

## 中国の原子力発電開発：第3世代炉の国産化と輸出に向けた動き

2017年5月26日現在

(一社) 日本原子力産業協会 国際部 中杉秀夫

### < 中国の基礎データ >

面積	959.7万km <sup>2</sup>	世界4位	日本の約25.4倍
人口	13億7,354万人	世界第1位	*2016年7月推定
首都	北京		
実質GDP	21兆2,700億米ドル	世界第1位	*2016年推定
一人当たりGDP	15,400米ドル	世界第104位	*2016年推定
実質経済成長率	6.6%	世界第13位	*2016年推定
総発電設備容量	15億500万kW	世界第1位	*2014年推定
年間総電力使用量	5兆5,230億 kWh	世界第1位	*2014年推定
一人当たり年間電力使用量	4,021 kWh		*2014年推定
通貨	人民元 (略称 RMB)		
対米ドル為替レート	US\$1=RMB 6.626	*2016年推定 注) 2017年5月15日現在	1元=16.309 円
会計年度	1月1日 - 12月31日		

(出典) 米国 CIA 「The World Factbook」 2017年1月12日版

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ch.html>

### < 要約 >

- ①中国の原子力発電現状：運転中は 37 基 3,454.3 万 kW、建設中は 20 基 2,295.5 万 kW
- ②福島原発事故（2011年3月11日）のマイナス影響からはほぼ脱却した。
  - a. 福島原発事故までは、中国の原子力発電開発は「適度に開発」→「積極的に開発」→「加速開発」と拡大の一途を辿った。
  - b. 福島原発事故直後から2012年2月まで全原発の安全の検証を行った。
  - c. この間、原子力安全体制（法規・人員・緊急時対策）の整備・強化を進めた。
- ③エネルギー需給と大気汚染対応のため原子力発電が再び注目されている。
  - ・2013年1月、国家エネルギー局（NEA）は「第12次5カ年（2011～2015年）エネルギー発展計画」で「原発は2020年時点で、運転中5,800万kW、建設中3,000万kWが必要」と明記した。

- ・本年1月 NEA は「第13次5カ年(2016～2020年) 能源發展計画」を發表。

	石炭火力	水力	風力	太陽光	天然ガス火力	原子力
2020年時点の容量	11億kW未満	3.8億kW	2.1億kW	1.1億kW	1.1億kW	5,800万kW
2016～20年の増加	2千万kW未満	6千万kW	7,900万kW	6,800万kW	4,400万kW	3,100万kW

原子力以上に風力、太陽光の容量増強が顕著に見えるが、供給安定性を考慮している。

- ④中国の第3世代炉開発は、「西側の技術移転→国産化」が基本の「AP1000」、  
「EPR」、「第2世代改良型炉 CPR1000」の3炉型の併用展開であった。

- a. 主軸炉型は米国ウェスチングハウス社 (WEC) の先進的受動安全炉  
「AP1000」(125万kW) とその中国国産化炉 (CAP)。

- ・2006年12月、米中は AP1000×4基の建設で合意。WEC は140万kW以上の大容量化を条件に中国の CAP に知的財産権 (=輸出も自由) を承認。
- ・中国は技術受け皿機関「国家核電技術公司 (SNPTC)」を設立。SNPTC は WEC 技術ライセンスとして AP1000 や CAP の装置製造の技量認定も担当。
- ・AP1000 は三門、海陽で各2基を建設中 (各初号機は2017年6～7月の燃料装荷、同年内の運転開始を予定)。CAP1400 も石島湾で2基が建設準備中。

- b. バックアップで仏 AREVA 社の第3世代炉 EPR (175万kW) を平行開発

- ・2007年11月、中仏は台山での EPR×2基の建設契約を締結。

- c. 国内原子力産業育成も兼ね、准国産の「第2世代改良型炉」CPR1000 (108万kWが主) の大量建設を計画した。

- ・CPR1000 は仏設計の大亜湾-1 をベースに中国広核集团公司 (CGN) 主導、中国核工業集团公司 CNNC) と仏 EDF (当時) の協力で改良・国産化した炉。
- ・福島原発事故後 CPR1000 新設は中止に。運転中は21基、建設中は3基。

- ⑤そこに国産第3世代炉「華龍」が突然、既定路線に割り込む形で登場した。

- ・「華龍」は CGN と CNNC が別個に開発していた類似設計を、2013年10月の NEA の「原子炉輸出の国家戦略化」決定により統合したもの。2014年8月に全体設計が承認された。福清 (CNN が出資) -5.6 \* (各108.7万kW) と防城港 (CGN が61%を出資) -3.4 \*\* (各115万kW) で建設中。

\* 着工は2015年5月7日と同12月22日 \*\* 着工は2015年12月24日、2016年12月23日。

- ・「華龍」はアルゼンチン (5号機)、パキスタン (カラチ-2.3) さらに英国 (ブラッドウェル B) への輸出を予定。ブラジル、ケニア等にも提案中。

⑥2015年10月CGNは、英国の下記の3原発計画に共同投資を提案するため、「EDF エナジー」\*との協力覚書に署名した。

\* 仏電力 (EDF) の英国法人

- a. ヒンクリーポイントC (仏製EPR×2基) : EDF エナジーが66.5%、CGNが33.5%を出資。
- b. サイズウェルC (EPR×2基) : EDF エナジーが80%、CGNが20%を出資。
- c. ブラッドウェルB (英国仕様「華龍」×2基) : EDF エナジー33.5%、CGN66.5%を出資。

2017年1月10日、英国のビジネス・エネルギー・産業戦略省 (BEIS) が原子力規制庁 (ONR) に、「華龍」の包括的設計審査 (GDA) 開始を要請、プロジェクトの始動を意味する。

⑦原子力産業 (とくに製造集団) の技術基盤強化に関連する動き

- ・2007年7月11日、国家制度としての「(原子力安全設備の設計・製造・据付等許可での) 事業者認定と安全検証」が開始された。

注) それまで、「原発の立地点選定、建設、燃料初装荷、運転、廃止措置の許可」、「材料・設備の安全管理」、「原発の建設・運転や設備製造の安全監督」、また「1990年代からのNNSAによるバルブ等設計・製造資格認定」等があったが、(原発機器の材料、設計、製造、検証、運転、評価の全体を体系的にカバーする) 安全の基準・規格は「第十一次五カ年計画 (2006~2010)」以降に検討ないしは策定されたものが多い。

- ・2010年ころ、中国の原子力産業では下記技術の強化が課題となっていた。
  - a. 主冷却材ポンプ
  - b. 圧力容器 (含鍛造部材製造)
  - c. 安全バルブ
  - d. 計装制御システム (含デジタル化)
  - e. 電線電纜 (とくに不燃性)
  - f. シミュレータ技術
  - g. 品質管理・品質保証
  - h. 原子力安全文化これらのうち、主冷却材ポンプ・圧力容器 (含鍛造部材)・安全バルブの製造、計装制御デジタル化では国産化の達成等が国際会議で発表され、また報道されるようになって来た。
- ・前述の「製造等に関わる事業者認定と安全検証」の国家制度の導入と関連するのか、主要製造集団がそれまで力を入れていないとされていた (測定・試験・検証を含む) 研究開発や (国際認証の取得を含む) 品質保証等に積極的な取り組みを示している。

AP1000・CAP1400、華龍、第4世代炉によるビジネス展開には、世界レベルの技術の獲得こそが必要との意識の芽生えではないかと思われる。

#### ⑧原子力産業界再編の動き

- ・2017年3月、CNNCと中国核工業建設集団公司（CNEC）の年内の経営統合が発表された。CNNCは中国の原子力開発で次のような変遷を経て来た。
  - a. 国防利用・平和利用の両分野を統括する巨大政府組織「中国核工業総公司（CNNC）」として原子力開発実務を取り仕切った。
  - b. 1994年の政府機構再編で、行政部門「国家原子能機構（CAEA）」と研究開発・製造部門「中国核工業総公司（CNNC）」に分離された。
  - c. 1999年にそのCNNCがさらに以下のように分割された。
    - －「中国核工業集団公司（CNNC）」：  
原子力発電と核燃料サイクルの研究開発と商業化
    - －「中国核工業建設集団公司（CNEC）」：  
原子力関係を中心とする工事・設計・据付。  
注）CNECは中国華能集団公司、清華大学と連携し高温ガス炉開発にも関与。
- ・原子力業界では2015年7月の中国電力投資集団公司（CPI）と国家核電技術公司（SNPTC）の統合（＝国家電力投資集団公司 SPIC 設立）以来の大型統合となる。

#### ⑨2015年1月、国務院常務会議は、習近平国家主席が提唱する経済圏構想「一帯一路」の重点施策として原子力発電プラントや高速鉄道の輸出加速を確認した。

- ・SNPTCはCAP1400輸出に関連してトルコで「SNPTCを単一窓口とする全サービスの提供」、「技術移転と国産化」、「資金調達」、「世界市場での協力」を提案した。（核燃料サイクルの手当てやB00方式\*の資金調達支援では最強ながら技術移転をしない）ロシアに対抗する輸出競争力をもつことになる。

\*Build Own Operate（建設・運営・所有）。事業終了時に施設の所有権を相手側に譲渡する契約方式。

- ・前項のCNNCとCNECの統合も「建設＋運転」で原発輸出促進に有効と思われる。

\* この情報は当協会会員へのサービスの一環として、急速に変貌する中国の原子力開発をまとめたものですが、執筆者個人の判断を多く含み、（一社）日本原子力産業協会の公式見解ではありません。予めご了承ください。

\* 当協会ではこれまでも、中国の原子力開発に関しては、当時の視点でまとめたいくつかの報告をホームページに掲載しています。<http://www.jaif.or.jp/data/data-oversea/china/>

2015年5月掲載の報告では、原子力発電3集団の構成中核企業の役割やそれらへの出資比率、開発中の新型炉の仕様、5大電気（製造）集団の特徴や拠点基地、秦山-1～大亜湾-1の中国原発開発初期の取り組み体制を詳述しております。中国側発表データの表示不統一等の問題へのご注意とともにあわせてご活用いただけたら幸いです。[http://www.jaif.or.jp/cms\\_admin/wp-content/uploads/2015/05/china\\_data150526.pdf](http://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2015/05/china_data150526.pdf)

## 中国の原子力発電開発：第3世代炉の国産化と輸出に向けた動き（目次）

○ 要約	1
1. 中国の原子力発電の現状	7
2. 福島原発事故（2011年3月11日）の影響	9
(1) 福島原発事故までの原子力発電開発の方向	9
(2) 福島原発事故直後の中国政府の対応	10
(3) 原子力発電の復権	10
3. 中国の第3世代炉の開発：西側炉の技術導入が当初の戦略	11
(1) 米国ウェスチングハウス社（WEC）のAP1000技術の移転と国産化	11
(2) 仏AREVA社の第3世代炉EPRを平行開発	12
(3) 准国産「第2世代改良型炉」CPR1000の大量建設	12
4. 第3世代炉の新しい主役「華龍」の登場	12
5. 新しい試み：仏と組んでの英国の原子力発電プロジェクトへの参入	13
6. 国家成長戦略に基づく原子力発電プラントの積極的な輸出	14
7. 中国の原子力関係主要機関	16
(1) 政府機関	
① 国務院、② 国家発展改革委員会（NDRC）、③ 国家エネルギー委員会（NEC）、④ 国家能源局	17
⑤ 工業情報化部（NIIT）、⑤-1 国防科学技術工業局（SASTIND）	18
⑤-2 国家原子能機構（CAEA）	19
⑥ 国家核安全局（NNSA）	20
(2) 民間機関	
① 中国核能行業協会（CNEA）、② 華龍国際核電技術、③ 中国核工業集团有限公司（CNNC）	22
④ 中国広核集团有限公司（CGN）、⑤ 国家電力投資集团公司（SPIC）	23
⑤-1 国家核電技術有限公司（SNPTC）	24
⑥ 上海核工程研究設計院（SNERDI）、⑦ 中国核動力研究設計院（NPIC）、⑧ 中国原子能科学研究院	26
⑨ 上海電氣集团公司（SEC）	27
⑩ 中国東方電氣集团公司（DEC）	31
⑪ ハルビン電氣集团公司（HEC）	33
⑫ 中国第一重型機械集团公司（CFHI）	34
⑬ 中国第二重型機械集团公司（ERZHONG）	35
< 参考資料 1 > AP1000/CAP1400の開発状況	37
(1) ウェスチングハウス社（WEC）と中国の役割分担	
(2) AP1000プロジェクト：① 国産化率、② 国産化したキイ・コンポーネント、③ 進展状況	

