

平成21年版

CRC-FY2010-04

中国の科学技術力について

ビッグ・プロジェクト編

平成22年3月



独立行政法人

科学技術振興機構

Japan Science and Technology Agency

中国総合研究センター 中国科学技術力研究会

はじめに

本書は、原子力・宇宙・海洋などのビッグ・プロジェクトに関する中国の科学技術力について、調査・分析した結果をとりまとめたものである。

昨年、中国の科学技術力全般について、客観的なデータなどに基づいて分析した結果を「中国の科学技術力」としてとりまとめた。中国の社会経済の発展は、その後も引き続き著しく、科学技術力についても変化が想定されたので、今年に入って改訂増補を行うこととした。その際、科学技術力の重要な柱である原子力・宇宙・海洋などのビッグ・プロジェクトについても増補すべきと考え、調査・分析を行った。しかし、ビッグ・プロジェクト部分の調査・分析結果が大部なものとなったため、昨年の改訂版は「中国の科学技術力（総論編）」として発行し、ビッグ・プロジェクト部分は「中国の科学技術力（ビッグ・プロジェクト編）」という別の出版物として発行することとしたものである。

なお、ビッグ・プロジェクトに関連して、中国国内における加速器やライフサイエンスなどの大型施設についての建設・稼働状況を調査したので、これも併せて本書に記述した。

本書で取り上げた原子力・宇宙・海洋などのビッグ・プロジェクトは、軍事に関する部分も中国では大きいと想定されるが、当然のことながら軍事関連は秘密になっている部分が多い。従って本書では、民生部分と一緒に進められていて公開されているものを除き、軍事関連に関する記述はなされていないことを付言しておきたい。

また、ビッグプロジェクト業務の性格上、民生部分においても十分に公開されているとは言い難い状況のものもあり、本書の記述において不正確であったり間違っていたりする可能性があると考えている。従って、読者の方々から具体的に御指摘いただければ幸いであり、今後の改訂の際に修正していきたいと考えている。

2009 年 12 月

科学技術振興機構（JST）

中国総合研究センター

中国科学技術力研究会

目 次

はじめに	1
第一部 原子力開発	
第1章 原子力発電	6
第1節 原子力発電の現状	6
第2節 原子力発電の将来計画	11
第3節 原子力発電所の稼働率	15
第2章 原子力発電所の建設・製造技術	17
第1節 自主開発技術	17
第2節 導入炉の国産化	18
第3節 国内原子力関連メーカー	20
第4節 日本のメーカーの参入	23
第3章 核燃料サイクル	25
第1節 ウラン資源	25
第2節 ウラン製錬	28
第3節 ウラン濃縮	29
第4節 ウラン燃料加工	31
第5節 再処理と使用済燃料貯蔵	32
第6節 廃棄物処理処分	33
第4章 原子力の研究開発	35
第1節 高速増殖炉	35
第2節 高温ガス炉	36
第3節 核融合	37
第4節 研究炉	41
第5節 その他の研究施設・設備	44
第5章 放射線の利用	46
第6章 原子力人材の育成	48
第1節 大学	48
第2節 企業などの人材育成	50
(参考資料)	51
第二部 宇宙開発	
第1章 宇宙輸送システム分野	63
第1節 打上げロケット	63
第2節 射場及び着陸場	66
第2章 衛星バス技術分野	68
第3章 通信放送分野	70
第4章 地球観測分野	72
第5章 航行測位分野	74
第6章 宇宙科学分野（月・惑星探査を含む）	75
第7章 有人宇宙活動分野	77
第8章 その他の衛星ミッション分野	79
第9章 地上・追跡管制関連技術分野	80
第1節 打上げ管制	80
第2節 衛星管制及び受信施設	82

第 10 章 宇宙技術力の各国比較	83
(参考資料)	86
第三部 海洋開発	
第 1 章 海洋開発の位置付け	118
第 2 章 海洋開発政策	119
第 3 章 海洋観測調査	120
第 1 節 海洋科学調査船	120
第 2 節 海洋観測衛星	123
第 3 節 海洋観測ステーション等	124
第 4 節 気候変動・海洋生態系調査	125
第 4 章 海中探査機	126
第 1 節 自律型海中ロボット「AUV」(その 1)	127
第 2 節 自律型海中ロボット「AUV」(その 2)	128
第 3 節 有人潜水艇「HOV」	129
第 4 節 遠隔操縦ロボット「ROV」	131
第 5 章 極域調査	132
第 1 節 概要と北極観測	132
第 2 節 南極観測	133
第 3 節 極地調査船	135
第 6 章 IODP への参加	136
第 7 章 海水淡水化技術	137
第 8 章 造船技術	138
第 1 節 造船業の現状	138
第 2 節 造船技術の推移	139
第 3 節 船用機装品関連	141
第 9 章 海洋における石油・天然ガス開発	142
第 1 節 世界の現状	142
第 2 節 中国の現状	144
第 3 節 石油開発の進め方	145
第 4 節 国内での海洋油ガス田開発	146
第 5 節 国外での海洋油ガス田開発	147
第 6 節 次世代掘削装置開発	149
第 7 節 石油開発技術の開発	150
第 8 節 メタンハイドレート研究	151
(参考資料)	152
第四部 科学技術インフラ	
第 1 章 加速器・放射光施設	160
第 2 章 スーパーコンピュータ	162
第 3 章 次世代 DNA シーケンサー	163
第 4 章 NMR	164
第 5 章 PET	165
第 6 章 天体望遠鏡	166
おわりに	167

第一部

原子力開発



第1章 原子力発電

第1節 原子力発電の現状

① 中国の運転中の原子力発電所

中国では、原子力発電所はまだそれ程多く運転されておらず、また、その大部分が外国からの導入炉である。

中国（大陸部、以下同様）の原子力発電所は、2009年9月現在、11基約900万kWとそれ程大きくない。この11基は、国産により建設されたもの3基と、導入されたもの8基とに大別される。8基のうち、フランス製のPWRが4基、ロシア製のPWR（VVER）が2基、カナダ製の重水炉（CANDU炉）が2基となっている。

第1-1-1表 中国における運転中の原子力発電所一覧

発電所名	所 在 省	炉 型	出 力 (万kW)	備 考	投資主体
秦 山 I 期	浙江省	PWR (国産)	31 × 1 基	1994 年 4 月 運転開始	中国核工業 集团公司
秦 山 II 期 1	同上	同上	65 × 2 基	2002 年 4 月 運転開始	中国核工業 集团公司
秦 山 II 期 2				2004 年 5 月 運転開始	
秦 山 III 期 1	同上	CANDU (加)	70 × 2 基	2002 年 12 月 運転開始	中国核工業 集团公司
秦 山 III 期 2				2003 年 7 月 運転開始	
大 亞 湾 1	広東省	PWR (仏)	98.4 × 2 基	1994 年 2 月 運転開始	広東核電集団 有限公司
大 亞 湾 2				1994 年 5 月 運転開始	
嶺 澳 1	同上	同上	99 × 2 基	2002 年 5 月 運転開始	広東核電集団 有限公司
嶺 澳 2				2003 年 1 月 運転開始	
田 湾 1	江蘇省	PWR (VVER) (露)	106 × 2 基	2007 年 5 月 運転開始	中国核工業 集团公司
田 湾 2				2007 年 8 月 運転開始	
運転中合計（基数）			907.8 万 kW（11 基）		

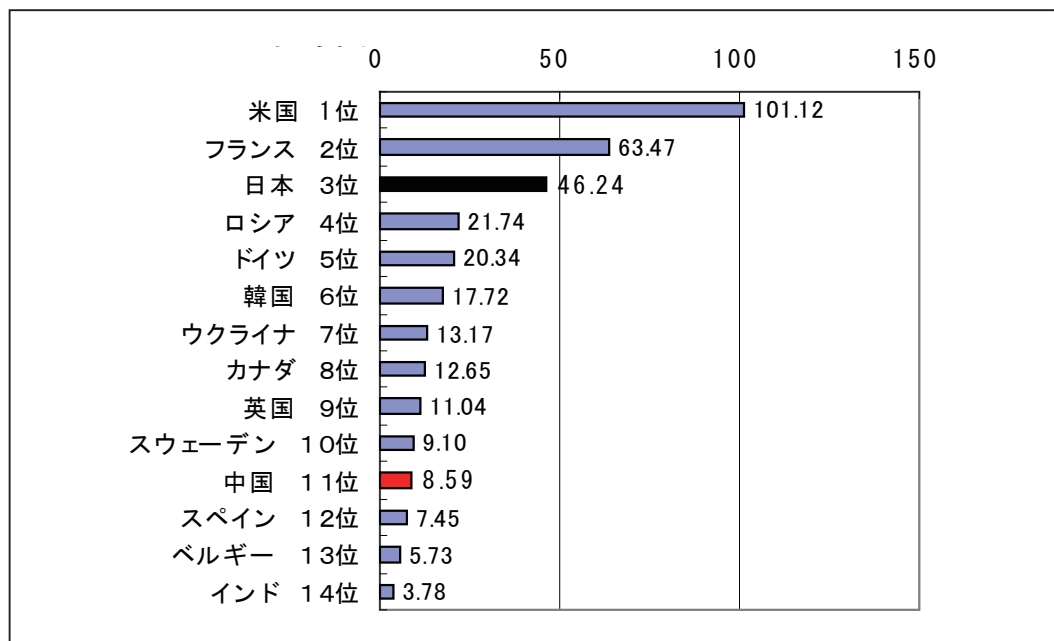
注：出力はグロス値である。

出典：テピア総合研究所作成資料に基づく（2009年10月現在）

中国における運転中の原子力発電設備容量は、先進諸国と比してそれ程高くない。下図は WNA のレポートによるものであり、中国は2009年9月現在で約860万kWとなっている。これは、米国（1億kW）、フランス（6300万kW）、日本（4600万kW）などと比して少なく、世界11位である。

なお、前ページの中国の設備容量と比して、少し少なくなっているが、前ページのものはグロスの設備容量であり、下図はネットの設備容量に対応している。

第 1-1-1 図 各国別の運転中原子力発電設備容量

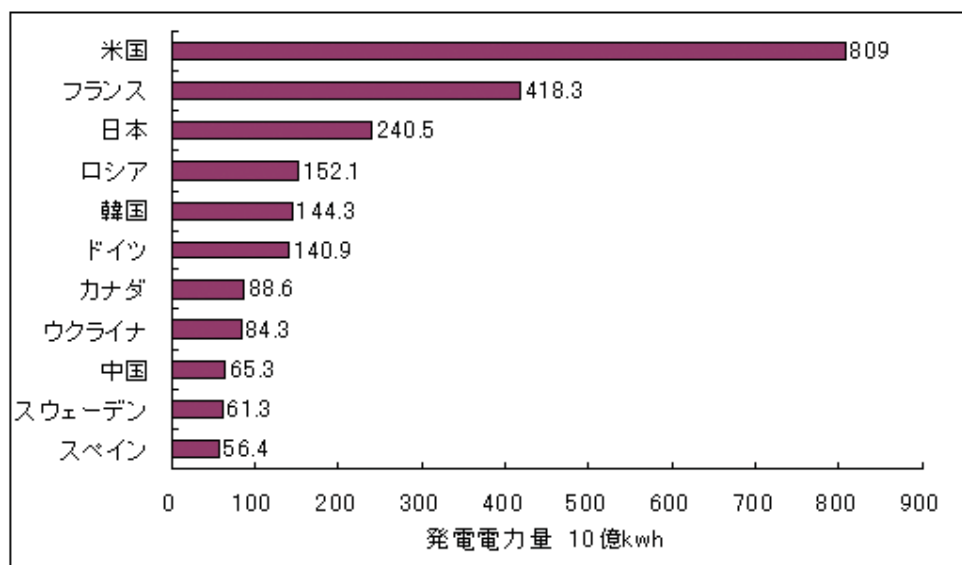


出典：WA データ 2009 より作成

注：出力はネット値である。(単位：1GW = 百万 kW)

中国の原子力発電所による発電電力量は 2008 年で 653 億 kwh であり、これを各国別に比較したものが下図である。これによると中国は、米国、フランス、日本などに次いで、世界 9 位となっている。

第 1-1-2 図 各国別の原子力発電電力量



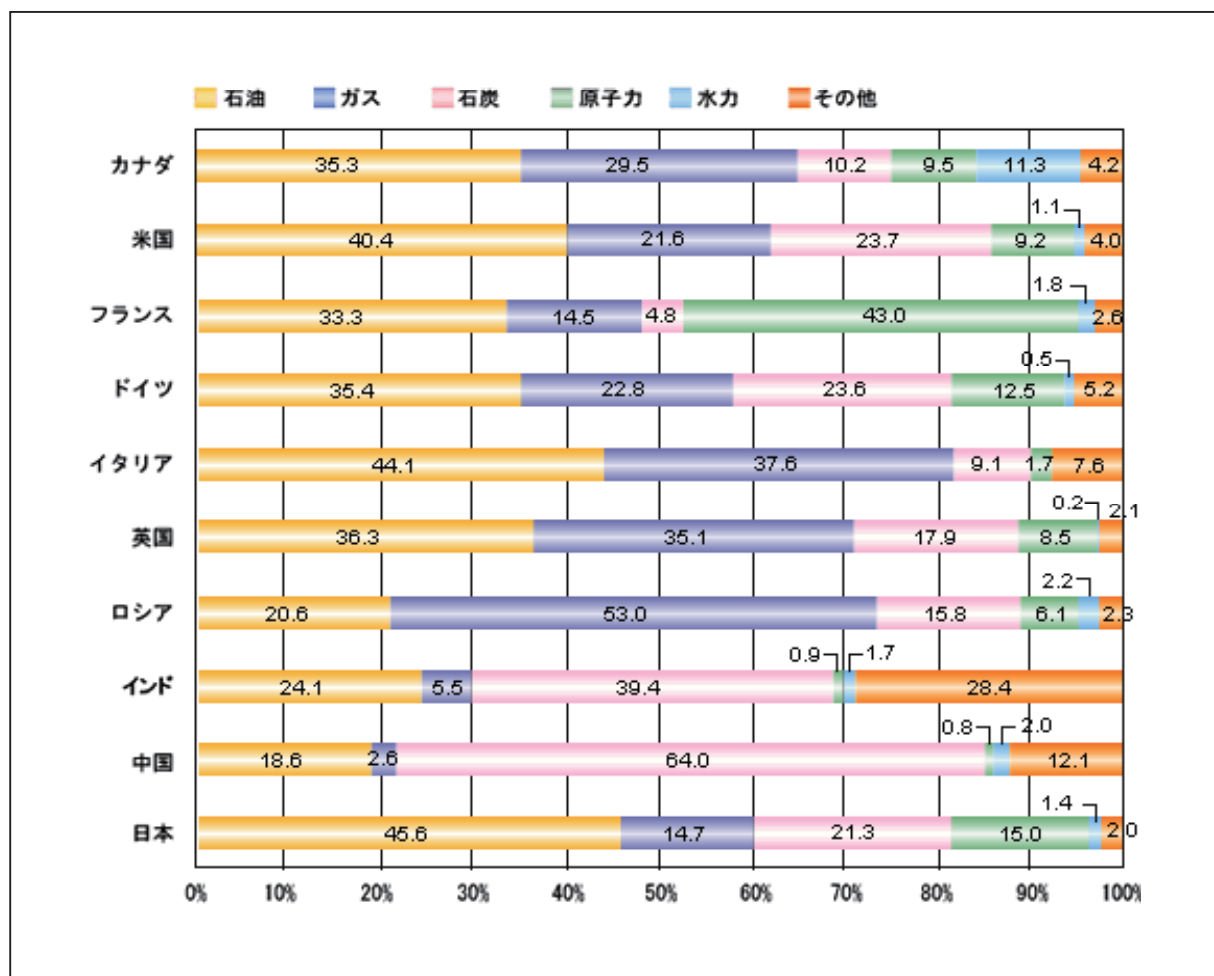
出典：WNA データ 2009 より作成

② 全エネルギーに占める原子力発電の比率

中国における現時点での全エネルギー生産の主力は石炭で、石油、水力、天然ガスと続いており、主要国と比して原子力発電の比率は低い。

下記のグラフのように、中国の原子力のエネルギー全体に占める比率は1%を切っており、主要国の中では相当に低い方である。石炭が多いのは国内事情から来ていると言われている。

第 1-1-3 図 主要国の一次エネルギー消費構成（2006 年）



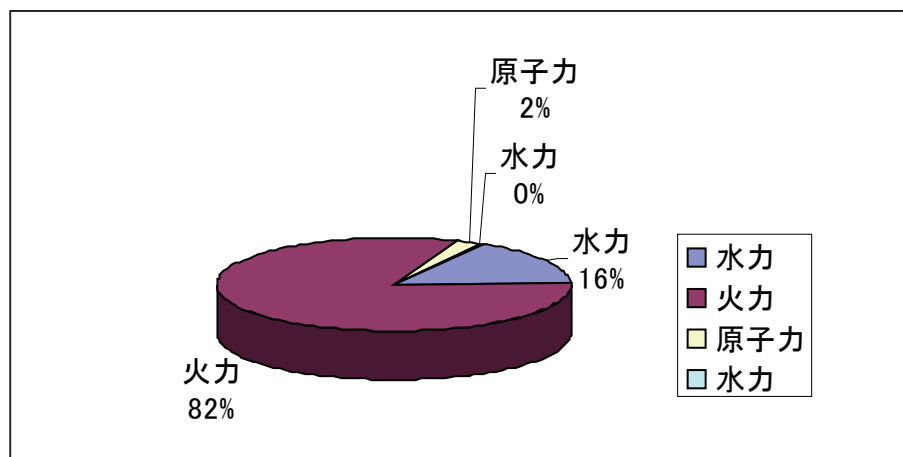
出典：OECD/IEA から社団法人 海外電力調査会が作成

③ 全電力に占める原子力発電の比率

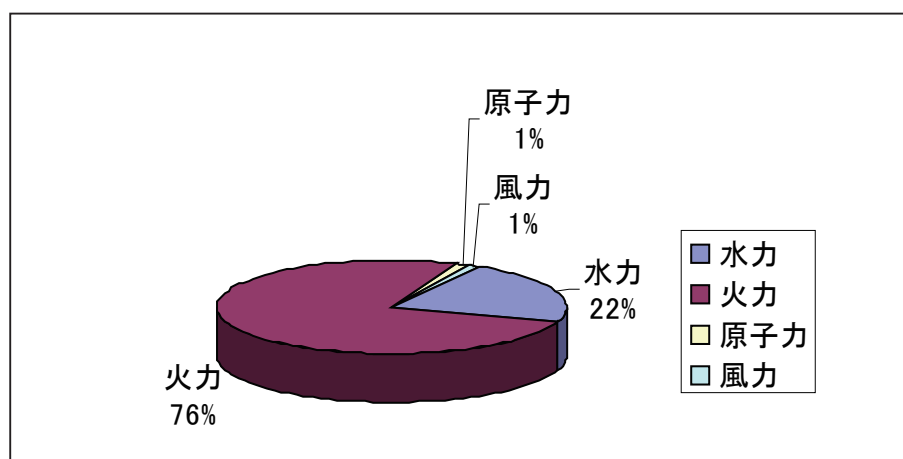
電力だけに限っても石炭による火力発電が中心であり、水力が続いている。原子力は低い状況である。

下図は、中国の全電力に占める原子力発電の割合を、電力量と設備容量で比較したものであり、火力が圧倒的で、水力が続いており、原子力は低い。

第 1-1-4 図 中国における発電量 2008 年



第 1-1-5 図 中国における発電設備容量 2008 年

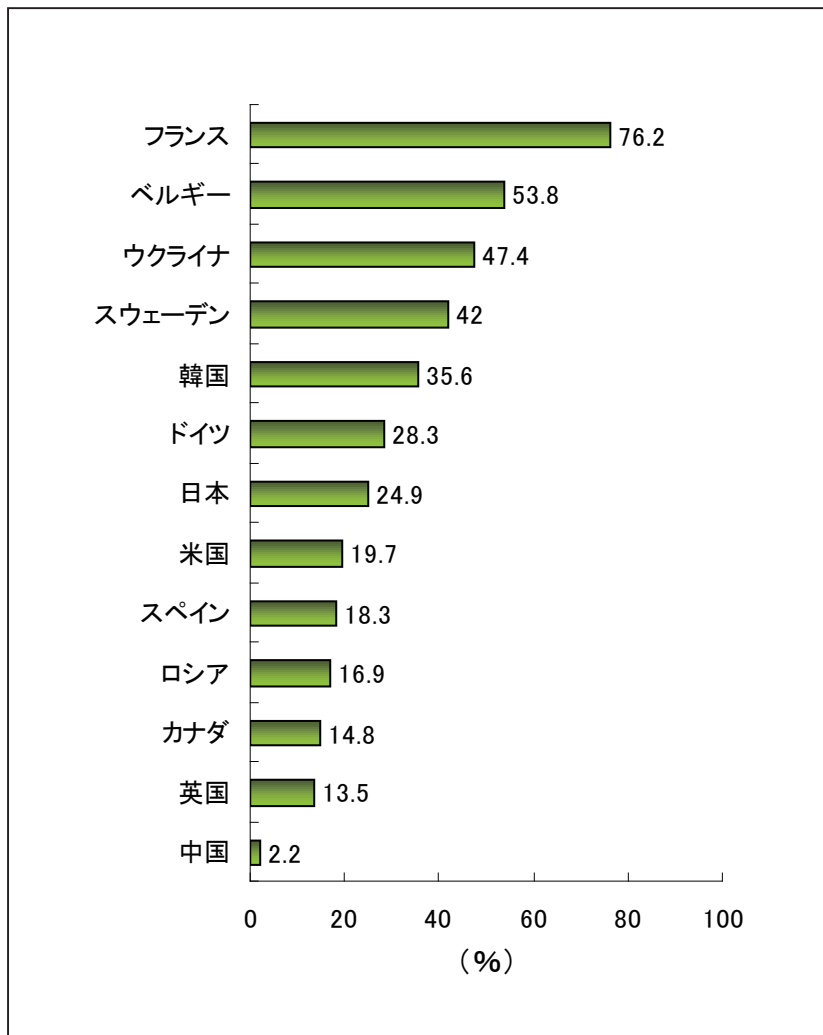


出典：「中電発布 2008 年電力工業統計年報数据」、中国電力網、2009 年 7 月 8 日 <http://www.chinapower.com.cn/>

中国での原子力発電の比率は世界的に見ても相当に低い。下図は電力量で見た世界の状況であり、中国は世界 28 位となっている。

第 1-1-6 図

全電力の中での原子力発電割合（2008 年）



出典：WNA データ 2009 より作成

注：発電量が 300 億 kwh 以上の国々のみをグラフ化している。

第2節

原子力発電の将来計画

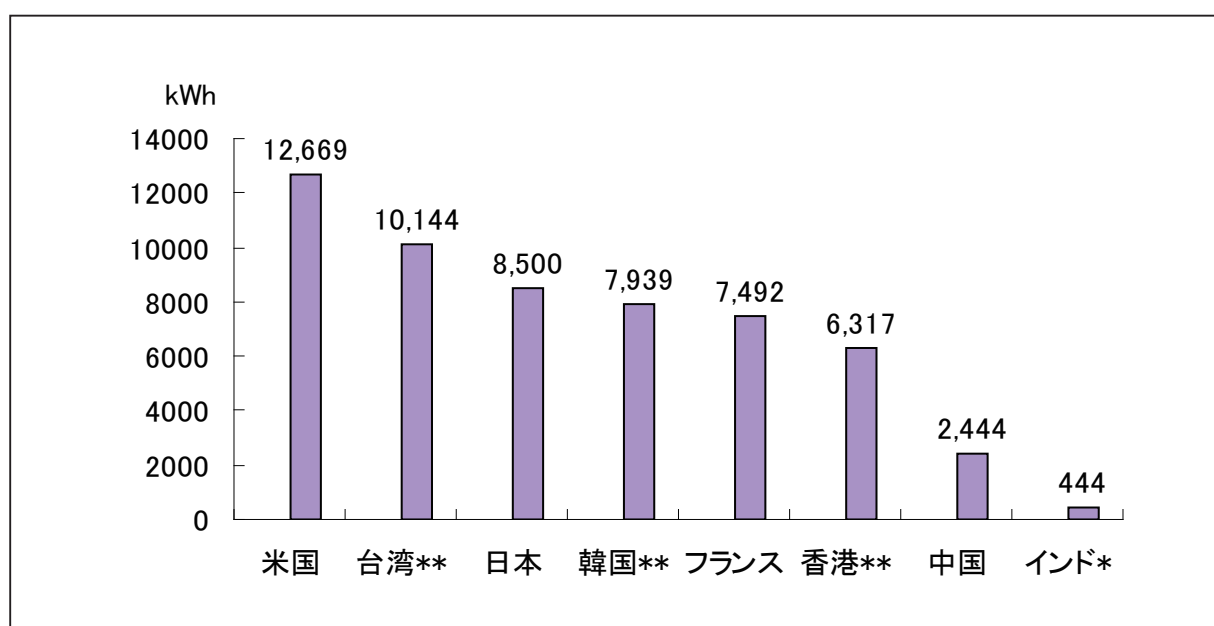
① 一人当たりの消費電力量

現時点での中国の消費電力量は、欧米先進国の1人当たり4～6分の1程度であり、今後増大する需要に対して、原子力発電を含めてかなりの設備増強が必要となる。

中国（大陸部）は、米国や欧州、日本などの先進国と比して、消費電力量はまだ低い状況であるが、下記に示すように、既に高い生活レベルに達している香港や台湾の消費電力量が欧米並にあることから、中国全体が生活レベルを上げていくに伴い、原子力発電を含めてかなりの電力設備の増強が必要となる。

第 1-1-7 図

各国 / 地域一人当たり年間電力消費量



注：*は 2009 年
 **は 2008 年
 無印は 2007 年の数字

出典：米国 CIA の The World Fact book HP
 社団法人 日本原子力産業協会 中杉秀夫氏作成

② 将来の原子力発電計画

中国は、急激な経済発展をベースとして、非常に野心的な原子力発電計画を有している。

中国の原子力発電規模は、現在先進諸国に比して低いが、急激な経済発展をベースに非常に野心的な原子力発電計画を有している。下表は中国の関係当局が発表している計画を足し合わせたものであり、非常に野心的な原子力計画となっている。

第 1-1-2 表

中国で運転中・建設中・計画中の原子力発電所

	基 数	出力 (万 kW)
運転中	11	907.8
建設中	16	1637
計画中	189	20277
合 計	216	22821

出典：テピア総合研究所が中国の各種発表を基に集計（2009 年 10 月現在）

注：出力はグロス値である。

ただこの数字は年度を追うごとに大きくなっていく傾向にある。

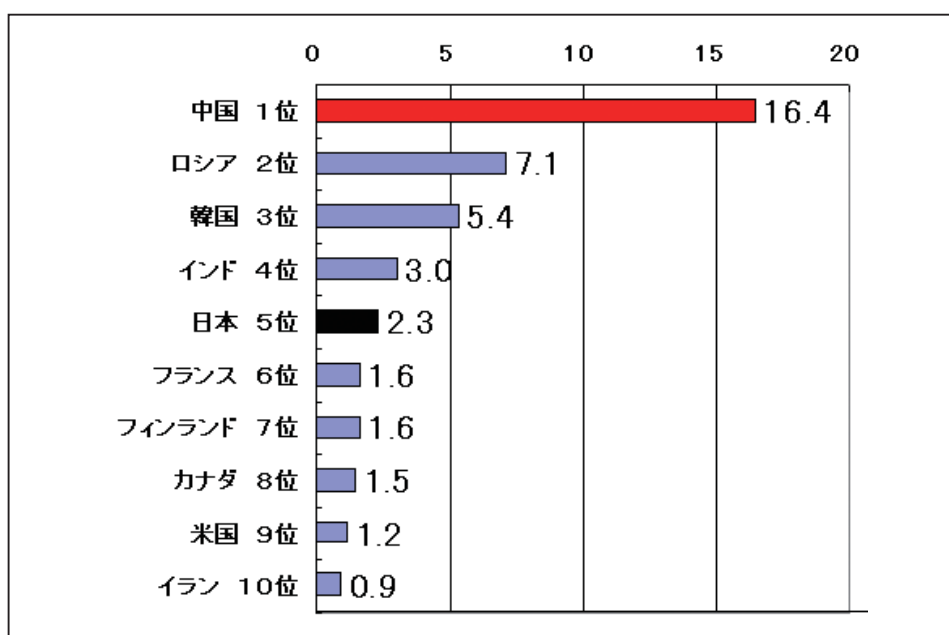
WNA のレポートでは、2007 年 5 月の国家発展改革委員会の発表で、2020 年までに 4000 万 kW、2030 年では 16,000 万 kW の原子力発電規模を達成するとしていた。2008 年 3 月、新設された国家エネルギー局（National Energy Administration）は 2020 年の目標を 5000 万 kW とした。2008 年 6 月、中国電力企業連合会（China Electricity Council）は、2020 年で 6000 万 kW と予測した。更に 2009 年 7 月、国務院（State Council People's Republic of China）は、2020 年の目標を 8600 万 kW としている。

これらの数字と上記の表の数字とは一致していない。これは、各地方政府や企業が計画しているものと、中国中央政府が認めた計画とが一致していないことにありと考える。

下図及び次ページの図は、WNA が 2009 年 9 月に公表した、世界での建設中及び準備中の原子力発電所の容量である。前ページの表と比較すると建設中は同じ数字であるが、計画中が少し少なく見積もられている。これも、各地方政府や企業が計画しているものと、中国中央政府が認めた計画とが一致していないことにあり、WNA は中央政府が認めた計画に準拠しているものと考えられる。いずれにせよ、中国の存在感が圧倒的である。

第 1-1-8 図

各国別の建設中原子力発電設備容量

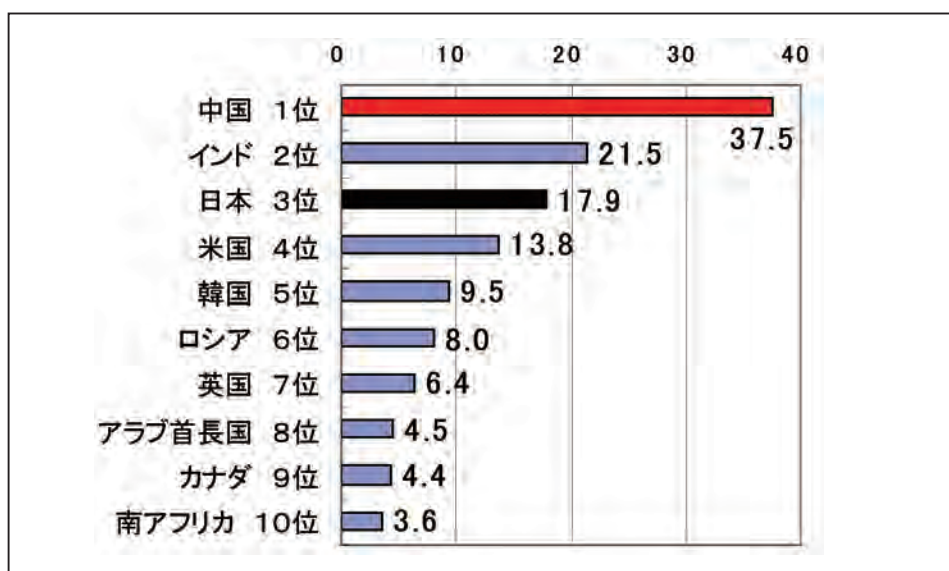


出典：WNA データ 2009 より作成

注：出力はグロス値である。(単位：1GW = 百万 kW)

第 1-1-9 図

各国別の準備中原子力発電設備容量

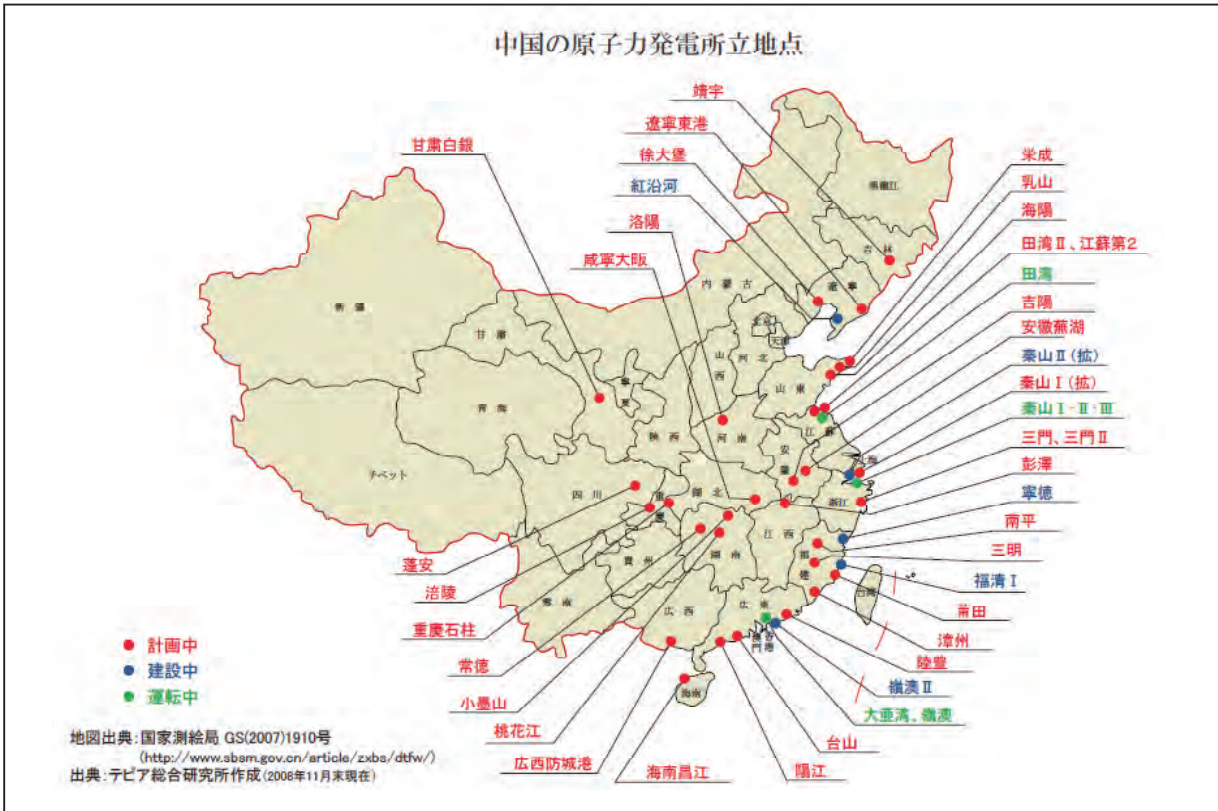


出典：上記 2 点とも WNA データ 2009 より作成

注：出力はグロス値である。(単位：1GW = 百万 kW)

下図は、少し古いが中国のどの地域に原子力発電所が運転されているか、或いは建設や計画があるかについて記したものである。運転中や建設中の原子力発電所は沿岸部に限られていたが、今後の電力需要が内陸部でも増大することが見込まれるため、建設計画が進んでいると考えられる。

第 1-1-10 図 中国の原子力発電所立地点



更に世界において、どの程度原子力発電所の建設が見込まれるかに関し、中国を含めた各国の発表資料を基にしつつ WNA が独自の分析を行ったデータを下表に示す。これで見ても中国は、2030 年の High ケースでは 200GW と世界最大となる予想となっている。

第 1-1-3 表 世界の原子力発電の長期的展望

	2008 年	2030 年 (Low)	2030 年 (High)	2060 年 (Low)	2060 年 (High)
ブラジル	2	10	30	40	100
カナダ	13	20	30	25	40
中国	9	50	200	150	750
仏	63	65	75	80	110
独	20	20	50	40	80
インド	4	20	70	60	500
日本	48	55	70	80	140
ロシア	22	45	80	75	180
韓国	18	25	50	45	80
英	11	20	30	30	80
米	99	120	180	150	400
世界計	367	602	1339	1140	3688

出典：WNA データ 2009 より作成
(単位：1GW = 百万 kW)

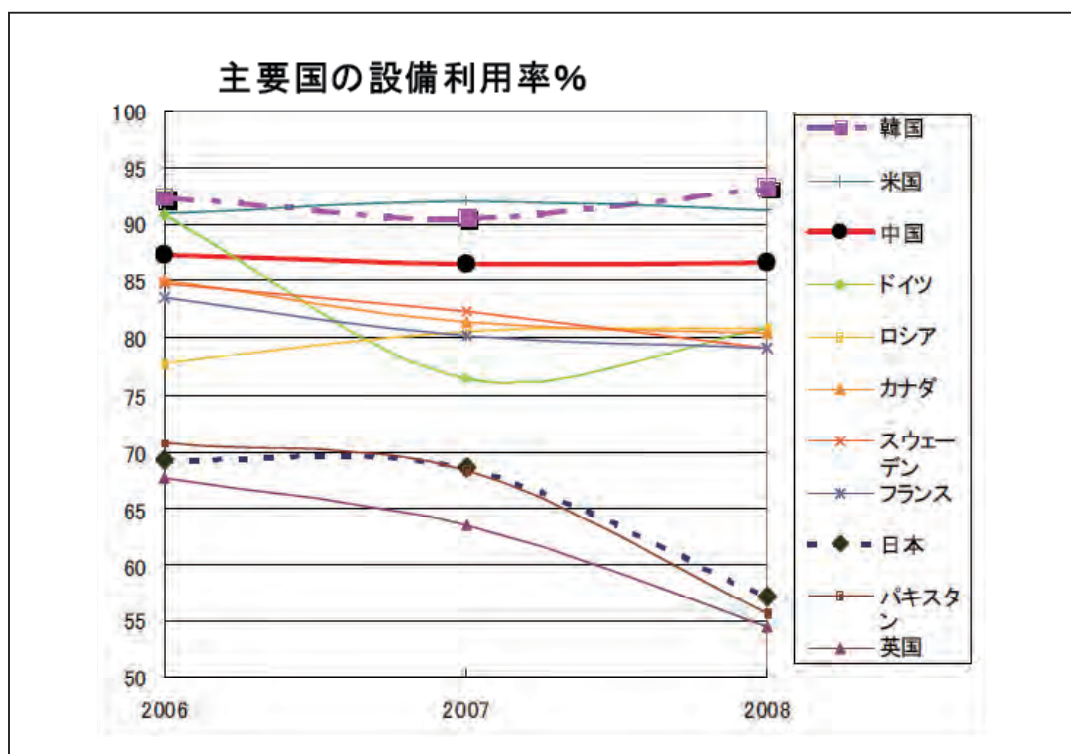
第3節

原子力発電所の稼働率

中国の原子力発電所の稼働率は、比較的高い水準にある。

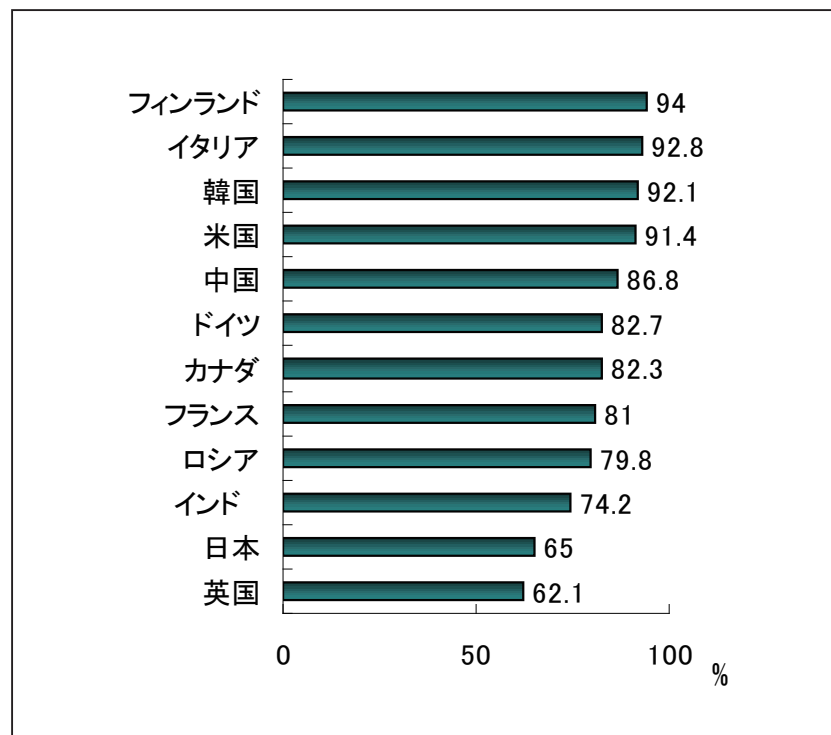
中国の原子力発電所の稼働率は、下図に示すとおり世界でも高い位置にある。ただし、これは日本などと比して、トラブル発生の際に原子炉を停止せず、また、停止した場合でも再開するのが早いという専門家もいる。

第 1-1-11 図 主要国の原子力発電所設備利用率 (%)



出典：IAEA データ（2009 年 9 月）に基づき作成。

第 1-1-12 図 2006-2008 年の平均設備利用率



出典：IAEA データ（2009 年 9 月）に基づき作成。

第2章 原子力発電所の建設・製造技術

第1節

自主開発技術

中国は、自主開発の路線と外国からの導入炉の国産化向上の路線がある。

中国の原子力開発は基本的に“自力更生”（自主開発）と海外技術の国産化の2路線で進められてきた。炉型は原則的にPWRとして、自力更生路線では30万kW⇒60万kW⇒100万kWと順次規模を高める方式である。

自主開発路線の最初の原子力発電所は、秦山Ⅰ期の30万kWである。これはCNP300と呼ばれており、米国WH社の旧式PWRの公開資料から自力で作ったものである。

続いて、60万KW級も自主開発が進められ、秦山Ⅱ期の1、2号機が完成している（CNP600）。これに加えて、秦山Ⅱ期3、4号機も建設中である。

なお、テピア総合研究所の窪田氏の調査によると、「中国核工業集団会社が2003年に開発をスタートしたCNP1000は当初、建設中の秦山Ⅰ期2、3号機（方家山）に採用が予定されていたが、CNP1000の採用は見送られたとの観測が広がっている」とのことである。

中国は秦山Ⅰ期で自主開発したCNP300をパキスタンに2基輸出し、2000年に1号機が稼動している。また、パキスタンに対し、安全審査等に関する技術協力、運転員の受け入れなどによる教育訓練なども実施している。

第2節

導入炉の国産化

今後のメインの炉型は仏 AREVA の技術をベースとする CPR1000 と米 WH の AP1000 と考えられる。

海外技術の国産化路線では、初めから大出力の原子炉を導入し、以後、改良国産化する計画である。これまでにフランスから 100 万 kW の第 2 世代 PWR4 基（大亜湾と嶺澳）とロシアから VVER2 基（田湾）、カナダから 70 万 kW の CANDU 炉 2 基（秦山Ⅲ期）を導入し、合計 8 基が運転中である。

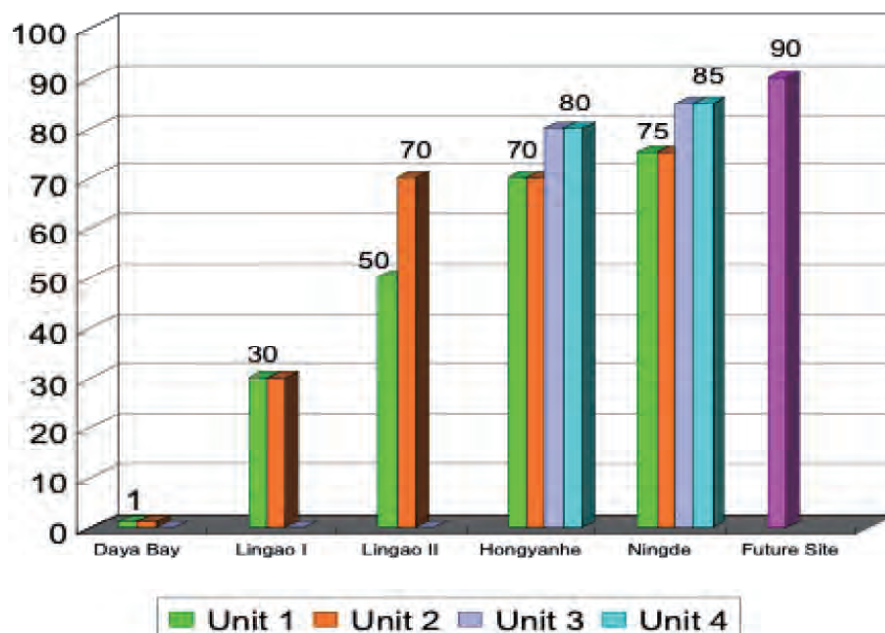
① CPR1000 (Improved Chinese PWR)

