

## 第四章 研究の成果

第三章では、中国科学院の持つ研究能力を色々な角度から記述したが、本章ではこれまでに達成された成果を、具体例と外形的なデータにより述べる。

### (1) これまでの成果の具体例

#### ①両弾一星への貢献

中国科学院の初期の成果として挙げられるのは、「両弾一星」と呼ばれる軍事技術への貢献である。朝鮮戦争中、マッカーサー国連軍総司令官が核兵器の使用をトルーマン米国大統領に進言したことを、中国の指導者毛沢東は非常に深刻に受け止めた。さらに、米国が最初に原子爆弾を開発・使用した後、ソ連が 1949 年に、英国が 1952 年に核実験を成功させており、第二次世界大戦の戦勝国が次々と核兵器国となっていた。このため、毛沢東は中国の安全保障には核抑止力が重要であり、また、中国が第二次世界大戦の戦勝国としての立場を維持していくためにも核兵器の開発は不可欠であると考えに至った。毛沢東は 1955 年頃、核兵器とそれに関連するミサイルを含めた戦略兵器の開発を関係者に命じた。これがいわゆる「両弾一星」政策であり、両弾とは水爆を含む核兵器及び弾道ミサイルを指し、一星とは人工衛星を指すといわれている。

両弾一星の開発遂行は中国全体の事業であり、様々な国内の機関が動員されるとともに、当時友好関係にあったソ連の寄与も大きかった。核兵器の開発主体となったのは、人民解放軍、国防部、及び原子力開発機関であったが、中国科学院は基礎的な科学技術知識の供与、関連人材の供給、関連装置等の開発において多大な貢献を果たしている。また弾道ミサイルや人工衛星の開発は、やはり人民解放軍、国防部、及び宇宙開発機関が中心であったが、ここにおいても中国科学院は人材の供給等で重要な役割を果たした。とりわけ、1956 年のフルシチョフによるスターリン批判を契機として、友好的であった中ソ関係は対立状態となり、1960 年にソ連の技術的援助がなくなった後は、両弾一星の開発を自力で進めざるを得なくなり、関連情報や人材の供給源としての中国科学院の役割はさらに高まったと想定される。

最初に開発が成功したのがミサイルである。1950 年 2 月に締結された中ソ友好同盟相互援助条約により、ソ連は中国に技術提供を積極的に行った。また 1956 年に、後述する銭学森 (Qian Xuesen) をヘッドとして国防部の中に第五研究院が設置され、自主技術開発も着々と進められた。さらに 1957 年 10 月にはソ連と中ソ防衛技術協定を結び、ソ連から供与された R-2 ミサイルをリバースエンジニアリングして複製することにより、1960 年に初

めてミサイルを打ち上げた。このミサイルは東風1号（DF-1）と名付けられたが、射程距離が短く運搬能力も原子爆弾を搭載するには小さすぎたため、新たな弾道ミサイル東風2号の開発が開始された。

原子爆弾の開発も、当初はソ連からの協力で順調に進むかに見えたが、中ソ対立の影響を受けソ連との協力関係が断絶したため、1956年に第三機械工業部（1958年に第二機械工業部に改称）が設置され、後述する銭三強（Qian Sanqiang）のイニシアティブの下、中国の内陸部で開発が進められた。これに合わせて開発が進められたミサイル東風2号は打ち上げに失敗するも、その改良型ミサイル東風2号Aの開発が続行され、1964年6月、ついに東風2号Aの発射試験に成功した。約三か月後の10月16日、中国初の地上での核実験が成功した。さらに同10月27日には、核弾頭を装備した東風2号Aミサイルが酒泉衛星発射センターより発射され、新疆ウイグル自治区ロプノール砂漠の上空で爆発した。これによって、両弾一星の両弾の部分（核兵器とミサイル）の開発が成功した。その後1967年6月、中国は初めて水爆実験に成功し、世界で4番目となる水爆保有国となった。

続いて目指したのは、両弾一星の一星の開発である。人類初の人工衛星は1957年にソ連が打ち上げたスプートニク1号であり、4か月後には、米国陸軍によりエクスペローラー1号が打ち上げられた。中国は、東風2号Aなどのミサイル技術を発展させ、1970年2月に長征1号ロケットにより東方紅1号の打ち上げに成功した。これはソ連、米国、フランス、日本について世界で5番目の人工衛星打ち上げ国であり、これにより両弾一星は完成した。

## ②中国宇宙開発の父

中国に生まれた者であれば、科学に疎くても銭学森の名を知らないものはそれほどいない。日本人でいえば、初めてのノーベル賞に輝いた湯川秀樹博士のような存在であり、中国の宇宙開発の父、ロケット開発の父と呼ばれている。



### 銭学森 ©百度百科

銭学森は、孫文 (Sun Wen) の指導により清朝が倒れた辛亥革命の年である 1911 年に上海で生まれた。銭家は元々浙江省杭州の名家で、十世紀の呉越国の王が祖先という。父親の銭均夫 (Qian Junfu) は、現在の浙江大学の前身である求是書院を経て、1904 年に魯迅 (Lu Xun) らとともに日本に留学し、筑波大学の前身である東京高等師範学校に入学した。同校で教育学を学び 1908 年に卒業し、1910 年に中国に帰国して孫文の主導する革命運動に身を投じた。辛亥革命の成功後は、中学校校長や浙江省の教育長などを歴任している。