(3) CAP1400 プロジェクト：①安全性、②経済性、③国産化、④進展状況	
<参考資料 2> 国家核電技術公司 (SNPTC) の AP1000/CAP1400 への取り組み	43
(1) SNPTC の役割等	
(2) 傘下の「上海核工程研究設計院 (SNERDI)」での CAP1400 開発	
(3) 傘下の「山東核電設備製造有限公司 (SNPEMC)」での AP1000 や CAP1400 への取り組み	
<参考資料 4> ハルビン電気集団 (HEC) の炉主冷却材ポンプ (RCP) 製造努力	46
(1) HEC の主冷却材ポンプ (RCP) の製造能力と受注実績	
(2) HEC の品質保証 (QA) システム	
(3) HEC の Canned RCP 技術国産化への努力	
<参考資料 5> 中国第一重型機械集团公司 (CFHI) の鑄鍛造技術	48
(1) 原発での鑄鍛造品    (2) 製造施設    (3) 技術向上のための取り組み    (4) 品質保証システム	
(5) 基礎科学と製造工程の研究    (6) 製造・試験センターでの先端的な試験・測定装置	
図表 1：中国の運転中の原子力発電所	7
図表 2：中国の原子力発電所所在地	8
図表 3：中国の建設中の原子力発電所	9
図表 4：「第 13 次 5 ヵ年 (2016～2020 年) 能源発展計画」	10
図表 5：中国の原子力開発体制	16
図表 6：AP/CAP の国産化推進体制	24
図表 7：上海電気集団 (SEC) の中国国内での原発納入実績	30
図表 8：中国東方電気集団 (DEC) の原発装置製造能力	32
図表 9：DEC のタービン&発電機のセットでの契約実績 (2005 年～2016 年)	33
図表 10：中国一重重型機械 (CFHI) の原発装置製造数	35
参考図表 1-1：AP1000 の装置・材料供給者	37
参考図表 1-2：CAP1400 の炉心損傷頻度 (CDF)、大規模放出頻度 (LRF)	39
参考図表 1-3：CAP1400 の原子炉蒸気供給系 (NSSS) の設計パラメータ	39
参考図表 1-4：CAP1400 と CAP1000 の主冷却材ポンプの仕様比較	40
参考図表 1-5：CAP1400 の技術的特性	40
参考図表 3-1：HEC の原発用主冷却材ポンプ (RCP) の年産能力	46
参考図表 3-2：HEC の RCP 受注実績	46

## 1. 中国の原子力発電の現状

- ・ 運転中 37 基 3,454.3 万 kW、建設中 20 基 2,295.5 万 kW である。
- 注) 2016 年の中国の総発電量は 5 兆 9,111 億 kWh で、原子力はそのうち 2,105 億 1,900 万 kWh (3.56%)

図表 1：中国の運転中の原子力発電所（2017 年 5 月 15 日現在）

発電所名	省	炉型	発電出力(万 kW) × 基数	所有者	運転者	着工日	運転開始日	備考
広東大亜湾-1・2 (大亜湾 I 期)	広東	PWR (M310)	98.4 × 2	広東核電合	大亜湾核電	1987.8.7/	1994.2.1/	中国初の商用原発。
管 (GNPJVC)				運営管理有	1988.4.7	1994.5.6	仏製。	
嶺澳-1・2 (嶺澳 I 期)			嶺澳核電	運管管理有	1997.5.15/	2002.5.28/		
嶺澳-3・4 (嶺澳 II 期)			(LANPC)	限責任公司	1997.11.28	2003.1.8		
			嶺東核電	(DNMC)	2005.12.15/	2010.9.15/	CPR1000 初号機	
陽江-1 (陽江 I 期)	広東	PWR (CPR1000)	108.0 × 2	(LDNPC)		2006.6.15.	2011.8.7	(仏設計を改良国産化)。
陽江-2・3・4				(YNPC)		/2012.11.17	/2017.3.15	炉型は AP1000 → EPR → CPR1000 と変更。
秦山 I-1 (秦山 I 期)			PWR (CP300)	秦山核電	中核核電	1994.4.1	2002.4.16/2004.5.3	国産初号原発。
秦山 II-1・2・3・4			PWR (CP600)	核電秦山聯	運行管理	2000.2.28/2007.1.28	2010.10.5/2011.12.30	-1 と -2 は出力 65 万 kW、-3 と -4 は 66 万 kW。
秦山 III-1 (秦山 III 期)	(CANDU 6)	核電 TQNPC)		1998.9.25	2003.7.24			
田湾 I-1・2 (田湾 I 期)	江蘇	PWR (VVER 1000)	106.0 × 2	江蘇核電 (JNPC)		1999.10.20/	2007.5.17/	露製 PWR。モジュール AES 91 (V428 は中国向け仕様)。
寧徳-1・2・3・4 (寧徳 I 期)	福建	PWR (CPR1000)	108.0 × 4	CGN	福建寧	2008.2.18/2008.11.12/	2013.4.15/2014.05.04/	福建寧徳核電は CGN、大唐集团公司と福建能源集团公司が共同出資。
紅沿河-1・2 (紅沿河 I 期)	遼寧			遼寧紅沿河核電 (LHNPC)	徳核電	2010.1.8/2010.9.29	2015.6.10/2016.7.21	
紅沿河-3・4					2007.8.18/2008.3.28	2013.6.6/2014.5.13	LHNPC は CGN45%、中国広核電力股份有限公司、大連建設投資集团公司 10% の出資。IAEA の PRIS では紅沿河-4 の運転開始は 2016.9.19	
福清-1・2・3 (福清 I 期)	福建		108.0 × 3	CNNC	福建福清核電	2008.11.21/2009.6.17/	2014.11.22/2015.10.16	IAEA の PRIS では福清の-1 ~ -4 の炉型は CNP1000 となっている。
方家山-1・2 (方家山 I 期拡張)	浙江		108.0 × 2	CNNP	秦山核電	2008.12.26/2009.7.17	2014.12.15/2015.2.12	

会員専用サイトにて  
公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/members/>

防城港-1・2 (ファンシェン)	広西	PWR (CPR1000)	108.0×2	広西防城港核電		2010.7.30/2010.12.23	2016.1.1/2016.10.1	初臨界は-1は2015.10.13、-2は2016.6.29。送電網併入は-1は2015.10.25、-2は2016.7.15。
昌江-1・2 (ファンジヤン)	海南	PWR (CP600)	65.0×2	CNNC	海南核電	2010.4.25/2010.11.21	2015.12.25/2016.8.12	IAEAのPRISでは炉型をCNP600と表示。初臨界は-1は2015.10.12、-2は2016.6.09。送電網併入は-1は2015.11.7、-2は2016.6.20。
中国高速実験炉 CEFR	北京	高速実験炉(BN20)	2.5	CNNC	中国原子能科学研究所 (CIAE)	2000.5.10	2011.7.21	・露と共同設計 ・初臨界は2010.7.21
運転中合計				3,454.3万kW (37基)				

運転中／建設中の区分と出力はIAEAのPRISデータベースに依拠。PRISは商業運転条件達成をもって運転開始とする。

注) 原発の所在地(済寧大、東大、重慶、天津、寧波、陽江(Yangjiang)、田湾(Tianwan)、秦山二期(Shan Second)、秦山三期(Shan Third)、秦山一期拡張とも呼称)、防城港(Fangchenggang)、昌江(Changjiang)、福清(Fuqing)、方家山(Fangjiashan)、秦山I期拡張とも呼称)。

# 会員専用サイトにて 公開しております。

図表2：中国の原子力発電所所在地 (2017年5月15日現在)

<https://www.jaif.or.jp/members/>



(出典) 2012年4月 中国核能行业协会(CNEA) 李永江 副理事長発表  
「China's Nuclear Power Development Status」を元に原産協会が加工。



図表3：中国の建設中の原子力発電所（2017年5月15日現在）

発電所名	省	炉型	グロス出力 (万kW)×基数	所有者	運転者	着工日
陽江-5・6(ヤンジャン)	広東	PWR(ACPR1000)	108.7×2	広東核電合営(GNPJVC)	陽江核電(YNPC)	2013.9.18/ 2013.12.23
紅沿河-5・6(ホンヤンハ)	遼寧		中国広核電力股份 (CGNパラー)	遼寧紅沿河核電(LHNPC)	2015.3.3029/ 2015.7.24	
福清-4(フージン)	福建	PWR(CPR1000)	108	CNNC	福建福清核電	2012.11.17. IAEAでは炉型 をCNP1000としている。
福清-5・6		PWR(華龍)	108.7×2			2015.5.7/ 2015.12.22
三門-1・2(サンメン)	浙江	PWR (AP1000)	125×2	CNNC	三門核電	2009.4.19/ 2009.12.15
海陽-1・2(ハイヤン)	山東		CPI	山東核電	2009.9.24/ 2010.6.20	
台山(腰古)-1・2 (タイシャン)(イャオグー)	広東	PWR(VVSR)	115×2	台山核電合営(TSNPC)	台山核電	2009.11.18/ 2010.4.15
防城港-3・4(ファンシェンガウ)	広西	PWR(華龍)	115×2	広西防城港核電		2015.12.24/ 2016.12.23
田湾II-1・2 (ティエンワン)	江蘇	PWR(VVSR)	106×2	田湾核電	江蘇核電	2012.12.27/ 2013.9.27
田湾III-1・2		PWR(CPR1000)	111.8×2			2015.12.27/ 2016.9.7
建設中合計						2,295.5万kW(20基)

**会員専用サイトにて  
公開しております。**

**<https://www.jaif.or.jp/members/>**

運転中/建設中の区分と出力は IAEA の PRIS データベースから取得した。

注) 原発の所在地名の読み方：三門(Sanmen サンメン)、海陽(Haiyan ハイヤン)、台山(Taishan タイシャン)。

腰古 Yaloqu イャオグーとも呼称)、石島湾(Shidao Bay シンダォワン)

## 2. 福島原発事故（2011年3月11日）の影響

### (1) 福島原発事故までの原子力発電開発の方向

- ・中国は2010年に米国を抜き世界最大のエネルギー消費国になったが、エネルギー収支は慢性的にマイナスとなっていた。
- ・これらの状況から、中国の原子力発電開発は「適度に開発」→「積極的に開発」→「加速開発」と拡大の一途を辿っていた。

2011年2月の中国工程院（国務院傘下）の「中国能源（エネルギー）中長期（2020～2050年）発展戦略研究」でも「2020年7千万kW、2030年2億kW」の原発規模を提示していた。

## (2) 福島原発事故直後の中国政府の対応

- ・ 事故直後の3月16日、国務院常務会議は原発について次の決定を下した。
  - － 稼働中の原発は、全部停止して包括的な安全性の検査・評価・管理を確認。
  - － 建設中の原発は、最新安全基準への適合を包括審査で確認。不適合工事は即時停止。
  - － 着工承認済みの原発についても、未着工案件は暫定的に承認を停止。
  - － CPR1000の「新規建設」は認可しない。

注) これは、最先端の「第3世代炉」に比べ准国産炉 CPR1000 は「第2世代改良型炉」の位置づけにあり、安全面で国民の不安を避けるための措置とみられる。

- ・ これを受け中国の全原発で（地震・津波等）外部事象耐性（ストレステスト）等の包括的安全性が9ヶ月間かけて検証された。

2012年2月、国内の全原発が中国と国際原子力機関(IAEA)の安全基準を満たしていることが国務院に報告され、受理された。

# 会員専用サイトにて

# 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/members/>

図表4：「第13次5カ年（2016～2020年）エネルギー発展計画」

	石炭火力	水力	風力	太陽光	天然ガス火力	原子力
2020年時点の容量	11億kW未満	3億8,000万kW	2億1,000万kW	1億1,000万kW	1億1,000万kW	5,800万kW
2016～2020年の増加分	2,000万kW未満	6,000万kW	7,900万kW	6,800万kW	4,400万kW	3,100万kW

対象5年間では原子力以上に風力、太陽光の設備容量増強が著しいが、供給の安定性を考慮したと思われる。

2020年時点の中国の運転中・建設中の原発は合わせて約90基となり、総発電量の約4%を供給する。（出典）2016年11月中国核能行業協會 CNEA が当協会に提示したデータ

### 3. 中国の第3世代炉の開発：西側炉の技術導入が当初の戦略

- ・2000年代半ばには、中国は米・仏・加・露（建設中）の炉技術が混在する複雑な状況にあった。その打開のため主軸となる第3世代炉の開発が図られた。
- ・中国の第3世代炉の開発では、「西側の技術移転→国産化」を基本に次の(1)～(3)の3つの方策が併走した。

#### (1) 米国ウェスチングハウス社（WEC）の AP1000 \*技術の移転と国産化

\* AP=Advanced Passive（先進的受動安全性）

- ・2006年12月、米中はAP1000（125万kW）×4基の建設で合意した。中国の狙いは、WECからAP1000に関する技術移転を受け、国内に建設しながら設計改良を行い、出力を増強した国産炉（Chinese AP:CAP）を主流炉型化することであった。
- ・WECは「140万kW（CAP1400）以上の炉の開発」を条件に中国の知的財産権承認を約束し、子炉の輸出を望むことになった。
- ・2007年5月、WECと中国の原子力技術移転に関する「国家核電技術公司（SNPTC）」が設立された。SNPTCは技術開発、原発の運転、投資の他、AP1000シリーズの炉の輸出も担当している。
- ・2014年9月、WECは中国の原子力安全委員会から安全報告書を承認。AP1000は三門、海陽で各2基を着工\*。

**会員専用サイトにて**  
**公開しております。**

**<https://www.jaif.or.jp/memb>**

が4基建設中だが、三門-1がAP1000では世界初の商業運転炉になる見通し。

CAP1400は榮成石島湾で2基の建設開始が準備中。

- ・中国はトルコ\*、南アフリカ\*\*、ブ

\* SNPTCとWECはトルコの第3原発向けに、AP1000×4基（AP1000×2基+CAP1400×2基との報道もある）を提案中。

- 2012年4月：中土は原子力協力協定を締結。
- 2014年11月：トルコ発電会社（EUAS）とSNPTC・WECが建設覚書に署名。土側は国産化率60～80%をめざす。
- 2016年9月3日：エルドアン大統領の杭州G20出席時にアルバイラク エネルギー・天然資源相と王毅外相が原子力、再生可能エネルギー、石炭火力の3分野での協力覚書に署名。

\*\* 2015年7月にSNPTCを中心とするAP1400紹介の産業ミッションが南アフリカのヨハネスブルクを訪問した。

なお、これとは別に中国核工業建設集团公司（CNEC）が南アフリカに高温ガス炉（HTGR）の売り込みを図っており、清華大学が南アフリカの原子力技術者を受け入れ、石島湾HTGR現場での実務協力を実施中。

