

第四章 ライフサイエンス研究のインプットとアウトプット

ト

1 インプット

急激な経済成長を受けて、現在の中国のライフサイエンス関係の研究開発費や人員は巨大になっている。

(1) 研究開発費

ライフサイエンス研究を含む研究開発費全世界でのランキングを示したのが、図表 5 である。

図表 5 主要国の研究開発費 2016 年 (IMF レート換算、単位兆円)

順位	国名	研究開発費
1	米国	55.6
2	中国	25.7
3	日本	18.4
4	ドイツ	11.1
5	韓国	6.5

(出典) 文部科学省「科学技術要覧 2018」

この表では、IMF レートで換算しているが、OECD の購買力平価で換算すると、米国は 51.9 兆円に対し、中国は 46.1 兆円、日本が 18.4 兆円であり、中国は米国の 90% 近くにまで達し、日本の 2.5 倍である。

このうちライフサイエンス関係にどの程度研究開発費が投入されているかであるが、「中国科技統計年鑑 2018」のデータから筆者が類推した数字では、全体の 10% 程度の約 2.5 兆円である。一方、米国は全体の 25% 程度で約 13.9 兆円、日本は全体の 17% 程度で約 3.1 兆円と見込まれている。従って中国のライフサイエンス研究経費は、現在のところ日本と同程度であり米国とはかなりの差がある。中国では、多額の研究開発費を投入する医薬品産業がまだ存在していないためと考えられる。

(2) 研究者数

次に、ライフサイエンスを含む研究者数全世界でのランキングを示したのが、図表 6 である。中国はダントツの世界一である。

図表 6 主要国の研究者数 2016 年（単位万人）

順位	国名	研究者数
1	中国	169.2
2	米国（2015 年）	138.0
3	日本	66.6
4	ロシア	42.9
5	ドイツ	40.1

（出典）文部科学省「科学技術要覧 2018」

このうち、ライフサイエンス関係にどの程度研究者が携わっているかであるが、「中国科学統計年鑑 2018」の数字から類推すると全体の 17%程度であり、約 30 万人である。一方、日本は全体の 30%程度で約 20 万人と見込まれている。米国のライフサイエンス研究者の割合を示す資料がないので日本の同程度の 30%と仮定すると、約 40 万人である。従って中国のライフサイエンス研究者数は、現在のところ米国と日本の間にある。

2 アウトプット

（1）論文数の国別比較

ライフサイエンス研究の科学論文で中国の現状を見たい。文部科学省科学技術・学術政策研究所の「科学技術指標 2019」は、クラリベイト・アナリティクス社の ESI データを基に、米国、中国、日本を含む主要 7 か国の臨床医学と基礎生命科学に関する論文数（分数カウント）の世界シェアを図表 7 と 8 のとおり記載している。

図表 7 臨床医学の論文数比較（2015 年～2017 年）

順位	国名	世界シェア (%)
1	米国	25.9
2	中国	11.7
3	英国	5.4
4	日本	5.3
5	ドイツ	4.9
6	韓国	3.5
7	フランス	3.1

（出典）文部科学省科学技術・学術政策研究所「科学技術指標 2019」

図表 8 基礎生命科学の論文数比較（2015年～2017年、分数カウント）

順位	国名	世界シェア (%)
1	米国	21.4
2	中国	14.6
3	ドイツ	4.6
4	日本	4.4
5	英国	4.1
6	フランス	2.9
7	韓国	2.7

（出典）文部科学省科学技術・学術政策研究所「科学技術指標 2019」

臨床医学には ESI データの 22 分野の臨床医学と精神医学/心理学を含んでおり、基礎生命科学には農業科学、生物学・生化学、免疫学、微生物学、分子生物学・遺伝学、神経科学・行動学、薬理学・毒性学、植物・動物学を含む。なお分数カウントとは、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た論文数である。また、これらの順位は 7 か国だけで比較したものであり、他の有力国であるカナダ、オーストラリアなどが入る世界的な順位は少し変動すると考えられる。

