

## 中国の原子力発電計画と核燃料開発の状況

2006.3.16

日本原子力研究開発機構

戦略調査室 小林孝男

中国（本国）では現在 9 基の原子力発電プラントが運転中で、2 基が建設中である（表 1、2、WNA, 2006/2）。2005 年の原子力発電容量は 6.6GWe で、中国の総発電量 2,475TWh の 2.1%に当たる 52.3TWh であった。その他の 98%の電力は、石炭を主とする化石燃料（80%）と水力（18%）から供給されているが、石炭産地は北部と北西部地域に偏っており、輸送上の大きな問題を抱えている。電力需要は急速に増大する中で、原子力の位置づけはますます重要になり、中国は原子力発電規模を 2020 年までに 40GWe まで拡大する計画としている。一方、中国国内のウラン資源は、現状でも需要量の半分程度しか供給能力がなく、今後、海外のウラン資源を求めて探鉱開発活動を強化する必要に迫られている。

WNA Website の”Nuclear Power in China”（2006/2）に基づく中国の原子力発電計画とそのため必要なウラン資源開発、濃縮、燃料加工等の状況について報告する。

表 1 運転中の原子炉

プラント名	省名	炉型	デザイン	発電容量 (each)	運転電開始
大亜湾 Daya Bay-1 & 2	広東	PWR	仏 Framatome	2x 944 MWe	1994
秦山 Qinshan-1	浙江	PWR	中国	279 MWe	April 1994
秦山 Qinshan-2 & 3	浙江	PWR	中国 CNP-600	2x 610 MWe	2002, 2004
嶺澳 Lingao-1 & 2	広東	PWR	仏 Framatome ANP	2x 935 MWe	2002, 2003
秦山 Qinshan-4 & 5	浙江	PHWR	カナダ Candu-6	2x 665 MWe	2002, 2003
合計 (9 基)				6587 MWe	

データ：WNA, 2006/2

表 2 建設中の原子炉

プラント名	省名	炉型	デザイン	発電容量	建設開始	運転開始予定
田湾 Tianwan-1 & 2	江蘇	PWR	ロシア VVER	1000 MWe	1999	2006
合計 (2 基)				2000 MWe		

データ：WNA, 2006/2

### 1. 原子力発電計画

#### (1) 第 10 次経済計画（2001-2005）に基づく当面の計画

中国は、将来的には（2012 年頃から）国産の炉型デザインと建設技術による自給体制を目指しているが、当面の計画では、これまでと同様に PWR を基本炉型として様々なデザインと

建設技術を並行的に採用し、それぞれの技術を比較しながら国産技術を高めていく作戦と思われる。2004年5月に、中国核工業集团公司(CNNC)は8基の新大型プラントの建設を認可した(表3)。