- ・2015年7月、SNPTCは「中国電力投資集団公司 (CPI)」と統合、新組織「国家電力投資集団(SPIC)」の一部となった。

注) AP1000 や CAP1400 の開発状況は<参考資料 1>「AP1000/CAP1400 の開発状況」(P37)に詳述。

## (2) 仏 AREVA 社の第3世代炉 EPR\*を平行開発

\* European Pressurized (Water) Reactor が起源。現在は「EPR」が正式炉型名の扱い。

- ・2006年12月、中国の第3世代炉導入国際入札では AREVA の EPR (175 万 kW) は WEC の AP1000 に敗退。

中国側の技術移転要望に応えられなかったことが敗因で、「傘下に製造企業群を抱え、それらへの受注契約を確保しなければならない AREVA」と「生産拠点がなくむしろ中国をサプライ・チェーン化したい WEC」の差異が背景とされた。

- ・その中国が2007年11月に台山での EPR×2 基の建設を決定。AP1000 技術一辺倒の危

会員専用サイトにて

公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/memb>

er/

## 4. 第3世代炉の新しい主役「華龍」の登場

- ・「華龍」(以下、「華龍1号」あるいは HPR1000 とも呼称) が2013年10月の NEA の「原子炉輸出の国家戦略化」決定を踏まえ登場した。

(ともに仏・米等の西側炉がベースながら別個に開発設計していた) CGN の「ACPR1000+」と CNNC の「ACP1000」を NEA の主導で一本化した炉型である。

注) 炉型名は「華龍」に一本化されたが、設計は CNNC 版と CGN 版があるとも言われる。

- ・「華龍」は、2014年8月の全体設計承認を経て、福清-5・6 (CNNC が建設) と防城港-3・4 (CGN が建設) での採用が決まった。

福清-5・6 は2015年5月7日、同12月22日、防城港-3・4 は同12月24日、2016年12月23日に着工した。

注) CGN によると寧徳-5・6 でも「華龍」採用の予定。

(2015年7月27日 <http://www.cgnpc.com.cn/n471046/n471126/n471156/c1078028/content.html>)

タイ側民間発電会社が、中国国内での「華龍」建設への出資の提案をしている。

\* 2017年3月29日にNEAとタイのエネルギー省の間で原子力協力覚書が締結された。

これとは別に2015年12月には、タイ最大の民間の発電事業者ラチャブリ発電株式会社 (Ratchaburi Electric Generating Holding:RATCH) が、CGNの防城港-5・6の華龍建設に10%出資することで協議がもたれた。

(出典)CGNの<http://www.cgnpc.com.cn/n471046/n471126/n471156/c1293075/content.html> また文部科学省の[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/science/detail/\\_icsFiles/fieldfile/2016/07/12/1364263\\_14.pdf#search=%27%E3%83%A9%E3%83%81%E3%83%A3%E3%83%96%E3%83%AA%E7%99%BA%E9%9B%BB%E3%81%A8%E8%9F%AF%E9%BE%8D%27](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/fieldfile/2016/07/12/1364263_14.pdf#search=%27%E3%83%A9%E3%83%81%E3%83%A3%E3%83%96%E3%83%AA%E7%99%BA%E9%9B%BB%E3%81%A8%E8%9F%AF%E9%BE%8D%27)

## 5. 新しい試み：仏と組んでの英国の原子力発電プロジェクトへの参入

・習近平国家主席の訪英時の2015年10月、CGNは仏電力(EDF)の英国法人「EDF エナジー」との協力覚書に署名した。

英国の下記の原子力発電プロジェクトへの投資案件を行うためのもの。

# 会員専用サイトにて

# 公開しております。

a. ヒンクリーポイントC (仏製EPR×2基) :

EDF エナジーが80%、CGNが20%を出資。

b. サイズウェルC (仏製EPR×2基) :

EDF エナジーが80%、CGNが20%を出資。

<https://www.jaif.or.jp/member/>

弁会社は英国原子力規制庁(ONR)に「華龍」の包括的設計審査(GDA)\*\*を申請する。

\* 後に「General Nuclear Services」が設立。

EDF エナジーとCGNはブラッドウェルB発電所建設でも同比率で出資する。

\*\* 英国内で新規に採用・建設される原子炉設計の事前認証審査。

最終的には、ONRが安全性に関する設計容認確認書(DAC)を、また環境庁(EA)が環境影響に関する設計容認証明書(SoDA)をそれぞれ発給するが概ね5年間を要する。

・ブラッドウェルBでは防城港-4を参考炉にする予定。

このプロジェクトに関しては、2017年1月10日、英国のビジネス・エネルギー・産業戦略省(BEIS)がONRに、「華龍」のGDA開始を要請したことで、英国政府側の真剣度が伝わって来た。

注) これまでにAREVA社のEPR炉が、ヒンクリーポイントCとサイズウェルCの実現に向けてDACとSoDAを発給されている。

## 6. 国家成長戦略に基づく原子力発電プラントの積極的な輸出

- ・2015年1月の国務院常務会議で、習近平国家主席の（基本的成長戦略とも言える）経済圏構想「一带一路」\*の重点施策として原子力発電プラント\*\*や高速鉄道の輸出加速を決定した。

\*「一带」は中国—中央アジア—欧州の「陸のシルクロード」。「一路」は中国—東南アジア—インド—アラビア—アフリカの「海のシルクロード」。

\*\*PWR（「華龍」とCAP1400、多目的小型炉）、第4世代炉（高温ガス炉、高速炉）等により顧客国のニーズに幅広く応じられる「原子力輸出強国」をめざしている。

- ・2015年12月、CNNCとCGNは「華龍」輸出のため「華龍国際核電技術有限公司（略称：華龍国際）」を均等出資で設立した。

- ・「華龍」会員専用サイトにてさらに英国（ブラッドウェルB\*\*）への輸出が予定され、またケニア\*\*\*、エジプト\*\*\*\*等にも提案された。

\* 2017年5月

\*\* 前記5.「新しい試み：仏と組んでの英国の原子力発電プロジェクトへの参入」を参照。

\*\*\*\* 2015年5月にCNNCはエジプト原子力発電庁（NPPA）と原子力発電協力覚書を締結。「華龍」を打診中。

<https://www.jaif.or.jp/member/>

- ・中国の原子力輸出振興策の体系化
  - 2017年3月のトルコでの「第4回国際原子力発電プラントサミット（INPPS）」では、SNPTCはトルコの第3原発プロジェクトにCAP1400で参加したいとの強い意欲を、次の4項目で提案した。
    - a. 「SNPTCを単一の窓口にした全サービスの提供」
    - b. 「技術移転と国産化」
    - c. 「資金調達」
    - d. 「世界市場への将来の協力」
  - この提案を見ると、核燃料サイクルの手当てやB00（Build Own Operate＝建設・運営・所有）方式の資金調達支援で強みを発揮している現在のロシアをも凌駕する原発販売競争力を近い将来中国がもつことが予想される。

技術はCAPにしても華龍にしても西側 PWR に近く、価格も安く、資金支援もする、さらにロシアが拒否してきた「技術移転・国産化への支援」を行うことになる。

2017 年末の運転開始をめざす AP1000 やその後の華龍、CAP1400 で技術的実証ができれば、原子力発電新興国にとっては、世界一魅力的な原子力ビジネスのオファーになる。

会員専用サイトにて  
公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/members/>

## 7. 中国の原子力関係主要機関

図表5：中国の原子力開発体制（2017年5月15日現在）



会員専用サイトにて  
公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/members/>

### (1) 政府機関

[http://www.gov.cn/gjig/2005-08/01/content\\_18608.htm](http://www.gov.cn/gjig/2005-08/01/content_18608.htm) また <http://japanese.china.org.cn/japanese/78375.htm>

#### ① 国务院

- ・日本の内閣に相当。最高国家権力を執行する行政機関である。
- ・国务院は全国人民代表大会（全人代。閉会中は全人代常務委員会）に対して責任を負う。国务院を構成する部・委員会は日本の省にあたる。

注)「部」の中の「司」（日本の官庁の局に相当）が行政権限をもち、「総公司」（事業団）や



「公司」(会社)を監督・指導する。

## ②国家発展改革委員会 (NDRC)

- ・ 2003年3月の温家宝政権発足時に、縦割り行政の弊害除去を目的に設立。経済・社会開発の戦略、中・長期計画、年度計画、またマクロ政策や重大プロジェクトの策定・実施に関する提言を行い、全国人民代表大会への報告を通じて改革を断行する。「国务院の中の国务院」といわれる強大な権限をもつ。
- ・ 傘下の国家能源局 (NEA) は NDRC と国家能源委員会 (NEC) の事務局を兼務。

## ③国家能源 (エネルギー) 委員会 (NEC)

- ・ 国家のエネルギー関係戦略・政策・計画の決定機関。
- ・ NECの2014年4月18日の会議で、李克強総理は、原子力発電を初めとするクリーン・エネルギー・プロジェクトの全面的推進を指示した。原子力発電については、安全基準は絶対的な安全が必要と強調した。
- ・ NECの事務局である国家能源局 (NEA) は NDRC の事務局も兼務。

会員専用サイトにて

公開しております。

## ④国家能源局 (Energy Agency)

- ・ NEAは2008年12月26日設けられた中国のエネルギー行政機関 (NECの事務局も兼務)。

<https://www.jaif.or.jp/memb>

- エネルギー (含原子力発電) 開発・使用と関連業界の監督・管理 (含エネルギー価格の調整と提案、新規のエネルギー関係プロジェクトの審査\*\*、また技術導入や国産化)

\* 決定は NDRC (の価格司等) が行う。 \*\* これも決定は NDRC が行う。

- 石油・天然ガスの国家備蓄や新エネルギー・省エネルギーの規画・開発
  - エネルギー国際協力 (含協定締結、エネルギー資源開発・輸出入の許認可)
  - エネルギー関係の税金制定や環境保護政策 (含気候変動問題) にも参画
- 原発の緊急事故対応体制や計画の監督、電力会社の各種工事の安全性や品質の監督・審査・許可の権限ももつ。

- ・ 以下の12の司 (司は日本の省庁の部に相当) をもつ。

- (1) 綜合同司、(2) 法制・体制改革司、(3) 発展計画司、(4) エネルギー節約・科学技術装備司、(5) 電力司、(6) 原子力発電司、(7) 石炭司、(8) 石油・天然ガス司、(9) 新エネルギー・再生可

能エネルギー司、(10)市場監督管理司、(11)電力安全監督管理司、(12)国際協力司。

<http://www.nea.gov.cn/gjnyj/index.htm>

注) NDRC の機関のほとんどは「部委員会」が組織・人事を掌握するが、NEA は局内に独自の党組織をもち、大きな自主権をもつ。

- ・定員 240 名（局長 1、副局長 4、党組織綱紀検証組長 1、幹部職 42、等）。  
従来、NDRC 副主任（閣僚級）が NEA 局長を兼務等、NEA は高い位置づけを与えられている。

注) それだけに、NDRC 本体での「エネルギー価格や新規エネルギー関係プロジェクト」をめぐる決定権限、また NDRC 「基礎産業司」とのエネルギー・交通関係の統括権限、国家電力監査管理委員会との電力・石油事業者の監督権限等の権力をめぐる複雑な問題がある模様。

- ・ 2012 年 7 月から、従来の秘密主義では原子力発電の対する国民の信頼を得られない。省原子力エネルギー情報公開や理解促進

## 会員専用サイトにて 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/memb>

- ・ 国務院「国防科学技術工業委員会」が、2008 年の第 11 期全人代の機構再編で「工業情報化部 (MIIT)」になった
- ・ 傘下に「国防科学技術工業局 (SASTIND)」と「国家原子能機構 (CAEA)」等があり、宇宙開発と原子力軍事利用も所掌する。
- ・ SASTIND と CAEA が中国の原子力産業（含「中国核能行業協会 (CNEA)」）の監督権限をもつ。

⑤-1 : 国防科学技術工業局 (SASTIND) <http://www.sastind.gov.cn/>

- ・ 原発での核燃料使用に対し許可証を発給する。
- ・ 「国家核事故応急協調委員会」(参加機関 24) の主要メンバー。  
同委員会の事務局は、福島原発事故以降 SASTIND 内に設置された「国家核事故応急弁公室 (原子力事故緊急事務局 : National Nuclear Accident Emergency Organization = NEO)」。

注) ただし、NEO の運営は CAEA が担当。

「国家核事故応急弁公室」と「国家核応急弁公室」の双方が使われているが、本書では次の出典で後者を採る。

<http://www.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057613/n3057626/c3583586/content.html>

・ 緊急時の実務展開部隊である「中国核応急救援隊」も主導する。

ー 2014年5月、SASTINDが国家核応急隊の結成計画を発表。

(出典) 科学技術振興機構ディリリーウォッチャー[http://crds\\_ist.go.jp/dw/20140627/201406271835/](http://crds_ist.go.jp/dw/20140627/201406271835/)等

ー 2015年12月、国家発展改革委員会 (NDRC) が核応急救援隊の創設を承認。

(出典) 原子力産業新聞 <http://www.jaif.or.jp/160527-b/>

ー 2016年5月24日、「中国核応急救援隊」の設立が正式に発表された。

MIIT、SASTIND、公安部、民政部、MEP、軍事委員会聯合参謀部等が参加。

隊の構成員は320名、技術支援、避難、救助、放射線モニタリング、除染、医療支援の6ユニットに分ける。

全国的な8核応急専門技術支援センター、25の支援分隊、3訓練基地を設置。統合指揮、技術支援、医療支援、救助、放射線モニタリング、除染、医療支援の6ユニットに分ける。

## 会員専用サイトにて

## 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/members/>

・ 1988年の国務院改組で、それまで原子力エネルギーの所轄は第二機械工業部、核工業部、中国核工業総公司、と推移して来たものが、能源部 (エネルギー)、国防科学技術工業委員会 (原子力軍事利用)、中国核工業総公司 (原子力平和利用) になった。