これら見ると、臨床医学と基礎生命科学の両分野での論文数における中国の存在感は、米国には劣るものの他の主要国と比較して圧倒的である。

（2）トップ 10%論文数比較

中国は論文量では世界第 2 位の地位にあることが分かったが、質を考えた場合にはどうか。「科学技術指標 2019」は、トップ 10%論文数（分数カウント）を米国、中国、日本を含む主要 7 か国で比較したデータを図表 9 と 10 のとおり記載している。

図表 9 臨床医学のトップ 10%論文比率の比較（2015年～2017年、）

順位	国名	世界シェア (%)
1	米国	36.0
2	中国	9.1
3	英国	7.7
4	ドイツ	5.1
5	フランス	3.6
6	日本	3.3
7	韓国	1.6

（出典）文部科学省科学技術・学術政策研究所「科学技術指標 2019」

図表 10 基礎生命科学のトップ 10%論文比率の比較 (2015 年～2017 年)

順位	国名	世界シェア (%)
1	米国	30.7
2	中国	12.1
3	英国	6.5
4	ドイツ	5.9
5	フランス	3.5
6	日本	2.5
7	韓国	1.7

(出典) 文部科学省科学技術・学術政策研究所「科学技術指標 2019」

トップ 10%論文とは、各論文を被引用数の多さでランク付けした時に上位 10%に入る論文であり、より質の高い論文を指すと考えられている。

これで見ると中国は単純論文数ほどではないものの、やはり両分野で米国に次いで世界第 2 位の地位にあり、質的にもかなり優れた論文が生産されていることを示している。

(3) ネイチャー・インデックス

前記 (1) 及び (2) は、多数の学術誌に掲載された論文を考慮したものであるが、英国の科学雑誌ネイチャーは、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 82 誌に掲載された論文を国別や研究機関別にカウントし、ネイチャー・インデックスとして毎年公表している。82 誌には、ネイチャー及びその関連の専門誌だけではなく、他の一流学術誌・科学雑誌であるセル、サイエンスなども含まれている。このネイチャー・インデックスで、2018 年一年間におけるライスサイエンス関連の掲載論文 (分数カウント) を、著者の所属する国別にランキングしたのが図表 11 である。

ここでも中国は米国と差がかなりあるものの、英国とほぼ同等の世界第 3 位となっている。

図表 11 ネイチャー・インデックス 2019 (ライフサイエンス分野)

順位	国名	論文数 (分数カウント)
1	米国	9,030.22
2	英国	1,551.37
3	中国	1,447.47
4	ドイツ	1,328.86
5	日本	721.78

(出典) Nature Index HP

(4) 特許出願件数の国別比較

次にライフサイエンス関係の特許を比較すると、図表 12 は自国及び他国の特許当局に対する特許出願数を、出願者の国籍別に集計してランキングしたものである。データは 2017 年の世界知的所有権機関 (WIPO) の資料である。中国は米国と首位争いをやっている。

図表 12 ライフサイエンス関係特許の国別出願数 (2017)

順位	国名	出願数
1	米国	34,773
2	中国	32,879
3	日本	8,252
4	韓国	4,801
5	ドイツ	3,182

(出典) 科学出版社「2018 中国生命科学・生物技術発展報告」

(5) 特許登録件数の国別比較

図表 13 は自国及び他国の特許当局において登録された特許数を、被登録人の国籍別に集計してランキングしたものである。データはやはり 2017 年の WIPO の資料である。中国は登録数においても米国に次いで第 2 位にある。

図表 13 ライフサイエンス関係特許の国別登録数 (2017)

順位	国名	登録数
1	米国	16,878
2	中国	11,212
3	韓国	3,718
4	日本	3,684
5	ドイツ	1,486

(出典) 科学出版社「2018 中国生命科学・生物技術発展報告」

(6) パテントファミリー分析による国別比較

前記の (4) や (5) は、一つの特許内容に関しいくつもの国の特許当局に申請したものを別々に数えており、この重複を補正するための分析手法がパテントファミリーである。パテントファミリーは、優先権によって直接・間接的に結びつけられた 2 か国以上への特許出願を束にしたもので、複数の国に申請している同様の特許を一つとしてカウントする。ただパテントファミリーの手法では、単一国への申請特許はカウントされない。

