CRDS-FY2019-RR-03

調査報告書

研究力強化のための大学・国研における研究システムの国際ベンチマーク

～米国、英国、ドイツおよび日本の生命科学・生物医学分野を例に海外で活躍する日本人研究者に聞く～

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

はじめに（本調査の趣旨）

近年、日本の研究力の低下が懸念されている。実際、基礎生命科学や臨床医学分野でも、2000 年代初頭以降の論文数は、それぞれ、世界 2 位と 4 位だったものの、2010 年代前半には、両者ともに 5 位、と低下した（図 i）。前者は米英独はおよそ 30%増加しているのに対し、日本は 1%の増加に留まっている。後者は米英独が約 50%の増加に対し、日本は 20%の増加となっている。

論文の質を表す、被引用論文数のランキングでも、2000 年代初頭から 2010 年代前半の間に、それぞれ 5 位から 11 位、8 位から 11 位、と低下した（図 i）。基礎生命科学分野では、2000 年初頭には、日本の論文数は英国やドイツよりも多かったが、この 10 年でその地位は逆転した（図 i）。

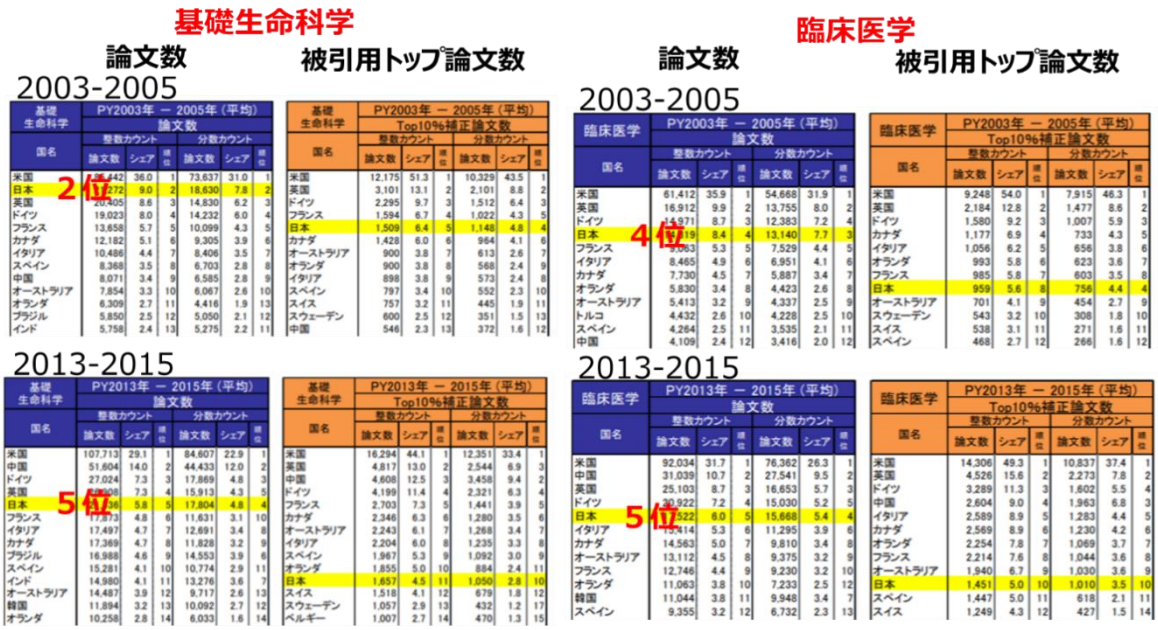


図 i　分野別論文数の動向

出典：科学技術・学術政策研究所「科学研究のベンチマーキング 2017」

今回インタビューを実施した世界の研究機関の研究者によると、研究者の評価は第一に論文だということで一致している。

日本の研究者の研究に割く時間が減少していることも、データからも、研究者へのインタビューからも明確と言える。

英国王立協会によると「科学技術への投資で最も重要なのは人材への投資である」という認識である。では日本の科学技術を支える人材はどの程度の規模存在するのだろうか。また、世界的にはどうであろうか。OECD の調査によると、2016 年に博士号を取得した科学者の数は米国が抜きん出ているが、ドイツ、英国、インド、日本と続く。これを日本は多いとみるべきであろうか、それともか少ないとみるべきであろうか。人口あたりに換算すると、自然科学分野の人口あたりの博士号取得者数は米国はもちろんのこと、英国、ドイツだけでなく、フランスや韓国の後塵を拝している（図 ii）。

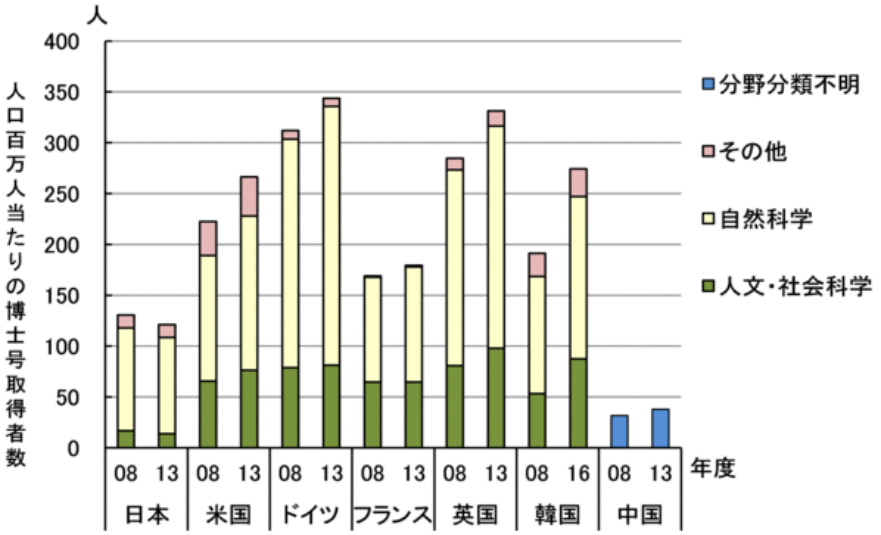


図 ii　博士号取得者数の国際比較（2016）

出典：文部科学省「科学技術指標 2017」、OECD 統計

さらに博士課程の分野別入学者数の推移（図 ii）、修士課程修了者の博士課程進学率（図 iii）を見ると、日本における博士課程への進学率は年々下がっている。なぜ日本だけこのような状況になっているのだろうか。他の国と何が違うのだろうか。

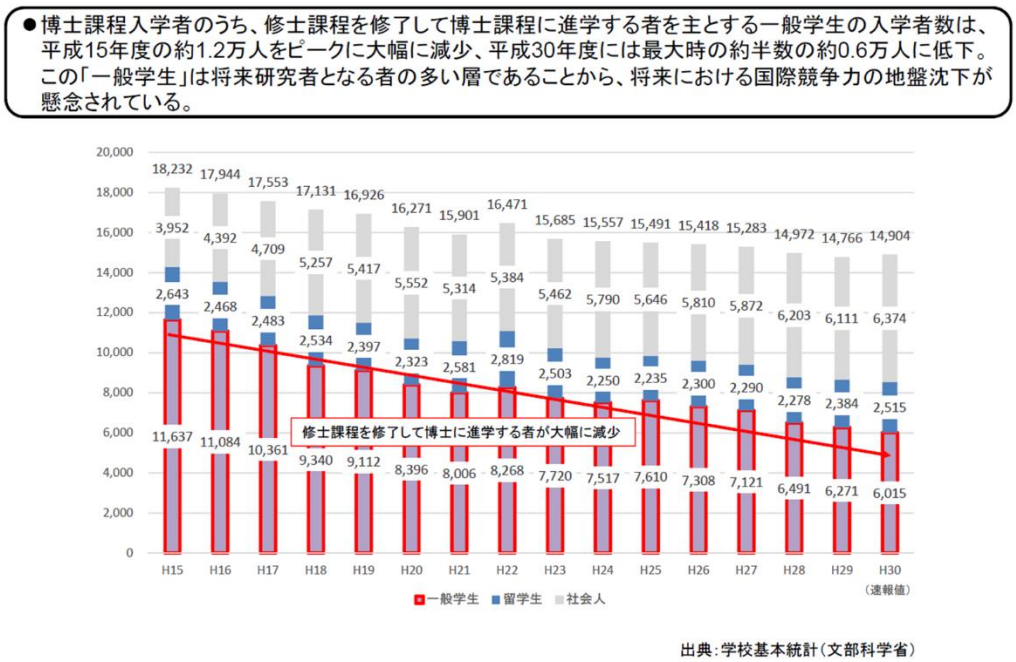


図 iii　修士課程修了者の進学率の推移

出典：文部科学省　中教審大学分科会大学院部会資料

「科学技術の状況に係る総合的意識調査（NISTEP 定点調査 2017）」によると、科学の現場の研究者から見た、大学・公的研究機関の研究環境の状況は、著しく不十分との認識である（図 iv）。「実績を積んだ若手研究者への任期なしポスト拡充に向けた組織の取組」が不十分との強い認識が継続している。

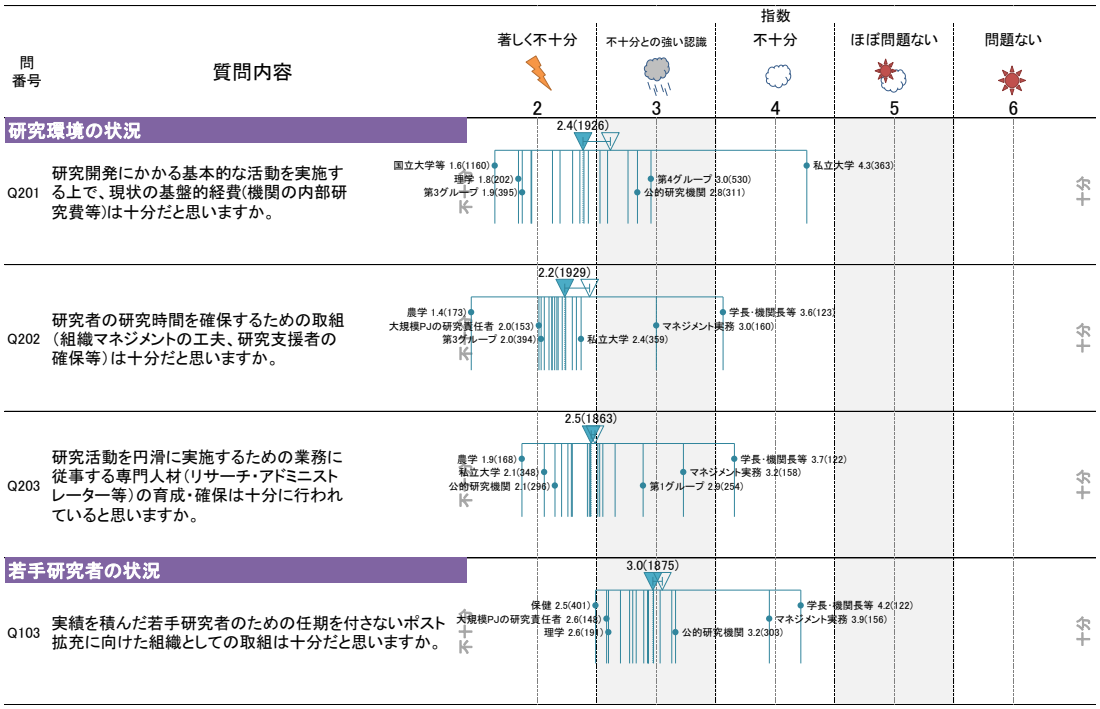


図 iv　研究環境や若手研究者の状況にかかわる質問

出典：科学技術・学術政策研究所 HP

こういった諸現象は国立大学の法人化（2004 年）後の基盤的な研究費の減少や研究者の研究時間の減少によるということも指摘されている。米国や英国の大学では基盤的な研究費はほとんどないと言われているが、欧米で論文生産性が落ちているという話はほとんど聞かない。欧米においても、研究者の雇用は必ずしも定年制ではなく、任期付きのポストを多く置いて流動性をもたせていることが多い。それでは、諸外国ではどのような研究システムの下、研究を進めているのだろうか、研究者の置かれている環境はどのようなものだろうかという疑問が生じる。

2000 年代以降を振り返ると、生命科学・臨床医学分野では、研究の潮流の決定的変化が起こったと言える。生命科学研究は、1991～2003 年のヒトゲノム解読に象徴されるように、2000 年代初頭頃までは、個々の遺伝子の機能や、タンパク質間相互作用などを丹念に掘り下げる、いわゆる分子生物学、ファンクショナルゲノミクスの時代が続いた。図 i に見られたように、日本の生命科学分野の研究力は、このファンクショナルゲノミクスの時代には世界的にも高い地位を誇っていたと言えよう。一方、2000 年代前半以降には、次世代シーケンシング技術（NGS）の進化とコストの低下をはじめとした、シーケンシングベースの各種オミクス技術、イメージング技術および計算機パワーのめざましい進展があった。2010 年頃以降はこれらの技術を駆使した、ハイスループットな機器による膨大なデータの算出が顕著になり始め、研究がビッグサイエンス化し、こうした研究を実施するための研究費も高コスト化する傾向が見えてきた。世界のトレンドとも言える神経コネクトーム、マイクロバイオーム、全身細胞アトラス、生体分子アトラス・トランスオミクス、4 次元ヌクレオーム（遺伝子発現機構）等といった先端の基礎研究はいずれもオミクス技術、イメージング技術、データ解析技術の 3 つの技術の統合的活用がキーテクノロジーになっている。つまり、日本の研究力低下が懸念されるようになった時期には、様々な分野が連携して新しい科学に取り組みはじめ、新しい技術を創出するコラボレーション化、さらにこうした高

額機器から産出された膨大なデータを扱うビッグサイエンス化、へと生命科学研究の大きな潮流の変化が起こっていたと言える。

このように技術進展のスピードが著しい時代において、世界では、科学研究を進める土壌（エコシステム）や研究環境についてどのように対応しているのであろうか。

国家の研究戦略を考える時、「研究力」に影響を与える要素としては、次の 3 つを考えることができる。すなわち、研究資金、人材開発、研究インフラ・プラットフォーム、の 3 要素とこれらの運用方式である。ここでは、このような研究力を支える要素を「研究システム」と呼ぶことにする。

本報告書では、上記のように大きく変化しつつある生命科学関連の研究トレンドの中で、高い研究力を発揮するための研究システムのあり方を探るべく、このような潮流の変化の中で高い研究力を発揮している諸外国について、その研究システム、すなわち、研究資金、人材開発、研究インフラ・プラットフォーム、の 3 要素とこれらの運用方式、さらに、異分野連携、橋渡し・産学連携といった視点を加えて日本と比較調査したものである。特に、豊富な研究資金を元に全包囲網的に取組みを行える環境を有する米国と、日本より経済、人口規模ともに小さいながら、博士人材や論文の出版数においては、日本より上位に位置する英国とドイツにおける研究エコシステムについて、重点的な調査を行った。

目　次

はじめに（本調査の趣旨）

総括と日本への示唆 ･･････ 1

調査方法 ･･････ 9

１．米、英、独、日の研究システムの比較 ･･････ 12
　１．１　研究資金と主要な研究機関 ･･････ 12
　１．２　研究人材（キャリアパス、国際性） ･･････ 41
　１．３　研究インフラ・プラットフォーム、研究支援人材 ･･････ 62
　１．４　異分野連携・融合、データ科学・インフォマティクス ･･････ 74
　１．５　技術移転・産学連携 ･･････ 83

２．海外で活躍する日本人研究者へのインタビューハイライト ･･････ 96
　２．１　米国 ･･････ 96
　　２．１．１　相川眞範（ブリガム＆ウィメンズ病院／ハーバード大学） ･･････ 96
　　２．１．２　渋江 司（ブロード研究所） ･･････ 100
　　２．１．３　船引宏則（ロックフェラー大学） ･･････ 104
　　２．１．４　羽田明子（カリフォルニア大学サンフランシスコ校） ･･････ 108
　　２．１．５　梶村真吾（カリフォルニア大学サンフランシスコ校） ･･････ 113
　　２．１．６　外山玲子（NIH 国立小児保健発達研究所） ･･････ 117
　　２．１．７　向山洋介（NIH 国立心臓・肺・血液研究所） ･･････ 121
　　２．１．８　髙濵洋介（NIH 国立がん研究所） ･･････ 125
　　２．１．９　若槻壮市（SLAC 国立加速器研究所／スタンフォード大学） ･･････ 128

　２．２　英国 ･･････ 132
　　２．２．１　長井潔（MRC 分子生物学研究所） ･･････ 132
　　２．２．２　登田隆（広島大学、元フランシス・クリック研究所） ･･････ 135
　　２．２．３　矢幡一英（長崎大学）、廣田孝幸（フランシス・クリック研究所） 137
　　２．２．４　大沼信一（ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン） ･･････ 138
　　２．２．５　山野博之（ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン） ･･････ 141
　　２．２．６　高野恵理子（マンチェスター大学） ･･････ 144
　　２．２．７　遊佐宏介（京都大学／前サンガー研究所） ･･････ 147

　２．３　ドイツ ･･････ 151
　　２．３．１　中山雅敬（マックス・プランク心臓肺研究所） ･･････ 151
　　２．３．２　津田賢一（マックス・プランク植物育種研究所） ･･････ 153

２．３．３　伊藤博（マックス・プランク脳研究所） ･････････････････････ 156
２．３．４　川内大輔（ドイツがん研究センター／ヘルムホルツ協会） ･････ 157
２．３．５　常世田好司
（ドイツリュウマチ研究センター／ライプニッツ学術連合） ･･ 158
２．３．６　川上直人（LMU ミュンヘン大学） ･････････････････････････ 159

２．４　欧州 ･･･ 162
２．４．１　柊卓志（欧州分子生物学研究所） ･････････････････････････ 162

【付録】各国のライフ関連分野の基本政策・システム ･････････････････････ 164
１　米国 ･･･ 164
２　英国 ･･･ 164
３　ドイツ ･･ 174

【付録】論文動向（ライフ・臨床医学分野）から見る主要な研究機関 ･････････ 179

【付録】検討の経緯と謝辞 ･･ 181

【付録】参考文献 ･･ 183

終わりに ･･ 186

略語一覧

略語	説明	国/組織/用語
AMED	国立研究開発法人　日本医療研究開発機構	日本
BBSRC	バイオテクノロジー・生物科学研究会議	英国
BEIS	ビジネス・エネルギー・産業戦略省	英国
BMBF	連邦教育研究省	ドイツ
CERN	欧州原子核研究機構	EU/国際機関
COE	文部科学省研究拠点形成等補助金事業	日本
CRUK	英国キャンサー・リサーチ	英国
CRISPR	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats	用語
DFG	ドイツ研究振興協会	ドイツ
DHSC	保健・社会福祉省	英国
DKFZ	ドイツがん研究センター	ドイツ
DRFZ	ドイツリウマチ研究センター	ドイツ
DZHW	ドイツ大学科学研究センター	ドイツ
EMBL	欧州分子生物学研究所	EU/国際機関
EMBL-EBI	欧州バイオインフォマティクス研究所	EU/国際機関
EMBO	欧州分子生物学機構	EU/国際機関
EPSRC	工学・物理科学研究会議	英国
ERC	欧州研究会議	EU/国際機関
EU	欧州連合	EU/国際機関
GSK	グラクソ・スミスクライン社	英国
HCA	Human Cell Atlas	国際プロジェクト
HEFCE	イングランド高等教育資金会議	英国
HEFCs	高等教育資金会議	英国
HFSP	ヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラム	EU/国際機関
HGF	ドイツ研究センターヘルムホルツ協会	ドイツ
HHMI	ハワード・ヒューズ医学研究所	米国
ICL	インペリアル・カレッジ・ロンドン	英国
IFReC	大阪大学　免疫学フロンティア研究センター	日本
IMPRS	マックス・プランク国際大学院	ドイツ
JST	国立研究開発法人科学技術振興機構	日本
KCL	キングス・カレッジ・ロンドン	英国
MD	医学博士	用語
MIB	マンチェスター大学バイオテクノロジー研究所	英国
MIT	マサチューセッツ工科大学	米国
MPG	マックス・プランク科学振興協会	ドイツ
MPI-Brain	マックス・プランク脳研究所	ドイツ

MPI-HLR	マックス・プランク心臓肺研究所	ドイツ
MPI-PZ	マックス・プランク植物育種研究所	ドイツ
MRC	医学研究会議	英国
MRC-LMB	MRC 分子生物学研究所	英国
MRC-LMS	MRC ロンドン医科学研究所	英国
NCI	国立がん研究所	米国
NGS	次世代シーケンサー	用語
NHLBI	国立心臓肺血液研究所	米国
NHS	国民保健サービス	英国
NIAID	国立アレルギー・感染症研究所	米国
NICHD	国立小児保健発達研究所	米国
NIH	国立衛生研究所	米国
NIHR	国立衛生研究機構	英国
NIHR BRC	NIHR　バイオメディカル研究センター	英国
NMR	核磁気共鳴	用語
NSF	国立科学財団	米国
OECD	経済協力開発機構	EU/国際機関
PhD	法学・医学・神学以外の博士号	用語
PI	Principle investigator＝ラボの主宰者	用語
REF	研究エクセレンス・フレームワーク	英国
RRI	責任ある研究イノベーション	用語
SGC	Structural Genomics Consortium	EU/国際機関
UC	カルフォルニア大学	米国
UCL	ユニバーシティー・カレッジ・ロンドン	英国
UKRI	英国研究・イノベーション機構	英国
WGL	ライプニッツ協会	ドイツ
WPI	世界トップレベル研究拠点プログラム	日本

総括と日本への示唆

大きく変化する科学研究のトレンドの中で、高い研究力を発揮するための研究システムの在り方を探るべく、日本と米国、英国、ドイツの研究システムについて、以下の 5 点から比較調査を実施した。

1. 研究資金と主要研究機関
2. 研究人材（若手の研究ポスト、キャリアパス、国際性）
3. 研究インフラ・プラットフォーム、研究支援人材
4. 異分野連携、データ科学・インフォマティクス
5. 橋渡し、技術移転、産学連携

その結果、日本と米英独の研究環境・システムの大きな違いが改めて認識されたが、それを踏まえた上で、日本が研究力を向上させるためにグローバルスタンダードにするべき項目として以下の 3 点を挙げる。米英独の大学、公的研究機関に籍を置く日本人研究者からのインタビューにおける主張もおよそこの 3 点に集約されるのではないかと思う。

1. 若手研究人材が活躍できる研究環境・システムの構築
2. 海外の研究者を受け入れられる研究環境・システムの構築
   ①海外若手人材を惹きつける研究環境の構築
   ②評価システムの国際化
3. コアファシリティ（機器・技術プラットフォーム）の整備と高度支援人材の確立

これを具体的に、ヒト、モノ、カネに分類すると下記の表の通りとなる。これらはすべて研究者が研究に取り組む時間を増やす、あるいは研究者そのものを増やすという点で連関している。

システム要素	日本への示唆
人材（ヒト）	・ 大学における研究、教育、アドミの機能分担（評価システム）【国・大学等】 ・ 競争的資金による博士課程学生への給与の支給【国】 ・ 海外からの博士課程人材、ポスドクの誘致（住環境やビザ取得などのサポート体制）【国・大学等】 ・ 海外に出て行く研究者、海外から戻ってくる研究者の支援の強化【国・大学等】
機器・ファシリティ（モノ）	・ 大学、研究科・研究所としての管理、共有の促進【国・大学等】 ・ テクニシャン、ファシリティ人材の充実（キャリアパスの確立）【国・大学等】
資金（カネ）	・ 研究科／研究所単位での定量的な評価【国】 ・ 研究助成資金の使途をハードからソフト（人材）へ【国】 ・ 研究機器購入・運用のための専用資金の創出【国】 ・ 研究助成費の単価（ライフ・バイオ分野）の見直し【国】

これらの実施には適正な評価と競争原理の導入、研究人材の流動性の向上が求められる。さらには博士号取得に対する社会的・経済的ステータスや若手や海外から見て魅力的な研究環境が必要である。我々としては、これらの欠如が日本の研究力が相対的に落ちている原因であるという仮説をもっている。

従って、この報告書全体の示唆としては、日本の研究力向上のために、大学や国研の適切な評価のための、研究科あるいは研究センター単位での活動（ヒト、モノ、カネ、アウトプット）の

定量的な可視化を提言したい。本来は研究機関で自主的に行われることが望ましいが、それが難しいのであれば日本版 REF（Research Excellence Framework）の導入を検討することも必要ではないかということになる。中長期的には、それが日本の研究環境（土壌）を明るくすることにつながると考える。

また、調査を通じて、上記の 5 つ（特に 3～5）の項目に共通して、「オープンサイエンス」というキーワードが浮かび上がってきた。ここでいう「オープン」は、①研究者間のコラボレーションを促すオープンな環境、②海外の研究人材をひきつけるオープンな環境、③産業界とのコラボレーションを生み出すオープンな環境、の 3 つの意味である。日本はグローバルに進むオープンサイエンス化にほとんど対応できていないと言える。研究マインド、文化の違いと言ってしまえばそれまでだが、劇的に変化するライフサイエンス研究のパラダイムにおいて、従来の日本の研究システム・スタイルは適していないとすら思う。ご批判もあると思うが、読んでいただいた皆様からご意見をいただけるとありがたく思う。

欧米に共通しており、日本と大きく異なる点が 3 つある。若手人材開発、グローバルな教育研究環境、研究インフラ・プラットフォームに対する考え方である。これらはいずれも中長期的展望と持続可能性の視点で考えなければならない施策であり、日本の研究システムではこうした視点が欠けていると言って過言でない。以下にそれぞれについて述べる。

＜若手人材の開発＞

欧米では、世界トップレベルの研究開発を続けるためには、若手研究者の新しい発想・柔軟な発想に基づいた新発見・新技術を発展させることが必須であると考えられており、卓越した研究力とリーダーシップを備える優秀な若手研究者の国際的な獲得競争が激化している。研究先進各国では、若手研究者を早期に独立させる各種フェローシップ制度が充実しているため、豊富な研究資金と充実した研究設備を駆使して精力的に研究を展開するべく、世界中から卓越した研究力を持つ若手研究者が集う環境となっている。例えば、英国の国立研究所（国研）や欧州分子生物学研究所（EMBL）は世界中から優秀な博士課程の学生、ポスドクを集めて抜群に整備された研究環境で世界トップレベルの研究を支援し、国外に流出させることで国際的なネットワーキングを構築しようとしている。

ドイツのマックス・プランク研究所、英国フランシス・クリック研究所、EMBL といった先端研究を推進する研究所では、いずれも研究者は任期制で、基本的には 5 年、最大 10 年程度の在籍で次の職場に移らなければならない。またドイツの大学では、同一学内での昇任は原則禁止されている。これは積極的に人材を循環させ、ネットワークを構築するとともに組織をフレッシュに保つという戦略に基づいている。

また、欧米各国では、博士課程の学生には「研究奨励金」という形で給与が支払われ、博士課程に在籍して研究活動に従事することは、身分は学生であるものの、れっきとした「職業」となっている。結果として、博士課程の学生として採用された学生には、「研究奨励金」というきちんとした経済的基盤があるため、ビザや住居の確保等、様々な面で博士課程学生の地位を社会的に保証する基礎となっている。また、博士号取得が社会的なステータスとなっており、博士号を取得した人材の半数以上は産業界に転出するといった、多様なキャリアパスを描けることも博士課

程への進学の理由となっている。

以上まとめると、欧米各国では、国籍を問わず、優秀な若手研究者を世界中から集め、手厚い研究サポートを施して卓越した研究成果を上げてもらう一方、多くの研究ポストを任期付きにすることで、積極的に人材を循環させ、研究ネットワークを構築するとともに組織をフレッシュに保つという戦略がある。博士課程の学生へのサポートも手厚いため、優秀な博士課程の学生を集めることが、優秀な若手研究者を供給する基盤となっている。

一方、日本は博士課程に在籍する学生への研究奨励金（給与）が極めて限定的であることに加え、博士課程修了後の就職の展望は極めて暗い。博士号を取得したものを受け入れる民間企業の数は極めて少なく、任期付きのポストドクターと呼ばれる研究員になるしかないが、そのポストドクのポスト数も十分ではないため、博士課程へ進学する学生は年々減少しており、十数年後には若手の日本人研究者がほとんどいなくなってもおかしくない状況である。

＜グローバルな教育研究環境の構築＞

日本では少子化による人口減少が今後一層進み、マクロ経済の視点からは、国内企業は海外販路を開拓することが生き残りのためには必須である。従って、国全体が国際化に対応することは日本国の経済の維持には重要である。科学研究においても、日本は博士課程への進学率が年々減少しているのに対し、科学技術大国とされる欧米諸国では、博士課程の学生の募集の際も、研究ポストの募集の際も、国籍を問わないことが常識となっているため、世界中から優秀な人材が集まる。ある科学的トピックに関して、世界中からそのトピックについて、最も優れた人材を招集して研究を行うのが世界の潮流である。その結果として、英国の国研やドイツのマックス・プランク研究所といった世界トップクラスの研究所では、研究人材の半数は国外からの人材で、言ってみればサッカーの「プレミアリーグ」のような状況だと言える。一方、日本の大学・研究所で研究に従事するのは、大多数が日本人である。学部生は言うに及ばず、修士・博士課程の学生のほとんども日本人で、教員も以前に比べると国際化が進んでいる大学・研究所もあるが、日本人が圧倒的に多数である。これは、例えるならばサッカーの J リーグのような状況で、J リーグとプレミアリーグが戦っても、厳しい状況であることは直感的に理解されるであろう。