銭学森は、北京師範大学附属中学を経て、1929 年に鉄道部 (中華民国行政院の一部局で、部は日本の省に該当) が所管していた交通大学上海学校の機械学科に入り、1934 年に卒業した。交通大学は、新中国建国後に上海交通大学と西安交通大学に分かれ、所管も鉄道部から教育部に変わっている。交通大学を卒業した銭学森は、清華大学が募集していた公費米留學生試験に合格し、1935 年にマサチューセッツ工科大学 (MIT) の航空学科に入学した。1 年後に同大学から修士号を取得し、今度はカリフォルニア工科大学 (Caltech) に移り、セオドア・フォン・カルマン教授に師事した。カルマン教授はハンガリー出身のユダヤ系米国人で、現在でもカルマン渦で名を残す航空工学の著名な研究者であり、後に NASA のジェット推進研究所の初代所長を勤めている。銭学森は、このカルマン教授の下で数学と航空工学の博士号などを取得し、1943 年に Caltech 助教授、1947 年に教授となった。

1949 年 10 月、新中国建国の報を聞いた銭学森は家族で帰国しようとしたところ、当時全米を揺るがしていたマッカーシー上院議員をリーダーとする赤狩り運動に巻き込まれた。銭学森は、軍事機密研究関与を防止するとの理由で研究室への入室許可書を取り消された上、帰国のために乗船しようとして港に到着したところをスパイ容疑で米国海軍に拘束された。Caltech 当局が巨額な保証金を支払ったことにより銭学森は 2 週間後に釈放されたが、その後は研究も思いどおりにできず、一種の軟禁状態におかれた。1954 年 4 月、米国・ソ連・英国・フランスなどが参加して朝鮮問題・インドシナ問題に関する国際会議がジュネーブで開催され、中国からは周恩来総理らが参加した。周総理はこの機会を捉えて、米国で拘束されている銭学森を含む中国人研究者らの釈放交渉を事務方に指示した。ジュネーブ会議の際には合意に達しなかったが、その後粘り強く交渉が続けられ、翌 1955 年に朝鮮戦争で捕虜とした米空軍のパイロット 11 名の釈放を交換条件とすることで米側と合意した。銭学森は妻と幼い息子と娘を同行して汽船に乗り込み、同年 10 月に漸く祖国に帰った。帰国後は、既に述べたとおり国防部第五研究院や中国科学院力学研究所において、中国の宇宙開発の指揮を取った。そして、ミサイル開発や人工衛星の打ち上げ成功などに尽力し、2009 年に 98 歳で北京において逝去している。

銭学森は、強い愛国心と謙虚な人柄で多くの中国人に尊敬されている。「外国人にできることは中国人にもできる」と述べた言葉が、中国人に愛国心や自負心を与えた。また、自分への賞嘆に対しては、「私は滄海一粟 (蘇軾の詩に由来し、滄海は大海、一粟は一粒の粟のことで、比較にならないほど小さいことの比喩) にすぎない」と述べたという。

銭学森の近親にノーベル賞受賞者がいる。銭学森の父銭均夫の弟に銭沢夫 (Qian Zefu) という人がいて、その子 (銭学森の従兄弟) の銭学榘 (Qian Xueju) は MIT で空気力学を学び、卒業後ボーイング社に勤め米国籍を取得している。この銭学榘の子がロジャー・チェン (銭永健) であり、彼はニューヨークに生まれ、英国ケンブリッジ大学を卒業後、カリフォルニア大学バークレー校やサンディエゴ校で教授を勤めた。2008 年に、「緑色蛍光タンパク質の発見と開発」の研究成果により、下村脩博士、マーティン・チャルフィー博士とともにノーベル化学賞を受賞した。



ロジャー・チェン ©百度百科

### ③中国原爆開発の父

原子爆弾の開発において、宇宙での銭学森の役割を果たしたといわれているのが、銭三強である。銭三強は 1913 年に浙江省湖州で生まれ、父にしたがって北京に行き蔡元培が校長であった孔徳中学に学び、1929 年には北京大学に入学し、後述する呉有訓 (Wu Youxun) の下で近代物理学を学んだ。その後清華大学に移り 1936 年に卒業すると、北平研究院物理研究所に入所し、やはり後述する嚴濟慈 (Yan Jici) の下で分子スペクトルの研究を進めた。1937 年には嚴所長の推薦を得てフランスに留学し、パリ大学のキュリー研究所ラジウム実験室で、前々年 (1935 年) に夫とともにノーベル化学賞を受賞しているイレヌ・ジョリオ＝キュリー博士の指導を受け、ポロニウムの研究を行った。1940 年、「ヘリウム核と陽子の衝突」と題する論文により博士号を取得した。

1948 年に帰国し清華大学教授となり、中国科学院が発足した後は、近代物理研究所 (後の原子力研究所) の副所長となった。1955 年に毛沢東の指示により両弾一星計画が開始されると、1956 年には第三機械工業部が設置され、軍人出身の部長の下で、銭三強は技術開発の実質的な責任者である副部長となった。1960 年にソ連の技術的援助がなくなった後も

着々と核兵器の開発を進め、1964年10月原子爆弾の実験に、1967年6月水素爆弾の実験に成功した。



銭三強 ©百度百科

銭三強は、近代物理学研究所の所長や、中国科学院の院士に当選するなどしたが、文化大革命中は造反派の批判に遭い、活動停止に追い込まれた。文革終了後に中国科学院副院長に復帰し、学部改革などに力を振るった。1992年に北京で79歳の生涯を終えている。