CPR1000 は、フランスの AREVA から導入した原子炉技術をベースとして改良を加えたものであり、第 2 世代 PWR の主力として、中国国内で展開されている。安定した運転実績と経済性により、現在 13 機が建設中である。これまでに導入した原子炉では、嶺澳Ⅰ期 1、2 号基の国産化率は 30%といわれている。この国産化の比率を徐々に高めていくこととしており、嶺澳Ⅱ期 1 号機（50%）、2 号機（70%）の他、紅沿河、寧徳、陽江、福清では国産化率 70%～80%を目指している。下図は WNA の資料であり、嶺澳が Lingao、紅沿河が Hongyanhe、寧徳が Ningde に対応している。

第 1-2-1 図

CPR1000 の国産化進展状況

CGNPC Progressive Localisation of CPR-1000



出典：WNA HP, Nuclear Power in China, <http://www.world-nuclear.org/info/inf63.html>

一方、AREVA はこの技術の知的所有権を維持しており、中国国外に輸出する場合には、AREVA 事前同意が必要となる。

② AP1000

第3世代PWRについては、今までの導入国産化が技術移転の面で不完全であった点を踏まえ、技術移転を強く意識した体制が整えられている。米国WH社（東芝WH）からAP1000を、技術移転導入する契約がなされている。現在このAP1000は三門に1基、海陽に1基建設中である。この炉の国産化率は30%～50%であり、将来的に70%を目指している。

なお、WNAレポートによると、中国上海核工程研究設計院（SNERDI）とWH社は140万KWの受動安全性をもつ炉（CAP-1400）の開発を進めているといわれている。

③ EPR

また中国は、EPRの導入にも取り組んでいる。EPRというのは、ヨーロッパ型のPWRのことであり、AREVAなどが1992年以降積極的に開発を進めている原子炉である。中国はこのEPRの導入にも熱心であり、広東省台山（Taishan）に、170万キロワット2基をまもなく着工することとしている。

第3節

国内原子力関連メーカー

中国では、設計エンジニアリングと機器製造が別々の会社となっており、会社数も多い。

中国の原子力関連メーカーは、設計—エンジニアリングと機器製造は別であるのが特徴である。また、それぞれの段階で多くの会社があり、主なものでも下記のように設計・エンジニアリング4社、機器製造5社が挙げられる。詳細は参考資料に記した。

① 主な設計エンジニアリング会社と設計会社

- 中国核電工程有限公司（CNPEC） 総合エンジニア会社
- 国家核電技術公司（SNPTC） 総合エンジニア会社
- 中広核工程有限公司（CNPEC） 総合エンジニア会社
- 中国核動力研究設計院（NPIC）

② 主な原子力機器製造会社

- 上海電気集团股份有限公司（Shanghai Electric Group Co.,Ltd）
- 中国東方電気集团公司（DEC, Dongfang Electric Corporation）
- ハルビン電気集团公司（Harbin Electric Corporation）
- 中国第一重型機械集团公司（CFHI, China First Heavy Industries）
- 中国第二重型機械集团公司（China National Erzhong Group Co.）

中国は海外から炉型を導入する際に、システム全体の技術に加え、各機器の設計や製造技術を海外から移転させることとしている。そして各機器の設計は設計エンジニアリング会社が管理し、2号機目以降では、各メーカーが海外メーカーの指導を受け、製造を行い製造技術の移転を受けている。このため、主要設備の国産化は次のように徐々に進んでいるといわれている。

○蒸気発生器

蒸気発生器の製造について、CNP-600（国産炉）の蒸気発生器は、初号機を海外メーカーに設計製作させ、海外メーカーに設計図を提供させて2号機目を中国メーカーが製作するという過程を経て、基本的には中国で蒸気発生器は製造出来る能力を獲得した。ただし、伝熱管や一部大型鍛造材等の主要材料は輸入しており、この大型鍛造材についても中国第一重型機械集团公司等での国産化を目指している。現在までに、秦山2期2号機で上海電気集团股份有限公司が蒸気発生器を2000年に製造・納入している。

なお現在世界では、日、仏、韓に加えて、スペインの ENSA 社、カナダ B&W 社が有力な蒸気発生器メーカといわれており、米国に蒸気発生器を作れるメーカは現在ない。

第 1-2-1 表

中国の原子力発電所における蒸気発生器納入実績

発電所名	炉 型	出力 (MW)	SG 製造者 *	運開年 () 内は予定
秦 山 I 期	CNP-300 (中)	300	上海	1994
大 亜 湾 1 号	M310 (仏)	1000	フラマトム (仏)	1994
大 亜 湾 2 号	M310 (仏)	1000	フラマトム (仏)	1994
嶺 澳 1 号	M310 (仏)	1000	フラマトム (仏)	2002
嶺 澳 2 号	M310 (仏)	1000	フラマトム (仏)	2003
秦 山 II 期 1 号	CNP-600 (中)	642	ENSA (西)	2002
秦 山 II 期 2 号	CNP-600 (中)	642	上海	2004
田 湾 1 号	VVER (露)	1000	(不明 露メーカ?)	2007
田 湾 2 号	VVER (露)	1000	(不明 露メーカ?)	2007
秦 山 II 期 3 号	CNP-600 (中)	642	ENSA/ 上海	(2011)
秦 山 II 期 4 号	CNP-600 (中)	642	上海	(2012)
嶺 澳 3 号	CPR-1000 (中)	1000	東方	(2011)
嶺 澳 4 号	CPR-1000 (中)	1000	東方	(2012)
紅 沿 河 1 号	CPR-1000 (中)	1000	上海	(2012)
紅 沿 河 2 号	CPR-1000 (中)	1000	東方	(2013)
三 門 1 号	AP-1000 (米)	1100	Doosan (韓)	(2013)
三 門 2 号	AP-1000 (米)	1100	ハルビン	(2014)
海 陽 1 号	AP-1000 (米)	1100	Doosan (韓)	(2014)
海 陽 2 号	AP-1000 (米)	1100	上海	(2015)
台 山 1 号	EPR (仏)	1700	AREVA (仏)	(2014)
台 山 2 号	EPR (仏)	1700	国産 (東方?)	(2015)

出典：中神氏提供の資料を基に JST 中国総合研究センター作成

○蒸気タービン

蒸気タービンについては、CNP600 炉対応の蒸気タービンは 3000RPM (一分間当りの回転数) 機で、秦山 2 期 1 号機のものは旧 WH 社の設計で、回転部は WH から導入した。その後、2 号機はハルビン電気集団公司在 1 号機の図面を入手し完全国産化した。これ以降はハルビン電気集団公司独自で対応し受注している。

また、1000MW 級タービン (CPR1000 対応) であるが、国産初号機は嶺澳 1、2 号機で採用され、1500RPM 機となっている。中国メーカーが取りまとめで、重要部品は海外メーカーが下請けとして供給する体制を取っている。受注は東方 / Alstom で、1 & 2 号機ともに回転部は仏 Alstom 製でそれ以外は中国東方電気集団公司傘下の東方タービンと言われている。嶺澳以降は、国産化比率を上げる方針と言われている。

次に 1250MW 級のタービン (AP1000 対応) であるが、初号機は三門 1&2・海陽 1&2 で採用され、1500RPM 機となっている。中国メーカ (ハルビン電気集団公司傘下のハルビントービン) と海外メーカ (三菱重工) のコンソーシアムで、中国メーカがリーダーとなるが、海外メーカが技術責任を有するという形を取っている。1 & 2 号機ともに回転部は海外メーカだが、段階的に国産化比率を上げていくこととしている。これ以降は、中国メーカがリーダーで海外メーカは下請けというスキームに変更された。現在、AP1000 では、上海 / Siemens、東方 / Alstom もそれぞれ 1 地点受注している。

なお、過去の蒸気タービンについては、秦山 1 期 1 号の 300MW 機が国産で製造されたが、それ以外

の大亜湾 1 & 2 984MW 機が、Alstom からの完全輸入、秦山 3 期 1 & 2 が日立 700MW 完全輸入であり、田湾 1 & 2 もロシアからの完全輸入となっている。

○原子炉圧力容器

2009 年 6 月 25 日の原産新聞によると、原子炉圧力容器については、これまで 60 万 kW 級までしか国産で製造できなかったが、09 年 6 月に嶺澳Ⅱ期 4 号機に納入する 100 万 kW 級の圧力容器が初めて国産で製造されたとのことである。

第4節

日本のメーカーの参入

日本のメーカーも参入努力をしている。

中国の原子力発電建設に関わる市場は、今後巨大なものとなると想定され、日本のメーカーも競って参入努力を行っている。

第 1-2-2 表

日本企業の中国市場への参入状況

	提携先 * 合弁会社、** 子会社	所在地	提携分野
東芝 (WH)	河南平高東芝高圧開閉 *	河南省	送配電での開閉装置の製造
	常州東芝変圧器 **	江蘇省	変圧器の製造
	上海集団	浙江省	三門・海陽の主要装置の製造
日立 (GE 日立 ニュクリア エナジー)	北京日立制御系統 (有) *	北京市	発電用計装・制御システム製造・販売
	哈電日立電力設備新技術開発 (有)	黒龍江省	水力発電設備エンジニアリング
	西安日立西北電力技術開発 (有) *	陝西省	火力プラントエンジニアリング
	東方日立鍋炉 (有) *	浙江省	ボイラー製造
	瀋陽東北電日立輸変電設備 (有)		ガス絶縁開閉器やガス遮断器のエンジニアリング
	大連日立機械設備 **	遼寧省	秦山Ⅱ 1、2 の機器搬入ハッチ等 秦山Ⅱ 1、2 のタービン発電機、復水器、タンク、熱交換器
	東方集団	四川省	タービン発電機等製造
三菱重工業	上海鍋炉 (ボイラー)	浙江省	秦山Ⅱ 1、2 の圧力容器受注に伴う圧力容器
	東方汽輪機 (タービン)	四川省	発電ガスタービン部品の加工製造と組立
	寧夏発電集団	寧夏回族自治区	風力発電設備の組立・製造
三菱電機	ハルビン集団	黒龍江省	三門原発の蒸気タービン等をハルピン、三菱 (重工、電機) で共同受注。技術供与、合弁生産も予定
	北京広利核系統工程 (有)	北京市	遼寧省と福建省に建設の 6 基の CPR1000 の計装制御システムを共同受注。今後設計・制作業務を分担
	三菱電機天威送変電器 *	河北省	高圧のガス絶縁開閉器やガス遮断器の製造・販売

出典：日本原子力産業協会 2008 年 1 月調査

また、これまでの原子力発電所での日本の受注状況は次の通り。

第 1-2-3 表

日本企業の中国市場での受注状況

	秦山 1 号	大亜湾 1・2 号	秦山Ⅱ-1・2 号	秦山Ⅲ-1・2 号
東 芝	格納容器機器搬入口* ¹			
日 立	炉心槽		機器搬入ハッチ等* ³	タービン発電機、復水器、タンク、熱交換器
三菱重工業	圧力容器、主給水ポンプ・補助給水ポンプ		圧力容器、原子炉冷却ポンプ	
三菱電機	ガス絶縁開閉装置、自動電圧調節装置、加圧器ヒーター			
大日本電線	難燃性ケーブル			
東亜バルブ・岡野バルブ	バルブ			
住友軽金属 日本鋳業	復水器チタンチューブ			
日 揮	放射性廃棄物貯蔵用ドラム缶ハンドリング設備			
前田建設		土木工事参加* ²		

* 1：IHI と共同受注 * 2：HCCM（仏企業、華興公司との合弁） * 3：大連日立宝原機器設備（有）受注

出典：日本原子力産業協会 2008 年 1 月 調査

第3章 核燃料サイクル

第1節

ウラン資源

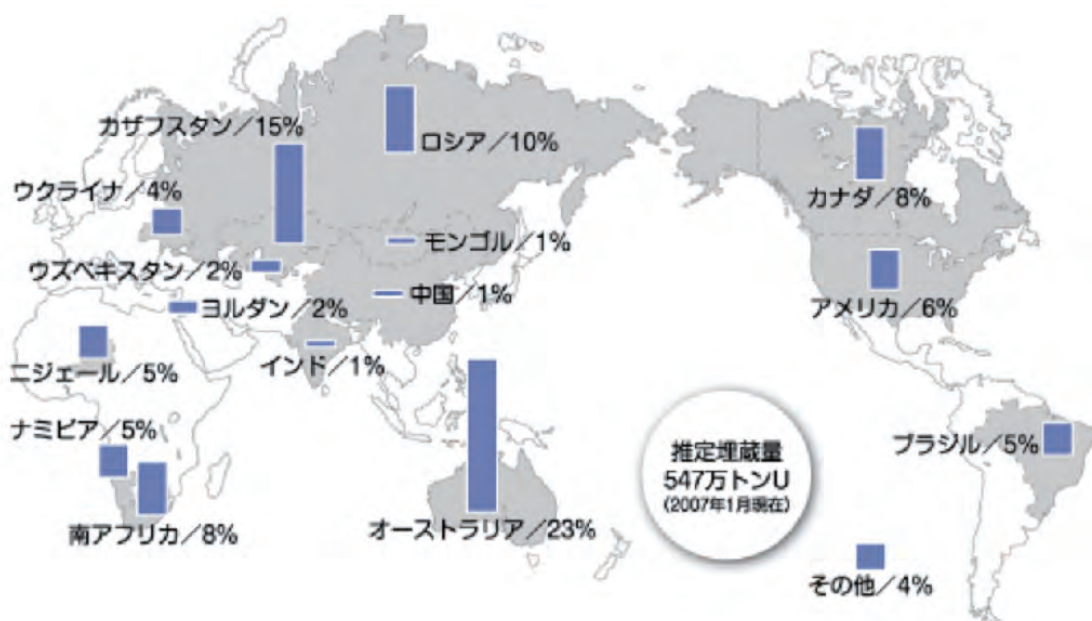
中国の国内ウラン資源はそれ程多くなく、今後の需要の増大に対応するために、積極的に海外でのウラン開発の促進や、海外からのウラン購入などを進めている。

中国のウラン資源確保政策は、①国内生産の拡大、②海外での開発の積極的推進、③国際貿易の促進の3つの柱からなっている。

国内の埋蔵量は7.7万トンとされている。これは、オーストラリア、カザフスタン、ロシア、カナダなどの主要ウラン資源国と比べて小さい量である。

第 1-3-1 図

世界のウラン資源埋蔵量



出典：OECD/NEA-IAEA「URANIUM 2007」

中国の原子力発電所の現状と将来計画に基づく、ウラン資源所要量の実績と今後の見積もりは、次の通りである。

第 1-3-1 表 中国の原子力発電設備容量と天然ウラン所有量の実績・予測

	2002	2003	2005	2010	2020
原子力発電設備容量 (万 kW)	440	610	870	1600	4000
天然ウラン年間所有量 (トン U)	790	1098	1566	4000	10000

注：「原子力発電中長期発展計画（2005～2020年）」では、2020年の目標として4000万kWを掲げているが、現在、同計画の改定作業が行われており、目標の上方修正が確実になっている。

出典：「認清形勢 把握機遇 努力提高我国ウラン資源保障水平」（孫勤、ウラン鉱地質、2005年）等に基づきテピア総合研究所が作成。

- 中国国内でのウラン生産センターは次表の通りである。

第 1-3-2 表 操業中の中国国内のウラン生産センター

鉱山名 主要鉱床名	省 名	採鉱法	生産容量トン U / 年 埋蔵量トン U (品位% U)	操業開始
撫 州 相 山	江西	坑内	300 26,000 (0.1～0.3)	1966
崇 義 下 庄	江西	坑内	120 12,000 (0.1～0.3)	1979
伊 寧 伊 犁	新疆	In-situ Leach (ISL)	200 11,000 (0.03～0.15)	1993
藍 田 藍 田	陝西	坑内	100 2,000	1993
本 溪 連山関	遼寧	坑内	120 8,000 (0.1～0.3)	1996

出典：テピア総合研究所作成。

下表は、世界の主要ウラン生産国の順位表である。中国はそれ程大きいものではない。

第 1-3-3 表 世界主要国のウラン生産量とそのシェア

	2007 年 (トン U)	2007 年シェア (%)
カ ナ ダ	9000	20.3
カザフスタン	8512	19.2
オーストラリア	8430	19.1
ナミビア+南ア	4897	11.1
ロ シ ア	3822	8.6
ニ ジ ェ ー ル	3029	6.8
ウズベキスタン	2338	5.3
米 国	1509	3.4
ウ ク ラ イ ナ	800	1.8
中 国	749	1.7
チ ェ コ	275	0.6
そ の 他	887	2.0
合計 (その他含む)	44248	100.00

出典：EURATOM SUPPLY AGENCY, Annual Report, 2008

国内のウラン生産の拡大だけでは、今後、飛躍的な拡大が計画されている中国の原子力発電所の需要を賄うことはできない。このため中国政府は、外国からのウラン調達にも積極的な動きを示している。WNAによると中国はこの数年間に CNNC と CGNPC によりナミビア、ナイジェリア、モンゴル、ヨルダン、カザフスタン、ウズベキスタン、豪州、カナダの 8 カ国でウラン鉱山開発に参加したり、鉱山権益の一部を確保している。開発していたり開発権を持っている鉱山は 10 か所を超えているという。

① オーストラリア

世界最大のウラン資源国であるオーストラリアを訪問した中国の温家宝首相は 2006 年 4 月 3 日、平和利用などを条件に中国がオーストラリアからウランを輸入することでハワード首相（当時）と合意した。そうしたなかで、2007 年 4 月の全国党大会でウラン開発禁止政策を四半世紀ぶりに撤廃した労働党が同 12 月に政権に返り咲いた。また、中国広東核電集团有限公司（CGNPC）は 2009 年 9 月に豪州のウラン開発会社エナジー・メタルズを買収することを決めた。

② フランス

フランスときわめて密接な関係を持つ中国広東核電集团有限公司（CGNPC）は 2008 年 10 月 7 日、原子力発電から核燃料サイクルまでを手がけるフランスの AREVA 社との間で戦略的パートナーシップを強化する 2 件の契約を結んだ。

それによると、AREVA 社が保有しているウラン採掘企業、UraMin 社の株式 49% を中国広東核電集团有限公司（CGNPC）と中国政府投資ファンドが取得し、UraMin 社が手がけるプロジェクトについては AREVA 社がこれまで通り運営する一方で、生産量の半分超を中国側が引き取るようになった。

③ カザフスタン

オーストラリアに次ぐ世界第 2 位のウラン資源を抱えるカザフスタンとの協力も強化された。中国の温家宝首相は 2008 年 10 月 31 日、カザフスタンの首都アスタナでマシモフ首相と会談し、戦略的パートナーシップを強化することで合意した。これを受け、中国広東核電集团有限公司（CGNPC）とカザフ国営のカザトムプロム社との間で、ウラン資源開発や核燃料の生産、天然ウランの長期取引等に関する取決めが調印され、合弁企業なども設立された。また、中国核工業集团公司（CNNC）との間でも、長期にわたった原子力プロジェクトの実施に焦点を定めた協力取決めが調印された。

④ その他

中国政府は 2008 年 3 月、有望なウラン鉱床を抱えるアルジェリアとの間で民事用原子力協力協定に調印した。また、8 月にはヨルダンとの間でも原子力協力協定に調印し、これを受け中国核工業集团公司（CNNC）とヨルダン原子力委員会は 9 月、ウラン資源開発等で中国側が協力するなどした平和利用議定書に調印した。更に、中国核工業集团公司（CNNC）は 2009 年初めにモンゴルのウラン開発権を持つウェスタン・プロスペクターグループに 2870 万ドルを投資しウラン開発権を獲得した。

第2節

ウラン製錬

中国のウラン製錬施設は、全国で2カ所あり、年間2200トンUの能力がある。

中国のウラン製錬施設は、湖南省衡陽と江西省撫州の2カ所にあり、それぞれが1100トンの規模とされている。従って、合計は約2200トンUとなっている。この能力で国内生産のウラン鉱の製錬を行っていると考えられる。2カ所のうち、湖南衡陽ウラン製錬所の概要は次の通りである。

○湖南衡陽ウラン製錬所

- 位置：湖南省衡陽東陽渡
- 面積：全体で640万 m^2 。鉱滓ダム140万 m^2 、製錬所5千 m^2
- 経緯：1958年 建設
1964年 運転開始
1998年 改修工事終了 原子炉級純度 UO_2 生産可能化
- 規模：ウラン鉱石処理能力 360～20万 $\text{t}/\text{年}$
- 全従業員：4200人（生産1200人、技術者700人他）

出典：元JNC北京事務所長 永崎隆雄氏調査資料に基づく

第3節

ウラン濃縮

中国は、自前のガス拡散濃縮技術の他、ロシアから導入した遠心分離法技術を有しており、また、国際市場からも濃縮サービスを購入している。

中国のウラン濃縮技術はガス拡散法であり、この技術により甘粛蘭州の200トンSWUの工場を稼働していた。現在はこれを廃止の上、ロシアから遠心分離法技術を導入し、甘粛省蘭州に500トンSWU、陝西省漢中に500トンSWUの工場を建設稼働させている。従って、現行のウラン濃縮能力は1000トンSWUである。更に、陝西省漢中の工場に500トンSWUの能力追加を計画している。中国は更に原子レーザー同位体ウラン濃縮分離法(AVLIS)を研究中といわれているが、詳細は不明である。

一方、フランスから導入した大亜湾の原子力発電所用ウラン濃縮役務の30%をUrencoから調達している。更に、2008年12月12日原産新聞記事によれば、ロシアTenex¹から、2010年から11年間にわたり、発電所用の低濃縮ウランを調達する契約を取り交わしている。

なお、世界の他のウラン濃縮事業者との比較は次の通りである。

第1-3-4表

世界のウラン濃縮事業者の状況

事業者	07年の設備容量 (トンSWU)	シェア(%)
Atomenergoprom (ロシア)	22500	36.9
USEC (米)	15500	25.4
AREVA (仏)	10800	17.7
Urenco (英、蘭、ベルギー)	10200	16.7
日本原燃	1000	1.6
CNNC (中国)	1000	1.6
合計	61000	100.0

出典：EURATOM SUPPLY AGENCY, Annual Report 2008

一般的に、100万KWの軽水炉発電所の取り替え燃料に必要な濃縮ウランを製造するためには、毎年120トンSWUのウラン濃縮役務が必要といわれている。

したがって現在運転中の900万KWの内、天然ウランで稼働するCANDU炉の分140万KWを除く760万KWでは、取り替え燃料分だけで年間910トンSWUの役務であり、現在の国内の供給量にほぼ見合った量となっている。

しかし、今後中国が現在の計画通り原子力発電所の建設を進めることになると、次のように大きなウラン濃縮サービスの需要が出てくることになる。なお、この数字は上記のように取り替え燃料のみのものであり、初装荷燃料分を考えると更に濃縮需要は増大する。また、前提となる原子力発電規模が現在上方修正されようとしており、その場合には更に大きなウラン濃縮需要が出てくる。

2010年 1600万KWで1920トンSWU/年

2020年 4000万KWで4800トンSWU/年

1 Atomenergoprom 傘下企業

このようなウラン濃縮サービスの必要性に伴い、中国は自前の濃縮工場の拡張を考えている様であり、中国核工業集团公司の邱建剛 副総経理は次の様に発言している。

「2010年から2020年にかけて、新規（濃縮）工場を続々と建設操業し、能力を飛躍的に拡大した上で、余剰能力を外国のユーザーに対して提供し、中国がアジアのウラン濃縮センターとしての地位を確立する。」

出典：Searchina コラムより。執筆者：窪田秀雄 日本テピア・テピア総合研究所副所長（2008年11月28日）

第4節

ウラン燃料加工

ウラン燃料の加工技術は国産化しており、国内需要を賄える。

中国におけるウラン燃料加工技術は、原子炉導入に併せてフランス、ロシア、カナダから導入され、現在、国内で所要の燃料加工は賄える状況である。また、研究開発も行っており、6万 MWd/t という高燃焼度のウラン燃料も開発中であると言われている。

工場は四川省宜賓と内蒙古包頭の二カ所にあり、その概要は次の通りである。

○四川省宜賓工場

- 場所：四川省宜賓 中核建中核燃料元件有限公司
- 業務：30 万 kW、60 万 kW、90 万 kW PWR 燃料製造：
パキスタンに輸出した PWR30 万 kW 用燃料製造
- 規模：200 トン U/ 年（PWR 用 運転中）
400 トン U/ 年（PWR 用 2008 年操業開始）
規模不明（ロシア VVER 用 近々運転開始）
- 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
その後、高燃焼度燃料、ロシア VVER 燃料製造に拡張
2005 年 仏フラマトム改良技術再導入

出典：中核建中核燃料元件有限公司 HP <http://www.cjnf.com.cn/zzjs/scnl.jsp>

○内蒙古包頭工場 中核北方核燃料元件有限公司

- 場所：内蒙古包頭
- 業務：CANDU 炉燃料製造
PWR 用燃料製造、AP1000 用燃料製造
高温ガス炉用燃料製造
- 規模：200 トン U/ 年（CANDU 炉用 運転中）
400 トン U/ 年（PWR 用 建設中）
- 沿革：2000 年 4 月：秦山 3 期 CANDU 炉燃料製造建設開始
2001 年：試運転
2003 年 3 月 商業運転開始

出典：中核北方核燃料元件有限公司 HP <http://www.btgh.com.cn/>

第5節

再処理と使用済燃料貯蔵

中国は核燃料サイクル路線を取っており、再処理技術を開発中である。現在のところは使用済燃料を暫定貯蔵している。

中国は、日本などと同様、原子力発電所からの使用済燃料を再処理し、回収されたプルトニウムを再利用する、いわゆる核燃料サイクル路線を政策として掲げている。これに基づいて再処理に係わる技術開発が進められている。

具体的には、能力 0.4 トン HM/day のパイロットプラントが甘粛省酒泉で建設中であり、また、このパイロットプラントに近接して使用済燃料の暫定貯蔵施設が設置されている。詳細は次の通り。なお、より能力の大きい再処理施設（年間処理能力 800 トン HM）の甘粛省での建設計画がある。

○再処理パイロットプラント

- ・場 所：甘粛省酒泉戈壁灘上 敦煌より東方 300km、酒泉より西方 200km。
広大なゴビ砂漠中、面積は 1200km²。
- ・再処理プロセス：ピューレックス法
- ・処理能力：0.4 トン HM/日 0.4kgPu/日を回収
(日本の東海再処理施設の処理能力は 0.7 トン HM である。)
- ・沿 革：1990 年 軽水炉使用済燃料再処理パイロットプラント建設決定
1998 年頃 建設開始
2000 年 再処理パイロットプラント建屋完成
2003 年 大亜湾原発より使用済燃料搬入

○使用済燃料暫定貯蔵施設など

上記の再処理パイロットプラントのある酒泉の現地に隣接して、使用済燃料貯蔵施設 550 トン/年 (2000 年完工) 及び低中レベル放射性廃棄物処分場 (西北処分場) (1997 年運開、後述) などが併設されている。

出典：元 JNC 北京事務所 永崎隆雄氏調査作成資料に基づく

第6節

廃棄物処理処分

原子力発電の結果、排出される放射性廃棄物は、「放射性汚染防止法」に基づき処理されている。

中国の「放射性汚染防止法」によれば、中・低レベル放射性廃棄物については「国が定める区域において浅地層処分する」と規定している。同法に基づき、中低レベル廃棄物処分場が下記の二カ所で操業している。

① 北龍処分場

場所：広東省大亜湾近傍

最終処分容量：約 20,000m³

現処分容量：約 8,000m³

② 西北処分場

場所：陝西省酒泉

最終処分容量：約 20,000m³

現処分容量：約 6,000m³

出典：元 JNC 北京事務所 永崎隆雄氏調査作成資料に基づく

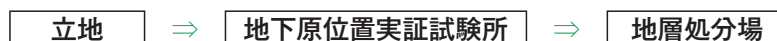
参考：日本原燃株式会社の低レベル処分場の概要

- 場所：青森県六ヶ所村
- 最終処分量：600,000m³（予定）
- 現在運用中の埋立地
- 現在運用中の埋立地：
 - > 第一号 40,000m³
 - > 第二号 40,000m³

出典：日本原燃株式会社 HP より <http://www.jnfl.co.jp/>

また、再処理の後発生する高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）及びアルファ放射性固体廃棄物については、やはり「放射性汚染防止法」により、「集中的に深地層処分する」ことなどが規定されている。ただ、再処理はまだパイロットプラント段階であり、現在は最終処分に向けて、処分の試験等が行われている。日本との違いは、国（環境保護部）と各事業者が共同責任で事業を行うこと、および地方政府の反対が禁じられ、支援支持が義務付けられていることである。

現在の地層処分の戦略は概略次の通りと言われている。



この処分場のサイトは、四川省大足県北山地域に計画している。現時点での地層処分の想定シナリオは次の通りと言われている。

第 1-3-5 表 高レベル廃棄物地層処分シナリオ

項 目	～ 2010 年	～ 2020 年	～ 2030 年	～ 2040 年
立地と立地評価	北山地域選定、10 箇所 試すい	立地確定 立地特性評価		
地価研究所	プレ FS	FS 建設開始	原位置試験 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

出典：元 JNC 北京事務所 永崎隆雄氏調査作成資料に基づく

第4章 原子力の研究開発

第1節

高速増殖炉

中国は、プルトニウムのリサイクルを目指し、高速増殖炉の研究開発を進めている。

中国は日本などと同様、プルトニウムリサイクル路線を政策としており、高速増殖炉の研究開発を1960年代より進めている。現在、北京郊外に実験炉（CEFR）を建設中で、その概要は次の通りである。中国では、今後、原型炉、実証炉を経て、2030年から2040年頃に高速増殖炉を実用化したいという計画を有している。

- 設置主体：中国原子能科学研究院（CIAE）
- 設置場所：北京市房山
- 形式：タンク型（フランスやロシアと同型、日本はループ型）
- 熱出力：65MW（日本の常陽は140MW）
- 電気出力：20MW（日本の常陽は発電機を設置していない。原型炉もんじゅは電気出力280MW）
- 建設費：3億2500万ドル超
- 燃料：初装荷はUO₂燃料（19.6%及び64.4%濃縮ウランを使用）、取替燃料ではMOX燃料を予定
- 燃焼度 60000MWd/t（初装荷 Max）～ 100000MWd/t
- 沿革：2000年着工
 - >2002年原子炉建屋完成
 - >2008年機器設置完了

出典：“China Fast Reactor Technology Development-Recent Status and Future-”

CIAE Xu Mi氏 2007年6月「敦賀国際エネルギーフォーラム」発表資料及び“Fast Reactor Technology in China and China-Japan Cooperation” CIAE Wang Gang所長の2009年10月原子力機構来訪時配布資料

第2節

高温ガス炉

中国は、清華大学を中心に高温ガス炉の開発を進めている。

中国はドイツや日本の協力を得て、清華大学を中心に高温ガス炉の研究開発を進めている。その中心となるのが HTR-10 であり、その概要は次の通りである。

- 設置主体：清華大学
- 設置場所：北京市海淀区清華園
- 熱出力：10MW
- 電気出力：2.6MW
- 燃料：17%濃縮の二酸化ウラン燃料
- 燃料の型式：直径 6cm のたどん型でドイツのユーリッヒのものと同様。
- 炉心容量：直径 180cm × 高さ 197cm この中に上記の燃料が約 27,000 個装荷
- 冷却材：ヘリウムガス
- 原子炉出口温度：900℃を目標としている
- 沿革：1992 年 建設決定
2000 年 臨界
2003 年 初送電開始

中国ではこの技術を元に、電気出力 20 万キロワットの実証プラントの建設準備が進められており、山東省の石島湾に近々着工の予定であるといわれている。

出典：元 JNC 北京事務所長 永崎隆雄氏調査資料に基づく

なお、参考までに日本の高温ガス炉の概要は次の通り

- 原子炉の名称：高温工学試験研究炉（HTTR）
- 設置主体：独立行政法人 日本原子力研究開発機構
- 設置場所：大洗研究開発センター（茨城県大洗町）
- 熱出力：30MW（タービンがなく、電気出力はない。）
- 燃料：二酸化ウラン・被覆粒子 / 黒鉛分散型（濃縮度は 3 ～ 10%（平均 6%））
- 燃料の型式：ピン・イン・ブロック型
- 炉心容量：炉心高さ 2.9 m × 炉心等価直径 2.3 m、燃料体 150 体装荷
- 冷却材：ヘリウムガス
- 原子炉出口冷却材温度：最大 950℃（達成値）
- 沿革：1998 年 11 月 初臨界
>2001 年 12 月 定格出力（30MW）達成
>2004 年 4 月 原子炉出口冷却材温度 950℃達成（世界初）

日本では、HTTR を活用して、2020 ～ 30 年頃に実用高温ガス炉・水素製造システムの原型を提示することを目指している。

出典：日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター HP：

http://httr.jaea.go.jp/index_top.html

日本原子力研究開発機構提供資料に基づく

第3節

核融合

① 核融合研究施設と ITER への参加

中国では核融合の研究開発も積極的に進められており、国際的なプロジェクトである ITER にも参加している。

中国の核融合研究開発はレーザー核融合と磁場閉じこめ核融合の二つの系統がある。このうち、レーザー関係の研究開発の詳細は不明である。

一方、磁場閉じこめ型は、中国の5カ所の研究所で研究が行われているが、主要な施設は中国核工業集团公司西南物理研究所と中国科学院プラズマ物理研究所である。

① 中国核工業集团公司西南物理研究所

- 四川省成都の核融合科学センター（285名のスタッフ）が主たる研究母体。
- 1958年 直線ピンチの研究開始
- 1971年 ステラレーター
- 1975年 超伝導のミラー型封じ込め装置 MM-2 建設
- 1981年 非円形断面トカマク FY-1 の実験
- 1990年 逆磁場ピンチ装置 SIP-RFP
- 1984年 HL-1（次ページの第 1-4-1 図参照）トカマクの実験に着手
- 1994年 上記を HL-1M に改造
- 2002年 中国で初となるダイバータトカマク HL-2A（次ページの第 1-4-1 図参照）の運転開始

② 中国科学院プラズマ物理研究所

- 1978年 設立。職員数は488名、内研究者・技術者が347名。
- HT-6M を稼動。
- 1994年 ソ連から導入した超伝導トカマク装置を改造して、中国で初となる超伝導トカマク HT-7（次ページの第 1-4-1 図参照）の運転を開始。
- 2006年 上記の経験をもとに中国国産の完全超伝導トカマク EAST（次ページの第 1-4-1 図参照）建設、ファーストプラズマ着火に成功。

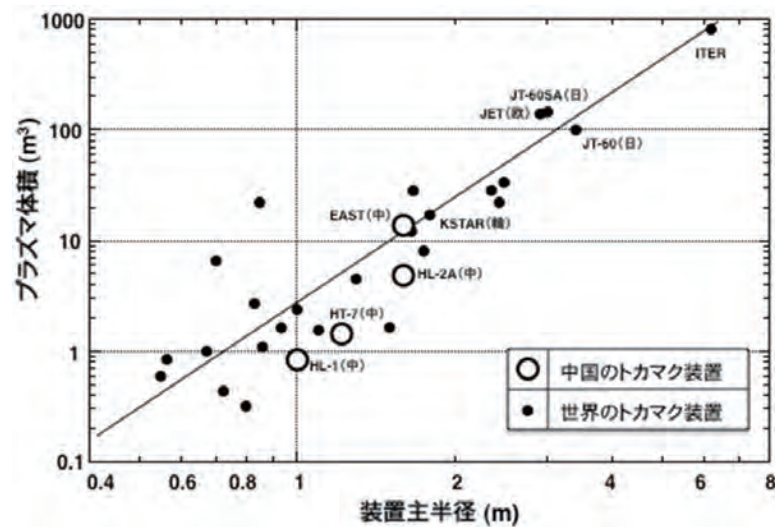
プラズマ物理研究所で特筆すべきは、超伝導トカマクを自力で製作したことが挙げられる。輸入した超伝導線材 NbTi を使い、すべてのコイルについて敷地内の工場では、導体化、巻き線処理、コイル製作を行い、すべてのコイルの単体冷却・通電試験を行い性能を確認した上で、トカマクとして組み上げ、大きな障害も無くファーストプラズマ着火に成功した。超伝導コイル製作技術、低温技術、品質管理等、日、欧、米等の先行極に匹敵する技術レベルを実証したといえる。

しかし炉心プラズマの性能向上、物理解明に必要な加熱装置技術、計測技術開発が遅れていると推察される。

下図は、世界におけるトカマク装置の能力比較を行ったものである。現在の世界の三大トカマクと言われているのは米国プリンストン大学の TFTR、日本の JT-60、及び欧州の JET である。日本は JT-60 を一部改造して超伝導装置を導入しようとしている。(JT-60SA)

一方、中国の現有の装置は、HL-2A と EAST であるので、韓国の KSTAR などと並んで能力的には一時代前のものであるが、超伝導装置を導入しているところが先進的である。

第 1-4-1 図 主要トカマク装置の性能比較



JET : Joint European Torus (英国 EU の共同施設)
 JT-60 : JAEA-Tokamak-60 (日本原子力機構)
 JT-60SA : JAEA-Tokamak-60 Super Advanced (日本原子力機構)
 KSTAR : Korea Superconducting Tokamak Advanced Research (韓国)

出典：独立行政法人日本原子力研究開発機構提供資料に基づく

中国は、日本、米国、欧州、ロシア、韓国、インドと共同で、フランスのカダラッシュに核融合実験施設を建設する「国際熱核融合実験炉」計画（ITER：International Thermonuclear Experimental Reactor）に参加している。上記二つの研究所などの寄与度は次の通りである。

中国科学院 プラズマ物理研究所	： ITER 中国分タスクの 75%
中国核工業集团公司 西南物理研究所	： ITER 中国分タスクの 20%
その他の研究所	： ITER 中国分タスクの 5%

② 中国の核融合研究力

中国の核融合研究力は、急激に向上しているが、欧米日などの主要国との差はまだ存在する。

核融合研究では、隔年で開催される IAEA 主催核融合エネルギー国際会議がその実力を測る最も有効な手段である。今回はジュネーブで第 22 回目が 2008 年 10 月 13 - 18 日に開催され、第 1 回開催から数えて 50 周年という記念すべき会議であった。論文リストに挙げられている論文数は 531 件で、国別では、日本が 123 件でトップ、米国が 112 件で次いでいる。中国は 25 件で第 8 位に入っている。41 の国と機関が参加しているが、核融合研究の場合、イギリス、フランス等を EURATOM としてまとめる必要があり、そのように整理すると、EURATOM の論文数は 171 件とトップになる。ITER 参加極順に並べると、欧州 171 件、日本 123 件、米国 112 件、ロシア 38 件、中国 23 件、韓国 13 件、インド 4 件となり、中国は ITER の参加極の中で 5 番目の研究開発アクティビティの高さであると評価される。

近年中国の論文数が増えた理由は、中国科学院プラズマ物理研究所の超伝導トカマク EAST や西南物理研究所の中型トカマク HL-2A が稼動し始め、実験データが出始めてきたことが考えられる。特に、EAST は完全な超伝導のトカマクとして世界で最初に稼動したものである。実験はきわめて順調に進展しており、新しいデータが創出されつつあると言え、これが論文数の増大の理由であろうと思われる。

第 1-4-1 表

IAEA 主催国際会議での核融合研究論文数

順位	国	論文数
1	日本	123
2	米国	112
3	ドイツ	47
4	ロシア	38
5	イギリス	30
6	イタリア	27
7	フランス	26
8	中国	25
9	韓国	13
10	スイス	11

出典：独立行政法人日本原子力研究開発機構提供資料に基づく

IAEA 主催核融合エネルギー国際会議では、ある程度の規模の大きな研究の全体報告（オーバービュー講演）および口頭発表（オーラル講演）が重視される。下表にまとめた通り、オーバービュー講演では、米 6、日 3 に次いで英仏伊と同じく中国は 2 件で 3 位であるが、口頭発表では、中国は 1 件だけで、米国 27、日本 25 などにはるかに及ばないのが現状である。中国は論文数が多い割には、オーバービュー講演、口頭発表数が少ないと言える。これは、EAST、HL-2A とも、トカマク本体は完成しているものの、加熱装置、計測装置が十分ではなく、プラズマパラメータの向上、性能の改善、科学的な分析等、必ずしも十分とは言えず、そのことが、注目されるオーバービュー講演や口頭発表数の向上に繋がっていないのではないかと推察される。装置完成後から年月があまり経過していないこと、シニア研究者が十分育成できていないことを考慮すれば、追加機器の整備、経験年数の増加が見込める 4～5 年先には、

研究アクティビティが著しく高まり、世界の核融合研究開発の中で重要な役割を果たすようになるものを期待される。

第 1-4-2 表

IAEA 主催国際会議での国別オーバービュー・オーラル講演数

	オーバービュー	オーラル	合 計
米 国	6	27	33
日 本	3	25	28
ドイツ	1	13	14
イギリス	2	8	10
フランス	2	5	7
ロシア	1	6	7
イタリア	2	4	6
E C	1	4	5
ITER	1	3	4
中 国	2	1	3
その他	2	4	6
EURATOM	9	35	44
合 計	32	135	167

出典：独立行政法人日本原子力研究開発機構提供資料に基づく

第4節

研究炉

中国では、研究開発や人材養成のために研究炉を建設・運転している。

中国では、1950年代より原子力研究のための研究炉を建設し、これを運転している。

中国の原子力規制機関である国家核安全局の2007年年報によると、8つの研究炉が運転中、9つの炉が安全停止中である。運転中の研究炉の所有者は、中国原子能科学研究院、中国核動力研究設計院、深圳大学となっている。

このうち、清華大学の研究炉は高温ガス実験炉である。それ以外の運転中の研究炉の主なものは次の通り。

① 重水研究炉 (HWRR- II)

- ・所有者：中国原子能科学研究院
- ・場所：北京
- ・型式：重水減速、重水冷却炉 1958年臨界
- ・炉出力：15MW〔 $\phi_{th(max)} = 2.4E14$ 〕（国家核安全局の年報では10MW）
- ・研究目的：中性子物理、フェライト磁気構造、超伝導材料、結晶構造
- ・運転状況：2372時間、687.4MWD（2007年）
- ・（なお、この炉はIAEAのデータベースで運転中となっているが、永崎隆雄氏によれば、現在停止中とのことである。）

② スイミングプール型研究炉 (SPR-IAE)

- ・所有者：中国原子能科学研究院
- ・場所：北京
- ・型式：軽水冷却・軽水減速プール型 1964年臨界
- ・炉出力：3,500kW〔 $\phi_{th(max)} = 4.0E13$ 〕
- ・燃料：濃縮10%、被覆A11.5mm、径10.0mm棒状
- ・反射体：Beおよび黒鉛
- ・RI製造：Tc-99mm、P-32、Cr-51（詳細不明）
- ・研究目的：ジルカロイ-2、-4の材料試験
シリコンドーピング、中性子散乱、訓練
- ・運転状況：2956.236時間、431.101MWD（2007年）
- ・（この炉もIAEAのデータベースで運転中となっているが、永崎隆雄氏によれば、現在停止中とのことである。）

③ 小型研究炉 (MNSR-IAE)