通常特許を取得しそれを経済活動につなげようとする場合、まず自らの国での取得を目指す。そのうえで内容的により質の高い特許の場合には、自国に加えて市場の大きな米国、中国、日本などでの取得を目指すことになる。したがってパテントファミリーの数が多いことは、特許の質が高いことを示すとされる。

科学技術・学術政策研究所の「科学技術指標 2019」は、欧州特許庁がパテントファミリーで分析したバイオ医療機器とバイオテクノロジー・医薬品の特許（2012年～2014年）について、米国、中国を含む7か国の世界シェア比較を掲載している。バイオ医療機器は、WIPOの35技術分野のうち生体情報・計測と医療技術を合わせたものであり、その比較表は図表14のとおりである。

図表 14 バイオ・医療機器のパテントファミリー数シェアの比較

順位	国名	世界シェア (%)
1	米国	37.9
2	日本	17.8
3	ドイツ	12.2
4	英国	5.8
5	韓国	5.4
6	フランス	4.1
7	中国	3.7

(出典) 文部科学省科学技術・学術政策研究所「科学技術指標 2019」

またバイオテクノロジー・医薬品は、WIPOの35技術分野のうちバイオテクノロジー、医薬品、高分子化学・ポリマーを合わせたものであり、その比較表は図表15のとおりである。

図表 15 バイオテクノロジー・医薬品のパテントファミリー数シェアの比較

順位	国名	世界シェア (%)
1	米国	36.3
2	日本	18.3
3	ドイツ	10.8
4	中国	7.1
5	韓国	6.7
6	フランス	6.6
7	英国	5.6

(出典) 文部科学省科学技術・学術政策研究所「科学技術指標 2019」

これで見ると中国は非常に少なく、特許の質が米国や日本に比して低いとの見方ができる。ただし中国の場合自国の市場が大きいため、自国以外の特許取得にそれほど熱心ではないことも想定される。

(7) ノーベル賞

ライフサイエンス研究者にとっての最高の榮譽であるノーベル生理学・医学賞の、21世紀に入ってからの受賞者数を示したのが図表 16 である。

図表 16 ノーベル生理学・医学賞国別受賞者 (2001 年～2019 年)

順位	国名	受賞者数
1	米国	22
2	英国	8
3	日本	4
4	フランス	3
	オーストラリア	3
6	ノルウェー	2
7	中国	1
	カナダ	1
	ドイツ	1
	南アフリカ	1
	アイルランド	1

(出典) 各種資料に基づき筆者作成

米国と英国が圧倒的であり、日本がそれに続いている。中国では第一章に述べたように、2015 年に屠呦呦氏が日本の大村智博士やアイルランドのウィリアム・C・キャンベル博士と一緒に同賞を受賞しているのが唯一である。ノーベル賞は研究成果公表後数十年後に受賞となるのが普通であり、中国の爆発的な科学技術の進展が始まったのが今世紀に入ってからであることから、中国の研究者が同賞を多数受賞するのはもう少し時間がかかると考えられる。

(8) クラリベイト・アナリティクス引用榮譽賞

クラリベイト・アナリティクス引用榮譽賞は、2002 年からクラリベイト・アナリティクス社がノーベル賞受賞者の発表に先立つ毎年 9 月に、研究者の論文の被引用数や重要度の観点からノーベル賞受賞の有力候補者を選出している学術賞である。

現在までのところ、同賞を獲得した中国大陸の研究者はいない。この賞の受賞者が少ないのもノーベル賞と同じ理由であり、研究開発の実績と蓄積がまだ中国で足りないからであろう。比較のために日本人の同賞受賞者を見ると、西塚泰美（2002～2005年）、審良静男（2008年）、小川誠二（2009年）、山中伸弥（2010年）、竹市雅俊（2012年）、大隅良典（2013年）、水島昇（2013年）、森和俊（2015年）、坂口志文（2015年）、本庶佑（2016年）、金久實（2018年）の11名であり、このうち3名が実際にノーベル生理学・医学賞を受賞している。