・ 1993年、CNNCは国務院の直屬機関として部 (日本の省に相当) と同格になり、原子力研究開発の中核機能に加えて原子力産業行政と国際協力を担うことになった。

しかし総公司という名称は、日本で言う「事業団」のニュアンスに近いとみなされ、対外的に中国政府を代表する機関としての威令上の問題があった。

・ 1994年1月、CNNCは対外的に中国政府を代表する「中国国家原子能機構 (CAEA)」と民間持株会社「中国核工業総公司 (CNNC)」に分離。

CAEAは原子力開発行政と国際協力を所掌。実態的には「それまでのCNNCの総経理、副総経理、国際協力部門の人間が主任、副主任等を兼務した」100人前後の小さな組織となった。

一方「中国核工業総公司 (CNNC)」は、さらにその後「中国核工業集团公司 (同じ略号 CNNC)」と「中国核工業建設集团公司 (CNEC)」に分離された。

こうして原子力行政は、現在、工業情報化部 (MIIT) の下に、軍事部門を司る国防科学技術行業局 (SASTIND) と民生部門を司る国家原子能機構 (CAEA) のふたつが担当している。

- ・前記のとおり、SASTIND 内に設置された「国家核事故応急弁公室（NEO）」の運営は CAEA が担当している。
- ・2011 年 11 月、CAEA の傘下に「国家核セキュリティ技術センター」（SNSTC）が設置された。<http://www.fnca.mext.go.jp/nss/info/china.pdf>

#### ⑥国家核安全局（NNSA） <http://nnsa.mep.gov.cn/>

- ・中国の原子力安全、放射線安全、環境放射線影響を一元的に監督管理。

##### <国家核安全局（NNSA）の沿革>

- ・NNSA は、1984 年 10 月、民生用原子力施設の安全監督機関として、国家科学技術委員会（現「工業情報化部：MIIT」）の傘下機関として設立された。

当時の原子力・放射線に関連する機関の所掌分担は以下のようであった。

- － NNSA：原子力施設の安全に関する監督管理
- － MIIT：放射線安全の監督管理
- － 環境保護局：環境放射線の健康影響評価とモニタリング

- ・1998 年 3 月の第三次報告書での機構改革により、国家環境保護総局を設立、NNSA はその傘下に置かれた。2003 年、国家環境保護総局は環境保護部（EP）昇格に伴い、NNSA は現在の役割を担うようになった。

**会員専用サイトにて  
公開しております。**

**<https://www.jaif.or.jp/memb>**

施設・技術の安全の監督・管理（設計・製造・据付等）を実施する。

- ・近年の NNSA の活動事例を示す。 **er/**
  - － 2010 年 2 月：
    - 中国の原子力発電計画拡大の中で、國務院は NNSA の職員数の大幅増員を承認。
  - － 2011 年 3 月（福島原発事故発生）：
    - 中国での原子力安全規制や基準の整備、国産炉・導入炉の安全評価、また放射線の健康影響等について国民の不安が高まり、政府は NNSA のさらなる強化を発表。
  - － 2012 年 1 月 29 日：
    - 嶺澳 3 号機で、設定温度条件のデータ更新をし忘れた状態で運転したと発表。環境への放射能漏洩はなく国際原子力事象評価尺度（INES）でもレベル 0 であったが、NNSA は中国としては初めて情報公開を運転者「大亜湾核電運営管理有限責任公司（DNMC）」に指導。  
(<http://www.recordchina.co.jp/b58404-s0-c30-p3.html> 等)
  - － 2014 年 8 月 22 日：
    - 「華龍」の全体設計を NEA と NNSA の審査会が承認。

(2014年11月13日原子力産業新聞 [http://www.jaif.or.jp/news\\_db/data/2014/1113-03-01.html](http://www.jaif.or.jp/news_db/data/2014/1113-03-01.html) 等)

- 2014年9月2日:

AP1000を140万kW級にスケールアップする「CAP1400」設計の予備的安全分析報告書を正式に承認。

NNSAの審査は2013年3月に開始、260人以上の専門家を投入。30回以上の会合で、国家核電技術公司(SNPT)は5千件以上の質問(1千件以上の作業命令書)に対応。報告書承認会合にはNNSA、環境保護部、北京核安全評価センター、蘇州核安全センター等の約180人が出席。

(2014年9月18日原子力産業新聞 [http://www.jaif.or.jp/news\\_db/data/2014/0918-03-02.html](http://www.jaif.or.jp/news_db/data/2014/0918-03-02.html))。

注) CAP1400実証炉は山東省で「栄成石島湾」原発としてまもなく着工の見込み。

### <原発設備設計・製造事業者認定に関するNNSAの役割>

・NNSAの重要な権限のひとつが、原発設備の設計・製造・据付・非破壊試験に関する中国内ならびに外国の事業者の安全で、中国の「民用核安全設備安全管理条例」ならびに「民用核安全設備製造管理規則」に基づき、2017年から担当している。

注) NNSAはこれら規定に基づく機関・企業の登録管理も行なう(有効期限は5年間)。

- 日本企業としては、2009年5月6日に三菱重工(株)、シーアイ(株)が初めてこの認定を受けた。世界では2009年8月4日付け岡野バルブ(株)のニュースリリース等)。

- 2013年1月にはこの認定を受けた企業は31であったが、そのうちの日本企業は、発給順に、設備分類別(名簿順)に、日本製鋼所(鋳鍛造品)、三菱重工業(圧力容器、ポンプ)、三菱電機(キャビネット、制御パネル、表示計器)、富士電機製造(センサー、表示計器)、シーアイ(バルブ)、岡野バルブ製造(バルブ)、新日鉄住金(配管・配管部品)、IHI(バルブ)、平田バルブ工業(バルブ)、日本鋳鍛鋼(鍛造品)、東亜バルブエンジニアリング(バルブ)、太平洋製鋼(鍛造品)

- 2016年1月の海外企業の認定登録は246になった。そのうち日本企業は以下のとおり(名簿順)。

IHI、平田バルブ工業、日本鋳鍛鋼、東亜バルブエンジニアリング、太平洋製鋼、日本製鋼所、三菱電機、日本ギア工業(バルブ駆動装置)、新日鉄住金、シーアイ

<http://nro.mep.gov.cn/index.shtml>

・NNSAが審査、承認、発給する「原子力安全許可証」には次のようなものがある。

- 原発の建設許可証(核電廠建造許可証)
- 原発の運転許可証(核電廠運行許可証)
- 原発の運転資格証明書(核電廠操縦人員執照)
- 原発の立地点選定審査意見書(核電廠廠址選択審査意見書)
- 原発の燃料初装荷承認書(核電廠首次装料批准書)
- 原発の廃止措置承認書(核電廠退役批准書)

## 会員専用サイトにて 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/member/>

会員専用サイトにて  
公開しております。

[https://www.jaif.or.jp/memb  
er/](https://www.jaif.or.jp/member/)

## (2) 民間機関

(原子力総合団体)

### ① 中国核能行業協会 (CNEA) <http://www.china-nea.cn/html/xhjj.html>

- ・ 2007 年に国防科学技術委員会（現在は国防科学技術工業局 SASTIND）主導で設立。直接的には国家原子能機構（CAEA）の監督下であり、原子力平和利用産業すべてを統括する総合団体。会員数 399（2017 年 4 月現在）。北京に所在。

(原子力発電プラント輸出会社)

### ② 華龍国際核電技術（華龍公司。Hualong International Nuclear Power Technology Corporation）：

- ・ 「華龍\*」輸出促進のために中国核工業集团公司 (CNNC) と中国広核集团公司 (CGN) が均等出資で 2015 年末設立。北京所在（CNEA と同じビル）。

\*華龍 1 号あるいは HPR1000 とも呼称

# 会員専用サイトにて

(原子力発電事業者)

- ・ 原子力発電事業への過半の出資は、下記の「中国核工業集团公司 (CNNC)」、「中国広核集团公司 (CGN)」、「国家電力投資集团公司 (CPI)」の 3 者のみに認可。

# 公開しております。

### ③ 中国核工業集团公司 (CNNC) <http://www.cnncc.com.cn/Default.aspx>

<https://www.jaif.or.jp/members/>

#### < CNNC と中国核工業建設集团公司 (CNEC) の統合 >

- ・ 2017 年 3 月、「全国人民代表大会」で [er/](https://www.jaif.or.jp/members/) 相が「国有企業再編方針」を強調した後、CNNC と CNEC の 2017 年中の経営統合の方針が発表された。

注) 中国には国防利用・平和利用のすべてを統括する巨大政府組織「中国核工業總公司 (CNNC)」があった。これが 1994 年の政府機構再編により、①行政部門「国家原子能機構 (CAEA)」と、②研究開発・製造部門「中国核工業總公司 (CNNC)」に分離した。

1999 年に CNNC がさらに以下のように分割された。

- 「中国核工業集团公司 (CNNC)」：原子力発電と核燃料サイクルの研究開発と商業化
- 「中国核工業建設集团公司 (CNEC)」：原子力関係を中心とする工事・設計・据付。

CNEC は中国華能集团公司、清華大学と連携し高温ガス炉開発も進めている。

- ・ 「CNNC + CNEC」再統合は、原発（とくに「華龍」）輸出に有効と思われる。
- ・ 原子力分野では、2015 年 7 月の中国電力投資集团公司 (CPI) と国家核電技術有限公司 (SNPTC) 統合による国家電力投資集团公司 (SPIC) 設立以来の大型統合となる。

注) この CNNC と CNEC の統合は、中国の原発輸出に有効と思われる。

しかし中国がさらに技術力を高め「世界最強の原子力産業」をめざすには次のような問題がある。

- a. 少なくとも、CNNC と中国広核集团有限公司 (CGN) (あるいは SNPTC や清華大学まで加えた炉開発集団) の役割の再編が必要と思われる。
- b. 望ましくは、試験・検証・検査、研究開発、製造、建設、原子力発電等の事業・機能の統廃合により、全体体制としての連携効率化を図ること。
- c. そのひとつの方法として、かつてフランスや韓国がとった「1 業種 1 社のみを重点育成」(チャンピオンシップ政策あるいはトップランナー政策) への舵取りも考えられる。
- d. これらの原子力産業の再編に際しては、「国防上重要な CNNC」と「経済的合理性をもつ CGN」のどちらを体制運営の主軸にするのかの根本問題がある。

恐らく、国防系を完全に分離した原子力発電産業体制を整えないとこの問題は解

## 会員専用サイトにて

## 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/members/>

④中国広核集团有限公司 (CGN) : <http://www.cgnc.com.cn/n71041/n471076/n471091/index.html>

・1994 年 9 月、中国広核集团有限公司 (CGN) が設立。本社は広東省深圳市所

中国最初の商用原子力発電所「大亜湾原発」をフランス FRAMATOME (現 AREVA)

注) 2017 年 2 月末 CGN は、運転中原発 19 基 (2,038 万 kW)、建設中原発 9 基 (1,136 万 kW)、風力発電 1,086 万 kW、太陽光発電 189 万 kW、揚水発電 220 万 kW 等

<http://www.cgnc.com.cn/n325873/n703193/index.html>

⑤国家電力投資集团公司 (SPIC) [http://www.spic.com.cn/jtjk\\_dhzy/cydw/](http://www.spic.com.cn/jtjk_dhzy/cydw/)

・北京所在。2015 年 7 月、中国電力投資集团公司 (CPI) \*が国家核電技術有限公司 (SNPTC) \*\*と統合して設立 (ブランド名が高い SNPTC は子会社の扱い)。傘下に 51 社を擁する。

\* 5 大発電集団中 (最小ながら) 唯一原子力発電事業への過半の出資が認められていた。

CPI では CNNC や CGN のプロジェクトに出資はしたが自らが主導する原子力発電プロジェクトを手掛けなかったため技術力や実践経験で 2 者に大きく遅れをとっていた。

\*\* 米国ウェスチングハウス社 (WEC) の AP1000 (100~125 万 kW 級第 3 世代 PWR) と CAP (AP1000 がベースの中国国産炉) 開発の技術受け皿機関として 2007 年に国家能源局 (NEA) 主導で設立。

注) WEC の HP では AP1000 の代表的出力は 111 万 kW。

<http://www.westinghousenuclear.com/New-Plants/AP1000-PWR/Overview>



## ⑤-1 国家核電技術有限公司 (SNPTC)

・ SNPTC は 2007 年 5 月に国務院の承認で設立。原子力技術開発、投資、運転を行う。30 の子会社と 13,000 人の人員を擁する。<http://www.snptc.com/index.php?optionid=672>