- ・所有者：中国原子能科学研究院
- ・場所：北京
- ・型式：プール中タンク型、軽水減速、軽水冷却（自然循環） 1984年臨界

- 炉出力：27kw [$\phi_{th}(\max) = 1.0E12$]
- 燃料：濃縮度 90%、Al 合金被覆 0.5mm 5mm × 270mm
- 反射体：Be
- 研究目的：放射化分析も行われているが、教育、訓練が主たる目的。
- 運転状況：4888.35kwh (2007 年)

4 高中性子束試験炉 (HFETR)

- 所有者：中国核動力研究設計院
- 場所：四川省楽山
- 型式：軽水減速・軽水冷却タンク型。1979 年臨界
- 炉出力：125MW [$\phi_{th}(\max) = 6.2E14$]
- 燃料：濃縮度 90%、Al 合金被覆 0.5mm、21.28,56mm × 1.5mm × 1000mm
- 反射体：Be
- 研究目的：炉物理、燃料および材料試験、宝石原石照射 (2550kg)
- RI 製造：Co-60、Ir-192、Tc-99m 年 270kci
- 運転状況：167.19 日、11692.99MWD (2007 年)

5 岷江試験炉 (MJTR)

- 所有者：中国核動力研究設計院
- 場所：四川省岷江
- 型式：軽水冷却・軽水減速プール型 1991 年臨界
- 炉出力：熱出力 5MW [$\phi_{th}(\max) = 8.0E13$]
- 燃料：濃縮 90%、Al 合金被覆 0.5mm、長さ 1000mm
- 反射体：Be
- 研究目的：シリコン照射、宝石原石照射 (6450kg)
- RI 製造：Tc-99m、I-131、Sm-153 計 1.3kCi/ 年
- 運転状況：61 日、278.73MWD (2007 年)

6 小型研究炉 (MNSR-SZ)

- 所有者：深圳大学核燃料応用連合研究所
- 場所：広東省深圳
- 型式：軽水冷却・軽水減速型・1988 年臨界
- 炉出力：熱出力 30kw [$\phi_{th}(\max) = 1.0E12$]
- 燃料：Al 合金被覆 0.6mm、5mm × 270mm
- 反射体：Be
- 研究目的：教育訓練用と推定される
- 運転状況：155kwh (2007 年)

出典：中国国家安全局 2007 年年報及び 2002 年 3 月日本原子力産業会議より刊行された「アジア諸国原子力研究所ハンドブック」を元に、JST 特任フェローの林が作成。

なお JST 中国総合研究センターが運営するサイエンスポータルチャイナの「注目記事」というコンテンツに、2009 年 4 月 21 日、中国原子能科学研究院の柳衛平副院長が投稿した、「中国の先進原子力技術開発に力を注ぐ－中国原子能科学研究院の紹介」と言う記事の中で、現在建設中の大型研究炉（CARR）について述べており、その概要は次の通りである。（JST 特任フェローの林が一部抜粋して掲載。）この記事には、2009 年 5 月に臨界予定となっているが、現在の状況は不明である。

中国先進研究炉（CARR）は重水減速軽水冷却の大型原子炉システムである。CARR の推進効率は 60MW、中性子束は $8 \times 10^{14} \text{n/cm}^2/\text{s}$ である。CARR は中国の核科学研究に重要な科学実験プラットフォームを提供し、中国の核科学技術全体の実力とレベルの重要な里程標といえることができる。原子炉炉心と重水反射層内に、異なる用途の垂直管と水平管およびそれに組み合わせる中性子束応用設備計器を設置することで、原子炉が発生する強い中性子束の流れを十分に利用し、中性子散乱実験、放射性核種放射生産、イオン化放射線計測標準、原子力開発研究および中性子活性化分析など行うことができる。高分解能粉末中性子回折装置（HRPD）、高強度粉末中性子回折装置（HIPD）、残留応力回折装置（RSD）、中性子 4 軸回折装置（FCD）、中性子構造回折装置（NTD）、中性子 3 軸回折装置（TAS）、中性子小角散乱回折装置（SANS）、中性子反射回折装置（NR）、冷中性子ラジオグラフィーと熱中性子のラジオグラフィー（Neutron Radiography）など回折装置 10 台を製作する。これらの回折装置はナノ材料の構造分析と材料工学の応力分析の重要な道具となるであろう。

第5節

その他の研究施設・設備

中国の研究機関は、加速器・Co-60 照射施設などを有している。

中国の主要な研究機関では、研究目的のため様々な研究施設・設備を有している。下記のデータは、日本原子力会議により 2002 年に取りまとめられたものであり、中国原子能科学研究院が突出した能力を有している。

第 1-4-3 表

中国の主要な原子力関連研究機関

機 関 名	施 設 ・ 設 備
中国原子能科学研究院	クリティカル・アセンブリー 3 基 1.2m AVF サイクロトロン バンデグラーフ陽子加速器 2.7MeV コッククロフト・ワルトン加速器 600Kev ライナック電子加速器 15MeV タンデム加速器 HVEC 13MeV 電磁アイントープ分離装置 高温高压試験ループ 照射済材料試験用ホットセル RI 製造用書設備・施設 廃棄物処理施設 Co-60 照射施設
中国核動力研究設計院	RI 製造用書設備・施設 使用済み燃料試験用ホットセル 熱水力学実験ループ
中国科学院 上海応用物理研究所 (元上海原子核研究所)	1.4m AVF サイクロトロン バンデグラーフ電子加速器 Co-60 照射施設 ゼロ出力研究炉 タンデム加速器 P : 30MeV、d : 16MeV、a : 32MeV 200kV 20mA 12 万 Ci 6MV
北京師範大学 低能核物理研究所	中性子発生装置 イオン注入機 電子線ライナック イオン注入装置 タンデム加速器 Co-60 照射施設 400keV、1mA 400keV、2mA 5meV、200 μ A 100KeV、2mA 1.7MeV、60 μ A (H+) 2 万 Ci
北京大学	バンデグラーフ陽子加速器 Co- 60 照射施設 4.4MeV 3,000Ci
上海科学技術大学	バンデグラーフ電子線加速器 コッククロフト・ワルトン型中性子発生装置 ICT 型加速器 イオン注入装置 1.5MeV、100 μ A 400KeV、5mA、N : 14MeV 300KeV、30mA 60KeV
中国科学院 上海化工研究院	バンデグラーフ加速器 Co-60 照射施設 1.5MeV、100 μ A 2 万 Ci

中国科学院 長春応用化学研究所	Co-60 照射施設（鉛容器） Co-60 照射施設（水井式） バンデグラーフ加速器	2 万 Ci 6 万 Ci 2MeV、150 μ A
中国科学技術大学	電子線ライナック 電子線ストレージリング	200MeV 800MeV
清華大学 技能技術研究所	バンデグラーフ加速器 タンデトロン加速器 Co-60 照射施設	

出典：社団法人 日本原子力産業会議「アジア諸国原子力研究所ハンドブック」2002 年 3 月に基づき、
JST 中国総合研究センターで一部修正。

第5章 放射線の利用

中国でも放射線の産業利用が積極的に進められており、特に食品照射などで日本よりはるかに進んでいる。

中国は経済の急成長により、北京、上海、福州、深圳、大連等の著しく発展した数ヶ所の市の地域を中心にして放射線を応用した産業の核が形成され、それぞれが独立して成長してきている。このため、中国全土の状況を統計的にまとめることが非常に困難な状況にある。少し古いデータであるが、2002年3月に日本原子力産業会議により刊行された「アジア諸国原子力研究ハンドブック」によれば概要は次の通りである。

この中で特筆すべきことは食品照射である。日本では消費者団体等の強い反対などで、利用がじゃがいものみでしか進んでいないが、中国では2002年時点で8品目の食品照射が許可されている。

更に、2002年時点では8品目であったが、中国の認証認可ネットのホームページの情報によれば、現時点で許可されている食品照射の品目は100品目を越えているとのことであり、例示として次のものが挙げられている。

- ・特殊食品：病人用無菌食品
- ・乾燥食品：タマネギの粉、ダイウイキョウの粉、エビの粉、青ねぎ、唐辛子粉、ニンニク粉、エビのむき身などの乾燥製品
- ・販売期限延長食品：月餅、袋入り肉製品、果物の砂糖漬けなどの製品
- ・冷凍品：冷凍スルメイカ、冷凍むき身エビ、冷凍カニ肉、冷凍カエルの足等の製品
- ・健康食品：減肥茶、高麗人參、花粉、靈芝製品、ティー・バッグ、美容保健口服食品（美容健康ドリンク）。

第 1-5-1 表 中国における放射線の産業利用状況一覧

分野	現 状
電線の架橋	上海で、電子加速器による架橋耐熱電線の商業生産が発達している。年間五百萬元の売り上げがあり、輸出もしている。研究開発は上海科学技術大学等で行われている。天津電線工業も年 2,000km の電子線架橋電線を生産する。中国原子能科学研究院（CIAE）でも、ELV-6 型という可変型（2MeV）の加速器を用いて、主に電線の架橋を行っている。
熱収縮材料	長春応用科学研究所、吉林放射線科学研究所等で電子加速器を用いた熱収縮材料の研究開発、工業生産が行われている。とくに長春応用化学研究所では、日本企業の技術協力も得て、熱収縮チューブの製造の商業化に成功し、1996 年民営の「長春熱収縮材料有限公司」を設立し、現在では中国の 15 ～ 20% の熱収縮材料を供給している。現在、電子線利用熱収縮材料の製造には、研究機関も含めると中国全体で 15 台の電子加速器が利用されており、競争状態になっている。

滅菌、殺菌	深圳の100万Ciの滅菌施設(カナダNordion社製)では、ソフトコンタクトレンズや人工皮膚の処理を行っている。また、北京には50万Ciの施設があり、1989年から商業照射を行っている。 中国科学院上海原子核研究所では、1998年から食品の他に医療器具の照射が、1999年からポリエチレンの架橋のための照射が行われている。当該施設は、24時間/日×約360日/年でフルに稼働している。 2001年9月に米国で発生した炭疽菌による郵便物テロの危険に対応するため、清華大学が設立した会社(Tsinghua Tongfang Nutech社)が、電子加速器による殺菌装置を製作し、中央政府に納入予定である。
食品照射	1984年じゃがいも、タマネギ、にんにく、米、マッシュルーム、ピーナッツ等の8品目の照射が許可になり、上海、西安、北京その他の照射センターでの実用照射を積極的に進めている。河南鄭州と山東齊南、金郷照射センターでは、3万トン以上のにんにくの照射が行われており、一部は輸出されている。 中国では28の省のほとんどが中・小型のCo-60照射装置を有しており、その地域の農産物を照射している。全国統計では年間に8～10万トンの食品が照射されている。その中の50%が「にんにく」で20%がスパイス、30%が乾燥野菜(シーズニング)である。ナツメ類、漢方薬、冷凍ボーク、料理梱包済みのチキンなども照射販売されている。 中国科学院上海原子核研究所では、1985年に食品照射を目的に12万Ciの照射装置が建設され、果物、野菜等の照射を行っている。
表面塗装	木材の表面塗装が上海科学技術大学、上海加速器研究所、上海家具工場との共同で0.3MeVの電子加速器でパイロット試験が進められている。また、磁気テープ、石膏ボード、車部品の電子線塗装の研究開発が上海磁気テープ工場等で行われている。
ポリアクリルアミド	放射線重合により年間300～400トン生産され、石油、繊維、製紙工場で高分子凝集剤として使用される。
コンタクトレンズ	上海化学技術大学等4ヶ所で放射線重合を利用して製造し、販売されている。
発砲ポリエチレン	北京師範大学、北京プラスチック工場、上海化学技術大学等で研究開発および年間100トンの工場生産が行われている。
高分子材料研究	長春応用化学研究所の将来の実用化研究としては、①自動車用タイヤゴムの架橋技術の開発、②ハイドロゲルの製造と利用、③澱粉のグラフト等による改質利用、④分解型と架橋型ポリマーのブレンド物照射による改質利用を計画している。
排煙処理	中国における石炭燃焼排煙の電子線処理は、硫黄酸化物を処理対象としている。成都にて1997年から実施されたパイロット試験では、排煙量300,000m ³ /h中1200ppm程度のSO ₂ に対して85%以上の脱硫率が得られている。また、2003年からは杭州(同310,000m ³ /h)においても同様の試験が実施されている。
貨物検査	清華大学が設立した会社が、加速器X線やCo-60によって、大型のコンテナや車輦の内容物を検査する装置を製造・販売しており、すでに国内の港などに40台設置され、輸出も行われている。利用目的は主に、港、空港、国境に設置して入国してくるコンテナなどの内容物を検査して、麻薬、銃器、車輦など法律で禁じられている物品の密輸入を防止することにある。

出典：社団法人 日本原子力産業協会「アジア諸国原子力研究所ハンドブック」2002年3月にに基づき、JST 中国総合研究センターで一部修正。

第6章 原子力人材の育成

第1節 大学

中国の大学は、将来の原子力発電の拡大を念頭に、原子力技術者を積極的に育成するとともに、国内外の関係機関との連携を進めている。

中国では当初、原子力工学専攻学科を持つ大学は27校を数え、大学以外にも「核中等専門学校」といった専門学校や「技工学校」といった職業学校も多数設立された。しかし、80年代後半には原子力工学専攻卒業生に対するニーズが減少したこともあり、学生による原子力離れが始まり、90年代半ば以降には有能な人材が原子力以外の分野に流出した。このため、原子力工学科を閉鎖する大学も現れた。原子力工学科を存続した大学も、かろうじて維持するような状況に追い込まれた。

しかし、近年政府による積極的な原子力発電開発の意向もあり、状況は大きく変わった。近い将来に、世界最大の原子力発電国である米国を追い越すほどの勢いで原子力発電開発が進められるなかで、人材の確保がこうした原子力発電拡大の大きな制約要因の一つになるとの見方さえ広まっている。

以下の表で判るように、清華大学など中国の有数の大学において、原子力技術者の養成が積極的に行われるとともに、国内や外国の企業、研究所と研究協力などの連携を進めている。

第1-6-1表 原子力関連課程を持つ大学の概要

原子力関連課程を持つ大学の概要										
	大学名	所在地	原子力課程 設立年	原子力課程教師数（人）				原子力課程学生数（人）		
				教 授	副教授	その他		学部生	その他	
1	華東理工大学	上海市	1952年	45	8	13	24	750	600	150
2	瀋陽工程学院	遼寧省	1952年	58	6	16	36	－	－	
3	蘭州大学	甘肅省	1955年	57	12	11	34	500人以上	－	－
4	清華大学	北京市	1956年	114	29	46	39	約600	300	300
5	上海交通大学	上海市	1958年	27	5	7	15	260	150	110
6	西安交通大学	陝西省	1958年	43	11	5	27	－		
7	中国科学技術大学	安徽省	1958年	－	69	64	－	－		
8	ハルビン工程大学	黒龍江省	1959年	81	19	26	36	1336	約1000	
9	東華理工大学	江西省	1999年	37	12	12	13	約700	約600	約100
10	南華大学	湖南省	2000年	45	8	13	24	約700	約500	約200
11	四川大学	四川省	2002年	60	16	－	－	約300	約200	約100
12	華北電力大学	北京市	2003年	15	6	3	6	約600	約90	
13	西南科技大学	四川省	2006年	81	44	37	約250	約220		
14	重慶大学	重慶市	2007年	50	21	12	17	約130	約100	

出典：中国大学入試名師網（<http://gaokao.mingshi.com>）及び各大学のHPに基づいて、テピア総合研究所が作成

第 1-6-2 表

中国の主要大学と企業・研究機関との提携状況

	大学名	企業や研究所との連携
1	清 華 大 学	1. 国内企業との連携 清華大学工程物理系は 1996 年に中国核工業集团公司と毎年、同公司向けに原子力工学と原子力技術専攻の学生 60 名を育成する契約を締結した。 2. 共同研究 ①欧州合同原子核研究機構 (CERN)：LHC プロジェクト ² ②米 BNL：RHIC-STAR プロジェクト ③カナダ AECL：新型原子炉概念設計に関する研究 ④オーストリア原子力科学技術機関：プラズマ体に関する研究 など その他、北京大学、華北電力大学、上海交通大学、西安交通大学と共同研究などを実施している。
2	上 海 交 通 大 学	1. 国際企業・機関との共同研究 ①カナダ AECL：超臨界原子炉基礎研究 ②米ウェスチングハウス社：原子炉物理分析方法 ③独原子炉安全研究所：安全分析プロジェクトの応用と開発 ④独カールスルーエ研究センター：重大事故と水素安全 2. その他の提携機関・大学 ①国内大学：清華大学、華北電力大学、北京科学技術大学、台湾清華大学など ②国外大学：米ミシガン大学、日本東京大学、韓国科学技術大学など ③国外研究所：韓国原子力研究所など
3	西 安 交 通 大 学	①日本の群馬大学と広島大学との間で長期協力協定を締結し、科学研究を協力して実施している。 ②核電秦山連営有限公司、上海原子力研究設計院などの企業と協力協定を締結している。
4	ハルビン工程大学	①日本京都大学と岡山大学、デンマーク技術大学、及びノルウェーエネルギー技術研究院と共同研究、大学院生の交換教育などを行っている。 ②中国国家原子能機構 (CAEA) 及び国際原子力機構 (IAEA) と共同で、IAEA-CAEA 原子力教育プロジェクトを展開し、発展途上国の原子力分野の専門人材を育成している。
5	中国科学技術大学	国有大型原子力発電企業集団や原子力科学研究院などと長期的提携関係を構築している。
6	華 北 電 力 大 学	①中国広東核電集团有限公司との間で共同人材育成契約を締結した。 ②大唐国際発電有限公司、環境保護部核・放射線安全センター、中国原子能科学研究院と戦略協力契約を結んだ。
7	南 華 大 学	①日本の名古屋大学、香港大学、清華大学などと共同研究などの協力関係を構築している。 ②中国原子能科学研究院、中国科学院上海応用物理研究所、中国放射防護研究院と共同研究を行っている。 米国や日本、オーストラリア、ドイツなどの科学技術研究機関や著名大学に、優秀な若手教師を科学技術協力あるいは研修の目的で派遣している。

出典：中国大学入試名師網 (<http://gaokao.mingshi.com>) 及び各大学の HP に基づいて、テピア総合研究所が作成

2 大型ハドロン衝突型加速器 (Large Hadron Collider、略称 LHC) とは、高エネルギー物理実験を目的として CERN が建設した世界最大の衝突型円型加速器の名称。スイス・ジュネーブ郊外にフランスとの国境をまたいで設置されている。2008 年 9 月 10 日に稼動開始した。また、LHC 実験はそこで実施されている実験の総称。

第2節

企業などの人材育成

核工業集团公司や原子能科学研究院などでも人材育成が進められている。

急激な原子力開発の進展に伴い、企業である核工業集团公司や研究所である原子能科学研究院などにおいて、色々な人材養成プログラムを有している。元 JNC 北京事務所永崎隆雄氏によれば、次のような人材養成方策が取られているとのことである。

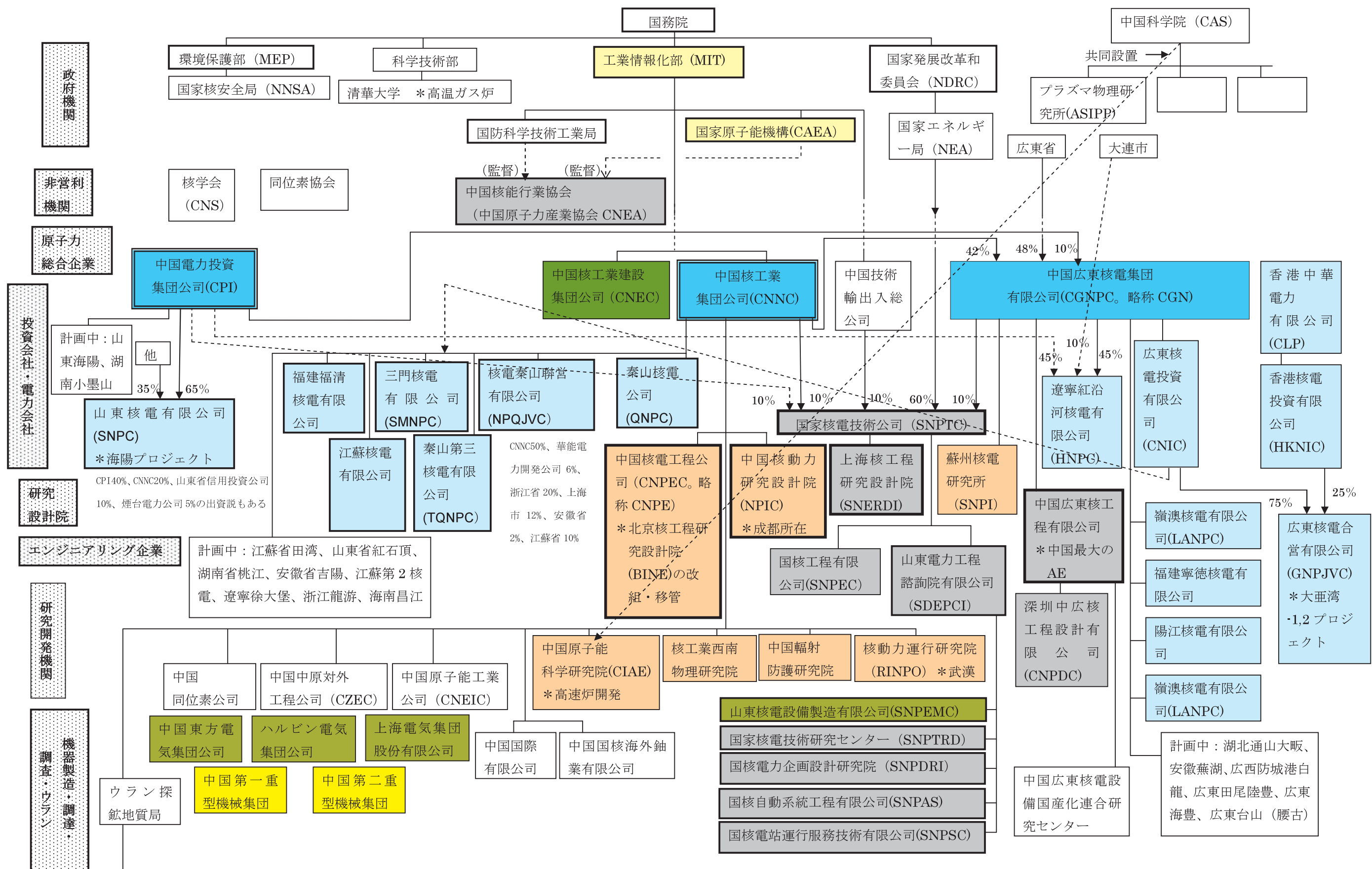
- 中国核工業集团公司

- ① 会社幹部や社員の再教育
- ② 関係大学との契約教育 2年間コース
清華大学、上海交通大学、西安交通大学、北京大学、ハルビン工科大学
- ③ 原子力発電所 OJT とシュミレータ訓練

- 中国原子能科学研究院

- ① トレーニングセンター開設 1985 年開始
- ② 技術開発の研究員教育
10-5 期 100 名育成 ワークショップや研究協力を計画
- ③ 原発運転員教育センター設置

中国の原子力体制



湖南、湖北、江西、安徽、重慶等の内陸立地のプロジェクトもある。最初の内陸立地は湖北北威寧で着工の予定。湖南、湖北、江西の3つのサイトも準備のための承認を得た（2008年6月23日、中国新聞社の報道）。

出典：原子力産業協会 中杉氏作成

参考資料 2

中国における原子力関係組織

以下に中国の原子力関係の組織についてその概要を記す。なお、これらの資料は、元 JNC 北京事務所長である永崎隆雄氏が調査を行った資料に基づいて作成したものである。

●統括・投資組織

1. 中国国家原子能機構（CAEA、China Atomic Energy Authority）

政府機関として、原子力行政・監督機能や国際協力のとりまとめを実施する行政部局である。
主な業務は次の通り。

- ①原子力分野の政策、発展計画の決定
- ②原子力関連の法律・条例の制定
- ③原子力発電所、核燃料・アイソトープ製造等の原子力産業における経営管理の具体化
- ④原子力分野の国際協力・交流における政府機関としての役割
- ⑤原子力平和利用を目的とした開発研究の促進

組織として次の5つの司を持っている。

- ①行政司 原子力輸出審査と管理、核物質・防災
- ②総合的計画司 年度計画の策定
- ③システム工学司 原子力研究プロジェクトの審査許可、監督、執行
原子力発電所と核燃料の開発計画
原子力研究プロジェクトの建設、管理と監督
核事故応急措置
- ④国際交流司 国際交流
- ⑤科学技術品質司 原子力先行研究の組織展開
原子力産業標準の制定

2. 中国核工業集团公司（CNNC、China National Nuclear Corporation）

1) 設立：1999年7月1日（前身：中国核工業総公司←能源部←核工業部）

2) 所属企業：100社以上の企業、事業団体、設計院、研究所を傘下に持つ。

職員数は十数万人と言われている。

3) 主業務内容：原子力発電、核燃料サイクル、放射線利用全般

- ・原子力と放射線利用の研究開発、設計、生産運転経営
- ・対外経済協力、輸出入等
- ・原子力発電、原子動力、核材料、ウラン探鉱・採鉱・製錬・転換・濃縮
成型加工・使用済燃料再処理・放射性廃棄物処理・処分
- ・アイソトープ製造販売、放射線計測器製造、放射線利用

4) 経緯：1988年の機構改革に伴い、原子力平和利用の現業部門として設立されたのがこの中国核工業集团公司である。その後、1998年の機構改革で、一部民営化が行われている。現在のところは、原子力研究の全般と原子力関連産業の大部分を実施している。

3. 中国広東核電集团有限公司 (CGNPC、China Guangdong Nuclear Power Holding Corporation)

中国で唯一原子力発電業務を主体とする、国務院国有資産監督管理委員会が管理を行うエネルギー企業である。

- 1) 設立：1994 年
- 2) 立地：広東省梅州市
- 3) 資本金：102 億元（約 1580 億円）：中国核工業集团公司 45%
総資産（2008 年 12 月末）：1298 億元（約 2 兆円）
純資産：413 億元（約 6200 億円）⇒（設立時 32.4 億元）
- 4) 所属企業：約 20 社
- 5) 所有の原子力発電所
運転中：4 基 400 万 kW：大亜湾、嶺澳
建設中：16 基 1700 万 kW：嶺東、紅沿河、寧徳、陽江
準備中：8 基 800 万 kW

4. 中国電力投資集团公司 (CPI、China Power Investment Corporation)

- 1) 設立：2002 年（元国家電力公司から分立）
原発投資資格（国務院の同意）を有する国家持株会社
- 2) 立地：北京市西城区
- 3) 資本金：120 億元（約 1800 億円）
総資産：2212 億元（約 3.3 兆円）（2007 年末時点）
- 4) 出資設備：4495 万 kW（権益分：3215 万 kW）
火力 3383 万 kW、水力 966 万 kW、原子力 135 万 kW
- 5) 所属企業：169 企業、15 社の株式保有
- 6) 従業員：約 8 万人

●エンジニアリング・設計会社

1. 中国核電工程公司 (CNPEC、China Nuclear Power Engineering Co.,Ltd.)

- 1) 設立：2004 年 2 月
- 2) 立地：広東省深圳市
- 3) 業務内容：国内最大の総合的原子力研究設計組織
 - ①原子力発電とその他の原子力プロジェクト管理
 - ②コンサルタントサービス
 - ③関係資機材の発注
 - ④施工管理
 - ⑤人員訓練 など
- 4) 原子力分野での実績：原子力発電技術の導入消化吸収
 - ・ 100 万 kW 級の自主設計を完了
 - ・ 第二世代 PWR 炉 (CPR1000) 技術の自主プラント研究設計
- 5) 資本金：8 億元

6) 人 員：3000 名

(専門技術員 2200 名、院士 2 名、研究員級高級エンジニア 140 名、高級エンジニア 600 名)

2. 中国核動力研究設計院 (NPIC、Nuclear Power Institute of China)

1) 設 立：1965 年

2) 立 地：四川省成都市

3) 業務内容：中国で唯一の核反応炉工程研究、設計、試験、運転を行う一体型の大型総合科学研究所である。

4) 原子力分野での実績：

- 制御棒耐震テストと高温高圧下寿命テスト
- 臨界熱流束テスト
- フロン伝熱テスト (500kW 受動熱放出)
- FBR の Na ループ (原子能科学研究院に移転)
- AC600 炉心補助水タンクテスト等を実施

3. 国家核電技術公司 (SNPTC、State Nuclear Power Technology Corporation Ltd)

1) 設 立：2007 年 5 月

2) 立 地：北京市西城区

3) 業務内容

- 第三世代炉、AP1000 等の導入輸入の管理・調整と技術輸入
- AP1000、4 基の商業運転支援
- 第 3 世代炉のエンジニアリング、製造、工程管理の国産化の確立
- AP1000 に基づいた中国独自の先進 PWR の開発

4) 他機関との協力実績：

①清華大学との合作

- 原子力発電自主化の加速
- 大型第三世代炉の開発実施主体
- 開発のプラットフォーム

②上海核工程研究設計院及び上海交通大学との連携

- 産学研の交流を促進し、科学技術研究、革新的開発課題の連携開発
- 大学の原子力学科建設、ハイレベル人材養成、学生訓練
- 国内外技術合作と技術交流等を強化

4. 中広核工程有限公司 (CNPEC、China Nuclear Power Engineering Co.,Ltd)

中国トップの原子力発電所 AE (工事建設と管理の専門) 会社

1) 設 立：2004 年 2 月

2) 立 地：広東省深圳市

3) 業務範囲：主に原子力発電の建設工事 (工程管理を含む)

4) 総資産 (2008 年 7 月末)：59.4 億元 (約 900 億円) 純資産：7.9 億元 (120 億円)

5) 人 員：4095 人 (平均年齢 32 歳)

●原子力メーカー

下図のように、中国は原子力メーカーの数が多く、また、主要機器毎に子会社を持つ傾向がある。主なメーカーは五社であり、その概要を次に記す。

第1-参考2-1図 中国の原子力メーカー一覧

	上海電気集団 上海電気重工集団	東方 電気集団	ハルビン 電気集団	中国第一重 型機械集団	中国第二重 型機械集団
原子炉圧力容器 蒸気発生器	上海重型 機器廠	東方鍋炉 広州重型機械	ハルビン鍋炉廠 秦皇島重型裝備	一重大連	山東核設備廠
蒸気タービン 発電機	上海電気 電機設備(有)	東方汽輪 東方電機廠	ハルビン汽輪 ハルビン電機	一重大連	
炉内構造物	上海(電気)第一機廠	武漢核設備			
制御棒駆動		東方汽輪			
燃料交換機	上海電気 機重運送機械廠	東方鍋炉			
環状クレーン					大連 重工・起重 太原 直型機械
主配管等	上海(電気)重型機器廠			中国 一重	中国 二重 中船 重工
ポンプ類	上海電気KSB核電ポンプ	東方アレキポンプ	ハル電交直流電機		瀋陽送風機
計装設備	上海電気電機設備	東方電機廠	ハルビン電機		北京核機工廠 中核武漢核電 運行技術股份
バルブ類	中核蘇閥バルブ 航天総公司研究所	西安核設備	ハル電站バルブ ハル電交直流電機	江蘇神通バルブ	大連大高バルブ
土木建設	核工業建設集団	核工業華興建設有限公司	第22建設公司(CNI22)		

出典：元 JNC 北京事務所長 永崎隆雄氏調査資料に基づく

1. 上海電気集団股份有限公司 (Shanghai Electric Group Co.,Ltd)

1) 創 業：1880 年

2) 立 地：上海市長寧区

3) 営業の範囲

第2世代と第3世代の加圧水型軽水炉の主設備の製造

高温ガス炉の PRZ と蒸気発生器の製造

4) 原子力分野での実績

・秦山Ⅰ、Ⅱ、チャシマ

炉容器、炉容器蓋、蒸気発生器、加圧機

・嶺澳Ⅰ期：主要設備

・紅沿河：蒸気発生器

・EAST：核融合炉

・清華大学：高温ガス実験炉

・船用動力炉

2. 中国東方電気集团有限公司 (DEC、Dongfang Electric Corporation)

- 1) 創 業：1984 年
- 2) 立 地：四川省成都市高新西区
- 3) 営業範囲：
 - ・大型タービン設備、大型発電所タービン、排ガス脱硫装置、大型化工容器等の製品
 - ・大型火力発電機 100 万 kW、60 万 kW
 - ・水力発電機 40 万 kW、55 万キロワット、70 万 kW
 - ・原子力発電種設備 100 万 kW 級
- 4) 原子力分野での実績
 - ①導入技術

仏 AREVA 社（フラマトム社）100 万 kW 級原子炉主要設備製造・管理技術
100 万 kW 嶺澳の原子炉主要設備の下請け製造からスタート
 - ②現状能力：100 万 kW 原発の主要設備を製造可能
 - ③受注実績：

嶺澳：圧力容器、タービン（設計はフラマトム）
嶺東：原子炉一次系、在来部分の機械設備

3. ハルビン電気集团公司 (Harbin Electric Corporation)

- 1) 創 業：1950 年代

設立の経緯：ハルビン動力設備股份有限公司（1994 年香港 H 株上場）
阿城継電器股分有限公司（1999 年深圳上場）
⇒ 2009 年 2 月 ハルビン電気集団に改名
- 2) 立 地：黒竜江省ハルビン市
- 3) 実 績：

中国初の原子力潜水艦汽水分離器を製造
秦山Ⅱ期の 2 基の 65 万 kW タービン・発電機
嶺澳：汽水分離再加熱装置
低温熱供給原子炉 5MW の研究・製造

4. 中国第一重型機械集团公司 (CFHI、China First Heavy Industries)

- 1) 設 立：1954 年
- 2) 立 地：黒龍江省チチハル市富拉尔基区
- 3) 営業範囲：超大型設備製造
 - ・プラント、ハイテク製品、技術サービス
 - ・中国発の原材料の製錬から鍛造、熱処理、機械加工、溶接まで行う企業
- 4) 分 野：鉄鋼、電力、自動車、鉱山、石油化学、運輸、原子力
- 5) 実 績：
 - ①圧力容器、主配管、蒸気発生器、加圧機、主ポンプ
 - ②パキスタンチャシマ原発 1、2 期の圧力容器（30 万 kW 級）
 - ③秦山Ⅱ期 3、4 号（60 万 kW）原子炉圧力容器と加圧器の製造（2005 年 9 月）

④ 100 万 kW 級の原子力設備

2007 年 1 月広東核電と CPR1000 圧力容器国産化共同推進契約を締結
遼寧省紅沿河に採用：2011 年頃に出荷

⑤ 高速増殖炉実験炉：原子炉容器の研究開発、実験炉の主要設備

- ・原子炉製造資格証：低温熱供給炉や高速増殖炉を取得

5. 中国第二重型機械集团公司（China National Erzhong Group Co.）

1) 設 立：1958 年 営業開始：1971 年

2) 立 地：四川省徳陽市

3) 提供サービス：国際標準の冶金、鋳山、電子、航空宇宙、原子力、船舶、交通運輸、水利、セメント、
化工、農林などの先進大型設備や各種中鑄造物

4) 原発納入実績：嶺澳、秦山等の原発設備、100 万 kW 級の加圧器（PRE）

●日本の三菱重工との比較

参考のために、日本の大手原子力メーカーでもある三菱重工との比較を記す。三菱重工は、原子力だけではなく、航空、宇宙、造船などの巨大企業であるが、その三菱重工と比較して、総資産が東方電気で 7.6 分の 1 からハルビン電気で 27 分の 1、営業収入も 7 分の 1 ～ 3.4 分の 1 と少ない。ただし、職員数は三菱重工と匹敵する程度の企業であることが判る。

第 1- 参考 2-1 表 中国と日本の電気メーカーの比較

会社名	上海電気	東方電気	ハルビン電気	中国一重	中国二重	三菱重工
営業範囲	発電及びエネルギー設備、原子力関連機器などの製造					発電及びエネルギー設備、原子力、航空宇宙、船舶海洋、交通物流、環境装置、産業機械、インフラ設備、冷熱機器、防衛関連
事業所・子会社数	60	20	70	9	17	約 300
総資産 億円	3,000	6,000	1,740	2,235	975	約 45,000
08 年度収入 億円	8,836	9,954	4,800	1,515	319	約 34,000
職員数	40,000	18,469	27,000	5,000 以上	11,743	約 34,000

出典：元 JNC 北京事務所長 永崎隆雄氏調査資料を一部修正

●その他

1. 中国原子能科学研究院（CIAE、China Institute of Atomic Energy）

1) 設 立：1950 年。中国科学院、第二機械工業部、核工業部の下部組織であったが、現在は中国核工業集团公司の管轄下。

2) 立 地：北京市房山区

3) 従業員：約 3200 人

うち、院士 4 人、博士候補指導教員約 80 人、高級科学研究・エンジニア約 900 人

4) 業務内容：

- 核物理
- 原子炉工学研究と設計
- 放射線化学
- 放射性同位元素

中国核科学技術工業システム確立に貢献。科学技術分野における核分野の人材を数千名送り出しており、中国科学院と工程院院士のうち、約 60 人が原子能院の経歴を持つ。

5) 主なプロジェクト

- 中国高速実験炉 China Experimental Fast Reactor (CEFR)
- 中国先進研究炉 China Advanced Research Reactor (CARR)
- 北京タンデム加速器 Beijing H1-13 tandem Accelerator Upgrading (BTANL)
- 中国再処理と放射化学施設 China Reprocessing and Radiochemistry Facility (CRARF)

6) 付属の研究機関

- 核物理研究所、原子炉工学研究設計所、放射化学研究所、同位体研究所、核技術応用研究所など 5 つの研究所。
- その下部組織としてタンデム加速器改良工事部、タンデム加速器改良工事技術部、中国高速実験炉工学部、中国先進研究炉工学部、核燃料後処理放射化学実験施設工程部、放射線計測測定部、放射線安全研究部など工学部と研究部を設置。
- 原子能院の民間産業には原子高科股份有限公司などの実体産業がある。

7) 主な施設

- ① 15MW 重水炉
3.5MW 軽水炉
27kW 中性子発生炉
- ② 4 つのゼロ出力施設
- ③ ホットセル

2. 中国の原子力安全体制

1) 基本：

推進行政と監督行政の分離
設備と健康の統一管理監督
放射性安全で水平展開している

2) 手段：

核安全許可証の審査と発給
建設・運転・廃止の監督、奨励
法律の執行と処罰（運転停止、許可取り消し、罰金）

3) 主な部局

- 環境保護部：環境保護、環境影響
- 国家核安全局：原子力と医療分野の放射線の安全

- 衛生部：作業者や公衆の放射線被曝や健康
- 中国国家原子能機構：推進行政と推進側の全体の安全管理責任
国際協力、条約、核不拡散、核輸出、核防護

第二部

宇宙開発



中国は、宇宙先進国の中でも躍進ぶりが著しい国の一つである。それを顕著に示したのは、2003年10月の「神舟5号（ShenZhou-5）」による中国初の有人宇宙飛行の成功であり、これにより欧州や日本を超えて、ロシア・米国に次ぐ第3の独自有人宇宙飛行能力を有する国となった。その後も中国の宇宙開発活動は急速なペースで進展しており、12年余りにわたる長征ロケットの連続打上げ成功、外国からの通信衛星の受注、月周回衛星の打上げなど、世界トップクラスのインパクトを持つ実績をあげてきている。

以下に、中国の個々の宇宙活動について述べるとともに、中国を含む宇宙先進国の技術レベルの比較について述べることにしたい。

第1章 宇宙輸送システム分野

宇宙輸送システムは、打上げロケットと射場施設などで構成され、宇宙軌道上でミッションを遂行する人工衛星や有人宇宙船を所定の宇宙軌道へ投入するための輸送手段となるものである。

第1節

打上げロケット

中国が現在運用している長征シリーズのロケットは、米・ロ・欧・日のロケットと比較して性能的に一步遅れているが、打上げ成功率は高い。現在開発中の長征5号が運用されると、世界最高水準となる。

① 運用中の長征ロケット

中国の打上げロケットの主力は「長征（ZhangCheng）」シリーズである。

中国が現時点で運用している長征ロケット系列は、下表に示すように、長征2号（C、D、Fの3形式）、長征3号（A、B、Cの3形式）、長征4号（B、Cの2形式）の計8形式である。

第2-1-1表

運用中の長征ロケット

系列	形式	用途	性能	射場	2009年8月までの打上げ数
長征2	2C	低軌道衛星（FSW など）	LEO 2.4t	酒泉	15
		長楕円軌道衛星（探測1）	HEO 約1t	西昌	3
		極軌道衛星（イリジウム・探測2）	SSO 1.5t	太原	11
	2D	低軌道・極軌道衛星（遙感-2 など）	LEO 3.1t	酒泉	9
	2F	有人宇宙船（神舟）	LEO 8.4t	酒泉	7
長征3	3A	静止衛星（東方紅・風雲など）・月周回衛星（嫦娥）・航法測位衛星（北斗）	GTO 2.6t	西昌	16
	3B	静止衛星（Sinosat など）	GTO 5.2t	西昌	12
	3C	静止衛星（Tianlian、Compass）	GTO 3.8t	西昌	2
長征4	4B	極軌道衛星（風雲、海洋、資源）	SSO 2.2t	太原	13
	4C		SSO 2.7t		2

注：LEO＝低高度軌道、SSO＝太陽同期極軌道、GTO＝静止トランスファ軌道、HEO＝長楕円軌道

出典：各種資料を基に JST 中国総合研究センター特任フェロー辻野氏作成

② 運用を終了した長征ロケット

長征ロケットの種類は大別して13種類あり、現在運用中の8種類以外は、既に運用を終了している。次表に運用を終了した5種類の打上げロケットを示す。これらのロケットによる打上げは28回あり、うち7回は打上げ失敗（ペイロードが衛星にならない）または軌道投入失敗（衛星にはなったものの不適切な軌道にとどまったものや本来の目的を果たせないような不具合を伴うもの）である。

第 2-1-2 表 運用を終了した長征ロケットの形式

系列	形式	用 途	性 能	射場	打上げ数	最 終 打上年
長征 1	1	低軌道衛星	LEO 0.3t	酒泉	2	1971 年
長征 2	2A	低軌道衛星	LEO 1.8t	酒泉	4	1978 年
	2E	静止衛星	GTO 3.5t	西昌	7	1995 年
長征 3	3	静止衛星	LEO 5.0t GTO 1.5t	西昌	13	2000 年
長征 4	4	極軌道衛星	SSO 1.5t	太原	2	1990 年

出典：各種資料を基に辻野氏作成

③開発中の次世代長征ロケット

中国は長征系列の次世代ロケットとして、長征 5 号系列と長征 6 号を開発中である。長征 5 号系列は 3 種類の異なる直径（5m、3.35m、2.25m）の機体を組み合わせて、軽量級から重量級まで、各種の重量サイズ及び異なる軌道への衛星打上げに対応できることを目指している。