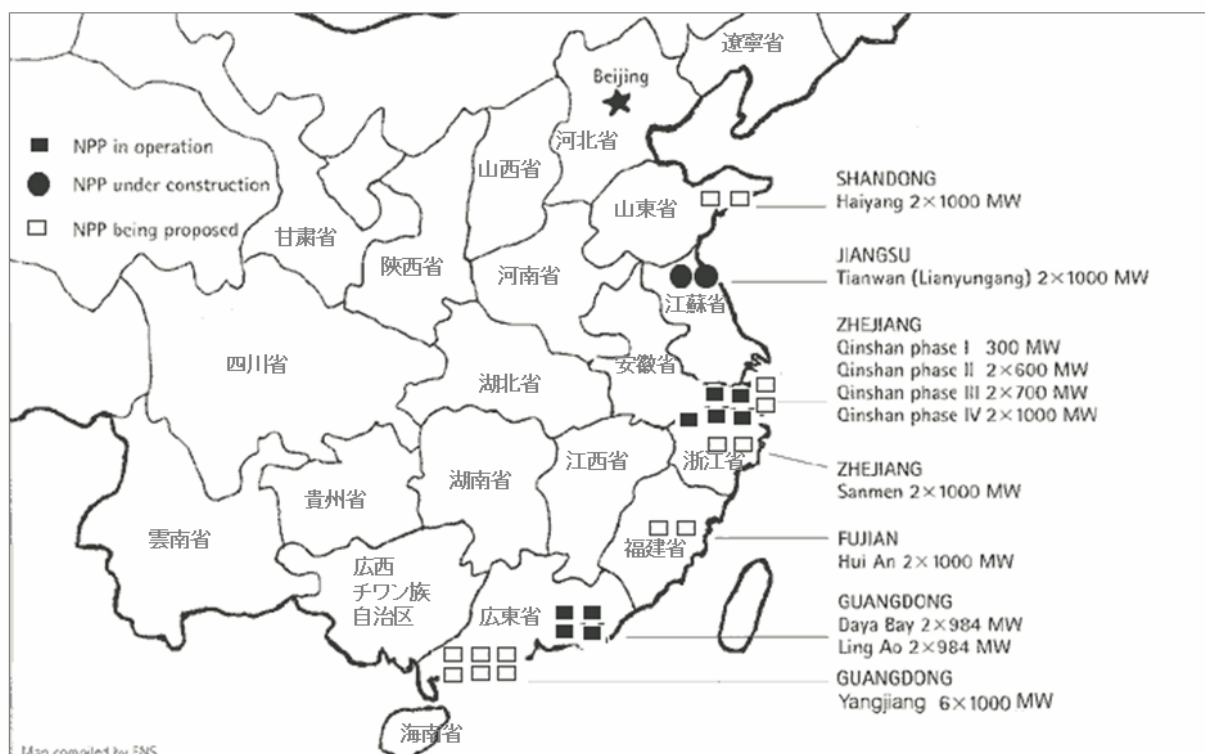
表3 2006年中に建設予定の原子炉

プラント名	省名	炉型	デザイン	発電容量 (MWe)	運転開始予定
嶺澳 Lingao- II (嶺東 Lingdong)	広東	PWR	中国 CNP1000	2x1000	2010,2011
秦山 Qinshan-IV	浙江	PHWR	Candu-6 改良型?	2x650	
三門 Sanmen- I	浙江	PWR	競争入札	2x1000/1500	
陽江 Yangjiang- I	広東	PWR	Westinghouse Ap1000 Framatome EPR1600 ロシア VVER-1000	2x1000/1500	
威海 Weihai	山東	HTR	中国 HTR-PM	1x200	2010
合計 (9基)				7500-9500	

ローマ数字はフェーズを示す

データ : WNA,2006/2

図1 中国の原子力発電プラント位置図



出展: WNA,2006/2(漢字情報は追加)

これらのうち、浙江省の三門 Sanmen と広東省の陽江 Yangjiang のプラントに関しては、競争入札を行っており、Westinghouse が Ap1000 を、Areva (Framatome) が EPR の 1600MWe を、ロシアの Atomstroyexport が VVER-1000 で応札しているが、Areva と Westinghouse が最終候補に挙げられているとの報告がある (WNA, 2006/2)。

一方、広東省の嶺澳 Lingao-II (嶺東 Lingdong) では、国産のデザイン設計者と製造者との契約が成立しており、2005 年 12 月に建設が開始され、CNP-1000 の 2 プラントがそれぞれ、2010 年、2011 年に運転を開始する予定である。

2005 年 9 月にカナダの AECL は CNNC と技術開発協定を締結し、将来さらに Candu-6 を供給する可能性を開いた。AECL が建設した秦山 Qinshan フェーズⅢの 2 プラントは計画通りに建設され、25%のコストを削減して複製されたと推測されている。複製は完成品ベースではなく地域の技術チームとの合作ベースで行われているが、技術はよく理解されており、10 年前の Candu-6 デザインは Westinghouse や Framatome の第 3 世代のデザインよりも技術継承上の問題は少ない。しかし、本協定は、AECL の新型 ACR デザインとの協力も視野に入れている。(WNA, 2006/2 は秦山 QinshanⅣのデザインについては触れていないが、上記協定に基づいて AECL との協力を継続するものと推測できる)