博士課程の学生の募集は多くの場合、国を問わず、英語で募集が行われ、応募書類も英語であるため、世界中から該当研究テーマに意欲のある優秀な学生から応募がある。そのため、募集をかけた大学教員側も、その研究テーマの推進に、最適な人材を選択するという点でプラスに働く。さらに、博士課程の学生として採用された外国人学生には、「研究奨励金」というきちんとした経済的基盤があり、また外国人学生ビザについても、大学の外国人学生ビザ専門チームによってそのほとんどの手続きがなされるため、ビザや住居の確保等、様々な面で外国人学生の地位は社会的に保証されている。また、英国やドイツの多くの大学・研究所に共通して、採用の際には自国以外での研究経験が評価されるため、博士課程の学生やポスドクをはじめ、若手研究者は外国で研究経験を積むことに積極的である。

英語圏の国では、大学、大学院の授業も当然ながら英語で行われるので、英語圏の国の大学には外国人学生が多く集まる。英語を母国語としない EU 各国はこの状況に危機感を持ち、大学院教育は自国語でなく、英語で行うようにしたり、英語による授業を選択できるようにルールを改正した国もある（スイス、ドイツ等）。しかし、少なくとも大学（学部）の授業を各国語で行わなければならないため、英語を母国語としない各国では、優秀な外国人研究者を大学の教員に採用

するのが難しくなっている。こうした国でも、国研では、この授業のための言語の制約がないため、多くの優秀な外国人研究者が活躍している。

近年、日本でも、以前に比べればアジアからを中心に大学院留学生の数は増えてきたが、ビザの取得や住居の確保、その他の書類手続き等に大学側が慣れていないことも多く、その負担がすべて大学教員に降りかかってくることも多い。大学院、研究所の国際化を推進するには、まずその事務的な基盤を整備すべく、事務職員の国際化に対応した人材の育成、確保が急務である。

研究先進国である欧米諸国では、研究助成金の公募の際、基本的に国籍は問わないが、研究の実施場所を自国の大学や研究機関に限定している。これは、研究から特許などの権利や、論文などの研究業績が生じた場合、権利や業績の一部は所属する研究機関の保有にもなるため、自国の研究資金から得られた権利や業績は、その一部であっても自国の研究機関が保持するという点でも理にかなっている。応募する研究者は多国籍であるため、募集要項、応募書類のうち、科学的な内容は基本的に全て英語で記載される。英語を母国語としない EU 各国でも、研究費獲得のための応募書類は、基本的に英語で作成する。国によっては、国外の研究者によるピアレビューを経ることになっている場合もある。これは、その研究計画の国際的な価値が分かるだけでなく、コネや人脈に左右されない公平な審査の推進に寄与すると考えられる。日本でも、研究助成の公募を英語で行えば、海外の優秀な研究者が応募してくることが予想される。実際に日本医療研究開発機構（AMED）では海外のレビューアによる査読を導入し始めた。

＜オープンな研究インフラ・プラットフォームの確立＞

欧州では、放射光施設やスパコン等の大規模施設、クライオ電顕や次世代シーケンサー（NGS）、質量分析計といった億（円）を超える中規模機器だけでなく、セルソーターや共焦点レーザー顕微鏡といった中小規模機器までを対象にした機器共用システムを中心とした多階層な研究環境整備（インフラ・プラットフォーム）戦略が練られている（図 1）。この戦略では、コアファシリティと呼ばれる、研究用機器の管理・開発やその共用システムの運営、多国籍な研究者を支え、適切な研究費の運用管理を行う事務職員、効果的な橋渡し研究を支援する人材といった、研究推進支援のためのプラットフォーム構築・運営がその核となっている。実際、欧米の先端研究を行う研究所では、研究所、あるいは研究科単位でのコアファシリティを中核とした先端技術（研究支援）プラットフォームが充実しており、先端研究の展開には欠かせないものとして運営されている。この先端技術（研究支援）プラットフォームには、以下のような利点があると考えられる。

- 徹底した分業により、研究者が研究に専念できる環境
- 機器共用による全体コスト効率化
- 若手研究者のスタートアップ環境整備
- 異分野融合による新しいサイエンスの創出
- データマネジメントや計測解析手法の標準化
- 基礎研究からイノベーションまでのコスト・時間短縮

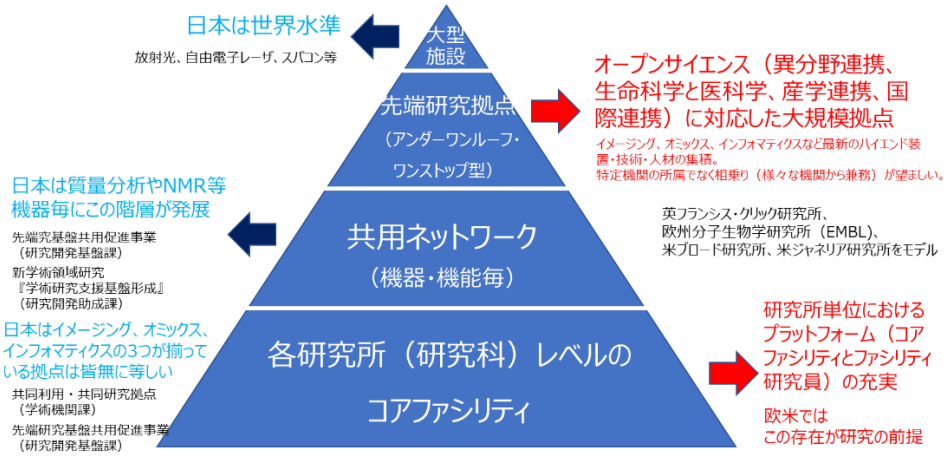


図１　国レベルでの研究プラットフォーム（インフラエコシステム）構築
出典：CRDS 作成

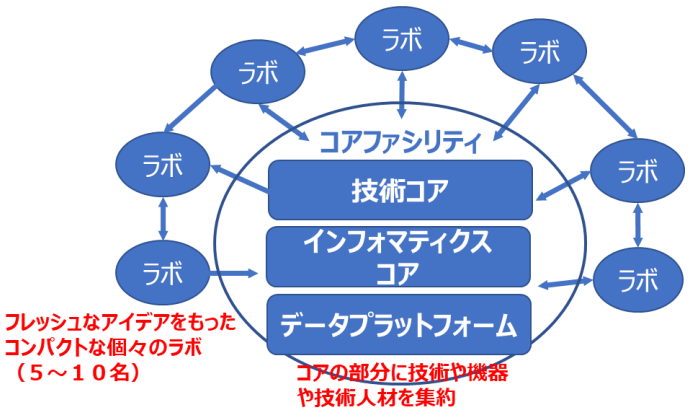


図２　各研究所（研究科）におけるオープン・コラボレーティブな研究の推進体制
出典：CRDS 作成

世界の研究競争においては、高度・高価な実験機器と、膨大な実験試行回数、それに伴って生じる膨大な研究データを処理するコンピューティング能力の保有が研究を進展させ、決定的な差をもたらすことが明白になりつつある。最近の神経コネクトーム、マイクロバイオーム、全身細胞アトラス、生体分子アトラス・トランスオミクス、エピゲノム・ヌクレオーム（遺伝子発現機構）等といった世界のトレンドともいえる研究は、いずれもシーケンシングベースのオミクス技術、イメージング技術、データ解析技術の 3 つの技術の統合的活用がその成功のカギとなっている。すなわち、膨大なデータを蓄積・共有すること、そこから知の構造化と新しい知識の抽出が必須となる。こういった新しい潮流の研究を、従来どおりの、専門に特化した大学あるいは国研の研究室で進めるのは非効率であり、新潮流に対応していくためには、研究室・研究システムの在り方そのものを構造的に変えていくことが必要であると言える（図 2）。

以下に、研究先進国である欧米各国での研究支援プラットフォームについて、(i) 機材の共有とコアファシリティ、(ii) 異分野連携の推進、(iii) 研究支援人材の重要性についてまとめる。

(i) 機材の共有とコアファシリティ

コアファシリティとは、次世代シーケンサー、質量分析計、クライオ電顕、セルソーターなどの高額～超高額機器を集積して共同利用する施設である。研究所や研究科単位で設けられているものが多いが、全国規模で共同利用するもの、或いは欧州全域以上に広がる加盟国全体で共用するもの（EMBL など）もある。コアファシリティは博士号を持つ専門スタッフにより運営され、所属する研究所の研究者に対し、サンプル調製、機器利用のガイダンス、解析サービスなどを提供するほか、最先端機器・先端技術の開発に従事する。機器利用は多くの場合、比較的リーズナブルな課金制となっていることが多い。本調査を行う中で、現在のライフサイエンス・医学分野の研究を牽引するクライオ電顕と次世代シーケンサーのフラッグシップ機の世界の導入動向を調査したところ、前者 Titan Krios（サーモフィッシャー社）では世界に 134 台のうち日本は 5 台、後者 NovaSeq（イルミナ社）は世界 285 台のうち数台とのデータが得られた。日本は米国、中国のみならず、ドイツ、英国にも大きく遅れを取ることがわかった。

技術の急速な進展により、ライフサイエンス関連機器では 2～3 年に一度、技術の世代交代が起こり、機器の更新は最先端研究の生命線となっている。研究先進国のコアファシリティの高額研究機器の更新頻度と比較すると、日本の研究機器の更新効率は著しく低い。この効率の低さが、先に見たような、クライオ電顕や次世代シーケンサーのフラッグシップモデルの導入の遅れにつながっているものと考えられる。コアファシリティでは、高額機器を PI（Principal Investigator: 研究主宰者）が共同利用するため、共用機器を購入するための専用の研究費を利用することで機器の更新が進み、また、一研究プロジェクトにあてられる研究費は増えることになる。一方、日本では、研究室ごとに、PI 単位で申請された研究費によって、高額機器を導入するスタイルが長く常態化しているため、高額機器を購入する機会と、それを利用する研究者の数も極めて限定される上、一研究プロジェクトにあてられる研究費が減少することになる。今日の日本的研究室における日々の活動・行動様式は、過去 20 年間多くの機関であまり変わっていないが、時代の変化に応じて研究スタイルや制度システムを変化させていかないと世界と伍していけないのは自明である。

(ii) 研究支援人材の重要性

研究先進国の大学や研究所では、全ての研究室に少なくとも 1 名のテクニシャンが配置され、加えてコアファシリティにも専属スタッフが存在する。全体として、研究者 10 人に対して、少なくとも 4 人以上の比率の人員がファシリティ・スタッフに割かれ、研究ラボとコアファシリティのコミュニケーションで研究が進んでいることが改めて認識された。

コアファシリティの役割は、次世代シーケンサー解析やセルソーティング、イメージング等の技術サポートなど、研究者を技術的にサポートする業務ももちろんあるが、それ以上に重要なのは、最先端の技術を研究開発することである。この点において、欧米各国のコアファシリティは、昔の日本の大学にあった「技官」的な位置づけや、現在のいわゆるテクニシャン（研究支援員）とは明確に異なる。各ファシリティの責任者は一線の研究者が務め、ファシリティのスタッフの多くは研究経験のある博士号取得者である。もちろん、次世代シーケンサーでの塩基配列解析に伴うルーティンワークなどは、いわゆる「技官」に相当するテクニカルスタッフが担当することも多いが、ファシリティに所属する研究者は、新技術開発や、新技術の新たな利用・応用方法を模索している。同時に、新技術についての情報収集に努め、発売前の機材をデモとして借り受け、利用する研究者とともに新機材の開発の一翼を担っている。

(iii) 異分野連携

2013 年に登場したゲノム編集技術 CRISPR/Cas9 の発明の場となったことで有名な米国のブロード研究所（2004 年開設）は、「特定の分野で働く個々の研究室の伝統的な学術・行動様式は、生物医学の新たな課題に対応するようには設計されておらず、ヒトゲノムと生物システムの包括的な見方を得るために、高度に統合された方法で作業しなければならない」という認識に基づき、マサチューセッツ工科大学（MIT）とハーバード大学が共同で設立したものである。ブロード研究所は、以下のようなコンセプトを実現するため、アンダーワンルーフ型の研究所として設計されている。

- 生物学、化学、数学、計算、工学、医学が臨床研究と組合せた素早いチームで働くこと
- 適正な規模の、世界クラスの研究インフラにアクセスできること
- 創造性、リスク、データといった研究のオープンな共有の雰囲気を醸成できること。

アンダーワンルーフ型の研究所の最大の特徴は、生命科学者、医学者、工学者、情報科学者が文字通り、同じ建物内の、仕切りのない空間で、一緒に研究できることと、前述のコアファシリティを備えていることである。こうした研究施設では、研究者がそれまでに馴染みのない技術を自分の研究に取り入れたり、異分野との連携の模索や、共同研究の開始も容易に行うことができ、新たな研究領域の開拓には、強い推進力となっている。

2004 年の開設に続き、アンダーワンルーフ型の研究所としては、2006 年開設の、ハワード・ヒューズ医学財団が設立したジャネリア研究キャンパスや、2016 年開設の英国最大の生物医学研究機関であるフランシス・クリック研究所等を挙げることができる（図 3）。世界の各地でこのように共有化・共通化されたオープンサイエンスのハブは、融合領域研究を拓く共鳴の場・土壌として大きな存在感を発揮するようになり、いわば研究の推進力・競争力の源泉となっている。

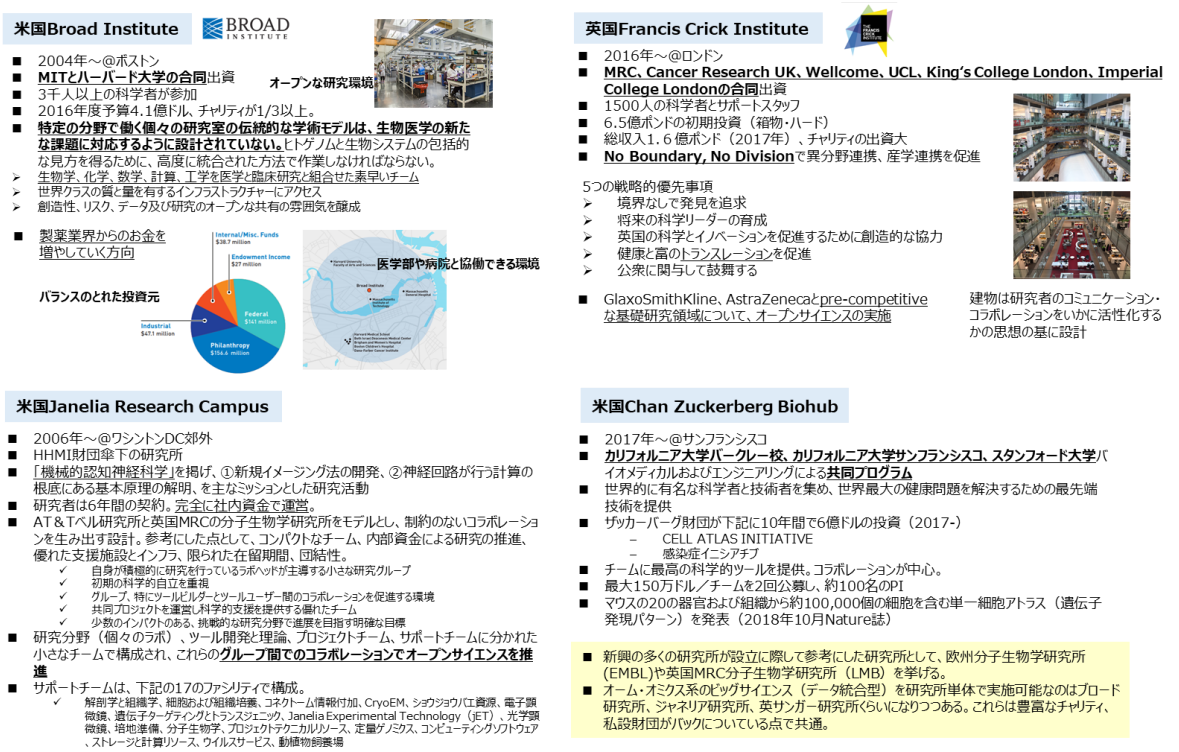


図 3　世界の先端研究所

出典：CRDS 作成

もう一つは MD と PhD の連携である。上記に挙げたブロード研究所のみならず、米国の大学の医学研究院もドイツの国立がん研究センターでもディレクターこそ MD-PhD ホルダーであることが多いが、研究のメインプレーヤーは PhD の研究者である。両者のコミュニケーションにより、研究所内で橋渡しや先端技術の利用が可能になっている。

日本の科学研究費はこれ以上の増額を望むことが難しく、大学は運営費交付金削減のあおりも受け、研究人材以外の人材に人件費を割けない状況にある。しかし、欧米の先端研究を担う研究所の効率的な運営方法を紐解けば、研究支援人材の重要性は極めて高いと言える。本当に長い目で見れば、研究人材を減らしてでも、研究支援人材や橋渡し人材を雇用することが、研究成果の最大化につながるであろう。

大学や国研は時代の変化を見越した中長期的な持続可能性を考慮した形で自主改革を進めることが切望され、同時に国（政府）はこれを促す制度を導入すべきである。

調査方法

以下では、本件調査の方法について詳細を示す。

1．対象

① 国内事例／問題点の抽出
② 海外事例／研究者の抽出

2．手法

① 文献調査（ウェブ、資料）
② 現地聞き取り調査

3．現地調査サイト・有識者（五十音順、敬称略）

日本と米国、英国、及びドイツの研究システム・環境の比較が主な調査対象であることから、両者を知り比較できる方ということで米国、英国、ドイツで研究する日本人研究者に対し重点的にインタビュー形式で調査を行った。人選においては若手とシニア、大学と国研、トップ大学と地方大学、MD と PhD のバランスを考え人選を行った。また、特徴的なコアファシリティを持つ研究所や産学連携推進プログラムなどについては、その運営方法や特徴について、運営本部から聞き取り調査を行った。

3．1　米国

3．1．1　大学における研究

- 相川眞範（ブリガム＆ウィメンズ病院／ハーバード大学）
- 池野文昭（スタンフォード大学）
- 井上尊生（ジョンズ・ホプキンス大学）
- 岩崎明子（イェール大学／ハワード・ヒューズ医学研究所）
- 梶村真吾（カリフォルニア大学サンフランシスコ校）
- 西城薫（カリフォルニア大学バークレー校）
- 中野敦（カリフォルニア大学ロサンゼルス校）
- 羽田明子（カリフォルニア大学サンフランシスコ校）
- 船引宏則（ロックフェラー大学）
- 森下博文（マウントサイナイ医科大学）
- 矢澤真幸（コロンビア大学）
- 渡邊秀生（マウントサイナイ医科大学）

3．1．2　国研における研究

- 河部剛史（国立衛生研究所（NIH）/国立アレルギー・感染症研究所（NIAID）
- 高浜洋介（国立衛生研究所（NIH）/国立がん研究所（NCI）

- 外山玲子（国立衛生研究所（NIH）/国立小児保健発達研究所（NICHD）
- 向山洋介（国立衛生研究所（NIH）/国立心臓肺血液研究所（NHLBI）
- 若槻壮一（SLAC 国立加速器研究所／スタンフォード大学）

３．１．３　特徴ある研究所における研究

- 麻生能功（ジャネリア研究所）
- 四宮和範（ジャネリア研究所）
- 渋江司（ブロード研究所 マサチューセッツ工科大学・ハーバード大学）
- 高橋和利（グラッドストーン研究所）
- 竹村伸也（ジャネリア研究所）
- 古川浩康（コールドスプリングハーバー研究所）

３．１．４　プロジェクト等

- Chan Zuckerberg Biohub

３．２　英国

３．２．１　大学における研究

- 大沼信一（ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン（UCL））
- 鈴木亨（レスター大学）
- 高野恵理子（マンチェスター大学）
- 田中玲子（インペリアル・カレッジ・ロンドン（ICL））
- 山野博之（ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン（UCL））

３．２．２　国研・公的研究機関における研究

- 登田隆（広島大学、前フランシス・クリック研究所）
- 長井潔（医学研究会議 分子生物学研究所（MRC LMB））
- 成田匡志（英国キャンサー・リサーチ（CRUK）ケンブリッジ研究所）
- 平林亨（医学研究会議 ロンドン医科学研究所（MRC LMS））
- 廣田孝幸（フランシス・クリック研究所）
- 矢幡一英（長崎大学／フランシス・クリック研究所）
- 遊佐宏介（前サンガー研究所、現京都大学）

３．２．３　プロジェクト等

- フランシス・クリック研究所
- Health Data Research UK（HDR UK）/医学研究会議（MRC）
- Milner Therapeutics コンソーシアム（MTC）
- 細胞治療カタパルト（Cell and Gene Therapy Catapult）

３．３　ドイツ

３．３．１　大学における研究

- 磯野江利香（コンスタンツ大学）
- 川上直人（ミュンヘン大学）
- 竹中瑞樹（京都大学、元ウルム大学）

３．３．２　国研・公的研究機関における研究

- 伊藤博（マックス・プランク脳研究研究所）
- 川内大輔（ドイツ癌研究所／ヘルムホルツ協会）
- 津田賢一（マックスプランク植物育種学研究所）
- 常世田好司（ドイツリウマチ研究センター／ライプニッツ協会）
- 中山雅敬（マックス・プランク心肺研究所）
- 水野直子（マックス・プランク生化学研究所）

３．３．３　プロジェクト等

- マックス・プランクイノベーション
- メディカルインフォマティクス・イニシアチブ
- バイオＭクラスター

３．４　欧州

３．４．１　公的研究機関における研究

- 柊卓志（欧州分子生物学研究所（EMBL））

３．４．２　プロジェクト等

- Euro-BioImaging、CORBL

1．米、英、独、日の研究システムの比較

1．1　研究資金と主要な研究機関

本節では米国、英国、ドイツ、日本、それぞれの国における研究費のシステムと主な研究のプレーヤー（機関）について概観し、各国の研究システム・研究環境の違いについて述べる。

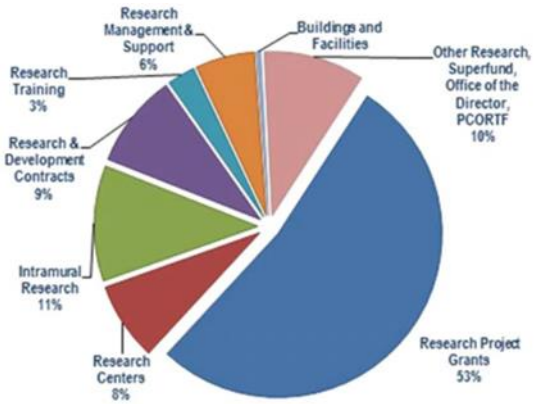
1．1．1　米国

1．1．1．1　研究資金

米国では、連邦政府の各省庁がそれぞれの所管分野に関して政策立案と研究開発を担う多元的な体制となっている。ファンディング専門機関である 米国国立科学財団（Natinal Science Foundation: NSF）以外の各組織は、独自の研究機関を保有するとともに、外部への研究資金配分を行う。NSF はアメリカ国立衛生研究所（National Institute of Health: NIH）が管轄する医学研究以外の科学・工学分野に対する基礎研究助成を行う。

NIH は年間 258 億ドルの予算（2018 年）を擁しており、生物医学分野における世界最大のファンディング機関でもある。その内訳は図表 1 の通りである。8 割の外部向け（extramural）研究資金を大学等に配分する一方で、2 割の内部向け（intramural）研究資金を、傘下の 27 研究所・センターにおける所内研究開発に振り向けていると言われている。

その他生物に関わる省庁として、エネルギー省ではエネルギーや化成品応用に向けたバイオテクノロジーの研究資金が 2 億ドル、NSF 生物科学局では例年 7 億ドル前後の基礎研究費と基礎生物学・バイオテクノロジーに関連する豊富な公的な研究資金を擁している。以下では、研究費も大きく、生物医学研究の中心である NIH を取り上げる。



図表 1　NIH の予算の内訳 単位：万ドル
出典：NIH　HP

NIH には多くの種類のグラントが存在するがここでは最も代表的な R01 をとりあげる。

NIH R01 は、生物医学分野における主要な個人向けグラントであり、NIH のグラントの約半分を占める。生物医学系のラボの運営は本グラントの獲得に依存しているといっても過言ではなく、一人で 2 つないしは 3 つ R01 を獲得している PI も多い。その額は平均的には、約 1.25 億円／5 年であり、更新可能である。採択率は年々低下し、初回獲得の採択率は 20%程度と言われているが、それを更新しようとすると、その採択率は 10-15%になると言われている。また、年

間 3 回の公募機会があることも特徴である。

NIH のグラントの一次審査は、100 以上の Study Section と呼ばれる委員会で行われる。各々の Study Section は NIH 傘下の研究所からは独立した存在で、15～20 人程度の現役の外部研究者によって構成される。

これらのグラントは主に、大学院生とポスドクの人件費、自身の給与として使われるところが日本と大きな違いである。例えばカリフォルニア大学バークレー校は、学部生が多く、教授陣は大体週に二、三回の講義を担当しているため、12 カ月のうち 9 カ月分の給料は大学から支払われる。つまり夏休み以外は大学が給料を保証するというシステムである。逆にカリフォルニア大学サンフランシスコ校は、メディカルスクールしかなく、医学部生と大学院生しかいないため、基本的には大学から講義した分の給料だけしか支給されない。およそ 30%の給料は大学から支払われるが、70%は自身で獲得したグラントから出すことになる。例えばスクリプス研究所とか、ハーバード大学メディカルスクールでは、講義はしなくて良いがほぼ 100%自分のグラントで給料を出すことになる。

もう一つの日本との違いは外部経費に対する間接経費（オーバーヘッド）である。各大学はインフラ整備費および管理運営費等を明確な算出根拠に基づき間接経費として各ファンディング機関と交渉し、直接経費の 60%以上に設定することが多い。従って、各大学は研究者にグラントを獲ることを奨励し、グラントを獲れる研究者を招聘することになる。

米国では、独立したての若手 PI には研究機関からスタートアップの研究費が支給され、その PI が 3～4 年後に R01 を獲得し、間接経費として研究機関に返済するという仕組みで成り立っているとみることも出来る。

近年、研究者数の増加により、米国国立科学財団やエネルギー省のグラントの倍率が競争的になりすぎ、採択率 10%程度、となっていることが課題となっている。これに伴い、グラントを獲れない研究者が大学等を辞めるということも日常的に起こっている。

しかし、一方で、研究者のキャリアパスの多様性から産業界へ転出するなどの道もあり、この競争環境と人材のターンオーバーこそが米国の強さを表しているとも言える。

米国の研究文化を支えるもう一つの財源が寄付とそれに基づくエンダウメント(基金)である。

世界一かつ全米トップのハーバード大学の大学基金は、3 兆 8,800 億円（2015 年度）もの規模に達する。年間の寄付金は、800 億円程度である。ハーバード大学は、この基金の運用で年間 15%の収益（3,500 億円）を出している。米国においては、各大学が大学基金の拡大にしのぎを削っており、これが米国の大学の豊かさと柔軟性の原動力になっている。

2016 年には、米国の大学への寄付額は 410 億ドルに達した。教育支援協議会（CAE）の調べによると、総寄付額は前年比 1.7%の微増にとどまったものの、企業や財団からの寄付が増え、全体の 46.5%を占めるまでになっている。首位は、11 億 9,000 万ドルの寄付を集めたハーバード大学。次いで、スタンフォード大学、南カリフォルニア大学、ジョンズ・ホプキンズ大学、カリフォルニア大学サンフランシスコ校、コーネル大学、コロンビア大学、ペンシルバニア大学、ワシントン大学、イェール大学。上位 1%の大学が寄付総額の 27.1%を得ている。

加えて、ハワード・ヒューズ医学研究所（HHMI）や、ビル＆メリンダ・ゲイツ財団に代表されるような私設財団によるファンディング、研究の推進が大きな存在感を発揮するようになって

きている。ここに挙げた以外にも多くの私立財団が存在し、研究者を支援している。大富豪は資産の大部分が税金として徴収されてしまうため、免税・節税の考えもあり、寄付活動を行う。大学としても寄付等財源確保に相当力をいれており、米国の大学等の研究科棟や研究所などの建物はだいたい寄付で建築されている。

以下に代表的な私設財団および私設研所を紹介する。

- ハワード・ヒューズ医学研究所・HHMI（Howard Hughes Medical Institute）／ジャネリア研究所

実業家ハワード・ヒューズにより 1953 年に創立された財団。全米第二位の規模の慈善基金団体である。年間のファンディング規模は 6.5 億ドルである。旗艦事業としては最低 5 年間、年間 1 億円程度を 300 人以上の科学者に提供する HHMI Investigator Program がある。米国の大学等に行くと、ここには HHMI ホルダーが何人いるといった話になることが頻繁にあるほど、生物医学分野のグラントで最も栄誉のあるグラントになっている。ファンディングの特徴としては各研究者が所属する機関に在籍したまま行うということがある。これまでに 2 桁のノーベル賞受賞者を排出している。

