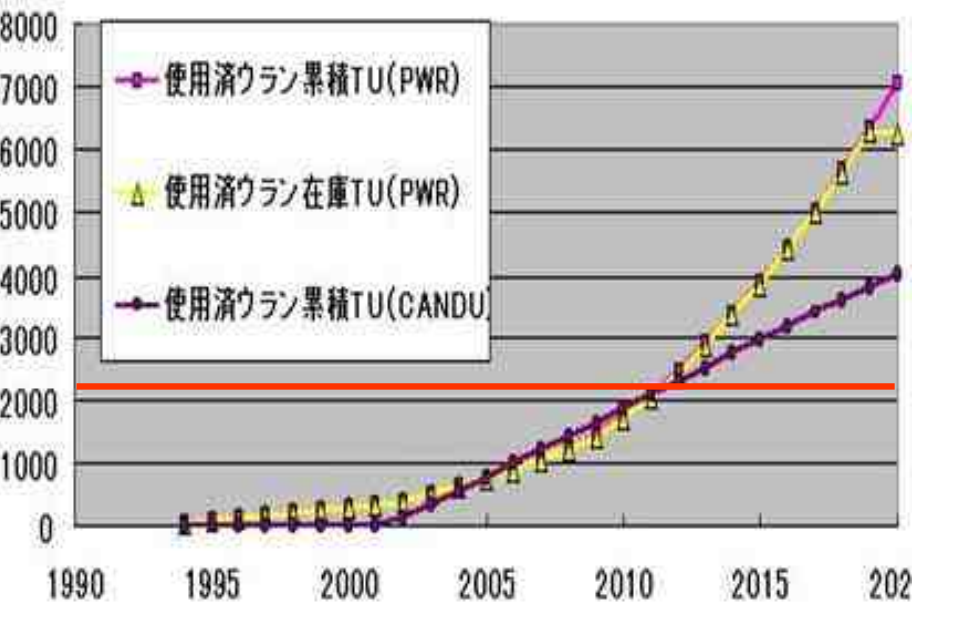
ウラン資源必要量 tU/年
 現在の確認資源量は77000 トンU
 生産能力は1840 tU / 年 2007年にもなれば不足



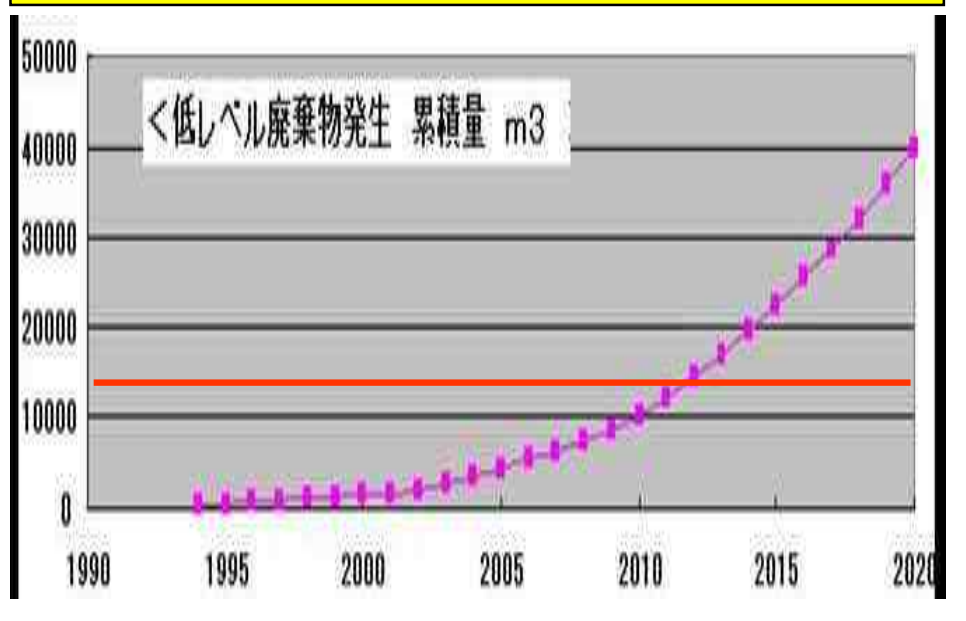
濃縮役務 tSWU/年
 現在能力1000tSWU / 年 1500tSWU (2005年)
 不足分は欧州ウレンコより輸入 2010年頃不足



使用済燃料累積量 tHM
 貯蔵能力 :2176 tHM 2013年頃満杯



低レベル廃棄物累積 m³
 西北6000 + 北龍8800 = 14800
 2013年頃不足する 増強



7 . 原子力發展基盤 高稼働率達成

中国原子力の稼働状況 **嶺澳 高稼働93%達成**

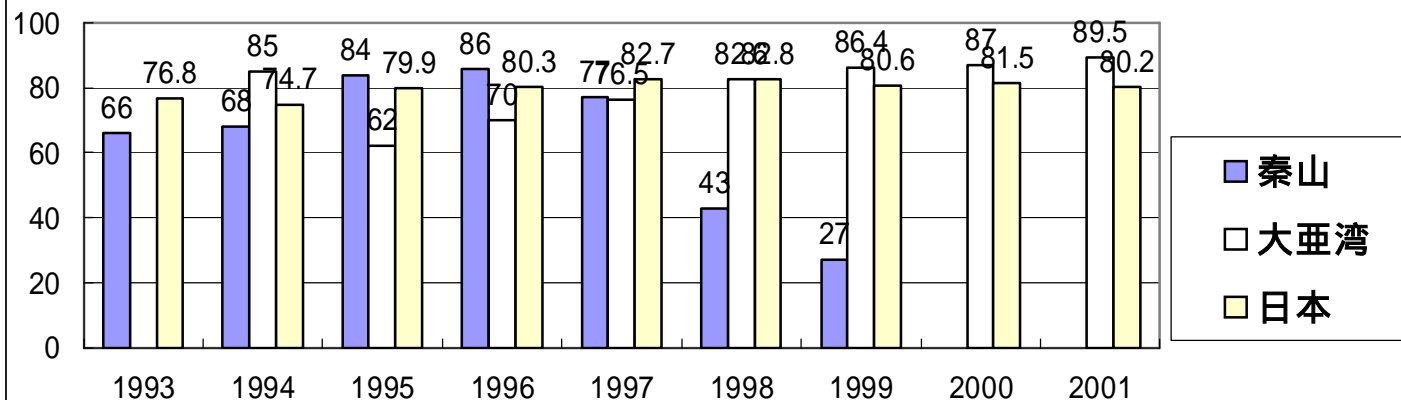
設備利用率：日本 80.5%以上になっている

故障トラブル件数は日本の0.3件/1基・年に比べ約8件と多い（初期故障）

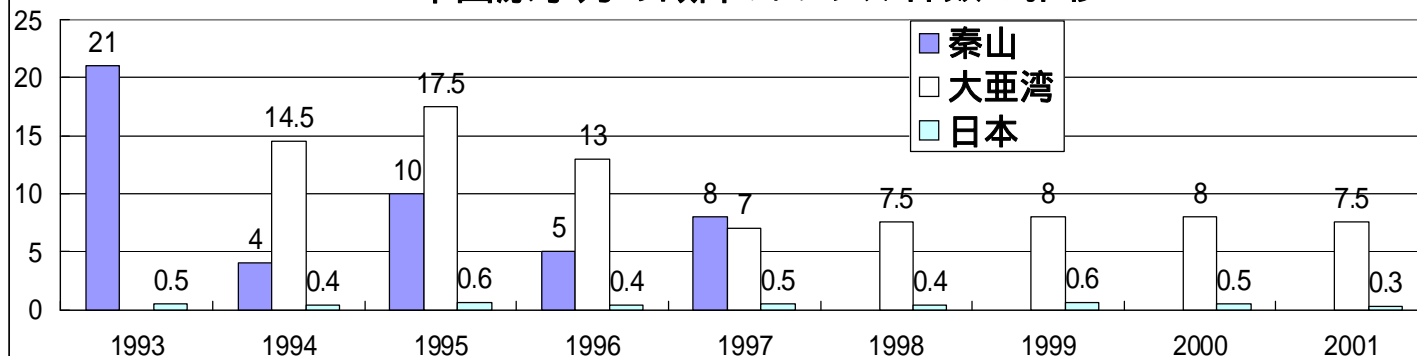
	秦山1	秦山2・1	秦山3・1	大亜湾1	大亜湾2	嶺澳 1
稼働率%	88.7	* 81 *	88 *	90 #	82 #	93 #
故障トラブル				7 #	4 #	14 #
	* 2003年		# 2002年			

わが国
(2003年)
PWR87.3%、
BWR71.9%

中国原子力発電所設備利用率の推移



中国原子力の故障・トラブル件数の推移



**政府幹部
信頼と期待
獲得**

8. 発展を生む利益の発生

- 98万KW 2基 総工事費40.72億ドル
- 1994年より売電を開始 ローン返済開始
年間約5.7億ドル 10年間返済
利子17.4億ドル、元本36.8億ドル 合計54.2億ドル完済
- 売り上げ 高稼働 約9億ドル
- 利益: 税率15%の低税率、年間6億ドルくらい

次期建設
投資
借入金
40～60億ドル
可能
2～4基建設可

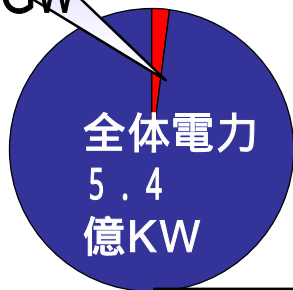
大亜湾経理状況

年	送電量 KWH	売電価格 セント/KWH	売上げ 億 US ドル	ローン 返済億ドル	税金億ドル	税引後利 益 US ドル
1994	108	5.61	6.06	?	0 優遇	1.02
1995	101	6.55	6.62	?	0	1.24
1996	115	6.4	7.36	?	0.13 減税	1.58
1997	118	6.2	7.32	?	0.15	1.82
1998	123	5.92	7.28	?	0.18	2.16
1999	135	5.98	8.07	5.42	0.20 普通	2.57
合計	699		42.71	33.4	0.66	10.39