このほか、山東省の威海 Weihai では、国産の高温ガス冷却の 20 万 kWe 実証プラント HTR-PM の建設が 2005 年 11 月に承認され、2006～2010 年の建設が計画されている。

## (2) 第 11 次経済計画 (2006-2010) に基づく将来計画

第 11 次経済計画に基づくさらなる原子炉建設計画としては、山東省の海陽 Haiyang における 2 基、遼寧省紅岩河 Hongyanhe、大連 Dalian における 2 基、広東省 Tianwei、Lufeng における 2 基、福建省の恵安 Hui'an における 2 基の、それぞれ 100 万 kWe プラントが提案されている (表 4)。

このほかさらに 16 以上の場所で、第 11 次経済計画におけるプラント建設の意思が表明されている (表 4)。各省は 2008 年までに原子炉納入業者と計画を固めて、2010 年以前に中央政府に認可申請を行うことになっている。

**表 4 計画・提案中の原子炉**

プラント名	省名	MWe gross
紅岩河 Hongyanhe, 大連 Dalian	遼寧	2x1000
海陽 Haiyang	山東	2x1000
恵安 Hui'an	福建	2x1000
Tianwei, Lufeng	広東	2x1000
Ningde	福建	2x1000
秦山 Qinshan-V	浙江	2x1000
田湾 Tianwan-II	江西	2x1000
紅岩河 Hongyanhe-II, 大連 Dalian	遼寧	2x1000
海陽 Haiyang-II	山東	4x1000

Tianwei- II , Lufeng	広東	4x1000
惠安 Hui'an- II	福建	4x1000
陽江 Yangjiang- II	広東	2x1000/1500
陽江 Yangjiang- III	広東	2x1000/1500
台山 Taishan Yaogu	広東	3x1000
金州湾 Jinzhouwan	遼寧	2x1000
	江西	2x300
	海南	2x300
涪陵 Fuling	重慶	2x900
	安徽	4x1000
	吉林	4x1000
total 49		47-52,000

炉型はすべて PWR. ローマ数字はフェーズを示す.

データ : WNA,2006/2

現状では中国原子炉市場の蚊帳の外に置かれている形であるが、GE は次期の原子炉発注に向けて新しいデザイン（ABWR、ESBWR）を売り込んでおり、中国も PWR を原則としながらも ABWR に興味を表明している。

### （3）高速炉の開発

中国は現在 6.5 万 kWe の高速実験炉（CEFR）を北京市郊外に建設中で、2008 年の臨界を予定している。その開発にはロシアの協力があつた。高速原型炉の建設は 2020 年までと予想されており、CNNC は高速炉技術が今世紀半ばには主流になると期待している。

## 2. 核燃料開発の状況

### （1）ウラン資源開発

中国の既知ウラン資源は 77,000tU と報告されている（OECD/NEA-IAEA Uranium 2003）が、現在採掘の対象とされているのは 5 鉱山（表 5、図 2）で、年間生産容量は需要のおよそ半分の 750tU/年と推測されており、不足分はカザフスタン、ロシア、ナミビアから輸入しているらしいと報告されている（WNA, 2006/2）。

国内のウラン供給能力の拡大に向けて、CNNC による国内探鉱および鉱山生産容量拡大の努力が継続されてはいるが、急速に発展する国内原子力発電需要にはとても追いつかないと予想され、CNNC は、カザフスタン、オーストラリア、カナダ、北朝鮮など海外における探鉱開発プロジェクトへの参加を模索している。

カザフスタンと中国の関係については、今年 1 月に Kazatomprom の Dzhakishev 社長が、以下のようにのべている。

「中国は 4 年前から唯一カザフのウランを消費している。我々は中国の仲間と 4 年間一緒に働いてきて、よい信頼関係を築いている。オーストラリアは外向けに中国との関係をアピールし