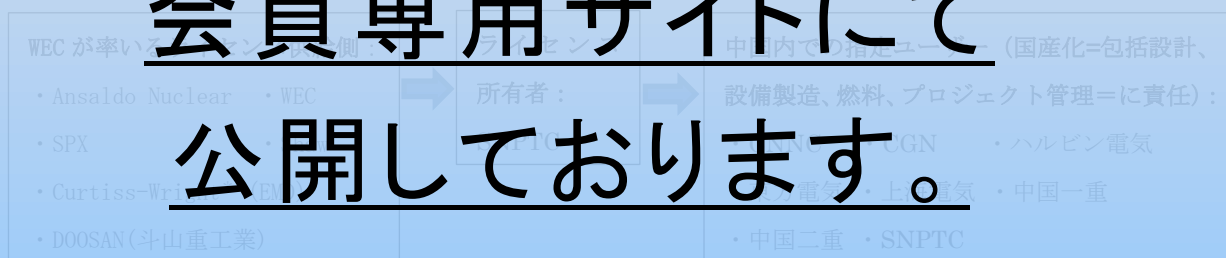
・ 2007 年 7 月に WEC と技術導入のための覚書を締結した。

AP1000、CAP1400 (140~150 万 kW)、CAP1700 (170 万 kW 以上) の装置・部品の調達では SNPTC が技術認定を行う。

・ 三門、海陽の AP1000 建設は順調でホット試験段階。2017 年 6 月か 7 月に燃料装荷予定。

・ WEC と中国側の分担を図にすると次のようになる。

図表 6 : AP/CAP の国産化推進体制



**会員専用サイトにて**  
**公開しております。**

**<https://www.jaif.or.jp/memb>**

・ SNPTC は、合同プロジェクト管理の先端的かつ専門的实施をめざし組織を整備中。

・ CAP1400 は山東石島湾で 2020 年の運転開始を予定している。

モジュラー方式の建設による最適化、単機出力・効率・安全性の向上が特徴。

SNPTC の役割は産・学・研の研究開発プラットフォーム構築と実証炉の建設・運転。

・ SNPTC は年間 6~8 基の AP1000 または CAP1400 の主要コンポーネントを供給できる。

## <5 大発電集団の原子力発電分野への進出の動き>

・上記3原子力発電事業者にしか「原発プロジェクトへの過半の出資」が認められていない。華能、大唐、華電、国電（これに SPIC を加え 5 大発電集団と呼称）はこの制限の撤廃を要求し、新型炉開発等を突破口に下記のように原子力発電事業への進出を図っている。

### A. 「中国華能集团公司 (CHNG)」: 5 大発電集団の最大集団

- a. 石島湾の高温ガス炉 (HTR-PM: HTR ペブルベッド・モジュール) 実証プロジェクト社である「華能山東石島湾核電有限公司 (HSNPC) \*」に出資。

\* HSNPC は、CHNG47.5%、中国核工業建設集团公司 (CNEC) 32.5%、清華大学出資企業「清華控股」20%で 2007 年 1 月に設立 (<http://www.hsnpc.com.cn/companyabout.aspx>)。文献により、略称は HSSNPC も併用。

- b. CAP1400 開発プロジェクト社である「国核示範電站 (SNPDP) \*」に出資。

\* SNPDP は、SNPTC75%、CHNG25%で 2009 年 12 月 7 日に設立 (<http://www.snepd.com/>)。

### B. 「中国大唐集团公司 (Datang)」:

- a. 2013 年 10 月に「中国大唐集团核電\*」を設立。

\* 設立後、CNC を核電分野での協力を進め、

- b. 寧徳 1 期 (CPR1000×4 基) の建設・運転者である「福建寧徳核電有限公司\*」に出資。

\* 大唐 44%、CGN46%、福建省能源集団 10%、2006 年 3 月 23 日設立。

([http://www.cngn.com.cn/675/675\\_675\\_index.html](http://www.cngn.com.cn/675/675_675_index.html))

注) 寧徳-1、2 期の 46%出資者は厳密には (CGN の子会社の) CGN パワー (2014 年 11 月 16 日の CGN パワー新規株式公開報道)。

<https://www.jaif.or.jp/memb>

### C. 「中国華電集团公司 (Huadian)」:

- a. 福清原発 (-1~-4 は CPR1000 で運転中 1 基、-5 と -6 は華龍を建設中) の運転者である「福建福清核電有限公司」に出資。\*CNC 51%、華電 49%。2006 年 5 月 16 日設立。

<http://www.cnc.com.cn/hedzh-xunli/fuqing.htm>

- b. 三門原発 (AP1000×2 基を建設中。4 基を計画中) の運転者「三門核電有限公司」に出資。

注) 「三門核電有限公司」は 2005 年 4 月 17 日設立。出資者は (CNC が 97% 出資する 原発資産管理会社) 中核核能電力有限公司 (CNNP) が 51%。その他の出資者は、浙江省電力開発有限公司、中電投核電有限公司、華電、中核投資有限公司 (出資比率は不明)。[http://www.hitnpc.com/art/2016/7/3/art\\_200\\_1836.html](http://www.hitnpc.com/art/2016/7/3/art_200_1836.html)

CNNP51%、浙江省能源集团有限公司20%、中電投核電有限公司14%、華電10%、中国核工業建設集团公司 (CNEC) 5%との資料もある (海外電力調査会 2014 年 2 月 27 日「中国における原子力発電の現状と今後の計画について」)

### D. 「中国国電集团公司 (Guodian)」:

海陽原発 (AP1000×2 基。建設中) の運転者である「山東核電\*」を設立。

\* 国電 5%、中国電力投資集団 (CPI、現 SPIC) 65%、山東省国際信託投資 10%、煙台市電力開発 10%、CNC5%、華能能源交通産業 5%。

(研究設計院)

・中国の原子力開発初期から中心となって来た代表的な 3 研究設計院を記す。

⑥上海核工程研究設計院 (SNERDI) <https://www.snerdi.com.cn/>

・上海に所在。多くの国産炉心を設計。2007 年の国家核電技術公司 (SNPTC) 設立時に中国核工業集团公司 (CNNC) から移管。CAP シリーズでも炉心を設計。

⑦中国核動力研究設計院 (NPIC) <http://www.npic.ac.cn/>

・四川省成都に所在。CPR1000 等の炉心を設計、また検証。

⑧中国原子能科学研究所 (CIAE) <http://www.ciae.ac.cn/index.jsp>

・北京に所在。高速炉開発の中心。

(電気集電機製造集団)

## 会員専用サイトにて

・上海電気、中国東方電気、ハルビン電気、中国第一重型機械、中国第二重型機械 (現中国機械工業集团公司) は、大電力設備の製造に特化した企業群。

\* <http://www.cmei.com.cn/fzlc/>

2013 年 7 月 17 日、国務院は中国第二重型機械集团公司と中国機械工業集团有限公司の合併を決定、従来の中国

# <https://www.jaif.or.jp/memb>

しやすが、重電機器の製造集団である。

## er/

・中国の原子力発電の安全設備・技術開発・利用事業者は、国家核安全局 (NNSA) に申請し、その製造・利用が中国の「国家規格」に適合するかの審査・確認を受け、許可を得なければならない。

・さらに米国ウェスチングハウス社 (WEC) からの技術移転プロジェクトである AP/CAP 開発ビジネスへの参入には、WEC 側からライセンスを供与されている SNPTC の技術認定 (有効期間 3 年間。再審査で更新可能) を受ける必要がある。

・各製造集団ではそれに加えて、他集団との技術力差別化や海外事業参加の目的もあり、次のような設計や製造に関する認証の取得に真剣になっている。

- 国際規格：国際電気標準会議 (IEC)、国際標準化機構 (ISO)
- 民間の学協会規格：米国機械学会 (ASME)

- ・また欧米の顧客に対する中国の原子力技術力のイメージ・アップのためもあり、国際原子力機関（IAEA）、米国原子力規制委員会（NRC）等の規格・基準を満たす努力も顕著になっている。

注）製造集団の話ではないが、2016年5月5日、上海核工程研究設計院（SNERDI）が「IAEAのCAP1400の設計に関する一般原子炉レビュー（GRSR）が完了した」と発表した。  
 なおCAP1400の設計は2014年9月に既にNNSAが「予備的安全解析報告書（PSAR）」を正式に承認している（原子力産業新聞2016年5月6日 <http://www.jaif.or.jp/160506-a/>）。

またCNNCによるGRSR要請では次の2例がある。

①2014年12月のACP1000関連

（原子力産業新聞2014年12月11日 [http://www.jaif.or.jp/news\\_db/data/2014/1211-03-06.html](http://www.jaif.or.jp/news_db/data/2014/1211-03-06.html)）

②2015年4月の第3世代小型炉ACP100関連（原子力産業新聞2015年4月22日）

## 会員専用サイトにて

## 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/memb>

⑨上海電気集団股份有限公司（SEC 略称「上海電気集団」）：  
<http://www.shanghai-electric.com/Pages/AboutUs.aspx?Type=1>

- ・中国最大の総合設備製造集団で、エネルギー設備から各種工業設備まで製造。
- ・上海に所在。火力発電所、原発\*、ガス・タービン、配電設備、風力発電設備、大型鋳鍛造設備、環境保護設備、オートメーション化設備、モーター、エレベータ、軌道交通設備等が主要製品である。
  - \* 秦山-1での蒸気発生器、加圧器、圧力容器炉内構造物、制御棒駆動装置、タービン発電機、計装制御系等の重要装置を製造以来、SECは、最も広範な種類の原発コンポーネントの供給者となっている。
- ・SECの総資産は2千億元、従業員は4万8千人で、2015年の営業収入は780億元、集団の海外業務収入は220億元（海外投資収入、海外工事収入、輸出業務収入の合計）でこれは集団会社業務収入の23%を占めた。

・ SEC は以下の「15 集団+傘下企業 64」で構成。

- － 上海電気電站集団：傘下に 12 企業
- － 上海電気輸配電集団：傘下に 13 企業
- － 上海電気核電集団：

中国国内の大規模な原子力発電開発に対応するため、2007 年 1 月に DEC 傘下の企業から原子力発電に特化した編成で「上海電気重工集団」を設立したが、2014 年 8 月にさらに再編しこの「上海電気核電集団」を次の構成で設立した。「上海電気核電集団」の本拠地は上海市南匯新城鎮重裝備産業区にある。

①上海電気核電設備有限公司、②上海第一機廠有限公司、③上海電気凱士比核電泵閥（ポンプとバルブ）有限公司、④上海核電技術裝備有限公司、⑤上海凱士比泵有限公司

<http://www.shanghai-electric.com/np/Pages/Intro.aspx?did=1>

注) この URL では「產品と服務」の中に、製品ごとの「核電集団の業界での位置づけ、技術的優位性、製造能力と実績」が示されている。

## 会員専用サイトにて

## 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/memb>

er/

- － 上海軌道交通設備發展有限公司：傘下に 2 企業
- － 上海電気集団股份有限公司中央研究所：傘下の機関は 0
- － 上海電気自動化集団：傘下に 2 企業
- － 上海電気金融集団：傘下に 3 企業
- － 上海電気國際經濟貿易有限公司：傘下に 4 企業
- － 上海電気臨港重型機械裝備有限公司：傘下の企業は 0
- － 上海電気通訊技術有限公司：傘下の企業は 0

<http://www.shanghai-electric.com/Pages/Company.aspx>

・ SEC の製造の中心基地は閔行（Minhang）で、中国建国初期に操業を開始以来、発電プラント、化学プラント、大型鑄鍛造製品を製造している。

SEC は、2005 年以來、「世界最大の原発用のバルブと主要設備の製造基地」を目標に掲げて新設の臨港（Lingang）基地に原子力部門の集中化を図っている。

・ SEC の主力 2 基地の原発関連の製造品目や製造能力は次のとおりである。

(関行) :

－ 製造品目 :

高温ガス炉 (HTGR) の鍛造品 (Lower Head やシリンダー)、AP1000 の鍛造品 (Tube-Sheet、Integrated Head、Flange Shell、Shell)

－ 製造能力 :

最大重量製品としては、鋳鋼なら 450 トン、鋼塊なら 600 トン、鍛鋼なら 350 トン。  
年間では鋼量 25 万トン、大型鋳鋼品 4 万トン、鋼塊 19 万トンを生産する。

(臨港) : 吊り下げ力 1,400 トンの起重機と 5,000 トン級船舶の専用埠頭をもつ。

－ 製造品目 :

圧力容器、蒸気発生器、蒸気タービン、制御棒駆動装置等の重要装置。  
炉主冷却材ポンプは「上海 KSB」(ドイツ KSB との合弁) で製造。

－ 製造能力 :

10 級炉の圧力容器 4 基、蒸気発生器 2 基、燃料交換機 6 基、炉内構造物と制御棒駆動装置 50 台の製造が可能。第 2～3 世代炉、HTGR、低熱供給炉、FBR 等の設備も製造可能。

**会員専用サイトにて  
公開しております。**

**<https://www.jaif.or.jp/members/>**

注) 2017 年 3 月 8 日トルコでの「第 4 回 電力プラントサミット」SEC 繆徳明総工程師の発表では、SEC の年次別「炉圧力容器+蒸気発生器+加圧器+圧力容器炉内構造物+制御棒駆動装置+主冷却材ポンプ+タービン・発電機」の合計納品数は次のとおりである。

2017 年まで 27 件、2008 年 7 件、2009 年 8 件、2010 年 6 件、2011 年 8 件、2012 年 18 件、2013 年 35 件、2014 年 26 件、2015 年 7 件、2016 年 10 件

図表 7 : 上海電気集団 (SEC) の中国国内での原発納入実績

原発	納入コンポーネント (基数)							備考 ① 運転中、② 建設中、③ 計画または準備中
	PVI	RPV	RCP	CRDM	SG	T	G	
白龍 Bai Long		2			4			③ AP1000×2 基
昌江 Chang Jiang	2	2	4	2	4			① CPR1000×2 基、② 2 基
防城港 Fang Cheng Gang	2			4		1	2	① CPR1000×2 基、② 華龍×2 基、③ 華龍×1 基
福清 Fu Qing	4			4				① CPR1000×3 基、② CPR1000×1 基+華龍×2 基
海陽 Hai Yang	3	1		3	4			② AP1000×2 基、③ 同左
紅沿河 Hong Yan He	6	2		2	9			① CPR1000×4 基、② ACPR1000×2 基
陸豊 Lu Feng	2			2		2	2	③ AP1000×2 基
寧徳 Ning De	4	2		3	12			① CPR1000×4 基
方家山 Fang Jia Shan (秦山 Qin Shan-2・3)	2			2	6			① CPR1000×2 基
三門 Shan Men				4				① CPR1000×2 基、② 同左
石島湾 Shi Dao Wan	2		4	2	2			③ CAP1400×2 基
石島湾 Shi Dao Wan								③ CAP1400×2 基
桃花江 Tao Hua Jiang				3				① CPR1000×3 基
台山 Tai Shan	1			1	2			② EPR×2 基、③ ×2 基?
田湾 Tian Wan	2	2		2	6			① HWR×4 基、② HWR×2 基+CPR1000×2 基
徐大堡 Xu Da Bao (Ku Da Pu)	2	1		2	2			③ AP1000×2 基
陽江 Yang Jiang	6			6		6	6	① CPR1000×4 基、② ACPR1000×2 基
他を含む納入/受注の実績	37/67	8/19	4/8	34/57	43/80	13/24	14/25	X
*O内はそのうちの第3世代炉 (AP1000/CAP1400やEPR)の分	(3/24)	(1/9)	(0/4)	(3/18)	(6/22)	(T+G の割合) 数 で0/8)		