#### ④世界初の魚類クローン作製

1963年、山東省青島にある海洋研究所所長の童第周（Tong Dizhou）は、世界で初めて魚類のクローン作製に成功した。クローンとは、分子・DNA・細胞・生体などのコピーである。もとは植物の小枝の集まりを意味するギリシア語に由来する。植物については、古くから挿し木などのクローン技術が農業・園芸で利用されているが、動物では胚や体細胞から取り出したDNAを含む細胞核を未受精卵に移植する「核移植」によってクローンを作成している。人工的な動物個体のクローンは、1891年にウニの胚分割により初めて作成された。1952年にヒョウガエルのクローンが作られた。

これらの成果を踏まえ童第周は、1963年に、オスのアジア鯉のDNAを抽出し、メスのアジア鯉の卵に移植して、世界初の魚類のクローン作製に成功したのである。さらに1973年には、オスのアジア鯉のDNAをメスのヨーロッパ鯉の卵に移植し、初めての生物種間をまたがるクローンも作製している。

童第周は、1902年に浙江省に生まれ、1927年に上海の復旦大学を卒業した。1930年にベルギーのブリュッセル自由大学に留学し、1934年に博士号を取得の後、英国ケンブリッジ大学を短期間訪問し、中国に帰国して山東大学に勤務している。戦後、1950年に青島海洋生物学研究室の主任となって以来、一貫して青島の研究部隊を指導し、1959年に設立さ

れた中国科学院海洋研究所の初代所長に就任し、1978年まで勤めている。その間、1955年には中国科学院学部委員に当選しており、また1978年に中国科学院の副院長になったが、1979年3月浙江省杭州の集会で倒れ、同月北京で病没した。



童第周 ©百度百科

### ⑤世界初のウシ・インスリン人工合成

インスリンは動物の膵臓から分泌される一種のタンパク質である。タンパク質は生命現象において最も重要な基礎となる物質であり、タンパク質の構造及び機能の研究は、ライフサイエンスの基本的な研究課題である。ウシ・インスリンを人工的に合成することは、科学的に大きな意義を有し、糖尿病患者の特効薬として多くの生命を救うことが期待できた。

1964年、上海生物化学研究所の鈕經義 (Niu Jingyi) と龚岳亭 (Gong Yueting) らは、ポリペプチドを使ってウシ・インスリンのB鎖を人工合成し、これと天然のA鎖の再編することにより、インスリンを作り上げることに成功した。続いて1965年、上海有機化学研究所の汪猷 (Wang You) と北京大学化学部の邢其毅 (Xing Qiyi) は協力して、ウシ・インスリンA鎖の化学合成を完成させ、これと先に上海生物化学研究所で人工合成に成功していたB鎖を再編することにより、ウシ・インスリンの完全な人工合成に成功した。この人工合成したインスリンを純化して測定したところ、天然のインスリンと全く同様の活性と抗原性を有し、しかもその結晶の形が天然と同一であった。これらの成果を上海生物化学研究所副所長であった曹天欽 (Cao Tianqin) らが、1965年11月に「中国の科学」誌に短信を、1966年4月に全文を発表した。

この研究成果は、中国のポリペプチド・タンパク質合成分野における研究が、世界の先端レベルに達したことを示すものであり、これによってインスリンに関するホルモンの研究

や応用も加速し、インスリンの作用原理やインスリン結晶構造の研究も促され、生化学試験や生化学薬物の発展にもつながった。



曹天欽 ©百度百科

#### ⑥マラリアの特効薬アルテミシニンの開発

マラリア（中国語で「疟疾」）は、熱帯から亜熱帯に広く分布する原虫感染症であり、高熱や頭痛、吐き気などの症状を呈し、悪性の場合は意識障害や腎不全などを起こし死亡することもある。以前は中国でも海南島、雲南省、広西省、広東省等の南部の地域で、マラリアは主な死因の一つだった。1960年代に入って徐々に本格化したベトナム戦争において、中国はソ連とともに北ベトナムの同盟国として軍事的な支援を行った。この北ベトナムでもマラリアは兵士や一般庶民を苦しめる病気であり、従来から特効薬として用いられていたクロロキンでは原虫に耐性が出始めていた。そこで中国は、自国民の治療だけでなく同盟国の北ベトナムを支援すべく、関係機関にマラリアに対する新薬開発を命じた。

マラリア新薬の開発を命ぜられた機関の一つが、国務院衛生部所管の中医研究院（現在は中医科学院と改名）であり、そこに発足したプロジェクトチームのリーダーに指名されたのが、女性研究者である屠呦呦（Tu Youyou）であった。屠呦呦は1930年浙江省寧波に生まれ、1955年に北京大学医学部薬学科を卒業し、中医研究院の研究者となった。1969年に前記のチームが発足すると、屠は約2,000の伝統的な漢方の調剤法を調べた。そこで出て来た一つの合成物であるヨモギの一種「黄花蒿」（日本名で「クソニンジン」）からの抽出物が、動物体内でのマラリア原虫の活動を劇的に抑制することを突き止めた。1972年に屠たちはその純物質を取り出し、「青蒿素」と名付けた。これは欧米ではアルテミシニンと呼ばれている。これらの成果により屠呦呦は、2015年に日本の大村智博士らとともにノーベル生理学・医学賞を受賞した。