また、2006 年に設立されたジャネリア研究所は 500 名ほどの人員を擁する研究所で、ブレイン・イニシアティブ（BRAIN Initiative）参画研究所の一つであり、①新規イメージング法の開発、②神経回路が行う計算の根底にある基本原理の解明、を主なミッションとした研究活動を行っている。

- ビル＆メリンダ・ゲイツ財団

マイクロソフトの創業者の一人であるビル・ゲイツが 2000 年に立ち上げた世界最大の慈善基金団体である。年間のファンディング規模は合計で 40 億ドル前後に達し、その内訳の主なものとしては国際開発（21 億ドル：49%）、グローバルヘルス（12 億ドル 28%）といったものがある。グローバルヘルスの内訳をさらに細かく見てみると、寄生虫、感染症、伝染病への支援が 80%を占めている。また、詳細な予算規模は不明だが個別医療イニシアティブ（Precision Medicine Initiative）参画団体の一つである。

- アレン脳科学研究所

Microsoft 創業者の一人である、ポール・アレンによって 2003 年に設立された研究所。アレン脳地図（Allen Brain Atlas）の作成及び公開で有名である。2015 年の予算規模は約 1.1 億ドルで、そのうち研究開発予算は 56 百万ドルである。部署は脳科学、細胞科学、フロンティアの 3 つからなり、フロンティアはグラントとして 3 百万ドルを拠出している。ブレイン・イニシアティブ参画研究所の一つである。

１．１．１．２　主要な研究機関

米国の主要研究機関は、国立研究所、私立大学、州立大学である。

研究と教育における卓越性により優れた大学であると広く認知され、米国大学協会に登録されている大学は、34 が公立（州立）大学、26 が私立大学である。マサチューセッツ工科大学（MIT）、スタンフォード大学、ハーバード大学、カリフォルニア工科大学といった大学ランキングの常連校はすべて私立大学である。

米国の大学等においては授業料、外部からの研究資金の間接経費と寄付（それに基づく基金：エンダウメント）で大学や研究機関の運営が行われていると言っても過言ではない。

NIH による 2016 年の研究支援額を州別に注目すると、カリフォルニア州が第 1 位の約 37 億ドルの支援を受けており、第 2 位はマサチューセッツ州の約 26 億ドルである。このように、ハーバード大学と MIT（マサチューセッツ州）及び、スタンフォード大学とカリフォルニア大学システム等（カリフォルニア州）が生物医学研究において全米を牽引する研究拠点となっている。

ここで、ハーバード大学とスタンフォード大学における生物医学研究のシステムを取り上げる。

ハーバード大学は 1936 年に設立された私立大学で、全米最古の大学である。ハーバード大学には附属病院は存在しない。ハーバード大学が所有するメディカルスクールには、10 の Basic and Social Science Departments があり、ここにテニアもしくは テニア・トラックの教員が 176 名所属する。この医学部「本体」の予算は約 6 億 5,600 万ドル（約 680 億円）であり、その 9%が寄付金、41%が外部研究費、27%は基金からの収入である。「本体」だけを見ると、スタンフォード大学より遙かに規模が小さいが、研究・教育・診療で連携する 16 の提携機関（Affiliates）に 18 の臨床部門と 38 の病院内部門（hospital-based departments）が存在する。提携機関にも教授会投票権を持つ教員を含め、専任教員が所属しており、投票権を持つ教員だけで 5,813 名、専任教員は 9,332 名、教員総数は 11,366 名に及ぶ。これらの提携機関とは、個別にハーバード大学医学部が提携契約（affiliation agreement）を結んでいる。

提携機関は、Beth Israel Deaconess Medical Center、 Boston Children's Hospital、 Brigham and Women's Hospital、Cambridge Health Alliance、Dana-Farber Cancer Institute、Harvard Pilgrim Health Care Institute、Hebrew SeniorLife、Joslin Diabetes Center、Judge Baker's Children's Center、Massachusetts Eye and Ear、Massachusetts General Hospital、McLean Hospital、Mount Auburn Hospital、Spaulding Rehabilitation Hospital、VA Boston Healthcare System、The Forsyth Institute の 16 機関である。

たとえば Beth Israel Deaconess Medical Center（BIDMC）は、Beth Israel Deaconess Care Organization（BIDCO）という Accountable Care Organization（ACO）によって運営されており、大学とは経営上別の組織である。BIDMC で働く「ハーバード大学医学部教員」（専任教員 1,250 名）は、Harvard Medical Faculty Physicians（HMFP）という別の組織に所属しながら、BIDMC とハーバード大学医学部の両方と提携関係にある。BIDMC の年間予算は約 18 億 7,300 万ドル（約 1,830 億円）であり、その約 11%が基金（大学とは別の BIDMC の基金）からの収入、約 12%の約 2 億 2,730 万ドルが外部研究費である。

同じく提携機関の Dana-Farber Cancer Institute は、年間予算約 12 億 2,100 万ドル（約 1,460 億円）で、専任教員 479 名（うち医師が 264 名、医師でない PhD が 93 名、MD-PhD のダブルディグリー研究者が 122 名）、研究フェロー539 名、臨床フェロー 61 名などを有する。予算の約 29%、約 3 億 5,760 万ドルが外部研究費である。

その他、提携機関の中で規模が大きな Massachusetts General Hospital（MGH）と Brigham and Women's Hospital だけでも、2016 年度の予算は日本円で 1 兆円に迫る規模であり、16 の提携機関をすべて含めた予算規模は 1 兆円を超えると考えられる。

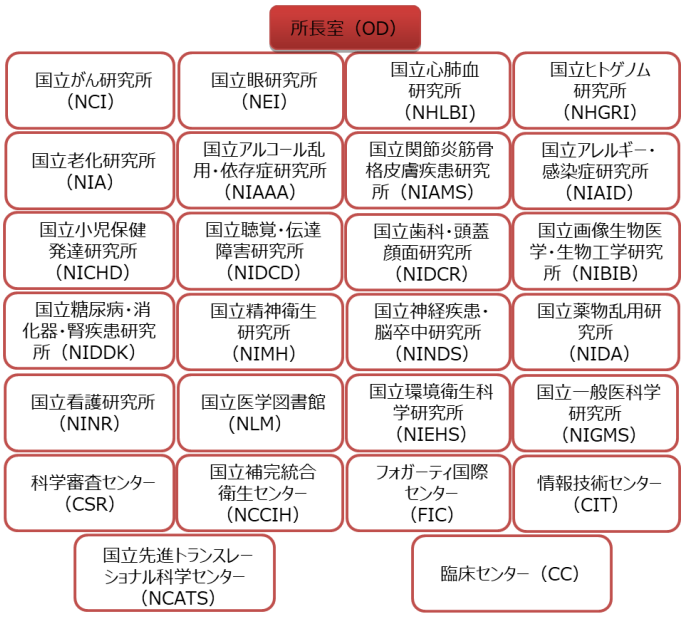
スタンフォード大学は、1885 年に設立された私立大学（トラスト）である。Stanford Health Care ともう一つの大学病院 Lucile Packard Children's Hospital、これら 2 つの大学病院とメディカルスクールを総合して、Stanford University Medical Center と呼ぶ。スタンフォード大

学メディカルスクールは、U.S. News & World Report の 2018 年版ランキングでハーバード大学メディカルスクールに次いで全米 2 位、Times Higher Education の 2018 年版分野別ランキングでは世界第 4 位にランクされており、世界的に競争力のあるメディカルスクールとして広く知られている。

スタンフォード大学メディカルスクールは大学の教授会に所属する Academic Council Professoriate というポスト（500 人弱）、大学の教授会には所属しないが、医学部教授会に所属する Medical Center Line というポスト（500 人）、教授会に所属しない Clinician Educator という診療教員ポスト（1,200 人）の 3 種類のポストを持つ。このうち、Academic Council Professoriate と Medical Center Line は、メディカルスクール部長から学長へ人事を上申して承認を受ける必要がある。一方、Clinician Educator についてはメディカルスクール副部長の裁量で人事を決定できる。これら 3 種類のポストすべてに共通して、Stanford Health Care または Lucile Packard Children’s Hospital との兼務が見られる。なお、Academic Council Professoriate は研究・教育・診療をバランスよく回し（研究が重要）、Medical Center Line は教育・診療を中心にしつつも研究も一部実施、Clinician Educator は教育と診療に専念するといった業務分担がなされている。研究を実施する前者 2 種類の教員は、研究所を設立・参加することができる。

財務面においては、基本的には Stanford University Medical Center はスタンフォード大学と区分されている。2 つの大学病院で合わせて年 35 億 7,000 万ドル（約 4,300 億円）の予算があり、このうち 9 億 8,300 万ドル程度（約 1,050 億円）が医学部に還流されている。これは医学部の年間予算 22 億 8,610 万ドル（約 2,450 億円）の 43%を占めるものである。

一方、NIH や DOE 傘下の国立研究所も強い存在感を示している。NIH 傘下には 27 研究所・センターがある（図表 2）。全体で 1,200 名の PI が在籍している。そのうちの、国立がん研究所の予算は、2015 年度で約 50 億ドルが計上され、その内約 30 億ドルは所外研究者へのグラント・研究契約・トレーニングに充当される。所内研究も実施しており、その規模は 8 億ドル程度である。2015 年時の常勤職員数は約 3 千名である。予算・人員規模ともに、27 ある NIH 傘下の研究所・センターの中で最も大きい。



図表 2　NIH の研究所

出典：各種資料を基に CRDS 作成

米国は膨大な公的資金の下、大学を中心に競争的環境にあり、短期的、流行的になりやすいと言われている。またビッグラボが形成されやすい、大学の周辺には新しいアイデアをベンチャー化するための豊富な資金が存在するといった特徴が存在すると言われている。

産業を見ると、売上高の上位に位置する企業は米国企業が多いことがわかる。以下の図表 3 に示す通り医薬品売上げでは、米国の Pizer、Merk、Johnson&Johnson、Gliead Sciences、AbbVie、Amgen の 6 社が世界ランキングのトップ 10 に入っている。また、医療機器の売り上げでは、米国の Johnson&Johnson、General Electric、Gardinal Health、Abott 、Stryker、Becton、Dickinson の 6 社が世界ランキングのトップ 10 に入っている。

医薬品産業の規模　（2016年）

社名	国	医薬品売上高（100万＄）	医薬品比率（%）
Pfizer	米国	52,824	100
Novartis	スイス	48,518	100
Roche	スイス	39,690	77.3
Sanofi	フランス	37,413	92.6
Merck (USA)	米国	35,151	88.3
Johnson & Johnson	米国	33,464	46.5
Gilead Sciences	米国	29,953	98.6
GlaxoSmithKline	英国	28,053	74.2
AbbVie	米国	25,638	100
Amgen	米国	21,892	95.2
Teva	イスラエル	20,664	94.3
AstraZeneca	英国	19,640	85.4
Bayer	ドイツ	18,164	34.5
Eli Lilly	米国	18,064	85.1
Bristol-Myers Squibb	米国	17,702	91.1
Novo Nordisk	デンマーク	16,604	100
武田薬品工業	日本	14,421	90.6
Boehringer Ingelheim	ドイツ	13,992	79.8
アステラス製薬	日本	12,057	100
Celgene	米国	11,185	99.6

出典：日本製薬工業協会 DATA BOOK 2018
出所：SPEEDA（株式会社ユーザベース）、アニュアルレポート、有価証券報告書

医療機器産業の規模　（2017年）

社名	国	売上高（10億＄）
Medtronic	アイルランド	29.6
Johnson & Johnson	米国	26.2
Fresenius	ドイツ	21.7
GE	米国	18.8
Philips	オランダ	17.1
Siemens	ドイツ	16.6
Cardinal Health	米国	14.0
Abbott	米国	12.3
Stryker	米国	12.1
Becton, Dickinson	米国	12.1
Baxter	米国	10.4
Boston Scientific	米国	8.8
Essilor	フランス	8.5
Zimmer Biomet	米国	7.8
Novartis	スイス	5.9
3M	米国	5.7
オリンパス	日本	5.2
テルモ	日本	4.9
Smith & Nephew	英国	4.7
キヤノン	日本	3.9
DENTSPLY SIRON	米国	3.9

出典：経済産業省「我が国医療機器産業について」
出所：MDDI&Qmed"Top 100 Medical Device Companies of 2017"等より公益財団法人医療機器センター医療機器産業研究所作成

図表 3　医薬品産業の規模

１．１．２　英国

１．１．２．１　研究資金

英国の大学等への公的研究資金制度は、二元支援制度（dual support system）と呼ばれ、プロジェクトベースの個別の研究プログラム等に対して付与される競争的研究資金と、大学に対して研究活動のための基盤として付与される研究の質に基づく資金の 2 つの流れがある。2018 年 4 月に発足した英国最大の公的ファンディング機関である英国研究･イノベーション機構（UKRI）は、従来別々に組織されていた 7 つの研究評議会、Innovate UK と Research England を結集したもので、年間 60 億ポンド以上の予算を有する（全公的研究費の 6 割程度（民生資金の 8 割）、残りは国防、保健・社会福祉省等）。

図表 4 は、UKRI を構成する 9 つの内部機関の 2017/18 年度予算内訳を示したものである。

UKRI	63.90 億ポンド
Research England	20.13 億
Innovate UK	7.14 億
工学・物理科学研究会議（EPSRC）	10.5 億
科学技術施設会議（STFC）	6.74 億
医学研究会議（MRC）	7.27 億
自然環境研究会議（NERC）	4.45 億
バイオテクノロジー・生物科学研究会議（BBSRC）	4.46 億
芸術・人文学研究会議（AHRC）	1.10 億

図表 4　UKRI 内部機関の 2017/18 年度予算内訳

出典：The Allocation of Funding for Research and Innovation 2018（BEIS, UK）

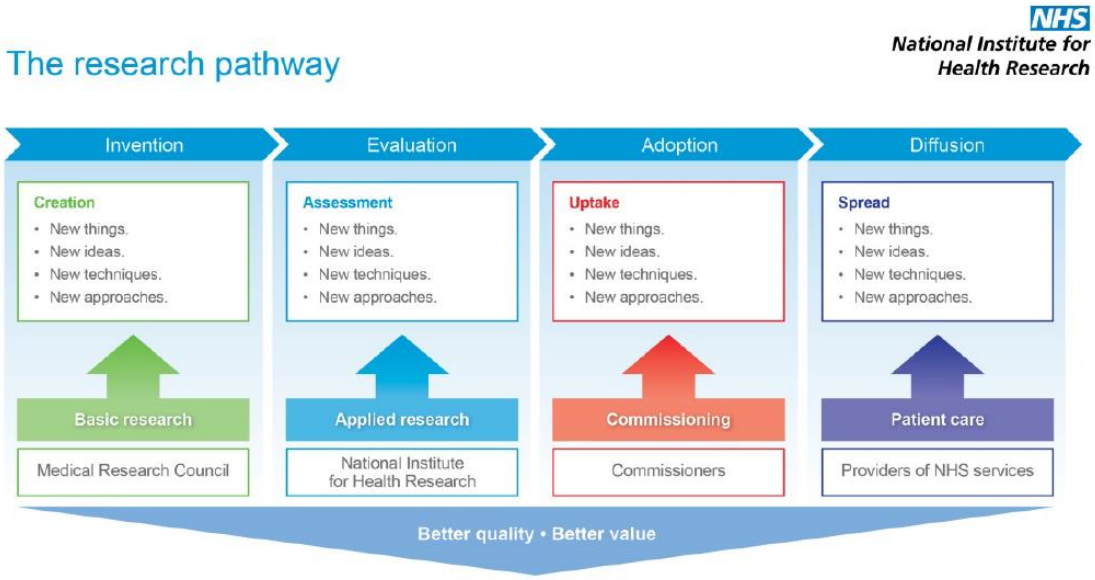
英国の科学技術イノベーション政策は、当時の政権の考え方を反映した文書が出されることはあるが、日本の科学技術基本計画のように 5 年ごとに定期的に発表されるものではない。UKRI はビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）の傘下の組織ではあるが、配分された資金は、各研究会議の独自性を擁護した「ハルデイン原則」により、各機関の裁量によりその配分内訳を決定することができる。同原則は、1918 年にハルデイン上院議員を中心に発表され、「政府は特定の目的をもつ研究についてのみ監督し､その他の一般的な研究について､政府はこれに干渉せず、研究会議の独自性に任せるべきである」との提言を掲げている。同提言は、研究会議の独立性を擁護し、特定目的の研究を除く研究やプロポーザルの選定について、政府による干渉を制限するものである。これにより、研究会議が政府と一定の距離を保ち、その予算や優先分野に関する決定権を有することが認められた。

UKRI の下、分野別の研究会議および Innovate UK は従来の名称で、自主性・自立性を維持しつつ予算を執行する。このうちバイオテクノロジー・生物科学研究会議（BBSRC）は生物の基礎研究（約 3.5 億ポンド／年）を担い、4 割程度が科研費のような性格の競争的資金、6 割がトップダウン型の資金となっている。工学・物理科学研究会議（EPSRC）もバイオエンジニアリングを扱っている。医学研究会議（MRC）は健康医療の基礎研究（約 5.5 億ポンド／年）を担当し、7 割程度が科研費タイプの研究である。産学連携を中心にしたトップダウン型のプロジェクト研究

は InnovateUK が実施している。

保健・社会福祉省（DHSC）傘下の国民保健サービス（NHS）が有する全国の NHS 病院・クリニックにおいて、国民への医療提供のみならず臨床研究も行っている。NHS は、傘下に国立衛生研究機構（NIHR）という研究資金配分機関を有し、患者や社会が必要とし世界をリードできるような研究を支援しており、研究助成や研究委託のほか、良好な研究環境を提供するための施設や人材の提供、研究倫理等に関するシステムの整備、臨床研究の推進等を行っている。NIHR は橋渡しと臨床研究のステージを医学・医療研究助成（2.5 億ポンド／年）、研究者のサポート（0.9 億ポンド／年）、研究インフラの整備（6.4 億ポンド／年）、産学連携（0.8 億ポンド／年）という形で支援している。

図表 5 が示すとおり、MRC は主に基礎研究（発見）と一部技術シーズからの橋渡しを担当し、橋渡しと臨床研究は NIHR が担当することになっている。



図表 5　MRC と NIHR の役割・機能分担

出典：NIHR の HP

臨床研究を支えているのが、研究機関である大学と NHS 病院のインターフェースである NIHR バイオ・メディカル研究センター（Bio Medical Research Centre :BRCs）である。定期的に中小企業から新しいテクノロジーのヒアリングも実施し、共同研究のマッチングを行っている。ただし、バイオ・メディカル研究センターは限られた臨床系の教員しか関わっていないこともあり、一般的に新規参入企業ではアクセスしにくい面もある。

各研究会議等の概要については、後掲の資料集を参照されたい。

英国の基盤的経費であるブロックグラント（日本の大学運営費交付金に相当するもの）は研究交付金と教育交付金に大別されてきた。イングランド高等教育資金会議（HEFCE）によって、2016/17 はそれぞれ 15.8 億ポンド、13.6 億ポンドが配布された。近年、研究交付金の額が維持される一方で、教育交付金は大幅な削減を余儀なくされている。

UKRI の発足に伴い HEFCE は廃止され、HEFCE の機能の一部は学生局 OfS に移管され教育

省の所管となった。HEFCE がこれまで担当していた大学の研究評価、研究交付金の配分、産学連携推進の機能は、UKRI の組織の一部である Research England に引き継がれた。

Research England は、研究評価制度であるリサーチ・エクセレンス・フレームワーク（Research Excellence Framework：REF）の評価結果に基づいて英国の大学に研究交付金を配分する（Quality-related Research（QR）資金）他、大学が産業界と連携して研究の商業化に取り組むことを後押しするための資金として、大学に対し高等教育イノベーション基金（Higher Education Innovation Funding: HEIF）の配分も行っている（2017 年度の予算は 1.6 億ポンド）。合わせて年間で 22 億ポンド以上の資金を提供する。その他、Research England は 9 億ポンド規模の英国研究パートナーシップ投資基金（UK Research Partnership Investment Fund: UKRPIF）を有し、大学が産業界と連携して行っている世界最先端の 9 つの研究プロジェクトに対して支援すると同時に、1 億ポンド規模の接続能力基金（Connecting Capability Fund）によって、高等教育機関と共同で取り組む中小企業を支援し、中小企業に対して大学の専門情報や施設の利用手段を提供するといった予算も所管する。

大学の研究への公的評価は REF によって実施され、Research England からの研究交付金は大学ごとの研究評価の結果に基づき配分額の大部分が決定される。REF の評価項目は、「研究成果（65%）」、「研究環境（15%）」、「研究のインパクト（20%）」の 3 つから成っている。「研究のインパクト」は、研究が学術以外の「経済、社会、文化、公共政策やサービス、国民の健康、環境や生活の質向上」に与えた影響の大きさを測定するものである。研究のエクセレンスだけでなく、その社会的・経済的インパクトも考慮するように変更された。外部からの獲得資金額、スピンアウト数、特許取得数等、考えうるものすべてが研究のインパクトとして評価シートに盛り込まれる。評価の結果は最終的に大学への研究交付金の額に反映され、減額となった大学では評価の低い分野の学部が廃止されたりする等、厳格な対応がなされることもある。大学によっては研究のインパクトをめぐる記述に随分と注力していることもあり、大学の研究成果の商業化には高い関心が寄せられている。

一方で REF の弊害も指摘されており、REF での点数を上げるために、REF の直前に成果を出している研究者のヘッドハントが横行したり、論文数を増やすために教授陣は総説（データを取る労力が要らないのにインパクトファクターが高い）を書く等の行為が行われているとのことである。

なお、関連して、大学への政府からの交付金が減少する状況にある中、授業料が増加傾向にあるが、それにも限界があり、近年の傾向として、大学では収入の伸びが期待できる大学発スピンアウト企業への支援や出資に注目が集まっている。大学側にとって起業環境を活性化させるメリットとして、第一に、スピンアウト企業が新規株式公開（IPO）した場合に株を売却して収益を得ることができる、第二に、特許のロイヤリティを得ることができる、の 2 点がある。

英国の科学技術の特徴の一つにチャリティ団体による研究開発への支援が挙げられる。医学研究の分野で先端的かつ実用的な研究を行っているウェルカム・トラスト（Wellcome Trust）や英国キャンサー・リサーチ（Cancer Research UK: CRUK）が有名なチャリティである。

ウェルカム・トラストは、生物医学研究の分野で英国最大の非政府助成団体である。年間 8 億ポンドを超える研究向け予算により、生物医学分野の研究開発を助成している。生物医学、公衆衛生、製品開発と応用研究、人文社会科学、パブリックエンゲージメントと創造的な産業の 5 つ

の柱立てとなっている。全体の 4 割近くを占める最も大きな投資は研究者個人を支援するフェローシップと奨学金である。

傘下に遺伝学やゲノミクスの研究で世界的に有名なサンガー研究所を擁している。ウェルカムからの約 1 億ポンド／年の他、研究評議会（RC）、他チャリティ、EU、NIH 等の資金提供者からの助成金の下、1,400 名のスタッフ体制で運営されている。

CRUK は、その名称が示すとおり、がん研究に特化した研究を推進するための活動を行っているが、企業や一般市民からの寄附金を資金源としている点でウェルカム・トラストと異なっている。がんの予防、早期診断、新しい治療法の開発、最新の治療法のパーソナライズと最適化の 4 つの主要分野に力を入れている（図表 6）。発見、翻訳、臨床、Population Health の 4 つのフェーズそれぞれにファンディングプログラムを有している。

図表 6　CRUK の投資対象領域
出典：CRUK の HP

2017 年度は 6.3 億ポンドの総収入があり、うち 4.1 億ポンドは研究助成に投資されている。さらにその中で 1.4 億ポンドの予算を 5 つの中核研究所の運営にあてている。一例として、ケンブリッジ研究所は、マンチェスターと並んで 2 つのメジャーセンターの一つである。がんの予防、発見、治療の新しい方法を開拓するために研究者、臨床医、製薬およびバイオテクノロジー産業のダイナミックな共同研究を実施しており、中心的パートナーはケンブリッジ大学、ケンブリッジ大学病院 NHS Foundation Trust となっている。

BBSRC の年間予算が 3.5 億ポンド、MRC が 5.8 億ポンドあることを考えるとこれらの大きさがよく分かる。

両者に共通して言えるのは、奨学金やフェローシップ等人材への投資が多いことである。もう一つユニークなのはウェルカム・トラストや CRUK が MRC や EPSRC と共同でファンディングプログラムを実施していることである。

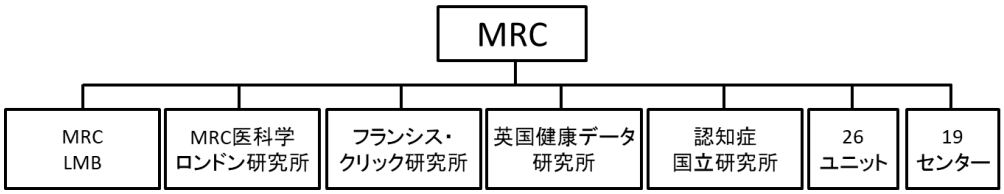
1．1．2．2　主要な研究機関

英国は一般に、基礎研究が強いことで知られている。この高いレベルの科学を支えているのが大学である。オックスブリッジと言われるオックスフォード大学、ケンブリッジ大学を筆頭に、ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン（UCL）、キングス・カレッジ・ロンドン（KCL）、インペリアル・カレッジ・ロンドン（ICL）の他、エジンバラやマンチェスター等の地方大学もそれぞれ特定の分野に強みを有し、一定の存在感を示している。こうした研究型国立大学 24 校で構成

されるラッセル・グループがある。

英国ではほとんどの大学が政府から資金を受けているが、伝統的に大幅な自治が認められており、それにより研究者の自由な発想で教育や研究を進めることが可能である。ただし、前述したように評価システムとセットであることが肝となっている。

各研究会議が所管する公的研究機関（国研）では、世界を牽引するような優れた研究を行っている。例えば、MRC の傘下には、MRC 分子生物学研究所（Laboratory of Molecular Biology: LMB）、MRC ロンドン医科学研究所（London Institute of Medical Sciences: LMS）、フランシス・クリック研究所等が存在し（図表 7）、BBSRC の所管には、植物研究で世界的に著名なジョン・イネス・センター（John Innes Centre）やバブラハム研究所（Babraham Institute）等がある。



図表 7　MRC の組織構造

出典：MRC の HP を基に CRDS 作成

これらの機関は、MRC 分子生物学研究所はケンブリッジ・バイオメディカル・キャンパス、MRC ロンドン医科学研究所は ICL のハマースミス（病院）キャンパス、フランシス・クリックは UCL、ICL とジョイントで設立する等大学と密接な研究協力を進めている。このように有力な国研は必ず近所に大学があり、国研のグループリーダー（PI）らがそこの教授ポストをクロスアポイントメントで持っており、学生の指導や研究のサポートを行っている。クロスアポイントメントの教授は多少は授業も行う仕組みになっている。英国の国研では博士の学位授与権がなく、提携先の大学がその任を担っている。国研で研究を行う学生は PhD を出せる（大学にも籍がある）先生につく必要がある。例えば、フランシス・クリック研究所の学生の登録先は UCL になっており、UCL から学位を授与される。教員のダブルアポイントメントも同様で、UCL で授業を行っているグループリーダーは多い。学生の所属にもよるが、学生の籍が大学にあると、その先生の論文は大学から出たことにもなる。国立の研究機関と大学とが連携して補完的に共存しながら協力関係にある。

MRC や BBSRC 等傘下の国研は、最近になって、「PhD プログラム」を独自に作成して、近隣及びさまざまな大学とパートナーシップを締結し、国研で研究する博士学生はそのパートナー大学に学籍を置くようにしているものが多い。ロンドンのように有力研究所と有力大学がひしめき合っているところでは、個別なパートナーシップが形成されており、近隣に有力大学がない研究所では、あらゆる遠隔地の大学とパートナーシップを締結している。

医薬品産業における英国のグローバル企業としては、グラクソ・スミスクライン（GSK）やアストラゼネカが挙げられる。英国では、このような大企業に加えて中小企業も多く活躍しており、医薬品、バイオテクノロジー等のセクターを合わせると、英国にはおよそ 4,500 社が存在し、16.5

万人もの雇用を抱えている。そして、これらのセクターは約 50 億ポンドを研究開発に投資し、その 10 倍に当たる 500 億ポンドの利益を生み出すといわれており、医薬品産業は主要な輸出産業となっている。英国の産業界のライフサイエンス分野に対する研究開発投資額は欧州の中で最も多い。