会員専用サイトにて  
公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/members/>

PVI : 圧力容器炉内構造物、RPV:炉圧力容器、RCP:炉冷却材ポンプ、CRDM:制御棒駆動装置、SG:蒸気発生器、T:タービン、G:発電機。

- 加圧器 (PZ) は納入/受注の実績は 7/10 で、そのうちの第 3 世代炉分は 2/11 である。  
燃料交換機 (PMC) の全体の納入/受注の実績は不明だが、第 3 世代炉分は 1/7 である。
- SEC は以下の知的財産権をもっている。

HTGR の RPV と RVI / CAP1400 の SG / AP1000 の SG、RPV、RVI、PZ、CRDM / EPR の SG と RVI

(以上の出典)2017 年 3 月 8 日トルコでの「第 4 回国際原子力発電プラントサミット」SEC 繆徳明総工務師発表

・ SEC の輸出実績：

- － パキスタンからは 28 件の受注（うち 22 件では納品済み）。  
チャシュマ原発-1・2 へは、SG（-1 へ 2 基）、PZ（-1 へ 1 基、-2 へも納入）、RVI、CRDM、T&G（-2 へタービン）、燃料取扱施設（FHM）。カラチ原発へは、RVI、T&G
- － 南アフリカのクバグ原発からは SG を 6 基下請け受注。
- － 韓国へもポローラー・クレーンを輸出。

（出典）2017 年 3 月 8-9 日イスタンブール「第 4 回国際原子力発電プラントサミット（INPPS）」での上海電気集団（SEC）総公司 原子力発電部 繆 德明（Miao Deming）総工師発表をもとに当協会で作成。

⑩中国東方電気集団有限公司（DEC。略称「東方電気集団」）：<http://www.dongfang.com/>

- ・ 本部は四川省成都に所在。中国最大の発電設備製造・建設集団。  
DEC の製品は、中国での原発の 1 次系設備市場の 35%以上を、同 2 次系設備市場の 50% 占拠。中国では本設備・建設で、12 年連続して世界でのトップシェアを誇る。2016 年時点で累計製造発電設備容量は 100 万 kW 超。

<http://www.dec-ltd.cn/?app=about&act=show&id=1>

- ・ 1958 年に建設機械製造設備廠を自己資本で設け、1992 年に国家  
商工総局に「中国東方電気集団公司（略称：東方電気集団）」として登記。

**<https://www.jaif.or.jp/member/>**

- ・ DEC の傘下企業：<http://www.dongfang.com/3.html>

○「東方電気股份有限公司」とその傘下の下記上場企業群：

- － 「東方電気集団 東方電機（モーター）有限公司」（四川省徳陽 De Yang 基地）
- － 「東方電気集団 東方汽輪機（蒸気タービン）有限公司」（徳陽基地）  
2008 年 5 月 12 日の四川省大地震（M7.8）で大被害を受けた漢旺基地を移転。原発用タービン等を製造。
- － 「東方電気集団 東方鍋炉（ボイラー）股份有限公司」（徳陽基地、自貢基地）
- － 「東方電気（広州）重型機器有限公司（DFHM）」（広州 南沙 Nan Sha 基地）  
<http://www.dfhm.com.cn/> 2004 年中国最大の原発製造基地をめざし着工。圧力容器、蒸気発生器等を製造。
- － 「東方電気（武漢）核設備有限公司」（湖北省武漢基地）炉内構造物等を製造。
- － 「東方阿海法（AREVA）核泵（ポンプ）有限責任公司」（徳陽基地）
- － 「東方電気（印度）有限公司」

○非上場の完全子会社 11 社、また非上場の過半出資会社 5 社（省略）。



・DEC では、2000 年には中国初の 100 万 kW 級原発の蒸気発生器の、また 2009 年 6 月には同じく中国初の 100 万 kW 級原発（嶺澳-4）の圧力容器の国産化を達成した。<http://www.dongfang.com/index.php?app=history> また <http://www.dec-ltd.cn/?app=honor>

・DEC の原子力技術消化吸収の歩み

- － 1996 年 10 月：嶺澳第Ⅰ期工事で ALSTOM の下請けとして「タービン&発電機（T&G セット）」受注。蒸気発生器、加圧器、また補機システムも受注。
- － 2005 年 5 月：嶺澳第Ⅱ期工事で GE（ALSTOM）と協力して T&G セットの主契約者になる。また 1 次系ならびに 2 次系のその他の主要機器も受注。
- － 2007 年 7 月の前後から：海陽、寧徳、方家山、福清、台山の T&G セットの大量生産。
- － 2008 年 2 月：台山 EPR の世界最大の T&G 製造契約調印（ALSTOM が技術リーダー、DEC がコンサルティング・リーダー）。
- － 2009 年 12 月：中国初の 110 万 kW 原発主冷却材ポンプを「東方・AREVA 有限責任公司」が製造に成功。
- － 2010 年 12 月：台山 EPR の蒸気発生器（SG）の製造に成功。EDF は加熱器供給契約調印（納品は 2017 年 2 月）。EDF はその他装置の製造ライセンス数件付与。
- － 2010 年 12 月：台山 EPR の原子炉圧力容器（RPV）の製造に成功。
- － 2012 年 11 月：CAP1400 と華龍の各 T&G セットの主契約者になる。
- － 2013 年 8 月：台山 EPR の発電機製造に成功。
- － 2013 年 11 月：「東方・AREVA 有限責任公司」で中国初の原発主冷却材軸密封ポンプの製造に成功。

## 会員専用サイトにて 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/member/>

(以上の出典)2017 年 3 月トルコ INPPS での DEC 原子力部門 Li Wenhui 副 GM 発表や <http://www.dec-ltd.cn/?app=honor>

図表 8：中国東方電気集団（DEC）の原発装置製造能力：

	機器	年産能力	納入実績
Conventional Island	タービン・発電機セット	6～8	18
Nuclear Island	原子炉圧力容器（RPV）	4～6	8
	蒸気発生器（SG）	12～18	45
	炉内構造物（RVI）	4	2
	制御棒駆動装置（CRDM）	4～6	2
	主冷却ポンプ（MCP）	12～18	49
	加圧器（PRZ）	6～8	14

注) DEC の英文 HP では、「100 万 kW～180 万 kW の原発の年間生産能力は、2 次系で 8 セット、1 次系で 6 セット」

と記載。 <http://www.dec-ltd.cn/en/index.php/business?subCategory=PowerEquipmentNuclear>

図表 9 : DEC のタービン&発電機のセットでの契約実績 (2005 年～2016 年)

炉型	電気出力	プロジェクト名称	受注セット数
CPR1000	100 万 kW	嶺澳 II (-3・-4)	2
		福清 I (-1・-2)	2
		福清 II (-3・-4)	2
		紅沿河 I (-1・-2)	4
		紅沿河 II (-3・-4)	2
		寧徳 I (-1～-4)	4
		田湾 III (-5・-6)	2
		方家山-1・-2 (秦山 I 拡張)	2
CFR600 (高速実証炉)	60 万 kW	福建省霞浦 (Xia Pu)	1
		合計	35

会員専用サイトにて  
公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/memb>

er/

この 35 セットという受注数は中国では最大である。

(以上の出典) 2017 年 3 月トルコ INPPS での DEC 発表をもとに Li Wenhui 副 GM 発表をもとに当協会で作成

①ハルビン\*電気股份有限公司 (HEC。略称「ハルビン電気集団」):

\* ハルビンは漢字では「哈尔滨 (哈爾濱)」。<http://www.hpec.com/>

- ・発電設備の中国 3 大製造集団のひとつ。(2014 年末での) 発電設備の製造累計は 3 億 5 千万 kW に及ぶ。
- ・1950 年代に、「ハルビン電機\*廠」「ハルビン鍋炉\*\*廠」、「ハルビン汽輪機\*\*\*廠」が一緒になり「ハルビン動力設備股份\*\*\*\*有限公司」を創立。

\* 電機=モーター \*\*鍋炉=ボイラー \*\*\* 汽輪機=蒸気タービン \*\*\*\* 股份=株式

その後 1994 年 10 月に「ハルビン電気集団」となり、さらに 2013 年 6 月にハ

ルビン電気集団が持株会社「ハルビン電気股份有限公司」（ハルビン電気集団が50.93%の株式を保有）を設立した。

2014年末時点の「ハルビン電気股份有限公司」の総資産は644億元で、傘下に11企業をもつ。

・HECの本拠地は黒龍江省。ハルビン、平房開発区の2製造拠点に加えて、渤海湾の秦皇島（Qin Huang Dao）に「ハルビン電気集団（秦皇島）重型装備有限公司」を設立、AP1000等の原発設備製造の集中化を進めている。

・HECの100万kW級原発の年産能力は、Nuclear Islandで3~6基、Conventional Islandで6~8基である。

・三菱グループと密接に提携。

・HECは、原発用主冷却材ポンプ（RCP）とモーターの設計・製造のための専用基地をもつ（参考資料2）を参照。P42）。

## 会員専用サイトにて

## 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/memb>

・原発用大型鋳鍛造品では中国最大の製造設備をもつ。

・富拉爾（Fularji フラチ）に本社、主要製造拠点は富拉爾、大連、天津の3つ。

(1) 富拉爾：

重量鋳・鍛造品、冶金製品の製造基地がある（「中国一重鋳鍛鋼事業部」、「中国一重重型装備事業部」等）。

ここで最大715トンの鋳造部材塊（最大400トンの鍛造製品）を造る。

（CFHIの富拉爾基地にある製造施設は<参考資料3>を参照）

(2) 大連：

原発や石油化学の圧力容器の製造基地、設計・研究設計部門、営業部門がある（「中国第一重型機械集団大連水素添加反応器製造有限公司」等）。

(3) 天津：

材料、製鉄、鋳鍛造、熱処理、数値シミュレーションの基地がある（「天津重型装備工程研究設計有限公司」、「中国一重天津重型装備工程研究有限公司材料検測センター」、「一重集団天津重工業有限公司」等）。

- CFHI の原発装置の年産能力：  
炉圧力容器 (RPV)、蒸気発生器 (SG)、加圧器 (PRZ)、炉心補給水タンク (CMT) 等の Nuclear Island は 10 基。  
モノブロックの LP ロータ、ジェネラル・ロータ等の鋳鍛造の Conventional Island のコンポーネントは 5 基。
- CFHI の原発装置製造数：総計 202

図表 10：中国一重重型機械 (CFHI) の原発装置製造数

炉の世代	炉型	RPV	SG	PRZ	CMT	ポンプ・ケーシング*	主配管
第二世代炉	30 万 kW	4	8	3			
	M310+	6				24	
	AP1000	1					
第三世代炉	CFR1000	15	46				
	AP1000	13	28		19		1
	華龍 1 号	2				12	1
第四世代炉	FBR *				2 基		
	HTGR				14		

会員専用サイトにて  
公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/memb>

\* CFHI は中国高速実験炉 (CFHR) のすべての鍛造製品を納入した。

CFHI は石島湾の HTGR 実証炉開発でも中国核工業建設集团公司 (CNEC) と協力中。

注) 上の表は 2017 年 3 月 8 日の CFHI の発表形式のまま。CFHI はすべてで知的財産権をもつとも強調。

er/

- CFHI はパキスタンのチャシュマ-1・2 への輸出実績もある。

### ⑬中国第二重型機械集团公司 (略称「中国二重」または「二重 (ERZHONG)」)

<http://www.china-erzhong.com/erzhong-en/Article/ShowArticle.asp?ArticleID=1>

注) 「中国第二重型機械集团有限公司 (二重)」は 2013 年 7 月 17 日に国务院の決定で、「中国機械工業集团有限公司」に併合、新「中国機械工業集团有限公司 (国機) \*」の 100% 子会社となった。しかし、ここでは従来から「5 大電氣集團」で親しまれた「中国第二重型機械集團」を用いる。

\* <http://www.sinomach.com.cn/gvgyj/gjgk/zzjg/> また <http://www.sinomach.com.cn/gvgyj/gjgk/fzlc/>

・「中国二重」の沿革

- ー 1958年：「西南重機廠」として設立。
- ー 1960年：「第二重型機器廠」に改称。
- ー 1993年8月18日：国务院の承認の下、国内57位の大企業集団「中国第二重型機械集団公司（中国二重）」となった。
- ー 2007年9月25日：この「中国二重」集団を再編、集団の中核企業「二重集団（徳陽）重型裝備股份有限公司（略称：二重重装。英文略称 ZrZhong Heavy）」を設立。二重重装は中国最大級の重量機械製造と重大技術裝備国産化の基地となった。

・「二重重装」

- ー 冶金、鋳山、エネルギー、交通、自動車、石油化学、航空宇宙分野の工業設備を製造。
- ー 四川省徳陽（Deyang）市に本部と徳陽製造基地（275.5万㎡。従業員1万人）がある。1,000トンの溶鋳炉、600トンの鋼塊製造設備、550トンの鑄造設備、400トンの鍛造品製造設備をもつ。