余談であるが、ノーベル賞受賞後の中国科学界の反応は必ずしも屠に対し好意的なものではなかった。それは、屠呦呦が「三無科学者」と呼ばれたことでもわかる。まず彼女は博

士号取得者ではなかった。また海外での教育・研究経験がない。そして中国科学院の院士ではない。これらは中国における正統派の学者・研究者とはかけ離れた経歴であり、そういった人々から嫉妬を含む反感が彼女に浴びせられたからと考えられる。しかし、時間がたつうちにこのような反感が徐々に収まってきており、2017年1月には、習近平国家主席が国家最高科学技術賞を授与した（下の写真参照）。



国家最高科学技術賞を受賞した屠呦呦（左）と趙忠賢（右、後述）  
中央は習近平総書記（2017年1月） ©新華網

中国科学院とこのアルテミシニンの関係であるが、1974年に上海有機化学研究所は、光化学反応を用いてアルテミシニンの合成に成功するとともに、アルテミシニン類似物質などの合成も実現した。1976年には、上海有機化学研究所、中医研究院及び生物物理研究所が協力し、X線結晶解析法によりアルテミシニンの化学構造、空間構造及び絶対配置を決定している。

これとは別に、1981年上海薬物研究所の李英（Li Ying）は、夫である上海有機化学研究所の呉毓林（Wu Yulin）らとともに、アルテミシニンの構造を変えることでアルテミシニン誘導体を合成した。誘導体の中に含まれる「アーテメター」の抗マラリア活性は、アルテミシニン特有の効率性や即効性、低毒性という特徴を受け継いだだけでなく、クロロキン抵抗性を持つ悪性マラリアや劇症型マラリアにも優れた治療効果を示し、再発率も低減することが判明した。アーテメターは国際的に認知された中国初の合成薬物で、世界保健機関（WHO）からも劇症マラリア治療において最も推奨される薬剤の一つに選ばれ、これまで世界数十か国に輸出されている。したがってマラリア特効薬の開発に関し、屠呦呦のノーベル賞受賞ほど注目されていないが、中国科学院も十分な貢献をしたといえる。

## ⑦レノボの創立と発展

レノボ（Lenovo：联想）は北京に本部があり、米国ノースカロライナ州モリスビル、北京、シンガポールにオペレーションセンターを、モリスビル、北京、深圳、上海、アモイ、



成都、横浜に研究・開発拠点を置くパソコンメーカーである。2014年には米国モトローラ社スマホ部門を中心に分社化したモトローラ・モビリティを買収し、スマホメーカーとしても中国本土で売り上げを伸ばしている。2016年現在、パソコンの出荷台数で世界最大となっている。

1984年、中国科学院計算機研究所の柳伝志（Liu Yunzhi）ら11名の研究員は、研究所から20万人民元の出資を得て、「中国科学院計算所新技術発展公司」を設立した。最初は外国ブランドのパソコン販売から出発し、1989年には香港で独自ブランド「Legend」のパソコンを発売した。1990年には、中国本上内でもLegendブランドのパソコン販売に踏み切った。1997年には中国国内のパソコン売上トップを記録し、2000年のビジネスウィーク誌では世界IT企業100社中、8位にランクされた。

2003年には海外市場進出を見込んで、英語の社名をLegendからLenovoに改めた。Lenovoは、LegendのLeとラテン語で新しいを意味するnovaを少し変えて、結び合わせた造語である。さらに、2005年には、IBMのコンピュータ事業部を買収し、本格的に国際市場に参入した。2015年現在の売上高で463億ドル、従業員数で3万3,000名の国際的な大企業となっている。



柳伝志 ©百度百科

創設者のリーダーである柳伝志は1944年に江蘇省で生まれ、1966年に人民解放軍軍事通信工程学院（現在の西安電子科技大学）を卒業し、翌1967年に国防科学委員会成都事務所に勤務したが、文化大革命の影響で下放され肉体労働に従事した。1970年には下放から戻り、北京にある中国科学院の計算技術研究所の補助研究員となった。1980年には、彼のチームが開発した高密度の磁場記録装置が航空機飛行試験用に実用化され満足感を覚えたが、他方文革終了後に海外の製品に触れるようになって自分たちが研究開発しているものと海外の製品との較差に愕然とした。そこで、自分たちが開発した技術を実際に製品化するにはどうしたらいいかを悩んだ末に、研究所から独立することを考えた。同僚や上司、研

研究所の幹部にも相談したところ、ともに独立しようとする研究者が柳を含めて 11 人となり、研究所も資金出資をして独立を支援してくれることとなった。上記のように企業家として大成功を収め、現在は名誉会長の職にある。

なお、レノボの経営は「レジェンドホールディングス」という持ち株会社が行っており、この持ち株会社の株式の筆頭株主が中国科学院となっている。したがって、レノボの売り上げの拡大は、中国科学院に大きな収益をもたらしている。

## ⑧中関村の発展

北京市街北西部の海淀区に「中関村」という地区がある。海淀区には、清朝末期の西太后お気に入り、日清戦争に備えるべき軍事費を削って造営したといわれる頤和園や、やはり清朝の離宮で 1856 年に勃発したアロー号事件の際にフランス・英国連合軍により徹底的に破壊された円明園などが存在しており、その昔は北京中心部の天安門や故宮から見て辺鄙な場所と考えられたところであった。ところが、義和団事変の際の賠償金の一部返還により清華大学（当時は清華学堂）が頤和園近くに設置され、また北京中心部にあった北京大学が新中国建国後に清華大学の近くに移転することによって、海淀区は北京における有名大学の一大拠点となった。さらに、新中国建国後に中国科学院が設立されると、その傘下の研究所がこの海淀区に多く設置された。中関村は、これら清華大学や北京大学、さらには中国科学院のいくつかの研究所に程近いところに位置し、古くは日本の秋葉原のような電気街としても有名であった。