2017 年 11 月、英国政府は、2021 年までに 47 億ポンドを研究開発に追加投資するという産業戦略を発表した。産業戦略チャレンジ基金（ISCF）によって研究と産業の連携のための研究助成を行う。産業戦略では 4 つのグランド・チャレンジ（人工知能とデータ、高齢化社会、クリーン成長、未来の輸送手段）の下、データを活用した早期診断・精密医療、健やかな高齢化、最先端医療に投資を行っている。2018 年 5 月には各グランド・チャレンジの具体的な目標として「ミッション」を明らかにした（図表 8）。これらミッションは特定の問題に焦点を当て、政府、産業界、様々な団体等英国内の多様なステークホルダーが団結して現実に人々の生活を変えることを目指している。

グランド・チャレンジ	ミッション
人工知能（AI）とデータ	データ、AI、およびイノベーションを用いて、病気の予防、早期診断、および慢性疾患の治療を 2030 年までに変える
高齢化社会	富裕層と貧困層の格差を縮め、2035 年までに今よりも少なくとも 5 年間長く人々が健康で独立した生活を送れるようにする
クリーン成長	2030 年までに新しい建物のエネルギー利用を少なくとも現在の半分にする
未来の輸送手段	英国をゼロエミッション車（ZEV）のデザインと製造の最先端に位置付け、2040 年までに自動車とトラックすべての新車を事実上排出ゼロにする

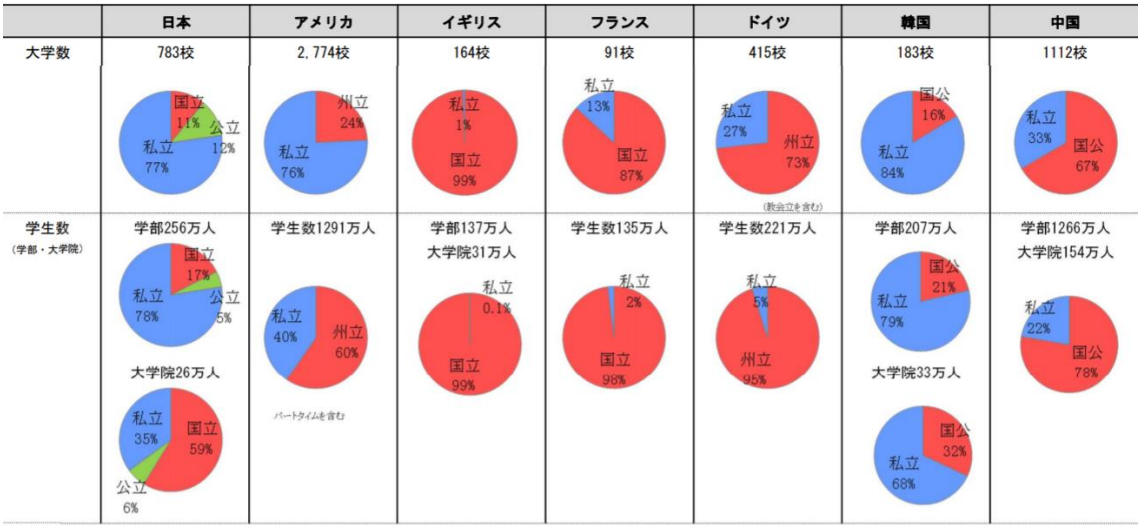
図表 8　産業チャレンジにおけるグランド・チャレンジとミッション

出典：Industrial Strategy：the Grand Challenges HP

【コラム】世界の大学の概要

文部科学省「挑戦する国立大学」によると、日本の大学数は 780（うち国立 86）に対し、英国：161、ドイツ：427、米国：3,039、フランス：74、中国：1,202、韓国：199、である。

以下は少し古いデータになるが、内訳を見ると、英、独、仏は公立（国立、州立）が 7 割以上を占め、日、米、韓は私立が 7 割以上となっている（図表 9）。



※日本は2012年，アメリカは2009年，イギリスは2010年，フランスは2010年，ドイツは2010年，韓国は2011年の統計を使用（文部科学省「教育指標の国際比較」（平成25年版））を元に作成。

図表 9　主要国の大学の構成

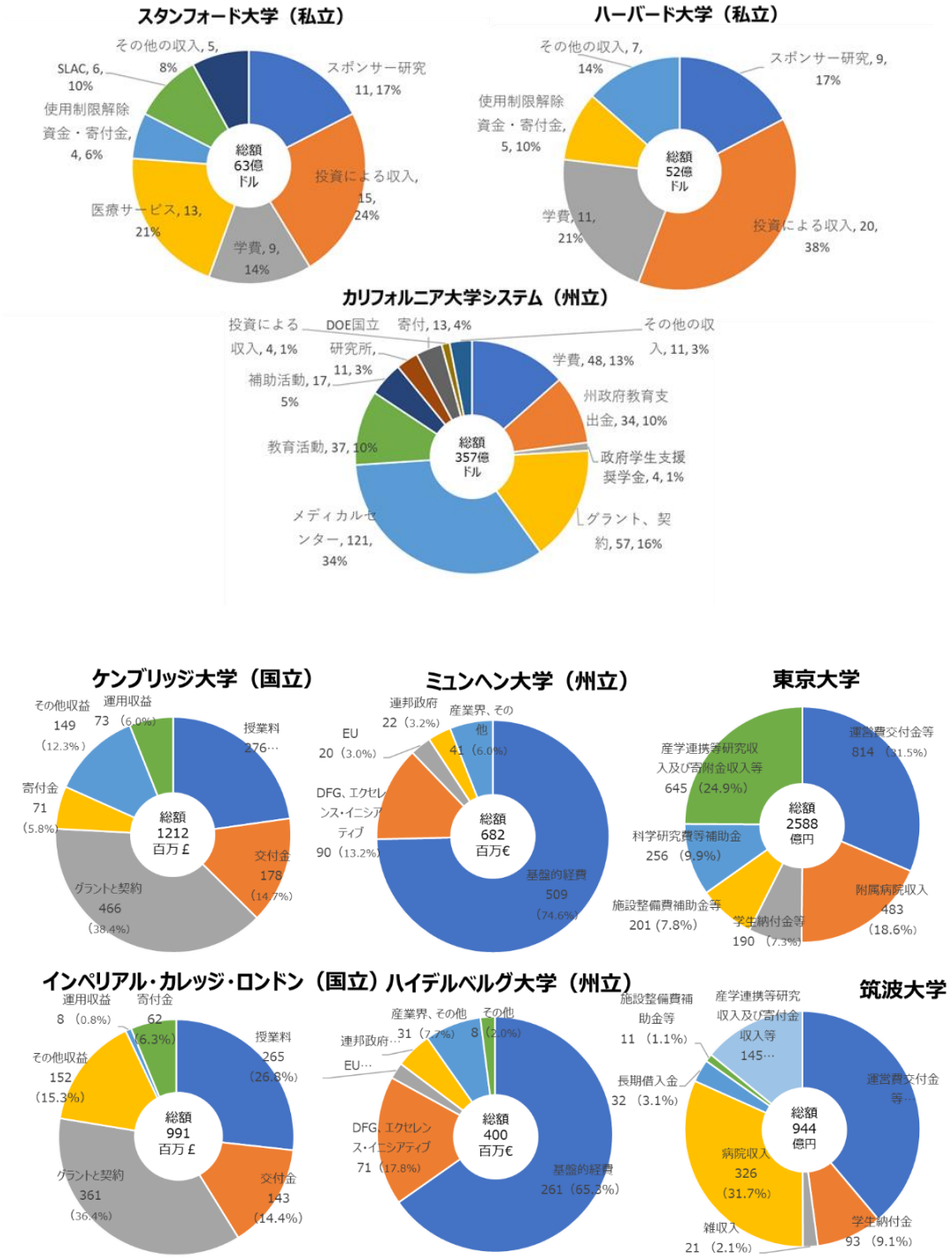
出典：文部科学省「国立大学法人の現状等について」

このように各国には多くの大学が存在するが、世界水準での研究の中心は、英国では研究型国立大学で構成されるラッセル・グループに所属する 24 校が該当し、ドイツは州立の総合大学 104 校のうち、2006 年に開始した「エクセレンス・イニシアティブ（EI）」でエクセレンス大学に認定された 11 大学が該当する。日本は、文科省が 2017 年に設定した国立大学における 3 つの重点支援の枠組みのうち、「卓越した海外大学と伍した教育研究と社会実装」の 16 大学や RU11（学術研究懇談会）に加入の大学等と見ることもできる。

英国、ドイツ、日本の典型的な大学における教員の数を比較してみる。

- スタッフ当たりの学生の数として、ドイツ＞日本＞英国の順になる。これは後述の授業料とも相関すると言える。
- この表だけからは読み取れないが、英国は留学生が年々増加している。

財政・予算の構造はどうであろうか。



図表 10　米国、英国、ドイツ、日本の大学の財政構造（フロー）
出典：各大学のホームページの情報を基に CRDS 作成

図表 10 をみてみると 4 つの国でかなり特徴があることがわかる。

- 米国では、大学における財源の多様化、授業料の高騰化が起こっている。特にトップレベルの私立大学では、投資や寄付による収入の割合が高い。
- ドイツは授業料がない一方で、英国は授業料収入が大きい（年々高騰している）。授業料は米国＞英国＞日本＞ドイツの順となっている。

- ドイツは交付金（基盤的経費）の割合が大きい、次いで日本、英国の順である。
- 英独は大学病院が独立している。この点については、CRDS の「医療研究開発プラットフォーム」報告書で取り上げ、日本も大学病院の財務の独立や経営努力による研究費の捻出等について提案しているので、詳しくはそちらを参照されたい。

１．１．３　ドイツ

１．１．３．１　研究資金

ドイツの公的な研究費は連邦政府と州政府の両者から支出されており、約 6:4 の比率となっている。大学への基盤経費は州政府から支出されているが、特徴的なのは、マックス・プランクをはじめとした研究協会、ファンディング機関であるドイツ研究振興協会（DFG）等へも両者から一定の割合が決められ支出されていることである。例えばマックス・プランクの基盤的経費は国と地方政府が各 4 割負担となっている。したがって両者を見なければドイツの公的な研究開発投資の全体像は見えない。

ドイツ連邦政府の研究開発支出は 171 億ユーロ（2017 年政府予算案）で、うち 6 割を連邦教育研究省（BMBF）が担っている。そのうち競争的資金が 83 億ユーロ、基盤的経費が 77 億ユーロあまりとなっている。基盤的経費の約 5 割をマックス・プランク、ヘルムホルツ協会等四大公的機関への支出が占める。地方政府の研究開発費（合計）は 113 億ユーロである。

ドイツ連邦政府は、科学技術イノベーション基本政策「ハイテク戦略」の重点分野の一つに健康分野の研究開発を指定している。連邦政府予算のうち分野別では健康医療分野への支出が 24 億ユーロ（うち BMBF が 22 億ユーロ）と最も多くなっている。その実践的取組として、2010 年に包括的な研究開発戦略として「健康研究フレームワークプログラム」を制定、高齢化する社会においてより良い治療や診断の方法を解決したり、疾病の原因を突き止めたり、基礎研究を実用化していくことを目標としている。同戦略には、①糖尿病、心臓病等の国民的疾患研究、②個別化医療研究、③予防、栄養学研究、④看護、介護研究、⑤健康関連産業の発展、⑥国際共同研究を挙げている。同プログラムは BMBF と連邦保健省（BMG）が所管し、基盤的資金を含め 2011～2014 年の期間に 55 億ユーロ、2015～2018 年には 78 億ユーロあまりの資金が拠出された。

特に①の国民的疾患研究のために、約 7 億ユーロを投入し、6 つのコンソーシアム「ドイツ健康研究センター（DZG）」が構築された。大学と公的研究機関合わせて 39 拠点、合計 120 機関がトランスレーショナル・リサーチを推進している。

- ドイツ神経変性疾病センター（DZNE）
- ドイツ糖尿病研究センター（DZD）
- ドイツ心臓循環器系研究センター（DZHK）
- ドイツ感染症研究センター（DZIF）
- ドイツ肺研究センター（DZL）
- ドイツ・トランスレーショナル・キャンサー・リサーチ・コンソーシアム（DKTK）

2019 年からは、さらに精神疾患ならびに小児疾患研究のための 2 つの DZG が新たに追加されることが決まっている。

「健康研究フレームワークプログラム」の概要については、後掲の資料集を参照されたい。

競争的な資金のうちボトムアップでの基礎研究は主に DFG が担っている。DFG は 2016 年に年間で、31,000 件以上の研究プロジェクトに対して総額約 30 億ユーロを助成している。生命科学分野が最も多くの助成額を獲得し（総額の 34.7%）、その助成額は約 10 億ユーロとなる（生物と医学の割合は 6:4）。マックス・プランクの研究所は国からの基盤経費が担保されているため、DFG の競争的資金の獲得は原則制限され、ヘルムホルツ協会でも大学と共同申請でないと認めら

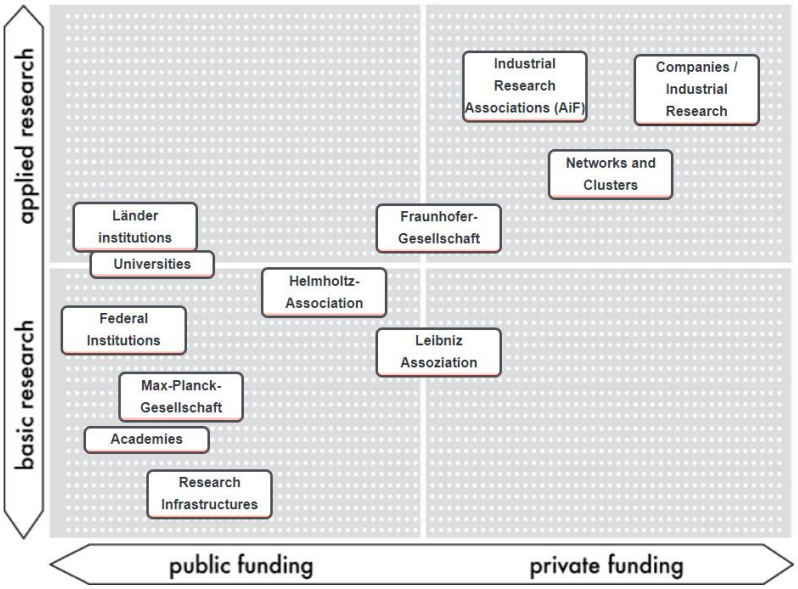
れないという話であった。

DFG による研究助成に関する間接経費は助成額の一律 22%と定められている(2014 年)。2006 年に施行された高等教育協定[1]より、外部資金取得による大学当局の事務作業負担増加を見込んで 20%の間接経費を認める措置を講じた。2016 年に採択された研究資金からは連邦政府が 20%、州政府が 2%を負担する計 22%に増額されている。同様に連邦政府による競争的資金の配分に関しても、大学ならびに大学病院は、2011 年から助成総額の 20%を間接経費として受託できることになっている。一方公的研究機関は潤沢な政府からの運営費交付金があるので、公的資金による研究助成については、プロジェクトに費やされるスタッフおよびインフラコストの合計額に対して最大 10%の間接経費を適用するのとどまる。この他、EU の ERC グラントも支給総額の一律 25%を間接経費とすることが決まっている。これは大学に限らず国内の公的研究機関にも適用されている。

この他にも BMBF では、後述する先端研究大学を支援するエクセレンス・イニシアチブや地方の産学連携クラスターを支援するプログラムの中で、ライフ・医療分野への支出がある。

1．1．3．2　主要な研究機関

ドイツで研究開発を行っているのは、州立大学、研究協会、そして民間企業であり、組織の役割、特徴に応じて、中央政府、地方政府、民間の資金を活用して研究が行われている（図表 11）。



図表 11　ドイツの研究機関の位置づけ
出典：BMBF の HP

このうち、科学研究の領域で際立った業績を残し、存在感を放つのがマックス・プランク学術振興協会である。基礎研究の分野でドイツの科学技術を根元から力強く支えるマックス・プラン

[1] 高等教育協定 Hochschulpakt: 連邦政府と州政府の合意に基づく施策を「協定（Pakt）」といい、2006 年の研究開発イノベーション政策「ハイテク戦略」下で、連邦・州が合同で大学支援のプログラムを実施している。欧州のボローニャ・プロセス参加に伴う大学制度改革で 13 年必要だった大学入学までの期間が 12 年に変更されたことや、兵役廃止（2011 年）を控えて大学入学希望者が増えることに備える措置として、大学を直接助成する目的で採択されたのが同協定。その後 2 回の延長を経て現在は第三期のプログラム（2016-2020）を実施中。2021 年以降の継続も決定している。

クは、傘下に約 80 の研究所を有し、他の追随を許さない研究水準の高さを示しており、ドイツの科学技術全体の嵩上げに貢献している。ヘルムホルツ協会は、18 の研究センターからなるドイツ最大の研究機関である。健康医療分野では、ドイツ癌研究センター（DKFZ）、ヘルムホルツ感染症センター（HZI）、ドイツ神経変性疾患センター（DZNE）等が存在する。フラウンホーファーは民間・公益企業に直接役に立ち、また社会全体の利益となるような、応用研究と技術移転を主に実施している。ドイツ全土 40 ヶ所以上に、約 60 の研究所が散在している。他の国にない特色ある組織として世界に広く認知されている。以下に各協会の概要を記す。

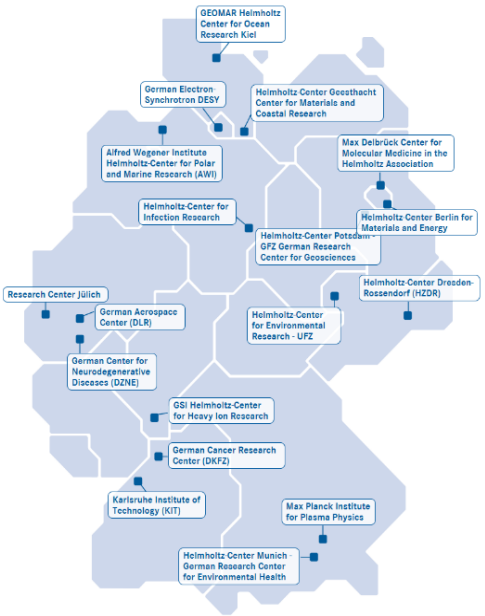
マックス・プランク協会（MPG）

- 84 の研究機関と研究施設（2017 年 1 月現在）、海外に 5 つの研究所と 1 つの研究施設（図表 12）
- 計 22,995 名（2016 年 12 月現在）のスタッフを雇用しており、そのうち 14,036 名が科学者であり、これは総スタッフ数の約 61%に相当、海外からの科学者の割合は 47%
- 2017 年の総収入は 21.4 億ユーロ、MPG 基盤的経費は約 18.1 億ユーロ（82.6%）、プロジェクト経費が 10.2%。基盤的経費は国と地方政府が各 4 割負担。
- 特徴は Scientific autonomy（科学者がサイエンスの方向性を決め、政治等の影響を受けない）及び以下のような研究所ごとの運営の独立性である。
  - 研究費の管理
  - 人材のリクルート
  - 外部資金の獲得
  - 研究テーマの設定
  - 大学等との共同パートナーの設定
  - 研究所の構成・部門の決定
- 約 40 の機関が生物・医学に関係する。一例として、マックス・プランク生化学研究所では複雑な生物のタンパク質の構造と機能を研究している。8 つの研究部門と約 25 の研究グループに 850 名のスタッフ、45 か国の約 480 名の科学者が在籍している。年間予算は約 49 百万ユーロ（うち約 30 百万ユーロはプロジェクト資金）。マックス・プランクの中で比較的大きな部類に入る本研究所で年間基盤予算は日本円で 250 億円程度。

図表 12　マックス・プランク研究所の所在地
出典：マックス・プランク協会 HP

ヘルムホルツ協会

- 6 つの分野における戦略的プログラム指向の最先端（大型研究）の研究を実施。18 の研究センターで構成（図表 13）。
- 39,000 人以上のスタッフと 45 億ユーロの年間予算。国は 6 割強を負担。
- ライフ系は、ドイツ癌研究センター、ドイツ神経変性疾患センター、ヘルムホルツ感染研究センター、ドイツ環境健康研究センター、分子医学のためのマックス・デルブレックセンターの 5 つが主なもの。
- 一例として、ドイツがん研究センター・DKFZ は、ドイツで最大の生物医学研究機関。ハイデルベルク大学と同盟。合計 3,024 人（2018 年 7 月現在）のスタッフ。予算は基盤的経費金、プロジェクト資金および自己収入から 2.8 億ユーロ（2018）。90 以上の部署と研究グループ、6 つのコア施設、7 つの研究プログラムで構成されている。



図表 13　ヘルムホルツ協会センターの所在地

出典：ヘルムホルツ協会 HP

ライプニッツ協会

- 社会的、経済的、生態学的関連性の問題に取り組む 93 の組織からなる。
- 9,900 人の研究者を含む 19,100 人を雇用。
- すべての研究機関の予算は約 19 億ユーロ。国と地方政府が各 4 割。第三者が 2 割。
- ライフサイエンス分野では 17 の組織が登録されている。ドイツリウマチ研究センター・DRFZ（ライプニッツ協会）は、24 の独立した研究グループがあり、そのうち 8 つはベルリン大学医学博物館との連絡グループ。167 名の科学スタッフ。8.2 百万ユーロ（外部資金）。

一方、大学については、これまではどの大学でも高いレベルの教育を受けることを目標とし、全国レベルで大学の順位付けや競争がなされることがなく、先端研究が少数の大学に集中するということもなかった。しかし、近年では連邦政府が国としてどういった研究開発を行うべきかを

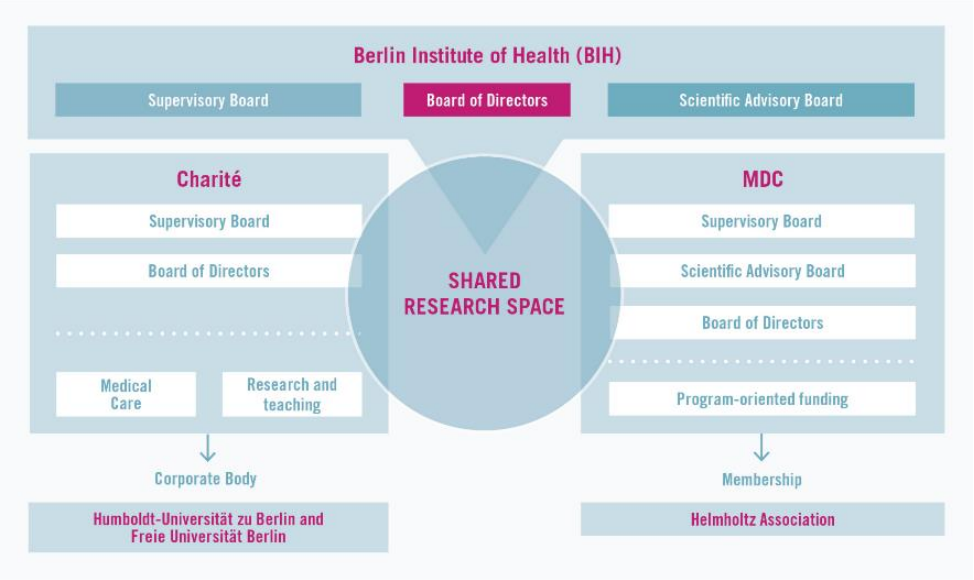
はっきりと戦略として打ち出し、エリート大学を選抜しようとする動きがみられるようになった。2006 年に連邦政府は、英米等の大学に対抗できる高度な教育優れた研究を行う、選ばれた少数の大学に集中的に助成を行う研究拠点プログラム「エクセレンス・イニシアティブ（EI）」を開始した。2 期 12 年に渡った同プログラムでは州立の総合大学 104 校の中から 11 大学がエクセレンス大学に認定された。後継プログラムとして「エクセレンス・ストラテジー（ES）」の公募が始まり、2019 年からは助成がスタートする。ES は 7 年ごとの審査はあるものの時限プログラムではなく恒久的なプログラムとして制度化された。エクセレンス大学は概ね 10 校程度になる見込みである。

従来は連邦政府の大学への直接助成を認めていなかったが、2014 年の法改正により、州の合意があれば連邦政府が共同で様々な措置を展開できる道も開かれた。

THE 世界大学ランキング 2019 では、ミュンヘン大学が 32 位、ミュンヘン工科大学が 44 位、ハイデルベルグ大学が 47 位、QS 世界大学ランキング 2019 では、ミュンヘン工科大学が 61 位、ミュンヘン大学が 62 位、ハイデルベルグ大学が 64 位と、米国や英国の大学と比較すると劣る結果となっている。

このような状況であることから、研究協会傘下の研究所で研究を行いながら、博士号を大学から得ることがドイツではよく見られる。実際に研究協会と大学が隣接した、もしくは大学敷地内に立地していることが一般的である。例えば、マックス・プランク協会と大学学長会議は、2001 年にマックス・プランク国際大学院（International Max Planck Research School：IMPRS）を開設した。IMPRS では、両機関が共同で博士学位候補者に対するプログラムを提供し、研究協会の研究者が学生の指導・審査に関与できる。しかし、学位授与権は大学に帰属することに変わりなく、学位記にマックス・プランク協会の関与を記載するにとどまっている。ヘルムホルツ協会においては、カールスルーエ大学と同協会傘下の研究センターを 1 つの研究教育施設に統合する法律を 2009 年に作り、カールスルーエ工科大学が設立された。これは連邦とバーデン・ヴュルテンベルク州との合意に基づくもので、カールスルーエ工科大学は州立大学であると同時に、ヘルムホルツ協会の研究施設でもある。共同プログラムにとどまった IMPRS との大きな違いは、カールスルーエ工科大学が学位授与権を持つということである。

医療研究開発も研究協会を中心に行われているが、これらには臨床現場がないので、主に大学病院との連携が不可欠である。そのため、大学病院と研究協会傘下の研究所におけるクロスアポイントメント等の施策が導入されてきた。ベルリンでは、革新的テーマや橋渡し研究の推進のため、連邦政府の戦略でベルリン医学研究所（Berliner Institut für Gesundheitsforschung, Berlin Institute of Health：BIH）が 2013 年に設立された（図表 14）。これはベルリン医科大学シャリテと、ヘルムホルツ協会傘下のマックス・デルブリュック分子医学センター（MDC）による共同設立で、2013～18 の予算総額 3 億ユーロ強のうち 90%は連邦政府から、残る 10%は州政府から供与される。BIH 教授という合同ポスト（ジョイント・アポイントメント）があり、シャリテまたは MDC と BIH 教授のクロスアポイントメントが行われる。シャリテは大学とは別に自らの経営機関を持っているが、フンボルト大学とベルリン自由大学によって共同運営されている。



図表 14　ドイツの橋渡しシステム、大学病院とヘルムホルツ協会の協働

出典：ベルリン医学研究所提供資料

ヘルムホルツ協会のドイツ癌研究センター（DKFZ）とハイデルベルグ大学病院でも同様に、国立腫瘍センター（NCT）を設立して、橋渡しを担わせている。

このようにドイツのエコシステムは、先端研究は公的研究機関を中心に行い、教育は大学でと分担されているとみることもできる。

ドイツの有力企業をみると、自動車メーカーが比較的有名であるが、フォーチュン・グローバル 500 によれば、他に電機、化学、製薬、機械等の企業もランクインしている。製薬では、バイエルやベーリンガー・インゲルハイム、医療機器では Fresenius や Siemens といった日本の最大手より売上げの大きい会社が存在する。このようなグローバル企業を擁する一方、中小企業が全企業数の 99%を超えており、日本の産業構造とよく似ている。

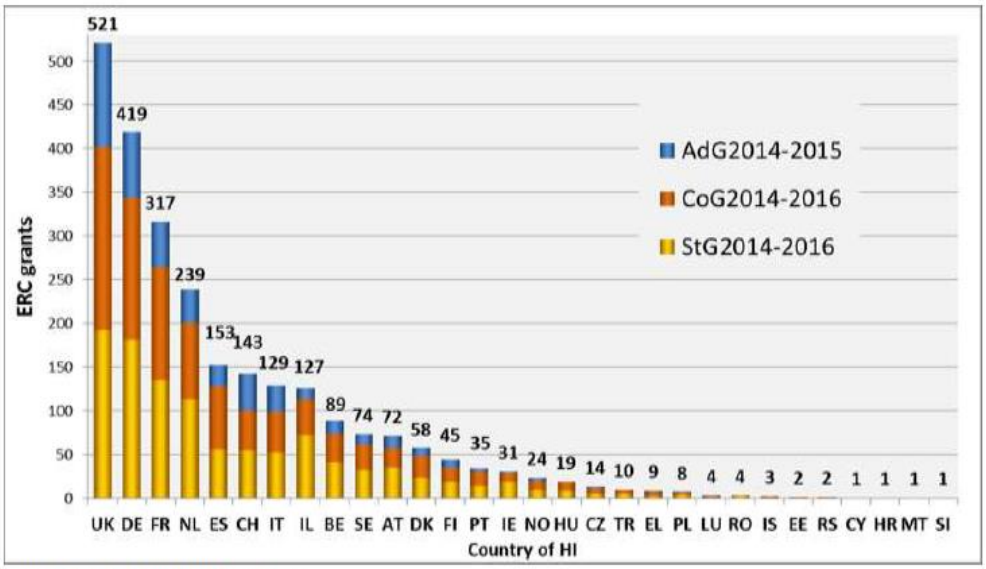
ドイツでは連邦制を活かした産学連携を促進するため、バイオ、ライフ分野からの起業支援と拠点型の地域ネットワークの創成を目指した最初のクラスタープログラムが 1996 年にスタートした。ビオ・レギオ（BioRegio, 1996 年～2000 年）と後継プログラムのビオ・プロファイル（Bio Profile, 2001 年～2005 年）は 1990 年代後半から 2000 年代初頭にドイツのバイオテクノロジー産業を活性化しただけでなく、起業ブームをもたらしたことで高く評価されている。助成期間中ドイツ研究振興協会（DFG）の生物・医学領域のうち約 5 割の研究助成金が 7 クラスター地域の大学および研究機関に拠出されたという実績は、産業だけでなく基礎研究も高いレベルで継続されてきたこととがわかる。2006 年からの「ハイテク戦略」の旗艦プログラム、「先端クラスター競争」は 3 回の採択ラウンドで計 15 のクラスターが選ばれ、そのうちバイオ分野ではミュンヘン地区の個別医療 BioM、他にハイデルベルク地域の創薬 BioRN、エアランゲン・ニュルンベルク地区の医工分野 Medical Valley が採択されている。現在は先端クラスター競争の助成は終了したものの、引き続き「クラスター国際化」プログラムを実施中で、公的な助成は続いている。このような取組はあるものの、全体として自動車や機械分野に比べると、ライフ、製薬分野の技術移転や産学連携は必ずしもうまくいっていないとも言われている。

【コラム】Horizon2020「卓越した科学」

英国、ドイツに共通して、エリート層は Horizon 2020 から資金を獲得している。そういう意味で、英国、ドイツの研究費は実はかなり多い（図表 15）。

一例として、Horizon2020 の 3 つの柱のうちの一つである「卓越した科学」を挙げたい。同柱を通じたファンディングは、世界に向けて広く公募する研究助成プログラム、未来新技術（FET）、国を移る人材の支援、および研究インフラの 4 本柱で構成されている。

この研究助成プログラムは、欧州研究会議（ERC）によって主宰されている。ERC の助成にあたっての審査基準は「科学上のエクセレンス」のみであり、所属する研究機関や研究者の国籍、研究分野を問わないことも特徴となっている。2007 年の設立以来、5,000 人以上の研究者が助成対象となっている。



Source: ERC Statistical Database.