会員専用サイトにて

公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/member/>

<参考資料1> AP1000/CAP1400 の開発状況

・2017年3月8日のトルコ・イスタンブール市で開催された「第4回国際原子力発電プラントサミット (INPPS)」での SNPTC の Wang Fengxue 副総経理代理や SNERDI の Zheng Yibin 上級エンジニアが AP1000/CAP1400 プロジェクトの進展状況を発表したのもので、その概要を紹介する。  
出典はとくに断らない限りこの INPPS での発表に基づく (相違があるデータは発表者注記)。

(1) ウェスチングハウス社 (WEC) と中国の役割分担 :

- ・WEC 側 : 設計、(炉冷却材ポンプ等) 中核コンポーネントのかなりの部分、初装荷燃料、技術的責任、性能保証、技術移転。
- ・中国側 : 設計の下請け、建設、据付、技術吸収によるある程度の中核コンポーネントの供給。

(2) AP1000 プロジェクト

(2)-① AP1000 プロジェクトでの国産化率

・WEC との AP1000 共同購入は、中国側は 40% 以上、WEC 側は 60% 以上、国産化率を以下のようにした。  
三門-1 (WEC 報告) 55%、海陽-1 (WEC 報告) 74%、三門-2 (WEC 報告) 70%、海陽-2 (WEC 報告) 70%

筆者注) Zheng 報告では同 4 基の Nuclear Island の平均国産化率は 55%、海陽-2 では 70%、将来的には 90% 超あるいは 100% に達する見込み。

**会員専用サイトにて**  
**公開しております。**

**<https://www.jaif.or.jp/members/>**

	三門-1	海陽-1	三門-2	海陽-2
炉圧力容器 (RPV)	DOOSAN	DOOSAN	CFHI	SEC
蒸気発生器 (SG)	DOOSAN	DOOSAN	HEC/ENSA	SEC
炉内構造物 (RVI)	DOOSAN	Newington	SEC	SEC
制御棒駆動装置 (CRDM)	Newington	Newington	SEC	SEC
Integrated Head Package (IHP)	FCC	FCC	SDNPC	SDNPC
ボーラー・クレーン	PaR	TYHI	DHI	TYHI
燃料交換機 (FIM)	WEC	DHI	SEC	DHI
格納容器 (RCV)	WEC/SNPEMC	SNPEMC	SNPEMC	SNPEMC
炉冷却系 (RCL) パイプ	CSIS	CNE	CNE	CSIS
加圧器 (PZ)	SEC	DEC	SEC	DEC
蓄圧タンク (Accumulator)	SEC	SEC	SEC	SEC
炉心補給水タンク (Core Makeup Tank-CMT)	SEC	HEC	SEC	HEC
RPV/SG/PZR 支持材	CNE/DEC/DEC	CNE/DEC/DEC	CNE/DEC/DEC	CNE/DEC/DEC

SEC:上海電気集団 HEC:ハルビン電気集団 EMD:CURTISS-WRIGHT EMD DEC:東方電気集団 CFHI:中国一重重型機械集団公司 CNE:中国第二重型機械集団(China National ERZHXHONG[二重] Group Co.) SDNPC:山東核電 (SPIC 傘下) SUFA: 中核蘇閩科技実業 (CNNC 傘下) SNPEMC:山東核電設備製造 TYHI:大原重工 SHE:沈鼓風機集団股份有限公司 (略称:沈鼓集集団) DHI:大連華鋭重工数控設備有限公司 (大連重工・起重集団傘下) DOOSAN:斗山重工業 (韓国) ENSA: Equipos Nucleares S.A(スペイン) PaR, Newington, SPX:ともに米国の会社

### (2)-② AP1000 で国産化したキイ・コンポーネント

・AP1000 で国産化した Nuclear Island のキイ・コンポーネントは次のとおりである。

- ACC(Accumulated Core Coolant) — 炉心補給水タンク (CMT)
- IHP — 発電機 — 原子炉容器 — 蒸気発生器 — タービン

### (2)-③ AP1000 の進展状況

筆者注) 2017年3月8日時点。三門-1と思われる。(出典) INPPS での SNPTC の Wang 副総経理代理の報告

# 会員専用サイトにて 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/member/>

### (3)CAP1400 プロジェクト

#### (3)-① CAP1400 の安全性

・CAP1400 の安全性は次のとおり。

- 安全構造に関する多重防護。
  - + システムと装置は耐震能力を強化。
  - + 電気供給の信頼性を強化。

全電源喪失事故 (SBO) にも対応できるように、4 つの独立した「Class 1E 250V dc」の仕切り障壁に区分。各仕切り障壁は各 24 時間使える電池を装備 (うち 2 つの仕切り障壁ではそれに加えて 72 時間使える電池もそれぞれ装備)。

- システム設計の最適化とバランス。
  - + 設計余裕度の最適化、キイ装置能力の適正配置、安全システムの増強。

- 最高の安全要求の充足
- + 原子力安全計画の安全目標の達成、一般的技術ならびに新規建設原発の要求の達成、最新の国際規格の達成

参考図表 1-2 : CAP1400 の炉心損傷頻度 (CDF)、大規模放出頻度 (LRF)

	CAP1400	(中国を含む) 最新の安全目標値
炉心損傷頻度 (CDF)	4.02E-7	1.05E-5
大規模放出頻度 (LRF)	5.16E-8	1.0E-6

- 設計基準事故を超える事故(BDBA)対応能力の強化
- + システムチックな過酷事故 (SA) 対策、冷却水と電源のバックアップ、緊急対応 (原状回復)、放射性汚染水の低減
- 極端事象 (Extreme Event) 時の防護強化
- + 安全停止地震 (SSE) = 0.3g、HCLPF  $\geq$  0.5g (for Review level Earthquake)、多重防護策 (多重化、冗長化、高信頼化) の強化 (クリートの使用による) 航空機墜落対策。

## 会員専用サイトにて

## 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/member/>

ちなみに CAP1400 の原子炉蒸気供給系 (NSSS) の設計パラメータは以下のとおりである。

参考図表 1-3 : CAP1400 の原子炉蒸気供給系 (NSSS) の設計パラメータ

設計パラメータ	数値
原子炉蒸気供給系 (NSSS) 出力	4,058 MWt
炉冷却材ポンプ (RPC) 定格流量 (rated flow)	21,642 m <sup>3</sup> /時間
加圧器 (PRZ) 容積	70.8 m <sup>3</sup>
自動減圧システム (ADS) 1-4 バルブ寸法	4 / 8 / 8 / 18 インチ
コールド・レッグ数 / ID	4 / 650 mm
ホット・レッグ数 / ID	2 / 900 mm

筆者注) 炉冷却系の区分で、冷却材が压力容器に入るまでの部分はコールド・レッグと呼ばれ、压力容器から出て発電機に入るまではホット・レッグと呼ばれる。IDの意味は不明。



- CAP1000 と CAP1400 で用いられる主冷却材ポンプ（Canned RCP）は以下の仕様で国産化を達成、知的財産権も確立している。

参考図表 1-4 : CAP1400 と CAP1000 の主冷却材ポンプの仕様比較

項目	CAP1400	CAP1000
電機効率 Motor Power (概ね「モーターの所要電力」) (kW)	6,680	5,250
定格電圧 Rated Voltage (V)	6,000	6,900
回転数 Frequency (Hz)	50	50 / 60
回転慣性量 Rotating Inertia (kg・m <sup>2</sup> )	1,940	974
ポンプ効率 Pump Efficiency (%)	≥ 84	85
定格流量 Rated Flow (m <sup>3</sup> /h)	21,264	17,886
定格揚程 Rated Head (概ね「ポンプが吸い上げる高さ」) (m)	111	111
ポンプ設計温度 Pump Design Temperature (°C)	350	350
設計圧力 Design Pressure (Pa)	17.2	17.2

## 会員専用サイトにて

### (3)-② CAP1400 の経済性

・CAP1400 では経済性を以下の改善を行っています。

## 公開しております。

- － 国産化：100% 国産化を実現し、効率化によるコストの適正化。
- － 製造国産化：キイとなる装置と原材料のすべて

－ 装置サプライチェーン：独占化と不正競争の防止（少ないとも常に2つのサプライヤ）

- － 単純化：バルブを 80.4%に、ポンプを 92.3%に、配管を 58.4%に、耐震建屋を 57.4%に、

ケーブルを 48.6%に。

また主要装置の溶接箇所が低減。

- － MOX 使用も考慮（制御棒を 8 本追加）

er/

参考図表 1-5 : CAP1400 の技術的特性

技術指標	CAP1400
熱出力/電気出力	4,040MWt/1,500MWe
プラントの時間稼働率 (Availability Factors)	> 93%
設計耐用期間	60 年
燃料交換サイクル	18~24 ヶ月
建設期間	42 ヶ月
安全特性	受動的
熱余裕度 (核沸騰限界比 : DNBR)	>15%
炉心損傷確率	<10 <sup>-6</sup> /炉・year

大規模放射能放出確率	<10 <sup>-7</sup> /炉・year
全電源喪失のまま（事業者非介入で）安全自動停止保持時間	72 時間
建設工法	モジュール化

（出典）2017 年 3 月 8 日の INPPS での SNPTC の Wang Fengxue 副総経理代理報告

筆者注）同じく INPPS での SNERDI の Zheng Yibin 上級エンジニア、山東核電設備製造有限公司（SNPEMC）の WangGuobiao 会長の報告では次の数値となっている。燃料交換サイクルが異なっている。

- + 炉心熱出力：4,040 MWt
- + 電気出力：約 1,500 MWe
- + 炉冷却系（RCS）平均温度：304℃
- + RCS 圧力：15.5 MPa(a)
- + 燃料集合体（RFA または改良型設計といわれる 14 フィート燃料集合体）：193 体  
（50%まで MOX 燃料装荷が可能。高燃焼度ながら速中性子漏洩を極少化する炉心パターン。  
MSHIM という制御方式を採用。ボロン濃度の調整なしに負荷追従運転が可能）
- + 燃料交換サイクル：18 ヶ月
- + 平均線出力：181 W/cm
- + 炉心圧力：約 15.5 MPa(a)
- + 炉内圧力：約 6.0 MPa(a)
- + ループ当たりの蒸気流量：1,122 kg/秒

## 会員専用サイトにて

## 公開しております。

### (3)-③ CAP1400 に関する国産化

<https://www.jaif.or.jp/memb>

er/

- 蒸気発生器（SG）では排出蒸気の効率を改善する。
- 炉主冷却材ポンプ（RCP）では、Canterbury Pump（液体無漏洩缶詰構造のポンプ）でも Wet Winding Pump（湿式巻線型のポンプ）でも使用画可能。また漏洩防止密閉材は不要。
- 計装制御（I&C）系では、NI（Nuclear Island）と CI（Conventional Island）、例えばタービン等の診断と制御を確かなものにするため、デジタル・システムの NuPAC(1E)と NuCON(non 1E)の双方を使う。

筆者注）NuPAC は原発デジタル化制御システムの重要設備。国家電力投資集団公司（SPIC）は 2017 年 1 月 5 日、中国国家核安全局（NNSA）と米原子力規制委員会（NRC）の認証を得たと発表

（ <http://j.people.com.cn/n3/2017/0106/c95952-9163769.html> ）

これらにより CAP1400 の主制御室は人間工学の先進的なものとする。

・CAP1400 での国産化コンポーネントは次のとおり。

- 原子炉容器頂上蓋
- 原子炉容器シリンダー（筒）部

- 蒸気発生器 (SG)
  - 炉主冷却ポンプ (RCP)
  - 炉内構造物 (RVI)
  - タービン発電機スターター
  - 低圧タービン発電機シャフト
- ・CAP1400 の装置サプライ・チェーンは以下のとおり。
- 国内企業 105、合弁企業 9、海外企業 23 が含まれる。

(主な国内企業)

上海電気集団 (SEC)、東方電気集団 (DEC)、ハルビン電気集団 (HEC)、中国一重重型機械集団、中国第二重型機械集団。

(主な海外企業)

ウェスチングハウス社 (WEC)、Curtiss Wright Power Control Company EMD 社、Lockheed Martin 社、KSB 社 (ドイツ)、斗山重工業 (DOOSAN、韓国)、富士電機 Global 社 (日本)。

## 会員専用サイトにて

## 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/memb>

- 2013 年 6 月：2 種類の評価報告書\*受理  
\*「サイト安全評価報告書」「環境影響評価報告書」
- 2014 年 7 月：F/S 報告書受理
- 2014 年 9 月：PSAR 完了
- 2014 年 10 月：コンクリート打設 (FCD) 前の重要試験完了
- 現在：FCD 準備中

2013 年 6 月の 2 種類の評価報告書受理と 2014 年 7 月の F/S 報告書受理の後、国家核安全局 (NNSA) は「CAP1400 が中国の安全基準と IAEA の安全基準に適合」と結論した。

<参考資料2> 国家核電技術公司 (SNPTC) の AP1000/CAP1400 への取り組み  
・これらも主に2017年3月のイスタンブールでの INPPS で収集した情報である。

(1) SNPTC の役割、目標、また活動現状

- － 高度の原子力安全文化の構築
- － 国際的 QA 基準・規格 (ASME/RCC/IEEE/IEC/IAEA 等) 達成
- － 価格競争力のある年間 6~8 基の AP1000 または CAP1400 の供給  
注) 同じ INPPS での SNPTC 傘下の山東核電設備製造有限公司 (SNPEMC) の Wang Guobiao 会長の発表では「SNPEMC では、既に主要コンポーネントで年産 6 基の製造能力があり、必要に応じて 10 基の追加製造が可能」とのこと。
- － 装置供給チェーンと支援能力の確立
- － 研究開発の促進
- － 設計・製造の標準化・高品質化
- － 製造でのモジュール化の促進
- － 建設工場の建設
- － 起動の促進
- － 耐用期間中のサービスの提供
- － 燃料の供給
- － 能源局 (中核) との協力 (メーカー、建設業者、燃料供給者、金融機関、経済団体等) 産業連携の促進