陳春先 ©百度百科

この中関村を、単なる電気街から中国のシリコンバレーと呼ばれるハイテクパークに変身させたのは、中国科学院物理研究所の研究者である陳春先（Chen Chunxian）であり、「中関村の父」とも呼ばれている。陳春先は 1934 年四川省の生まれで、四川大学物理学科を卒業後、5 年半にわたってソ連に留学し、1958 年に物理研究所の研究員となり、プラズマ物理や半導体レーザー等の研究を行った。

陳春先は文化大革命終了後の 1978 年から 3 度にわたって米国を訪問し、米国のシリコンバレーに触発されて、1980 年 10 月に中関村に中国のシリコンバレーを建設すべきであるとして、自ら研究所内に「先進技術サービス部」を設立し、技術の実用化に乗り出した。この時期は文革後の改革開放政策の初期ではあったが、市場の需要に応じて応用技術を開発し独自に運営する組織は認められていなかったため、中国科学院で大きな論争を巻き起った。1983 年、中国共産党の幹部がこの中関村の実験を支持する声明を出したことによって、ようやく論争は収まった。1986 年、陳春先は中国科学院を離れて、この中関村の発展に全力を尽くす。1988 年には北京新科学技術産業開発試験区も設立され、さらに 2001 年に北京市によりサイエンスパーク条例が施行され、税制優遇や戸籍緩和策などで起業・投資の促進や優秀な人材の確保が図られた。

2004 年に陳春先は亡くなったが、彼の死後も中関村は発展を続けている。創業に関連する人々が集うカフェが並ぶ長さ 200 メートルほどの「創業通り」が政府の旗振りで生まれ、生まれたばかりの会社のオフィスや、起業したい人向けの手続きサービスを支援する機関や、ベンチャー投資を行う機関の出張所が軒を連ねている。

また、近隣には大学や中国科学院の傘下の研究所が以下のように集積している。

○**大学**：北京大学、清華大学、北京理工大学、北京師範大学など

○**中国科学院研究所**：電子学研究所、計算技術研究所、半導体研究所、ソフトウェア研究所など。

さらに、中国有数の大学や研究所との協力関係の構築や優秀な人材の獲得のため、欧米や日本の企業の出先がこの中関村の近隣に置かれている。具体的には、IBM、マイクロソフト、インテル、モトローラ、パナソニック、富士通、NTT データなどである。

## ⑨鉄系超伝導材料の開発

超伝導 (superconductivity、中国語では「超导」) は、特定の金属や化合物などを非常に低い温度へ冷却したときに、電気抵抗が急激にゼロになる現象であり、この現象が現れるときの温度 (遷移温度) を室温程度に上昇させることが、現代物理学の重要な研究目標の一つとなっている。

2008 年の東京工業大学の細野秀雄教授による鉄系超伝導体の発見は、画期的・独創的な研究成果だった。それまでの常識では、鉄のような金属には電気が流れるが金属酸化物には流れない、また鉄のように磁石になる性質を持つ金属は超伝導体にならない、と考えられてきた。細野教授は、半導体メモリにも磁気メモリにもなれる新しい半導体の作製を目指し、大きな磁気モーメントを持つ遷移金属の層状化合物で、鉄を主成分とするオキシニクタイト化合物  $\text{LaOFeAs}$  を選んだ。しかし、狙ったとおりの特性は得られなかったため、酸素イオンの一部をフッ素イオンで置き換えてみたところ、新しい物質  $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{Fx}$  は超伝導体の特性を示した。これが、2008 年に世界を驚かせた鉄系超伝導体の発見である。

細野教授が学会でこの成果を発表すると、世界中が騒然となった。中国でも大勢の研究者が鉄系超伝導体の研究に参入し、中国科学院でも物理研究所などが化合物の一部の原子を他の原子で置換するなどの研究を開始した。その後中国では多くの論文が投稿され、当該分野の論文数と被引用回数で中国は日本を上回り、超伝導を起こす遷移温度でも世界最高記録を更新するようになった。今や、中国科学院の物理研究所は、鉄系超伝導体研究分野のメッカの一つといわれている。鉄系超伝導体研究に集中的・重点的に取り組むことで、中国は材料分野で世界トップクラスの研究体制を確立することができた。選択と集中の戦略がうまく機能した例といえよう。



趙忠賢 ©百度百科

この物理研究所で、鉄系超伝導の研究を牽引してきたのが趙忠賢 (Zhao Zhongxian) である。趙忠賢は、1941年に遼寧省に生まれ、1964年に中国科学技術大学を卒業し、物理研究所の研究員となった。英国のケンブリッジ大学などに留学の後、同研究所に戻り1976年以降高温超伝導材料の開発に携わることになった。1991年には、中国科学院の院士になるとともに、物理研究所において高温超伝導開発の責任者となった。趙忠賢らのチームは、LaBaCuO系の材料での研究で世界的な成果を挙げていたが、2008年の細野博士の成果を受け鉄系の超伝導材料の開発に着手し、細野博士の達成した27Kを遥かに上回り、当時としては世界一となる52Kで超伝導を起こす遷移温度を有する材料を開発した。これらの功績により、2017年1月習近平国家主席より、前述の屠呦呦と同時に国家最高科学技術賞を受賞した（前記⑥の写真参照）。