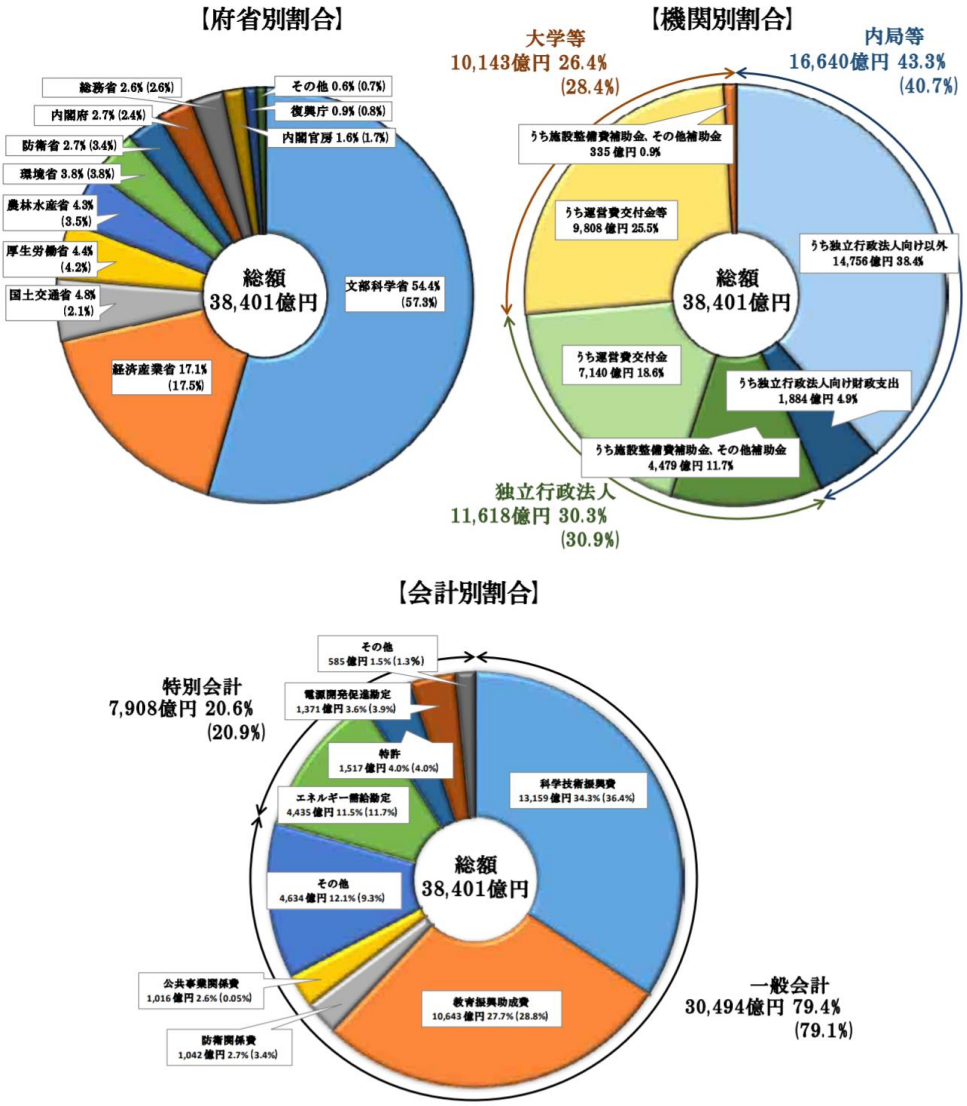
図表 15　ERC グラントの国毎の獲得状況

出典：EC COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT
INTERIM EVALUATION of HORIZON 2020 ANNEX 2

１．１．４　日本

１．１．４．１　研究資金

「科学技術関係予算」は 3.8 兆円となっている。図表 16 にその内訳を示す。これは、科学技術振興費の他、国立大学の運営費交付金・私学助成等のうち科学技術関係、科学技術を用いた新たな事業化の取組、新技術の実社会での実証試験、既存技術の実社会での普及促進の取組等に必要な経費全体を含むものである。



図表 16　平成 30 年度当初科学技術関係予算案

出典：内閣府 HP

「科学技術振興費（一般会計予算のうち主として歳出の目的が科学技術の振興にある経費）」が、科学研究に直接投資される予算であるが、約 1.3 兆円となっている（平成 30 年度当初予算）。ここには国立大学の運営費交付金は含まれない。宇宙、原子力、海洋といった大型研究から、理研、物質・材料、QST、防災、産総研、農研機構、ナショセン、NICT 等、さらには JST、AMED 等の国立研究開発法人の運営費交付金が大半をしめる。

運営費交付金には国立大学向け、研究開発法人向けがある。前者は 10,971 億円（30 年度）と平成 23 年度から 5%前後の変動で推移している。一方で国立研究開発法人の運営費交付金は、第 4 期科学技術基本計画が開始した平成 23 年度から平成 28 年度までに約 823 億円（約 12%）減少している。

競争的資金は科研費、JST、AMED を中心に 4,277 億円（平成 30 年度）、4,279 億円（29）とこの 5 年程度はほぼ横ばいである。

ライフサイエンス・臨床医学分野の研究費はどうであろうか。平成 30 年度 医療分野の研究開発関連予算は、AMED 向けに 1,266 億円（文科省 603、厚生労働省 475、経済産業省 183 等）、国研等の基盤経費（運営費交付金）として 759 億円（文科省 260、厚生労働省 414、経済産業省 85）となっている。

その他、生物関連研究は、JST の戦略的創造研究推進事業（434 億円の一部）やセンター・オブ・イノベーション（COI）プログラム等の拠点事業、世界トップレベルの研究拠点プログラム（WPI）、内閣府主導の SIP、ImPACT 等で取り組まれている。科研費でも年間予算 2,300 億円弱のうちの新規採択分 600 億円の 4 割が生物系への配布となっており、例年この傾向は変わらないことから、継続分も含め、大体全体の 4 割に当たる 900 億円程度が生物系に充当されていると捉えることができる。

1．1．4．2　主要な研究機関

科学研究の中心プレーヤーは国立大学、私立大学、国立研究開発法人である。

大学では、RU11 に属する大学や運営費交付金配分の 3 類型で卓越した教育研究型に指定された 16 大学が先端研究の主なプレーヤーとなる。国研では、理研、産総研、国立高度専門医療研究センター（ナショナルセンター）の 6 つの法人、農研機構等である。以下に、理研、産総研、国立高度専門医療研究センターの概要を記す。

理研

- 約 20 の研究センターとプログラム。4,000 人規模、966 億円、うち交付金 526 億円（2017）。
- ライフ分野は、研究スタッフ（テクニシャン含む）は、生命医科学研究センター360 名（約 55PI）、生命機能科学研究センター559 名（約 72PI）、脳神経科学研究センター380 名（約 33PI）。

産総研

- 約 45 の部門・センター。5,000 人規模（うち研究者 2,300 名、テクニカルスタッフ 1,500 名）、929 億円（2018）。
- 生命工学領域は 4 つの部門と 1 つのセンターで構成され、53 のグループ・チームに研究者はおよそ 250 名規模（全研究職員の 13%）。

国立高度専門医療研究センター

- 6 法人（国立がん研究センター、国立循環器病研究センター、国立精神・神経医療研究センター、国立国際医療研究センター、国立成育医療研究センター、国立長寿医療研究セン

ター）からなり、それぞれに病院と研究所を有する。

- 最も大きな国立がん研究センター研究所は、145 億円の研究予算（平成 28 年度）。6 つのグループ（21PI）と 1 つのセンター（15 の施設・部門）からなる。

１．１．５　総括と日本への示唆

このように、米国、英国、ドイツと三者三様のシステムを構築していることが見て取れる。

米国では、科学研究のシステムも資本主義（ビジネス）的で、競争環境によるお金と人材のターンオーバーが最大の特徴である。

英国では、REF などの影響もあり、競争環境激化している。オックスフォード大学、ケンブリッジ大学以外の各大学は強みに重点化が図られている。

ドイツでは、大学は教育、国研で研究、州政府（地方）毎のクラスター化、基礎研究に手厚いといった特徴が挙げられる。

英国、ドイツからの示唆はプレーヤー（大学、研究機関）の役割とファンディング機関のステージを明確にしていることである。

英国とドイツはライフサイエンス･臨床医学分野において､論文数でも同じような地位にあり、製薬や医療機器関連産業もともに活発である上に、国による基盤的経費と競争的資金の割合も比較的に似通っているが、その研究システムは全く異なっている。

英国は伝統的に大学（国立）の存在が非常に大きく、基礎研究で世界を牽引する。政府側はファンディング機関を英国研究・イノベーション機構（UKRI）の下に統合し、シナジーを効かせようとしている他、健康医療分野では UKRI 傘下の医学研究会議（MRC）と保健・社会福祉省（DHSC）傘下の国立衛生研究機構（NIHR）の間で、発見、トランスレーション（評価）、臨床（適用）、普及（病院支援）といったフェーズでの役割分担を描いている。もう一つの特徴は特に生物医学分野はチャリティが非常に充実しており、国と同等規模の研究資金を有しており、国のファンディング機関と協調して研究投資を行っていることである。

一方、ドイツは歴史的な背景から大学は地方政府が管轄しており、世界的に突出した存在感がない。代わりに国研であるマックス・プランク研究協会が基礎研究で世界的な地位を確立している。また、ヘルムホルツが疾患毎の出口を見据えた基礎研究と病院と協力してトランスレーション研究を実施、技術移転を任務とするフラウンホーファーや等国研がエコシステムを形成して基礎から応用までを役割（機能）分担しつつ広くカバーしている。基礎研究は基盤的経費が中心となっている。政府としての課題は研究における大学の存在を引き上げることである。もう一つの特徴は地方ごとの産学連携あるいはイノベーションの加速を支援するクラスターの存在である。

また、米国、英国、ドイツは国研を中心に息の長い研究を中長期的に取り組む環境が構築されている点で共通する。英国ではチャリティが国と同等あるいはそれ以上の資金を有しこれを支えているのに対し、ドイツでは国研と州立大学の役割分担により先端研究は国研で基盤的経費を元に集中的に実施するようになっている。また英独では国研と大学が物理的にも近くに位置し、国研の研究者にクロスアポイントメントで大学の籍をもたせることで、博士学生が研究所で研究しながら学位が取れるようになっている点でも共通する。

米国の大学等研究機関は、グラントの間接経費とエンダウメント（寄付を中心とした基金）を元に組織運営を行っている。間接経費は医学系は 60～100%、生命科学系は 35～40%。教育義務

のある学部の独立研究室主宰者（PI）は大学から 9 か月分の給与、残り 3 か月分は外部の研究グラントから。医科学大学院（Medical School）の PI は研究に集中できるが、大学からは 3 か月分の給与のみ支給される形となっている。

大学等研究機関は新任 PI にスタートアップ研究資金を支給する。NIH の R01（NIH の外部グラントの 5 割を占める PI 向けグラント）を中心に研究が回っている。PI はグラントを獲得し、大学に間接経費を納める（納められないと基本給与が減額されるなど実質的な圧力がかかっている）。

一方、英国の大学の研究室でも基盤的経費はほとんど存在せず、ラボの運営は競争的資金でまかなわれているため、同じ研究科でも 5 人のラボもあれば 50 名のラボもあるとの話であった。ただし、PI の給与は機関から支給される点で米国と異なる。一般的に大学のスタッフは教育、研究、運営の 3 種でエフォートが管理されており、オックスフォード大学、ケンブリッジ大学を除く一般的な大学では、研究する人と教える人が分かれていることが多い。研究費を獲得できないスタッフは教育に専念することになる。ドイツでも、先端研究をしたければ競争的資金を取らなければできないという状況は同じであったが、教授の元にはジュニアプロフェッサー（日本の助教に相当）が 3 人、テクニシャンが 2 人程度がつく他、年間 25 千ユーロが支給される等恵まれた環境にあるという話もあった。

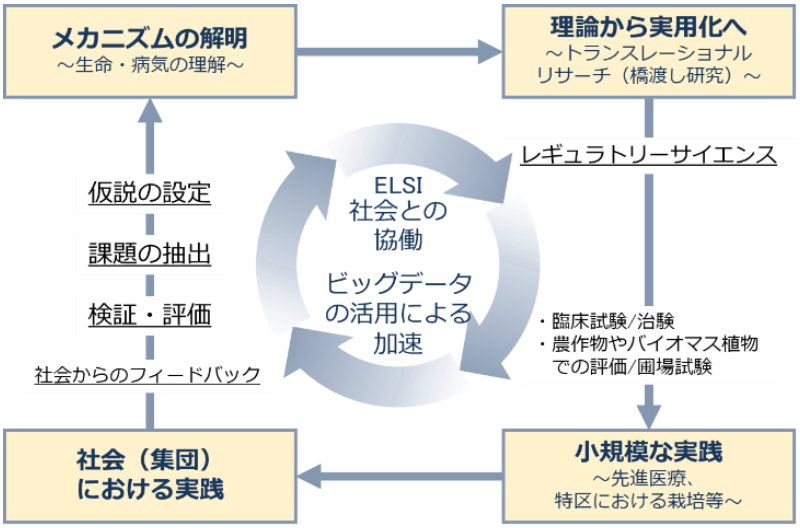
英国、ドイツに共通する話として、論文を中心とした基礎研究のアウトプットは高いものがあるが、それらと社会への還元（イノベーション）とのギャップを課題としている。英国の BBSRC や ESPRC では近年社会課題解決型の提案の受けが良くなっているとのことであった。

日本はこれまでよく言えば、バランスと平等を重視し、悪く言えば総花的であったといえる。予算が頭打ちになり、研究コストが上がっていく中でこの方向性は、限界がきたと言わざるを得ない。ライフ・医学の分野で世界と戦っていくためには先端研究を行う研究所・研究センターを定め、ある程度人材と予算を集中せざるを得ない状況にきている。

文科省は 2016 年度から、国立大学を 3 タイプに機能分化させた。また世界最高水準の教育研究活動の展開が相当程度見込まれる国立大学法人を指定国立大学法人として制度も始まった。国の大学改革の方針の下、大学を統合する動きも出ている。

日本は内閣府、文部科学省、経済産業省、厚生労働省、農林水産省等それぞれが研究予算と研究機関を所管していることから、これらの相乗効果を効かせるべく、総合科学技術イノベーション会議や健康医療戦略本部の下、全体を可視化し、基盤的経費と競争的資金、大学と国研の機能分担、研究フェーズ（基礎研究とイノベーション）のエコシステム・バランスを検討したいところである。

健康医療分野で言えば、発見・発明、トランスレーショナル（評価・橋渡し）、臨床、社会の 4 つのフェーズとその循環に対し、どの機関がどこを担当しているか、基礎生命科学と医科学の接続も含め全体の政策と研究のエコシステムを構築すべきである（図表 17）。この際、単純な分業ではなく、循環型エコシステムを踏まえた上で、時間軸や研究のダイナミクスも考慮した協働が必要である。



図表 17　政策立案と研究現場の循環型エコシステムの構築

出典：CRDS 作成

1．2　研究人材（キャリアパス、国際性）

OECD の統計によると、大学・公的機関の研究者数（フルタイム換算）は、日本が 16.7 万人（総数 35.2 万人）、ドイツ 15.6 万人、英国 17.6 万人とほとんど変わらない。

日本と主要国の修士、博士課程の人材の規模は図表 18 の通りである。理農工系の学科では修士時点では、日、英、独で規模は大きく変わらないが、日本は博士課程で大きく減ることが見て取れる。言い換えると、欧米においては、理工系の学部ではほとんどの学生が博士号取得のために博士課程に進学するといえる。

	理農工 修士課程	理農工 博士課程	医歯薬保健 修士課程	医歯薬保健 博士課程
日本	44,100	5,941	4,724	6,099
英国	50,500	11,430	24,915	3,600
ドイツ	45,911	13,187	2,122	7,733
フランス	28,628	7,014	10,435	347
米国	115,248	29,727	97,403	67,448
韓国	18,840	5,378	8,037	2,056

図表 18　博士課程人材の国際比較
出典：文部科学省「諸外国の教育統計」を基に CRDS 作成

欧米で共通して言えることは、大学院生は、基本的に博士（後期）課程になると、生活する上で十分な研究奨励金（実質的に給与・生活費）が支払われるのが通常である。この費用は PI である研究者個人が獲得するグラントの中に含める、あるいは研究所（又は大学の部局）の基盤経費としてまとめて計上するようになっており、博士課程学生も含めてグラントの中に人件費も入っている。

研究を行う職については原則公募とし、広く資質・能力のある研究者に公平な雇用機会を提供する。特に優れた若手研究者がその能力を最大限確保できるよう、若手研究者の自立性を確保する。従って採用する側も自ずと選考が厳しくなり、人気のある機関には多くの学生やポスドクが応募し、競争率も高くなり、必然的に優秀な人材が集まるようになっている。

また、多くの大学・研究所では、独立 PI 制をとっており、若手研究者がグループリーダーという形で早いうちに独立して自分の研究を進められる環境、支援体制が整っている。具体的には、ポスドク向けに若手の登竜門として、様々な機関・組織が提供するフェローシップ制度があり、優秀な学生はこれを獲得しにいくのが通常である。フェローシップにも 2 種類あり、応募者（ポスドク）の生活費・研究費を支給するものと、それも含めジュニア PI となりラボを運営できるタイプのものがある。後者を獲得した者は、人員 4～5 名（本人、ポスドク 1 人または 2 人、院生 1 人、テクニシャン 1 人の構成）に加え、研究費が 1,000 万円～2,000 万円／年でラボを運営するものが一般的である。5 年で中間評価があり、厳しい審査を経た上で、プラス 5 年でその後いわゆるテニュアになるといったものである。

大学では教授、研究所ではディレクタークラスを除く多くの研究者は任期付きでの採用が標準

であり、世界中の研究機関を渡り歩いている。この人材循環は英語という共通言語を背景に欧米で同じ任期システムをとっているため、受け皿が欧米の全研究機関となっていることから成立する仕組みともいえる。必然、米国、英国、ドイツともに先端の研究に取り組むラボを構成するメンバーが非常に多国籍である。英国では、大学院学生の 38%及びアカデミック・スタッフの 29%は外国籍との報告がある（Higher Education in Facts & Figures 2017）。ドイツは大学はこれほどではないが、マックス・プランク等の研究所は同程度以上の多国籍な構成となっている。

もう一つ大きな違いは博士人材、ポスドク、ジュニア PI のキャリアパスが多様であることである。博士人材が多彩なところで就職できる土壌・文化がある。半数以上が企業を含めアカデミアの外に出る。

これらについてそれぞれの国の状況を見てみる。

１．２．１　米国

アカデミックな研究職では、博士号取得後、ポスドクを経て、テニュア・トラック助教（Assistant Professor）として PI になり、5 年間ほどの審査期間を経て、テニュアの准教授（Associate Professor）になるというのが標準（成功）モデルのようである。ただし、テニュアトラックにおいて、審査の行われる時期は大学によって異なる。助教から准教授となる時に審査がある大学あれば、准教授から教授となるときに審査がある大学もある。

欧米に共通して、自分の学位を取った大学などにそのまま留まることは避けるべきだという雰囲気がある。博士号取得後 3-7 年間のポスドクとして研究員期間を終えた後、独立するケースが多い。ハーバードでは、ポスドクは 5 年までという暗黙のルールがあるという話もあった。

一定期間のポスドク経験の後、様々な大学の PI ポジション（助教等）に応募する。仮に採用となれば、助教として 5 年間小規模のラボの運営を任され、その後学内審査を経て、雇用保障（テニア）ポジションがとれれば、准教授となることが標準である。

独立を準備するポスドク（博士課程修了後 4 年以内）向けグラントとして、NIH K99/R00 が用意されている。メンターフェーズ（K99）と独立フェーズ（R00）の 2 段階からなり最大 5 年の支援がある。K99 を獲得したするポスドクが PI になり独立すると R00 に切り替わり、年間最大 24.9 万ドルが支給される。NIH の統計データによると、年間約 1,000 件の申請に対し、25-30%の採択率で推移している。

K99 をもっていない研究者の場合、PI になると大学からスタートップ研究費として 2,000～2,500 万円×3-4 年ほどの資金が与えられる。これは大学の基金（間接経費や寄付、投資のリターンなど）から支出される。これは大学等としては先行投資であり、この PI が後に NIH の個人研究プロジェクトグラント R01 等をとると、間接経費として年 1,500 万円返ってくるので、元が取れるという算段である。

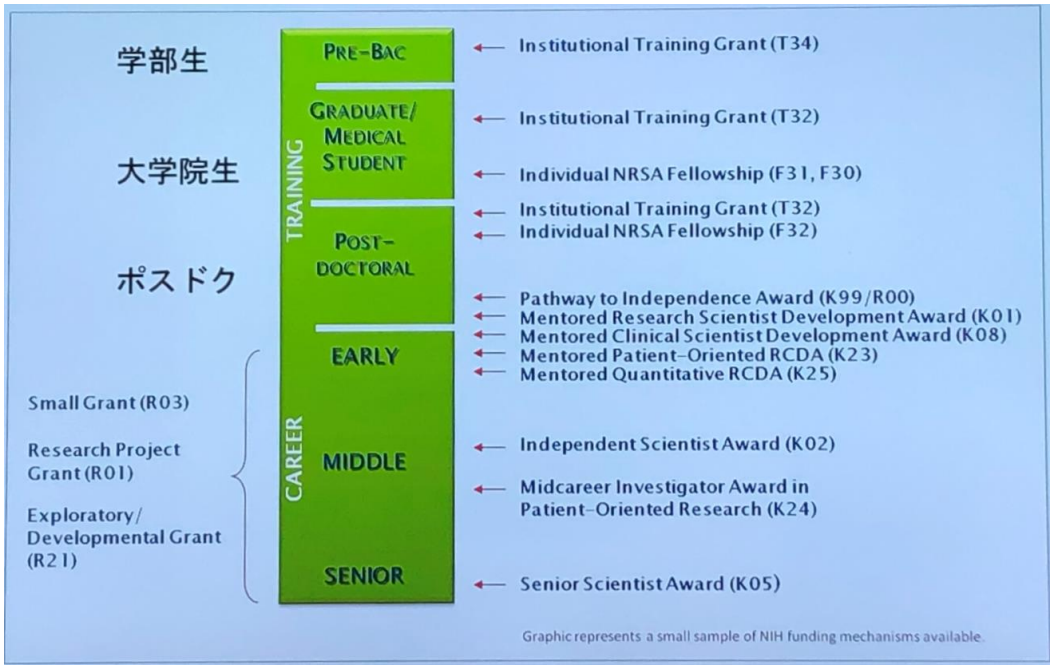
米国の研究制度の中で独立した一人の研究者（テニュア）としてやっていく上で最も重要なことは、自分のグラントを持つことである。生物医学系の場合、R01 を獲ることが求められる。

通常 PI の給料の一定部分はグラントから来る場合が多い。例えば、カリフォルニア大学サンフランシスコ校のメディカルスクールでは 25%が大学保証、残りは外部資金から充当することになっている。従って外部グラントがとれないと、人を雇えない、自分の給料を払えないという環

境に陥る。逆に学部生の多いカリフォルニア大学バークレー校では、PI が講義を担当することが多く、その場合には、PI の給与の 75%は大学が保証、25%が外部資金から獲得するといった具合である。

米国の課題は、最初の R01 獲得の年齢が上がってきていることである。46 歳未満の PhD-PI は資金調達の割合が低くなる一方で、55 歳以上の PI はますます高くなっている。すべての年齢の MD-PI の数が増加しているのに対し、若い PhD-PI の数は減少していることである。

NIH だけをとってみても、博士学生やポスドク向けのトレーニング・グラントやフェローシップが非常に充実している（図表 19）。学生向けには組織が獲得し給与として支給するもの、ポスドク向けには個人で獲得するフェローシップなどである。



図表 19　NIH のキャリアステージに応じた人材育成・開発支援プログラム

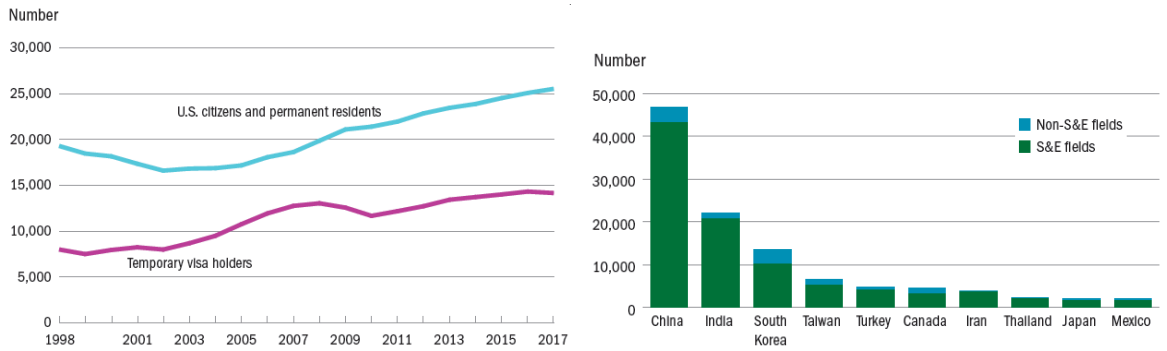
出典：NIH/NICHD　外山玲子先生提供資料

米国で独特なのは、学部生が大学院に入る際に、学部からストレートに入らずに、技術補佐（テクニシャン見習い）などとして研究室で 2 年ほどの経験を積んでから大学院を受けて入って来る場合が多いことである。大学院の面接で研究経験をアピールするのである。研究側から見ると若い研究補助員が各ラボにいることになる。

大学院では、大学院生が自分にあった研究室を探すためのローテーションシステムが導入されているところが多い。例えば、ロックフェラーのローテーションは、大学院生 1 年目に経験したい研究室の数や期間を自由に決められる。2 年目以降、指導教官とうまく合わなければ、他のラボに鞍替えすることもできる。学位論文のための研究（Thesis project）に取りかかってからも、年一回、指導教官以外の最低 2 名の教官と研究の進捗状況をディスカッションする学位論文委員会（thesis committee meeting）が必須となっている。

NSF が発行している、Doctorate Recipients from U.S. Universities から数字を取り上げてみる。図表 20 では、毎年の理工系の博士号取得者の数（米国籍と外国人）の推移と外国籍の内訳