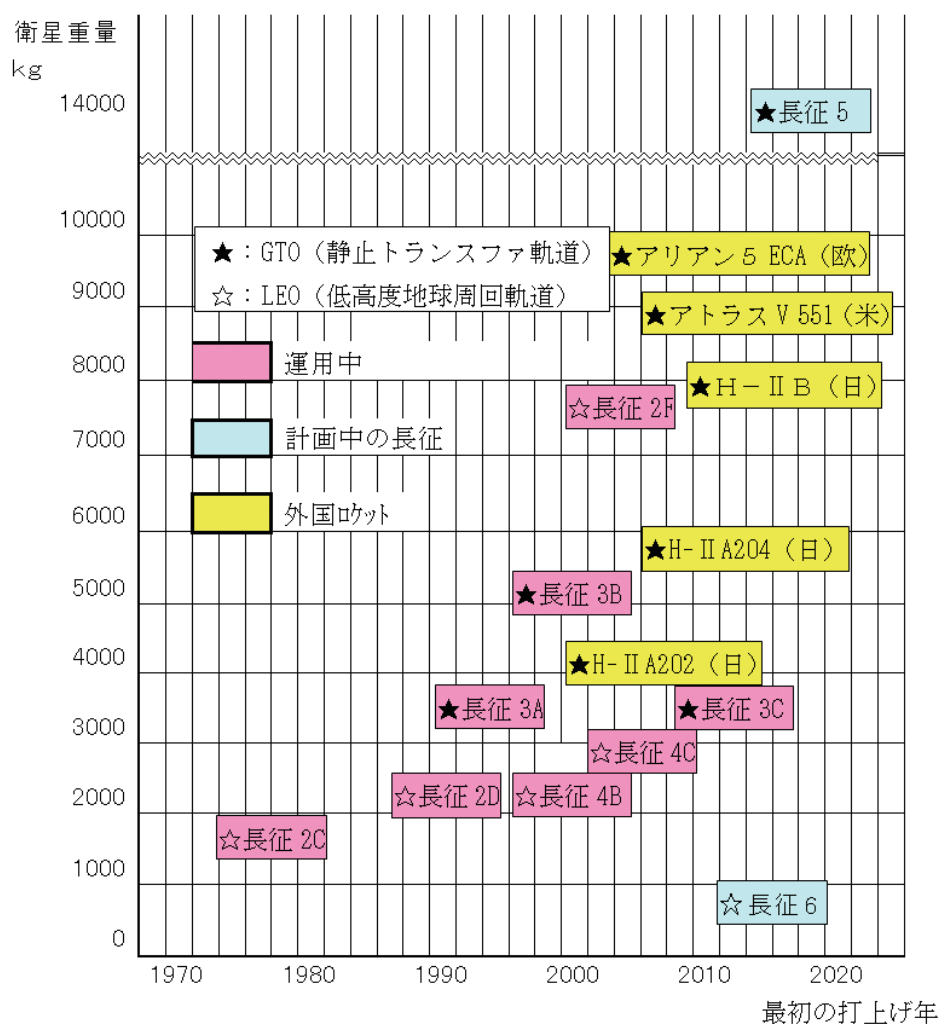
これまでの長征ロケット（1 号から 4 号まで）は、液体燃料式エンジンの燃料に非対称ジメチルヒドラジン（UDMH）を用いていたため、燃料の毒性が問題になっていた。これまでに多数の長征ロケットを打ち上げてきた実績を踏まえて、長征 2 型と長征 3 型の後継となる長征 5 号系列では低公害型で推力の大きい新型エンジンの開発、打上げ作業の簡素化、信頼性向上などの研究開発を行っている。長征 5 号系列のうち、最も強力なモデルは、静止トランスファ軌道投入能力の目標を 14 トン（低軌道の目標は 25 トン）としており、実現すれば静止衛星打上げ能力がその時点での世界最大となる可能性がある。（現在はアリアン 5 の 9.6 トンが世界最大。次ページの図参照）

一方、長征 6 号は長征 4 型の後継となるロケットで、2013 年頃運用開始の予定である。長征 5 号よりも早期に実現する可能性がある。打上げ可能重量は約 500kg と小型化され、無公害エンジンを採用する予定である。

2009 年 8 月、長征 5 号の生産拠点となる宇宙産業基地（天津市滨海新区）において、油圧シリンダーの部品を製造する企業（天津航天液压裝備有限公司）が正式に操業を開始した。同基地内に建設予定の工場 9 棟が 2009 年中に竣工し、2010 年末には大型ロケット産業基地全体の基本建設が完了する予定である。

第 2-1-1 図

運用中及び計画中の長征ロケット及び各国主要ロケットの打上げ能力



出典：各種資料を基に辻野氏作成

4 打上げ回数と成功率

中国は 2009 年 4 月までに 117 回の打上げを行い、1996 年以降 75 回連続で打上げに成功していたが、2009 年 8 月 31 日の長征 3B の打上げで 3 段液体酸素／液体水素エンジンの再着火の不具合により予定の軌道投入に失敗し、連続成功記録はストップした。

打上げ成功率は、打上げ成功回数／全打上げ回数（％）で求められ、中国の長征シリーズは 1970 年の最初の打上げから直近の打上げまで、118 回の打上げの中で 9 回の失敗（ロケットの不具合による軌道投入失敗も含む）があることから、打上げ成功率は 92.4％（109/118）である。米・ロ・欧・日の打上げロケットもおおむね 90-95％の範囲にあり、これらと比較して、12 年余りで 1 回も失敗がなかったことは驚異的である。

過去の連続成功としては、ロシアのソユーズ U ロケットが 1983 年から 1986 年までの 3 年間で 93 回連続成功している。継続中の連続成功では、米国のデルタロケットが 1999 年以来連続 64 回成功している。

第2節

射場及び着陸場

長征ロケット打上げ射場は現在 3 箇所あり、新たな射場を海南島に建設している。有人宇宙船の着陸場は内蒙古自治区にある。

① 酒泉衛星発射センター

酒泉衛星発射センター（JSLC）の実際の場所は内蒙古自治区阿拉善（アルシャ）盟の額濟納（エジナ）旗で、海拔 1,000m の平地にある。（東経 100 度 18 分 57.6、北緯 41 度 7 分 48）面積は 2,800 平方 km で、佐賀県（2,400 平方 km）より広い。酒泉市は甘粛省にあり、この射場から最も近い都市である。

1970 年 1 月に長征 1 号の最初の打上げを行なって以来、低高度地球周回軌道（LEO）への打上げを行なう射場になった。同年 4 月に 2 機目の長征 1 型ロケットで中国初の人工衛星「東方紅 1 号」の打上げに成功した。有人宇宙船も打ち上げている。

② 西昌衛星発射センター

西昌衛星発射センター（XSLC）は宇宙ロケット打上げ専用射場として 1970 年から建設が始まり、1984 年に供用開始された。四川省西昌市の北西約 60km に位置する（東経 102 度 2 分 8.44、北緯 28 度 14 分 10.16）。海拔 1,500m の山岳地帯の中にある。

主要な設備としては、1990 年から運用されている第 2 射点、1984 年に運用開始し 2006 年に改装された第 3 射点、射点から 2.2km 離れたロケット・衛星の準備・組立・試験のための技術センター、及び射点から 7.5km 離れたミッション指令管制センター（MCCC）等で構成されている。

静止軌道（GEO）への衛星の打上げが主体であるが、中高度地球周回軌道（MEO）の Compass 衛星、太陽公転軌道の月探査機、長楕円軌道（HEO）の科学衛星なども打ち上げられている。

③ 太原衛星発射センター

太原衛星発射センター（TSLC）は山西省太原市の北西約 280km の黄土高原の中にあり、海拔 1,500-2000m の高地にある。（東経 111 度 36 分 30.59、北緯 38 度 50 分 56.71）

打上げ機材（ロケット・衛星など）は、鉄道引込み線から積換棟に到着した列車からクレーンで取り卸され、構内軌道の車両に積み替えられる。隣接するロケット試験棟、衛星試験棟でそれぞれチェックアウトを行った後、衛星はフェアリングに取り付けられる。以上の作業を行う区域を「技術区」と呼んでいる。次に「発射区」においてロケット機体は発射塔で垂直に立てられて、塔の高さ 40m ほどのところにある衛星作業台でロケット機体とフェアリングの結合が行われる。打上げ時の指揮管制は発射塔の地下のブロックハウスで行われる。打上げ作業全体を指揮する管制センターは射点から 14km 離れたところにある。

太原衛星発射センターは、山西省が南北に長い盆地であるという地理的位置から、専ら南北方向へ極軌道衛星を打ち上げるのに利用されている。また、酒泉衛星発射センターと西昌衛星発射センターからのロケット打上げ時の追跡業務も担っている。

④ 文昌衛星発射センター

中国は北緯 20 度の海南島に 4 番目の射場を建設することを計画しており、長征 5 号は海南島射場から打ち上げられる予定である。海南島は西昌より南にあり、静止衛星を打ち上げるのに有利な条件となっ

ている。海南島の東部海岸に文昌市があり、その西部の龍樓鎮地区に新たな射場や職員用宿舎などの建設が行なわれている。このため文昌衛星発射センター（WSLC）と命名されている。

既存の3箇所の射場は、鉄道によるロケット・衛星の輸送を前提としており、標準軌間（1,435mm）の鉄道では車両限界内で輸送できる大きさは直径3.35m程度に制約される。一方長征5号は直径5mであり、この機体を輸送するには、鉄道以外の手段として船舶が最も適当であり、海南島は海路輸送の面でも都合が良い。

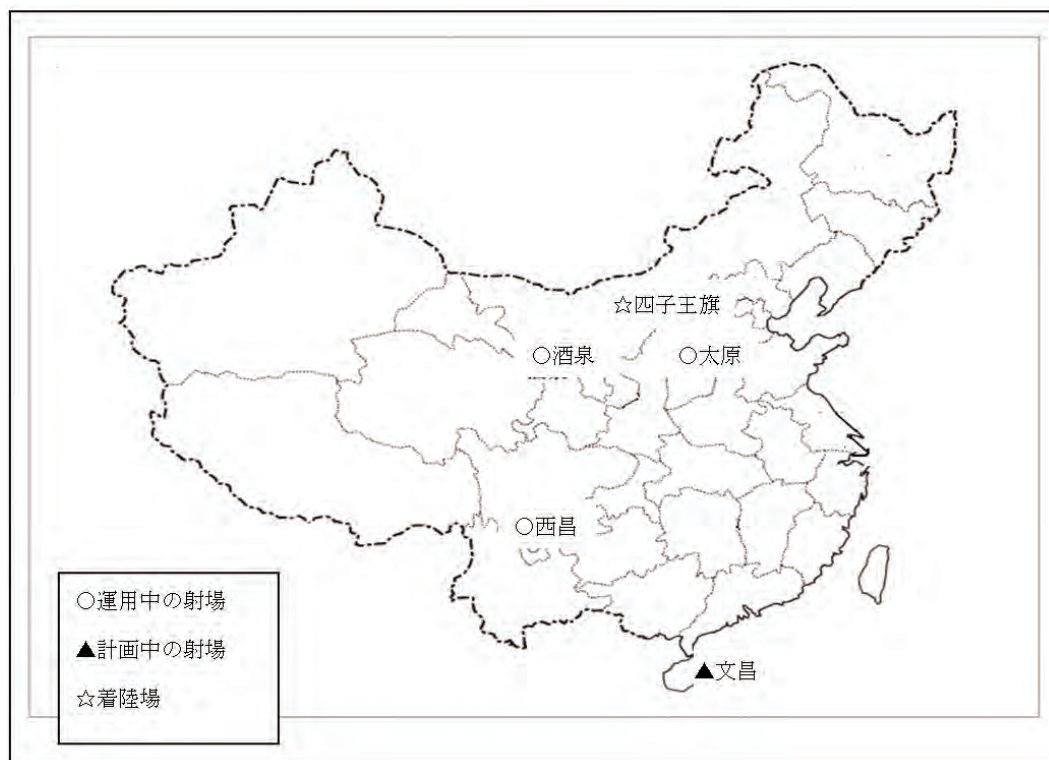
打上げ開始時期は2014年頃とみられる。

5 着陸場

有人宇宙船の着陸場としては、「神舟」の着陸場所を内蒙古自治区の四子王旗（フフホト市の約80km北方）に設置している。着陸場の機能的な要求条件としては、広さが十分あること、平坦である（傾斜が小さい）こと、立ち木が少ないこと、民家がないこと、アクセスが容易であることなどがある。

第2-1-2図

射場と着陸場の位置



出典：各種資料を基に辻野氏作成

第2章 衛星バス技術分野

中国は人工衛星バスの標準化を積極的に行っている。中でも静止衛星用の「東方紅 4 型」バスは世界水準に達しているが、製造・打上げ実績を重ねることが今後の課題である。

人工衛星には種々のミッション機器が搭載されるが、どの衛星にも共通的に必要とされる構体系・電源系・姿勢制御系・誘導制御系・推進系・通信系などの機器を組み合わせたものを「衛星バス」という。中国は衛星バスの標準化を積極的に図っており、通信衛星・航行測位衛星・月探査機など衛星シリーズに応じて数種類のプラットフォームから選択することにより、衛星の開発期間を短縮し、コストを下げ、信頼性を向上させることを目標としている。現在利用されている衛星バスとしては、東方紅 3 型、東方紅 4 型、CAST968 型、FSW 型などがある。これらの衛星バスはすべて中国空間技術研究院（CAST）が開発してきた。

① 東方紅 3 型バス

直方体の構体に 2 組の太陽電池パネルを取り付け、三軸姿勢制御を行なう衛星バスである。ミッションによって搭載機器や電力・重量等の仕様は異なり、設計寿命は最大で 8 年程度である。

これまでに静止通信衛星「中星（ZhongXing）」5 機、航行測位衛星「北斗（BeiDou）」6 機、データ中継衛星「天鏈（TianLian）」1 機、月探査機「嫦娥（Chang'E）」1 機、商業通信衛星「鑫諾（XinNuo=Sinosat）」1 機の計 14 機に適用されている。

衛星ミッションの 3 分野に共通に適用される衛星バスは世界でも他に例を見ない。汎用性の高い衛星バスであるということができる。

通信放送衛星は今後東方紅 4 型が主力になると見られるが、その他のミッションでは引き続き用いられる見込みである。

② 東方紅 4 型バス

大型静止衛星用のバスで、打上げ時 5t 級、三軸姿勢制御方式、設計寿命 15 年である。これまでに 3 機打ち上げられているが、中国の「鑫諾（XinNuo）2 号」とナイジェリアの「Nigcomsat 1」はともに太陽電池パネルの不具合で本格運用に入ることができなかった。2008 年打上げのベネズエラの「Simon Bolibar 1」は順調に運用されている。現在、鑫諾 4 号以降、パキスタン通信衛星、ナイジェリア衛星の再打上げ及び 2 号機など複数の衛星が並行して製造されている。また今後打ち上げられる予定のボリビア衛星やラオス衛星もこの衛星バスを用いるとみられる。

③ CAST968 型

CAST968 型は質量 1 トン以下の地球観測衛星などの小型衛星に適用されている。三軸姿勢制御方式で直方体の衛星本体に太陽電池パネルが 2 組取り付けられている。これまでに、「実践（ShiJian）5 号」、「海洋（HaiYang）1 号」、「環境（HuanJing）1 号」などに適用されている。このバスは 2001 年に CAST から分社化して発足した航天東方紅衛星有限公司に移管された。同会社は衛星製造のための大型クリーンルームを保有しており、熱・構造・電気・動力学・ミッションなどを含む衛星設計解析や試験を実施している。

4 FSW バス

FSW バスは回収式衛星（Fanhui Shi Weixing）のバスである。打上げ時質量は約 2,300kg で、地球に帰還するためのレトロエンジンを備える。太陽電池パネルはなく、内蔵バッテリーだけで電力をまかなう。

FSW バスは回収式衛星にのみ適用され、最近の FSW 衛星 7 機のほか、宇宙育種専用衛星「実践 8 号」でも用いられた。

5 主要国の静止衛星用バスとの比較

宇宙先進国間の技術比較で詳細（参考資料 4 参照）を記述するが、中国の「東方紅 4 型バス」は米国、欧州及び日本などの企業の有する静止衛星バスと比較して、十分に世界水準であることが下表で判る。

第 2-2-1 表 各国の主要な衛星バス

国 名	企 業 名	バス型式名	打上げ時重量	最大電力	設計寿命
中 国	中国空間技術研究院	東方紅 4 型	5t	10.5kW	15 年
米 国	ロッキードマーチン	A2100AX 系	3-4t	4kW	15 年
	ボーイング	BSS702 系	5-6t	18kW	15 年
	スペースシステムズ／ロラール	LS1300 系	6-7t	5-12kW	15 年
欧 州	EADS アストリウム	Eurostar-3000 系	5-6t	10kW	15 年
	ターレスアレニア	Spacebus-4000 系	5-6t	16kW	15 年
日 本	三菱電機	DS-2000 型	4-5t	12kW	15 年

出典：各種資料を基に辻野氏作成

第3章 通信放送分野

中国では、通信需要の急増を受けて衛星通信利用が進んでいる。北京オリンピックに向けて直接放送衛星も打ち上げられた。

① 衛星通信の概況

中国では、携帯電話が毎月 700-800 万件加入契約されるなど、通信需要が急速に伸びており、衛星通信についても中国が独自に打ち上げる通信衛星だけでなく、外国衛星の新規購入、外国企業所有衛星のリースあるいは所有権を移動する軌道上承継など衛星ラインナップの充実を積極的に行っている。

中国は最初の衛星「東方紅（DongFangHong）1号」を 1970 年に打ち上げた後、通信衛星の分野では、中国独自の静止通信衛星の設計・開発・試験・打ち上げ・運用技術を獲得することを目標として、1984 年に試験通信衛星「東方紅 2 号」を打ち上げた。続いて、1986 年に東方紅 2 型バスを改良した東方紅 2A 型バスで試験同步（静止）通信衛星（STTW）の 1 号機を打ち上げ、これが最初の実用静止通信衛星となった。その後 1991 年までに 4 機を打ち上げ、3 つの静止位置（東経 87.5 度、98 度、110.5 度）に配置した。

続いて次世代の「東方紅 3 型」衛星バスが開発され、1994 年に打ち上げられた「東方紅 3 号」は中継器（トランスポンダ）を 24 本搭載し、三軸姿勢制御方式の本格的な静止通信衛星となった。これらの技術試験的な要素を持つ通信実験衛星の開発は、中国の宇宙機開発技術と衛星通信利用技術の発展に貢献したと中国国内で評価されている。1994 年の 1 号機は、その翌年に燃料漏れで運用を中断したものの、1997 年に打ち上げられた 2 号機は、設計寿命 8 年以上の期間にわたって運用された。

その後東方紅 3 型バスから大幅に中継器数を増やし、設計寿命を 2 倍程度（15 年）にした東方紅 4 型バスが開発され、2006 年に鑫諾衛星通信有限公司（Sinosat）の鑫諾 2 号（Sinosat-2）で初めて適用された。ロケット打ち上げは成功したものの、鑫諾 2 号の太陽電池パネルが展開せず、運用に供することができなかった。

② 中国衛星通信集团公司の通信衛星

1983 年に当時の無線・映像・テレビ部（後に情報産業部）の管轄下で設立された国営企業の中国通信放送衛星公司（Chinasat）は、2001 年に中国衛星通信集团公司（China Satcom）として民営化され、現在は中国航天科技集团公司に属する主要企業となっている。中国衛星通信集团公司傘下の衛星通信企業と運用する衛星を表に示す。

第 2-3-1 表

中国通信集团公司関連の衛星

企 業 名	英 語 名	所在地	衛 星 名
中国通信广播衛星公司	Chinasat	北 京	中星 22
鑫諾衛星通信有限公司	Sinosat	北 京	Sinosat-1、同 3
中国東方通信衛星有限責任公司	China Orient	北 京	APStar 2R、同 5、ChinaStar
中国直播衛星公司	China DBSAT	北 京	中星 6B、中星 9

出典：各種資料を基に辻野氏作成

APStar 衛星を保有しているのは香港の APT Satellite 社である。

中国直播衛星公司は 2008 年に打ち上げられた中星 9 号（中国初の直接放送衛星、欧州のターレス・アレニア・スペース社が製造）により、北京オリンピックの直接放送を行なった。

③ 亜州衛星公司 (Asiasat)

亜州衛星公司は 1990 年に英領香港に設立された。これまでに 6 機の衛星を打ち上げており、現在 3 機の衛星を運用している。

最近打ち上げられた Asiasat 5 の衛星バスは、米国のスペースシステムズ／ロラル社の LS1300 シリーズで、設計寿命は 15 年である。静止位置は東経 100 度の赤道上空にある。

Asiasat の衛星には、ロシアのゴリゾン特衛星を中古で買い取った Asiasat-G がある。この衛星はその後さらに LMI（ロッキードマーチン・インテルスプートニク）へ譲渡された。

第4章 地球観測分野

中国においても、衛星の利用分野として地球観測が重要視されており、さまざまな地球観測衛星シリーズを開発し、打上げ・運用を行なっている。

中国の地球観測衛星は、回収式、資源探査、海洋観測、環境監視、気象観測、大気観測、など各種のシリーズがある。それぞれの観測目的によって観測装置の性能や運用方式が異なっている。

① 回収式衛星（FSW）

中国では写真撮像を目的とする返回式（FanhuiShi）衛星すなわち回収式衛星 0 型及び 1 型を 1975 年から 1993 年までに 15 機打ち上げており、地上でフィルムを回収することにより地球観測衛星としての機能を果たしている。

回収式衛星を回収する方法は、軌道離脱時に衛星に搭載しているレトロエンジンで減速し、パラシュートで降下する。これはロシアのソユーズ宇宙船と同じである。有人宇宙船「神舟（ShenZhou）」も回収式衛星と同じ方法で地球への帰還を行っている。

② 資源探査衛星「資源」（ZY）及び「CBERS」

中国の資源探査衛星は「資源（Ziyuan）」と「CBERS」の 2 系列がある。

CBERS（China-Brazil Earth Resources Satellite）はブラジルと共同で打ち上げた資源探査衛星である。中国空間技術研究院（CAST）とブラジル国立宇宙研究所（INPE）が共同で開発し、これまでに 3 機打ち上げている。

資源（Ziyuan）衛星は中国独自の打上げであるが、観測センサは CBERS と共通点が多い。Ziyuan も 3 機打ち上げられている。

今後の打上げ予定としては、CBERS が数機計画されている。観測機器は PanMux カメラ（PANMUX）、マルチスペクトルカメラ（MUXCAM）、中解像度スキャナ（IRSCAM）、広視野撮像カメラ（WFICAM）などである。

③ 海洋観測衛星「海洋」（HY）

海洋観測衛星は海洋の海面の色や温度を観測し、海洋汚染の監視などを行う。これまでに「海洋 1」衛星 2 機を打ち上げている。今後、観測対象の異なる「海洋 2」「海洋 3」衛星の打上げが計画されている。

④ 環境観測衛星「環境」（HJ）

環境観測衛星シリーズは 4 機の光学観測衛星と 4 機のレーダ観測衛星で構成される予定の衛星群である。2008 年に光学センサ系統の「環境 1A」衛星と「環境 1B」衛星が同時に打ち上げられたが、搭載機器は一部異なっている。特に注目されるのは、環境 1A にはタイの通信実験装置が搭載されたことである。これは、アジア太平洋宇宙協力機構（APSCO）（参考資料 3 参照）の活動の一環と考えられる。今後レーダ系統の環境 1C 衛星の打上げが予定されている。合成開口レーダの周波数は S バンドである。

さらに合計 6 機の光学・レーダ衛星が順次打ち上げられると考えられる。

5 気象観測衛星「風雲」(FY)

気象観測衛星は極軌道気象衛星「風雲 (FengYun) 1号」を4機、改良型の極軌道気象衛星「風雲3号」を1機、静止気象衛星「風雲2号」を5機打ち上げている。このうち、現在運用されているのは、極軌道衛星2機と静止衛星3機の計5機である。気象衛星の運用は国家気象局 (CMA) の衛星管制センターが行っている。

独自の気象観測衛星を運用している国は米国・ロシア・欧州・日本・中国・インドだけで、ロシアは2009年9月まで長らく気象衛星不在であったが、新型の極軌道気象衛星を打ち上げてようやく運用国に復帰した。今後、韓国も気象観測機能を有する静止通信衛星の打上げを予定していて、7番目の気象衛星保有国となる可能性がある。

中国は「風雲」が取得した気象データを「FengYunCast」を通じてアジア太平洋諸国に提供している。2007年までに、バングラデシュ、インドネシア、イラン、モンゴル、パキスタン、タイ、ペルー、北朝鮮、キルギスタン、ラオス、マレーシア、ミャンマー、ネパール、フィリピン、スリランカ、タジキスタン、ウズベキスタン、ベトナムの18カ国に衛星データの受信局を無償提供し、利用のための研修も行なっている。

6 地球観測衛星「遥感」(YG)

遥感とはリモートセンシングを中国語に意識した名称である。「遥感 (YaoGan)」衛星のシリーズはこれまでに6機打ち上げられ、光学衛星とレーダ衛星に区分される。ミッションは農作物調査、環境監視、防災、都市計画等多岐に亘る。

7 その他の地球観測衛星

以上のような地球観測衛星のシリーズの他に、単発的な地球観測衛星として、1990年に打ち上げられた大気1号及び2号、2004年に打ち上げられた探索1号及び探索2号、2005年に打ち上げられた災害監視衛星群 (DMC) に含まれる北京1号がある。

北京1号はイギリスのサリー・サテライト・テクノロジー社 (SSTL) と清華大学が共同で開発した小型衛星 (質量166kg) で、イギリス・トルコ・アルジェリア・ナイジェリアの衛星と合わせて5機で災害監視衛星群 (DMC) を構成している。

8 ドラゴン計画

中国は欧州宇宙機関 (ESA) との協力でドラゴン計画 (龍計画) を実施してきた。ESA の環境観測衛星「Envisat」のデータを利用して防災などに活用するもので、これまでに中国の大気汚染の監視、森林火災の早期発見、水資源管理、生態系観測などで一定の成果が得られた実績を踏まえ、2008年からは第2次ドラゴン計画が開始された。

第5章 航行測位分野

中国は、米国のみが実用化にこぎつけている全球航行測位衛星システム（GNSS）をロシアに続いて構築すべく全力を挙げている。欧州とは協力関係から競争関係に変化している。

① 北斗（BeiDou）導航衛星

航行測位衛星とは、地上の GPS（Global Positioning System）受信機により測位を行なえるようにするために、精密な時刻データと衛星自身の位置データを発信する衛星である。4 機以上の衛星から同時に測位データを受信することにより、受信機自身の位置を決定することが GPS 受信機の機能である。これに地理情報システム（GIS）や地図データを組み合わせることによりカーナビなどの各種の GPS 応用が利用されている。中国では 2000 年から「北斗」導航衛星を静止軌道に打ち上げ、測位精度を向上させる GPS 補強のサービスを行ってきた。道路交通、鉄道輸送、海上作業における測位精度向上や自動車の追跡などに用いられている。自動車所在追跡サービスは、盗難自動車の探索に役立っているという。

北斗の衛星バスは東方紅 3 型を用いており、周波数帯は L バンド、C バンド、S バンドとなっている。各衛星の静止位置は北斗 1A が東経 140 度、北斗 1B が東経 80 度、北斗 1C が 110.5 度である。

② Compass M1

中国は、2007 年に長征 3A 型ロケットにより、「Compass M1」を軌道傾斜角 55.26 度の地球周回中高度軌道（高度約 20,000km）に打ち上げた。衛星バスは東方紅 3 型で、米国の GPS 衛星と同様に、L バンドの周波数帯で時刻・位置信号を送出する機能を有しているとみられる。3 軌道面に 9 機ずつ、計 27 機で全球をカバーする、いわゆる全球航行測位衛星システム（GNSS）を構築する予定で、Compass M1 はその 1 号機となる。米国は既に GNSS を構築を完了して維持を行っており、ロシアの Glonass はそれに続く予想される。

③ Compass G2

2009 年に Compass の 2 号機が打ち上げられた。1 号機と異なり静止衛星であり、打上げロケットは長征 3C 型が用いられ、以前の同種衛星よりも重量が増加しているとみられる。

静止位置は北斗の 4 つの位置のうちの 1 つと同じと考えられる。

④ 欧州のガリレオ計画との関連

中国航天科技集团公司（CASC）に属する中国衛星通信集团公司（China Satcom）が資本参加している企業の中に、GPS 応用の一環として欧州のガリレオ衛星に関する業務を行う中国伽利略導航公司がある。欧州のガリレオ衛星と中国の Compass 衛星は相互に電波干渉の問題を抱えていると見られ、2009 年に予定されていた Compass 周回衛星の打上げはまだ実施されていない。

第6章 宇宙科学分野(月・惑星探査を含む)

中国の宇宙科学は最近になって、宇宙線・月探査などの分野で急速に米国・ロシア・欧州・日本のレベルに追いつき、今後は天文学の幅広い分野で世界をリードするレベル向上を目指している。

宇宙科学は、地球近傍の宇宙空間の研究、宇宙での天文観測、月や惑星など他の天体の探査などが含まれる。なお、中国の宇宙科学における学術的な実力については目立った動きが少なく不明な部分が多いため、ここでは衛星打ち上げを中心とした記述を行う。

1 宇宙科学衛星

中国はこれまでに4個の宇宙科学衛星を打ち上げている。そのうちの2つは欧州宇宙機関（ESA）と共同で地球の磁気圏を観測するために赤道面に近い軌道と極軌道に投入された「双星」（別名：探測）であり、その他に放射線など宇宙環境観測を行う実践6号が2機打ち上げられている。現在計画中の宇宙科学衛星としては、太陽望遠鏡や硬X線天文観測衛星などがある。

第2-6-1表

中国の宇宙科学衛星

宇宙機名称	別名	日付 (GMT)	打上げ ロケット	目的	備考
Double Star 1	双星 1	2003/12/29	長征 2C/SM	磁気圏観測	ESA と共同
Double Star 2	双星 2	2004/ 7/ 25	長征 2C /SM	磁気圏観測	ESA と共同
Shijian-6-2A	実践 6-2A	2006/10/23	長征 4B	宇宙環境観測	
Shijian-6-2B	実践 6-2B	2006/10/23	長征 4B	宇宙環境観測	

出典：各種資料を基に辻野氏作成

2 月探査プロジェクト（探月工程）

中国は2007年10月に初の月探査衛星「嫦娥1号」を長征3Aロケットにより打ち上げ、月周回軌道への投入に成功した。約1年の月周回観測のミッションを終えて、2009年3月1日に月面に落下した。この間に得られた月の表面の画像から、全球マップを公表している。

第2-6-1図

嫦娥1号の外観



©CAST

中国の月探査計画は、第1段階を3フェーズに分け、第1段階第1フェーズで月周回、第2フェーズで月着陸及び月面ローバによる月探査、第3フェーズで2017年頃に2kg程度のサンプル回収を計画している。続いて第2段階以降（2025～2030年）で短期の有人着陸・帰還、さらに第3段階で長期の有人月面基地を構想している。

③ 火星探査

月探査と並行して、ロシアとの共同で、2011年に火星へ向けて中国初の火星探査機「萤火1号（Yinghuo-1）」を打ち上げる予定である。当初の打上げ予定は2009年10月であったが、ロシアの都合により延期になった。火星探査機を打ち上げるのに適した時期は約2年毎にしかない。なお、2009年6月に中国科学院が発表した宇宙科学技術ロードマップ「中国至2050年空間科技发展路線図」では、2050年に有人火星探査を実現するという人類未踏の壮大な目標を掲げ、米国のコンステレーション計画やロシアの有人火星探査計画に匹敵する計画を策定している。

第7章 有人宇宙活動分野

中国は、2003年に初の有人宇宙船「神舟5号」を打ち上げ、ロシア・米国に次ぐ有人宇宙飛行能力を有する国となった。

中国は1999年に最初の試験機「神舟」を酒泉衛星発射センターから打ち上げ、2002年までにさらに3機の試験機を打ち上げて、有人打上げの準備を完了した。2003年10月に最初の有人宇宙船「神舟5号」を打ち上げ、回収に成功した。中国初の宇宙飛行士となった楊利偉（Yang Liwei、当時38歳）は人民解放軍宇宙飛行士大隊に所属する上校（大佐）である。

① 有人宇宙船「神舟」シリーズ

有人宇宙船「神舟」には、軌道周回モジュール、地上帰還カプセル、推進モジュール、附加部分の4つのモジュールがある。

設計のコンセプトはロシアのソユーズ宇宙船に似ているが、全体にサイズが大きく、ゆったりと3人の宇宙飛行士が搭乗でき、宇宙飛行士の座席の代わりに宇宙実験装置を搭載できるなど、ソユーズとの相違が見られる。

第2-7-1 図

神舟7号の外観



© 百度

第2-7-1 表

神舟打上げ実績

宇宙機名称	別 名	日付 (GMT)	打上げロケット	備 考
Shenzhou	神舟	1999/11/19	長征 2F	無人
Shenzhou 2	神舟 2	2001/1/ 9	長征 2F	無人
Shenzhou 3	神舟 3	2002/3/ 25	長征 2F	無人
Shenzhou 4	神舟 4	2002/12/29	長征 2F	無人
Shenzhou 5	神舟 5	2003/10/15	長征 2F	1名搭乗
Shenzhou 6	神舟 6	2005/10/12	長征 2F	2名搭乗
Shenzhou-7	神舟 7	2008/9/ 25	長征 2F	3名搭乗、船外活動実施

出典：各種資料を基に辻野氏作成

② 宇宙ステーション計画（天宮）

中国は2010年を目標に、無人の宇宙実験室「天宮1号」を打ち上げ、これに無人の神舟8号を自動ドッキングさせて、将来の中国独自の宇宙ステーションの構築を目指している。その後神舟9号（有人の可能性）、神舟10号（有人）を打ち上げる予定である。

③ 宇宙飛行士

これまでに神舟には6人が搭乗し、更に、人民解放軍の宇宙飛行士大隊において多数の候補者が訓練を受けている。2009年に追加される宇宙飛行士候補者には女性も含まれる見込み。候補者は現在のところ、全員人民解放軍の空軍パイロットである。

第2-7-2図

中国の宇宙飛行士一覧

神舟5号搭乗（1名）



楊利偉

神舟6号搭乗（2名）



費俊龍



聂海胜

神舟7号搭乗（3名）



翟志刚



劉伯明



景海鹏

参照：百度百科

第8章 その他の衛星ミッション分野

中国は、独自の微小重力実験衛星や技術試験衛星を開発し、打ち上げている。

① 微小重力実験衛星

宇宙環境は高真空、強い放射線に晒され、人工衛星の内部では微小重力（マイクロ G すなわち 100 万分の 1G 程度）という無重力に近い状態になる。

このような地上と異なる過酷な環境を積極的に利用し、ライフサイエンスや物質工学の研究が行なわれている。国際宇宙ステーションは世界で最も大規模な実験施設であるが、中国はメンバーに入っていない。しかし、中国は独自の回収式衛星による宇宙環境利用実験を長年にわたって行なっており、特に植物の種子や動物の精子を宇宙飛行させ、微小重力・高真空・強い放射線の中で突然変異を促進し、これを地上に回収して、地上では得られないような突然変異種を多数生み出すという実績をあげている。このような微小重力実験は有人宇宙船「神舟」でも行なわれたが、回収式衛星に限った打上げ回数は 2006 年までで 8 回である。この中には宇宙育種専用衛星「实践 8 号」が含まれる。このようなミッションは中国が世界で唯一実施しているものである。

なお、地球観測衛星として利用された回収式衛星のミッション期間は当初 3 日しかなかったが、電源容量の増大により微小重力実験に適した回収式衛星が開発され、現在はミッション期間が 15 日に延伸されている。

② 技術試験衛星

技術試験衛星は、それ自体は実用目的をほとんど持たないが、実用衛星の各種機能の実証やロケットの性能実証など、宇宙の実利用を目指した研究開発活動のマイルストーンとなるものである。中国では中国空間技術研究院（CAST）が実用衛星につながる技術試験衛星を多数開発してきた。また大学における研究や人材育成の一環として超小型衛星が制作され、主衛星に相乗りで打ち上げられている。

• 中国空間技術研究院による技術開発

中国空間技術研究院は、過去に中国の技術試験衛星を数多く開発してきた。主要なものとしては、「東方紅 1 号」（中国初の衛星）、「实践」シリーズ、「試験（ShiYan）」シリーズ、「創新（ChuangXin）」、「納星（NaXing=NanoSat）」などがあり、衛星数としては 20 機近くになる。これらの実績を踏まえて、通信衛星・気象衛星・航行測位衛星などの実用衛星や月探査機などを開発・製造してきた。

• 大学の小型衛星

教育部に属する大学が開発した衛星としては、清華大学の「清華（QingHua または TsingHua）1 号」、浙江工業大学の「皮星（PiXing=Picosat）」などがある。

第9章 地上・追跡管制関連技術分野

中国は、ロケットの打上げや衛星運用に必要な地上施設及び追跡管制施設を、独自で整備している。

第1節

打上げ管制

打上げ時の追跡管制施設は北京に管制センターがあり、射場のレーダや4隻のダウンレンジ船（遠望号）、外国に設置した管制局、データ中継衛星（天鏈1号）などを用いてネットワークを形成している。

① 北京航天飛行管制センター（BACC）

有人宇宙飛行船と打上げ時の追跡管制を総合的に行うために、1996年に北京に管制センターが設置され、その後月探査機打上げ時の追跡管制も担うようになった。有人宇宙飛行の7大システムの1つで、神経中枢系に当たる。

② ダウンレンジ船「遠望（YuanWang）」

「遠望（YuanWang）」とは中国ダウンレンジ船の名称である。

ロケットの打上げにおいて、ロケットの進路に沿った細長いエリアをダウンレンジという。地上局から電波が届かない遠洋でロケットの追跡管制を行う必要がある場合、追尾用のアンテナなどの設備を搭載したダウンレンジ船を用いる。中国以外でダウンレンジ船を保有している国としてはロシアとフランスがある。中国のダウンレンジ船「遠望」は6隻あり、衛星打上げ時には太平洋や大西洋に展開する。

第2-9-1表 「遠望」の概要：

名 称	竣工年	全 長	全 幅	船 高	満載排水量
遠望1号	1977年	191m	22.6m	38m	21,157t
遠望2号	1978年	192m	22.6m	38.5m	21,000t
遠望3号	不明	180m	22.2m	37.8m	17,000t
遠望4号	1998年	156.2m	20.6m	39m	12,700t
遠望5号	2007年	不明	不明	不明	25,000t
遠望6号	2008年	不明	不明	不明	25,000t

出典：各種資料を基に辻野氏作成



© 新浪網

③ データ中継衛星「天鏈」(TL)

「天鏈」は中国初のデータ中継衛星であり、長征 3C 型ロケットの初打上げにより 2008 年 4 月に打ち上げられた。主な用途は、有人宇宙船「神舟」と地上との通信であり、リンク可能な時間を従来よりも大幅に増やすことを目的にしている。

データ中継衛星は米国の TDRSS、ロシアの Luch の他、日本の「こだま」(DRTS) があり、中国は世界で 4 番目の保有国となる。欧州では、衛星間通信実験衛星「Artemis」を運用しているが、実用データ中継衛星「EDRS」の開発はまだ計画段階である。

第2節

衛星管制及び受信施設

① 西安衛星管制センター (XSSC)

陝西省西安市に、中国の衛星の追跡管制を行なう施設がある。管制の対象となる衛星は、気象衛星「風雲」、地球観測衛星「資源」、航行測位衛星「北斗」など。2008年には15機の衛星の管制を行っていたとの情報がある。

② 民間の通信衛星管制組織

民間の通信衛星管制組織の主要な業務は、衛星の静止位置の制御、衛星状態の点検、通信状況の監視等である。

i. 中国直播衛星公司

中国直播衛星公司 (China Satcom) は中星系列の通信衛星を運用している。

ii. 中国東方通信衛星有限責任公司

中国東方通信衛星公司 (China Orient) の衛星管制センターは北京市海淀区にあり、Cバンド (直径9m 及び13m) と Kuバンド (直径9m) のアンテナを備えている。管制の対象となる衛星は Sinosat と APStar である。

③ 中国科学院遥感衛星観測站 (密雲)

遥感衛星観測站は中国科学院が北京郊外の密雲に設置した地球観測衛星のからのデータを取得する地上アンテナ群の基地である。現在受信している衛星は、中国の「CBERS」、米国の「Landsat」、フランスの「SPOT」、欧州宇宙機関 (ESA) の「Envisat」、インドの「Resoucesat (IRS-P6)」、過去に受信していた衛星は日本の「JERS-1」、ESA の「ERS」などがある。受信はしないがデータを入手しているものとして、日本の「ALOS」、米国 NASA の「Terra」搭載の ASTER、ドイツの「TerraSAR」、米国の商業衛星「Quickbird」などがある。

第10章 宇宙技術力の各国比較

宇宙技術力の各国比較では、米国が圧倒的であり、欧州とロシアが2位、3位グループを構成している。中国は日本と並んで4位、5位グループと考えられる。インドとカナダは6位、7位グループである。

各国の宇宙活動は、その国の宇宙政策、宇宙開発体制、宇宙予算、国際協力などの前提条件の下でプログラムが策定される6分野、すなわち宇宙輸送システム、通信放送、地球観測、航行測位、宇宙科学（月・惑星探査を含む）、有人宇宙活動（国際宇宙ステーションを含む）に大別される。2009年時点で、これら6分野のすべてについて何らかの実績を有している国は、6カ国・地域しかない。米国、ロシア、中国、欧州、日本、インドである。この他に、宇宙輸送システムこそ持たないものの、独自の宇宙技術で特徴的な実績を有するカナダを加えた7カ国・地域が宇宙先進国といえる。

ここでは、この7カ国・地域について、分野ごとにレベル比較を行なって見た。その結果の概要は下記の通りである。評価した分野としては、上記の6分野に加え、過去の宇宙活動実績を反映している累積打上げ衛星数と、衛星製造の基本となる衛星バス技術の比較も評価の対象分野として追加し、合計8分野で評価した。本稿は宇宙開発を支える技術力を中心に評価したところに特徴があると考えている。この評価の根拠については、大部となるため参考資料4として記述することとする。

第2-10-1表 分野別の評価点のまとめ（参考資料4参照）

分 野	米 国	欧 州	ロシ ア	日 本	中 国	イン ド	カナダ
累 積 衛 星 数	10	6	9	4	4	2	1
宇宙輸送システム	9	8	10	5	6	2	0
衛星バス技術	10	8	5	6	7	3	1
通 信 放 送	9	8	3	6	5	4	5
地 球 観 測	9	9	3	6	5	3	3
航 行 測 位	10	6	8	5	5	3	4
宇 宙 科 学	10	6	7	4	2	2	1
有 人 宇 宙 活 動	9	5	8	4	4	1	3
合 計	76	56	53	40	38	20	18
順 位	1 位	2 位～3 位		4 位～5 位		6 位～7 位	

（合計最大80点）

なお、このような評価については、こういった項目により評価するか、またそれぞれの項目の重み付けをどうするかといった点で、議論の分かれるところである。従って今回示した結果はあくまで一つの考察に過ぎないことを強調しておきたい。

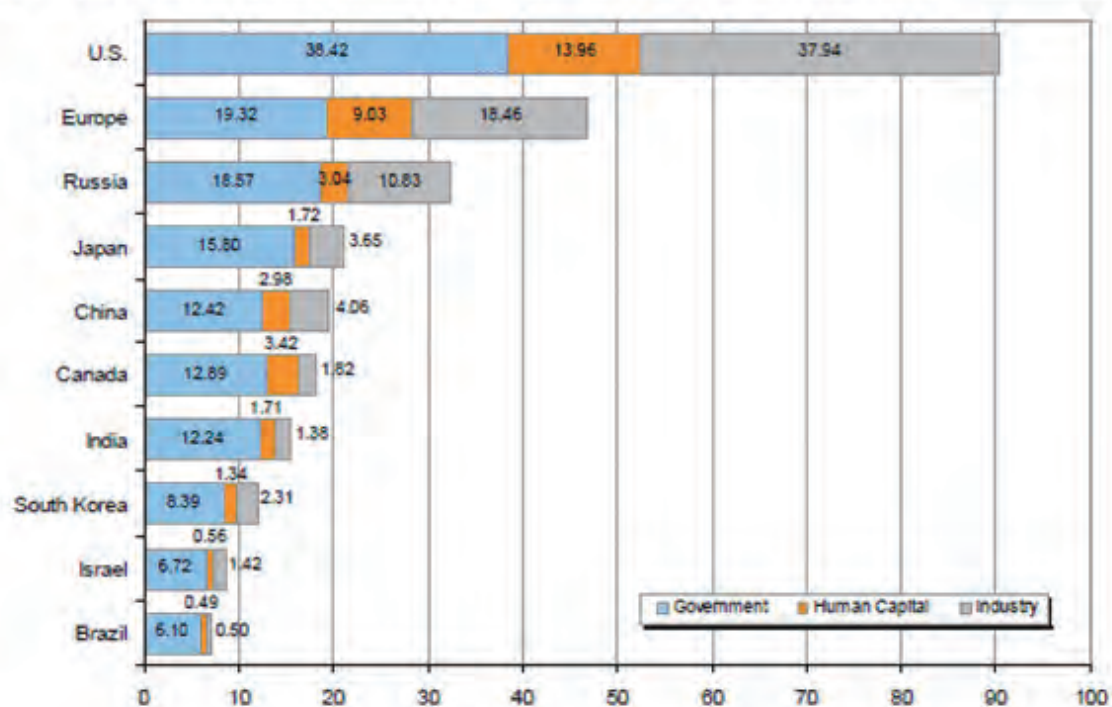
宇宙開発の各国比較については、最近米国のフューترون社と南アフリカ政府（貿易産業省）の行ったものがあり、これらの結果は上記の評価結果とそれ程大きな違いはない。これを参考までに以下に示す。

○米国フューترون社の結果

フューترون社は、宇宙開発に関する各国の競争力比較を Space Competitiveness Index (SCI) として毎年発表している。最新のものは2009年版であり、その結果は下図の通りである。これによると、米国が断然強く、続いてヨーロッパであり、ロシア、日本、中国、カナダ、インドの順となっている。評価要素としては、政府、人材、産業となっている。

第2-10-1図 米国フューترون社による宇宙競争力比較

Figure 2: 2009 Space Competitiveness Index: Total Aggregate Scores by Country

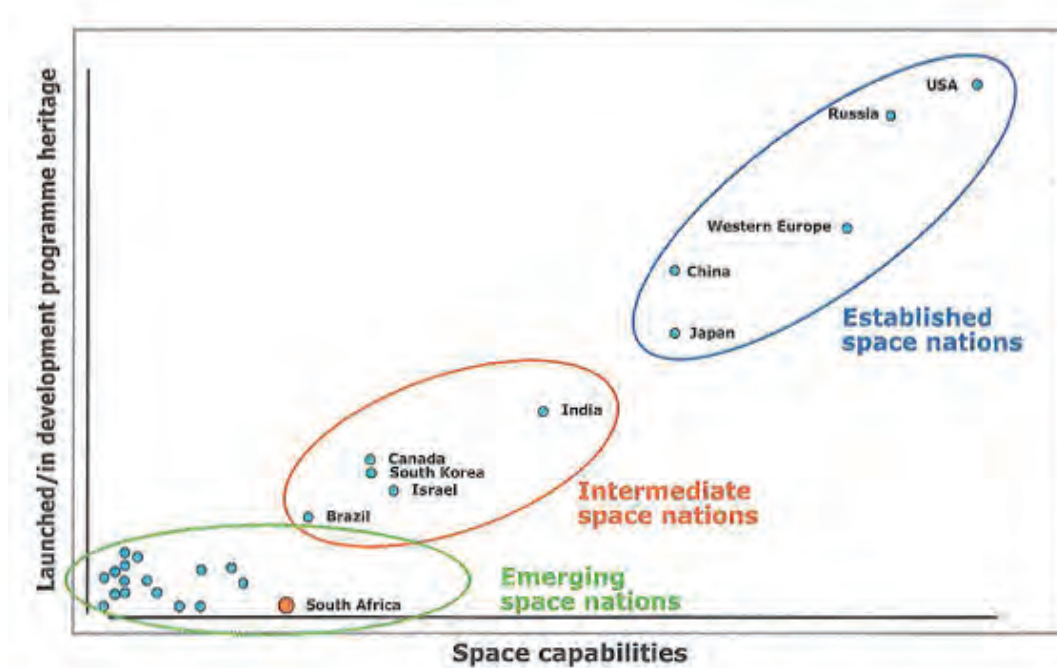


出典：「Futron's 2009 Space Competitiveness Index」2009年，Futron

○南アフリカ政府の評価結果

南アフリカ政府は、宇宙開発力について 2007 年に評価を行っており、その結果は下図に示されている。これによると米国がやはりトップであり、ロシア、西ヨーロッパ、中国、日本となっている。なお、日本と中国では、計画中の衛星まで含めた打上げ数では中国が上位にあるが、宇宙の技術力では殆ど差がない。

第 2-10-2 図 南アフリカ政府による宇宙開発力比較



Heritage versus industrial capabilities of various emerging, intermediate and established space nations.