#### ⑩量子異常ホール効果の発見

中国では、前述の屠呦呦以外に科学分野のノーベル賞の受賞者がいないが、ここ数年少し風向きが変わってきて、中国でもノーベル賞につながるのではないかと期待されている研究者が出てきている。中国科学院関係の研究者にこのようなエリート研究者が多いため、ここでその例を紹介する。



薛其坤 ©百度百科

一人は、量子異常ホール効果を発見した薛其坤 (Xue Qikun) 清華大学副学長である。薛其坤は1963年12月山東省生まれで、山東大学物理学を卒業後、中国科学院の物理研究所で修士・博士号を取得した。1992年6月から1994年6月まで日本の東北大学に留学し研究を行っている。2005年に中国科学院院士に選出され、2006年4月物理研究所から転じて清華大学物理学科の教授となり、副学科長、理学部学部長を歴任ののち、2013年5月から清華大学副学長を勤めている。

量子ホール効果は、半導体に強磁場を印加することによって試料の端にエネルギー損失することなく電流が流れるが、特殊な磁石を用いた異常量子ホール効果では、材料自身が持つ磁化によって、外部磁場を印加しなくても試料の端にエネルギー損失することなく電流が流れることが理論的に予言されていた。薛其坤は、米国スタンフォード大教授の張首晟 (Zhang Shousheng) 研究チームと協力して、初めて量子異常ホール効果を発見し、2013年3月15日にサイエンス誌に発表した。これは、超低消費電力エレクトロニクスを大きく前進させる成果であった。

### ⑪量子通信の実用化

もう一人は、中国科学院傘下の大学である中国科学技術大学の潘建偉 (Pan Zianwei) 副学長である。潘建偉は、1970年3月浙江省生まれで47歳と非常に若い。中国科学技術大学を卒業の後、オーストリアのインスブルック大学に留学し、アントン・ザイリンガー教授に師事している。その後、中国科学技術大学に戻り、ザイリンガー教授ら欧米の研究者と協力しつつ、地上での量子通信技術の実験を実施してきた。量子通信技術は、量子力学の原理を利用した量子暗号化による通信技術であり、理論的に根拠が明らかな堅牢な安全性を特

徴としている。2012年、Reviews of Modern Physics 誌に潘建偉がファーストオーサーとして発表した論文は、世界的な反響を得ている。



潘建偉 ©百度百科

中国では潘副学長の理論と地上実験の成果を実用に移すため、2016年8月、世界初となる量子通信実験衛星「墨子」を打ち上げている。この衛星などを用いた実験が首尾よく成功し、成果を挙げることができれば、ノーベル賞受賞も夢ではないと中国では期待されている。

## (2) 外形的なデータ

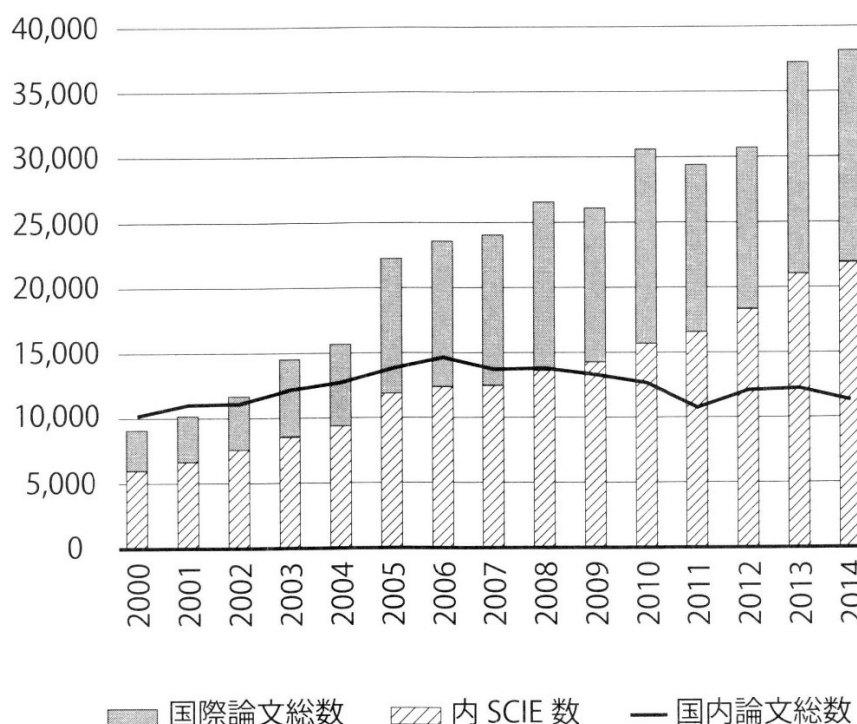
次に外形的なデータの面から、中国科学院の研究成果を見たい。中国科学院は、これらのデータで世界トップレベルにあることを示している。

### ①科学論文（中国科学院のデータ）

研究開発の成果としては、学術誌や科学雑誌に掲載される論文が最も重要である。中国ではかつて、中国語で書かれた論文を国内の学会誌などに発表することが多かったが、近年では国際的な評価を得るため、英語で書かれた論文を国際的な学術誌などに発表する例が多くなっている。

2014年の中国科学院発表のデータで見ると、国際的な学術誌への発表数は約3.81万編（うちクラリベート・アナリティックス社によるSCIE (Science Citation Index Expanded: 世界を代表する約6,650誌の学術雑誌を収録するデータベース) 論文数は約2.19万編）、国内的な学術誌への発表数は約1.13万編となっている。2000年以降の経年変化を示したのが図14である。国際論文数やSCIE論文数が着実に増加しているのに対し、国内論文数は減少気味である。