ているが、中国の一番の関心はオーストラリアではなくカザフである。カザフと中国は4年前に『長期戦略パートナーシップ協定』を結び、現在「長期戦略パートナーシップ・プログラム」を検討中である。本プログラムは、鉱山開発やウランの供給だけではなく、輸送や燃料加工などを含めた2030年までの戦略発展問題をカバーするものである。目下、ボールは中国にあり、カザフは中国の開発計画が固まるのを待っているところである。」(Kazatomprom Press Release,2006/1/27)

表5 操業中のウラン生産センター

鉱山名	主要鉱床名	省名	採鉱法	埋蔵量 tU (品位%U)	生産容量 tU/年	操業 開始
撫州 Fuzhou	相山 Xiangshan	江西	坑内	26,000 (0.1~0.3)	300 (200tU 新設計画)	1966
崇義 Chongyi	下庄 Xiazhuang	江西	坑内	12,000 (0.1~0.3)	120	1979
伊寧 Yining	伊犁 Yili	新疆	ISL	11,000 (0.03~0.15)	200 (100tU 拡張予定)	1993
藍田 Lantian	藍田 Lantian	陝西	坑内	2,000	100	1993
本溪 Benxi	連山関 Lianshangguan	遼寧	坑内	8,000 (0.1~0.3)	120	1996

データ : OECD/NEA-IAEA Uranium 2003、WNA,2006/2 他

図2 中国のウラン生産センター



出展: OECD/NEA-IAEA Uranium 2003

一方、オーストラリアにおける中国のウラン開発に関しては、中国がオーストラリアから輸入したウランを軍事目的に使用しないことを担保する「原子力安全保障協定」を締結することが前提条件となっていたが、本協定の交渉が合意に達したとの情報が最近入っている（サーチナ,2006/3/15）。中国は南オーストラリア州で Southern Cross Resources (sxr Uranium One の前身) が進めている Honeymoon 鉱床（埋蔵量 2,800tU）開発プロジェクトに興味を示しているとの情報もある（ABC Online,2006/1/12）。

情報が交錯しており中国の真意は定かでないが、カザフスタン、オーストラリアが本命であることは確かなようである。

## （２）ウラン濃縮

甘粛省の蘭州 Lanzhou 濃縮プラントは、ソビエト時代のガス拡散技術を用いて 1964 年から運転を開始し、軍事用および 1980～1997 年は大亜湾 Daya Bay 原子力発電プラントへの供給を担ってきた。その後本プラントはロシアの遠心技術に置き換えられ、現在は 500tSWU/年の容量を有する。もう一つの遠心機プラントが陝西省南部の漢中 Hanzhong に存在し、同じく容量は 500tSWU/年である。大亜湾 Daya Bay プラントの濃縮需要の 30%は、Urenco との契約により供給されている（WNA, 2006/2）。

中国の 2005 年ウラン需要量約 1,500tU/年から換算すると、濃縮需要量は約 1,100tSWU/年と推定され、現状の国内濃縮容量は既に不足しており、大規模濃縮プラントの建設が進められない限り、今後、海外への濃縮役務依存はますます増大するものと思われる。

## （３）燃料加工

四川省の宜賓 Yibin に PWR 用の燃料加工プラントが存在し、秦山 Qinshan-1 プラント用に 11t/年、大亜湾 Daya Bay プラント用に 26t/年の供給を行っている。

PHWR (Candu-6) におけるカナダの燃料初装荷のあと、以降の燃料集合体は、1999 年に建設された包頭 Baotou 燃料工場から供給されることになっている（WNA, 2006/2）。

以上のように、中国の急速な原子力発電規模拡大計画に対し、核燃料供給の自給体制は不十分であるが、これらの将来計画は、前述のカザフスタンとの「長期戦略パートナーシップ・プログラム」（ロシアとの関係も含め）と深く関係している可能性がある。

以上