出典：「Public and Private Sector Space Activities in South Africa」2008 年 12 月，南アフリカ共和国貿易産業省

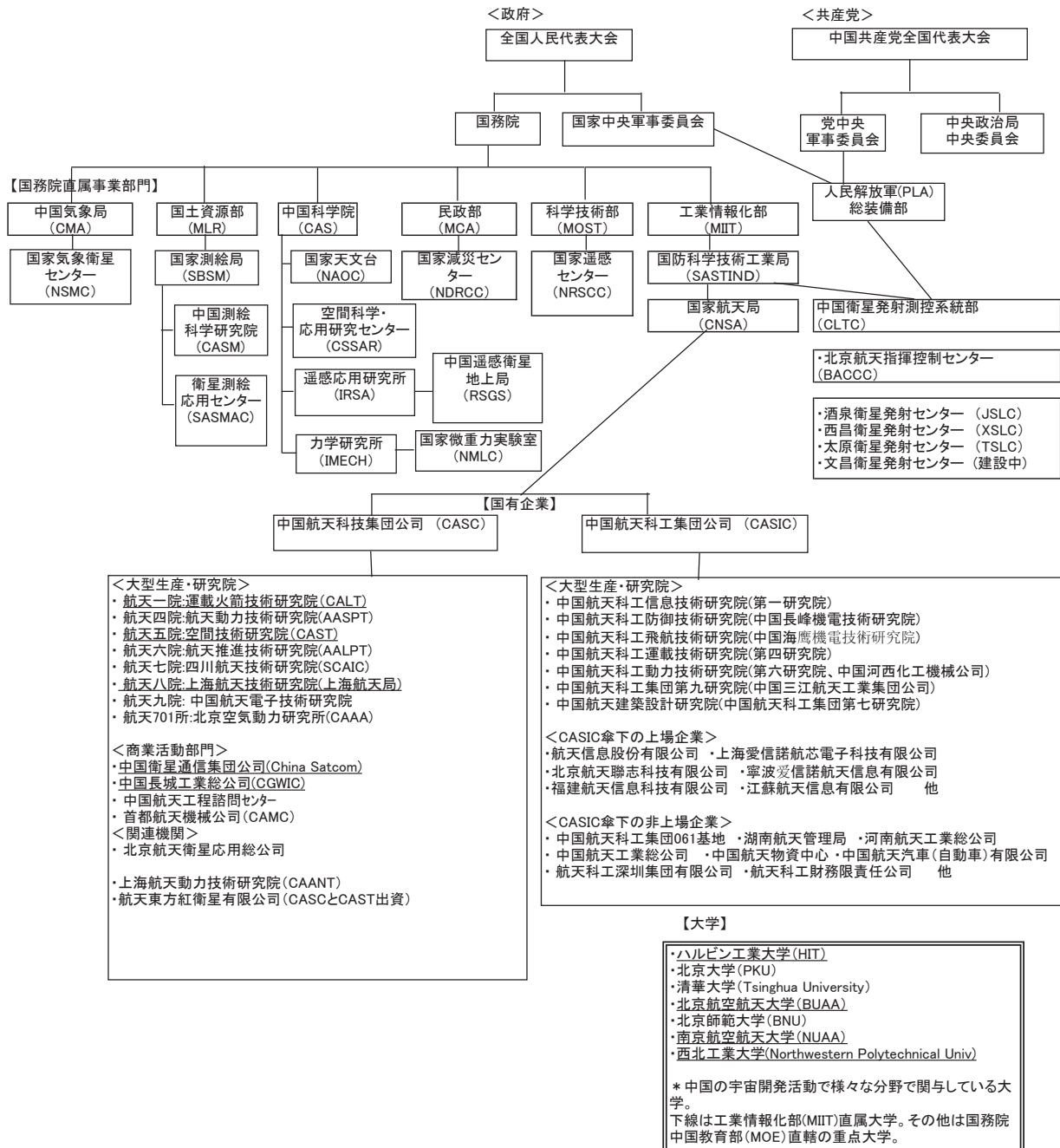
参考資料 1

中国の宇宙開発組織

(各種資料を基に宇宙ワーキング・グループ作成)

中国の宇宙開発体制

2009.12.24現在



(1) 中国の宇宙開発関連組織の概況

中国の宇宙開発体制は、以前は航天航空工業部（省に相当）が中心であったが、1993年6月に国务院直属機構である国家航天局（CNSA）が設立され、また宇宙活動の実施部門は政府から切り離されて、国営企業である中国航空航天総公司に移管された。その後再編成や名称変更を経て、現在CNSAは国务院直属機構ではなくなり、工業・情報化部（MIIT）の傘下となっている。

企業集団の中国航空航天総公司是、その後中国航天科技集团公司（CASC）と中国航天科工集团公司（CASIC）に分かれており、合計23万人程度の規模で、宇宙機の開発や試験を行っている。

大学や科学研究機関では、中国科学院などが宇宙科学を担っており、大学などは人材育成を主として担っている。

打上げ管制や衛星の追跡管制を行う組織及び施設は、人民解放軍総装備部が管轄している。

(2) 国家航天局（CNSA）

国家航天局は、中国の宇宙活動全般を統括し、中国政府を代表して外国との協力等の活動を行う。職員数は100名程度。北京市海淀区に事務所がある。

<http://www.cnsa.gov.cn>

(3) 中国航天科技集团公司（CASC）

工業・情報化省（MIIT）国防科学技術工業局（SASTIND）傘下の企業集団。従業員総数は12万人強といわれる。

1956年設立の国防第五研究院を前身とし、第七機械工業部、航天工業部、航空航天工業部、中国航空航天総公司を経て、1999年7月に現在のCASIC（後述）に相当する企業集団と二分され、現在の名称になった。CASC本社の組織は、総経理（社長）ら経営者の下に経営投資部、国際協力部、宇航部、武器部、品質技術部、監察・法律部などがあり、下部機関として8つの研究院、傘下企業、直属組織などがある。

<http://www.spacechina.com/>

○大型科研生産連合体（研究院）

①中国運載火箭研究院（CALT = 航天一院）

航天一院の下に地方の研究所や製造企業などが多数グループ化されている。

長征2号と3号の製造、改良及び長征5号の開発を行っている。

<http://www.calt.com>

②航天動力技術研究院（航天四院）

③中国空間技術研究院（CAST = 航天五院）

通信衛星・地球観測衛星・航行測位衛星・月探査機など多数の衛星製造の実績がある。

航天五院の下に東方紅衛星有限公司など衛星製造関連の企業がある。

<http://www.cast.cn/>

④航天推進技術研究院（AALPT= 航天六院）

エンジンの開発などを行っている。

⑤四川航天技術研究院（SCAIC= 航天七院）

⑥上海航天技術研究院（SAST = 航天八院）

長征4号、気象衛星などの製造、長征6号の開発を行っている。

<http://www.sast.org>

⑦中国航天電子技術研究院（SAST＝航天九院）

⑧中国航天空氣動力技術研究院（CAAA＝航天701所）

○傘下の企業（金融・投資会社は除く）

①中国衛星通信集团公司（China Satcom）

中国衛星通信集团公司（チャイナ・サットコム）は2001年12月に設立され、それまでの実用通信衛星のシリーズである中星の運用を引き継いだ。最近まで中国の6大通信企業の1つに数えられていたが、工業情報化部（MIIT）の再編方針に基づき、2009年に3社（中国電信・中国移动・中国聯通）に統合化された際に、中国衛星通信集团公司の基礎電気通信部門は中国電信に吸収された。残った衛星通信部門だけで中国航天科技集团公司（CASC）の子会社となり、企業としては同じ名称で、通信企業ではなく宇宙企業として存続している。

中国衛星通信集团公司には17の子会社があり、固定局間通信、移動体衛星通信、テレビ放送、GPS応用、研究所などそれぞれの業務範囲を分担している。

また、中国衛星通信集团公司が資本参加している企業は4社ある。

- APStar衛星を保有している香港の亜太衛星控股有限公司（APT Satellite社）。
- 衛星による移動体通信事業を行なう中宇衛星移動通信有限責任公司（China Spacecom）。
- ChinaStar（中衛）を保有する中衛普信寬帯通信有限公司。
- 欧州のガリレオ衛星に関する業務を行う中国伽利略導航公司。

②中国長城工業總公司（CGWIC）

長征2型・長征3型ロケットの製造・運用を行なう宇宙開発の主力企業である。CASC傘下の企業としては、この他に中国資源衛星応用中心・北京神舟航天軟件（ソフトウェア）技術有限公司・深圳航天科技創新研究院・航天時代置業發展有限公司などがある。

○直属組織

CASC直属の組織としては、中国航天標準化研究所・中国宇航出版社・航天通信中心・中国宇航学会・航天人才培訓（トレーニング）中心などがある。

（4）中国航天科工集团公司（CASIC）

CASICは、中国の宇宙産業をCASCと二分する企業集団である。従業員総数は10万人強といわれる。業務内容は宇宙関連装備の開発・製造が中心で、他に情報関係、金融関係、建築関係などの事業がある。1999年7月に中国航空航天總公司在二分された後、中国航天機電集团公司を経て現在のCASICの名称となった。

<http://www.casic.com.cn>

CASIC傘下の組織は、CASCと同様に7つの研究院・2つの科研究生産基地・6つの上場企業・600以上の企業及び直属組織がある。

○大型科研究生産連合体（研究院）

①中国航天科工信息技術研究院（別名：中国航天科工集团第一研究院）

主要な事業は衛星・衛星応用・信息技術・測控技術等の研究及び製品開発などである。

②中国航天科工防衛技術研究院（別名：中国長峰機電技術研究設計院）

主要な事業は宇宙機プロジェクトの全体設計である。

③中国航天科工飛航技術研究院（別名：中国海鷹機電技術研究院）

主要事業は動力システム、自動化設備、レーダ設備、計算機応用などである。

④中国航天科工運載技術研究院（別名：中国航天科工集团第四研究院）

主要事業は固体ロケットの開発・製造である。

⑤中国航天科工動力技術研究院（別名：第六研究院、中国河西化工機械公司）

主要事業は固体ロケットモータの開発・製造である

⑥中国航天科工集团第九研究院（別名：中国三江航天工業集团公司）

⑦中国航天建築設計研究院（別名：中国航天科工集团第七研究院）

○上場企業

CASIC 傘下の上場企業としては、航天信息股份有限公司・上海愛信諾航芯電子科技有限公司・北京航天聯志科技有限公司・寧波愛信諾航天信息有限公司・福建航天信息科技有限公司・江蘇航天信息有限公司・山東航天信息有限公司・北京航天金税技術有限公司・広西航天金穗信息技術有限公司・安徽航天信息科技有限公司・航天通信控股集团股份有限公司・航天科技控股集团股份有限公司・北京航天長峰股份有限公司・北京航天晨光股份有限公司・貴州航天電器股份有限公司などがある。

○傘下の企業

CASIC に属する主な非上場企業には中国航天科工集团 061 基地・湖南航天管理局・河南航天工業総公司・雲南航天工業総公司・中国航天物資中心・中国航天汽車（自動車）有限公司・航天科工深圳集团有限公司・航天科工財務限責任公司・南京電子設備研究所・北京航天測控技術開発公・華迪計算機公司・航天科工磁電有限公司・機関服務（サービス）中心などがある。

(5) 中国科学院（CAS）

中国科学院は、國務院直屬の組織であり、著名な学者が院士として所属している。

<http://www.cas.ac.cn>

中国科学院に属する宇宙開発関連の研究所や施設としては以下のものがあげられる。

①力学研究所国家微重力実験室

高さ約 100m の落下塔や各種の実験施設を擁している。

<http://nmlimech.ac.cn>

②国家天文台

観測施設として、長春人造衛星観測站・南京天文光学技術研究所・紫金山天文台・上海天文台・雲南天文台・烏魯木齊（ウルムチ）天文站などがある。

<http://www.nao.cas.cn>

③遥感（リモートセンシング）応用研究所

北京市内に遥感衛星観測站（RSGS）がある。

<http://www.irsac.cas.cn>

④遺伝・発育生物学研究所

回収式衛星を用いた宇宙育種などライフサイエンス分野の研究を行なっている。

<http://www.genetics.cas.cn>

⑤対地観測・数字地球科学センター（CEODE）

地球観測データを用いた解析を行っている。

<http://www.ceode.cas.cn>

⑥地質・地球物理研究所（IGG）

<http://www.igg.cas.cn>

⑦空間科学・応用研究センター（CSSAR）

宇宙科学と地球観測センサの開発などを行っている。

<http://www.cssar.cas.cn>

⑧自動化研究所（IA）

月探査ローバの研究などを行なっている。

<http://www.ia.cas.cn>

⑨上海微系統・信息技術研究院 上海微小衛星工程センター

小型衛星の開発を行っている。

(6) 科学技術部（MOST）

科学技術部は国務院に属する省クラスの組織であり、科学技術政策の企画・立案・推進、研究プロジェクトへの研究費の配分、科学技術関係機関の総合調整、関係法律の整備等を行う。

<http://www.most.gov.cn/>

MOST 傘下の宇宙関連組織としては、国家リモートセンシングセンター（NRSCC）がある。

<http://www.most.gov.cn/zzjg/zzjgzs/zzjgsygyzx/index.htm>

(7) 人民解放軍総装備部

人民解放軍総装備部は軍の武器調達・運用施設の整備・装備技術の開発などを行う組織である。

宇宙関係ではロケット打上げ射場（酒泉・西昌・太原）と衛星追跡管制施設の運用を行っている。また有人宇宙飛行プロジェクトを主導しており、中国人宇宙飛行士（Taikonaut）は全員人民解放軍所属の将兵である。

(8) 大学

宇宙関係の学部等を持つ主要な大学としては、北京航空航天大学、ハルビン工業大学、清華大学、国防科学技術大学などがあり、衛星の打上げや主要な機器の開発などで中国の宇宙開発において顕著な活動実績を有する。CAST が隔月で発行する論文誌「中国空間科学技術」にはこれらの大学の研究成果が多数掲載されている。

なお、上記大学のうち清華大学は教育部に属する大学であるが、それ以外は工業・信息化部（MIIT）に属する大学または中央軍事委員会に属する大学である。

第2-参考-1表

工業・信息化部直属大学

大学名	所在地	職員数	宇宙関連の主要研究分野
北京航空航天大学	北京市	約 3,500 名	固体ロケット、自動制御、リモセン
南京航空航天大学	南京市	約 2,800 名	流体力学、宇宙機製造技術
ハルビン工業大学	ハルビン市	約 2,600 名	月探査、ロケット
西北工業大学	西安市	約 3,500 名	衛星、弾道ミサイル、月探査

注：職員数には教官以外も含む。

出典：各種資料を基に辻野氏作成

第2-参考-2表

中央軍事委員会直属大学（宇宙関連の学科等を有するもの）

大学名	所在地	職員数	宇宙関連の主要研究分野
国防科学技术大学	長沙市	約 2,600 名	空力学、ロケット推進、制御

注：職員数には教官以外も含む。

出典：各種資料を基に辻野氏作成

参考資料 2

中国の宇宙政策
(各種資料を基に宇宙ワーキング・グループ作成)

中国は宇宙開発が国家経済の発展や国民生活の向上など実利面でも役立ち、総合国力を高めるための重要な手段であることを認識して、積極的に推進する政策を打ち出している。

中国の国家政策の中で宇宙開発が標榜されたのは、まだ世界中で人工衛星の打上げが実現していなかった 1956 年の第 1 期 5 ヶ年計画からである。「両弾一星」すなわち核爆弾・ミサイル（導弾）・人工衛星の三大目標が示され、ミサイル技術を発展させた打上げロケット「長征 1 号」と最初の人工衛星の開発が国家プロジェクトとして進捗した。

1984 年の静止衛星打上げ成功や 1990 年代の外国衛星打上げサービスの受注などを通じて、中国の宇宙開発の技術的能力は急速に発展し、2000 年に最初の宇宙白書である「中国的航天」の中で有人宇宙飛行を含む 21 世紀の宇宙活動計画を示唆した。

2006 年 10 月 12 日、中国国務院は、「2006 年中国的航天（China's Space Activities in 2006）」と題する宇宙白書を発表した。同白書は、前文、宇宙開発の目的・原則、過去 5 年間の成果、今後 5 年間の開発目標・主要課題、開発政策と方法、国際交流と協力の 6 項目で構成される。

「宇宙開発における第 11 次五ヶ年計画」（第十一五規画）は、2006 年 3 月に第 10 期全国人民代表大会（全人代）により承認された「第 11 次 5 ヶ年計画」、2006 年 2 月に国務院により発表された「国家中長期科学・技術発展計画綱要」の下で進められる 5 年間の宇宙活動の目的、実施項目等について記述している。

2007 年 2 月 9 日、中国国務院は、「国家中長期科学・技術発展計画綱要」を発表し、科学技術レベルの向上を目標とし、宇宙技術分野など 16 の重点項目を掲げた。科学技術レベルの向上を国家目標とし、宇宙技術分野など 16 の重点項目を示した。

2009 年 5 月、中国科学院は 2050 年までの宇宙科学技術ロードマップを発表し、2050 年までに太陽観測や天文観測を行う衛星を打ち上げる他、月や火星の有人探査を行なう計画を示した。

新たな国家宇宙政策は、第 12 期 5 ヶ年計画期間に入る 2011 年前後に策定されると思われる。

中国の宇宙関連国際協力動向 (各種資料を基に宇宙ワーキング・グループ作成)

(1) 外国衛星の打上げ

中国は1990年代から外国衛星の打上げを商業的に行っており、これまでの打上げ数は30機(LEO16機、静止衛星14機)である。

- ①米 国 LEO14 機 (うち試験機2)、静止衛星1 機
- ②スウェーデン LEO1 機
- ③パキスタン LEO1 機
- ④香 港 静止衛星5 機 (うち1 機打上げ失敗、1997 年以降の打上げは中国に属する)
- ⑤フィリピン 静止衛星1 機
- ⑥オーストラリア 静止衛星3 機 (うち1 機打上げ失敗)
- ⑦ナイジェリア 静止衛星1 機
- ⑧ベネズエラ 静止衛星1 機
- ⑨インドネシア 静止衛星1 機 (所定軌道投入失敗、衛星の推進力で静止化成功)
- ⑩国際機関 (インテルサット) 静止衛星1 機 (打上げ失敗)

今後、パキスタン・ボリビア・ラオスなどの静止通信衛星の打上げが予定されている。

(2) 欧州との協力プロジェクト

①欧州宇宙機関 (ESA)

ESA とは地球観測分野でドラゴン計画、宇宙科学分野で双星計画などの協力を行なっている。

②欧州連合 (EU)

EU とは2005 年頃に欧州の全球測位システム「ガリレオ」計画への参加を表明し、出資を予定していたが、現時点では独自の全球測位システム「Compass」計画を有することから、資金的な参加については撤退したと見られる。

(3) ブラジルとの協力プロジェクト

CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite) はブラジルと共同で打ち上げた資源探査衛星である。中国空間技術研究院 (CAST) とブラジル国立宇宙研究所 (INPE) が共同で開発し、これまでに3 機打ち上げている。今後も後継機が順次打ち上げられる予定である。

(4) ロシアとの協力プロジェクト

ロシアの火星探査機 Fobos0Grunt に搭載する火星周回衛星「萤火1 号」(Yinghuo-1) の2009 年打上げを予定していたが、ロシア側の準備不足により2011 年に延期となった。(2. 6. 3 参照)

(5) アジア太平洋宇宙協力機構 (APSCO)

中国主導で成立させた7 カ国による宇宙協力国際組織。7 カ国は中国・タイ・バングラデシュ・ペルー・パキスタン・イラン・モンゴル。この他、インドネシアとトルコは批准したものの国会承認がまだ得られていない。2008 年12 月に第1 回理事会及び設立式典が開催され、理事長や事務局長など主要人事が発表された。

(6) 災害発生時の画像提供

自然災害発生時の衛星画像を地球観測衛星保有国がお互いに利用できるように、2000年に欧州及びカナダが提唱して「国際災害チャーター」という国際協力枠組みが作られた。米国・フランス・中国・日本・インド・アルゼンチンなど9カ国が参加している。四川地震で日本が中国に画像をいち早く提供したのはこの枠組みによるものである。

参考資料 4

宇宙技術力の各国比較

世界で宇宙輸送システム、通信放送、地球観測、航行測位、有人宇宙活動、宇宙科学（月・惑星探査を含む）などの宇宙開発を積極的に行っている国・地域の中で、米国、ロシア、中国、欧州、日本、インド、カナダの7カ国・地域が宇宙先進国と言え、ここでは、この7カ国・地域について、分野毎にレベル比較を行なった。その結果の概要は既に表示したとおりであるが、ここでは、その結果を改めて記すとともに、この評価の根拠について、分野毎に記述することとする。

なお本文でも述べたように、このような評価については、どういった項目により評価するか、またそれぞれの項目の重み付けをどうするかといった点で議論の分かれるところであり、今回示した結果はあくまで一つの考察に過ぎないことを再度強調しておきたい。

第2-参考 4-1 表

分野別の評価点のまとめ

分 野	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
累 積 衛 星 数	10	6	9	4	4	2	1
宇宙輸送システム	9	8	10	5	6	2	0
衛星バス技術	10	8	5	6	7	3	1
通 信 放 送	9	8	3	6	5	4	5
地 球 観 測	9	9	3	6	5	3	3
航 行 測 位	10	6	8	5	5	3	4
宇 宙 科 学	10	6	7	4	2	2	1
有 人 宇 宙 活 動	9	5	8	4	4	1	3
合 計	76	56	53	40	38	20	18
順 位	1 位	2 位～3 位		4 位～5 位		6 位～7 位	

(合計最大 80 点)

(1) 累積衛星数

累積衛星数はその国の宇宙開発実績をよく表わしている。衛星打上げ数の多少は、ミッションの幅広さや個々の衛星の性能レベルの範囲、打上げロケットの信頼性など、さまざまな方面に影響を及ぼしている。下表に各国の衛星打上げ実績を示す。

第2-参考4-2表 各国の年代別衛星打上げ数

年 代	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
1957-1960	35	-	9	-	-	-	-
1961-1970	629	21	483	1	1	-	3
1971-1980	247	43	1053	19	7	3	6
1981-1990	234	47	1123	31	23	9	5
1991-2000	535	112	442	32	30	14	7
2001-2009	251	106	184	58	64	22	14
総 計	1931	329	3294	141	125	48	35
1991-の小計	786	218	626	90	94	36	21

2009年9月末現在

出典：各種資料を基に辻野氏作成

衛星数と宇宙活動の質的な内容は必ずしも比例しないが、ここでは量的な比較を主眼として評価することとした。また、衛星数をどの程度過去まで遡って評価するかについては、大体過去20年程度が現在の宇宙活動のベースとなっていると考え、総計ではなく、1991年以降の衛星数で評価することとした。表2の衛星数合計の多い順に10点を最高として、各国に相対的な評価点を付与した。米国は世界最大であり、10点とした。ロシアは総数として米国を上回るものの、ここ20年を考えると米国より少なく9点とした。欧州は日本や中国を大きく上回る世界第3位であり、6点とした。中国は欧州に次ぐ第4位で、4点とした。日本は中国とほぼ同数の第5位で、4点とした。インドは中国を大きく下回り、2点とした。カナダはインドを下回るので1点とした。このような評価結果を下表にまとめた。

第2-参考4-3表 累積衛星数の総合評価

	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
総合評価	10	6	9	4	4	2	1

(最大10点)

(2) 宇宙輸送システム分野

宇宙輸送システム分野の主要な指標は、ロケット打上げ数、ロケットの最大能力、射場整備状況の3つとした。

① ロケット打上げ数

各国の2009年9月までのロケット打上げ数は、ロシア、米国、欧州、中国、日本、インドの順で各国相互間には比較的大きな差があり、10点満点の評価とした。カナダは独自の宇宙輸送能力を持たないため、0点とした。

第2-参考4-4表 打上げ数の相対評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
打上げ数	1240	198	2842	76	117	26	0
相対評価	8	6	10	3	4	2	0

(最大10点)

② ロケットの最大性能

ロケットの最大性能は静止トランスファ軌道（GTO）または低軌道（LEO）へ投入可能な衛星重量で比較することが適当である。米国に関してはスペースシャトルという世界最強の輸送手段があり、過去には静止衛星3機を同時に搭載して、高度約200kmの軌道上から順次打ち上げた実績があるものの、現在では静止衛星の打上げは行わなくなっているため、本稿ではLEOでの比較を行なう。

大きさで見ると、中国の長征3型ロケットの直径は3.35mであるが、米・欧・日では機体の直径が5m級のロケットが開発され、大型化が進んでいる。直径が大きくなると燃料をより多く搭載でき、打上げ可能な衛星重量が大きくなる。

米国では、改良型使い切り型打上げロケット（EELV）と呼ばれるアトラス5ロケット及びデルタ4ロケット、欧州ではアリアン5ECAロケット、日本ではH-II Bロケットなどが重量級衛星打上げ可能であるが、現時点ではアリアン5ECAが世界最強の打上げロケットである。ロシアのプロトンロケットは直径が4m以下と小さいが、M/Breeze M上段によりGTO6.4tという強力な仕様である。米国のデルタ4ロケットの最大性能となる4050HはGTO13.1t・LEO23.0tと公称しているが、静止衛星の打上げ実績はまだない。

中国の現在運用中のロケットでは米・ロ・欧・日より一歩遅れている。ただし、有人打上げでは宇宙船と組み合わせた打上げ実績があり、実績のない欧・日より一歩先んじている。今後、GTO14t・LEO25tの長征5号が実運用に入れば、中国は世界最大級の打上げ能力を持つようになる可能性がある。

インドの最大性能のロケットは静止衛星打上げ用のGSLVであるが、LEO打上げの実績はまだない。理論値5.0tの打上げ能力を有しているとされる。

第2- 参考 4-5 表 静止衛星打上げロケットの性能比較

国 名	ロケット名	製造企業・機 関	GTO 投入	LEO 投入
米 国	スペースシャトル	ロックウェル	-	21.2t
	デルタ 4 4450	ボーイング	6.6t	11.5t
	アトラス 5 551	ロッキードマーチン	8.7t	18.5t
ロシア	プロトン M/Breeze M	フルニチュフ	6.4t	21.0t
欧 州	アリアン 5 ECA	アリアンスペース	9.6t	21.0t
日 本	H- II B	三菱重工業	8.0t ^{*1}	16.5t
中 国	CZ-3B	長城工業総公司	5.2t	12.0t ^{*1}
インド	GSLV Mk-2	インド宇宙研究機関 (ISRO)	1.5t	5.0t ^{*1}
多国籍企業	ゼニット 3SL	シーロンチ ^{*2}	6.2t	7.0t ^{*1}

* 1: 理論的性能値 (実績なし)

* 2: シーロンチは米国ボーイング社 (衛星製造) とロシア (打上げ作業) ・ウクライナ (ゼニットロケット) ・ノルウェー (海上発射台オディッセイ) の企業が合併で設立した洋上打上げ会社。主に赤道直下の太平洋で打上げを行なっている。母港は米国カリフォルニア州にある。

出典: 各種資料を基に辻野氏作成

以上を踏まえて、各国の最大能力を比較する上で、米国は圧倒的な能力を持つスペースシャトル (LEO 投入能力 21t 以上、GTO 換算で 10t 以上) を代表とし、他の国は静止トランスファ軌道への最大投入能力の実績値を用いた。

第2- 参考 4-6 表 打上げロケットの最大性能の相対評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
ロケットの最大性能 (LEO)	21.2	21.0	21.0	16.5	12.0	5.0	なし
相対評価	10	9	9	7	5	2	0

(最大 10 点)

③ 射場整備状況

下表に主要国の射場との比較を示す。

第2- 参考 4-7 表 静止衛星打上げ射場の緯度・打上げ回数比較

国 名	射 場 名	緯 度	2008 年静止衛星打上げ回数
米 国	ケープカナベラル	北緯 28° 30'	1
ロシア	バイコヌール	北緯 45° 36'	8
欧 州	ギアナ (クールー)	北緯 5° 14'	5
日 本	種子島	北緯 30° 24'	1
中 国	西昌	北緯 28° 15'	4
インド	スリハリコタ	北緯 13° 9'	0
シーロンチ	オディッセイ	北緯 0° 0'	6
計			25

出典: 各種資料を基に辻野氏作成

射場能力の相対比較として、静止衛星または有人宇宙船の打上げを行った実績がある場合にそれぞれ1点とした。ロシアはバイコヌール射場に多数の射点を持ち、静止衛星も有人宇宙船も打ち上げている。米国はフロリダ州でほぼ同じ場所に2箇所の射場に分かれて静止衛星の打上げ（ケープカナベラル空軍基地）とスペースシャトルの打上げ（ケネディ宇宙センター）を行なっている。中国は西昌射場で静止衛星、酒泉射場で有人宇宙船を打ち上げている。欧州・日本・インドは有人宇宙船の打上げを行なっていない。

射場環境は打上げ方向の広さ、気象条件、面積、設備の整備状況、所在地の緯度、周辺的生活環境に及ぼす影響度等を総合評価して最大3点で評価した。欧州とロシアの射場は、他国と比較して上記射場環境で優れている。米国は天候条件や設備の老朽化などで予定通りに打上げできないことが多い。が、相当の実績を有している。日本は射場面積がきわめて狭く、打上げ期間の自在性に欠ける。インドは射場の整備が十分ではない。中国は内陸部にあるために打上げの都度落下物に対する警戒を行なわなければならない。射場を持たないカナダは0点とした。

第2-参考4-8表

射場の相対評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
射場能力	2	1	2	1	2	1	0
射場環境	2	3	3	1	1	1	0
計	4	4	5	2	3	2	0
相対評価	8	8	10	4	6	4	0

(最大30点⇒相対評価最大10点)

(射場能力最大2点、射場環境最大3点、計5点⇒相対評価最大10点)

④宇宙輸送分野のまとめ

これらの状況を踏まえて、主要7カ国の宇宙輸送分野のレベルを総合的に評価した。

カナダは独自の宇宙輸送能力を持たないため、この分野で0点となるのはやむをえないところである。

第2-参考4-9表

宇宙輸送分野の総合評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
打上げ数	8	6	10	3	4	2	0
最大性能	10	9	9	7	5	2	0
射場状況	8	8	10	4	6	4	0
合 計	26	23	29	14	15	8	0
総合評価	9	8	10	5	6	2	0

(最大30点⇒総合評価最大10点)

(3) 衛星バス技術分野

各国の主要な衛星バスは下の表の通りである。

第2-参考4-10表 各国の主要な衛星バス

国名	企業名	バス型式名	打上げ時重量	最大電力	設計寿命	受注実績
米 国	ロッキードマーチン	A2100AX 系	3-4t	4kW	15 年	25
	ボーイング	BSS702 系	5-6t	18kW	15 年	19
	スペースシステムズ/ロラール	LS1300 系	6-7t	5-12kW	15 年	71
欧 州	EADS アストリウム	Eurostar-3000 系	5-6t	10kW	15 年	16
	ターレスアレニア	Spacebus-4000 系	5-6t	16kW	15 年	11
ロシア	NPO PM	MSS-2500-GSO	2-3t		12 年	15
日 本	三菱電機	DS-2000 型	4-5t	12kW	15 年	2
中 国	中国空間技術研究院 (CAST)	東方紅 4 型	5t	10.5kW	15 年	10
インド	インド宇宙研究機関 (ISRO)	I-2000 型	1-2t		10 年	21

打上げ実績は当該バス型式の分だけを計上。製造中の衛星も含む。

出典：各種資料を基に辻野氏作成

通信衛星バス技術の順位は、性能的な評価に加え、受注状況も加味した。過去においては米国が優位であったが、欧州は最近次々に顧客を獲得しており、米国は米政府の需要以外はなかなか受注競争に勝てない状況である。米国の中でも、スペースシステム / ロラールの衛星バスは移動体通信用などで大型のアンテナを搭載しており、技術的には高いレベルにある。中国は独自の東方紅 4 型バスの輸出実績が上がり始めている。日本はまだ DS-2000 の製造実績がほとんどなく、今後の発展が期待される場所である。ロシアは自国の衛星で使用する小型バスしかない。インドはユーテルサットの衛星バスを受注した。カナダは要素技術は有するものの、まだ衛星バスといえるシステムを確立していない。なお、どの衛星バスにおいても、集積回路・太陽電池パネル・バッテリーなど、個々のコンポーネントや部品については、各国の製品が混在して使用されている。これらの状況を踏まえて、主要 7 カ国の衛星バス技術のレベルを総合的に評価した。

第2-参考4-11表 衛星バス技術の総合評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
代表的な衛星バス受注実績	115	27	15	2	10	21	なし
最大重量 t	6-7	5-6	3-4	4-5	5	1-2	N/A
総合評価	10	8	5	6	7	3	1

(総合評価最大 10 点)

(4) 通信放送分野

①衛星通信放送技術の開発

衛星通信放送技術はこれまでに開発が十分行われて、新たな技術開発の余地が少ないといわれている。技術開発の主な方向としては、静止衛星の小型化、トランスポンダ数の増大、新たな周波数帯域の利用、移動通信向けの大型アンテナ技術、デジタルディバイドの解消のためのブロードバンド中継技術、衛星間通信技術などがある。

米国は1980年代まで衛星通信に関する最先端技術を常に世界に先駆けて開発しており、技術的に成熟した感がある。そのため、米国航空宇宙局（NASA）は、主に有人宇宙活動や地球観測での必要性から、データ中継衛星「TDRSS」の運用が行なわれているが、これは確立された設計に基づく衛星調達を行なうものである。一方、民間の通信事業者向けの大型静止衛星や米国防総省（DoD）向けの新たな帯域での衛星通信システムを開発するボーイング社などの衛星製造企業は、引き続き衛星システムの大型化や高信頼化・長寿命化などの先端課題に取り組んでいる。

日本の衛星通信技術開発衛星としては、JAXA が通信技術試験衛星「かけはし」（COMETS）、データ中継衛星「こだま」（DRTS）、衛星間光通信実験衛星「きらり」（OICETS）、技術試験衛星「きく8号」（ETS-8）、超高速インターネット中継衛星「きずな」（WINDS）など新しい衛星通信技術の研究開発を次々に行って、多くの技術成果を生んできた。通信技術の幅広さでは欧州を上回っている。

欧州では先端的な通信技術を開発する ARTES プログラムにより、アルファバスや小型静止通信衛星用バスなど衛星通信分野での技術開発が行われている。欧州の衛星製造企業は多国籍化し、各国連携で大量生産体制を構築して、米国に対抗している。

中国は東方紅4型バスで世界水準の通信衛星を開発しており、データ中継衛星「天鏈1号」も開発した。

ロシア・インド・カナダでは目立った新技術の開発は行われていないが、世界的に確立された要素技術を組み合わせて、独自の通信衛星の開発・製造を行っている。

以上を相対的に評価したものが下表である。

第2-参考4-12表 衛星通信放送技術開発の相対評価

	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
相対評価	10	8	2	9	6	3	2

（最大10点）

②衛星通信放送の応用

衛星通信放送の応用としては、テレビ放送が最大のユーザであり、国際間通信などの割合は地上や海底の光ケーブル敷設に伴って減少している。一般に、地上インフラの整備が一通り完成している先進国では衛星需要の貢献が少なく、国土の広大な国や地上インフラが整っていない開発途上国では衛星通信が通信インフラとなって、応用範囲を広げている。特に、遠隔教育と遠隔医療が注目されている。

インドは遠隔教育の分野で最も進んでおり、小学校の授業を衛星通信で行って、全国一律の質の高い教育を実現している。さらに、遠隔教育のノウハウをアフリカ諸国に伝授している。

遠隔医療の面では、米国において遠隔医療用の聴診器や心電図計など医療計測機器の開発が進んでいるが、地上の通信インフラを利用するので、必ずしも衛星通信の応用が進んでいるとはいえない。この

面でも、地上インフラが不足しているインドで衛星通信の利用価値が高くなっている。

安全保障の面では、国防専用の通信衛星を保有しているかどうかで評価した。

また、移動通信対応やブロードバンド対応の技術保有を評価した。

第2-参考4-13表 衛星通信放送のミッションの相対評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
通信全体での占有割合	1	1	1	1	1	2	2
テ レ ビ 放 送	2	2	1	1	1	1	2
遠 隔 教 育	1	0	0	1	0	2	1
遠 隔 医 療	1	0	0	0	0	1	0
安 全 保 障	2	1	2	0	2	0	0
移 動 通 信 な ど	1	1	0	1	1	1	2
合 計	8	5	4	3	5	7	7
相対評価	7	4	3	3	4	6	6

(最大 12 点⇒相対評価最大 10 点)

④衛星通信放送企業の売上げ（2008 年）

我が国では「スカパー JSAT」社が 10 機以上の静止通信衛星を保有して、世界第 5 位の売上げ実績をあげている。また衛星放送用の中継器を搭載した直接放送衛星 BSat を運用する「放送衛星システム」社が第 17 位であった。売上げトップの衛星通信放送企業は英領バーミューダに本社を置く「インテルサット」社、2 位はルクセンブルクに本社を置く「SES」社、3 位はフランスに本社を置く「ユーテルサット」社、4 位はカナダの「テレサット」社である。ロシアの「ロシア衛星通信（RSCC）」は第 6 位、インドの「Antrix」社は 12 位である。

中国は軍事通信衛星も商業通信衛星もまとめて中国衛星通信集团公司の運用に一元化され、北京オリンピックに向けて初めて直接放送衛星を打ち上げた。主力となる中国直播衛星会社は 2008 年に発足したばかりで一躍世界第 15 位となり、今後ロシア・インドなどと並び 6 位から 10 位の間に入ってくるものと予想される。中国は香港の「アジアサット」社が 11 位、「APT 衛星ホールディング」社は 23 位で、25 位以内に 3 社入っている。

なお、通信放送分野の衛星に関しては、一つの国でなく幾つかの国或いは国際的な機関で打上げ運用するという例が多くあり、特定の国の比重が大きい場合にはその国に計上したが、インマルサットの様に各国が比較的均等に利用しているものは、数字の計上から除外してある。

第2-参考4-14表 2008 年の衛星通信放送企業の売上げベスト 25 位に含まれる国別売上げ

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
企業数	1	4	2	2	3	1	1
売上げ（単位百万\$）	2404	3,900	311	498	302	131	582
相対評価	8	10	4	5	4	2	6

注 1：第 1 位のインテルサット（2,360M\$）は英領に属するが、顧客は米国に多いので、便宜上米国に計上した。）

注 2：その他の 10 社は東アジア 5、中近東 2、南米 2、アフリカ 1。

出典：企業数と売上げは各種資料を基に辻野氏作成

⑤衛星通信分野のまとめ

これらの状況を踏まえて、主要7カ国の衛星通信放送分野のレベルを総合的に評価した。

第2-参考4-15表 衛星通信放送分野の総合評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
衛星通信放送技術開発	10	8	2	9	6	3	2
衛星通信放送ミッション	7	4	3	3	4	6	6
衛星通信放送企業の売上げ	8	10	4	5	4	2	6
合 計	25	22	9	17	14	11	14
総合評価	9	8	3	6	5	4	5

(合計最大30点⇒総合評価最大10点)

(5) 地球観測分野

地球温暖化対策、環境汚染防止、災害対策、経済的活動（農業・漁業など）の支援などで宇宙からの地球観測の需要が高まっている。各国の地球観測衛星としては以下のようなシリーズ衛星及び単発の衛星がある。（各種資料を基に辻野氏が作成）