範囲を広げて中国系の研究者では、張鋒（Feng Zhang）博士が、2016年にノーベル化学賞候補として同賞を受賞している。



張鋒 MIT 教授 ©百度

張博士は、1981年の河北省石家荘市生まれであるが、1993年に家族とともにアイオワ州デモインに移住し米国籍となっている。2004年にハーバード大学を卒業後、2009年にスタンフォード大学大学院で化学の博士号を取得した。その後、ハーバード大学医学大学院でポストドク研究を行った後、2011年にマサチューセッツ工科大学准教授兼ブロード研究所研究員となっている。張博士は元々光遺伝学が専門で、哺乳類におけるCRISPR/Cas9システムを開発し医学研究への応用を切り開いたことが功績として挙げられているため、生理学・医学賞を受賞する可能性もある。張博士は、ガードナー国際賞や慶応医学賞などを受賞している。

なお、誰が最初にCRISPR/Cas9を発明したのかについて特許の世界で激しい争いが生じており、その主役は張鋒博士率いるブロード研究所とジェニファー・ダウドナ博士率いるカリフォルニア大学バークレー校である。ダウドナ博士も、この引用栄誉賞とともにガードナー国際賞や日本国際賞などを受賞している。

(9) 著名な国際賞

筆者が科学技術振興機構 (JST) の研究開発戦略センター (CRDS) に在籍していた際に、世界的に著名で歴史のある国際賞 34 賞を選び、1996 年から 2015 年にわたる 20 年間の国別受賞者数を調査した。対象とした 34 賞には、ノーベル賞、ウルフ賞、ラスカー賞、ガードナー国際賞、フィールズ賞、プリツカー賞、日本国際賞などが含まれている。その結果を示したのが図表 17 である。

図表 17 国別の国際賞受賞者数 (1996 年～2015 年)

順位	国名	受賞者数
1	米国	786
2	英国	126
3	日本	86
4	フランス	56
5	ドイツ	52

(出典) 「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」

米国が圧倒的で、英国、日本と続いている。中国は 10 位以内には入っておらずこの表には出てこない。やはり研究開発の実績と蓄積がまだ中国で足りないからであろう。

香港と台湾を除く、中国大陸出身の科学者の受賞は延べ 4 名で、以下のとおりである。このうち、屠呦呦氏と袁隆平氏については第一章で述べた。

- 2004 年 袁隆平 湖南省農業科学院研究員 ウルフ賞 (農業)
- 2011 年 屠呦呦 中国中医科学院 ラスカー賞 (臨床医学)
- 2012 年 王澍 中国美术学院建築芸術学院 プリツカー賞 (建築学)
- 2015 年 屠呦呦 中国中医科学院 ノーベル生理学・医学賞

(10) 日本の専門家による中国の研究レベル評価

最後に、種々のアウトプットを踏まえた中国のライフサイエンス研究の国際的なレベルを紹介する。

JST の CRDS では、研究開発の大きな流れを研究開発立案の基礎資料とすることを目的として俯瞰報告書を取りまとめている。2019 年の場合には、①環境・エネルギー分野、②システム・情報科学技術分野、③ナノテクノロジー・材料分野、④ライフサイエンス・臨床医学分野の 4 分野に分け、俯瞰報告書を作成した。

俯瞰報告書では、それぞれの分野の日本人専門家との意見交換やワークショップでの情報に基づき、主要国 (原則として日本、米国、欧州、中国、韓国) を対象とした研究開発領域ごとの国際比較を掲載している。

この俯瞰報告書の国際比較のデータを基に、筆者がライフサイエンス・臨床医学分野の国別比較を行った結果が図表 18 である。

これで見ると、中国は米国や欧州とは距離があるものの日本とはほぼ同等となっている。

図表 18 ライフサイエンス・臨床医学分野の国際比較 (2019)