9 . 意欲的原子力發電計畫

中国の原子力中長期計画

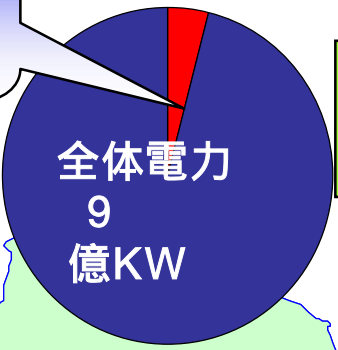
原子力1.6%
8.7GW



2005

1人
0.45kW
先進国の
1/5

原子力
4%
4.0GW



2020

発電設備目標:
1人1kW
(日本の1/2)

原子力
追加
27~30GW

約16年以内

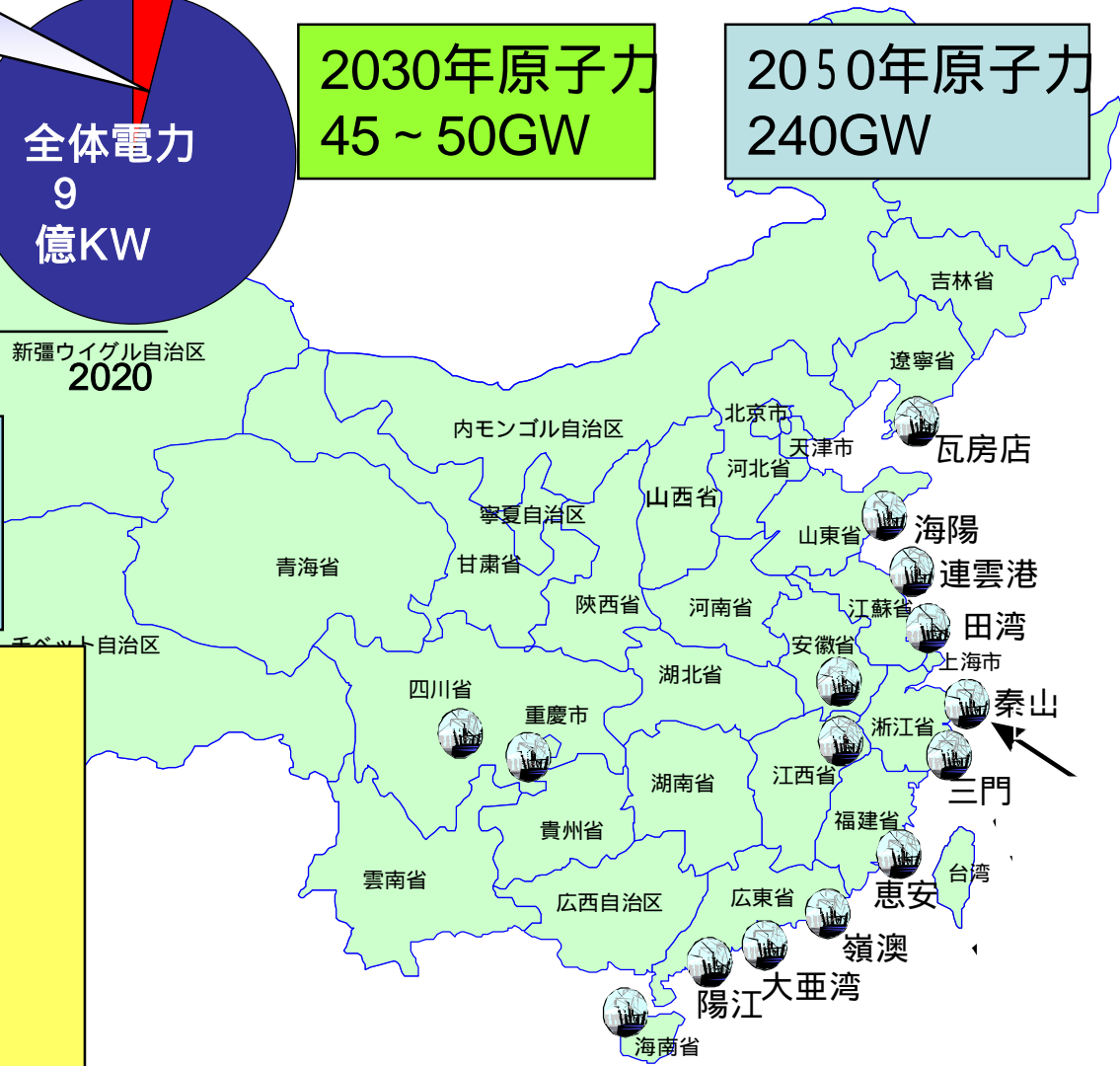
2030年原子力
45~50GW

2050年原子力
240GW

国家計画

計画	立地	規模	着工
嶺澳	広東省大亜湾嶺澳	100万×2基	05年
秦山	浙江省海塩県	65万×2基	05年
三門	浙江省台州市	100万×6基	07年
陽江	広東省陽東県東平鎮	100万×6基	07年

有望	立地	規模	着工
海陽	山東省海陽市	100万×2基	
白涛	四川省重慶陵白涛鎮	90万×2基	11次
温ダ子	遼寧省瓦房店市東崗	100万×2基	10年
田湾	江蘇省連雲港	100万×4基	
惠安	福建省惠安	100万	
腰古	広東省台山市赤溪鎮	100万×2基	10年
乳山	山東省乳山市	100万×2基	09年
大連	遼寧大連欲型糾叫鉗	100万×6基	
海南	海南省	35万×2基	
	安徽省		



2020年までの新規原子力建設計画

	米 NEI	中	露	日	印	韓	越南	印尼
GW	50	~ 31	31	16	13	10	~ 3	~ 3
兆円	10	6	6	3	2.6	2	0.2	0.2

国务院認可状況

2005年6月時情報

名称(地域)	kW規模×基数	認可	入札	着工	運開
新型炉新立地(フルターンキー発注方式)			審査中		
三門(浙江省)	100万×2基	04年7月	5年2月末✕切	07年	12年
陽江(広東省)	100万×2基		5年2月末✕切	07年	12年
WH社:三門へAP1000			フラマ社:三門 陽江へEPR		
APWR(敦賀3、4号):2006年度着工、2013、2014年年度運転開始予定					
既設炉既立地空地の利用拡張(分割部品発注方式)					
嶺澳	(広東省)100万×2基	04年7月	入札中	05年	11~12年
秦山	(浙江省)65万×2基		入札中	05年	10年

国産100万kw原発CNP1000設計進捗経緯 (核工業集团公司はCNP1000導入希望)

99年年末 国産化強化を発表

04年9月 基本設計完了 専門化審査04年11月4日合格(約5年もかかっている)