米 国：Aqua（海洋）・Terra（陸域）・LANDSAT（陸域）・Ikonos（陸域）

NOAA（気象）・GOES（気象）・Jason（海洋）

ロシア：Resurs（陸域）・Kosmos（情報収集）・Okean（海洋）・Meteor（気象）

欧 州：[ESA] Envisat（陸域・海洋・レーダ・資源）

[EUMETSAT] Meteosat・MetOp（気象）

[仏] SPOT（陸域）

[独] TerraSAR（レーダ）・SAR-Lupe（レーダ）・RapidEye（陸域）

[伊] Cosmo-SkyMed（海洋）

日 本：「だいち（ALOS）」（陸域）・「いぶき（GOSAT）」（大気）・「ひまわり（MTSAT）」（気象）・IGS（情報収集）

中 国：CBERS（資源）・資源（資源）・海洋（海洋）・環境（陸域）・遥感（情報収集）・風雲（気象）

インド：Cartosat（陸域・立体地図作成）・Oceansat（海洋）・Resourcesat（資源）

RISAT（レーダ）

カナダ RADARSAT（陸域・レーダ）

①地球観測ミッションの種類

各国の地球観測衛星の技術力を評価する指標の1つとして、ミッションの種類を取り上げる。各国の衛星シリーズの運用実績や成果を見れば、どのようなミッションが実施されているかがわかる。

第2-参考4-16表

各国の地球観測ミッション実施状況の相対評価

ミッション	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
気 象 衛 星	2	2	1	2	2	1	0
陸 域 観 測	2	2	1	2	2	1	1
立 体 地 図 作 成	0	1	0	1	0	1	0
海 洋 観 測	2	2	1	1	1	1	0
レ ー ダ 観 測	1	2	1	1	1	1	2
資 源 探 査	1	1	1	1	1	1	1
大 気 観 測	1	1	1	1	0	0	0
地震電磁波観測	1	1	1	0	0	0	0
合 計	10	12	7	9	7	6	4
相対評価	7	8	4	6	4	3	2

2：継続性あり 1：研究開発実績あり
（合計最大16点⇒相対評価最大10点）

②地球観測センサの種類と性能

地球観測センサは光学・レーダに大別され、性能は主に分解能（解像度）で評価される。世界で最も空間分解能の高い衛星は、米国のIKONOSで、40cmといわれる。これは道路を走行中の自動車の種

類が判定できる程度の高解像度である。一方、分解能は数 m クラスであっても、同じ場所を短い頻度で観測できる時間分解能や、同時に広い面積を観測できる広域観測能力が重視されるミッションもあり、同じ陸域観測衛星でも植生観測と土地利用観測では必要とされるセンサが異なってくる。

米国や欧州は各種のセンサをほぼ網羅して開発している。ロシアは最近まで写真式の回収衛星を打ち上げており、情報入手のタイムリー性と画像の質は比較的高いとされるが、米欧の地球観測衛星の洗練された技術から見ると陳腐化した技術である。日本は各種の地球観測衛星を開発しているが、解像度も低いことなどから、欧米に対して一步遅れている。センサ技術ではイスラエルや韓国の方が欧米技術の導入などで日本より優れているものもある。中国・インドは地球観測衛星を多数打ち上げており、小型衛星で単機能に絞って成功している。カナダもレーダサットで世界最高水準のレーダ技術を誇っている。

日本は 2009 年に温室効果ガス観測技術衛星「いぶき (GOSAT)」を打ち上げたことで、二酸化炭素の発生状況を観測できる世界唯一のミッションを実施している。これにより、ようやく日本も単機能衛星を持つこととなった。

なお、最近の地球観測衛星に関しては、相互乗り入れが進んでおり、ある国が打ち上げる衛星に他の国の製作したセンサを搭載する例が増えてきている。その場合にはセンサ製作国に着目して評価を行っている。

結果は下記の通りである。

第 2- 参考 4-17 表 地球観測センサ技術の相対評価

	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
相対評価	10	9	4	7	5	5	5

(最大 10 点)

③ GEOSS への貢献

地球観測に関する全世界の取組みとしては、「複数システムによる全球地球観測システム」(GEOSS) という 10 年計画 (2006 ~ 15 年) がある。米国では商務省に属する海洋大気庁 (NOAA) が推進役になっている。GEOSS の特徴は、宇宙からの観測だけでなく、陸域・海洋・大気など現場観測のシステムと統合化した観測を行うことで、災害、健康、気象、農業など社会利益につながる 9 分野での監視・観測データの社会応用を目指している。

米国では統合地球観測システム (IOES) が政府の省庁横断で実施されている。

欧州では「GMES」(環境と安全保障のための地球観測) という名称で環境監視・安全保障のためのシステム構築に欧州連合 (EU) が乗り出し、各国と共同して欧州及びアフリカを対象としたシステムを構築中である。これは欧州の GEOSS に対する貢献である。

日本は GEOSS 構築に当初から参加しており、10 年実施計画書の策定、事務局への人的貢献、構造・データ委員会の共同議長を受け持つなど積極的に参加している。

災害分野では国際災害チャータに参加している機関が米国・欧州各 2、日本・中国・カナダ・インド各 1 機関ある。

ロシアは気象機関が参加しているが、GEOSS への参加実績はほとんどない。

第2- 参考 4-18 表 GEOSS への貢献の相対評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
統合システム	2	2	0	0	0	0	0
災 害	2	2	0	2	2	2	2
健 康	2	2	0	0	0	0	0
エ ネ ル ギ ー	2	2	0	0	0	0	0
気 象	2	2	1	1	2	1	0
水	2	2	0	2	0	0	1
気 候 変 動	2	2	0	2	1	1	1
生 態 系	2	2	0	1	2	0	0
農 業	2	2	0	1	2	0	0
生 物 多 様 性	2	2	0	1	1	0	0
合 計	20	20	1	10	10	4	4
相対評価	10	10	1	5	5	2	2

(合計最大 20 点⇒相対評価最大 10 点)

④地球観測分野のまとめ

これらの状況を踏まえて、主要 7 カ国の地球観測分野のレベルを総合的に評価した。

第2- 参考 4-19 表 地球観測分野の総合評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
ミッションの種類	7	8	4	6	4	3	2
センサ種類及び性能	10	9	4	7	4	5	6
GEOSS への 貢 献	10	10	1	5	5	2	2
合 計	27	27	8	18	13	10	10
総合評価	9	9	3	6	4	4	4

(合計最大 30 点⇒総合評価最大 10 点)

(6) 航行測位分野

①航行測位衛星打上げ数

航行測位衛星とは、地上の精密な時刻データを発信して、GPS（Global Positioning System）受信機により位置決定（測位）を行なうために、精密な時刻データと衛星自身の位置データを発信する衛星である。GPS 受信機が4個以上の衛星の時刻・位置データを同時に受信することにより、受信機自身の位置を決定することができる。これに地理情報システム（GIS）や地図データを組み合わせることによりカーナビなどの各種のGPS 応用機能が実現されている。

約30個の衛星で全球をカバーする航行測位衛星システムをGNSS（Global Navigation Satellite System）という。既にNavstar衛星によりGNSSを実用化している米国、2009年にはGlonass衛星の整備を完了する予定のロシアに続いて、欧州のガリレオ衛星と中国のCompass衛星によるGNSSが今後本格的な衛星群打上げ時期を迎え、世界に4つのGNSSが並立するようになると予想される。なお、ロシアのグロナスは軍民両用の航行測位衛星をであるが、これまでに必要な衛星数に到達しておらず、現在完成を急いでいるところである。（新規打上げ数と故障等による運用終了数が毎年同数程度で、長期にわたって衛星不足状態が継続していた。）GPS衛星群維持の懸念は米国にさえあり、これから初期運用体制を整備する欧州や中国も、第2段階以降で寿命の尽きた衛星や故障衛星の代替機打上げが継続できるかどうか不透明である。

GNSSに続いて、日本の準天頂衛星（2010年打上げ予定）、インドのIRNSSなどが計画されている。日本とインドは地域だけのシステムであり、日本は米国のGPS衛星群を補完して、少ない衛星数で自国の測位のアベイラビリティを向上しようとしている。インドは7機のIRNSS衛星（うち3機は静止軌道、4機は準天頂軌道）でGPS補完ではなく自国衛星だけで測位を行えることを目指していると見られる。

なお、日本の準天頂衛星は、最初1機しか打ち上げられない。その場合、1日8時間は日本の上空に存在するが、その時間帯は毎日4分ずつずれていく。1年かかって元の時間帯に戻る。そのため、3機1組として24時間サービスすることが社会インフラとなるGPS補完システムとして最低限必要であり、今後の課題となっている。

第2-参考4-20表 航行測位衛星打上げ・運用実績の相対評価

	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
衛星打上げ数	95	2	255	0	6	0	0
運 用 実 績	約30	0-1	約18	0	4-5	0	0
相対評価	10	2	6	0	2	0	0

（最大10点）

出典：衛星打上げ数と運用実績は各種資料を基に辻野氏作成

②測位性能・能力

航行測位分野の技術力を比較する上で、航行測位衛星は数も重要であるが性能面での優劣はもっと重要な要素である。航行測位衛星の性能は、測位精度（m単位）とアベイラビリティ（測位できる確率）が主要なパラメータで、衛星の搭載装置だけでなく地上の補強システムの有無やサービス形態も性能に影響を与える。アベイラビリティについては、衛星の数が決定的な影響を及ぼすが、都市部では天頂付近に補完衛星が1機あることの効果は大きく、日本とインドで計画している地域限定の準天頂衛星はア

ペイラビリティ向上に大きく貢献する。

現時点では航行測位衛星を完全に展開しているのは米国だけであるが、各国の独自衛星が出揃うと見られる 2015 年頃を想定した評価を行なった。インドは地理的に赤道に近いので、静止衛星も準天頂衛星に近く、インド独自の衛星だけで都市部でのアベイラビリティを圧倒的に高くすることが可能になる予想される。日本は米国の GPS に依存するため、米国とインドの中間的なアベイラビリティに留まる可能性がある。インド並みにアベイラビリティを向上するには、静止衛星を含む 7 機体制が必要である。

なお、この評価項目は上記に記したように 2015 年での計画を基にしたものであり、現時点の技術力を示すものではない。例えば、日本は準天頂衛星を来年度 1 機打ち上げる予定であるが、それ以外に 2 機上げて初めてこの様な能力となることに留意する必要がある。

第 2- 参考 4-21 表 測位性能・能力の相対評価（2015 年頃を想定した評価）

	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
測位精度	高い	補強	低い	補強	低い	補強	補強
2015 年頃の 都市部でのアベイラビリティ	約 50%	約 50%	約 50%	約 80%	約 50%	100%近い	約 50%
相対評価	7	6	4	8	4	9	6

(最大 10 点)

③測位応用

測位応用としては、航空機・船舶の運航支援、カーナビゲーション、地理情報システム（GIS）との連携、土地測量などで社会的に必須のインフラとなっており、米国が最も進んでいる。続いて欧州・日本・中国・カナダで応用技術の開発・導入が盛んに行なわれている。

第 2- 参考 4-22 表 測位応用の相対評価

	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
相対評価	10	8	6	8	8	6	8

(最大 10 点)

④受信機製造

GPS 利用のために必須の GPS 受信機の製造は米国と日本が世界をリードしている。特に日本はカーナビ装置の機能や売上高で世界一の地位にある。

中国ではカーナビ装置や子供用の位置発信機などの製品が製造されているが、欧米に対する輸出競争力はまだ弱い。

第 2- 参考 4-23 表 受信機製造の相対評価

	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
相対評価	10	8	8	10	6	4	4

(最大 10 点)

⑤航行測位分野のまとめ

これらの状況を踏まえて、主要7カ国の航行測位分野のレベルを総合的に評価した。

第2-参考4-24表 航行測位分野の総合評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
測 位 衛 星 数	10	2	6	0	2	0	0
測 位 性 能・能 力	7	6	4	8	4	9	6
測 位 応 用	10	8	6	8	8	6	8
受 信 機 製 造	10	8	8	10	6	4	4
合 計	37	24	24	26	20	19	18
総合評価	10	6	8	5	5	3	4

(合計最大40点⇒総合評価最大10点)

(7) 宇宙科学分野（月・惑星探査を含む）

宇宙科学は宇宙開発の初期から、地球近傍宇宙環境観測、天文観測、月・惑星探査などのミッションを実施してきた。今後は、様々な波長の大型望遠鏡をラグランジェポイントに設置するような計画が予定されている。科学の成果目標が大きくなるに従って衛星の規模も大きくなり、積極的な国際協力が図られる傾向にある。月・火星の探査で米国・ロシア・欧州・日本・中国・インドなどが技術や資金を持ち寄って、国際宇宙ステーションと同じような国際協力の枠組みで大型プロジェクトが実施される可能性がある。主導権を握る米国は、将来の火星探査を目指して、搭乗員や大重量打上げ用のロケットを開発しようとしている。なお、宇宙科学分野の各国評価としては、学術的な論文や学会発表なども目安にすべきであるとの意見もあるが、ここでは宇宙機を中心に評価分析した。

①地球近傍宇宙環境観測

地球の周囲の宇宙空間には磁気圏、電離層、放射線帯（バン・アレン帯）などがあり、これらの地球を取り巻く宇宙環境を調査するための宇宙科学ミッションが宇宙開発の初期から各国で行なわれてきた。バン・アレン帯は衛星打上げによって人類が初めて認識することができた。宇宙開発以前から知られていた磁気圏や電離層なども、ロケット・衛星の打上げによって詳細な状況が判明してきている。

この分野では米国、ロシア、欧州が圧倒的な実績を誇っている。日本は衛星数こそ少ないが、磁気圏探査を得意とし、対応する科学衛星を連続して打ち上げた。特に米国と共同で開発した GEOTAIL は、多くの成果をあげ、現在でも運用中である。近い将来には複数衛星を用いた様々な距離スケールでの磁気圏探査を行う計画が進められている。中国、カナダ、インドは、日本より実績で劣っている。

第2-参考4-25表 地球近傍宇宙環境観測衛星数の相対評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
宇宙環境観測衛星数	101	53	78	9	4	3	4
相対評価	10	6	8	2	1	1	1

（最大10点）

出典：宇宙環境観測衛星数は各種資料を基に辻野氏作成

②天文観測

宇宙科学の中で、天文観測は地上の天文台に設置する望遠鏡の代わりに宇宙軌道に投入した科学衛星に各種の望遠鏡を搭載するミッションである。観測センサの種類により、可視光望遠鏡、赤外光望遠鏡、紫外光望遠鏡、X線望遠鏡、ガンマ線望遠鏡、電波望遠鏡、マイクロ波望遠鏡、太陽望遠鏡、距離計測などに区分される。

米国はスペース VLBI を除き、すべての種類を開発・運用した経験を有する。欧州は、大型 X 線望遠鏡、ガンマ線衛星などを独自に進める他、「ハッブル」（天文観測）、コンプトン GRO」（ガンマ線天文観測）など米国主導の大型ミッションに積極的に参加している。日本は小型ではあるが特徴のあるミッションを X 線、赤外線、電波の領域で実現してきた。特に日本では X 線天文観測がお家芸といわれており、国際的な X 線観測協力体制の中で独自の地位を有している。特に現在開発中の ASTRO-H は、日本の最先端観測技術を生かしたもので、広い波長域において過去最高の感度を有し、米国からの大規模な参加の他、各国の科学者が広く協力して開発される。最近では、太陽観測で史上最高の画像分解能による観測、赤外線領域での最も高感度な全天サーベイを日本の衛星が行うなど、日本の得意分野が広

がりつつある。また、大型国際ガンマ線衛星フェルミに大規模に参加するなど海外ミッションへの参加も行われている。

ロシア・カナダは部分的に実施している。中国とインドはまだ天文観測衛星を打ち上げた経験がない。

第2-参考4-26表 天文観測の相対評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
観測センサ種類（最大10）	10	7	3	5	0	0	1
天文観測衛星数	66	16	10	12	0	0	1
相対評価	10	7	3	5	0	0	1

（最大10点）

出典：天文観測衛星数は各種資料を基に辻野氏作成

③月・惑星探査

地球に最も近い天体である月は、宇宙開発の初期から到達の目標になっていた。

米国と旧ソ連は、1960年代に月周回だけでなく月面着陸やサンプル回収など高度な探査活動を行ってきた。さらに、1969年から1972年にかけて、米国はアポロ計画において、月面に6回にわたり宇宙飛行士を着陸させ、月面の科学探査を行なった後に地球への帰還に成功している。

最近では日本の月周回衛星「かぐや」（SELENE）に続いて、中国・インドも月周回衛星を打ち上げ、第2段階以降の月探査には米国・欧州も加わって、協力と競争が繰り返されられそうな状況である。

惑星探査は、内惑星の水星・金星、外惑星の火星・木星・土星・天王星・海王星、惑星以外では小惑星・彗星探査及び太陽系外の探査やなど、対象が幅広い。米国はこれらの対象天体に向けて一通り探査機を打ち上げている。「ボイジャー」（太陽系外探査）・「ハッブル」（天文観測）・「ガリレオ」（木星探査）・「カッシーニ」（土星探査）、「ユリシーズ」（太陽探査）、「コンプトン GRO」（ガンマ線天文観測）など多数の大型科学衛星及び探査機を打ち上げてきており、特に特殊な電源を必要とする外惑星探査は米国の独壇場となっている。

ロシアは金星と火星及びハレー彗星に向けた探査機を打ち上げた経験を有する。今後も月・火星を目指す探査計画を進めている。

欧州は内惑星探査機その他、米国との協力により外惑星探査機としてカッシーニに搭載する土星探査機ホイグンスを開発するなど、NASAに探査機の一部の観測機器を提供することにより多くの科学的知見を得た。独自のハレー彗星探査機「ジオット（Giotto）」も打ち上げている。

日本では宇宙科学部門が独自のコンセプトで小型科学衛星を多数開発し、米欧口と比肩する業績をあげている。日本は既に、火星探査機「のぞみ」とハレー彗星探査機「すいせい」を打ち上げている。また日本の小惑星探査機「はやぶさ」は衛星自体は小規模ながら雄大な計画であり、小惑星表面の岩石サンプルを採取して地球帰還の途にあって世界の注目を集めている。現在、金星の大気をその場で観測する衛星や、欧州と共同で進める水星ミッションのうち磁気圏探査衛星を担当した計画など、日本の特徴を生かした高い水準の科学ミッションが進められている。

中国・インド・カナダはまだ惑星探査機を打ち上げた経験がない。

第2- 参考 4-27 表 月・惑星探査機数の相対評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
月 探 査 機 数	26	1	24	2	1	1	0
惑星探査機数	5	2	3	2	0	0	0
相対評価	10	4	9	5	2	2	0

(最大 10 点)

出典：月探査機数・惑星探査機数は各種資料を基に辻野氏作成

④宇宙科学分野のまとめ

下表のような総合評価を行なった。

第2- 参考 4-28 表 宇宙科学分野の総合評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
宇宙環境計測	10	6	8	2	1	1	0
天 文 観 測	10	7	3	5	0	0	1
月 惑 星 探 査	10	4	9	5	2	2	0
合 計	30	17	20	12	3	3	2
総合評価	10	6	7	4	2	2	1

(合計最大 30 点⇒総合評価最大 10 点)

(8) 有人宇宙活動分野（国際宇宙ステーションを含む）

1960年代は米国のアポロ計画に象徴されるが、まず1961年にロシアと米国が相次いで有人宇宙飛行に成功したことから始まる。その数年後には複数の搭乗員での宇宙飛行や船外活動の実施など、両国が競って有人宇宙活動のレベルを高めていった。

1969年には、有人月着陸を目指す競争で米国が「アポロ11号」で先着したことにより、旧ソ連は月着陸計画を断念した。

その後旧ソ連は「サリユート」「ミール」などの有人宇宙船で長期間宇宙滞在の実績を着々と積んでいった。米国は1981年からスペースシャトルの運用を開始し、衛星の打上げや宇宙実験など、それまでにない斬新な実績をあげてきた。

① 有人打上げ能力

米国はスペースシャトルで年数回、1回当たり6-7名の搭乗員を輸送している。ロシアは2009年から年4回（2008年までは年2回）、1回当たり2-3名の搭乗員を輸送している。中国は輸送ではなく周回するだけで、2-3年に1回、最大3名の搭乗員を搭載している。欧州・日本・インド・カナダは有人打上げ手段を持たない。

第2-参考4-29表 有人宇宙船打上げ能力の相対評価

	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
相対評価	4	0	4	0	2	0	0

（最大4点）

② 有人宇宙船と物資補給船

地上とISS間の輸送手段としては、米国のスペースシャトル、ロシアのソユーズ有人宇宙船及びプログレス物資補給船、欧州の自動輸送機（ATV）、日本の宇宙ステーション補給機（HTV）などがある。

この他、米国の商業宇宙輸送システム（COTS）として、スペースX社やオービタル・サイエンシズ社が有人または貨物輸送能力を自力で実現するべく、NASAの支援を得て宇宙輸送システムを開発中である。

ISSに参加していない国の中では、中国の有人宇宙活動の躍進ぶりが著しい。中国は2008年9月に「神舟7号」により3度目の有人宇宙飛行を行い、ついに船外活動（宇宙遊泳）を実現するに至った。この様子はインターネットを通じて配信され、世界中の注目を集めた。中国はさらに、2010年頃には独自の宇宙実験室「天宮1号」を打ち上げ、そこへ「神舟8号」から同10号までをドッキングさせる計画を発表した。

一方、インド宇宙研究機関（ISRO）は実績としては過去に宇宙飛行士を1名輩出したに過ぎないが、今後ロシアの協力を得て独自の有人宇宙飛行を行うことを表明している。

第2- 参考 4-30 表 有人宇宙船と物資補給船の相対評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
有 人 宇 宙 船	3	0	2	0	1	0	0
物 資 補 給 船	0	1	1	1	0	0	0
相対評価	3	1	3	1	1	0	0

(最大3点)

③宇宙環境利用体制

微小重力や高真空などの特徴を有する宇宙環境を積極的に利用する体制は、各国とも主に宇宙機関や科学研究組織が中心となって、大学や企業も含め、地上での実験施設の開発や宇宙から回収した試料の分析・利用などの研究を行なうようにしている。地上施設としては落下塔・航空機（パラボリック飛行）・浮遊装置等があり、短時間・低精度での基礎研究を行なった後に、衛星搭載装置の開発や搭載試料の選定を行っている。ISS 参加国がそのような体制を有していることは当然であるが、中国は独自の微小重力実験衛星（9. 参照）で熱心に宇宙環境利用研究を行なっており、インドも回収式衛星開発に取り組んでいるところである。

第2- 参考 4-31 表 宇宙環境利用体制の相対評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
落下塔などの実験設備	4	4	2	2	2	1	1
大学や研究機関との連携	4	4	2	2	4	1	3
相対評価	4	4	2	2	3	1	2

(最大4点)

④国際宇宙ステーション（ISS）への参加

現在有人宇宙活動の核となっているのは国際宇宙ステーション（ISS）計画である。米国・ロシア・欧州・日本・カナダの5極が参加し、開発・運用を行っている。

国際宇宙ステーション計画は、1980年代に米国のレーガン大統領が提唱し、欧州・日本・カナダが賛同して、政府間国際協定（IGA）が批准されたものである。当初は1992年までに完成させるとの目標で国際協力プロジェクトがスタートしたが、1986年のスペースシャトル・チャレンジャーの爆発事故や、スペースシャトルの運用コストが予想以上にかかるなどの問題もあって、開発費節減のために何度も設計変更が行われ、完成予定時期は逐次遅れていった。その間に、1991年の旧ソ連崩壊に伴ってロシアが国際宇宙ステーション計画に参入することになり、旧ソ連で培われた有人宇宙船の技術を取り入れて、20世紀末までには国際宇宙ステーションの基幹部分が打ち上げられた。ロシアの参加により、宇宙飛行士の打上げ・長期滞在・帰還や物資補給が計画通りに実施できるようになった。

しかし、2003年1月にスペースシャトル・コロンビアが空中分解事故を引き起こし、国際宇宙ステーション建設スケジュールが遅延する状況も生じた。

第2- 参考 4-32 表 ISS への参加の相対評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
実験モジュール有無	1	1	1	1	0	0	0
貢献度	2	1	2	1	-	-	1
相対評価	3	2	3	2	0	0	1

(最大3点)

⑤宇宙飛行士数（2009年3月末時点）

宇宙飛行を経験した人数は米国が圧倒的に多いが、個々の宇宙飛行士の宇宙滞在日数はロシアが圧倒的に長くなる。インドは1人が1週間滞在しただけなので、それと比較すれば日本・中国・カナダは宇宙飛行士数・滞在日数ともに格段に多い。欧州はESA加盟18か国中11か国から宇宙飛行士を輩出しており、米国に次ぐ実績を有している。

第2- 参考 4-33 表 有人宇宙飛行実績の相対評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
宇宙飛行士数	316	34	103	7	6	1	8
延べ滞在日数	10000	1200	17000	280	20	7	150
相対評価	5	3	5	2	2	0	2

(最大5点)

出典：宇宙飛行士数・延べ滞在日数は各種資料を基に辻野氏作成

⑥有人宇宙活動分野のまとめ

これらの状況を踏まえて、主要7カ国の有人宇宙活動分野のレベルを総合的に評価した。

第2- 参考 4-34 表 有人宇宙活動分野の総合評価

評価項目	米 国	欧 州	ロシア	日 本	中 国	インド	カナダ
有人宇宙船打上げ能力	4	0	4	0	2	0	0
有人宇宙船及び物資補給船	3	1	3	1	1	0	0
宇宙環境利用体制	4	4	2	2	3	1	2
ISSへの参加	3	2	3	2	0	0	1
有人宇宙飛行実績	4	3	5	2	2	0	2
合 計	18	10	17	7	8	1	5
総合評価	9	5	8	4	4	1	3

(合計最大20点⇒総合評価最大10点)

第三部

海洋開発

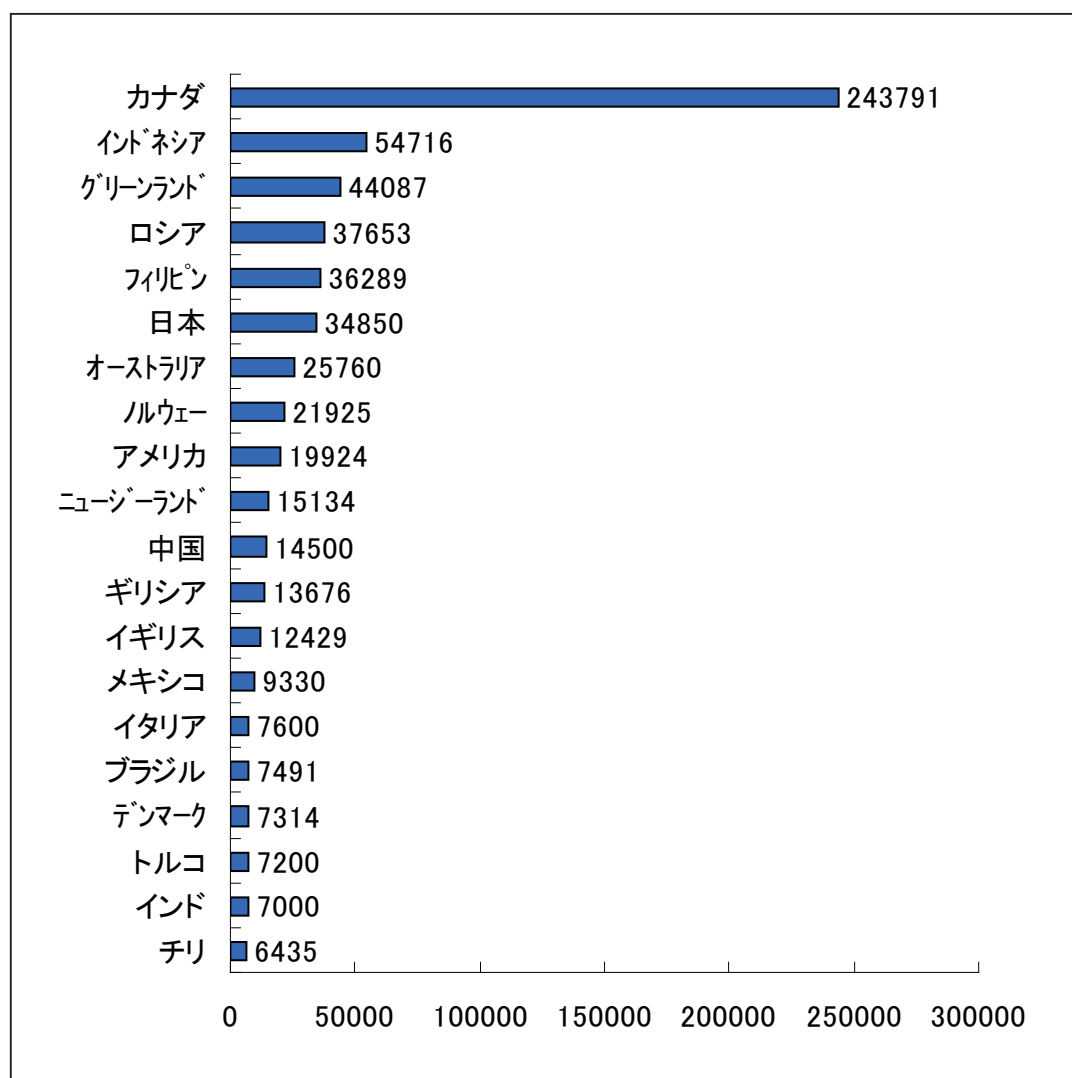


第1章 海洋開発の位置付け

中国は、その国土の東・南側を東シナ海や南シナ海などに囲まれており、比較的大きな海岸線を有している。このため海洋開発を積極的に進めている。

中国は、北は遼寧省の鴨緑江河口（丹東）で黄海に面し、東シナ海、南シナ海と続き、南は広西チワン族自治区の北侖川河口までの長い海岸線を有している。（参考資料1. 参照）ただし、世界的に見るとカナダが圧倒的に長い海岸線を有しており、インドネシア、ロシアなどが続いている。日本は世界的に見て長い方であり、中国は日本の半分程度となっている。

第3-1-1 図 世界の海岸線の概要



出典：（海外線延長）日本は「海岸統計（平成16年度版）」（単位：km）
外国は、U. S. Central Intelligence Agency, *The Factbook 2002*

第2章 海洋開発政策

中国政府は、2008年2月に「国家海洋事業発展計画」をとりまとめた。

中国の海岸線の長さや、領海と排他的経済水域を含めた管轄海域の面積などは、世界の他の国々と比較してそれほど大きくはないが、そのなかで中国は海洋政策や海洋基本法を策定（中国海洋アジェンダ21、海域使用管理法）し、また海洋主管庁（中国国家海洋局）を設置するなど、海洋の管理に積極的に取り組んでいる。また、「海洋事業の範囲」が明確にされており、中国における海洋事業の主要な成果や最新の進展状況が報告されている。

日本は海岸線の長さでも管轄海域の広さでも世界第6位であり、2007年に海洋基本法を制定して海洋管理をめざしている。中国の取り組みは大いに参考となるものである。

東・南側を海洋に囲まれている中国では、海洋資源の持続的な利用、海洋環境・生態系の保護、海洋経済・海洋公益サービスの拡大・促進及び海洋権益の確保が今後重要となってくる。そこで中国政府は、2008年2月国家海洋局、科学技術部、中国科学院などが中心となって、海洋開発の基本政策である「国家海洋事業発展計画」をとりまとめた。この計画は、2010年から2020年までの10年間を見通したものであり、2020年までには海洋科学技術の水準を先進国の中位水準に高めるとしている。

主な政策は次の通りである。

- 1) 海洋観測・気象予知技術を開発し、海洋環境保全能力の向上を図る。
- 2) 海洋開発・保全技術を開発し、海洋経済の健全な発展を推進する。

具体的には、海洋経済分野における自前の海洋技術の貢献度を5割まで高める。

- 3) 海洋科学の研究により、海洋への理解増進を図る。
- 4) 海洋管理の研究により、海洋事業の持続的発展を促進する。
- 5) 海洋分野の重大特別プロジェクトを立ち上げる。
- 6) 海洋イノベーションシステムの構築によりイノベーション力の向上を図る。
- 7) 海洋分野のプラットフォーム建設を強化する。
- 8) 海洋分野の教育を強化し、海洋系の人材を育成する。

具体的には、海洋分野の資源を合理的に配分し、高級人材数を3割増とする。

第3章 海洋観測調査

第1節

海洋科学調査船

中国は、先進諸国に匹敵する海洋科学調査船を運航している。

中国は、日本など先進諸国の有する調査船に匹敵する海洋科学調査船を有し、運航している。主なものの仕様を挙げると次の通り。なお、調査船の性能を概略的に把握するため航続日数や航続距離、調査船の全長、研究者ベッド数を基にクラス分けされる。ここでは、アメリカの UNOLS (University-National Oceanographic Laboratory System：大学・国立海洋研究所連合) が定めているクラス分けを援用して、下記により分類した。

第 3-1-1 表

性 能	沿 岸	近 海	海 洋	遠 洋	超 級
航続日数 (day)	20	30	40	50	>50
航続距離 (km)	10,000	15,000	20,000	25,000	>25,000
全 長 (m)	<40	40-55	55-70	70-90	>90
研究者ベッド数	<15	15-20	20-25	30-35	>35

* 超級：アメリカの調査船は遠洋級までしかないため新規に導入した

① 「大洋一号」

- 海洋科学調査船
- クラス：超級
- 所属：中国大洋協会
- 主要目：全長 104.5m、全幅 16.0m、喫水 5.60m、排水量 5600 トン、速力 16kt、乗員 75 名（研究者 50 名）
- 沿革：
 - － 1995 年就航
 - － 2005 年 4 月～ 2006 年 1 月：中国初の世界一周科学調査を実施
 - － 2008 年 4 月～ 2009 年 3 月：北西太平洋、東太平洋、南西太平洋において深海環境調査、熱水鉱床の調査を実施
 - － 2009 年 7 月～ 2010 年 5 月末（予定）：第 2 回世界一周調査
 - － 航海ルート：広州→ミクロネシア→エクアドル→パナマ→南アフリカ→モーリシャス→青島
- 特記事項：
 - － 海中ロボット「海龍 2 号」により、2009 年 10 月 23 日、東太平洋海膨で巨大な熱水チムニー（高さ 26m、直径約 4.5m）を発見し、サンプル採取に成功した
 - － 「海龍 2 号」は有索の海中ロボットであり、高さ 3.8m、長さ・幅とも 1.8m、最大 250kg までのサンプル採取が可能であり、最大潜航深度は 3500m

- 中国の7000m 有人潜水船「和諧号」の支援母船とされているが、当面の試験潜航には「向陽紅9号」改装（2007年11月に完了）が利用される。

ちなみに、日本の海洋地球研究船「みらい」（JAMSTEC 所属）は全長128.6m、全幅19.0m、国際総トン8687トン、速力16kt、乗員80名（研究者46名）であり、この「大洋一号」よりかなり大きな調査研究船となっている。また海洋調査研究船「かいいい」（JAMSTEC 所属）は全長104.9m、「白鳳丸」（JAMSTEC 所属）は100.0mであり、「大洋一号」はほぼ「かいいい」、「白鳳丸」と同規模の科学調査船であり、遠洋調査を中心とする船と推定される。

2 「実験3号」

- 科学調査船
- クラス：超級
- 主要目：全長104.21m、全幅13.74m、排水量3300トン
- 所属：中国科学院南シナ海海洋研究所
- 装備：
 - CTD（塩分・水温・水深）計測
 - ADCP（音響ドップラー流速断面）計測
 - 自動気象観測、輻射観測
 - トランスポンダの回収と交換
 - GPS搭載ラジオゾンデ
 - 海底表層サンプリング、栄養塩類調査
- 沿革：
 - 1984年就航
 - 2008年8月15日～9月7日：3510海里的調査航海、85ヵ所のCTD観測、75個のラジオゾンデ放出、その他の連続観測実施
 - 2009年4月28日～6月20日：7040海里的調査航海、南沙諸島の総合科学調査実施

この調査船も「かいいい」（JAMSTEC 所属）と同規模の科学調査船であり、遠洋調査を中心とする船と推定される。

3 「科学3号」

- 海洋科学総合調査船
- クラス：遠洋
- 主要目：全長73.9m、全幅10.2m、排水量4000トン、貨物満載重量1224トン
- 所属：中国科学院海洋研究所
- 研究分野：主として近海の海洋物理学、海洋地質学、海洋生態学、海洋化学
- 調査機器：6000m用の深海探査機器
- 運航方式：調査資料、データ、サンプルを無料でシェアする。公募方式により、全国の科学研究者が調査に参加できる。
- 沿革：

- 2006 年 6 月就航
- 2007 年 10 月～11 月：中国とアメリカを結ぶ新たな海底光ケーブル「Trans-Pacific Express」建設プロジェクトの海底工事の事前点検作業を実施
- 2008 年 7 月：生態系変化調査実施

4 「実験 1 号」

- 双胴船型の総合科学調査船
- ク ラ ス：海洋
- 主 要 目：全長 60m、全幅 26m、排水量 2500 トン、搭載可能人数 72 人（研究者 45 名）
- 所 属：中国科学院
- 沿 革：
 - 2008 年 9 月：進水、建造費用 2 億元ほど（約 28 億円）
 - 2009 年 5 月：運用開始
 - 2009 年 6 月～：南シナ海の海洋資源調査に従事
- 特記事項：国内機関に開放される予定

ちなみに、日本の JAMSTEC はこれと同等の双胴型調査船「かいよう」を所有しており、主な仕様は全長 61.6m、全幅 28m、国際総トン 3350 トンである。甲板が広いために多数の調査機器の展開や回収に活躍している。

5 「科学 1 号」

- 科学探測船、2007 年 9 月に改修して海洋科学調査船とされる
- 中国近海における海洋水文・地質・生物・化学の長期変動観測
- 所 属：国家海洋局東海分局
- 主 要 目：排水量 2579 トン
- 特記事項：主要目などの詳細は不明である

この他の主な調査船として「海洋 6 号」があるが、これについては、メタンハイドレートを主として調査を行う船と言われているため、第 9 章第 8 節のメタンハイドレート研究のところで詳述する。

中国は、海洋観測衛星を2機運用している。

中国は、中国近海の赤潮や油漏れ、海氷など環境災害のモニタリング、大陸棚や河口、灘の動態観測、魚群探査などを観測目的として、以下の衛星2機を打ち上げ運用している。

① 海洋1号A（2002年5月打ち上げ）の観測目的：

- 中国近海および沿岸における環境変化のデータ取得
- 海洋一次生産（植物プランクトンによる基礎生産力）の研究
- 中規模渦のダイナミクスの研究
- 海洋観測プログラムの開発

② 海洋1号B（2007年4月打ち上げ）の観測目的：

- 海色や温度の観測
- 海洋生物資源
- 開発による海洋汚染の調査
- 海岸線の調査
- 港湾建設の予備的調査

なお、中国は今後搭載するセンサを変えて観測対象の異なる「海洋2号」、「海洋3号」をシリーズとして打ち上げる計画を有している。

第3節

海洋観測ステーション等

海洋観測ステーションなどを用いて、継続的に観測を行っている。

中国は船舶、衛星だけでなく、観測ステーションなど色々な手段を用いて海洋観測を行っている。JAMSTEC の工藤氏の調査によれば、これらの主な調査手段及び人員は次の通り。

- 観測ステーション：12（696 人）
- 観測所：63（469 人）
- モニタリングセンター：3（601 人）

また、同じく工藤氏の調査によれば、これらを用いてのデータ数の概要は次の通り

- ステーション観測：63（6385.8 万点）
- 汚染モニタリング：8800（180.0 万点）
- 潮汐観測：52（546.6 万点）
- ブイ観測：5（9.9 万点）
- 測線断面調査：137（1.9 万測線）

（注：「測線断面調査」は定線に沿って定められた地点で深度方向の計測を定期的に行う調査である。）

更に中国では、海底に設置した観測機器を海底ケーブルによって接続し、各観測ポイントに電力を供給して、長期的な自動連続観測を行う「海底観測ネットワークシステム」を構築しており、現在試運転中といわれている。このシステムは、既に日本や米国、欧州でも構築・運用されているが、基礎科学研究、エネルギー資源探査開発利用、災害防止、環境保護、航海支援などに応用することが期待されている。

気候変動や海洋生態系調査についても調査研究が行われている。

1 気候変動

中国でも気候変動研究の重要性から、中核的な研究拠点である「大気海洋相互作用・気候変動研究室」が次の様に設置され、研究が行われている。

- 設立時期：2007 年 12 月 21 日
- 所属機関：国家海洋局第一海洋研究所（青島）
- 設立趣旨：中国近海の大気海洋モニタリング・予測能力を強化して、気候変動研究に貢献する。具体的には第一海洋研究所および北海支局（渤海、黄海）、東海支局（東シナ海）、南海支局（南シナ海）と連携して、海洋気候モニタリング・ネットワークを構築する。
- 研究内容：
 - 海洋循環と地球気候変動
 - 海洋数値シミュレーションの核心技術
 - 大気海洋相互作用と気候変動の評価技術

2 海洋生態系調査

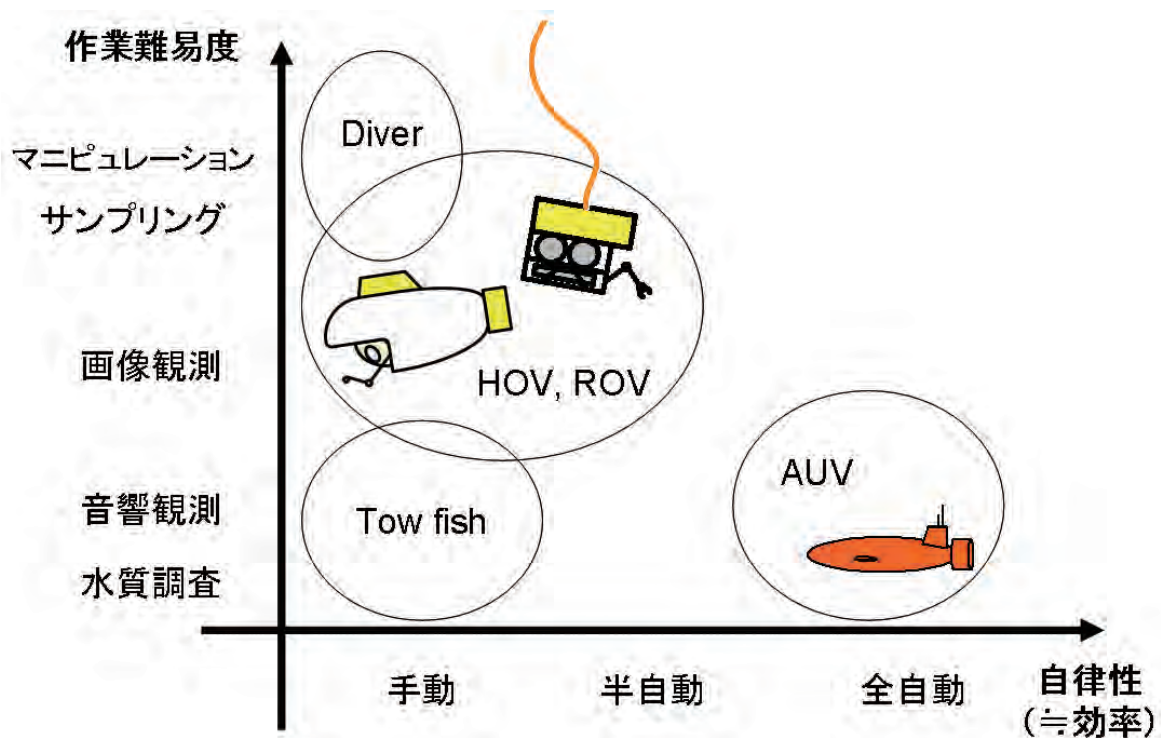
中国科学院海洋研究所は、2008 年 5 月中国近海の海洋生態系調査を行った。具体的には、2007 年 11 月に黄海北部に設置した長期海洋生態環境観測装置の観測データを回収する形で行われ、プランクトン調査（15 カ所）、海水の化学成分調査（21 カ所）、海底土質採取（15 カ所）、水文気象調査（23 カ所）を行った。