図14 中国科学院作成の科学論文数推移（縦軸の単位：編）



出典：「中国科学院統計年鑑 2016」を基に筆者作成

## ②科学論文（クラリベート・アナリティックス社のSCIE論文）

世界的に見て中国科学院の論文数がどの程度のレベルであるかを確認するため、クラリベート・アナリティックス社のEssential Science Indicatorsで見ると、2006年1月1日から2016年12月末までの11年間の総SCIE論文数は約29.2万編で、世界第3位となっている。

次ページの表7に、上位5位までと、近隣諸国のトップ機関及び中国国内で中国科学院に続く機関の論文数を示した。これで見ると、中国科学院は近隣諸国の機関や国内の大学を遥かに凌駕して、世界の最高峰に位置していることがわかる。なお、1位のカリフォルニア大学システムとは、バークレー校やサンディエゴ校など10校を傘下に持つ全米最大の州立大学システムであり、本部は同州のオークランドにある。

表 7 SCIE 論文数の国際的な順位

順位	SCIE論文数	研究機関名
1	373,878	カリフォルニア大学システム (米国)
2	305,934	フランス国立科学研究センター (CNRS)
3	291,961	中国科学院
4	195,620	ハーバード大学 (米国)
5	182,183	ロンドン大学 (英国)
27	84,128	東京大学 (日本)
44	67,325	浙江大学 (中国)
46	65,400	国立ソウル大学 (韓国)
53	63,342	上海交通大学 (中国)
62	59,055	清華大学 (中国)
64	58,410	北京大学 (中国)
77	54,471	シンガポール国立大学

出典：Essential Science Indicators を基に筆者作成

次に、論文の引用総数や一論文当たりの引用数、トップ1%の論文数で比較したのが、下の表 8 である。これで見ても中国科学院は一論文当たりの引用数が若干低いものの、それ以外の指数では他のトップレベル機関にそれほど遜色ない結果となっている。

表 8 SCIE の引用総数などの指標での順位

機関名	引用総数	一論文当たりの引用数	トップ1%の論文数
カリフォルニア大学システム	9,372,065 (1位)	25.07	12,307 (1位)
ハーバード大学	6,166,888 (2位)	31.52	8,944 (2位)
CNRS	5,106,404 (3位)	16.69	4,745 (5位)
中国科学院	3,867,281 (4位)	13.25	4,760 (4位)
ロンドン大学	3,843,333 (5位)	21.12	5,024 (3位)
東京大学	1,453,837 (45位)	17.28	1,327 (74位)
シンガポール国立大学	932,093 (93位)	17.11	1,259 (83位)
国立ソウル大学	831,868 (112位)	12.72	790 (158位)

出典：Essential Science Indicators を基に筆者作成



ただしこれら数字だけで、中国科学院が真の意味で世界一流の研究機関となったと断定することは、慎重でなければならない。筆者らが 2016 年 12 月に公表した『高い被引用回数の論文を著した研究者に関する調査報告書～中国の研究者を一例として～』(JST・CRDS の HP で公表済)によれば、「中国の科学論文の被引用回数は従来の科学論文の被引用回数とは違う意味合いを持っていると考えられ、被引用回数の多さを以て当該の科学論文の質を評価することには注意が必要であり、中国を含めた国別の科学技術力の評価において被引用回数の多さを過大視することは避けるべきである」としている。この報告書は中国全体を考慮して調査分析したものであるが、当然中国科学院にも当てはまる点があると考えられる。

### ③科学論文（ネイチャー・インデックス）

科学雑誌のネイチャーは、研究成果を示す新たな指標として、ネイチャー・インデックスを毎年まとめて公表している。研究のトレンドを調べたり、個々の研究機関の強みを分析したりできるように、世界トップクラスに位置付けられる自然科学系の学術誌 68 誌に掲載された論文を、国や研究機関別にカウントして公表しているのである。68 誌には、ネイチャー及びその関連の専門誌だけでなく、他の一流学術誌・科学雑誌であるセル、サイエンスなどが含まれている。

表 9 ネイチャー・インデックスでの国際比較

順位	WFC	論文数	機関名
1	1359.17	3456	中国科学院
2	773.36	2681	ハーバード大学（米国）
3	698.62	4947	フランス国立科学研究センター（CNRS）
4	656.40	3102	マックス・プランク協会（ドイツ）
5	536.36	1583	スタンフォード大学（米国）
6	486.97	1378	東京大学（日本）
46	173.03	466	シンガポール国立大学
68	131.84	407	国立ソウル大学（韓国）

出典：Nature Index 2016 を基に著者作成

2015 年 1 年間で 68 誌に掲載された論文を、著者の所属研究機関別にカウントし、上位 5 機関、中国の他機関及び近隣諸国のトップ機関を示したのが上記の表 9 である。数字が二つあるが、前者の WFC（Weighted Fractional Count）は分数カウントといって一つの論文を共著者が属する国の数で除して計算する方法でカウントし補正した論文数であり、

後者は掲載論文数そのものがある。ネイチャー・インデックスでは WFC を重視しており、この WFC で機関の順位を付けている。これで見ると世界トップ学術誌・科学雑誌の掲載論文での分析でも、中国科学院はハーバード大学などを押さえて世界一となっている。なお、前記にあるクラリベート・アナリティックス社の SCIE 論文の分析ではカリフォルニア大学システムがトップであったが、このネイチャー・インデックスでは 10 校全部でのカウントではなく、バークレー校やサンディエゴ校などで分割してカウントされているため、順位を下げている。