総責任:上海核工程設計院、炉と一次系と安全補助系:中国核動力運行研究設計院、

審査:北京核工程研究設計院 **政府中央はCNP1000不信 炉型統一海外導入希望**

発電設備の国際価格競争状況

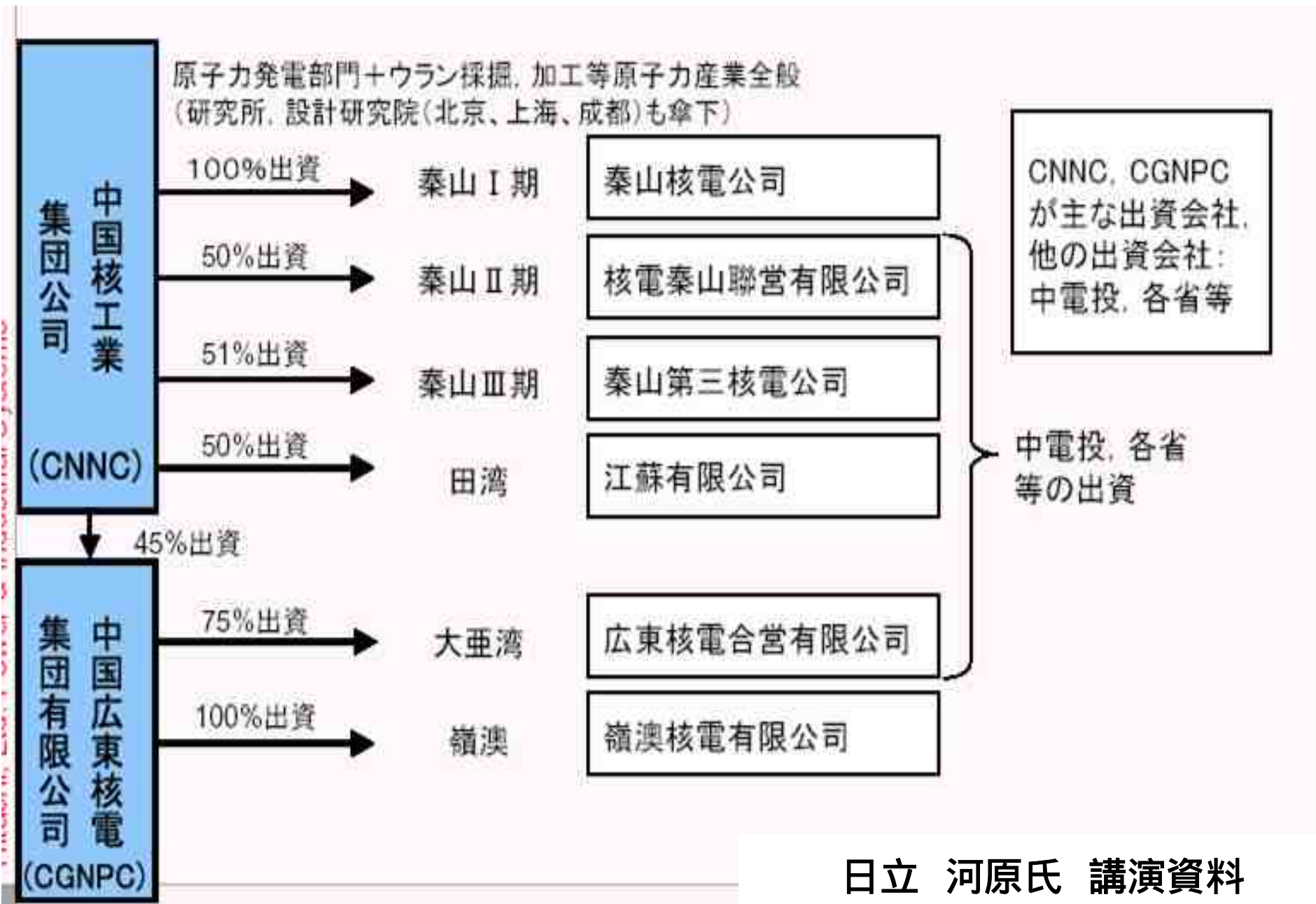
* 1 : 中央電子台 2004年11月8日

* 2 : 中核ネット 2004年11月24日

名称	設置国	製作国・企業名	万KW	型式	実績単価 ^{ドル} /KW
PWR	中国嶺澳	仏フラマトム	9 8	PWR	2000
PWR	中国秦山	中国CNNC、三菱	6 0	PWR	1380
CANDU	中国秦山	加AECL、日立、韓国	7 0	重水	2070
VVER	中国田湾	MINATOM、独シーメンス	1 0 0	PWR	1800
ABWR	日本柏崎	日立、GE	1 3 5	ABWR	GE評価 1600
APWR	原電敦賀	三菱	1 5 5	APWR	25万円 1920
軽水炉	日本	日立、東芝、三菱	1 3 3	LWR	27万円 2030
火力	中国		6 0	石炭	680
AP1000	中国入札中	BNFL・WH・三菱	1 0 0	PWR	(* 1) 1200
CNP1000	中国	中核工業集団	1 0 0	PWR	(* 2) 1300
新ABWR	日、米	GE、日立、東芝	1 3 5	BWR	GE評価 1200
EPR	中国入札中	仏フラマトム	1 5 0	APWR	未公表 十分安い
A C R	加	AECL	~ 1 0 0	重水	(3¢/KWH) 1000

中国発の低価格原子炉 世界へ原子力発電を普及！

中国の原子力発電事業者の体制



中国の重電生産体制(3大集団)

<中国におけるPotential Supplier>

ハルビン集団

- ・ハルビン鍋炉廠:一次系主機、
- ・ハルビン汽輪機廠:二次系主機
- ・ハルビン電機廠:二次系主機

1950年代、ソ連と親密な時代に工場設立

機器搬出困難地ハルビン脱出 秦皇島へ

上海集団

- 上海鍋炉廠(ボイラ)有限公司:一次系主機
- 上海汽輪機(タービン)有限公司:二次系主機
- 上海汽輪發電機有限公司:二次系主機

戦前~1950年代に工場設立

(タービン/發電機:90年代WH(現シーメンス)と合併)

東方集団

機器搬出困難地四川盆地脱出

- 東方鍋炉廠:一次系主機
- 東方汽輪機廠:二次系主機, 補機
- 東方電機有限公司:二次系主機

広州南沙大型設備工場
(建設中)

1950年代後半~60年代にかけて各工場設立

原子力企業の国際合併再編

BNFL買収

WH社(米) 98年6月

ABB社(スイス)

合併

フラマトム(仏)・ジーマンス(独)

共同体

WH 三菱 GNS(スペイン) 99年3月

ABB社 CE KEPCO(韓) 99年6月

GE社 日立 東芝 98年5月

中国企業との提携合併等

- ・ 核工業集団 - 日立(大連日立宝原機械設備有限公司)
- ・ 上海ボイラ - WH社(三菱) ジーマンス(WH持ち株を買収)
- ・ 東方集団 - 三菱、アレバ(フラマトム、アルストム)、日立(昔)今?
広州南沙大型設備工場(三菱重工-東方集団)

機器搬出困難地四川盆地脱出

- ・ ハルビン集団 - 東芝 機器搬出困難地ハルビン脱出秦皇島へ工場移
転

10. トップに迫る第4世代炉開発

高速増殖炉の開発

中国高速実験炉CEFRの概要

- 原子能科学研究院 北京市 房山
- タンク型(日本はループ型) 仏露と同じ
- 熱出力6.5万kw(日本常陽14万kw)
- 電気出力2万kw(常陽は非発電)
- 建設費160百万ドル(約190億円)、
- 職員数:280(設計180、管理100)人



必要なプルトニウム燃料

初装荷は高濃縮ウラン
(U235:36%)

その後ロシアのプルトニウム
燃料を使用。

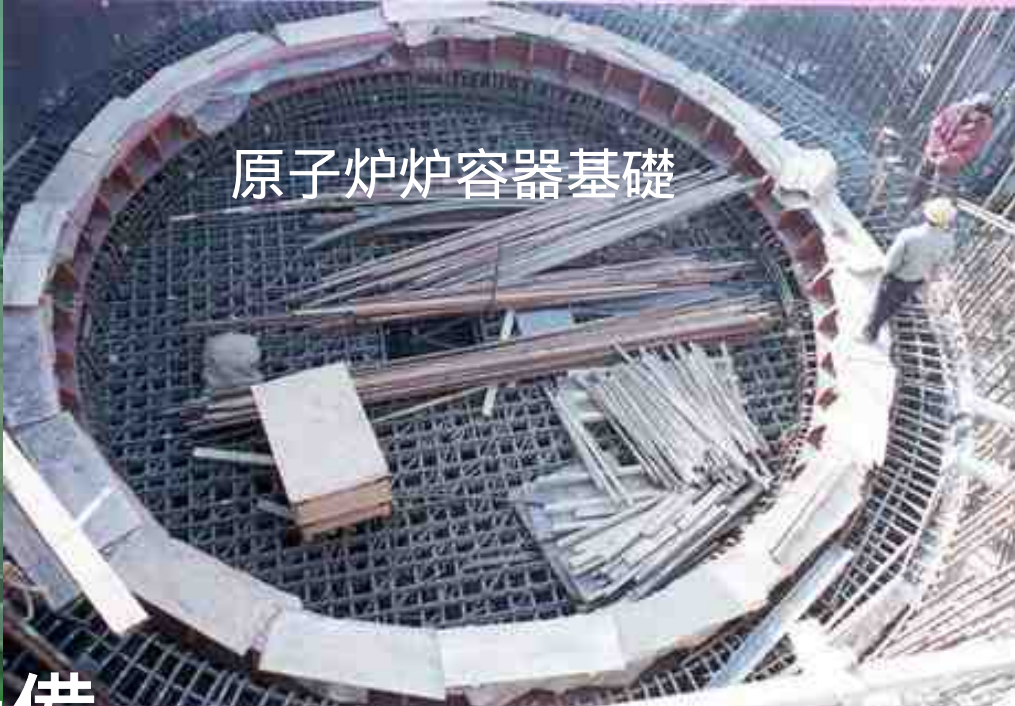
参考:再処理の状況

2003年には大亜湾原発の使用済み燃料が酒泉の再処理パイロットプラントに輸送され、2007年再処理が開始され、2010年Puがリサイクル予定。

開発戦略 (原子能科学研究院 Xu Mi氏05年論文)

第1段階	実験炉	2万 KWe	2008年臨界
第2段階	原型炉	60万KWe 露BN600	2020年完工
第3段階	実証炉	100 ~ 150万KWe	2025年完工
実験炉と原型炉の基本的構成を変えず、早期化			
第4段階	商業炉	100 ~ 150万KWe	2030 ~ 2035年完工

将来構想 年	PWR導入と釣り合うFBR導入				
	2020	2025	2030	2040	2050
FBR GWe	0.6	1~1.5	27	112	352
PWR GWe	32		50	47.9	33.7