第4章 海中探査機

海中探査機は自律型海中ロボット「AUV」(Autonomous Underwater Vehicle)、有人潜水艇「HOV」(Human Occupied Vehicle)、遠隔操縦ロボット「ROV」(Remotely Operated Vehicle) の三種類に分類される。AUV は頭脳とエネルギー源を内蔵し、ケーブル無しで全自動で行動するロボットである。ROV と HOV は共に人間が操縦するが、ROV はケーブルで繋いだ船上から操縦するのに対し、HOV は人間が自ら乗り込んで操縦する。AUV は広範囲の単純な観測に向いている。ROV と HOV はより複雑な観測が可能だが、範囲は限られる。概ね図1のような役割分担となる。

第3-4-1 図

海中探査機の役割分担



(注：Tow fish：船舶から曳航する海中探査機である。水質調査や海底の地形探査、画像撮影、海底下の資源探査など様々な用途に使われている。)

出典：各種資料を基に巻氏が作成

第1節

自律型海中ロボット「AUV」(その1)

中国は北極観測用にホバリング型 AUV である Polar ARV を建造・運用している。

一般的に、AUV は魚雷のような形状をした長距離観測に適したクルーズ型と、複数のスラストにより複雑な挙動がホバリング型、そして浮力変化と翼によって移動するグライダー型の3種類に分類される。

Polar ARV は、氷海調査用に SIACAS（下註参照）が開発したホバリング型 AUV で、ROV としても使えることから ARV（Autonomous & Remotely operated Vehicle）と呼んでいる。AUV と言うものの光ファイバケーブルで常に母船と接続しているため、自動航行もできる ROV といった位置づけである。水槽および湖でのテストののち、2008 年の6月11日～9月25日の第三回の北極調査で使われた。

3ノットで3kmの航走が可能で、最大水深は500mである。6台のスラストによりサージ、ヨー、スウェー、ヒープが可能。電源はリチウムイオン電池である。測位はINS（Inertial Navigation System、慣性航法装置）、GPS、DVL（Doppler Velocity Log、ドップラー式対地速度計）の融合により行う。INSはIxsea社のOctans、DVLはRDI社という世界でも最高レベルのセンサを使用している。氷塊に対する相対速度を求めるためDVLを上向きに搭載しているのが特徴的である。ペイロードとしてはCTDや光度計などの環境センサのほかに、氷塊の形状を計測するためのソナーを搭載している。

このロボットはスペックを見る限りは世界最先端の極域探査ロボットと遜色ない。中国による単独開発かどうかは不明であるが、日本において氷海探査用 AUV は未だ開発されていないため、中国はこの分野において日本より進んでいることは間違いない。

Polar ARV と、海洋調査で活躍している日本およびアメリカのホバリング型 AUV の比較を表1に示す。

第3-4-1表 ホバリング型 AUV の比較

名 前	Polar ARV	TusaSand	ABE
国 籍	中国	日本	アメリカ
建 造 年	—	2007	1996
建 造 者	SIA	海洋工学研究所・東京大学	—
運 用 者	—	東京大学	ウッズホール海洋研究所
潜航深度 [m]	500	1500	5000
全 長 [m]	—	1.1	—
全 高 [m]	—	0.7	—
全 幅 [m]	—	0.7	—
空中重量 [ton]	—	0.24	0.68
稼働時間 [h]	—	5	14～20
航続距離 [km]	3（3ノットでの航走時）	—	20～40
主な実績	北極海域での展開（2008）	鹿児島湾の熱水チムニーの観測（2007）	南東太平洋海嶺の精密地形計測（1999）

出典：各種資料を基に巻氏が作成

注：SIA：Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences
（中国科学院 瀋陽自動化研究所）

第2節

自律型海中ロボット「AUV」(その2)

中国はロシアの研究所との共同開発により、先端的なクルーズ型 AUV である CR-02 を建造している。

CR-02 は、SIA が、1999 年に露の IMPT（(Institute of Marine Technology Problems, Russian Academy of Science) と共同開発した 6000m 級のクルーズ型 AUV である。マンガン団塊やコバルトクラストといった深海鉱物資源の探査が主な目的である。地形計測も可能なサイドスキャンソナーが搭載されている。水中におけるポジショニングには Long Base Line (LBL) 方式の音響測位を用いている。

2001 年に湖で行われた実験で約 4 時間の自律航行に成功し、40m の高度からのサイドスキャンソナーとサブボトムプロファイラーによる湖底観測に成功した。また、高度 1.8m からの写真撮影に成功した。マンガン団塊の開発を視野に入れ、キャタピラー式の採鉱システムと連携した実験だったと想像される。

当時としては世界最先端レベルの AUV と言えるが、ロシアとの共同開発であり、どこまでが自国開発かは不明である。

クルーズ型 AUV の代表的な機種との比較表を示す。

第 3-4-2 表

クルーズ型 AUV の比較

名 前	CR-02	うらしま	r2D4	HUGIN シリーズ
国 籍	中国	日本	日本	ノルウェー
建 造 年	1999	2000	2003	1997
建 造 者	SIA & IMPT	三菱重工	三井造船	Kongsberg
運 用 者	－	JAMSTEC	東京大学	Kongsberg
潜航深度 [m]	6000	3500	4000	3000
全 長 [m]	4.5	10.7	4.4	5.3
全 高 [m]	0.8	1.5	1.08	1
全 幅 [m]	0.8	1.3	0.81	1
空中重量 [ton]	1.5	10	1.5	－
航続距離 [km]	－	300	60	－
航続時間 [h]	25	－	－	40
主な実績	湖での実証試験に成功 (2001)	※上記スペックは燃料電池搭載時のもの。 泥火山調査 (2006)	インド洋にて溶岩大平原を発見 (2007)	※商用機。サイズや最大深度の異なる複数のモデルがある。スペックは HUGIN3000 のもの。2007 年度までに、資源調査のために延べ 12 万 km 以上走っている。

出典：各種資料を基に巻氏が作成

中国は、世界で一番深く潜水できる HOV である「Harmony（和諧）」を建造中である。

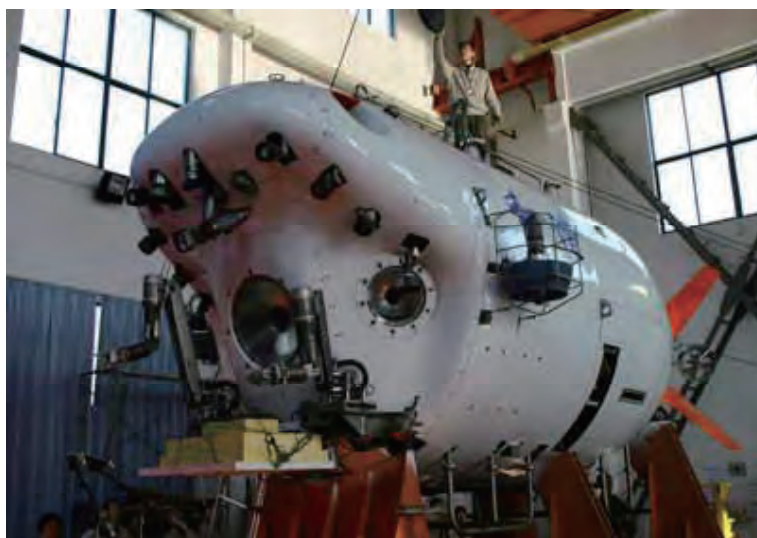
Harmony（和諧）は、中国船舶重工グループ会社 702 研究所（CSSRC: China Ship Scientific Research Center, 江蘇省無錫市）が開発中の潜水艇である。最大潜航深度は 7000m で、世界で一番深くまで潜れる有人潜水艇となる（日本の「しんかい 6500」は 6500m まで）。その目的は COMRA（China Ocean Mineral Resources R & D Association）の深海探査能力を高めることであり、最終的な保有者も COMRA となる。公式には 2003 年に計画が開始され、2008 年 1 月には CSSRC の屋外水槽において全体システムの動作試験に成功し、2009 年 4 月現在、実海域試験に向けて準備が進められている。

自国開発ではあるが、一番重要な技術である耐圧殻はロシア製である。内径が 2.1m の 6 - 4 チタン合金製であり、板厚が 76 ~ 78mm、完成半径のぶれは $\pm 4\text{mm}$ となっている。ちなみに「しんかい 6500」は内径 2.0m のチタン合金製で、板厚 73.5mm、直径の誤差 0.5mm、とされる。また外見はロシアの潜水艇ミールとよく似ており、ロシアからの技術導入であることが良くわかる。

システム構成は他国の深海潜水艇とほぼ同じである。浮力調整はバラストタンクと錘の併用で、バラストタンクは 71MPa（水深 7000m 相当）の高圧下での運転に成功。緊急時にはマニピュレーターとバッテリーも投下可能である。障害物探知ソーナーやドップラー式対地速度計（DVL）などの主要なセンサはほとんどが外国製である。7000m 対応の浮力材は英国製である。

第 3-4-2 図

CSSRC にて整備中の Harmony



出典：「世界一：中国 7000m 有人深海潜水船—神秘奇妙な海底の世界を探求—」
（社）日本深海技術協会会報，2，2009。

第3-4-3表

HOVの比較

名 前	Harmony (和階)	しんかい 6500	Alvin (アルビン)	Nautile (ノチール)	Mir 1.2 (ミール)
国 籍	中国	日本	アメリカ	フランス	ロシア
建 造 年	2007 (2009 年 4 月現在、実海域試験はまだ)	1989	1964	1984	1987
建 造 者	CSSRC	三菱重工	General Mills	—	Rauma-Repola, Finland
運 用 者	中国海洋鉱物資源調査開発協会 (COMRA)	海洋研究開発機構 (JAMSTEC)	ウッズホール海洋研究所 (WHOI)	フランス国立海洋研究所 (IFRMER)	ロシア科学アカデミー
潜航深度 [m]	7000	6500	4500	6000	6000
乗員 (うち研究者)	3 (2)	3 (1)	3 (2)	3 (—)	3 (2)
ペイロード [kg]	—	150	680	200	290
母 船	大洋1号 (当面は向陽紅09の予定)	よこすか	Atlantis	Nadir L'Atalante	Akademik Keldysh
全 長 [m]	8	9.5	7.1	8	7.8
全 高 [m]	3.4	3.2	3.7	3.8	3
全 幅 [m]	3	2.7	2.6	2.7	3.6
空中重量 [ton]	—	26.7	17	19.5	18.6
圧力殻材料	チタン合金	チタン合金	チタン合金	チタン合金	ニッケル銅
圧力殻内径 [m]	2.1	2	20.8	2.1	2.1
圧力殻板厚 [mm]	76 ~ 78	73.5	49	—	—
電池種類	酸化銀亜鉛	リチウムイオン	—	鉛蓄電池	ニッカド
電池容量 [kWh]	88	—	43.2	43.5	100
海中作業時間 [h]	12	8	6 ~ 10	5	—
主な実績	—	インド洋にてHOVとして世界初潜航 (1998) 鯨骨生物群集の発見 (1992)	米軍機事故で落下した水爆発見 (1966) 熱水噴出孔の発見 (1977) タイタニック号の調査 (1986)	日本近海の海溝調査 (1985) プレスティージ号事故の調査 (2002)	映画「タイタニック」撮影 (2005) 北極点調査 (2007) バイカル湖湖底到達 (2008)

出典：各種資料を基に巻氏が作成

第4節

遠隔操縦ロボット「ROV」

中国上海交通大学は、最大深度 4500m の ROV を開発中である。

中国は 4500m 級の ROV を開発中であり、上海交通大学が主体となり、各機器を大学・研究機関が担当する（ウインチ:ダイナコン、ケーブル:ロチェスター）。2009 年 10 月に完成したメタンハイドレート総合調査船「海洋 6 号」に搭載予定であり、母船及び ROV の運航は「広州海洋地質調査局」が担当予定である。なお、本 ROV が完成するまで、「海洋 6 号」にはカナダ ISE 社より導入した HYSUB130 という形式の ROV「海獅号」（最大深度 4000m）が搭載される。

第 3-4-4 表

ROV の比較

名 前	4500m 級 ROV（無名）	かいこう 7000 II	Jason
国 籍	中国	日本	アメリカ
建 造 年	開発中	2006 (初代かいこうは 1995)	1988
建 造 者	上海交通大学	三菱重工	—
運 用 者	広州海洋地質調査局	JAMSTEC	ウッズホール海洋研究所
潜航深度 [m]	4500	7000	6500
全 長 [m]	—	3	3.4
全 高 [m]	—	2.1	2.4
全 幅 [m]	—	2	2.2
空中重量 [ton]	—	3.9	3.7
ペイロード（空中） [kg]	—	100	—
主な実績	—	初代かいこう、マリアナ海溝で世界最深部に潜航（1995） インド洋で熱水生物群集を発見（2000） 2 次ケーブル破断後、かいこう 7000 II として運用を開始（2006）	古代ローマの沈没船調査（1996） 引退（2001） 二代目就航（2002）

出典：各種資料を基に巻氏が作成

第5章 極域調査

第1節

概要と北極観測

中国は南極条約などの主旨と原則に則り、極域調査を推進している。

中国は南極条約等の主旨と原則に則り、科学技術イノベーションを堅持し、極地の秘密を探り、地球の変化を知り、人類共通の責任を担い、国際的協力を繰り広げ、極地環境を保護し、人類の平和的利用を堅持しながら、資源を利用するとの考え方の下に、極域調査に力を入れている。

具体的には、次の4方面に展開している。

- ①南極地区のキーププロセスに対する観測と研究を深める。
- ②北極の経済と社会の持続可能な発展における役割を深く研究する。
- ③極地調査の研究能力を強める。
- ④積極的に南・北極の国際協調に参加し、建設的な役割を果たす。

（出典：中国画報 HP の国家海洋局陳副局長の記事より）

1989年に中国極地研究所が中国国家海洋局のもとの創設され、極地に関する研究がスタートした。中国は北極地域における科学研究を推進するため、2004年にノルウェーのスヴァールバル島に黄河基地を開設し、大気中の物理観測や、生物資源調査等の科学調査を行っている。またノルウェー、イギリス、日本などと協力して黄河基地をベースにオーロラの共同観測をすすめている。

日本においても、極地研の北極センターが1991年より観測基地をおいて観測を行っている。

中国は、1985 年以降、基地を独自で建設し南極観測を続けている。

1 長城基地

- 1985 年に完成した中国最初の南極基地。
- 南極圏内、南極海キングジョージ島にある。
- 収容隊員数は約 40 名。うち 14 名は越冬可能。

2 中山基地

- 1989 年に完成
- 南極圏内、東南極プリッツ湾ラーズマン丘陵にある。
- 収容隊員数は約 60 名、うち 25 名は越冬可能

3 崑崙基地

- 2009 年に完成
- 南極内陸部の氷床最高点「ドーム A」にあり、海拔 4093m。各国の南極基地の中でも最高高度に位置する。なお、アメリカのアムンゼン・スコット基地は南極点、ロシアのボストーク基地は地上でも気温が低い南極氷点にある。
- 収容隊員数は 24 名。
- 崑崙基地での主たる研究・観測内容
 - －内陸部における氷河学・天文学・地球物理学・大気化学・宇宙物理学研究
 - －氷河深部の氷のコア採集
 - －天文観測・地磁気観測
 - －衛星リモセンデータの受信
 - －人体の医学研究

(参考) 日本の南極観測との対比

日本の南極観測は、1956 年永田隊長以下 53 名の第一次観測隊が「宗谷」より日本を出発し、翌 1957 年にオングル島に昭和基地を開設している。昭和基地は 60 名の越冬隊員を収容できる。それ以外の日本の基地として、みずほ基地（1970 年開設、移動観測拠点であったが、積雪により観測不能となり現在は下記のドームふじ基地への中継基地として利用）、あすか基地（1985 年開設、当初越冬隊員が越冬を行ったが現在は無人気象観測拠点として利用）、ドームふじ基地（1994 年開設、氷床掘削を実施中）がある。

中国は 1984 年に初めての南極調査隊を出発させ、翌 1985 年に長城基地を開設しており、観測開始は日本と比べて 30 年ほど遅れたが、現在はほぼ同等の能力を有していると考えられる。

第 3-5-1 図 各国の南極観測基地の概要



註：S80、S70 はそれぞれ南緯 80 度、南緯 70 度を示し、0、W90、E90 は、グリニッジの経度ゼロ、西経 90 度、東経 90 度を示している。

出典：各種資料を基に工藤氏が作成

第3節

極地調査船

中国は自前の極地調査船「雪竜」を運航している。

中国は、極地調査船として「雪龍：MVXuelong」を就航させ、極地観測に役立てている。その仕様を下記に示す。

- 艦 歴：1993 年ウクライナから砕氷船を購入して改造、1994 年就航
- 排 水 量：28,000 トン（当初 25,000 トン）
- 全 長：195m（当初 167m）
- 全 幅：26m（当初 22.6m）
- 最大速力：17.9 ノット
- 砕氷能力：1m 強厚の氷を連続砕氷

（参考）日本の砕氷船の仕様を参考として下記に示す。

○初代しらせ

- 艦 歴：1982 年就航、2008 年退役
- 排 水 量：11,600 トン
- 全 長：134m
- 全 幅：28m
- 最大速力：19 ノット
- 砕氷能力：3 ノットで 1.5m 厚の氷を連続砕氷

○2 代目しらせ

- 艦 歴：2008 年進水、2009 年就航
- 排 水 量：12,500 トン
- 全 長：138m
- 全 幅：28m
- 最大速力：19.5 ノット
- 砕氷能力：3 ノットで 1.5m 厚の氷を連続砕氷

なお、両「しらせ」とも異なるモードでの推進性能に優れる多軸の電気推進方式を採用しているが、2 代目しらせでは、交流発電機の電流を整流して直流電動機を回す交流－直流システムから、低回転数でも大きなトルクを出せる交流電動機を PWM インバータ（パルス幅変調制御）で制御する推進システムに変更されている。また環境に最大限配慮したエコ・シップとなっている。

第6章 IODPへの参加

中国は、国際的な深海掘削計画である IODP に参加している。

統合国際深海掘削計画（IODP：Integrated Ocean Drilling Program）は、日・米が主導国となり、2003 年 10 月から開始された多国間国際協力プロジェクトである。海洋科学掘削船を用いて深海底を掘削することにより、地球環境変動の解明、地震発生メカニズムの解明及び地殻内生命の探求等を目的としている。この計画にはその後、欧州 17 カ国で構成される欧州海洋研究掘削コンソーシアム（ECORD：European Consortium for Ocean Research Drilling）と中国が参加、さらに韓国とオーストラリア、インド、ニュージーランドが参加し、現在は 24 カ国による国際的な推進体制が構築されている。

我が国が建造・運航する地球深部探査船「ちきゅう」、米国が運航する海洋科学掘削船「ジョーンイデス・レゾリューション号」および欧州が提供する特定任務掘削船（MSP：Mission Specific Platform）を研究目的に応じて運航する体制となっている。

IODP における中国のステータスは、アソシエートであり、拠出金は年 100 万 US ドル、年間数人／各プロジェクトの乗船枠を確保している。中国の地球科学研究者がこれまで参加した IODP 航海は全 24 航海のうち 11 航海、延べ 13 名となっている。また南シナ海の形成に関するプロポーザルを提出して科学的な評価を受けている。当面は現状を維持するが、研究者へのファンドを拡大させ、また拠出金を年 280 万 US ドル（フルメンバーシップの半額）さらには年 580 万 US ドル（フルメンバーシップ）へと増加させようとしている。

なお、中国の IODP 事務局は上海の同済大学の古海洋学科にある。

第7章 海水淡水化技術

中国は、水ビジネスが国家の重要事業となっている。

中国沿海地域は経済が発達し人口も密集しているため淡水資源が非常に不足している。現在、水資源の不足は中国社会経済の持続的な発展を制約する重要な要因の一つとなっている。

中国における上下水道や工場排水処理、海水の淡水化などの「管理・運営」を軸に、プラントの「建設」、素材や部品の「開発・生産」といった関連産業を含めた総称であり、2025年には、管理・運営：100兆円、建設：10兆円、素材や部品の開発・生産：1兆円という市場規模が見込まれている。

しかし中国の海水淡水化産業は、オリジナルな知的財産である最重要技術の多くを所有せず、産業化規模が小さいためにコストは比較的に高く、また海水淡水化産業が未熟であるという制約要因を抱えている。

一方、日本は水資源が豊富であるため、水ビジネスが育ってこなかったということもあり、プラントの建設や管理・運営という分野では立ち遅れているが、逆浸透膜の素材技術を活かして、この分野の海洋産業を育成していくことが期待される。

第8章 造船技術

第1節

造船業の現状

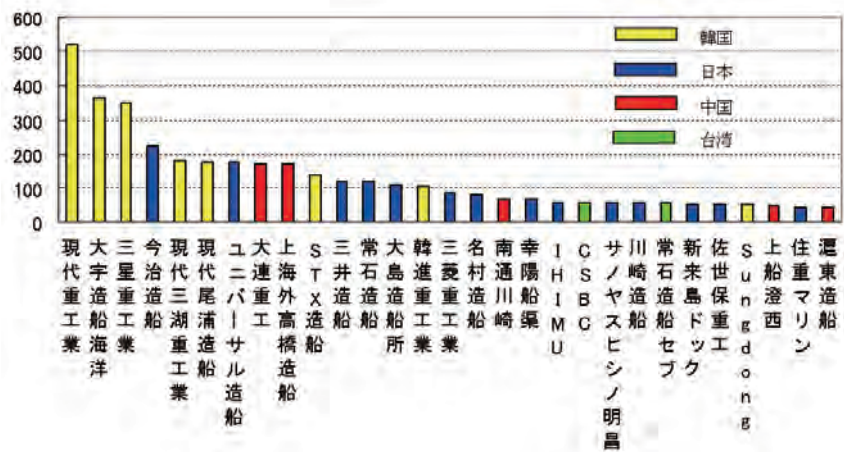
中国は、韓国、日本と並んで、世界の造船大国である。台湾も強い。

中国政府は「国輸国造」（後述）という政策に基づき、国家レベルで造船業を支援している。1990年代から2大国资造船グループ（中国船舶工業集团公司（CSSC）、中国船舶重工集团公司（CSIC））を核とした造船業の発展が図られ、2007年には受注量で第1位、手持工事は第2位となり日本を抜いて韓国に迫り、竣工量は第3位を占めるまでに成長した。中国と韓国は低価格で勝負、日本勢は燃費や積載量などの高度化で対抗しようとしている。

2007年の日、中、韓、台湾の造船竣工量を下のグラフで示す。

第3-8-1 図

2007年造船所別竣工量（万GT）

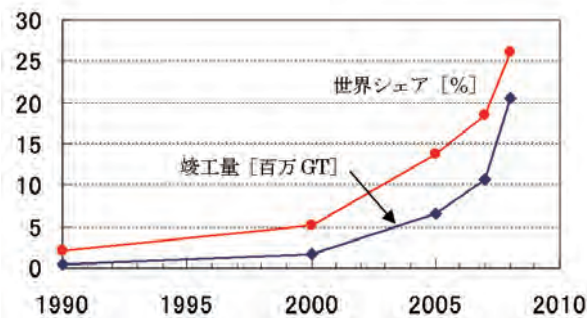


出典：造船工業会資料により工藤氏が作成

中国全体の世界でのシェアは次の通りである。

第3-8-2 図

中国の商船竣工量の推移（百GT以上、ロイド統計）



出典：造船工業会資料に基づき工藤氏が作成

第2節

造船技術の推移

造船技術も世界水準であり、超大型タンカーや LNG 船などを建造しうる。

中国では、80 年まで旧態依然たる設備や技術力であり、建造対象も自国の内航船が主体で、造船量も比較的少なかった。80 年代に入り、日本の大手造船所数社が、中国の大手造船所数工場と技術提携、限定された技術提携や指導が行われるようになった。

90 年代になって、自国貨物は自国船で輸送すること及び自国船は自国で建造するという、いわゆる「国輸国造政策」が強力に推進された。90 年代後半になり、地方に分散している各造船所を国営企業として 2 つのグループに集約して、経営不振の既存大中造船所を淘汰するとともに、企業間に競争意識をもたせて効率的運営組織に改善した（参考資料 3）。そして、海外からの技術や資本を導入し、造船設備の大型化や合理化を積極的に実施し、国営造船所の強化や近代化を促進した。1997 年には、ドイツを抜いて、日韓に次ぐ世界第三位の地位を確保した。2002 年 8 月中国船舶工業グループ会社は初めての 30 万トンの超大型タンカー「デルワ」号を船主側に引き渡したが、これは中国の造船史上画期的な意義を持つものとなった。

その後も造船能力の増大に力を注ぎ、07 年時点では、新設の大型造船所への移転、また設備能力の強化により、造船量を増している。また、国際市場でも輸出船を受注するようになり、大型のタンカーやコンテナ船などの建造実績も増加し、更に 08 年には、LNG 船も引き渡すほどの国際的な技術水準を確立するまでに向上している。

中国造船能力は新造船を中心に飛躍的に向上しているが、中国造船業は、①修繕船部門の拡大、②艦艇建造の実績、③海洋構造物の建造に特徴がある。

現時点で中国の技術能力は世界水準であり、次の様な船舶も建造しうる能力がある。

- 31 万 8000 重量トン型 VLCC（Very Large Crude Carrier、20 万載貨重量トン以上の超大型タンカー）
- 40 万重量トン型 VLOC（Very Large iron Ore Carrier、超大型鉱石運搬船）
- 1 万 4500TEU 型コンテナ船（TEU：twenty-foot equivalent units であり、20 フィート（6m）コンテナの 1 個分に相当する。）
- 14 万 7 千 m³型 LNG 船

など

（参考）

○タンカー

Fearnleys によると 1 万 DWT（載貨重量トン）以上のタンカーの数（化学タンカーを含む）は 2008 年末現在 4,931 隻、2008 年の海上国際輸送に投入された原油および石油製品タンカーの輸送船腹量（5 万 DWT 以上）のうち Panamax（5～8 万 DWT）は 11%、Aframax（8～12 万 DWT）は 35%、Suezmax（12～20 万 DWT）は 17%、VLCC（20 万 DWT 以上）による輸送は 37%を占める。VLCC は 2005 年以降減少傾向にあるが、中東ガルフ積みは中国の VLCC 需要が増えているという。

中遠船務集団（COSCO）子会社の南通中遠（COSCO）は日本の川崎重工と共同で南通中遠川崎船舶工程有限公司（Nantong COSCO KHI Ship Engineering Co., Ltd.（NACKS））を設立。バルク船や 15 万 DWT、30 万 DWT の原油タンカーなどを建造している。

○ LNG 船

LNG 船は世界に 299 隻ある。LNG 船は経済性の面から大型化が進んでおり、カタールが建造した Q-Flex (21.5 万 m³)、Q-Max (26.5 万 m³) などがある。

中国は 2006 年に LNG の輸入を始めたばかりで、LNG 船の建造もそれに合わせて始まった。CSSC 傘下の上海滬東中華造船集団有限公司が LNG 船の建造を行っている。これまでに 3 隻の LNG 船を建造、4 隻目を建造中。これまでに建造したのは全て 14.7 万 m³ のサイズだが、大型化の波に乗るべく、現在 16 万 m³ の LNG 船の研究を行っている。

中国の船用機装品の技術レベルは、まだキャッチアップの途上にある。

かつて、中国の国営造船所内には、主機や補機を生産する関連産業部門があり、また自国船には自国製品を搭載する義務があったため、それなりの技術力と市場を有していた。しかし、性能や技術力も十分ではなく、輸出船には船主指定で外国製品を搭載しなければならなかったため、国際的に輸出する船舶には採用されるには至っていなかった。

現時点において、造船用厚板などの鋼材の多くは国内生産しているが、特殊鋼や一部の製品は日韓から購入している。また、主機のクランクシャフトなど特殊な材料や部品、タンカーのカーゴポンプや駆動用タービンなどの特殊な機装品の多くは日本から輸入している。

中国の船用機装品の自給率について、かつては自国船が多かったため約 60%であったが、輸出船が増加すると、欧米船主から船主指定で日本製品がされるケースが多く、自給率は約 40%に低下している。

2000 年代に入り、欧州や日本の関連産業が、中国の輸出船の増大を見込んで、中国との技術提携や企業進出をはかり、中国内での船用品の生産量を増加させてきている。したがって、今後は国産化率が増大すると予想される。

第9章 海洋における石油・天然ガス開発

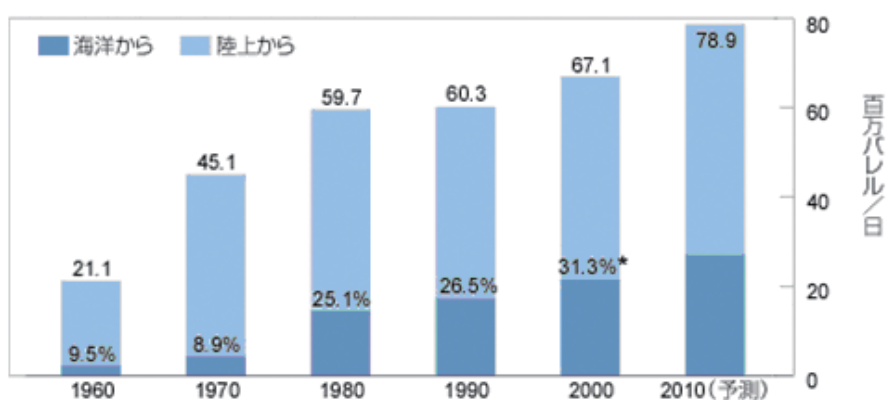
第1節

世界の現状

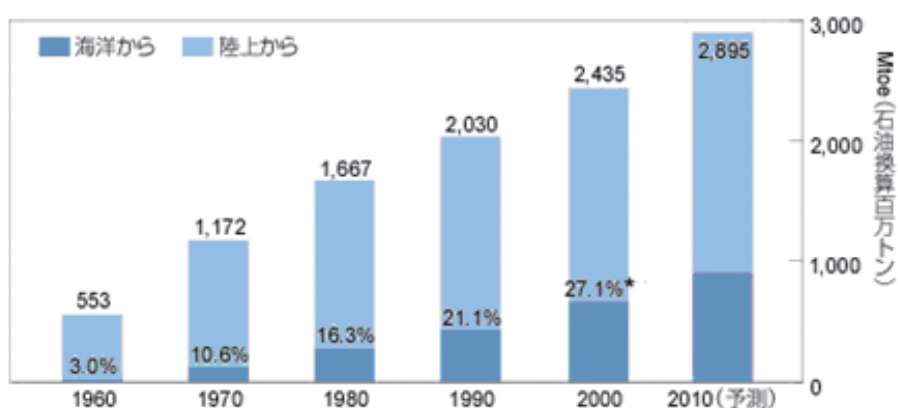
世界での海洋における石油、天然ガス開発は全体の3割程度となっており、また水深の大きな所の開発が進んでいる。

世界全体の原油・天然ガス生産量に占める海洋の割合は3割程度である。

第3-9-1 図 世界の石油生産量（海陸別）の推移



第3-9-2 図 世界の天然ガス生産量（海陸別）の推移



出典：上記2図は三井海洋開発のHPから転載。<http://www.modec.com/jp/index.html>

石油開発では水深 300m ～ 1,500m を大水深、1,500m 以深を超大水深と分けているが、近年の海洋の石油開発は大水深化の傾向にある。

世界の主な深海生産地域は米メキシコ湾、西アフリカ（ナイジェリア・アンゴラ）、ブラジルとなっている。

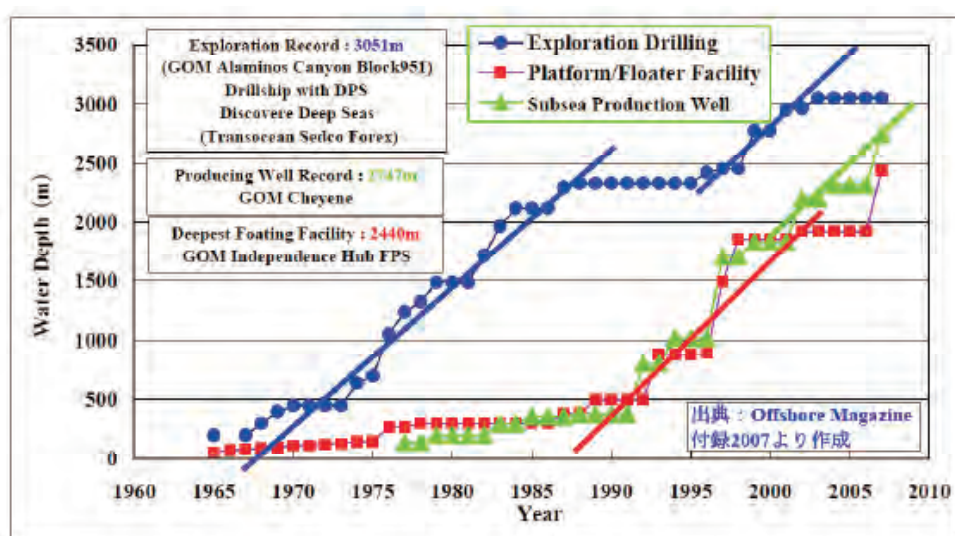
- 試掘井の最大水深は 3,051m（2003 年メキシコ湾、Chevron）

- 生産井の最大水深は 2,314m（2004 年メキシコ湾、Shell）

（「とことんやさしい石油の本」日刊工業新聞社、2007 年）

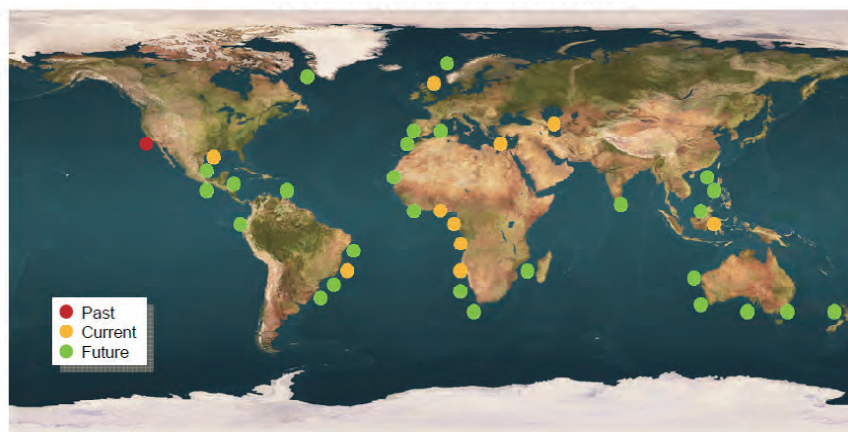
なお、米メキシコ湾と西アフリカ深海の油田開発は Shell などメジャーズが中心に行っているが、ブラジル深海の油田開発は同国国営石油会社 Petrobras が行っている。

第 3-9-3 図 海洋開発の大水深化



出典：「海底生産システムの現状」JOGMEC 石油天然ガス資源情報 2009 年 5 月

第 3-9-4 図 深海生産地域



出典：OTM Consulting

第2節

中国の現状

中国の海洋油ガス田開発は CNOOC が中心となっている。

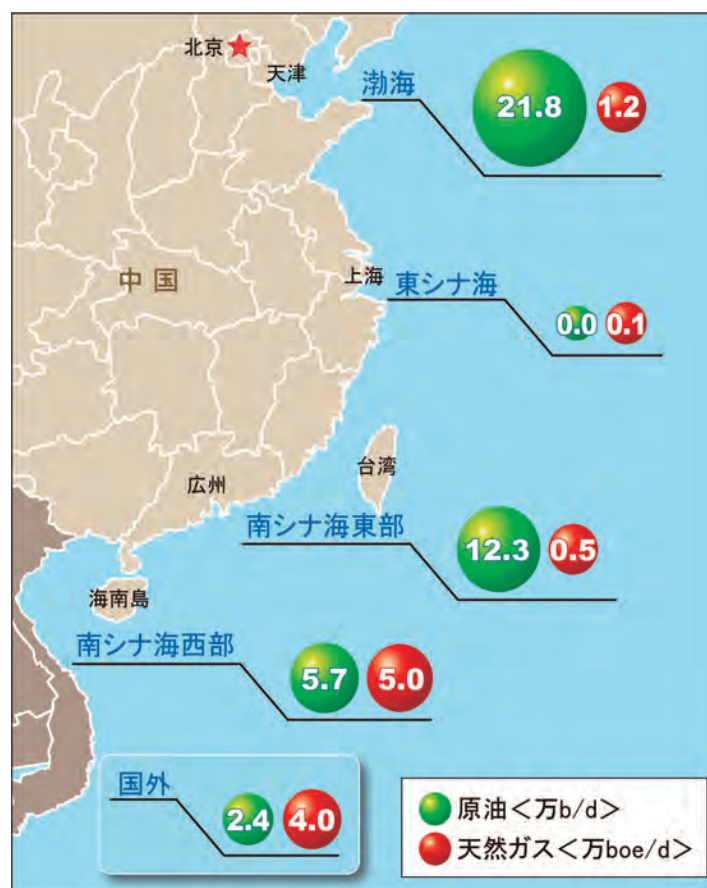
中国の原油生産量は 379.5 万バレル / 日（1 億 8970 万トン）、世界第 5 位の産油国であり、世界の原油生産量（39 億 2880 万トン）に占める中国の割合は約 4.8% となっている。このうち、中国の原油生産量に占める海洋の割合は約 10% である。また、CNOOC（中国海洋石油総公司）の国内原油生産量は 39 万 8000 バレル / 日（約 1,990 万トン / 年）である。

一方、中国の天然ガス生産量は 761 億 m³ であり、世界の天然ガス生産量（3 兆 656 億 m³）の約 2.5% となっている。このうち CNOOC の国内天然ガス生産量は 394.1 百万立方フィート / 日（約 40 億 m³ / 年）である。

中国海洋油ガス田の探鉱開発地域は、渤海、南シナ海東部、南シナ海西部、東シナ海の 4 地域である。そして主な生産地域は、原油が渤海と南シナ海東部海域、天然ガスは南シナ海西部となっている。開発中油ガス田の水深は、渤海が 10 ～ 30m、南シナ海西部は 40 ～ 120m、東シナ海は 90m、南シナ海東部は 100 ～ 300m といずれも浅い。しかし、南シナ海には水深 300m 以深の大水深域があり、中国は大水深域での探鉱開発を強化しようとしている。

第 3-9-5 図

CNOOC の地域別石油・天然ガス生産



出典：CNOOC 年報にもとづき JOGMEC 作成

世界的に石油開発はサービス専門会社から技術サービスを受けるが、中国は子会社を有している。

石油開発は、探鉱と開発・生産に大別される。探鉱というのは、探鉱・採掘権の取得、探鉱（地質・地下学調査、物理探査、総合地質解釈）、試掘、商業採算性の評価に至る一連の業務である。そして開発は生産及び貯蔵設備の建造、設置とその運用の業務である。

世界的には石油開発技術は商品化されており、石油企業は探鉱開発作業を各サービス企業に外注することが一般的である。大手の統合型サービス企業として米 Schlumberger、Halliburton、Baker Hughes、Weatherford などがある。日本は石油開発の技術サービス分野において FPSO（下記参考参照）やプラントエンジニアリングの分野では強い。日本の三井海洋開発（MODEC）は FPSO のシェアが世界第2位である。また世界最大の規模を誇るカタールの天然ガス液化プラントの建設は千代田化工が行っている。一方、海洋油田開発において高度な技術が要求される SPS（下記参考参照）など深海油田生産設備の設置などを行うエンジニアリング企業は欧米中心で、仏 Technip などが高いシェアを占めている。

これに対して、中国の石油会社は、設立当初から傘下に物理探査や掘削サービスを行う子会社を有しており、油ガス田開発は自社サービス会社に発注することが多い。海洋の油田開発の場合、CNOOC は傘下に油田サービスを行う China Oil Field Service (COSL) と China Offshore Engineering (COOEC) を有しており、水深 300m までの海域は自社のみで探鉱から生産まで行うことが可能である。大水深（水深 300m 超）の探鉱開発について、COOEC が大水深生産設備である FPSO の建造を行い、COSL は FPSO を複数保有しており、部分的に大水深開発技術を保有しているといえる。ただし自社技術では 100%対応することはできず、外国の石油企業、サービス企業を導入している。

（参考）FPSO と SPS について

海洋油田開発は大水深化の傾向があり、生産設備は固定式から浮遊式、海底生産へと向かっている。基本的に 300m 以浅では、ジャケット (Jacket) などの固定式生産システムが採用され、300m 以深の大水深では FPSO (Floating Production, Storage and Offloading System) などの浮遊式生産システムが採用されている。さらに水深 1, 500m 以深の超大水深では海底に生産設備を設置する SPS (Subsea Production System / サブシータイバックシステム) というシステムを採用する。これは、既存の洋上浮遊式プラットフォームの周囲にある小規模油田に サテライトの海底仕上げ井を設け、この坑井を既存のプラットフォームにフローラインとライザーで接続して開発するシステムであり、米メキシコ湾、ナイジェリア、アンゴラ、ブラジルの超大水深油田ではこの SPS による生産が行われている。

第4節

国内での海洋油ガス田開発

中国の南シナ海では、積極的に海洋油ガス田開発が行われている。

南シナ海は、北部大水深域に天然ガス胚胎のポテンシャル（推定資源量 35Tcf）があるといわれている。このため、南シナ海に現在約 30 の大水深鉱区が設定されている（鉱区最大水深 3,000m）。

中国の CNOOC も南シナ海での油田開発に力を入れており、大水深鉱区の半分以上を CNOOC が単独で保有している。

CNOOC は 2020 年までに南シナ海地域の探鉱開発に 2,000 億元（約 2 兆 8000 億円）を投じ、南シナ海深海（水深 300 ～ 3,000m）において 220 億 boe（石油換算バレル）の埋蔵量を確認し、大慶油田に匹敵する 95 万 9000boe/日の生産（南シナ海東部・西部におけるグロス生産量）を目指す計画である。2,000 億元のうち 60 億元（約 840 億円）を深海掘削装置の建造に、30 億元（約 420 億円）を海底パイプライン据付に、60 億元はエンジニアリング、ロジスティクス、震探データ収集船に投じる計画である。

南シナ海大水深では 2006 年に加 Husky が荔湾（Liwan）ガス田（水深 1,500m）を発見、2009 年、LH34-2-1（水深 1145m）でガスを発見している。なお、Liwan ガス田は 2013 年に生産開始と報じられている。Husky の他、Devon や BG、Anadarko などが保有しているが、最近の油価下落により掘削計画を見直す外資もあらわれている。