会員専用サイトにて  
公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/memb>

- ・ 研究開発、許認可、供給チェーン管理、中核装置・原材料の各技術創始者との協力
- ・ CAP1400 採用の新技术の試験・検証での政府機関との協力
- ・ (米国、ハンガリーの合弁で開発し米国に輸出する例がある) 先進的デジタル計装制御 (I&C) システム等、中核装置の研究開発での協力

(2) SNPTC 傘下の「上海核工程研究設計院 (SNERDI)」での CAP1400 開発の経験

①実施した試験事例

- ・ CAP1400 の研究開発では、検証と有効性確認で合計 887 事例を試験した。
  - － 受動的安全性システムの試験例：  
受動的炉心冷却系 (PXS) 機能試験、PCS (出力制御システム) 機能試験、熔融炉心の圧力容器内保持 (IVR\*) 試験
- \* 日本原子力研究機構安全研究センターの中村秀夫氏「熱水力安全解析コードの開発に関する我が国と海外の動向」  
<http://www.rist.or.jp/rnews/51/51s5.pdf#search=%27CAP1400%20IVR%E8%A9%A6%E9%A8%93%27> の P40 を参考。

- ー キイとなる装置の試験例：

SG ホット・ステージ機能試験、炉心ハイドロ・シミュレーション試験、炉内部構造物フロ  
ー励起の振動試験

## ②CAP1400 での「放射線防護」や「放射性廃棄物発生量」に関するアプローチ

- ・ CAP1400 の放射線防護最適化と放射性廃棄物最少化の対策：

- ー 発生源の抑止：

低コバルト材により腐食生成物を最少化。MSHIM によりボロン液体廃棄物を削減。燃料被  
覆材料のひび割れのゼロ化。

注) MSHIM = Mechanical Shim, AP1000 で採用された反応度制御の方式。これまでの PWR では微細な反応度の  
制御にケミカルシムとしてホウ素を用いているが、代わりに「グレイ RCC (低価値の制御棒)」を用いるこ  
とにより炉心反応度と軸方向出力分布の双方を微妙に制御する。

日本原子力学会核燃料部会誌「核燃料」2012年5月号 P17を参考にした。

# 会員専用サイトにて

# 公開しております。

- ー 加工ブ

MSHIM

- ー 先端技術の使用：

[https://www.jaif.or.jp/memb  
er/](https://www.jaif.or.jp/member/)

## (3) SNPTC 傘下の「山東核電設備製造有限公司 (SNPEMC)」での AP1000 や CAP1400 への取り組み

### ①SNPEMC の AP1000 や CAP1400 の格納容器 (CV) 製作

- ・ SNPEMC は建設中の AP1000 (三門-1・2 と海陽-1・2) のすべての CV を製作した (三門-1 は WEC と共同製作)。

- ー その CV 製作での第一の課題は部材製造であった (この部材はいまでは特定企業からも調  
達できる)。
- ー 第二の課題は、形状の複雑さによる加工であったが、測定等のさまざまな工夫で克服した。
- ー 自動溶接機も採用した。
- ー これらを通じて大型製品対応、品質向上、コスト削減も達成した。

- ・ SNPEMC は AP1000 の Integrated Head Package (IHP) も製作した。
- 最初の IHP の国産化では米国から輸入した 1 万以上の部品を用いた。後続 IHP の国産化では部材・製造装置とも米国の規格に適合するよう多大の努力をした。
- QA では国家核安全局 (NNSA) の「民用核安全設備製造許可証」に加えて ASME の NPT、N の各スタンプの認証も得た。

#### ②AP1000 や CAP1400 のその他の機器の製作

- ・ バルブやポンプ等は機械的なモジュールに組み込んで設置している。
- ・ さまざまな装置は、コンクリート打設 (FCD) の 1 年前に製作に着手する。
- ・ AP1000 は非常にシンプルな設計で、モジュール工法が多く使われている。このため海陽サイトでの労働者の数で比較すると、他の原発の 60 % 弱ですんでいる。

会員専用サイトにて  
公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/member/>

### <参考資料3>ハルビン電気集団（HEC）の炉主冷却材ポンプ（RCP）製造努力

・報告書本体で紹介したとおり、HECは2011年に操業を開始した原発用主冷却材ポンプ（RCP）とモーターの設計・製造のための専用基地をもつ。

2017年3月8日トルコのイスタンブールで開催された「第4回国際原子力発電プラントサミット（INPPS）」で、「ハルビン電気動力装備有限公司」のLi Mingqi 副総経理が、HECのRCPとモーター関係の技術開発に特化した詳細発表をしている。

品質保証（QA）システム、海外企業との提携、Canned Motor RCP製造の重要プロセスでの改善（含部材等の自製）等、HECの技術レベルを高めるためになされた努力を以下に紹介する。なお、炉主冷却材ポンプ（RCP）では、Canned Motor Pump（液体無漏洩缶詰構造のポンプ）とWet Winding Pump（湿式巻線型のポンプ）が原文では頻発するが、煩雑なため省略できるものは筆者判断で省略した。

#### (1) HECの主冷却材ポンプ（RCP）の製造能力と受注実績

・RCPの製造能力と受注実績

## 会員専用サイトにて

## 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/memb>

対象RCPの型	炉出力	RCP数量	稼働または製造等の状況	炉所在地
100万kW級軸封型	100万kW	36	18基分（18RCP）稼働中 炉6基分（18RCP）製造中	福清、秦山、田湾等
30万kW級軸封型	30万kW	4	2016年7月納品、稼働中	海外
AP / CAP 1000 Canned Motor	125万kW	42	製造中	海陽、三門、陸豊等
CAP1400 Canned Motor	140万kW	1+4	原型RCPは2016年8月納品、 試験中。RCP×4基製造中	山東石島湾国核示範核電 (国家重大プロジェクト)

#### (2) HECの品質保証（QA）システム：

- ・HECのQAシステムは、国家核安全局（NNSA）のQA、米国機械学会（ASME）のQA、国際標準化機構（ISO）のQAである。
- ・NNSAから「100万kW級軸封型RCPとモーター、またCanned Motor RCPに関する」設計・製造のライセンスを得ている。

・ ASME では N、NA、NPT の各認証を得ている。

### (3) HEC の Canned RCP 技術国産化への努力：

・ CAP1000 の Canned RCP (以下 RCP と略記) 技術の国産化

- ー 三門および海陽での AP1000 プロジェクトのために、米国の EMD 社 (Curtiss-Wright Power Control Company EMD 社) \* から技術を導入した。

\* EMD は Curtiss-Wright 社 (1952 年設立の原子力潜水艦等関係の国防産業) の Electro-Mechanical Division (EMD)。

<http://www.cw-ems.com/emd/markets-and-products/power-products-and-services/default.aspx>

- ー HEC ではこの導入技術に、独自の分析ソフトによる研究開発を加え、製造、検査、試験での完全な国産化を達成した。

・ CAP1400 の RCP 技術の国産化

CAP1000 の RCP と同様の方法で国産化を達成、知的財産権を確立した。

・ CAP シリーズの RCP で、会員専用サイトにて

- ー コイル

- ー 固定子巻線集合体と真空プレス成形 (Vacuum Press Infusion : VPI)

公開しております。

- ー Can の

- ー 固定子

- ー フライホイール (はずみ車) の製造

- ー 他

ー 他

・ HEC が機械加工、検査、試験等のために購入した先進設備

- ー HEC では多くの数値制御装置 (CNC) を機械加工に用いている。

- ー 検査や試験のため、3次元測定装置、振り子式衝撃試験装置、レーザー光測定装置、直読式スペクトロメータ、柔軟関節式測定装置等、多くの設備を購入している。

CAP1400 の RCP のエンジニアリング試験や耐久試験も実施している。

・ HEC は CAP シリーズの Canned Motor 国産化に重要な部材やコンポーネントを自製化した。

(部材)

シェル鍛造品、主フランジ鍛造品、下部フランジ鍛造品、ロータ・シャフト鍛造品、Can 部材、フライホイール部材。

(コンポーネント)

固定子コイル、Terminal Gland、外置き熱交換器、Thrust Runner。

<https://www.jaif.or.jp/member/>



## <参考資料5>中国第一重型機械集团公司 (CFHI) の鑄鍛造技術

2017年3月8日トルコのイスタンブールで開催された「第4回国際原子力発電プラントサミット (INPPS)」で、CFHIの上級エンジニア Dr. He Yiが「中国第一重型機械 (CFHI) の原発コンポーネント製造能力と技術革新」とのタイトルで発表をした。その発表から、CFHIの原子力分野での主力製品である鑄鍛造品の技術向上のための取り組みを紹介する。

### (1) CFHI の製造している原発装置に関わる鑄鍛造品

- － 炉容器一体型蓋 (CAP1400)
- － 炉容器一体型下部ヘッド (CAP1400)
- － 蒸気発生器チャンネル・ヘッド
- － 蒸気発生器 楕円形ヘッド
- － 主配管
- － 炉容器一体型ノズル・シェル
- － 蒸気発生器格子板
- － 蒸気発生器円錐形シェル (AP1000)
- － 加圧器の上蓋および下蓋

最大715トンの鑄造部材塊から最大400トンの鍛鋼製品を造ることができる。

## 会員専用サイトにて

### (2) CFHI の製造設備

#### ・富拉爾基地

- － 電気炉 (80トン、40トン)
- － 精錬設備
- － エレクトロスラグ溶融炉 (ESR) : 120トン、10トン

## 公開しております。

<https://www.jaif.or.jp/members/>

#### ・大連基地

(機械加工施設) : 約50セットの先進機械加工装置

- ＋ 格子板用の3軸のBTA\* CNC深孔ドリリング・マシンを2セット (SIRMU FCN 3/1100)
- ＋ Quincunx (5点形の) CNCブローチング (尖孔加工) 盤を2セット (Varinelli BV-M VX25/2000/500)
- ＋ 格子板用の6軸CNCドリリング・マシンを1セット (VARIRMU GMD 6)

(溶接施設) : 最先端技術を自主開発 (大連基地の「格子板と管 (Tube Sheet & Tube) の自動溶接ロボット」が代表例)

- ＋ 表面ストリップ加工機を20セット以上
- ＋ 狭い隙間を埋めるサブマージ・アーク溶接 (SAW) \*機を10セット
- \* 融剤と溶接ワイヤを使用する溶接方法。

- + ホット・ワイヤー・ティグ\*溶接と J 字形グループ\*\*溶接機を 10 セット
- \* TIG (Tungsten Inert Gas) は電気をを用いたアーク溶接方法のひとつ。
- \*\* グループ (groove) は、溶接対象の鋼管と管継手の間にできる V 字型の「溝」。「開先」とも呼称。

### (3) CFHI の原発装置製造での技術向上のための取り組み

- ・ 鍛造技術
  - 高純度・均一化
  - 一体型鍛造（溶接と供用期間中検査の低減に効果）
  - 最終製品形状に限りなく近づける鍛造法（Near-Net-Shape Forging Technology）。（これによりノズル・シェル等の製造では、鍛造特性を確保し、加工を削減できる）
- ・ 溶接技術
  - （ノズルをノズル・シェルに溶接する等）サドル（鞍）形状物質の溶接自動化。
  - ホット・ティグと INCONEL 690 材を用いたサーフ・エンド\*溶接技術。
  - \* S は、溶接部を溶接する際に使用する調整材。
  - 炉内溶接技術。
  - 水圧試験自動測定システム。

**会員専用サイトにて  
公開しております。**

### (4) CFHI で採用している品質保証システム

・ 富拉爾では、米国機械学会（ASME）の材料組織承認証に基づくニュークリア・アイランドならぬ、ニュークリア・アイランドを適用している。

のコンポーネントに、RCCM スタンダード（仏）、ASME（米）の N、NPT、NS の承認証に基づく品質保証システムを適用。

**er/**

### (5) CFHI での基礎科学と製造工程の研究

- ・ 基礎科学と製造工程の研究は、研究開発センターと研究・設計研究所が担当している。
- ・ 製造工程に関しては、製鉄、固体科学、鍛造、精鉦等に細分化し、次のような研究をしている。
  - 508-3 鋼の微細構造の透過型電子顕微鏡（TEM）による解析
  - 原発装置の溶接模擬実験
  - 鑄造現場での溶鉄流の注入制御（Tundish Flow）の模擬実験
  - 600 トンの鑄鉄鋼塊の凝固化プロセス
  - 蒸気発生器（SG）の水室\*ヘッド（Water Chamber Head）の鍛造の模擬実験

\* 高度情報科学技術研究機構刊 ATOMICA の図等を参照。

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/02/02080103/02.gif>

また原子力安全研究協会編集の「軽水炉発電所のあらまし」（平成 4 年 10 月刊）。

- 水室ヘッドの鍛造の熱処理の模擬実験

(6) CFHI の製造・試験センターに設置されている先端的な試験・測定装置

注) 用途や先端度等は不明ながら、INPPS で「CFHI にはこれほどの装置を揃えている」と強調したので列記する。

- Phased array automatic scanner
- FARO Arm Platinus
- API T3Laser Tracker
- Mechanical properties testing
- SEM
- 7060 UT SCANNER
- INFCON UL1000
- MIZ-90 Eddy current detector
- Gleeble 3500
- TEM
- ZR-100 Robot

(以上の出典) 2017年3月8日のイスタンブール INPPS での CFHI の He Yi 上級技師の発表

会員専用サイトにて  
公開しております。

[https://www.jaif.or.jp/memb  
er/](https://www.jaif.or.jp/member/)