緊急熱交換機



中間熱交換器 ロシア製



燃料輸送装置



ロシア製電磁ポンプ

中间热交换器（俄加工）



Na精製装置

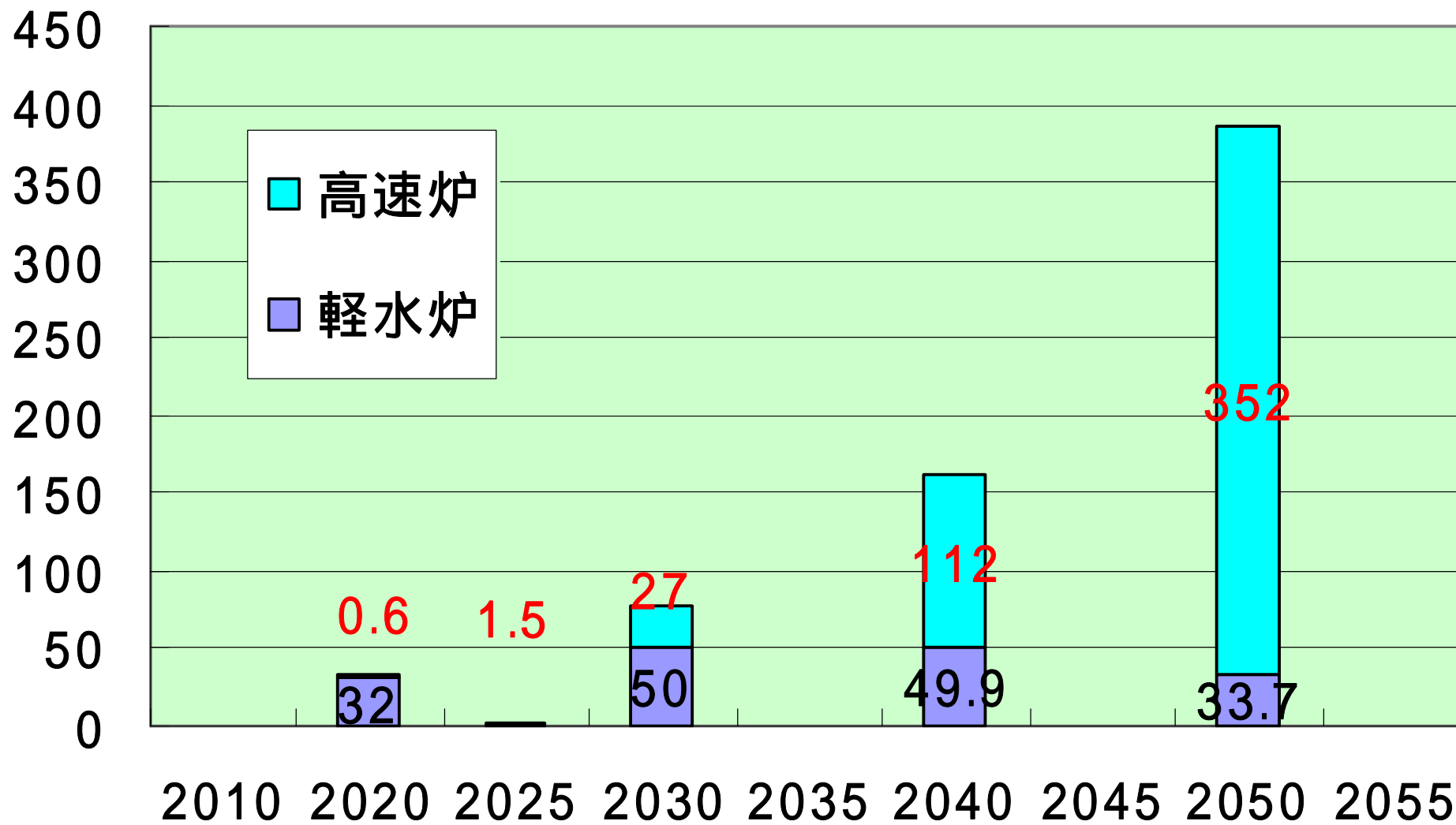


蒸気発生器

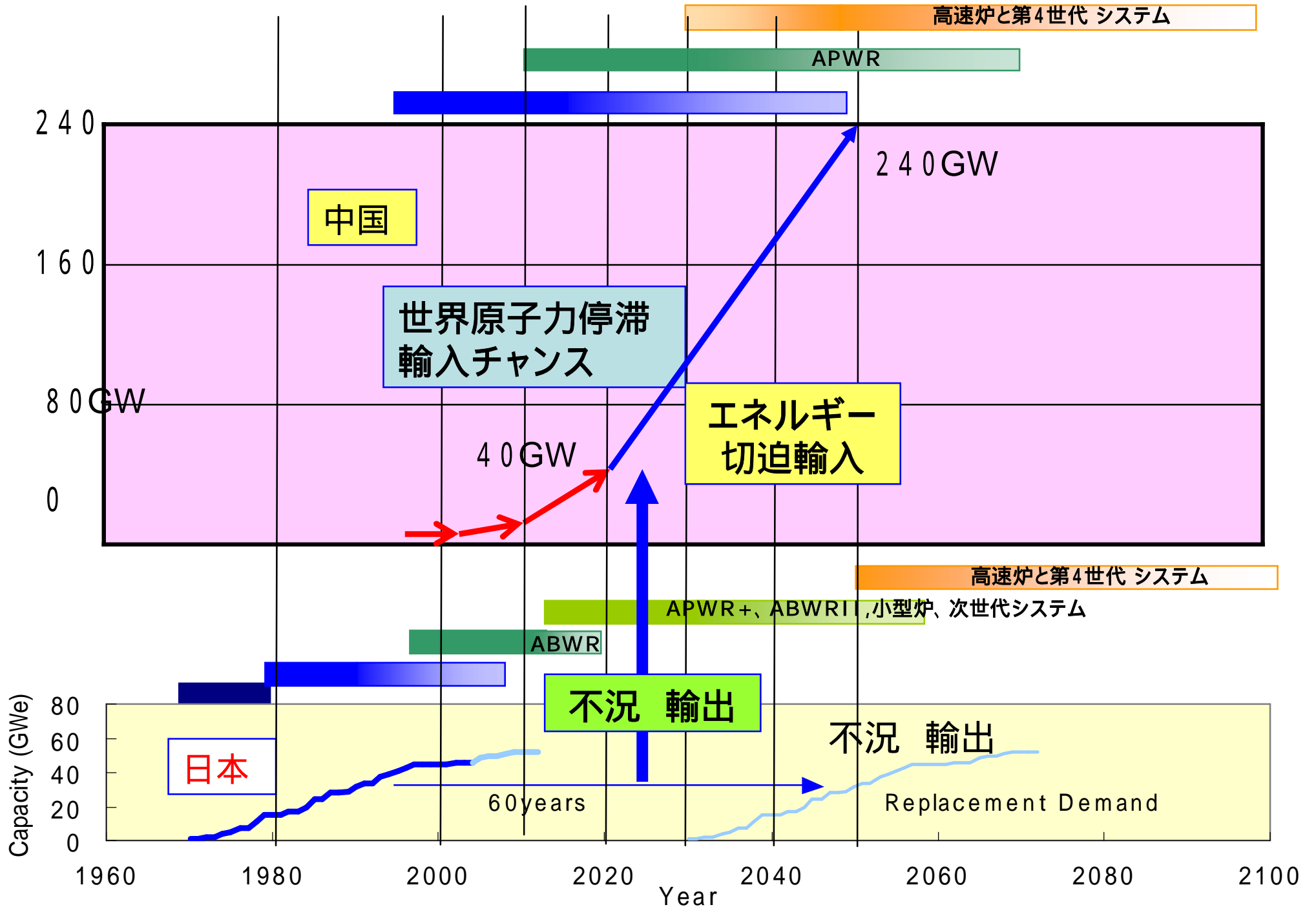
中国高速炉開発の技術継承性

	実験炉 CEFR	原型炉CPFR	実証炉CDFR	モジュール型 CMFR
電気出力 MWe	25	600	1000 ~ 1500	4 ~ 6 × 300
冷却材	Na	Na	Na	Na
タイプ	プール型			
燃料	UO ₂ MOX	MOX 金属	金属	MOX+Ac 金属+Ac
被服材	Cr-Ni	Cr-Ni, ODS	Cr-Ni, ODS	Cr-Ni, ODS
炉心出口温度.	530	500 ~ 550	500	500 ~ 550
線出力 W/cm	430	450 ~ 480	450	450
燃焼度MWd/ kg	60 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 150	100
設計 - 操業開始	1990 - 2008	2005 - 2020	2010 - 2025	2018 - 2030 ~ 2035

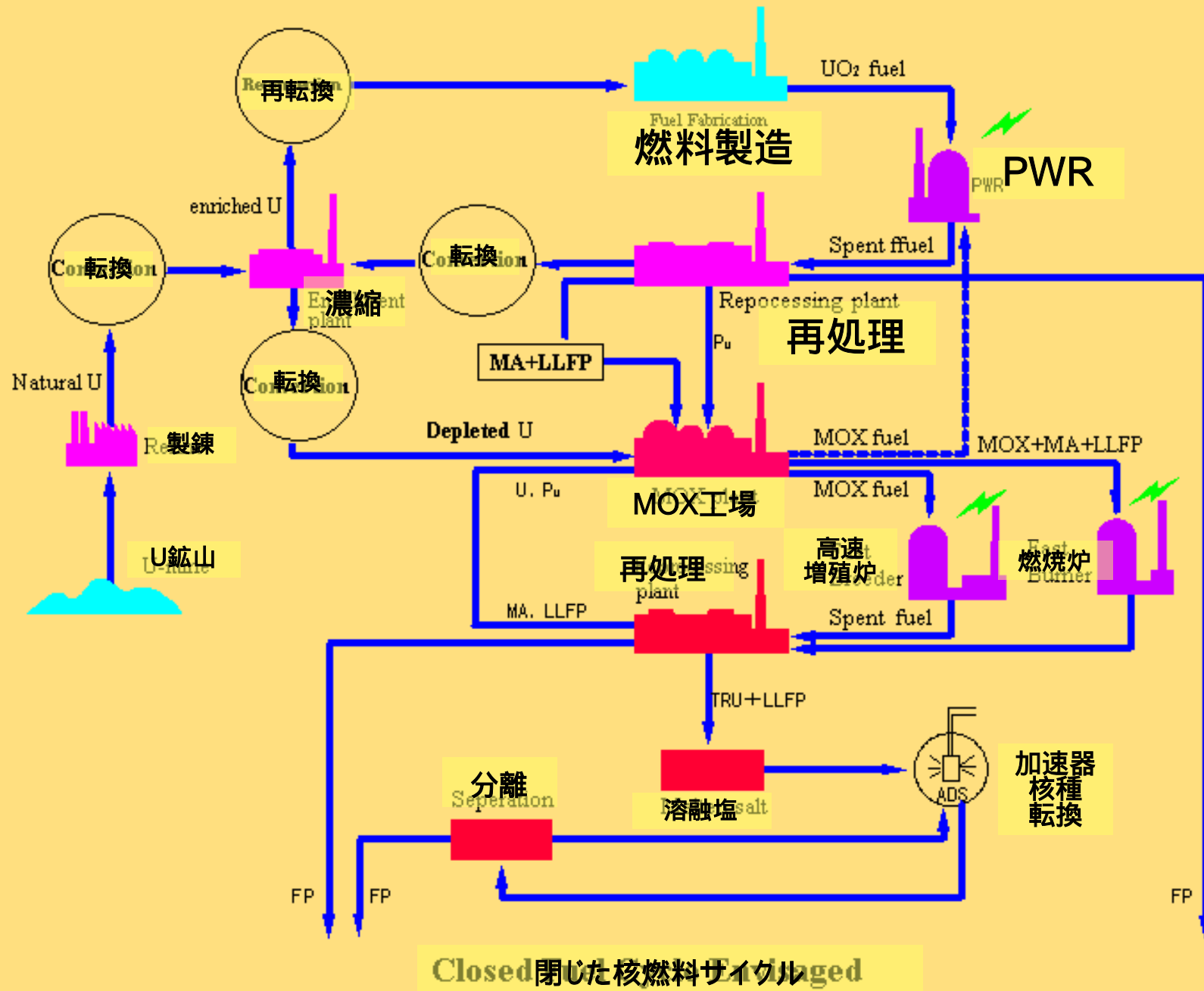
中国高速炉導入提案 GW...