第 3-9-6 図

中国の南シナ海での海洋油ガスの開発



出典：各種情報にもとづき JOGMEC 作成

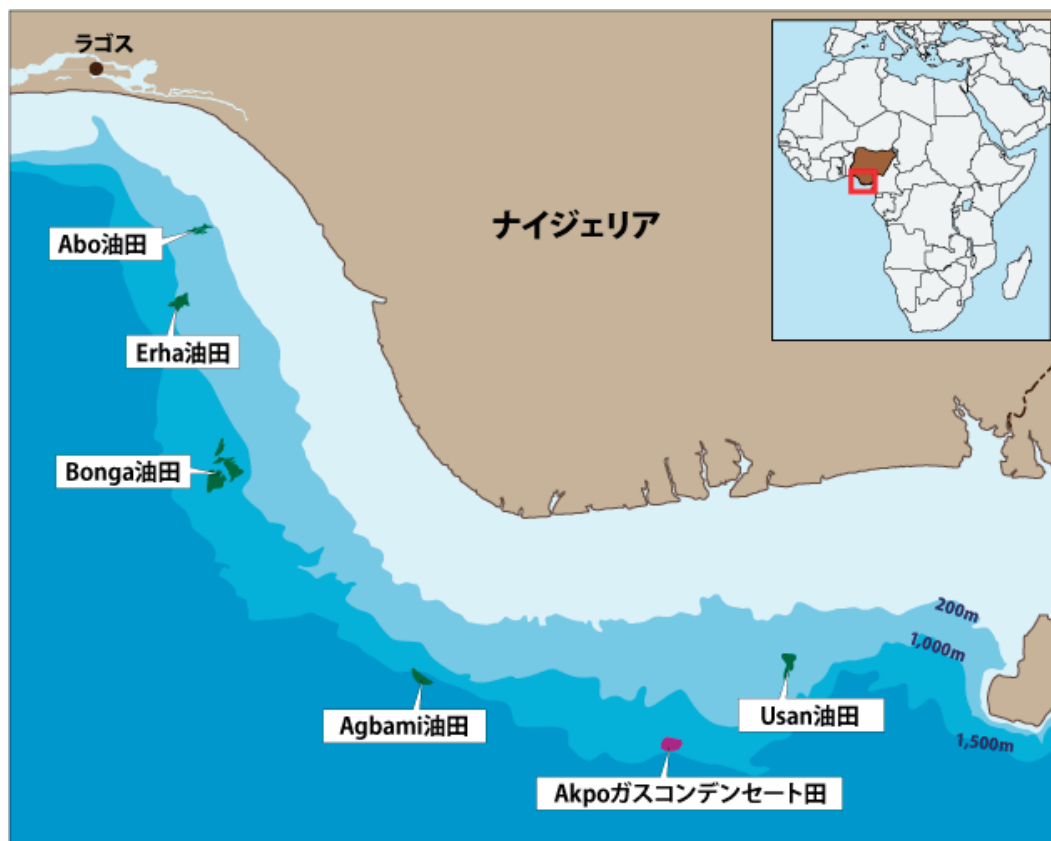
中国は、ナイジェリアやアンゴラなどで、油ガス田開発を進めている。

1 ナイジェリア

- ナイジェリア深海では、現在水深 1,500m 位の海域まで油ガス田の開発が進んでおり、Shell、米 Chevron、仏 Total などの石油メジャーが開発の中心である。
- 中国の CNOOC は 2006 年 1 月、資産買収によりナイジェリア深海 Akpo 油田の開発に参加した。Akpo 油田はナイジェリア沖合 200km に位置しており、水深は 1,200 ～ 1,400m、オペレーターは仏 Total (24%) がつとめている。CNOOC の他、深海開発技術を有するブラジル国営 Petrobras とナイジェリア国営 NNPC が参加しており、2009 年 3 月に Akpo コンデンセートガス田が生産を開始した。Akpo コンデンセート田の埋蔵量 (2P) はコンデンセート 6 億 2000 万バレル、天然ガス約 1Tcf である。安定生産期の生産量は 17 万 5000 バレル / 日である。

第 3-9-7 図

ナイジェリアの主な深海油田



出典：JOGMEC 作成

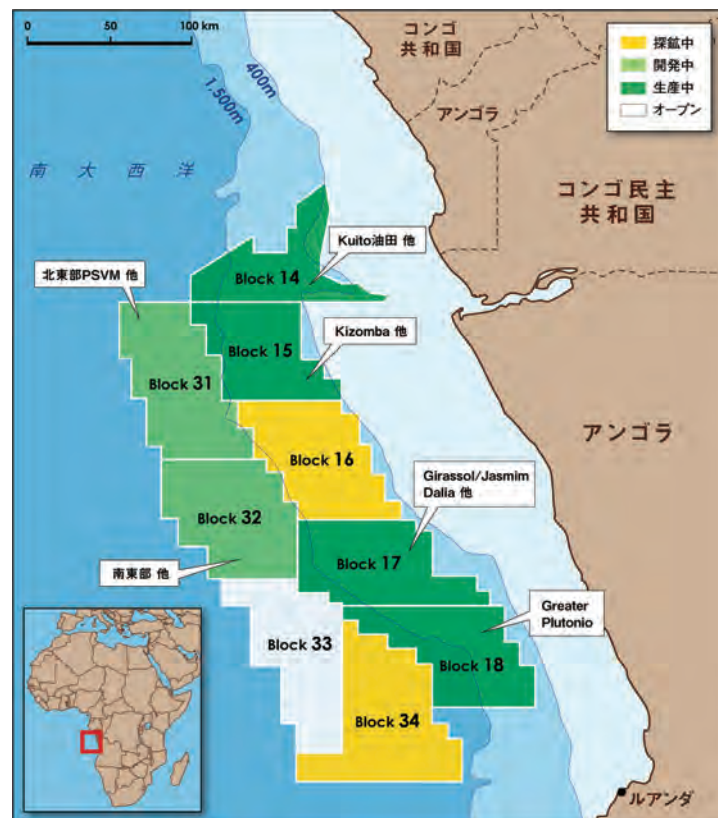
2 アンゴラ

- アンゴラ深海は現在水深 1,500m 位の海域まで油ガス田の開発が進んでおり、ExxonMobil、BP などの石油メジャーが開発の中心である。中国の Sinopec は 2005 年に資産買収によりアンゴラ深海油田に進出した。進出の背景に中国政府がアンゴラに 20 億ドルの低利融資（オイルバックローン）の提

供があるといわれている。

- Sinopec はアンゴラ大水深 4 鉱区（Block18、Block15/06、17/06、18/06）の権益を保有している。Block18 の Greater Plutonio 油田が 2007 年 10 月に生産を開始した。水深は 1,200 ～ 1,450m で、オペレーターは BP がつとめている。

第 3-9-8 図 アンゴラの主な深海油田



出典：JOGMEC

第 3-9-1 表 Sinopec が保有するアンゴラ深海鉱区

鉱 区	取得時期	オペレーター	権益比率	現 状	備 考
Block 18	2005 年 3 月 (合意)	BP (50%)	Sonangol-Sinopec (50%)	開発中 生産プラトー 20 万バレル / 日 (見込み)	資産買収
Block 15/06	2006 年 5 月 (落札)	Eni (35%)	Sonangol-Sinopec (20%)	探鉱中	2005-2006 年入札
Block 17/06		Total (30%)	Sonangol-Sinopec (27.5%)	探鉱中	
Block 18/06		Petrobras (30%)	Sinopec (40%)	探鉱中	

出典：各種情報にもとづき JOGMEC 作成

中国 CNOOC は第六世代の掘削装置を建造中である。

- CNOOC は南シナ海などの大水深開発に向け、第六世代のセミサブマーシブル・リグ「海洋石油 981」を建造中である。（下記参考参照）
- 上海高橋造船においては 2008 年 4 月に建造を開始、2010 年 12 月に引き渡される予定である。
「海洋石油 981」は最大稼働水深 3,000m、寸法 114m × 78m で、定員 160 名の居住区、ヘリポートなどを備えている。基本設計は米 Friede & Goldman (F & G) が行い、主に南シナ海、東南アジア、西アフリカ海域における作業（中程度の海洋環境、暴風雨の可能性）を想定している。

第 3-9-2 表

COSL Pioneer と海洋石油 981 の概要

	COSL Pioneer	海洋石油 981
建 造	山東煙台造船(08 年 11 月引き渡し)	上海外高橋造船 (07 年 10 月調印、10 年 12 月引き渡し予定)
設 計	Global Maritime (GMA4000)	米 Friede & Goldman (F & G)
最大稼働水深	750m	3,000m
最大掘削深度	7,500m	12,000m
寸 法	104.5m × 65m	114m × 78m
D P S	Class3	Class3
定 員	120 名	160 名
備 考		南シナ海、東南アジア、西アフリカ海域における作業を想定

DPS : dynamic positioning system

出典 : COSL

(参考) 第六世代のセミサブマーシブル・リグについて

セミサブマーシブル・リグは 1960 年代に建造された第 1 世代から強度を上げたり、稼働水深、掘削深度を増加させるなどの改良を経て、1998 年以降は大水深を掘削できる第 5 世代のリグが建造されている。形式的な差はあまりないが、2006 年以降に建造されているものを第 6 世代と分類することがある。大部分は現在建造中で、大水深や厳海域での操業を視野に入れたものが多い。2008 年 3 月、2008 年 8 月、韓国大宇造船は米国の船会社から第 6 世代セミサブマーシブル・リグ（最大稼働水深 3000m、掘削深度 10,000m）の建造を受注、2011 年 9 月引き渡し予定。2008 年 9 月、ノルウェーの Sea drill Limited は第 6 世代のセミサブマーシブル・リグ West Taurus（最大稼働水深 3000m、最大掘削深度約 12,000m）を完成、11 月にブラジル Petrobras に引き渡した。

第7節

石油開発技術の開発

中国 CNOOC は、積極的に技術開発を行い、キャッチアップに努めている。

石油開発装置を含む海洋開発技術は複雑であり、したがって、高い精度が要求されるのみならず、航海、音波、光学、通信、電子など、多くの最先端技術分野にわたるので、その水準は一国の総合的な技術力を示すものでもある。改革・開放政策実施以降、CNOOC は世界の先進技術を吸収し、中国の海洋石油開発を大きく発展させた。しかしながら、欧米と比較した場合、その技術力には、依然としてかなりの差異が存在する。

現在、CNOOC を含む中国の海洋開発関連企業には、甲板昇降型掘削装置の設計および建造の能力はあるが、半潜水型掘削については、その建造を海外に依存する状況となっている。このため、同社は国内の地方政府、大学、船舶関連企業及びノルウェーなどの外国の企業との技術協力を行っている。

特に上海交通大学との提携による、深海開発実験は注目を集めている。

CNOOC のウェブサイトや新華社報道によると、CNOOC は 2005 年に上海交通大学と共同で中国初の深水実験池を建設、同施設は 2009 年に正式に運用を開始した。この深水実験池は長さ 50m、幅 40m、深さ 10m で、水深 4,000m の深海作業のシミュレーション実験能力を備えており、風や波を含む複雑な海洋環境を人工的に作り出すことが可能である。国家重点実験プロジェクトに指定されていることから中国政府が深海開発を推進していることが窺える。

中国は、メタンハイドレート研究を国家プロジェクトとして推進している。

将来のエネルギー源として期待されているメタンハイドレートについて、日米韓印などが研究を行っている。

中国におけるメタンハイドレート研究は国家プロジェクトであり、海洋におけるメタンハイドレートの研究は国土資源部や大学などが中心に行っている。

2007年には国土資源部広州海洋地質局が南シナ海北部でメタンハイドレートを発見した。2009年には南シナ海のメタンハイドレート研究が「973計画」に組み込まれた。

2009年6月には国土資源部広州海洋地質局が調査船海洋四号（最大作業水深4,000m超）により水深4,000mの南シナ海中央海盆においてメタンハイドレートの科学調査を実施、孔隙水の原位（in-situ）サンプルを採取した。また、中国は10月に青海高原の凍土層で天然ガスハイドレートを発見している。

2009年10月、中国地質調査局は広州海洋地質局に対し、中国が初めて独自開発したメタンハイドレート総合調査船「海洋6号」に船舶堪航証明書を交付した。

「海洋6号」は武昌造船所で建造、総建造費は約4億元、設計排水量4600t、航続距離1万5000海里。世界の先進的な電力推進システム、自動船位保持などを採用、深海中リモートセンシング探査システム、深海サンプル採集・分析装置、高解析度地震探査システムなどの設備を搭載している。

参考資料 1

中国の海洋区分と主な海洋研究拠点



出典：各種資料を基に工藤氏が作成

国家海洋局の概要 (各種資料を基に工藤氏が作成)

1964年7月22日、第2期全国人民代表大会常務委員会第124回会議で中国国家海洋局の設立が批准され、それは国務院に直属することになった。これは中国の海洋事業発展史上における重要な一里塚であり、中国ではそれ以後専門的な海洋活動指導部門が設置され、海洋事業管理体制は新たな段階に入ったとされる。

現在は国土資源部（日本の経済産業省・資源エネルギー庁等に相当）管理の国家局となっている。国家海洋局は、海洋に関する法律整備、海域利用の管理監督、海洋調査、海洋権益の監視取締りを所掌しており、海洋産業、海洋資源（石油・天然ガス、海洋生物など）、海洋権益維持、海洋災害監視、海洋環境監視などを担当している。

(1) 国家海洋局本部（北京）

国家海洋局全体をとりまとめる中央組織で、10の内部部局を有し、国家南極考察委員会・国家海洋科学技術委員会・海洋事業部会・中国海洋学会などもこの組織下にある。また、海洋法会議への対応も行っている。

(2) 地方分局

北海（青島）・東海（上海）・南海（広州）に3つの分局があり、各々渤海～黄海、東シナ海、南シナ海を担当海域として、海洋調査や汚染監視などを実施している。

国家海洋局の海洋調査船は各分局で運航されており、北海分局にはJRK*に参加している「向陽紅09」号（4,435トン）のほか、1200トン級の「向陽紅07」と「向陽紅08」号、800トン級の調査船2隻、300トン級の油汚染監視船4隻、50トン以下の沿岸調査船6隻の調査船が配置されている。東海分局にはJRKに参加して有名な「実践」号のほか、「向陽紅10」号と「向陽紅16」号などが配置されている。

そのほか分局には、環境観測センター（汚染観測）、海洋予報センター（海況予報）、海洋站（沿岸の水理気象観測）の組織がある。これらの所で得た観測データは、リアルタイムで海洋環境予報センター（北京）へ、ノンリアルタイムには海洋科技情報研究所（中国海洋データセンター）（天津）へ送付されている。

(3) 研究所

① 海洋研究所

第一（青島）・第二（杭州）・第三（厦門）の海洋研究所があり、渤海～黄海～東シナ海～南シナ海の調査研究を行っている。研究所は年に数回、各分局の海洋調査船を利用して研究航海を実施しており、毎年日本にも寄港している。「日中黒潮共同調査」では海洋研究所が主体的役割を果たしており、地方分局が支援する形をとっている。その中で、第一と第二研究所が主に関わっており、第三研究所は補完的な役割に終わっている。

* JRK = 日中黒潮共同調査研究：1986年～1993年

② 海洋科技情報研究所

天津に所在し、中国海洋データセンターとして国内外の海洋データおよび文献を一元的に収集管理し、データ集・図集・潮汐表・潮流表などを刊行するとともに、文献の検索・提供サービスを行い、国際海洋データ交換システム（IODE）の国立海洋データセンターとして、データと文献の国際交換業務を行っている。

③ 海洋技術研究所

天津に所在し、海洋調査機器、海底係留システム、石油プラットフォームの環境監視システムなどの海洋研究と開発に必要な各種機器の開発を行っている。

④ 海洋環境保護研究所

大連に所在し、海洋汚染物質の分析技術、汚染物質の拡散・沈降過程、環境容量、自浄作用、生態学への影響評価などの環境保持に関する総合的な試験研究を実施しており、特に海底石油開発の盛んな渤海を重点海域として活動している。

⑤ 海水淡水化総合利用研究所

天津に所在し、海水の脱塩技術、濃縮分離技術、海水中の化学資源の抽出技術などの海水の総合利用に関する研究開発を実施している。

そのほか、研究所には海洋発展戦略研究所（北京）や中国極地研究所（上海）がある。

(4) その他の傘下組織

① 海洋環境予報センター

北京に所在し、各地方分局の予報センターから送付されるデータを収集し、水位、波浪、高潮、海上気象、海水などの通報と予報サービスを行っており、全世界海洋情報サービスシステム（IGOSS）の国立センターとしての役割も果している。

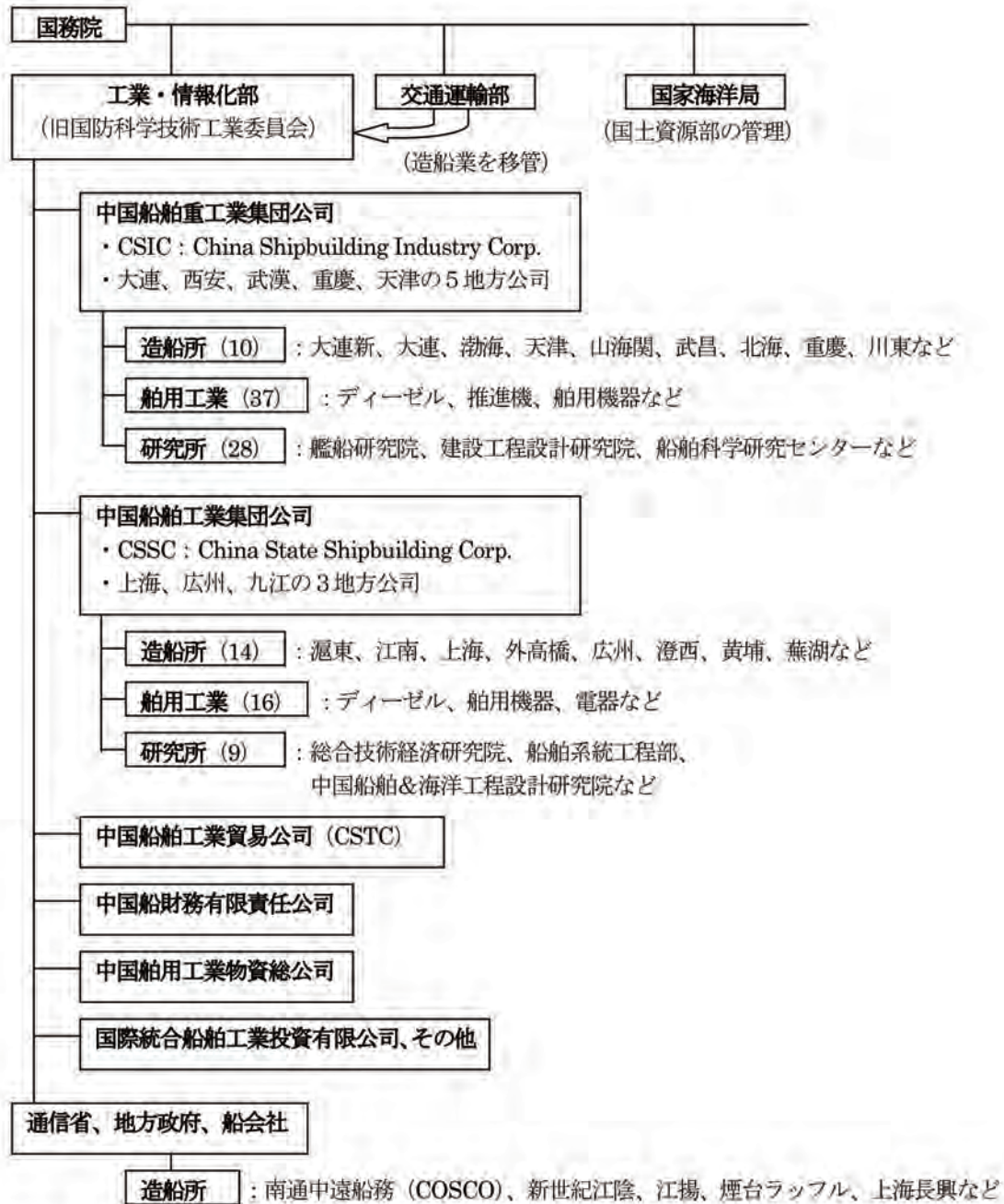
② 寧波海洋学校

国家海洋局の中堅職員を養成する機関として寧波に所在する。

そのほか、出版と報道を担当する海洋出版社（北京）と中国海洋報社（北京）がある。

中国造船業の組織 (各種資料を基に工藤氏が作成)

中国造船業の組織



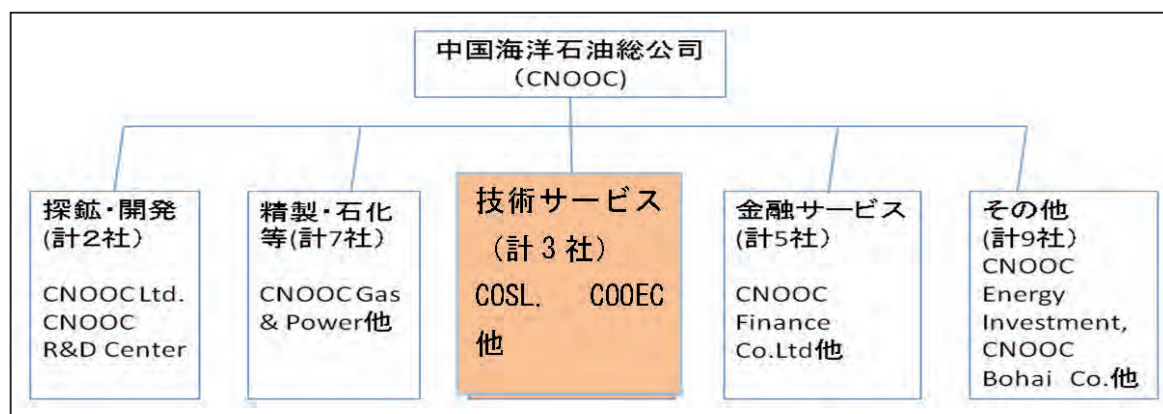
参考資料 4

CNOOC の概要
(各種資料を基に竹原氏が作成)

CNOOC は、China National Offshore Oil Corporation の略称であり、中国名は「中国海洋石油総公司」である。組織の概要は、次の通り。

- (1) 設 立：1982 年 2 月
- (2) グループ：21 社の子会社を有し、全体で 51000 名

第 3- 参考 4-1 図 CNOOC グループ組織図



出典：CNOOC サイトにもとづき JOGMEC 作成

- (3) 主要業務：石油・天然ガス探鉱開発、販売、LNG 輸入、精製・石化など。特に、CNOOC は中国海洋石油資源対外共同開発条例に基づき中国海洋において外国企業と独占的に石油探鉱開発契約を締結する権利を保有している。
- (4) 純 利 益：約 4700 億円（2007 年）
- (5) 売 上：US28,027（百万\$, 2008 年） Forfune では 318 位

第 3- 参考 4-1 表 売り上げについての国際比較

Global Fortune 500, 2009	企 業	売上 (2008) 百万ドル
1 位	Shell	US \$ 458,361
2 位	Exxon Mobile	US \$ 442,851
9 位	Sinopec	US \$ 207,814
13 位	PetroChina	US \$ 181,123
101 位	新日本石油	US \$ 64,198
318 位	CNOOC	US \$ 28,027

出典：Global Fortune500,2009

- (6) 世界の石油企業のランク付け：米国の Energy Intelligence Group が生産量、埋蔵量、精製処理能力など各項目におけるランク付けと総合ランク付けを行い、毎年発表している石油企業トップ 50 社における原油生産では CNOOC は 48 位につけている。

第 3- 参考 4-2 表 原油生産量についての国際比較

PIW Oil Companies top 50,2008 (原油生産)	企 業	原油生産量 (2007) 1,000 バレル / 日
1 位	SaudiAramco (サウジアラビア)	10,413
2 位	NIOC (イラン)	4,401
4 位	PetroChina	2,764
5 位	Exxon Mobile	2,615
12 位	Shell	1,899
26 位	Sinopec	799
36 位	CNOOC	372
48 位	Inpex	242

出典：PIW Oil Companies top50

- (7) CNOOC の技術関係主要子会社の概要

○中国油田服務股份有限公司 (COSL：China Oil Field Service)

- ①設 立：2000 年 12 月
- ②株 式：54.74%を CNOOC が所有する。
- ③主要業務：掘削、坑井サービス、物理探査、海洋サポート・輸送
- ④実 績：2008 年末現在、COSL は海洋油ガス田の掘削装置 22 基（うち甲板昇降型掘削装置 19 基、半潜水型掘削装置 3 基）を保有する世界第 8 位の掘削企業で、国内海洋の掘削、物理探査に占める同社のシェアは 80%超である。

○中国海洋工程股フェン有限公司 (英文名称 China Offshore Oil Engineering：COOEC)

- ①設 立：2000 年 4 月
- ②グループ：60.32%を CNOOC とその子会社が所有する。
- ③従 業 者：約 8000 名
- ④主要業務：水深 200 メートルまでの海洋油ガス田ならびに陸上における関連設備の設計、建設、設置、メンテナンス。また水深 200m までの海域で海底パイプライン・ケーブルの敷設、海上油ガス田生産設備の輸送、組立等を行うことが可能
- ⑤主要施設（船）：2008 年末現在、同社は 17 隻の作業船（起重敷設船 3 隻、起重船 4 隻、バージ船 7 隻他）を保有

第四部

科学技術インフラ



第1章 加速器・放射光施設

中国は、欧州諸国などからの技術支援を受け、世界一線級の施設を持ちつつある。特に上海のシンクロトロン放射光施設は世界最高水準のものである。

中国は、加速器を利用する物理学などの科学分野で傑出した研究者を輩出しているが、これまでの多くは理論研究であったり他国の加速器を利用したりしていて、中国国内の施設は世界の一般のものとは言い難かった。しかし、近年急速に技術力を上げており、世界一線級の加速器などの装置を建設・運転したり、計画したりしている。

基礎物理学のための施設としては、北京にある中国科学院高能物理学研究所に電子・陽電子衝突型加速器 BEPC II がある。加速エネルギーは 2～4.2GeV、ビームの強度を表す明るさ（ルミノシティ）は $1 \times 10^{33} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ である。現在、類似の装置の世界最先端は日本の高能物理学加速器研究機構の KEKB は 3.5～8GeV、ルミノシティ $1.7 \times 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ であるから、物理学上関心の高い素粒子の生成にはエネルギーが足りず、また明るさは約 20 分の 1 ということで、同じ実験を行っても成果を得るのに 10 倍以上の時間がかかることになる。従って世界最先端とは言い難いが、同研究所は欧州原子核研究所の LHC プロジェクトなどにも積極的に協力しており、BEPC II は加速器技術の実証と研究者の養成のための施設として活用されているとみられる。本施設の建設に当たっては日米等の先進国が技術支援を行っている。

なお、基礎物理学研究のためのエネルギーの高い陽子加速器施設はない。

放射光施設としては、上記の電子加速器に付随した施設が北京にあるが、本年から上海で稼働した上海シンクロトロン放射光施設は電子の加速エネルギー 3.5GeV で、材料科学や創薬等に一般的に使われる軟 X 線領域では十分な明るさを有する第 3 世代の放射光施設である。同施設の性能は、日本の SPring-8、米国アルゴンヌ国立研究所の APS、欧州シンクロトロン放射光施設 ESRF の 3 大放射光施設には、より波長の短い X 線が使えない点で劣るが、民間企業等の幅広い利用を視野に入れる英国の Diamond、仏の Soleil などに匹敵する性能を有する。この建設にあたっても先進国からの技術導入がおこなわれている。

Spring-8 などとの比較表を以下に示す。

第 4-1-1 表

世界の第 3 世代大型放射光施設

	SPring-8 (日本)	APS (米国)	ESRF (EU)	SSRF (中国)	Diamond Light Source (英国)	Soleil (フランス)
設 置 者	原研・理研	エネルギー省	EU18 ケ国	中国科学院 上海応用物 理研究所	ダーズベリー 研究所	フランス・ サクレ
設 置 場 所	播磨科 公園都市	アルゴンヌ	グルノーブル (仏)	上海浦東	オックス フォード	パリ
利用開始年	1997 年	1996 年	1994 年	2009 年	2007 年	2006 年
エネルギー	8 GeV	7 GeV	6GeV	3.5GeV	3GeV	2.75Gev
ビームライン	62 本	68 本	56 本	60 本 (予定)	—	—
周 長	1436 m	1104 m	844m	432m	562m	354m

出典：「SPring-8」及び「SSRF」のウェブサイトを基に作成。
(<http://www.spring8.or.jp/>, <http://ssrf.sinap.ac.cn/>)

一方、原子核物理学、宇宙科学、がん治療を含む放射線生物学への活用が期待される重粒子加速器については蘭州の中国科学院近代物理学研究所に重イオン加速器施設がある。加速エネルギーはイオンによって異なるが、原子核は構成する一つの核子（陽子もしくは中性子）あたり 400 ～ 900MeV である。性能的には世界最高性能とされる日本の理化学研究所 RI ビームファクトリーに肩を並べるものと期待されている。

加速器により中性子を発生する施設は日本の大強度陽子加速器施設（J-PARC）、米国のオークリッジ国立研究所の SNS 等に匹敵する性能を有する最先端の施設を中国科学院が広東省に建設する計画がある。

以上をまとめた表を下記に示す。

第 4-1-2 表

中国の加速器一覧

区 分	設置機関	所在地	装置名称	ビーム エネルギー	特 徴
電子加速器	高能物理研究所 (IHEP)	北京	BEPC II	(1.89+1.89) GeV	加速した電子、陽電子を衝突させる衝突型の実験以外に、放射光型の施設としても使用
放射光施設	高能物理研究所 (IHEP)	北京	BSRF	2.5GeV	
	上海応用物理研究所 (SINAP)	上海	SSRF	3.5GeV	エミッタンス 3.9 nm・rad の第三世代放射光施設
	中国科学技術大学 (USTC)	合肥	NSRL	800MeV	VUV・軟 X 線リング
重イオン加速器	近代物理研究所 (IMP)	蘭州	HIRFL-CSR	1 GeV	重イオンビームを利用した原子核物理学の研究及び悪性腫瘍臨床研究
中性子源 (計画中)	中国科学院・広東省	東莞	CSNS	1.6GeV	ワールドクラスの新世代中性子源施設を計画中。

出典：文部科学省基礎基盤研究課資料を基に作成

第2章 スーパーコンピュータ

天津に設置され、2009年10月より運用開始されているスーパーコンピュータ「天河1号（Tianhe-1）」は性能面において世界第5位である。また、国内に設置している高性能スーパーコンピュータの数は日本より多い。

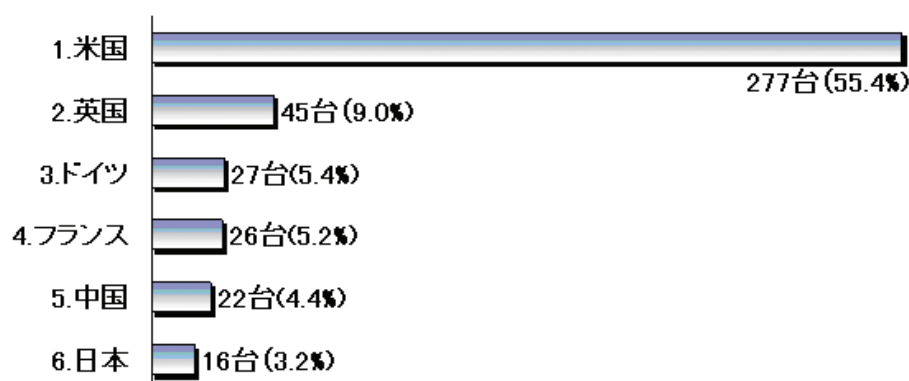
「天河1号」は「863計画（国家ハイテク研究開発計画）」の「重大プロジェクト」として、国防科学技術大学と天津市滨海新区政府に共同建設された天津国家スーパーコンピュータセンターに設置されているスーパーコンピュータで、2009年10月より運用されている。「天河1号」は“Rmax”（浮動小数点数演算処理速度）において、563.1TFLOPS¹（テラフロップス、563.1兆回／秒）の性能を出している。

最近発表された「スーパーコンピュータトップ500」によれば、「天河1号」は世界5位となり、中国科学院傘下の計算技術研究所（上海）に設置されている「曙光5000A」（Rmax:180.6 TFLOPS）は19位であった。世界第1位は、米国Cray社のJaguar（Rmax:1,759TFLOPS）である。ちなみに、日本の新地球シミュレータは、Rmax122.4TFLOPSであり、世界では第31位となっている。

中国では、計算技術研究所と曙光公司によりペタフロップス級（PFLOPS、毎秒1千兆回の計算能力）のスーパーコンピュータ「曙光6000」の開発も進められている。

下図は、スーパーコンピュータの国別保有台数であり、中国は既に日本を凌駕している状況である。

第4-2-1図 スーパーコンピュータトップ500 国別保有台数及びシェア（2009年11月）



出典：「スーパーコンピュータトップ500」ウェブサイト（<http://www.top500.org/>）を基に作成。

1 FLOPS（フロップス、Floating point number Operations Per Second）はコンピュータの性能指標の一つ。1秒間に浮動小数点数演算が何回できるかという能力を理論的・実験的に表したもののこと。

第3章 次世代DNAシーケンサー

今後のライフサイエンス研究の基盤である次世代シーケンサーの導入状況で、中国は欧米を追っており、日本を凌駕している。

1990年代からゲノム解析がライフサイエンス分野の大きな課題であり、その基盤にあるのがシーケンサー技術である。シーケンサー技術は、幾何級数的に向上しており、1990年代初期に比して「次世代シーケンサー」と呼ばれている。現在は数百万円で1人の全ゲノム解析が行われるまでに技術力が向上しており、数年後には数十万円まで経費が下がる見込みであり、個々人の健康・疾患の診断等の医療はもとより、生物多様性の理解を通し、食糧・環境・エネルギー研究に広く使われる時代が近々到来する可能性がある。

しかし、その技術力及び製造は、米国が主力である。それは次世代シーケンサーの開発資金を米国が強く支援した経緯に由来する。

現在、次世代シーケンサーは、それを操作・解析するための各種アプリケーションを含めて総額1億5千万円程度で購入出来るため、各国にどの程度導入されているか正確に把握することは困難であるが、下表では世界のいくつかの拠点を大まかに比較してみる。

第4-3-1表 世界の主なシーケンサー拠点について

米 国	ブロード研究所：60台以上、 ワシントン大学：50台以上
欧 州	ウエルカム・トラスト・サンガー研究所：約40台
中 国	中国科学院北京ゲノム研究所：約30台 その他上海、深圳に拠点を設立する予定
日 本	理化学研究所：5台 2010年3月までに追加9台購入予定

出典：2009年3月時点、理研への聞き取り調査を基に作成。

中国科学院北京ゲノム研究所は、イネゲノム（インディカ種、2003年頃）、パンダゲノム（2007年）、中国人ゲノム（2008年）などいくつかのゲノム解析プロジェクトを実施してきた。多数のシーケンサーを有し、米国での留学経験を有する優秀な帰国ゲノム研究者、多数のバイオインフォマティシャン（250人超）を擁する大拠点となっている。一方、中国人ゲノム、パンダゲノムのデータについては公開されており、学術的論文の評価、バイオインフォマティシャンの評価等については今後の評価が待たれるが、その潜在力は高い。

第4章 NMR

中国では、タンパク質の構造解析の手段の一つである NMR の導入が若干遅れている。

NMR（核磁気共鳴）法は、磁場中におかれた原子核スピンのエネルギーを吸収することを利用する分光法の一つである。他の分光法に比して吸収エネルギーが微弱であるため、（水素）原子のひとつひとつの観測・区別が可能になり、また照射によって試料が化学的に壊れることが無いとの特徴を有している。従って、NMR により、タンパク質中の水素原子間の距離やペプチド結合の距離を測定することが可能となり、タンパク質の立体構造を求めることが可能となる。これにより、NMR 法は、タンパク質の結晶に X 線を照射して、その回折像から立体構造を求める X 線結晶構造解析法と並び、タンパク質立体構造解析の主な手法として注目されている。

NMR は装置のコアである磁石の磁場の強度により、測定精度が異なり、現在世界では、一般に使用されている 400 ～ 600MHz から、高性能の 800 ～ 950MHz、世界最高性能の 1GHz 等の NMR が開発・導入されている。

下表では主な機関の導入状況について比較してみる。

第 4-4-1 表 世界各国の主な NMR 導入について

1 GHz (世界最高性能)	フランス	(リヨン・European Center for High-Field NMR) (2009 年 7 月)
900～950 MHz クラス	米国	North Carolina Research Campus（食品メーカー研究所）
	ドイツ	フランクフルト大学
	サウジアラビア	King Abdullah University of Science and Technology
	カナダ	トロント大学（予算付き次第導入予定）
	日本	理化学研究所 大阪大学蛋白研究所（2010 年 3 月予定）

出典：2009 年 3 月時点、理研への聞き取り調査を基に作成。

なお、中国には現在までに、900MHz 以上の導入は無い。それに次ぐランクの 800MHz の装置については、北京大学、武漢大学にそれぞれ 1 台が導入されている。

（参考）NMR の種類

現在、NMR 装置は、ドイツ・ブルッカー社及び米国・バリアン社、日本の日本電子の 3 種類が主要 3 社であり、各機関への導入については、性能の違いに加え、それ以上に各機関それぞれ使い慣れたものを導入している。

第5章 PET

医療等への応用が注目されている PET について、中国でも急速に導入が進められている。

PET（ポジトロン断層法）とは、陽電子検出を利用したコンピュータ断層撮影技術である。CT や MRI が主として生体内組織の形態を観測する検査法であるのに比して、PET は生体の機能を観察することに有効な検査法であり、中枢神経の代謝や腫瘍組織の糖代謝を検出することが出来、現在、癌の診断始め、分子イメージング等各種研究への利用が期待されている。現在、PET の多くは、ブドウ糖に似た構造の放射性薬剤（FDG）を投与し、その取り込み変化を見る診断法、及び PET と CT を一体化した装置による組織形態及び機能を組み合わせた診断法として、活用されている。

下表では主な国の導入状況について比較してみる。

第 4-5-1 表

日本、米国、中国における PET 導入状況について

米 国	・ 米国の PET 施設数は日本の約 10 倍の 2,000 施設と言われており、全米で 3,000 台程の臨床 PET 装置が普及している。 ・ 主な研究機関としては、ジョンホプキンス大学、スタンフォード大学、エール大学、UCLA クランプ研究所、NIH、ハーバード大学、マサチューセッツ総合病院等がある。
日 本	・ 日本の PET 施設数は 200 施設以上と見込まれている。 ・ 200 施設の約 9 割は、FDG（放射性薬剤）を使用したがん検診のみを行っている模様。 ・ 分子イメージング等の研究用 PET を有する施設は、放射線医学総合研究所、理化学研究所、国立循環器病センター等の研究所、東北大学、福井大学等、20 施設に満たない模様。
中 国	・ 中国の PET は、1995 年の山東省への PET 導入、2002 年の西安への PET/CT 導入に始まる。それ以降、2005 年頃から急速に導入が増加し、且つ PET から PET/CT への切り替えが行われるようになった。 ・ 2007 年までに中国では、15 施設の PET、85 施設（北京等の北部：30 施設、上海・杭州等の東部：30 施設、広州等の南部：30 台）の PET/CT の合計 100 施設が導入されている。 ・ そのほとんどががん検診用に使われており、分子イメージング等の研究用には、杭州・浙江大学を中心に行われている模様。

出典：放医研への聞き取り調査及び「アイソトープ」2009 年 7 月号を基に作成。

第6章 天体望遠鏡

天文研究に必要な天体望遠鏡でも中国は一定の存在感を持っている。

① 2.16m 反射光学望遠鏡（河北省興隆）

中国科学院傘下の国家天文台（NAOC）所有の望遠鏡。中国独自の技術により 1989 年に完成。外国の同型望遠鏡としては、米国パローマ天文台の 5.0m（200 インチ）ヘール望遠鏡、日本のハワイ・マウナケア天文台の 8.2m すばる望遠鏡などがある。

② 広視野多目的光ファイバー分光観測天体望遠鏡 LAMOST（Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectrographic Telescope）（河北省興隆）

やはり、NAOC 所有の望遠鏡で、投資額は 2.35 億元。2005 年末に組立完成し、現在観測のための調整を行っている。口径はそれ程大きくはないが、世界でスペクトル獲得率が最も高く、1 度に 4000 個の銀河のスペクトルデータを蓄積できるという特徴を有する。

③ 電波望遠鏡 FAST 計画（貴州省）

中国の NAOC は現在 25m 口径の VLBI 電波望遠鏡を 2 台有しているといわれている。更に、高感度レーダーとして衛星、宇宙塵、航空機の静電気放電などを監視、観測でき、環境観測、有人宇宙飛行、月探査及び将来の深宇宙探査への利用が期待される電波望遠鏡「FAST」の建設を計画している。口径 500m というもので、これが完成すると、現在世界最大のアメリカ・プエルトリコにあるアレシボ電波望遠鏡の口径 305m の倍近くになる。なお、日本の野辺山の電波望遠鏡は口径 45m であり、日本も参加するチリ ALMA 天文台は 68 基の口径 12m 反射鏡と、12 基の口径 7m 反射鏡で構成予定となっている。

おわりに

本書は、JST 中国総合研究センターに設置された中国科学技術力研究会及びその下に設置されたワーキング・グループ（原子力・宇宙・海洋）のメンバーで議論し、執筆したものである。なお、大型科学技術インフラについては、ワーキンググループを設けず、直接親委員会である中国科学技術力研究会で作成した。本書の文責は中国科学技術力研究会とその下の各ワーキング・グループにあると考えている。

中国科学技術力研究会名簿（五十音順）

植田 秀史	JST 研究開発戦略センター副センター長
岡山 純子	JST エキスパート（研究開発戦略立案担当）・ 研究開発戦略センター海外動向ユニットフェロー
邱 焱	JST 中国総合研究センターフェロー
阪 彩香	文部科学省科学技術政策研究所研究員
秦 舟	JST 中国総合研究センターフェロー
角南 篤	JST 中国総合研究センター副センター長 政策研究大学院大学准教授
西野 可奈	JST 中国総合研究センターフェロー
林 幸秀	JST 研究開発戦略センター特任フェロー（主査） 宇宙航空研究開発機構副理事長
細川 洋治	JST 参事役中国総合研究センター担当
松尾 泰樹	理化学研究所横浜研究所研究推進部長

原子力ワーキング・グループ（五十音順）

河原 暲	日本原子力学会元会長日立製作所名誉嘱託
邱 焱	JST 中国総合研究センターフェロー
窪田 秀雄	日本テピア株式会社テピア総合研究所副所長
秦 舟	JST 中国総合研究センターフェロー
中神 靖雄	元三菱重工業常務取締役原動機事業本部長
永崎 隆雄	千代田テクノル社長室アドバイザー 元 JNC 北京事務所
中杉 秀夫	日本原子力産業協会国際部リーダー
西野 可奈	JST 中国総合研究センターフェロー
橋本和一郎	日本原子力研究開発機構国際部長
林 幸秀	JST 研究開発戦略センター特任フェロー（主査） 宇宙航空研究開発機構副理事長
細川 洋治	JST 参事役中国総合研究センター担当

宇宙ワーキング・グループ（五十音順）

邱	焱	JST 中国総合研究センターフェロー
秦	舟	JST 中国総合研究センターフェロー
角南	篤	JST 中国総合研究センター副センター長 政策研究大学院大学准教授
辻野	照久	JST 中国総合研究センター特任フェロー
西野	可奈	JST 中国総合研究センターフェロー
林	幸秀	JST 研究開発戦略センター特任フェロー（主査） 宇宙航空研究開発機構副理事長
細川	洋治	JST 参事役中国総合研究センター担当

海洋ワーキング・グループ（五十音順）

邱	焱	JST 中国総合研究センターフェロー
工藤	君明	JST 中国総合研究センター特任フェロー 海洋研究開発機構（JAMSTEC）海洋工学センター応用技術部 シニアスタッフ
秦	舟	JST 中国総合研究センターフェロー
竹原	美佳	石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC） 石油開発支援本部調査部調査課
西野	可奈	JST 中国総合研究センターフェロー
林	幸秀	JST 研究開発戦略センター特任フェロー（主査） 宇宙航空研究開発機構副理事長
細川	洋治	JST 参事役中国総合研究センター担当
卷	俊宏	東京大学生産技術研究所海中工学国際研究センター

2009 年 12 月

中国科学技術力研究会主査

林 幸秀

**平成 21 年版 中国の科学技術力について
(ビック・プロジェクト編)**

平成 22 年 3 月 第 2 版

発行者 独立行政法人科学技術振興機構 イノベーション推進本部
研究開発戦略センター 中国総合研究センター
中国科学技術力研究会

独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター 2009

無断での転載・複写を禁じます。

ISBN 978-4-88890-304-2



独立行政法人

科学技術振興機構

Japan Science and Technology Agency

中国総合研究センター 中国科学技術力研究会 <http://www.spc.jst.go.jp/>