このネイチャー・インデックスでは、中国科学院全体だけでなく、個々の傘下の研究機関についても集計し、順位付けしている。そこで、これらを上位十機関だけ拾うと、上の表 10 となる。二つの大学が比較的上位にある。

表 10 ネイチャー・インデックスでの傘下の研究機関比較

順位	WFC	論文数	研究機関
30	231.07	669	中国科学技術大学
64	146.04	414	化学研究所
69	131.32	245	上海有機化学研究所
130	89.56	268	物理研究所
135	88.37	547	中国科学院大学
152	82.61	142	長春応用化学研究所
181	71.48	109	大連化学物理研究所
214	62.69	95	福建物質構造研究所
239	53.44	157	上海生命科学研究院
288	45.08	110	国家ナノテク科学センター

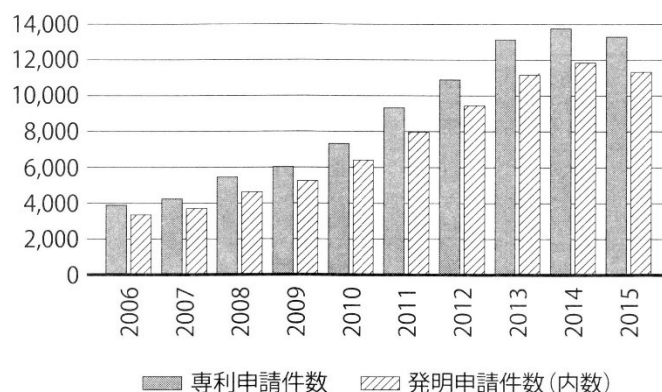
出典：Nature Index 2016 を基に筆者作成

#### ④専利（中国科学院全体）

中国では、日本の特許、実用新案、意匠に相当するものを「専利：Patent」と呼んでいる。日本の特許に相当するのが「発明：Invention」、実用新案に相当するのが「実用新型：Utility Model」、意匠に相当するのが「外観設計：Exterior Design」である。

研究費の増大や研究装置・設備の更新に伴い、中国科学院の専利の申請件数と登録件数が大幅に増加した。まず、2015 年までの 10 年間における中国科学院の専利申請件数と発明申請件数を、年度別に示したのが次ページの図 15 である。専利申請件数には、発明、実用新型、外観設計及び国外の特許申請件数が合計されている。このうちで、科学技術力を測る際に重要と考えられるのが発明（日本では特許）であるので、発明を別にカウントしている。

図 15 中国科学院の専利及び発明の申請件数の推移

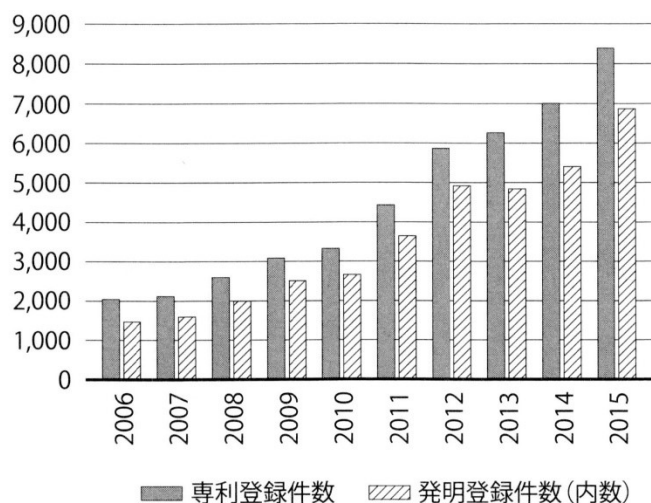


出典：「中国科学院統計年鑑 2016」を基に著者作成

専利の申請件数で見ると、2006年で4,092件であったものが、2015年で1万3,475件にまで増えており、10年間で3倍以上の伸びであった。これがどの程度の量であるかを見ると、例えば日本の全大学の2015年の特許出願件数は4,986件、1位の東京大学は344件である。これに対応する中国科学院の発明出願件数は1万1,551件であり、日本の全大学の2倍以上、東京大学の30倍以上である。

続いて、2015年までの10年間における中国科学院の専利登録件数と発明登録件数を、年度別に示したのが下の図16である。

図 16 中国科学院の専利及び発明の登録件数の推移



出典：「中国科学院統計年鑑 2016」を基に著者作成

専利の登録で見ると、2006年で2,111件であったものが、2015年で8,527件にまで増えており、10年間で4倍以上の伸びであった。日本の全大学の2015年の特許登録件数は

3,862 件、1 位の東京大学は 239 件であり、中国科学院の発明登録件数は 6,983 件であるので、出願件数と同様の傾向を示しており、日本の全大学の約 2 倍、東京大学の約 30 倍である。

#### ⑤ 専利（研究機関・大学別）

中国科学院傘下の研究所や大学の専利申請件数（2015 年）で、上位 10 位までの機関を次の表 11 に示す。

表 11 傘下の研究機関の専利申請件数での比較

順位	件数	研究機関名
1	994	大連化学物理研究所
2	651	深圳先進技術研究院
3	486	合肥物質科学研究院
4	428	長春光学精密機械・物理研究所
5	427	中国科学技術大学
6	416	寧波材料技術・工学研究所
7	310	マイクロエレクトロニクス研究所
8	310	プロセス工学研究所
9	279	半導体研究所
10	276	理化技術研究所

出典：「中国科学院統計年鑑 2016」を基に著者作成