日中の原子力発電計画比較



中国の先進核燃料サイクル



高温ガス炉開発

実験炉HTR-10 の概要

北京市郊外 清華大学
 ドイツ技術
 熱出力10MW(1万kW)
 電気出力最大2.6 MWe
 燃料: 17%EU UO₂



17%EU60mm径
炭化珪素被服燃料

経緯

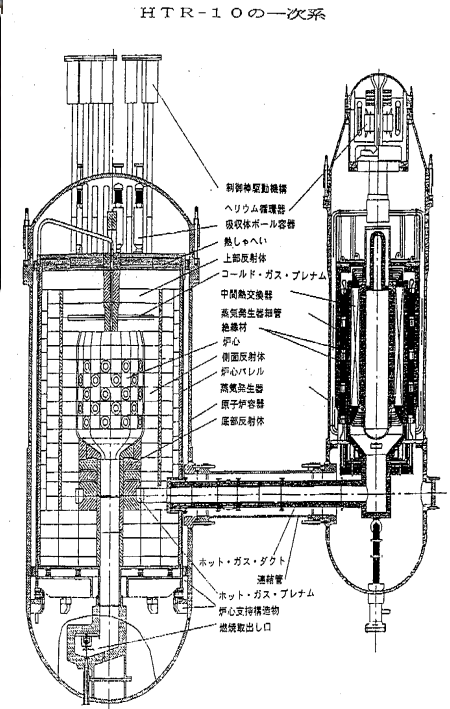
- 2000年10月 高温ガス実験炉HTR-10建設完了
- 2000年12月 臨界
- 2003年 1月 初送電開始
- 3月 72時間連続全出力運転
- 2004年 水素製造開発で韓国原子力研究所と協定締結
- 12月 商用モデル炉20万kW契約 核電有限公司
- 投資比率: 華能50・中核集団35・清華大5、他投資家10
- 2005年 3月 南アとPBMR開発協定締結

開発戦略

第1段階 ~ 2007年 : 700 蒸気タービン発電

第2段階 2007年 ~ : Heガスタービン発電切り替え
 950 ガスタービン発電 + 高温熱利用

第3段階 2010年 ~ : 20万kW商業化モデル炉 2010年発電開始
 20万kW × 19基並列モジュール型HTR





高レベル廃棄物処分長期計画

中国地層処分3段階戦略



北山地域1箇所に決定

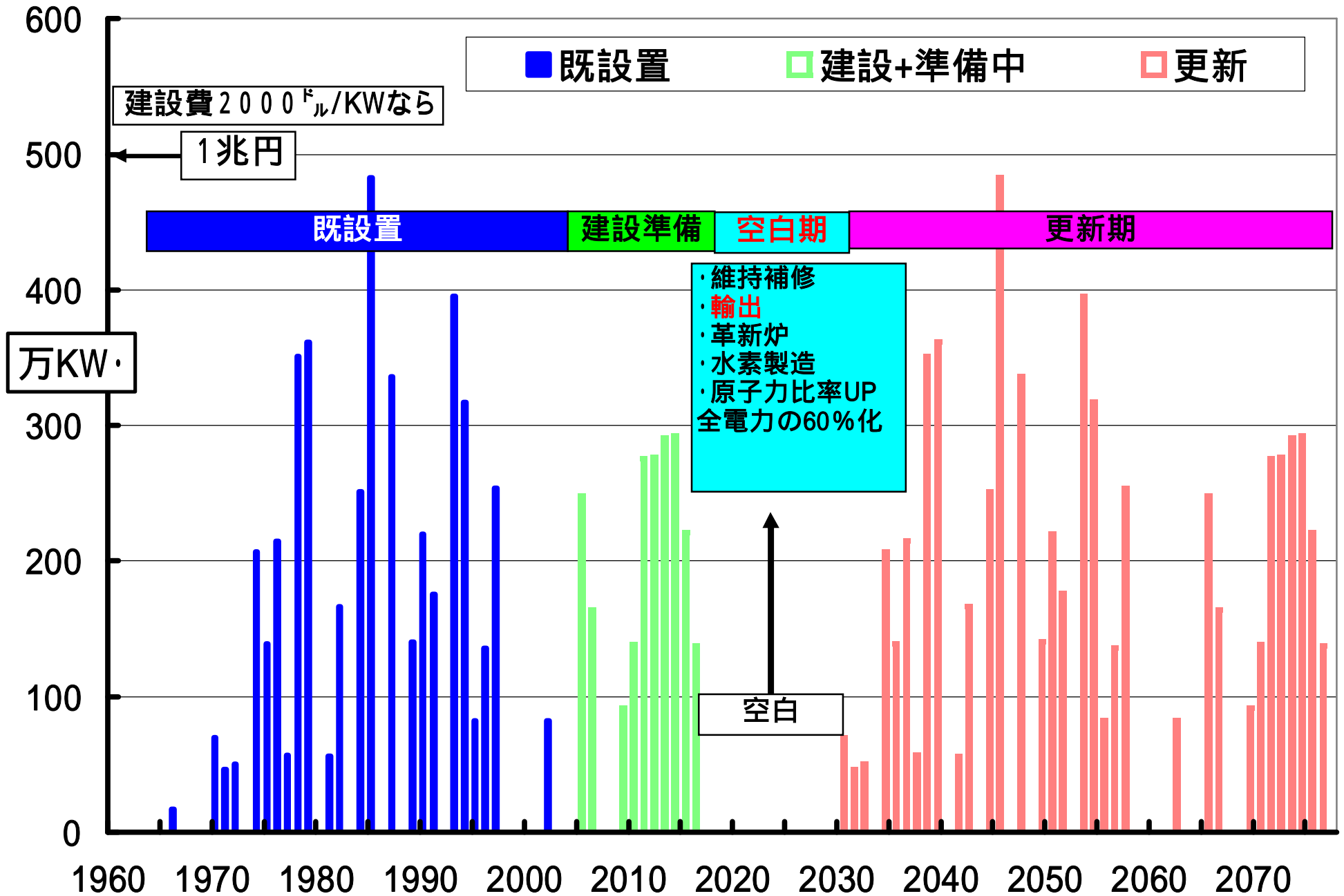
項目	- 2010年	- 2020年	- 2030年	- 2040
立地 と 立地評価	北山地域内の ブロック選定 10ヶ所の試すい	立地の確定 立地特性評価		
地下 研究所	プレFS	FS 建設開始	現位置試験 処分の実証	
地層 処分場		概念設計	詳細設計 建設	建設完成 2040年