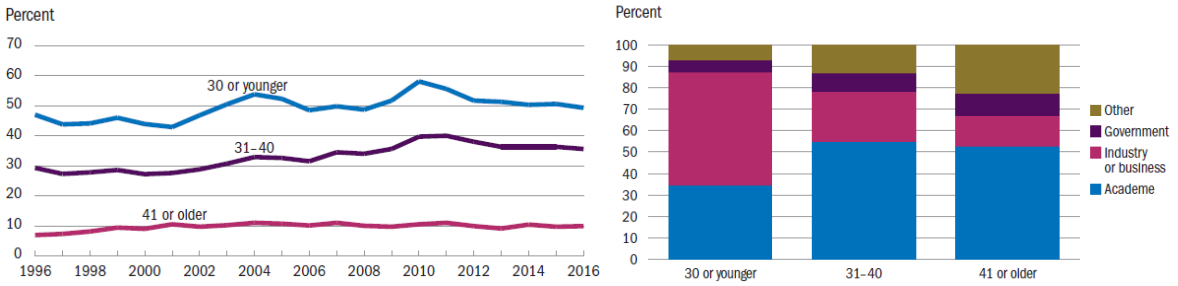
（2008-2017 の積算）を示している。4 万人程度のうち、4 割弱が外国籍となり、中国、インド、韓国人がその大半を占める。



図表 20　米国における理工系博士号取得数の推移（左）と外国籍の内訳（2008-2017 の積算）（右）

出典：NSF Doctorate Recipients from U.S. Universities

図表 21 左図は、博士号取得者のうちポスドクに進む研究者の割合が博士号取得時の年齢別に示されている。さらに右図はポスドクに進まなかった者のキャリアが年齢別に示されている。

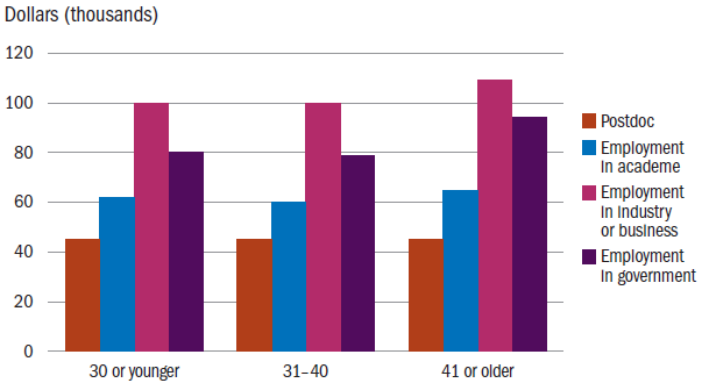


図表 21　ポスドクに進む研究者の割合（博士号取得時の年齢別）（左）とポスドクに進まなかった者のキャリア（年齢別）（右）

出典：NSF Doctorate Recipients from U.S. Universities

若ければ若いほどポスドクに進む率が高いこと（30 歳以下では約半数）、ポスドク以外では、30 歳以下では、産業界への転出が、30 歳を超えると研究職以外のアカデミアでのキャリアが半数を占めることが見て取れる。参考までに図表 22 にそれぞれの職種における平均的な基本給が示す。ポスドクの基本給は約 4 万ドルで 4 つの職種で最も低いことが見て取れる。

さらに、ポスドクの 8～9%がアカデミックキャリアパスへと進むと言われている。



図表 22　平均的な基本給
出典：NSF Doctorate Recipients from U.S. Universities

最近の生物医学分野のデータ駆動型、ビッグサイエンス化の結果、個人ラボでできることが少なくなってきており、バイオロジーのアカデミック研究エコシステムはこのままではもたないという声が出始めている。米国の生物学会全体として、PI の個人ラボは当然あってもいいが、その部分を縮小して、スタッフサイエンティストの割合を増やそうということが今言われている。

また､医科学分野の研究において、米国では PhD の研究者の立場も強く、MD と PhD 協力しながら研究を進めるケースが多い。研究課題が複雑になるなか、MD が臨床をしながら研究を行うのは難しくなりつつあり、医科学研究の現場では多くの PhD が活躍するようになってきている。

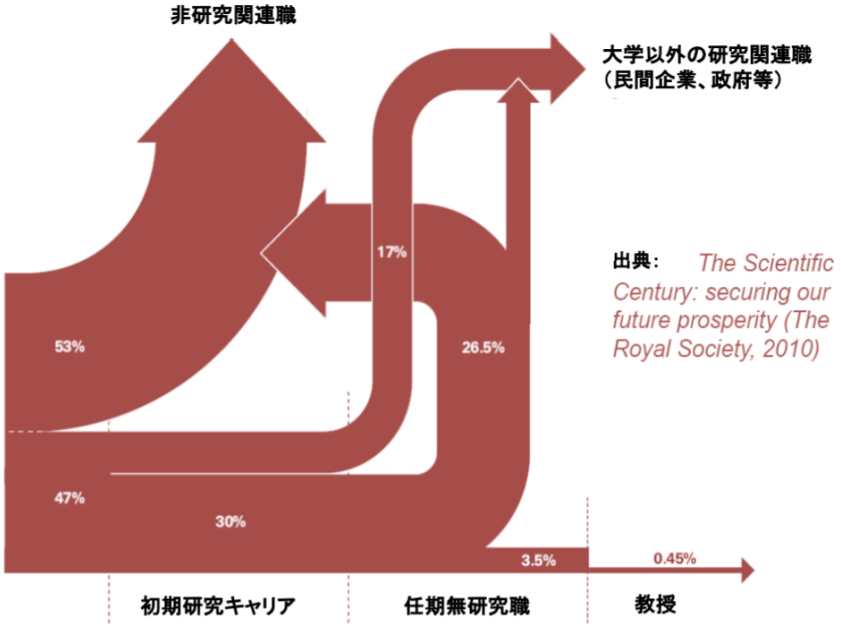
1．2．2　英国

英国では、最初から博士に行くことを考えている学生は、学部 3 年、博士 3 年の最短 6 年で PhD を取得している。ただし、たいていの院生は 4 年近くかかって博士号を取る。例外もあり、エジンバラ大学では、学部 3 年の後、1 年マスターの期間があり、その後 3 年で博士取得となっている。

学費は高く増加傾向にある。2012/13 年度から、それまでの 3 倍近い、最高で年間 9,000 ポンドの授業料を課せる新授業料制度が実施された。現状ではほとんどの大学が上限の額を課している。UK/EU 国籍保持者とそれ以外の国籍保持者とで学費は異なり、域外の学生は域内の学生の通約 2 倍程の学費を支払う設定となっている。学部の学費はどこの大学でも同じだが、修士以上は大学によってかなり差があり、学内でも学科と取得する学位の名称によって金額が異なる。

UK/EU 国籍保持者には様々な形の奨学金（studentship）がある。奨学金は一般的に、学費、生活費、および少しの研究費が出ることになっている。ただし、EU 外からの学生は、政府奨学金等を持っている場合が多い。学費と生活費が出ることもあるし、学費のみ支給されてるが、UK 学費に足りない場合等は、相談のうえ、変更があることもあるようである。

英国王立協会のデータによれば、英国では博士号取得者の 5 割が、直後に科学の現場を離れ、企業に就職等する（図表 23）。研究に進む 5 割のうち 6 割がいずれかの段階で大学でテニュアのポストを得て、残りは政府系機関や企業における研究者となる。退職時まで大学に残る者は 3.5%しかいない。



図表 23　英国の博士号取得者のキャリアパス
出典：書籍「世界が競う次世代リーダーの養成」永野博著　近代科学社

英国における優秀なポスドクに対する支援制度の代表的なものは英国王立協会が主宰するユニバーシティ・リサーチ・フェローシップ（URFs）であるが、その他にも各研究会議やチャリティ、大学毎に将来、指導的立場にたつ可能性のある卓越し若手研究者、独立して研究できる能力を身に付けさせるためのフェローシップを設けている（図表 24）。URFs は、これまで 35 年間運営されているフェローシップである。採択率は 8%で、年間 500 人以上の応募がある。ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）からの予算では、33 人～35 人のフェローを採用することが可能である。それ以外に、グローバル・チャレンジ研究基金（GCRF）からの追加予算、民間基金（地球環境）、アイルランド科学財団（Science Foundation Ireland）からの資金、TATA フェローシップからの資金（3 名分）を含め、2017 年は 57 人を URFs で採用している。

採用数は王立協会の約 35 名／年を筆頭に、各フェローシップともに数名から十数名となっている。

	名称	主催者	対象・資格	支援内容（期間・資金等）		備考
英国	ユニバーシティ・リサーチ・フェローシップ (URFs)	The Royal Society	博士取得後3-8年	５年間+３年間（審査付き）	給与+研究費（人件費、設備費）	全分野
	Sir Henry Dale Fellowships	Wellcome Trust/Royal Society	博士号取得後の研究経験	５年間+３年間（審査付き）	給与＋研究員	医学
	Sir Henry Wellcome Postdoctoral Fellowships	Wellcome Trust	早期キャリア研究者	4年	30万ポンド（給与+研究費）	
	Clinical Research Career Development Fellowships	Wellcome Trust	ポスドクの初期	最大４年	研究費と給与 最大100万ポンド	
	Career Development Fellowship	Cancer Research UK	3～8年のポスドク経験	最長6年間	本人、ポスドク1名、技術者1名の給料、関連するランニングコスト、機器のコスト最大2万5千ポンド+α	
	Future Leaders Fellowship	UKRI	初期のキャリア研究者やイノベーター	４ + 3モデルで7年間	研究、スタッフおよびトレーニング費用を含む包括的なサポートパッケージ	全分野
	早期キャリアフェローシップ	EPSRC	博士取得後の年限は問わない	最大5年間	給与+研究費+研究スタッフ+研究機器	ヘルスケア技術
	Postdoctoral Fellowship	EPSRC	博士号の取得	3年間		ヘルスケア技術
	Discovery Fellowships	BBSRC	博士取得後5年以内	3年間	給与+研究費（ただし機材はダメ）	
	デイヴィッド・フィリップス・フェローシップ	BBSRC	3年間のポスドク経験	5年間	給与、５人分の人件費、100万ポンド	
	Career Development Award	MRC	ポスドク	最大5年間	給与+研究費+研究スタッフ+研究機器	

図表 24　英国における若手（ポスドク）支援制度

出典：様々な資料を基に CRDS 作成

英国ではポスドクを終えて大学の職に応募したり、独立するためのフェローシップをもらうためには外国での研究歴を持っていると有利になるので、良くできる学生は、外国とくに米国でポスドクとしての研究経験を積むことが多いとのことであった。

英国最大の生物医学研究所であるフランシス・クリック研究所は、若手人材を育成し、英国含めてた EU に送り出すことをミッションの一つとしている。ここをハブとして、英国あるいは欧州のサイエンスを育て、国際的な人のつながり（ネットワーク）を構築する。研究者は最大でも10～12 年（2 回更新）の在籍とし、人材が流動するような組織作りをしている。研究分野やテーマでなく人材のポテンシャルに注目してリクルートし、テニュアポストの競争ではなくお互いが協力するような組織の設計をしているとのことであった。

１．２．３　ドイツ

州立大学の教育課程については、学士 3 年、修士 2 年、博士 4-5 年が一般的となっている。特徴は原則授業料が無償であることである。これは外国人も例外ではない。

ドイツ大学科学研究センター（Deutsche Znetrum für Hochschul- und Wis-senshcaftsforschung; DZHW）による連邦教育研究省（BMBF）委託の若手研究者に関する調査によると、博士のキャリアパスにドイツの特長が見て取れる。博士取得後のキャリアについては、アカデミアに残る意思があるとしたのは僅か 22%で、55%が残る意思がない 23%が決めていないと回答した。実際、博士取得後 2 年間で就労しているのは約 9 割で、うち 1/3 がアカデ

ミアとなっており、概ね希望の通りとなっている。9 割の就労者をもう少し詳しくみると、研究職 42%、58%がそれ以外となっている。研究職のうち、48%が大学や研究機関等のアカデミア、52%は企業等で就労している。

フルタイムの研究者で比較すると、アカデミア研究者の平均給与が 4,655 ユーロ／月、企業研究者の給与が 6,173 ユーロ／月となっている。

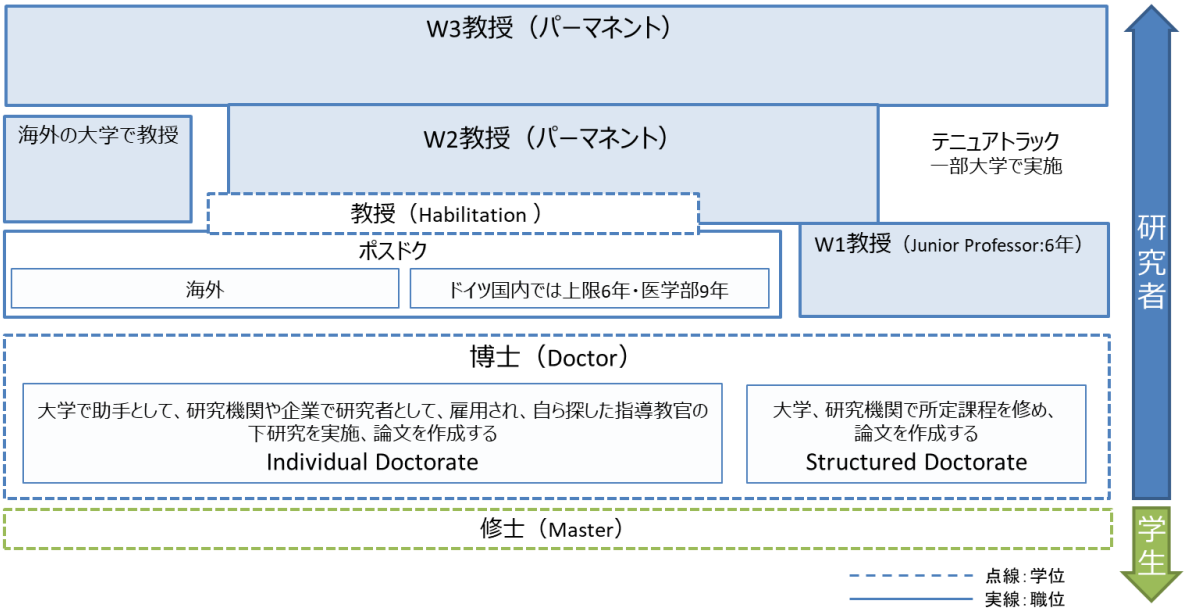
その他のデータとしては、ドイツ人の博士取得時の平均年齢は 32 歳、女性比率は 46 %である。ドイツでは 60 万 4,000 人あまりの就業中の博士号取得者のうち、大学で教職・研究職に就いているのは僅か 91,000 人（2016 年）である。

ドイツでは、研究者がドイツ内の期限付きポジションで研究できる期間を 12 年までと制限している。期限までに教授職または期限なしの研究職ポストに就けなければ国外に出るか、アカデミックの道はあきらめる。この 12 年には博士課程も含まれる。もし 4 年で博士課程を終えて学位を取得したとしたら、猶予は 8 年となる。これは学位を外国で取得した場合（例えば日本で取得した場合）も同様にカウントされる。このルールには幾つかの複雑な例外規定がある。例えば、ドイツ国外でのポスドクとして雇用されていた期間や、ポスドク時代に自分の給料を奨学金や研究グラントで賄っていた期間はカウントされない。必然的に若いうちからキャリアを真剣にかつ現実的に考える風潮があり、アカデミックな職を目指す人は若いうちに他の国へ積極的にポスドクに行く傾向も見られる。

ちなみに米国の場合、日本の修士を持っていても博士課程（5 年）は短縮されないが、ドイツでは修士後、博士課程（3 年）に進むので、日本で修士、ドイツで博士（3 年）が可能となっている。

ドイツでは同じ大学で助教・准教授・教授と昇進できるテニュアトラック制度が一般的ではない。またポスドクから助教・准教授および准教授から教授になるに際して、同一の大学での昇任は認められていない。ポスドク後は、ハビリタチオンを取得する、またはジュニア・プロフェッサーに就く、もしくは外部資金から助成を受けて独立した研究グループを持つ若手研究グループリーダー（Junior Research Group Leader）に就き、その後教授職を獲得する（図表 25）。

優秀なポスドクは多くの場合、助教相当のポジションで PI として自分の研究グループを持つことができる。しかし、この職はほとんどの場合 5−6 年の年限付きなので、この間になるべく多くの研究費を取り、論文を出し、今度は年限なしの独立准教授相当（W2）または教授相当（W3）の職を得るべく応募と面接を繰り返す。W3 の職を得るのに W2 の経験は問われない。同じ大学で昇進できることは稀なのでドイツ全国、さらには欧州全土にまで視野を広げて公募情報を集める。優秀な人材を早い段階で招致しようと、ドイツでも近年テニュアトラック制を取り入れる大学が増えてきた。



図表 25　ドイツ研究者のキャリアパス

出典：日本フンボルト協会「ドイツの学術研究の動向」

ドイツにおける若手支援制度を図表 26 にまとめた。

若手（ポスドク）キャリア支援としては、下記の 2 つが代表的なものである。

1. エミー・ネーター奨学金：ドイツ研究振興会（DFG）
   - 博士取得後 4 年以内
   - 任期 5 年間（自分で受け入れ機関を選んでグループリーダーとして研究を行う）
   - 給与 7.2 万ユーロ／年
2. マックス・プランク研究グループリーダープログラム：マックス・プランク研究協会
   - PhD 取得後 7 年以内
   - 任期 5＋2＋2 年の最長 9 年
   - 研究費 35 万ユーロ／年（約 4,500 万円）
   - 現在 120 人程度

また、初期のポスドク独立支援（給与＋研究費）としてはハイゼンベルクプログラム：ドイツ研究振興会（DFG）がある。

- 大学教授資格取得要件を備えた研究者対象
- 任期 5 年間（国内の大学においてテニアトラックとして扱われる）
- 給与 8.58 万ユーロ／年

	名称	主催者	対象・資格	支援内容（期間・資金等）		備考
ドイツ	エミー・ネーター・プログラム	DFG	・博士号取得から原則として2～4年のポスドク ・国際的な研究キャリア	原則5年間		早期自立の機会を提供
	ハイゼンベルク・プログラム	DFG	大学教授資格取得要件を備えた研究者	原則5年間		4つの資金調達タイプ 国内外問わず
	研究グループリーダープログラム	マックスプランク	博士号取得後７年以内 １～２回ポスドク経験者	５年、２年＋２年の２回の更新を経て合計９年		

図表 26　ドイツにおける若手（ポスドク）支援制度
出典：様々な資料を基に CRDS 作成

現時点では授業料がないことに加え、大学院生になると給料が支給される。博士課程学生とも正規の雇用契約を結ぶので、健康保険、失業保険、年金等も負担しないといけないので雇う側からすると大変だが、学生にとっては生活費の心配をしないで良いので研究に興味のある学生は迷うことなく博士課程に進学できるとのことであった。

給与について、マックス・プランク研究所では、以下を一例として示された。博士課程学生の給与は、規定でポスドク（E13）の 65%から 75%と決められている（残りは勉強の時間に充てていると見なされているため）。

グループリーダー：95,000 ユーロ、ポスドク：75,000 ユーロ、テクニシャン：59,000 ユーロ、大学院生：40,000 ユーロ

１．２．４　EU

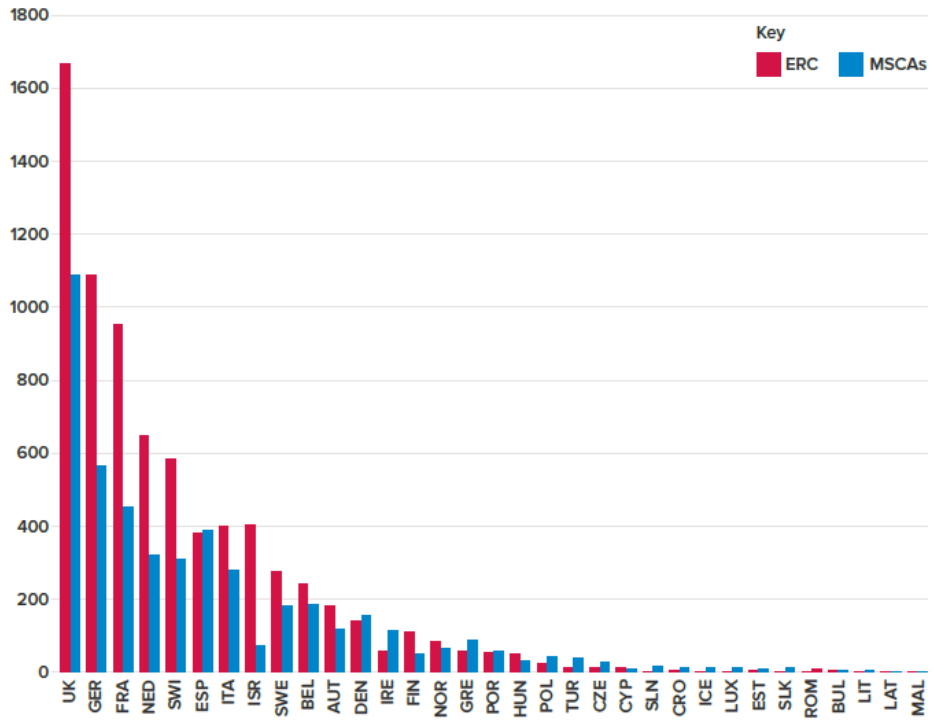
EU の Horizon2020 では、「卓越した科学」において、国を移る人材の支援と若手向けの研究グラントが推進されている。

1.　若手（ポスドク）キャリア支援

図表 27 のような代表的なフェローシップは同じ国に留まって研究する場合は取得できない場合が多いので、国外で研究することが奨励されていることになる。MSCAs（マリー・スクウォドフスカ＝キュリーアクション）は、欧州域内の他の国で研究キャリアを積もうとする研究者、あるいは欧州域外から欧州域内に移住して研究キャリアを積もうとする研究者等を支援するプログラムで、博士課程の学生からシニアの研究者まで、さまざまなステージにある研究者に対する支援を行っている。MSCAs の国別配分を見ると、図表 28 のように英国とドイツが中心となっている。

	名称	対象・資格	支援内容（期間・資金等）		備考
EU	マーキュリー・フェローシップ	移動する研究者 博士号または少なくとも4年間のフルタイムのリサーチ経験	2年		国の移動
	ERC スターティング・グラント	博士号取得後2~7年			
HFSP	ポストドクターフェローシップ	博士号と異なる新しい研究分野に進出する	3年	~300,000 EUR	
	Young Investigator Grant	博士号を受け10年以内			
EMBO	Long Term Fellowship	博士号取得後2年	2年		国の移動

図表 27　EU における若手（ポスドク）支援制度
出典：様々な資料を基に CRDS 作成



図表 28　FP7 期（2007-2013 年）の ERC および MSCAs の国別採択（獲得）数
出典：王立協会のレポート

2.　若手助成グラント

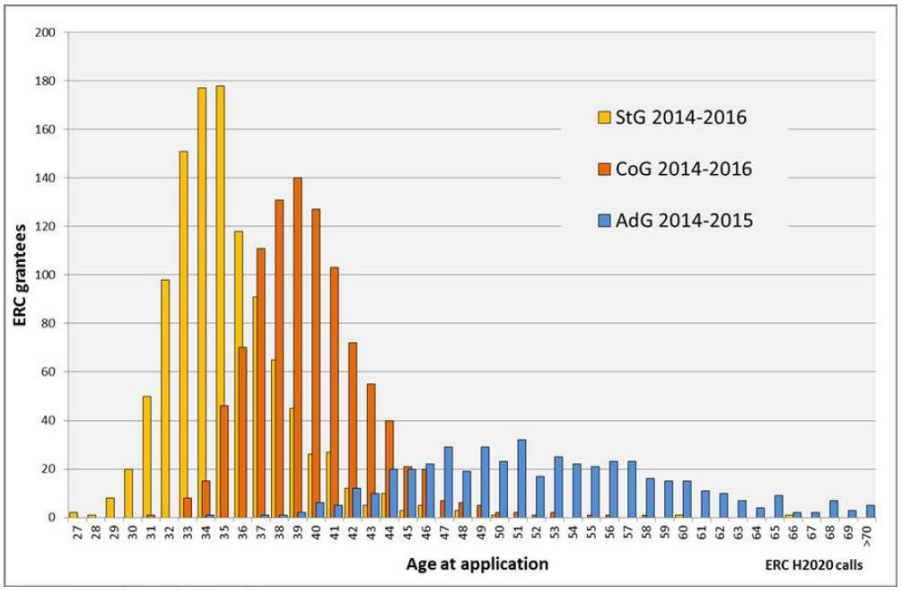
Horizon 2020 の下では、欧州研究会議（ERC）の下、基礎研究に 5 種類のプログラム（Starting Grants（StG）、Consolidator Grants（CoG）、Advanced Grants（AdG）、Proof of Concept、Synergy Grants を運営しているが、そのうち Starting Grants と Consolidator Grants が若手育成を目的としたものである。

Starting Grant：博士号取得後 2 年以上 7 年以下（ポスドク向け）150 万ユーロ／5 年間
Consolidator Grants（独立移行助成）： 7 年以上 12 年以下 200 万ユーロ／5 年間
両グラントに共通する特徴は下記の通りである。

- 学際的、新興分野、ハイリスクハインパクトな研究を助成
- ボトムアップ・研究者の興味に基づくテーマを対象

- 科学的エクセレンスのみを評価対象とする
- 全ての研究分野、研究者主導型フロンティアを対象
- 国籍制限なし（研究場所は欧州内）

種別採択年齢を見ると、45 歳以下に集中していることが見て取れる（図表 29）。



Source: ERC Statistical Database.