全般	米国>欧州>日本~中国>韓国
基礎	米国>欧州>日本>中国>韓国
応用・開発	米国>欧州>日本~中国>韓国

(出典)「研究開発の俯瞰報告書 統合版 (2019年)」に基づき筆者作成

俯瞰報告において、中国が他国に比べて顕著な活動・成果があると評価された(俯瞰報告書では◎) ライフサイエンス・臨床医学分野の研究開発領域は、以下のとおりである。

○基礎

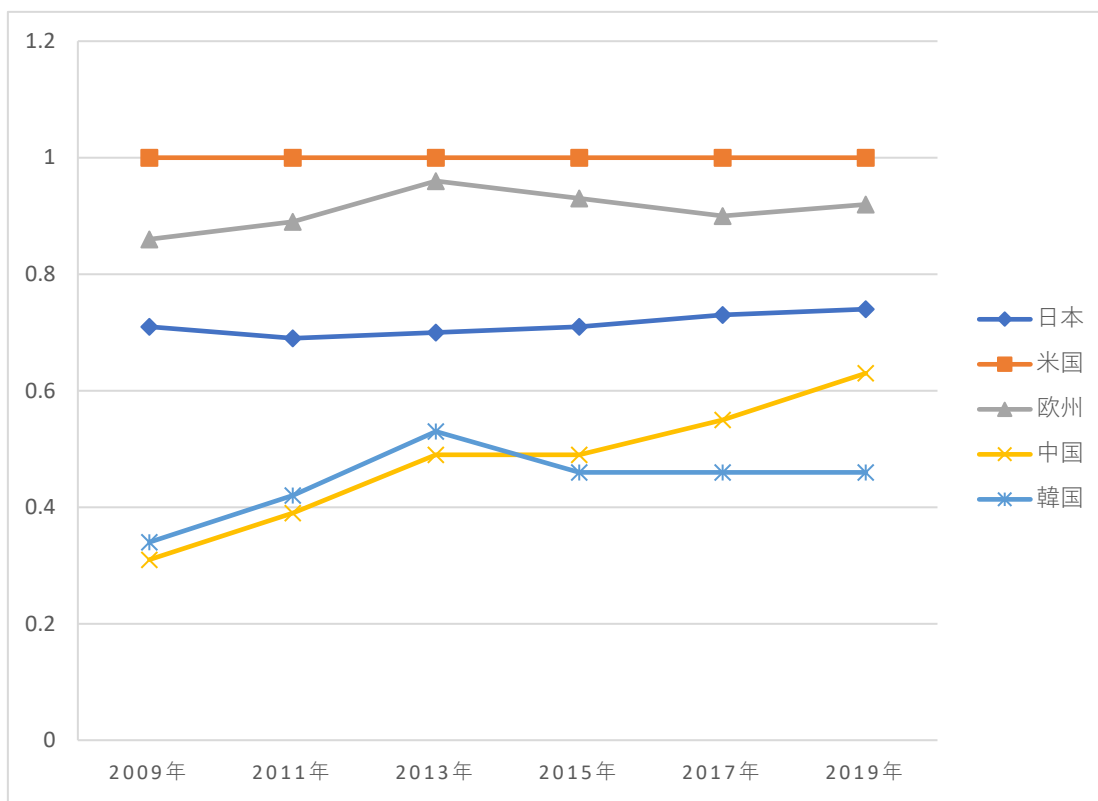
- ・畜産
- ・AI 創薬・創薬インフォマティクス・インシリコ創薬
- ・構造解析技術
- ・免疫科学
- ・微生物叢 (マイクロバイオーーム)
- ・電子顕微鏡
- ・計測データ解析 (AI)

○応用・開発

- ・畜産
- ・AI 創薬・創薬インフォマティクス・インシリコ創薬
- ・遺伝子治療・細胞治療
- ・ゲノム編集
- ・計測データ解析 (AI)

同じ資料を基に、経年的な変化を見たのが次ページの図表 19 である。中国が 2015 年頃から急激に上昇しているのが分かる。

図表 19 ライフサイエンス・臨床医学分野の国際比較の経年変化



(出典)「研究開発の俯瞰報告書 統合版(2019年)」などに基づき筆者作成