まとめ

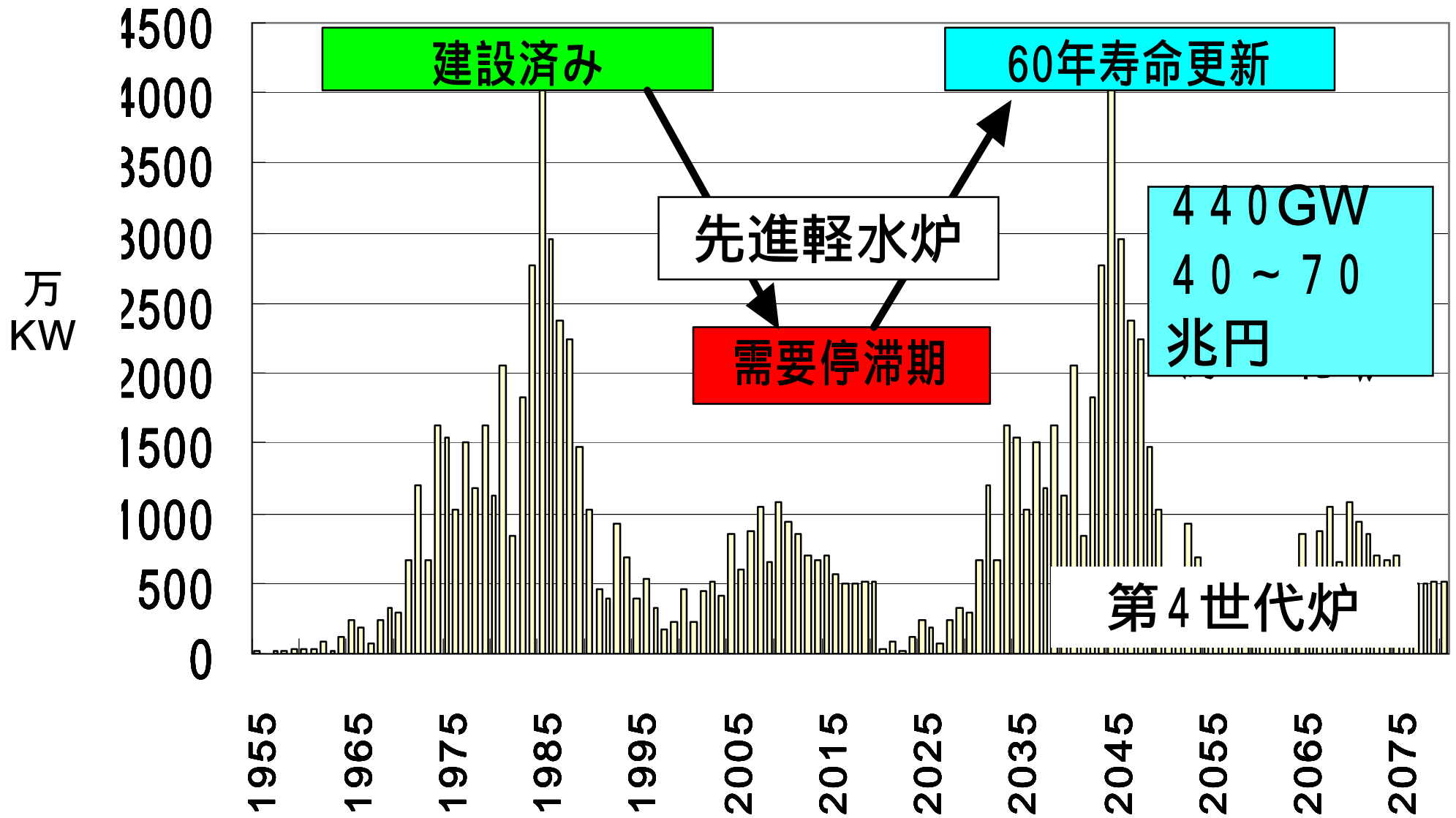
1. 我国原子力産業界は、今後30年、原子炉の建設が減少停滞
2. 中国の原子力は発展の好機到来
世界の原子力の停滞
原子力発電建設コスト半額低減
原子力の世界大普及へ道を開く
3. 高速炉等の第4世代先進炉は競合軽水炉なしの中国有利
人口大国の責務 わが国は協力すべき
4. 中国等への展開はわが国原子力界の技術を維持強化
わが国原子力の安全性健全性維持
5. 軽水炉では仏加露に負けた 早く、今後の第四世代炉へ
高速炉と高温ガス炉水素製造開発加速 共同化を
核燃料サイクル事業拡大 アジア全体を視野に共同化へ

参考

日本の原子力発電設置容量(運転開始)...