図表 29　ERC グラントの種別採択年齢

出典：EC：COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT
INTERIM EVALUATION of HORIZON 2020 ANNEX 2

【コラム】欧州分子生物学研究所（European Molecular Biology Laboratories：EMBL）

EMBL は、基礎研究、サービス（研究インフラ、人材育成、新規機器の開発、技術移転の 5 つをミッションとする欧州各国の拠出金により設立運営されている研究機関である。英国フランシス・クリック研究所や米国 BIOHUB のモデルにもなった。

日本においてもこのような研究だけではなく、ファシリティサービスや人材育成、産学連携をワンストップで行えるような研究機関の存在が必要となっているのではないか。もしくは日本もオーストラリアのように EMBL に准加盟し、積極的に人材交流を図るというのも一つの手である。

1. EMBL 概要

- 1974 年に創立。当時は米国が経済性優位を楯に研究者を集めていたため、欧州にも米国に対抗しうる、欧州原子核研究機構（CERN）のような研究所を設立しようとの意図で設立された。
- 2017 年現在、22 か国がメンバー国として参加しており、EMBL のトータルの年間予算 2.37 億ユーロ（約 300 億円）のうち、46%はメンバー国からの拠出金である。ドイツ、フランス、英国で 4 割程度負担。EMBL はメンバー国によって設立されたものなので、（国連のような）国際機関としての法的地位を持ち、研究所の所在国には属しない。
- 現在、ハイデルベルグ（ドイツ・本部、細胞生物学等）、バルセロナ（スペイン、組織生物学）、ハンブルグ（ドイツ、構造生物学）、グルノーブル（フランス、構造生物学）、ローマ（イタリア、エピジェネティクスと神経科学）、ケンブリッジ（英国、EMBL-EBI、バイオインフォマティクス）の 6 か所の研究所を持ち、ハイデルベルグに本部を置いている。
- EMBL の使命は、メンバー国からの拠出金で最高レベルの最先端科学を実現し、その成果をメンバー国に還元することであるため、基本的にスタッフは全て任期制である（ポスドク：5 年、グループリーダー：5+2+2＝9 年、その他のスタッフ：3+3+3＝9 年）。人材を育成し、輩出し、世界にネットワークを構築することを意図している。組織として常にフレッシュであり続けるための方策でもある。
- 80 カ国 1,700 名のスタッフ、200 名の PhD、270 名のポスドクが在籍。
- 各 EMBL 研究所にはたくさんの PhD 学生（博士課程に在籍する学生）がいるが、EMBL 単独では学位を授与できない。EMBL が提携する（ほとんどは欧州域内の）大学と EMBL の共同授与で博士号を授与する仕組みがある。
- PhD 学生に払われる給与は 2,140 ユーロ ＝ 27.6 万円程度（ドイツでの実績額。クオリティーアセスメント前の最初の 8 か月は 1,915 ユーロ ＝ 24.7 万円。博士課程の学生の給与は、ポスドクの給与の 72%に設定されており、ドイツでの給与が最も高く設定されている。
- 2017 年～5 年間のテーマは「デジタルバイオロジー」。原子・分子から個体・集団までのスケールの橋渡し、ビッグデータ、ヒト生物学と分子創薬の 4 つをキーワードとして掲げている。形態としては、分子、分子マシン（複合体）、細胞、組織／器官を、機能としては、構造の理解⇔ネットワークの理解⇔疾患の理解、をつない

でいくこと。

2. EMBL ハイデルベルグ

- EMBL ハイデルベルクはサービス、管理、6 つの研究部門からなり 800 名以上のスタッフが在籍。
- ハイデルベルグではイメージングを核に、細胞生物学、生物物理学、発生学、ゲノム、構造・システムスバイオロジーの 6 つのユニットが置かれている。
- 欧州分子生物学機構（EMBO）のディレクターを兼ねるディレクター2 名が在籍している他、6 つのユニットにはそれぞれ 8～13 の研究グループが設置されており、シニア・サイエンティスト、またはグループリーダーが研究グループを率いている。研究グループの中には、近所のドイツがん研究センター（DKFZ）等の研究所との兼任のビジターのグループリーダーや、EMBL の他の研究所と兼任になっているグループリーダーも少数ながら存在する。EMBL のメンバー国出身の PI が多いが、EMBL のメンバー国でない国の PI、例えば日本人グループリーダーも少数ながら存在する。
- EMBL では研究の中身に口は出さず、研究者に好きなことを勝手にやってもらう姿勢である。EMBL では、才能の多様性、特にリーダーとしての資質が重要であると考えている。
- EMBL からの研究費の他に、欧州研究会議や英国（BBSRC）等の競争的研究資金を獲得する必要があり、競争的資金は研究グループ運営費用の 30%程度である。
- 研究活動の他に、多くの学会や実習を開催する場として機能しており、こうした集会のための専用の、ATC という建物は、毎日のように学会や実習でにぎわっている。特に、EMBO が運営する PhD 学生向けの先端実験技術や解析技術の実習が数多く開催されている。これらの実習のために専用の実習室がいくつも設けられ、そこで使用する機材は協賛する 15 の科学機器メーカー等からのデモ品であることも多い。特に、ライカとオリンパスは設立パートナーとして大きな存在感があり、多くのオリンパスとニコンの機材が見受けられた（ライカやカール・ツァイスより多い印象であった）。多くの先鋭的な研究者が多く訪れるため、研究者のニーズを探り、次世代の機器開発の手がかりを得る場として、協賛企業にとっては経済的な恩恵よりも学術的、マーケティング的な付加価値が高いため、協賛する企業が多いとの説明であった。

3. コアファシリティ

- EMBL には 50 年以上前から共同利用のコアファシリティがあり、現在は、先端光学顕微鏡、ケミカルバイオロジー、電子顕微鏡、フローサイトメトリー、ゲノミクス、メタボロミクス、タンパク質発現＆精製、プロテオミクスの 8 部門が存在する。
- これ以外にもバイオインフォマティクスのサービス部門がある。各研究グループで高額な機材を別々に買う必要がなく（とはいっても予算が潤沢にある有名ラボは自前でほとんどすべてを揃えていることが多いが）、光学機器に専門のスタッフを配置して、オンラインによる予約で機器利用をする体制になっている。

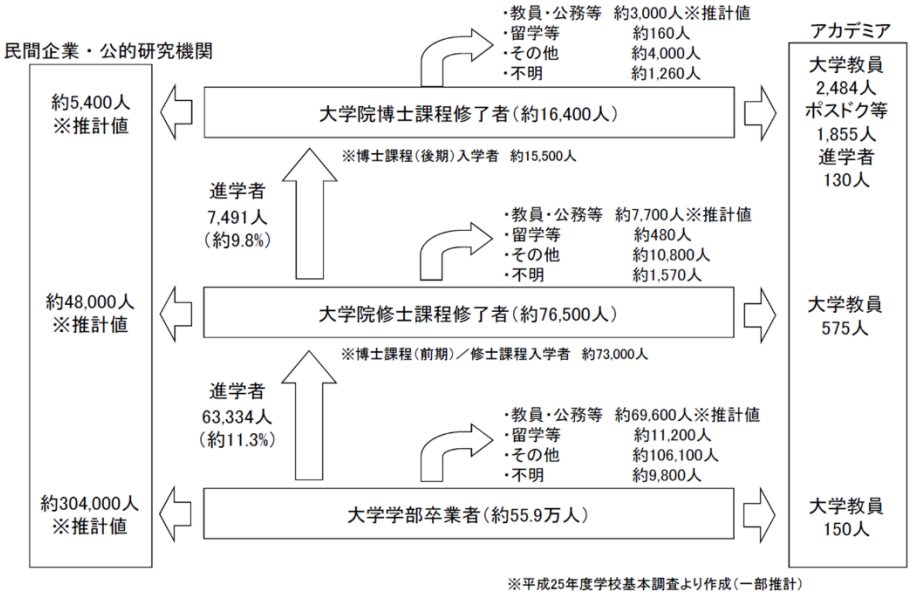
- それぞれの高度な設備・テクノロジーを提供するファシリティスタッフによって運営されており、スタッフは基本的には全て博士号を取得した研究者である（部門によっては多くのテクニシャンが在籍する場合もある）。スタッフのリクルートはやや難しいが、特定の研究分野を探求して新たな知見を得るというよりは、技術や機材の開発に熱意を持つ人を探してリクルートする。ファシリティスタッフも任期制であるが、ファシリティスタッフにはファシリティを渡り歩くというキャリアがあり、EMBL は知名度が高く、そのスタッフは優秀なので、EMBL での契約終了後は各国の先端研究所のコアファシリティに転職することが多い。各ファシリティのヘッド（最高責任者）はファシリティのサービスだけでなく、自身の研究グループを率いて研究活動を行う。
- 未経験の技術や分野であっても、専門家の助けを借りてすぐに実験・解析を始められる点が優れている。基本的に内部の共同利用となっているが、キャパシティの許す限り EMBL 外部の研究者の利用も受付けている。外部からの利用の際には、科学的重要性や論文になりそうな見込み等ではなく、基本的に「実施可能かどうか」を基準に外部利用の可否を決定している。これは、欧州に根付く民主主義の観点から、「EMBL の設備は全ての人のために」という EMBL 設立のミッションによる。
- 各種機材は、約 1 年のデモとしてメーカーから無償で借り受け、デモ期間終了の後、使用成績が良ければ購入へと進む。新規調達する機材については、コアファシリティのディレクター同士で話し合い、ほぼ 1 年に 1 台のペースで新規購入を行っている。コアファシリティのスタッフは機材の使い方を教えるだけでなく、サンプルの調整や研究計画についてもテクニカルな側面から高度な助言を行う。

1．2．5　日本

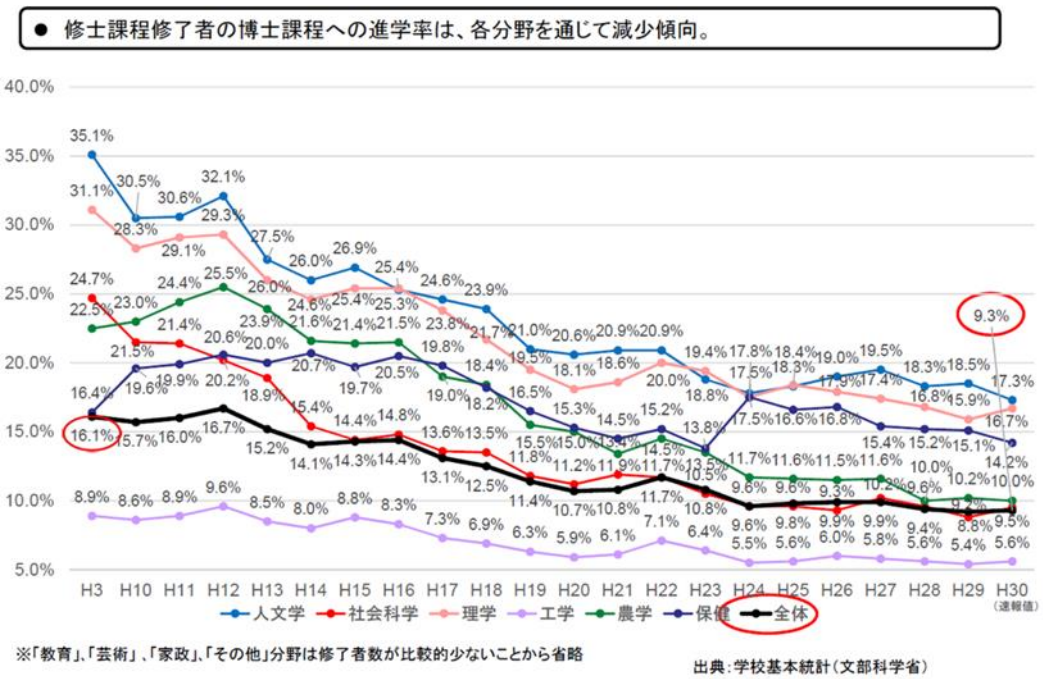
日本の特徴として、修士課程修了者の多くが、民間企業に就職する（図表 30）ため、米、英、独に比して博士の学位を持つ者の割合が 2 分の 1 程度に留まっている。

修士課程を修了して博士課程に進学する学生数は平成 15 年度の約 1.2 万人をピークに大幅に減少し、平成 30 年度には約半数の 0.6 万人に減少した（図表 31）。

博士課程を修了した者のキャリアパスが不確実、見えにくいという声が大きい。



図表 30　大学・大学院修了者のキャリアパス
出典：文部科学省　中教審大学分科会大学院部会資料



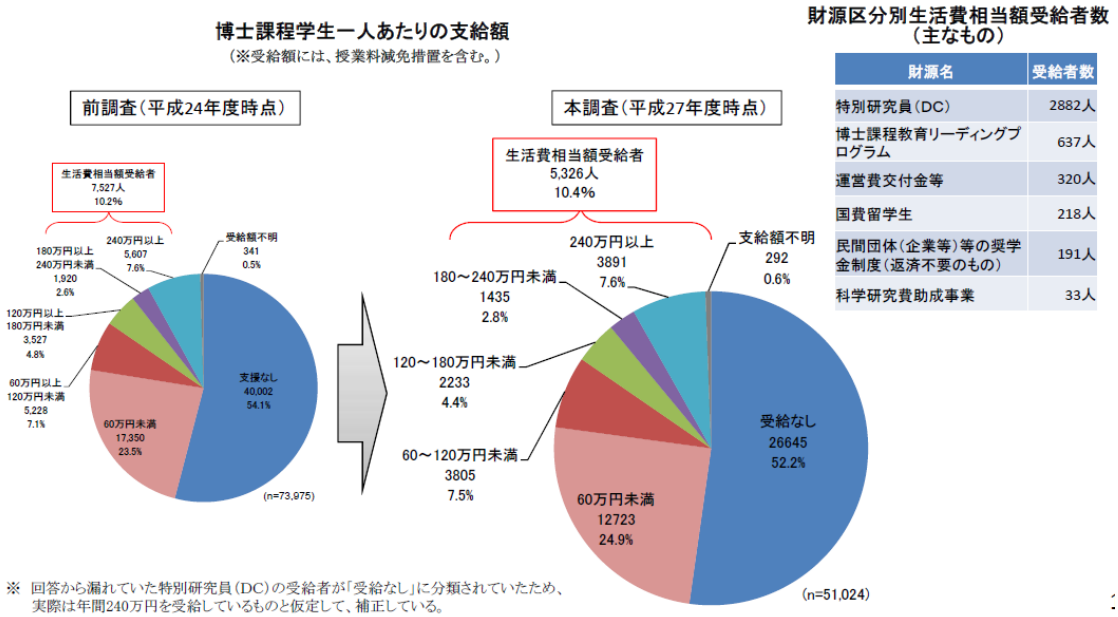
図表 31　修士課程修了者の博士課程への進学率（分野別）
出典：文部科学省　中教審大学分科会大学院部会資料

博士課程学生、ポスドク・助教級人材、海外研究人材の 3 つに分けて支援制度の概要を記載する。

博士課程学生支援

- 学術振興会「特別研究員」：大学院博士課程在学者及び大学院博士課程修了者等で、優れた研究能力を有し、大学その他の研究機関で研究に専念することを希望する者を採用し、研究奨励金を支給する制度。博士課程学生を対象としたものは特別研究員-DC が該当する。
- 卓越大学院プログラム：リーディング大学院での成果をベースにしつつも産業界や複数の大学の研究機関とも連携し、単独の改革から大学院全体と他のセクター含めた改革を促進する制度。新たな知の創造と活用を主導し、次代を牽引する価値を創造するとともに、社会的課題の解決に挑戦して、社会にイノベーションをもたらすことができる博士人材（高度な「知のプロフェッショナル」）を育成。
- 理研「大学院生リサーチ・アソシエイト（JRA）」：大学院博士（後期）課程に在籍する柔軟な発想に富み活力のある若手研究人材を非常勤として採用。最大 3 年。
  大学等でも独自の取組が始まっている。
- 東京大学「リーダー博士人材育成基金」：2016 年～。工学系研究科に在籍し、「社会連携・産学協創」に強い意欲と構想を有する極めて優秀な博士課程の学生に、企業や個人からの寄附による奨学金・研究費を給付。

日本の博士学生課程人材への金銭的支援についてのデータは図表 32 の通りである。上に挙げたような施策の中で支払われていることが読み取れる。



財源名	受給者数
特別研究員（DC）	2882人
博士課程教育リーディングプログラム	637人
運営費交付金等	320人
国費留学生	218人
民間団体（企業等）等の奨学金制度（返済不要のもの）	191人
科学研究費助成事業	33人

図表 32　日本の博士課程人材への金銭的支援

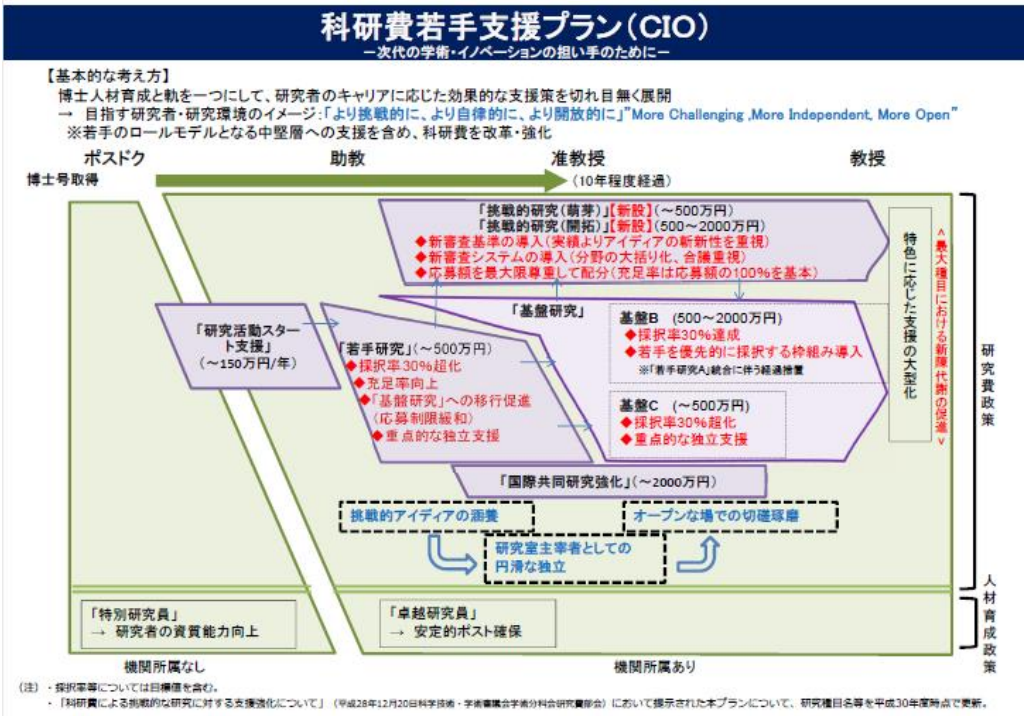
出典：文部科学省 HP

ポスドク、助教級支援

- 学術振興会「特別研究員」：（再掲）特別研究員-PD は博士の学位を取得後 5 年未満の者を対象とし、研究奨励金を支給する。
- 科研費若手研究：博士の学位取得後 8 年未満の研究者が一人で行う研究（期間 2～4 年、1 課題 500 万円以下）

- 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）：科学技術イノベーションの源泉となる成果を世界に先駆けて創出することを目的とするネットワーク型研究（個人型）。特に年齢制限は設けていないが、30 歳代の若手研究者を中心に研究が行われており、研究者がこの制度により飛躍することを期待するもの。

現在のアカデミアの事情を考慮し、科研費も改革を実施している（図表 33）。ここでは適切な時期における研究者の流動・独立を促進や、若手研究者への支援を総合的に推進する視点が盛り込まれている。



図表 33　科研費の若手支援プログラム

出典：日本学術振興会 HP

大学等の独自のプログラムとして京大の白眉プロジェクトのような例も出てきている。

- 京都大学「白眉プロジェクト」：博士の学位を有する者が世界トップレベルの研究者として活躍するとともに、次代の学術を担う人材を育成。年俸制特定教員（特定准教授又は特定助教）として採用し、研究費を支給。
- 理研「基礎科学特別研究員」：創造性、独創性に富んだ若手研究者を採用し、自由な発想で主体的に研究できる場を提供

<u>海外若手研究人材支援</u>

日本政府（文部科学省）奨学金留学生制度や東京大学外国人留学生特別奨学制度（東京大学フェローシップ）等、少なくとも金銭の面では多くの制度が設けられている。より積極的な支援を行っている事例を 2 つ挙げる。

1. 物質・材料研究機構　若手国際研究センター（NIMS ICYS）：世界の優秀な若いポスドク研究者に独立した研究予算と自由な研究環境を提供。外国人研究者に対するきめ細かい支

援と多国籍若手研究者の育成を二つの柱としている。

2. 熊本大学国際先端医学研究機構・International Research Center for Medical Sciences（IRCMS）：生命科学系の部局と連携し、国際的レベルの先端研究の実施、海外の卓越した研究機関との国際共同研究の推進、国際的に活躍できる若手研究人材の発掘・育成を行い、「海外から見える研究組織」を標榜。
   - 在日外国籍の研究者が就労者の 40%を占めている。
   - IRCMS 国際共同研究の実績を持ち、共同研究に積極的に取り組んでいる世界中の准教授レベル以上の独立した PI を募集。
   - フェローシップは、すべての国籍の申請者に開放されており、このフェローシップでサポートされる大学院訓練は英語で行われる。
   - 研究室間の壁や区画がほとんどない海外型のオープンなラボとなっている。

1．2．6　総括と日本への示唆

欧米に共通するのは、科学研究には人材こそが重要であり、優れた研究人材を採用して投資するという考え方である。

欧米では、PI 個人のグラントから大学院博士学生・ポスドクの人件費を捻出することも多く、また博士学生向けのトレーニング・グラントやポスドク向けのフェローシップが充実している。実質的に博士学生の授業料は負担無しなっていることに加え、ほぼ例外なく給与が支給されている（図表 34）。

	米国	英国	ドイツ	日本
大学・学士課程	4年間 約500万円／年	３年間 学費有り ～ £9000（160万円）／年～	3年間 学費無し	4年間 学費有り 55万円（国立）／年 100万円～（私立）／年
大学院・修士課程	2年間 学費有り、但し TA /RAとして奨学金給付	1年間 学費有り	1-2年間 学費無し	2年間 学費有り
大学院・博士課程	3年間～ 学費有り（実質負担ゼロ） 給与有り（雇用）	4年間～ 学費有り（実質負担ゼロ） 給与有り（雇用）	4年間～ 学費無し 給与有り（雇用）	3年間～ 学費有り 給与原則無し・一部有り

図表 34　主要国の学部生、大学院生の期間と学費、その支援制度

出典：様々な資料を基に CRDS 作成

欧米では、優秀な人材獲得を巡る国際的な競争が激化しており、卓越性、チーム統率能力で秀でた若手研究者を早期に独立させる制度が先進各国に波及している（図表 35）。

	米国	EU	日本
若手（ポスドク）向け独立資金：国	K99 (NIH) 1.2 億円 /5 年	Starting Grant (ERC) 2億円 /5 年	JSPS 若手 0.2億円 /2-４年 さきがけ (JST) 0.4億円 /3年
PIスタートアップ資金：機関	0.5-1.5 億円	0.1-0.5 億円	ほぼ無し
独立後の外部資金	R01 (NIH) 1.25 億円 /5 年 （更新可能）	Consolidator grant(ERC) 2.6 億円 /5 年	JSPS 若手 0.2億円 /2-４年 さきがけ 0.4億円 /3年
研究機器・設備	コアファシリティが充実しており、アイデアさえあれば、研究できる環境がある。		ラボの環境に依存。独立すると機器がないことも。

図表 35　主要国の若手研究者独立支援制度

出典：様々な資料を基に CRDS 作成

学位（博士）を取るまでは科学者としては１ 人前扱いされないが、大学院生というのは一つの専門職であり「社会人」としてみなされる。日本のような「学生さん」とは一線を画す。

小規模の若手ＰＩのラボでも十分に研究を推進できるような研究設備・環境・資金のサポート体制が組織として整備されている。これは後述するとおり先行投資である。

米国の科学研究の背景にあるものは、競争と資本主義ではなかろうか。良い論文を出しグラントをしっかり獲得できる PI たちが選抜される新陳代謝システムと考えることもできる。

英国やドイツでは海外での研究経験が尊重されるシステムとなっており、結果として欧州と米国の間で頭脳環流が実現している。また英国は（米国への対抗心から）国際的なネットワーキングを意図的に構築しようとしている。

ポスドクを対象とした各種フェローシップ制度や欧州研究会議のスターティング・グラントでは、候補者を選ぶ時には、選考委員が若者のポテンシャルと提案のインパクトに賭けてみるリスクをとることになるとのことであった。

また欧米では、博士号取得後、最初に所属した同一の研究室で助教から教授まで上がっていくことを想定していない。ドイツの大学では、ポスドクから助教・准教授および准教授から教授になるに際して、同一の大学での昇任は認められていない。欧州大学制度の標準化（ボローニャプロセス）において、「学生・教職員の自由な移動を阻む障害を取り除き流動化を促進させる」ことが取り決めとなっている（英国は非加盟）。

日本が欧米と大きく異なる点として下記が挙げられるが、これは終身雇用制度に基づき、ラボの単位が教授をトップにしたピラミッド構造になっており、同じ研究室で昇任していくシステムが文化として根付いていること、及び博士取得後のキャリアパスに多様性がないことによる部分が大きい。

- 博士課程学生への給与（生活費）が支給される額及びケースが少ない。
- 博士課程学生のポジションが競争的でない。
- 若手研究人材（ポスドク）を評価・支援するシステムや若手研究人材が独立して研究できる環境が多くない。
- 科研費の若手研究や JST さきがけの枠は多くはない。

- コアファシリティがないので、在籍するラボに依存せざるを得ない。
- 海外研究経験後の国内ポストが獲得しにくい。
- 海外の博士課程研究者が日本に来るとしたら、国費をとって留学するしかない。
- 運営・事務システムの効率化が進んでいない。
- 欧米では、コアファシリティが充実していることから、外部の研究費は原則人（博士人材、ポスドク）を雇うためのものという位置づけが大きい。

まずは、将来への不安から研究者になりたいという学生が大幅に減っているという事実に対し、速やかに手を打つべきである。少なくとも欧米並みに博士課程の授業料を廃止する、あるいは授業料を相殺できる研究奨励金（給与）を支払うべきだろう。日本は今後若手人材が減っていく中で科学技術力を維持するためには海外からの研究員を積極的に受け入れるべきであるが、博士人材へ給料が出ない日本は他国に比べ受け入れ体制が（誘致競争力）未熟と言わざるを得ない。

次に、日本において独立した助教級 PI を促進すべきかは早急に結論を出すことはできないが、海外と比して、ポスドク、若い助教が応募できるプログラムが少ないのは事実である。特別研究員 PD やさきがけの枠を増やす等のことは検討に値する。

また、日本においてもドイツのように同一学内での昇任を禁止したり、英独のように海外研究経験者を評価するようにすることは適正な人事評価の実施や人材流動性による新たな価値の創造の観点から検討するに値する。

東京大学や理研等では、現に助教・准教授クラスの若手が独立したラボを運営している。日本の問題としてはラボの研究スタッフ（大学の場合は多くは准教授、国研の場合はグループリーダー）への支援が不十分なことから、教育、研究あるいはそれらの周りの事務がすべてそのスタッフにふりかかってくることである。日本の伝統的な教授制の下ではこのサポートの多くは助教等がこの役割を果たしているが、今回調査した海外の事例ではすべての機関のラボにおいて、テクニシャンあるいはラボマネージャーがこの役割を担っている。日本では古くから技官システムが存在していたが、必ずしもうまく機能しなかった経緯があり、大学等の運営費交付金の削減とともに削減対象となり、機能としてなくなりつつある。

もう一つの問題はこうした若い PI によるラボの規模が小さいことから大学ではビッグラボと競争になった場合に往々にして負けてしまうことである。コアファシリティの整備されていない日本ではなおさらである。後述するコアファシリティの整備と若手の早期独立というのは欧米ではセットでシステムとして機能している面がある。

１．３　研究インフラ・プラットフォーム、研究支援人材

欧米は研究インフラを国が取り組むべき科学技術政策の重要な柱の一つとして位置づけている。日本で研究インフラというと、放射光施設やスーパーコンピューター等大規模施設を指すことが多いが、これらの国ではそれだけではなくて、研究所レベルにおける中小規模の研究インフラまでをも対象にして、政策的にも研究現場的にもファシリティの整備・共有化が徹底されており、このような共有機器・設備を有するインフラをコア・ファシリティと呼ぶ。研究現場を見ると、各研究所（研究科）では、オープンラボの形式をとっていることが通常であり、その中で各ラボはベンチを割り当てられているに過ぎない。

またコアファシリティ化がしっかりと根付いていることをはじめ、各国単位でのイメージングやゲノム解析等機器・機能毎のナショナル共用ネットワークが発達している。これは以下と密接な関連がある。

- 欧米では、PI 制であり、ポスドクの後独立するため個別ラボで機器をもっていると効率が悪い。博士学生への給与の支給があることから競争的資金等を人件費に使わなければならない。
- 欧米は研究所、研究科単位で定量的に研究評価されており、研究インフラが整っていることが評価される。また、研究人材獲得競争があるため、研究インフラが整っていることがアピールになる。日本は大学単位あるいは研究者単位での評価になっており、囲い込みが起きやすい。

結果として、複雑かつ高価になっていく研究機器の共有が下記に直結している。

- 研究者が研究に専念できる環境
- 機器共用による全体コスト効率化
- 若手研究人材のスタートアップ環境整備
- 異分野融合による新しいサイエンスの創出
- 基礎研究からイノベーションまでのコスト・時間短縮

外部から優秀な人材を招聘するには、資金とともに、研究インフラが整備されていることが有利になることも大きい。

これらは欧米と日本における研究に対する考え方の違いを反映しているとも言える。

１．３．１　米国

米国の健康・医療と生命科学研究は、NIH の R01（NIH の外部グラントの 5 割を占める PI 個人向けグラント）を中心に研究が回っている。250 千ドル／年×5 年の資金は人件費と試薬など研究費に使われる。機器に関しては専用のグラントがある。高額な研究機器は機器購入用のグラントで購入されるなど、研究科・研究所で共有されていることが多い。ラボ間の研究機器・試料の貸し借りが盛んで、細胞培養、動物手術、顕微鏡、動物飼育施設があり、すべてのラボで共有されている。このような施設・機器の共有化は、経費や新しいラボの立ち上げの時間を節約するばかりでなく、共有することで他のラボとの交流が増え、共同研究や新たな技術導入を促進している。

NIH では、資金提供する研究者の研究を強化するために、最先端の市販の機器の購入を支援する以下の枠組みがある。

NIH　S10 : Shared instrumentation grant（共有機器グラント）の概要は下記の通りである。

- 個々の研究者が入手するには高すぎる機器について、NIH リサーチアワードを持つ 3 人以上の PI の連名で申請
- S10 助成金によって授与されたすべての機器は、共有ベースで使用される。
- X 線回折システム、核磁気共鳴（NMR）、質量分析計、DNA およびタンパク質シーケンサー、バイオセンサー、電子顕微鏡および共焦点顕微鏡、セルソーター、ならびに生物医学的イメージャーが含まれるがこれらに限定されない。
  - ハイエンド機器グラントプログラム（HEI）- HEI プログラムは、600,001 ドルから 2,000,000 ドルの範囲のグラント賞を授与。
  - 共有機器助成金プログラム（SIG）- SIG プログラムは、50,000 ドルから 600,000 ドルの範囲の助成金を助成。
  - 動物実験研究助成プログラム（SIFAR）- SIFAR プログラムは、動物または関連リソースを使った研究を支援するために 50,000 ドルから 750,000 ドルの範囲の賞を授与。

上記のような定常的な支援とは別に、クライオ電顕のような新しい先端機器については、別途プログラムを設け、支援ネットワークを構築している。

NIH Common Fund の一環として、Transformative High Resolution Cryo-Electron Microscopy プログラムで以下 3 つの国立クライオ EM サービスセンターを設立し、熟練した人材を育成するためにクライオ EM 訓練カリキュラムの開発を支援している。

- ニューヨーク構造生物学センター
- オレゴン健康科学大学
- スタンフォード大学の SLAC 国立加速器研究所

また、NCI 国立低温電子顕微鏡施設（NCEF）では、がん研究者に高解像度イメージングのための最新のクライオ EM 技術へのアクセスを提供する。

これ以外に拠点もの（例えば NIH/NCI-designated Cancer Center）や地方や中小規模大学向けのグラントがあり、そこで機器の購入や技術人材の担保されている。