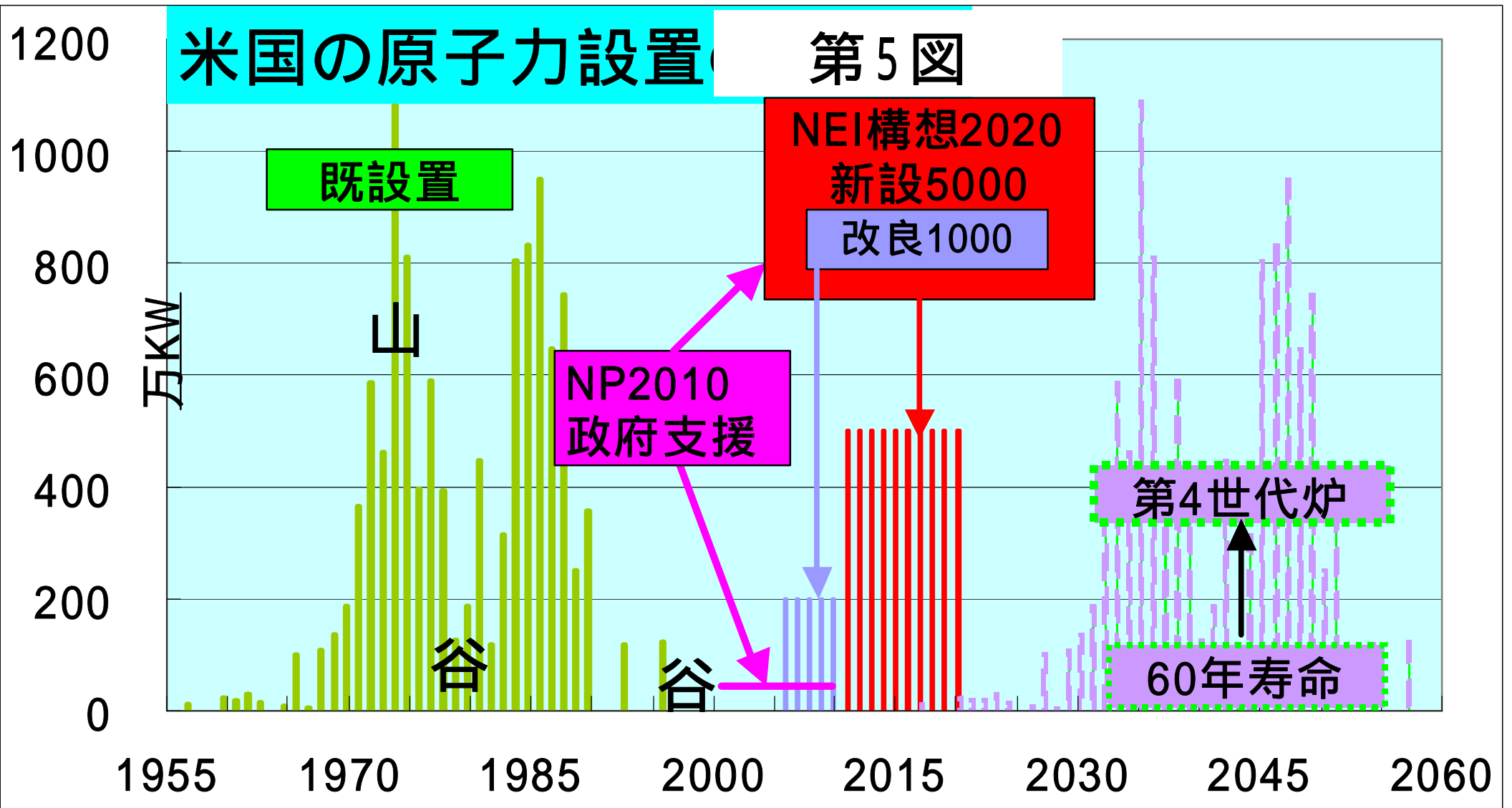


世界の原子力発電 毎年の運転開始規模



米国の原子力設置

第5図



今後の日中原子力の課題

課題

世界

電力自由化
電源間価格競争

中国

経済高成長
エネルギー需要増大

日本

人口減少
電力需要飽和

欧州・加

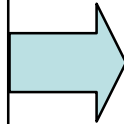
原子力建設低迷

米国

原子力復興

米中への売込み競争

建設価格競争 KW当1000ドル



中国

核燃料施設・立地・大量技術者の活用

低価格原子力 国際共同開発

国内原子力市場の育成

米国

日欧の技術活用で次世代炉開発

2010年～ 低価格改良軽水炉建設

2030年～ 第四世代炉による更新

日本

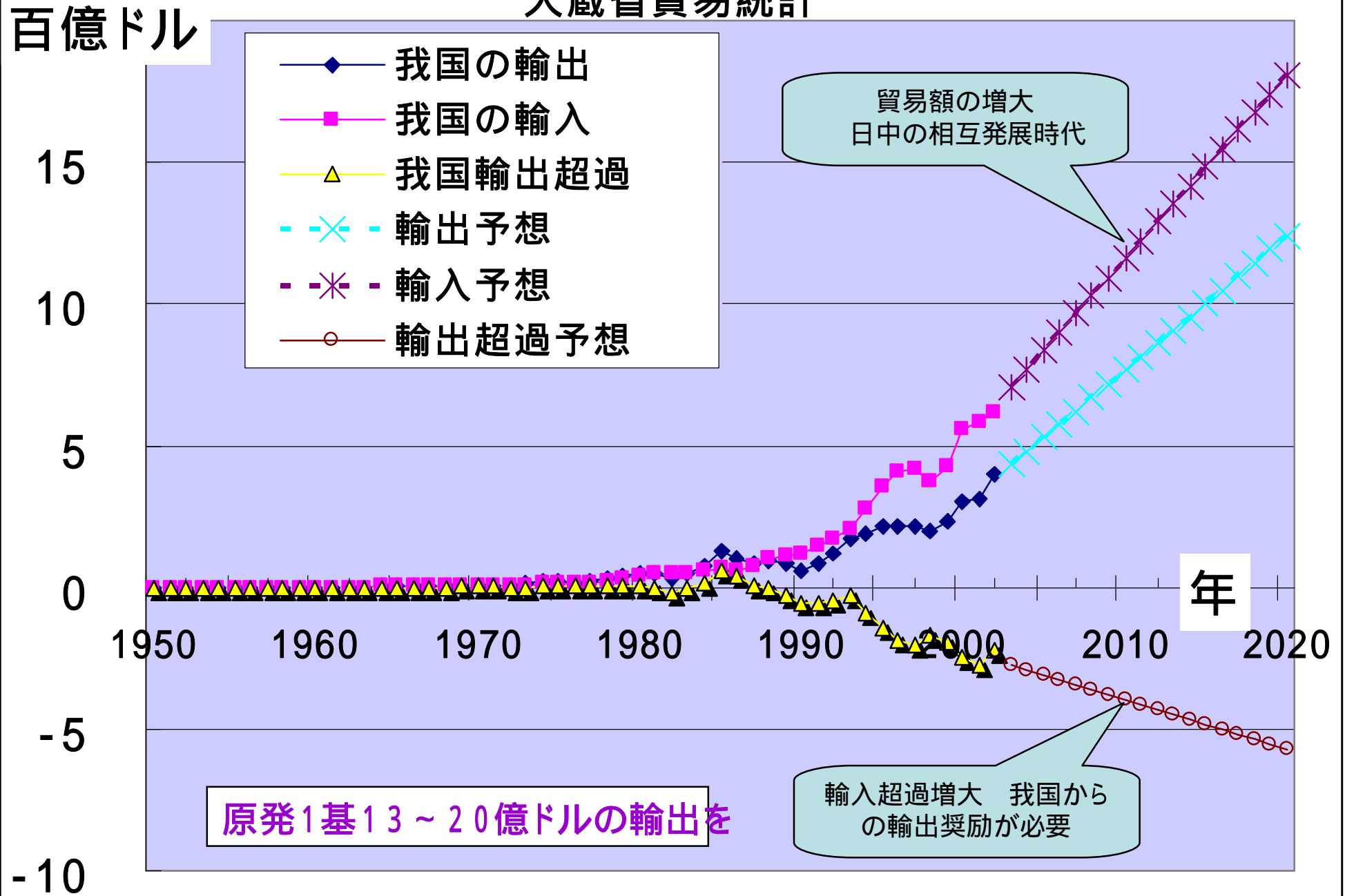
蓄積経験技術・開発施設設備の活用
新原子力分野開拓

日中米 共同開発・国際展開

相補関係の構築

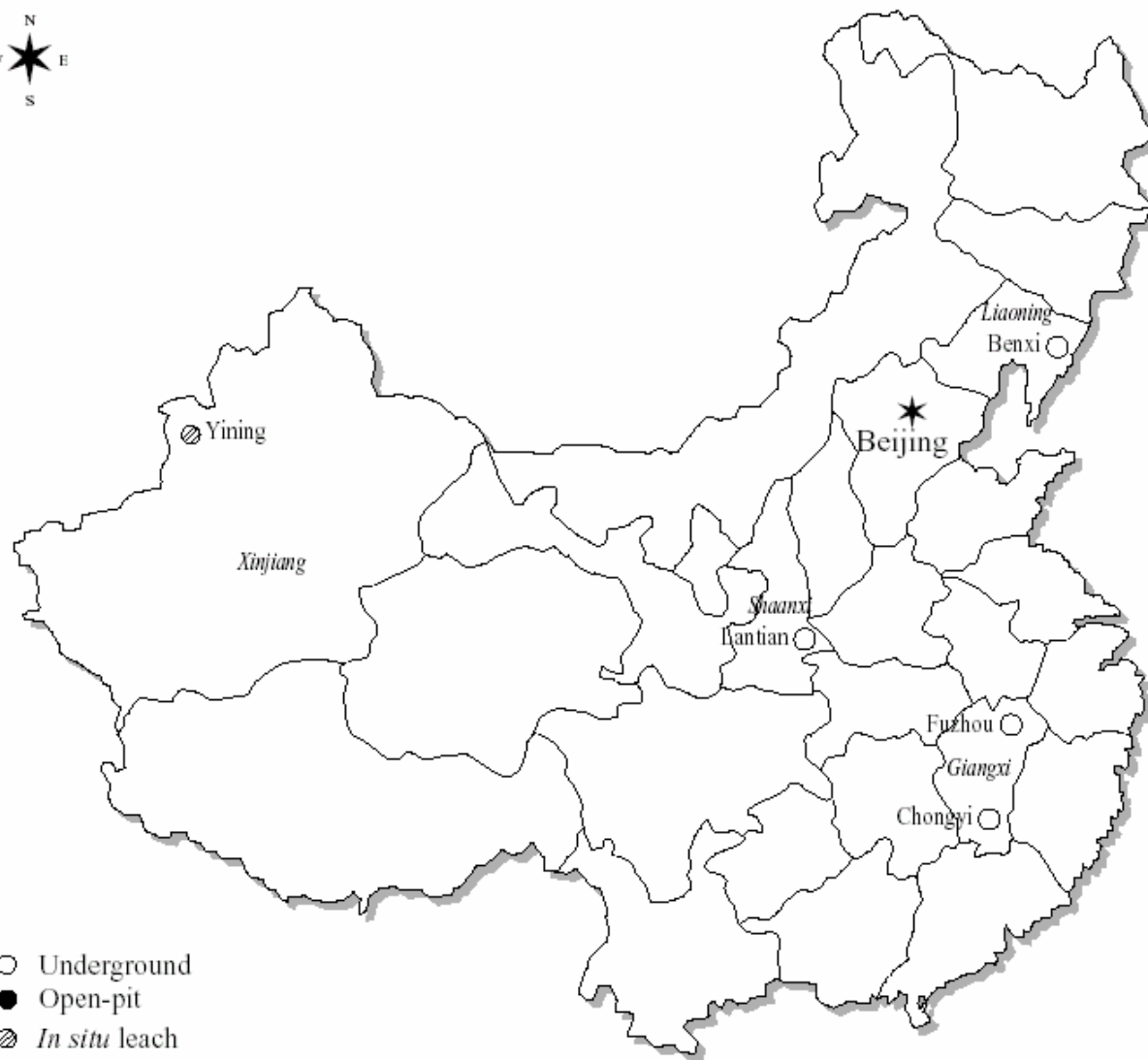
わが国の対中貿易推移 百億ドル

大蔵省貿易統計



ウラン生産センター

Uranium Production Centres in China



- Underground
- Open-pit
- ⊗ *In situ* leach
- Future production

Indicative scale: one (1) centimetre represents 350 kilometres

ウラン 生産 センター名	年間生産 規模 トッU / 年
Fuzhou	300
Chongyi	120
Yining	200
Lantian	100
Benxi	120
合計	840

湖南衡陽U水冶(ウラン製錬所) 414工場 / 272工場

位置: 湖南省衡陽東陽渡

面積: 全体で640万m²。鉍滓ダム140万m²、製錬所5000m²

1958年 建設

1964年 運転開始。

1998年 改修工事終了 原子炉級純度UO₂生産可能化

規模: ウラン鉍石処理能力 360~20万t / 年、品位1 / 1000で3600~2000t_U / 年
全従業員 4200人(生産1200人、技術者700人他)

生産品 二酸化ウラン又はU₃O₈ 1000 tU₃O₈ / 年
IAEAUranium2001: 500~1000t_U / 年

副産物 : 炭酸ソーダ、硝酸ソーダ、チタン粉末、アンモニウムモリブデート等
プロセス

鉍石分級・浸出棟 イオン交換棟 TBP抽出逆抽出沈殿棟 焼成 二酸化
ウラン

鉍石貯蔵庫 : 4万t_U、専用鉄道 : 300車両

子会社

建築施行、土木工事、輸送、電工、設備設置、修理等

中国ウラン工業全体では2001年時予測 8000名

包頭核燃料工場

Baotou Nuclear Fuel Component Plant

- 場所： 内 蒙 古 包 頭
- 業 務
 - UF₄ 天然ウラン燃料：酒泉核燃料集合施設用
 - 潜水艦用濃縮ウラン燃料棒
 - 水爆材料 Li₆D、Li₆T
 - CANDU炉燃料
- 沿 革
 - 1962年12月：Pu製造炉用ウラン燃料製造開始
 - 2000年 4月：秦山3期CANDU炉燃料製造建設開始 200トン/年
 - 2001年 試運転
 - 2003年 3月 商業運転開始

蘭州ウラン濃縮工場(504工場)

活動内容

本施設は次の3施設からなる。

- 1) 蘭州ガス拡散工場: 生産量375kgU235/年 1970代中頃
- 2) Helanshanセンター第一遠心法工場: 80-90% 濃縮 U-235, 1969開始
- 3) Helanshanセンター第二遠心法工場: 1970代中頃開始

米国の軍用濃縮評価:

1963年時ガス拡散工場: 大きさ1,900f(600m) × 150f(50m) = 推定約1,800段圧縮機
兵器級濃縮U(93% U-235)生産は4,000段が必要 隣接地第2建物建設
ガス拡散法は大量電力消費 1963年蘭州火力発電所から送電線建設 推定約10万KW供給。

ロシア商業濃縮支援

1992年 原子力プロジェクトの政府間協定に締結

1996年12月 蘭州の遠心分離法の追加2段の付属協定が結ばれた。

第1期2003年頃500tSWU完成予定

第2期 500tSWU

2002年4月～7月実施予定が、2年前倒実施。プロジェクトはIAEA保証措置下にある。

現在の規模

ガス拡散法200tSWU/年と遠心法500tSWU/年がある。 将来遠心法だけ1000tSWU/年
軽水炉原子力発電所用の濃縮ウランおよび原爆用の高濃縮ウランを製造

宜賓核燃料工場

Yibin Nuclear Fuels Factory

場所: 四川宜賓

業務:

- 30万Kw、60万kW、90万kW PWR燃料製造: 150トU / 年
- 30万kW燃料のパキスタン輸出
- Pu製造炉(軍事用)の燃料と兵器級Pu(過去に実施、現在は不明)
- 核融合燃料(LiDリチウム重水素、LiTリチウム リチウム)
Li塩、Li金属、Ca金属、Li電池製造

従業員: 7800名(高級工程士300名、技術者2000人)

沿革:

1987年 秦山1期燃料製造ライン生産開始

1991年 仏フラマトム技術で大亜湾燃料製造に改造

1994年 大亜湾用燃料製造開始

プラントは高燃焼度燃料、CANDU燃料、ロシアVVER燃料製造に拡張

西北(酒泉)核燃料集合施設(再処理施設等)404工場 Jiuquan Atomic Energy Complex

位置： 甘肅省戈壁灘上 敦煌より東方300km、酒泉より西方200km、低窩鋪から6km
広大なゴビ砂漠中、工場より7～8kmは人家なし。交通は鉄道、道路。面積は1200km²。

1958年 着工

1968年 軍事用 再処理パイロットプラント(0.4t₂₃₅U/日) 建設

1970年 軍事用再処理工場 建設

1990年 軽水炉使用済燃料商業再処理パイロットプラント(0.1t₂₃₅U/日)建設決定

1998年頃 建設開始

2000年 商業再処理パイロットプラント建屋と使用済 燃料貯蔵施設 完成

2003年 大亜湾原発より使用済み燃料搬入
(2007年運開予定)

従業員： 1万人(家族供3万人)

施設

- ・ 再処理パイロットプラント0.4t₂₃₅U/日 1968年完成
軍事用再処理工場(1970年操業開始)
- ・ 再処理パイロットプラント0.1t₂₃₅U/日(建物2000年完成)2007年運開
- ・ 貯蔵施設550Mt/年(2000年完工)
- ・ 低中レベル放射性廃棄物処分場(西北処分場)(1997年運開)
- ・ 軍事用原子炉 1基
- ・ 高中性子束炉の炉心燃料鑄造加工工場
- ・ その他民生品生産工場

404工場 西北(酒泉)核燃料集合施設1 軍事再処理施設概要 Jiuquan Atomic Energy Complex

1) 軍事用再処理パイロットプラント0.4トU/日 1968年完成

再処理試験の目的

旧 Pu生産炉天然ウラン金属燃料の再処理 軍事用

新 低濃縮U燃料 研究炉とPWR燃料(1983年秦山燃料でテスト)

高濃縮U燃料 高中性子束炉の燃料(濃縮度90%迄)

プロセス: 改良PUREX法、当初は低照射の天然ウラン金属燃料を対象の軍事用プロセス

使用済み燃料アルミ被服材の苛性ソーダ溶解 (ホットセル内収納)

金属Uの硝酸溶解(ホットセル内収納)

TBP溶媒抽出(U / Puの第1次共除染と分配抽出、2次Pu精製抽出)(ホットセル内収納)

イオン交換(ホットセル内収納)

Puの蓚酸塩沈殿(ホットセル内収納)

Pu沈殿の仮焼(グローブボックス内収納)

低濃縮UO₂燃料用には機械的前処理後の3段階TBP抽出(PUREX法)採用

高濃縮ウランAl U合金燃料用には連続溶解法と希釈TBP抽出法採用

2) 軍事用再処理工場(1970年操業開始) 工場

能力: 300-400kg Pu/yr

処理方法: 3段改良PUREX法

西北(酒泉)核燃料集合施設2 商業再処理施設概要

3) 商業再処理パイロットプラント(建物 2000年完成 2007年運開予定)

規模:0.1tU/日

主要建物:合計39,000m²

(総長153.4m、最大幅45.35m、最高34.64m、最深 - 13.5m、建設面積:2万m²)

プロセス: PUREX法

燃料棒せん断:0.4tU / 日、溶解、溶媒抽出:Pu抽出系0.4t_U / 日(4kgPu / 日)

2010年から回収Puのリサイクル予定

共同研究を

ガラス固化施設を仏、米、独に導入打診

情報収集が大切

2020年 880Mt/Yの商業プラント建設予定

売り込みを

4) 使用済燃料貯蔵施設(2000年完工)

規模: 550Mt (500Mt増設可能) 建物面積:6,950m²

内部設備

・クレーン : 130トン・10トン(最大115トン)

・冷却遮蔽プール : 50トン: 6 × 8.5 × 12.7m 1基

250トン: 13.2 × 8.5 × 12.7m 2基

使用済燃料搬入: 大亜湾より2003年。契約300トン

西北(酒泉)核燃料集合施設3 中低レベル廃棄物処分場

1997年運開

第1段階

能力 第一期: 2万 m^3 (将来6万~20万 m^3)

3トレンチ×2地下室(長さ63.5m幅23m高さ7m)

トレンチ上部に防雨用の可動屋根はない。

荷物クレーンとフォークリフトで搬入

日本の技術の売込みを！

日本原燃: 現在4万 m^3 将来 60万 m^3 (200Lドラム缶300万本)

原子力発電所よりの廃棄物発生

(北京地質研究院:王駒2003年2月)

原子力発電所		中低レベル (M ³ /年)	使用済燃料 (T/年)
秦山(1)	1基	20.5	10
秦山(2)	2基	65.0	30
秦山(3)	2基	65.0	30
大亜湾	2基	96.5	50
嶺澳	2基	190.0	100
田湾	2基	100.0	60
合計	11基	537.0	280

「中華人民共和國放射性污染防治法」(2003年6月28日承認)

法第43条

- a. 低中レベル固体放射性廃棄物は、地表処分を行う。
- b. 高レベル固体放射性廃棄物は、集中的な深地層処分を行う。

法第44条

- a. 国務院(中央政府)の原子力施設管理機関は、環境保護行政部門とともに処分サイト選定条例を制定し、施行する。
- b. 地方人民政府は処分サイト建設用地を提供し、処分を支援する。

法第45条

- a. 固体放射性廃棄物発生事業者は、規定に従って処理した後、専門処分業者に受け渡し、処分費用を負担する。

法第46条

- a. 専門処分事業者の設立は、環境保護行政部門の審査を受けて認可

中国環境保護總局

国家原子能機構

中国核工業集团公司(CNNC)

Dept. of Planning

計画部

Dept. of Geology

地質局

Dept. of Sci. & Tech. Intern. Coop.

科技と国際合作部

Dept. of Nuclear Fuel

核燃料部

EEE Co.

清原環境工程有限公司

HLW処分 実施担当 予定

中パ原発協力プロジェクト、設備製造契約に調印

- 1993年 チャシュマ原子力発電所1号建設 1998年運転開始
- 2004年5月4日、チャシュマ原子力発電所2号建設の正式協定調印
- 8月5日は設備製造の契約調印

背景

パキスタンは NPT に未加盟で、核開発疑惑あり

1997年民主党クリントン大統領時代、米中協議で中国の原発輸出凍結

情勢変化

1. パキスタンの準核保有国 認知
2. 中国疑惑の解消
3. 原子力供給国グループ(NSG)加盟 2004年5月28日

この加盟によって中国は包括的保障措置要件の適用を受け、パキスタンなどNPT非加盟国への原子力発電設備輸出に制約を受ける。

高温ガス炉HTR-10 日中協力

原研 - 清華大学の協力

昭和60年6月:

向坊原子力委員長代理訪中時、中国側より提案

日中の情報と人の交流開始

昭和61年6月:

協力覚書締結

平成8年 :

日中原子力平和利用 協力協定に高温ガス炉を追記

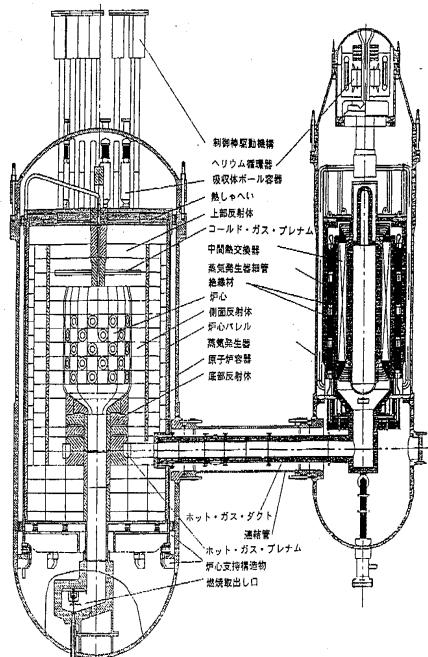
(東洋炭素株の清華大学への黒鉛炉内構成物輸出 の為)

平成12年 : 日本より黒鉛炉内構成物輸出

中国高温ガス炉 HTR-10



HTR-10の一次系



[出典: Institute of Nuclear Energy Technology, Tsinghua Univ.]

Table 1 The HTR-10 Main Design Parameters

Reactor thermal power	MW	10
Active core volume	m ³	5
Average power density	MW/m ³	2
Primary helium pressure	MPa	3
Helium inlet temperature	°C	250 / 300
Helium outlet temperature	°C	700 / 900
Helium mass flow rate	kg/s	4.3 / 3.2
Fuel		UO ₂
U-235 enrichment of fresh fuel elements	%	17
Diameter of spherical fuel elements	mm	60
Number of spherical fuel elements		27,000
Refuelling mode		multi-pass, continuous
Average discharge burnup	MWd/t	80,000

中国高温ガス炉 HTR-10

炉心のグラファイト材装着



反応容器



炉内グラファイト材挿入



炭化珪素被覆高濃縮ウラン燃料



球型 炭化珪素被覆燃料



全コンピュータ制御



発電タービン



ヘリウム浄化装置

略字

- CPIC :China Power Investment Corporation
中国電力投資公司
- CGNPC :China Guangdong Nuclear Power Company
中国広東核電集团公司
- CNNC :China National Nuclear Corporation
中国核工業集团公司
- CAEA :China Atomic Energy Authority
国家原子能機構
- COSTIND: Commission of Science, Technology, and Industry for
National Defense 国防科学技術工業委員会
- SDRC : State Development and Reform Commission
国家發展計画委員会

中国関連ニュース源

原子力産業会議 <http://www.jaif.or.jp/asia/>

中国情報局 <http://news.searchina.ne.jp/topic/141.html>

国家原子能機構 <http://www.caea.gov.cn/ecaea/>

核工業集团公司 <http://www.cnnc.com.cn/>

人民日報 <http://j.people.com.cn/>