大学等研究機関は、グラントの間接経費とエンダウメント（寄付を中心とした基金）を元に組織運営を行っており、間接経費が医学系は 60～100%、生命科学系は 35～40%されていることから、ここから機器を購入することもできる。人材に関して特徴的なのは、米国ではポスト・バカロレア制度（学部卒後大学院前に研究アシスタント（有給）として 1～2 年の研究経験を積む）があり、多くのラボで研究支援人材として機能していることである。

また、米国国立科学財団（NSF）では、総額 2,000 万ドル以下の小規模研究機器・施設に対する支援は、各局室が所管するプログラムの一環で行われ、また総額 1 億ドル以上の主要研究機器・施設への支援は「主要研究機器および施設建設（MREFC）経費から支出されている。これまで、2,000 万ドルから 1 億ドルの間の中規模研究基盤への支援が不十分であったが、近年 MREFC 経費の下限修正案により、柔軟に対応がされるようになってきている。

NSF は 7 つの部局より構成されるが、そのうちの一つの生物科学局の下には生物学基盤部門（Division of Biological Infrastructure）が設置されており、ここでは生物学分野における研究センターの設立や中規模・大規模研究基盤の支援のための資金を提供している。

１．３．２　EU、英国、ドイツ

政策面を見てみると、欧州では Horizon2020 で「卓越した科学」の柱の一つとして、研究インフラが位置づけられており（図 36）、そこでは、大規模施設だけでなく、次世代シーケンサーや質量分析器などのオミックス機器や電子顕微鏡や光学顕微鏡等のイメージング機器といった中規模機器等も対象に含まれている（図表 37）。

英国 MRC や BBSRC 等のサイトには必ずファシリティの頁があり、研究者が国内で利用できるファシリティが紹介されている。また BBSRC や EPSRC は研究機器購入に特化したファンドがある。ドイツでは DFG のファンディングプログラムの柱立てが、個人型研究、共同型研究、エクセレンス戦略（大学拠点型）に加えて研究インフラ、科学賞、国際の 6 つである。やはり研究機器購入用のファンドがある。さらには国を超えて欧州単位でもイメージングやゲノム解析をつなぐ取組も行われている。英国では UKRI を構成する 9 つの組織のうちの一つが Science and Technology Facilities Council（STFC）である。

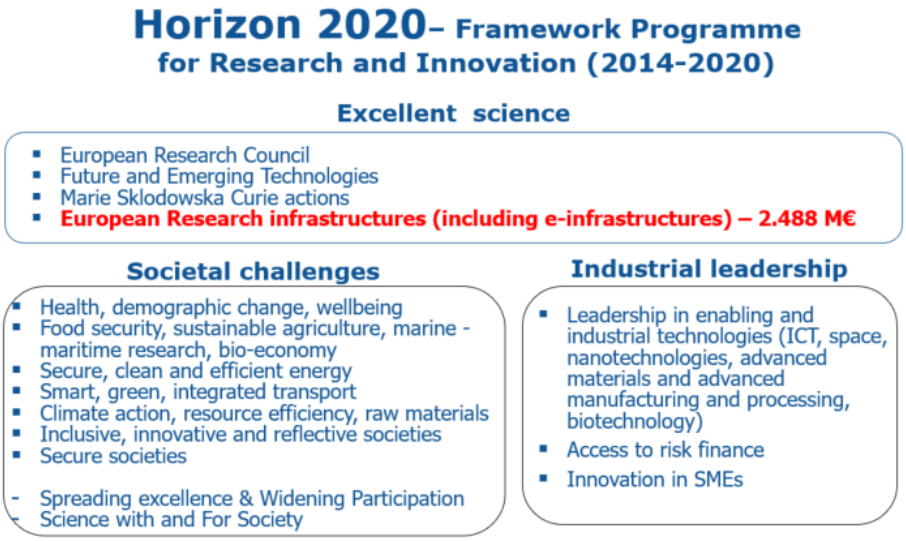


図 36　EU の Hrizon2020 のフレームワーク

出典：Research Infrastructures in Horizon 2020

図表 37　EU におけるライフ・バイオサイエンスにおける研究インフラ
出典：Research Infrastructures in Horizon 2020

ここで、この階層的取組のほんの一例を紹介したい。

1.　研究所・研究科単位における取組み

研究機関では、大部屋の中でベンチの割り振りがあるだけでラボ毎に個別の実験室は存在しないのが主流となっており、各ラボのベンチに置かれているものは、試験管や試薬等の消耗品がほとんどであり、顕微鏡、遠心分離器、シークエンサー等共同で利用される設備は専用の部屋等に置かれている。また、各ラボに研究支援人材（テクニシャン、サポートスタッフ）が 1 名以上整備され、それとは別に、コアファシリティの設備の管理は専門のスタッフにより行われており、常にメンテナンスが行われ、故障した場合にも直ぐに修理を行う体制が整っている。

多くの国研ではそれぞれの技術・機器を一つのラボとみなしてとして拠出し、部門長相当を配置する研究所も多い。今回訪問した全研究機関がコアファシリティを有しており、機関のホームページには漏れなく SERVICES & FACILITIES のサイトがあり、外部の研究者に向けて充実した研究環境がアピールされている。一例として MRC 傘下のフランシス・クリック研究所、欧州分子生物学研究所、マックス・プランク研究所、マンチェスター大学の研究所を例に挙げるが、どこもイメージング技術とオミクス技術とデータ解析・インフォマティクス技術、バイオリソースで構成される同じような陣容となっている（図表 38）。

フランシス・クリック研究所	欧州分子生物学研究所（EMBL）	マックス・プランク研究所（MPI-CBG）	マンチェスター大学バイオテクノロジー研究所
• 先端光学顕微鏡 • 先端シークエンシング • バイオインフォマティクス • 動物管理（マウス・ゼブラフィッシュ・ハエ等飼育） • 遺伝子改変サービス • In vivo イメージング • 細胞サービス（細胞培養） • 電子顕微鏡 • 病理組織 • 発酵 • フローサイトメトリー • ゲノミクス • ハイスループットスクリーニング • デバイス（マイクロファブリケーション＆バイオエンジニアリング） • 質量分析プロテオミクス • メタボロミクス • ペプチド化学 • コンピューティング（ITインフラ） • 構造生物学	• 先端光学顕微鏡 • ケミカルバイオロジー • 電子顕微鏡 • フローサイトメトリー • ゲノミクス • メタボロミクス • タンパク質発現と精製 • プロテオミクス • クライオ電子顕微鏡（cryo-EM）サービスプラットフォーム • バイオインフォマティクスサービス	• 高度イメージング施設 • 抗体施設 • バイオメディカルサービス • 細胞技術 • コンピュータサービス • DNAシーケンシングおよび遺伝子型決定 • 電子顕微鏡法 • ゲノム工学施設 • 図書館 • 光顕微鏡検査 • 質量分析 • タンパク質発現の精製と特性評価 • サイエンティフィックコンピューティング施設 • 科学的基盤 • 技術開発スタジオ • トランスジェニックコア	• バイオナノ • 生物物理 • EPR • 質量分析 • NMR • プロテオーム • タンパク質構造 • トランスクリプトーム

図表 38　EU 英独の研究所のコアファシリティ施設

出典：各機関の HP 等を基に CRDS 作成

こういった研究所単位のファシリティ環境の整備により、ポスドクや博士学生が自身のアイデアを速やかに具現化でき、研究者は研究に専念することができる。大学によっては、設備の共同利用は学部内での共同利用にとどまらず、他の学部に所属する者でも使用することができる。

こういったファシリティがいかに充実しているか、テクニシャンとサポートスタッフの割合を今回訪問したいくつかの機関で見てみる。

	総人員数	研究室数 PI 数	研究者数	テクニシャン・ファシリティスタッフ	アドミ・IT	年間予算
フランシス・クリック研究所	3000	150	1500 うち博士学生 200	1250	250	1.6 億 £
MRC 分子生物学研究所	650	54	223 うち博士学生 84	106	188	0.3 億 £＋
CRUK ケンブリッジ研究所	440	21	250 うちポスドク・博士 160	100	90	0.3 億 £＋
ドイツがん研究センターDKFZ	3000	90	1330 うち博士学生 395	600	750	2.8 億€
マックス・プランク生化学	850	25	480	250	100	0.49 億€
欧州分子生物学研究所 EMBL	1700	80	709 うち博士学生 204	230＋ ラボマネ 463	122 ＋86 講師・広報	2.37 億€

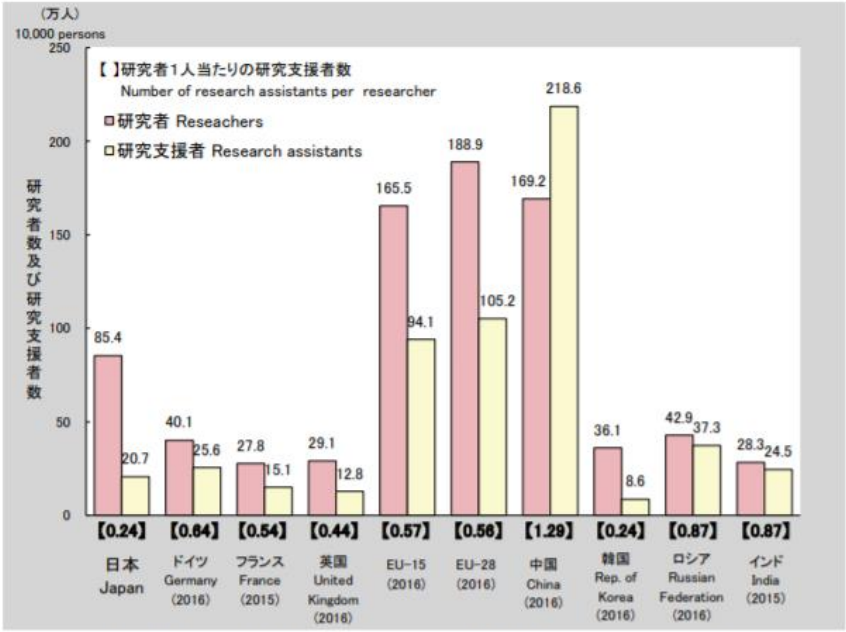
図表 39　研究所の人員とテクニシャンの数

出典：様々な資料を基に CRDS 作成

図表 39 で示したように、公的な研究所では、研究者数 10 に対して、少なくとも 4 以上の比率の人員がファシリティスタッフに割かれていることがわかる。

これは文部科学省の科学技術要覧（平成 30 年版）に登載されている、研究者一人あたりの研

究支援者数のデータ（図表 40）と矛盾しない。



注）1. 研究者1人当たりの研究支援者数は研究者数及び研究支援者数より文部科学省で試算。
2. 各国とも人文・社会科学を含む。
3. 研究支援者は研究者を補助する者、研究に付随する技術的サービスを行う者及び研究事務に従事する者で、日本は研究補助者、技能者及び研究事務その他の関係者である。
4. ドイツの値は推計値である。
5. 英国の研究者数の値は暫定値であり、研究支援者数の値は過小評価されている。
6. EUの値はOECDによる推計値である。
資料：日本：総務省統計局「科学技術研究調査報告」
インド：UNESCO Institute for Statistics S&T database
その他の国：OECD, Main Science and Technology Indicators, Vol. 2018/7.

図表 40　研究者一人当たりの研究支援者数

出典：文部科学省科学技術要覧（平成 30 年版）

コアファシリティの役割は、次世代シーケンサ解析やセルソーティング、イメージングの技術サポートなど、研究者を技術的にサポートする業務ももちろんあるが、それ以上に重要なのは、最先端の技術を研究開発することである。この点において、欧米各国のコアファシリティのスタッフは、昔の日本の大学にあった「技官」的な位置づけや現在のいわゆるテクニシャン（研究支援員）とは明確に異なる。各ファシリティの責任者は一線の研究者が務め、ファシリティのスタッフの多くは研究経験のある博士号取得者である。もちろん、次世代シーケンサでの塩基配列解析に伴うルーティンワークなどは、いわゆる「技官」に相当するテクニカルスタッフが担当することも多いが、ファシリティに所属する研究者は、新技術開発や、新技術の新たな利用・応用方法を模索している。同時に、新技術についての情報収集に努め、発売前の機材をデモとして借り受け、利用する研究者とともに新機材の開発の一助となることもある。

技術開発は、それ自体では科学論文としては、必ずしも高いインパクトファクターの高い論文の発表が望めるとは限らず、また、その分野に疎い研究者に基礎から技術の解説をしたり、機材の使用方法を教える業務もあるなど、研究者としての業績という観点からは、立場が弱くなることは避けられない。しかし、新技術の開発なしには科学の進歩は見込めず、また、欧米各国では分業意識が強いため、欧米各国ではこうした技術開発、技術運用にかかわる研究者にも、手厚い待遇を用意している。その内容は国によって異なるが、通常の研究者と同じポストを用意してフ

ァシリティの研究者を雇用する場合と、ファシリティ人材の雇用を別に設けている場合がある。ファシリティ研究者も多くが有期雇用であり、ファシリティからファシリティへと転職することが多い。先述したようにファシリティ人材には新技術開発と、その一般普及への熱意の両方が求められ、さらに高いコミュニケーション能力も求められるので、それに適した人材を選抜するのは至難の業である。各ファシリティでは経験の長いファシリティマネジャーがファシリティ人材の目利きとして、ファシリティ人材の争奪を繰り広げている。

2. 国レベルでの取組み

英国 BBSRC や ESPRC、ドイツ DFG には、若手人材フェローシップ、科研費型、チーム型、拠点型、産学連携、国際事業などのプログラム（研究費）があり、それと並んで研究機器のプログラム（共用で使うことを前提した機器購入用のファンド）が存在する。

BBSRC には、研究拠点の能力を強化することを目的とした中規模機器のイニシアチブ（18ALERT: Mid-Range Equipment Initiative ）があり、20 万ポンドを超える機器について、複数の研究者のグループからの申請により、複数のプロジェクトおよび複数の用途で配備されることになっている。EPSRC Equipment Process, Equipment Sharing Initiatives においても、40 万ポンドまでは個人で申請可能であるが、それを超える機器については、学部、部門、地域での共有のプログラムとなっている。

英国では、技術人材については、ラボ毎、あるいは拠点毎に競争的資金で雇用しているとのことであった。

ドイツでは、一定額以上の研究機器は実質的にグラントでは購入できず大学が調達しなければならない。グラントは人件費の他、試薬や費用の安い装置の購入にしか使えない規則になっている。連邦基本法（91b 条）に則り 20 万ユーロを超える研究ファシリティの購入については総額の 50%を限度に研究振興協会（DFG Major Instrumentation Initiatives）からの助成を受けることができる。残る 50%は大学当局ないしは州政府が負担する。限度額は 5,000 万ユーロで、審査を経て助成が決まる。5,000 万ユーロを越える機器の購入については研究棟の増築や新築の際と同様に、州政府から学術審議会（WR）に申請する。助成までのプロセスは、学術審議会が機器購入を決めると連邦と州政府の合同科学会議（GWK）に提言を出し、同時に DFG が GWK に対してレビューを実施した後で推薦状を提出すると、GWK がプロジェクトの実現性を審査する流れとなっている。他にも、「Core Facilities」という名称のプログラムがあり、大学所有の機器を共有する場合に最長 5 年間、年間 15 万ユーロを限度に機器維持のための人件費と雑費を助成している。

その他、英国におけるクライオ電顕の状況としては、2016 年、英国 GSK 社や AstraZeneca 社など 6 社と MRC-LMB、ケンブリッジ大学は、クライオ電顕の共同研究を目的としたコンソーシアム「the Cambridge-Pharmaceutical Cryo-EM Consortium」を設立。ケンブリッジ・バイオメディカルキャンパス内で、サンプル調製、スクリーニング、本番のシステム構築がされている。

2018 年、英国のシンクロトロン施設 Diamond Light Source（オックスフォード）に、クライオ電顕施設である電子バイオイメージングセンター（eBIC）が設置され、Wellcome Trust、MRC、BBSRC から 15.6 百万ポンドの助成金が拠出された。当初、eBIC は学術のためだけに導入され

たが、サーモフィッシャーとの協力を通じ、製薬企業にまで拡大させた。

3.　欧州レベルでの取組み

最先端の研究インフラストラクチャーは、ますます複雑化し、コストがかかり、さまざまな機器、サービス、データソースの統合、広範な国境を越えたコラボレーションが必要になるという認識の下、研究インフラ欧州戦略フォーラム（European Research Institute for Research Infrastructure：ESFRI）により、生物・医学分野では下記のようなネットワーキングの取組が行われている（図表 41）。

通称	名前	概要	幹事・事務局	参画機関	ロードマップ作成	運営開始	初期投資(M€)	運営コスト(M€/Y)
AnaEE	Infrastructure for Analysis and Experimentation on Ecosystems	生態系	パリ	13カ国 18機関	2010	2019*	1.1	0.8
EMPHASIS	European Infrastructure for Multi-scale Plant Phenomics and Simulation	マルチスケール植物フェノミクス	ユーリッヒ研究センター植物科学研究所	22カ国	2016	2021*	73	3.6
EU-IBISBA	Industrial Biotechnology Innovation and Synthetic Biology Accelerator	合成生物学	フランス国立農学研究所(INRA)	9カ国 16機関	2018	2025*	11	65.1
ISBE	Infrastructure for System Biology Europe	システムバイオ	Imperial College London	11カ国 23機関	2010	2019*	10	5.2
METROFOOD-RI	Infrastructure for promoting Metrology in Food and Nutrition	食品・栄養計量	ENEA - Casaccia Research Centre	18カ国 48機関	2018	2019*	78.8	31
MIRRI	Microbial Resource Research Infrastructure	微生物資源	Leibniz協会DSMZ	11カ国 16機関	2010	2021*	0.8	0.7
BBMRI ERIC	Biobanking and BioMolecular Resources Research Infrastructure	バイオバンク	グラーツ大学（オーストリア）	21カ国	2006	2014	195	3.5
EATRIS ERIC	European Advanced Translational Research Infrastructure in Medicine	TR（橋渡し）	アムステルダム	12カ国80以上機関	2006	2013	500	2.5
ECRIN ERIC	European Clinical Research Infrastructure Network	臨床研究	パリ	8カ国 12機関	2006	2014	5	5
ELIXIR	A distributed infrastructure for life-science information	生命情報	EMBL-EBI ケンブリッジ	18カ国140機関以上	2006	2014	125	95
EMBRC ERIC	European Marine Biological Resource Centre	海洋生物資源	パリ	9カ国 20機関	2008	2017	164.4	11.2
ERINHA	European Research Infrastructure on Highly Pathogenic Agents	病原体成分	パリ	5カ国	2008	2018	5.8	0.7
EU-OPENSCREEN ERIC	European Infrastructure of Open Screening Platforms for Chemical Biology	ケミカルバイオロジー	ベルリン	7カ国	2008	2019*	82.3	1.2
Euro-BioImaging	European Research Infrastructure for Imaging Technologies in Biological and Biomedical Sciences	バイオイメージング	EMBL ハイデルベルグ	15カ国	2008	2016	90	1.6
INFRAFRONTIER	European Research Infrastructure for the generation, phenotyping, archiving and distribution of mouse disease models	モデルマウス	ドイツ環境保健研究センター@ミュンヘン	6カ国 23機関	2006	2013	180	80
INSTRUCT ERIC	Integrated Structural Biology Infrastructure	構造生物	オックスフォード	20	2006	2017	400	30

図表 41　ESFRI に登録された欧州加盟国横断の研究インフラネットワーク

出典：esfri roadmap 2018 - strategy report on research infrastructures

一例として、Euro-bioimaging（EuBI）では、欧州の生命科学者のために、生物学および生物医学イメージングにおける幅広い最先端技術へのアクセスを可能にしている。地理的に分散した 29 のノード（イメージング施設）で構成され、現在、研究者は、36 のイメージング技術の一部を使用できる。さらに、インフラのユーザーと各所のファシリティスタッフ向けのイメージデータについてのサポートとトレーニングを提供している。EMBL（欧州分子生物学研究所）が事務局として、毎週機器やインフォマティクスの講習会が行われ、世界から若手人材が参加している。

この EuBI の中核施設が、10 年近い準備期間を経て、2021 年から EMBL Heidelberg 内に外部利用に特化した新たなイメージングセンターとして開設されることが決定された。これは Horizon 2020 の予算だけでなく、ドイツ連邦、各種企業の協賛で実現した。ライフサイエンスのイメージングに不可欠な適切な観察条件を担保するため、イメージングの前段階の実験、すなわち、前培養やフローサイトメトリー等、あらゆる設備を備えた実験・解析施設となる予定である。この EuBI の開設の予備試験として、現存のコアファシリティを利用して、2016 年以降、300 以上の外部からの利用申請を受け付け、180 以上の研究プロジェクトの受け入れを行い、EuBI

の開設/運用のために必要なノウハウを培った。外部からの利用申請はファシリティスタッフによって審査される。EuBI で研究活動を行う研究者を支援するための各種ファンディングも着々と準備されている。

さらに、これを世界に展開していこうとしており、Horizon 2020 の支援によって設立された、EuBI と欧州外の 6 か国（アルゼンチン、豪州、インド、日本、南アフリカ、米国）の研究インフラをつなぐ国際ネットワーク化の試みがスタートしている。日本からは科研費で運用される ABiS が参加している。グローバルなオープンコアファシリティとして機能することが期待されている。欧州主導のプロジェクトであるため、それぞれのオープンコアファシリティの提供するサービスは、欧州規格の品質管理が求められる。品質管理が基準を満たさない場合は、パートナシップを解消することもありうるとの話であった。また、EuBI を中心に、データフォーマットの標準化が進められている。今後データの内容・質の標準化へと発展することも予想される。

さらに、欧州の異分野横断（異分野連携）的な研究を促進するため、先の表のうち 13 の研究インフラ(37 研究機関)を横串的にネットワーキングする Coordinated Research Infrastructures（CORBEL）という取組を行っている。2020 年 5 月までの時限イニシアチブである。EMBL が幹事として参加している。基本的には医学分野の橋渡し研究強化の目的がある。イメージングに限らず、データやバイオバンク、設備の利用、橋渡し研究の可能性の相談、ELSI の相談等、多岐にわたる研究支援を行うが、二つ以上の研究インフラの利用を前提としたプロジェクトの支援に特化している。

１．３．３　日本

国の政策レベルでは、歴史的な背景から共同利用、共用を謳った類似事業が複雑なシステムを構築している。英国やドイツのように分野毎の研究インフラ戦略を検討する部門が存在しない。

文部科学省のプロジェクトとして、以下のように NMR 等機器毎のネットワーク化や外部への共用を促進する制度はいくつか存在する。

- 共同利用・共同研究拠点（学術機関課）：国立大学の全国共同利用型の附置研究所等を中心に研究者が共同で研究を行う体制を整備する制度
- 先端研究基盤共用促進事業（研究開発基盤課）：研究設備・機器の整備運営の早期確立により、研究開発と共用の好循環を実現する新たな共用システムの導入を加速する制度
- 科研費新学術基盤形成（研究助成課）：大学共同利用機関や共同利用・共同研究拠点を中核機関とする関係機関の緊密な連携の下、学術研究支援基盤（プラットフォーム）の形成を図る制度。科研費取得者の支援制度
- 創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム（BINDS）（ライフサイエンス課、AMED）：放射光施設（SPring-8、Photon Factory）、クライオ電子顕微鏡、化合物ライブラリー、次世代シーケンサ等の大型施設や装置を整備・維持し、積極的な外部開放（共用）を行う制度

各研究所・研究科における欧州レベルのコアファシリティはほとんどないに等しい。数少ない取組として、大阪大学医学系研究科における共同研究実習センターと最先端医療イノベーションセンター（CoMIT）共通基盤部門では、最新鋭の機器と熟練された専門技術職員により構成され

た総合コアファシリティが形成されている。前者はイメージングファシリティやゲノム編集に強みを有し、後者は特にゲノム解析およびタンパク質解析ファシリティに強みを有する。特に前者においては、全研究室から年間一定の額を徴収し、かつ都度の利用料も徴収する形で持続可能性を担保しようとしていることが特徴である。

その他、上記の制度を活用する等して、京都大学医学研究科、早稲田大学先端生命医科学センター、慶應医科学開放型研究所、熊本大学発生医学研究所、東工大バイオ研究基盤センター等、国研・大学毎に自主努力も少しずつ始まっている。

１．３．４　総括と日本への示唆

計測機器が発展し、最先端の計測装置は高度に複雑化されたシステムとなった現在では、価格と運用のいずれの面からも、各研究室で個別に所有・維持・利用することは困難かつ非効率的である。また機器や技術の更新が年々速くなっており、機器を購入するだけでは不十分であり、機器の性能をスペック通りに引き出す高度技術、さらには修理や改造、場合によっては開発提案にも及ぶ専門人材と一体で措置することが必要となる。

またゲノミクス・オミクスやイメージングの開発は急速に分野横断的な性質を強め、生物学のみならず、無機・有機化学、タンパク質科学、光学、オプトエレクトロニクス、コンピューターサイエンス等様々な分野をカバーする学際的アプローチの重要性が高まっている。単一ディシプリンの個別研究室が独立に研究開発するスモールサイエンスの時代が終わりつつある。

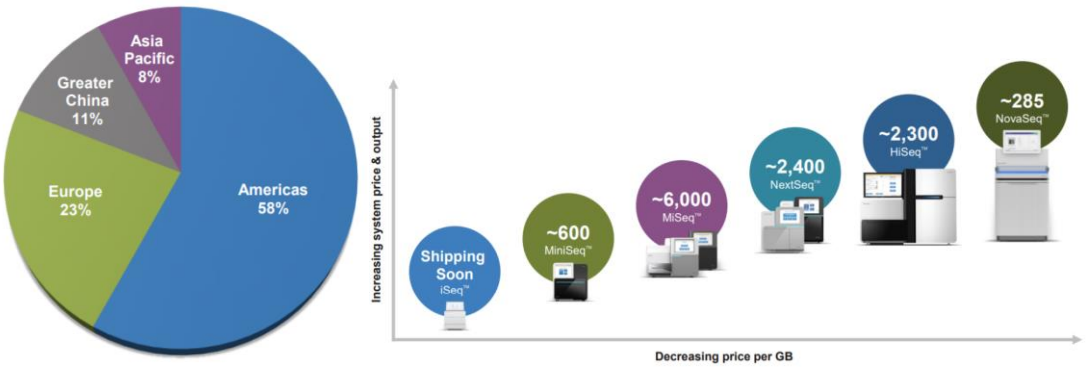
米国、英国もドイツでもコアファシリティの重要性に鑑み、研究機関の運営費交付金や競争的資金をここに厚く充当している。新規機器購入のためのファンドもあり、原則としてラボ単位では競争的資金でのミドルレンジ以上の機器購入を禁止している。

日本では、技術の開発者が、開発から共同研究、支援、起業、試薬市販化、データ解析環境開発、他技術導入・評価等を１つの研究室で行うのが一般的である。そのため研究開発の生産性が著しく低下し、国際競争力も低下しつつある。先述のように、機器毎のネットワーク化や外部への共用を促進する制度は存在するが、各研究機関・研究科における内部利用者向けのコアファシリティ整備を助成する制度が存在しない。まずは各研究室が機器を囲い込む文化を改めて、物理的に距離の近い研究所・大学単位で足元を固めることが必要ではなかろうか。あとはやはり機器毎のネットワーク型支援が多く、様々な先端機器にワンストップでアクセスできる拠点も存在しない。共同利用施設として登録されている一部の大学や研究機関では最先端のイメージング機器の導入が進められているが、オペレータ人材が不足しており、一般の研究者が最先端イメージング技術を駆使して研究を実施するには至っていない。その結果、研究基盤の不足によって基礎的な研究が進みにくくなる状況が生じつつある。

本調査を行う中で、現在のライフサイエンス・医学分野の研究を牽引するクライオ電顕と次世代シーケンサーのフラッグシップ機の世界の導入動向を調査したところ、前者 Titan Krios（サーモフィッシャー社）では世界に 134 台のうち日本は 5 台（図表 42)、後者 NovaSeq（イルミナ社）は世界 285 台のうち数台とのデータが得られた（図表 43)。日本は米国、中国はおろか、ドイツ、英国にも大きく後れを取ることがわかった。データの集約の視点からも次世代シークエンサーHiSeq（イルミナ社）を含め、英国、ドイツは拠点に集中させる傾向があるとのことであった。

	Total	US	Germany	China	UK	Japan	France	Switzerland	Netherlands	Canada	Sweden	Denmark	Singapore
Krios	134	49	23	16	14	5	4	4	3	3	2	2	2
Talos Arctica	69	28	7	8	5	4	1	0	3	0	1	0	0
Tecnai Arctica	6	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1
Glacios	14	7	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0

図表 42　サーモ・フィッシャー社のクライオ電顕の世界の導入状況（2018.10 時点）
出典：日本 FEI 社　資料



図表 43　イルミナ社の次世代シーケンサーの売上げと機種導入台数
出典：イルミナ社　資料

日本ではクライオ電顕や最先端次世代シーケンサ等先端機器を購入する予算が不足している一方で、研究室単位での機器の購入（囲い込み）と専門人材を確保しないことによる若手の研究人材が機器のメンテナンス等研究以外の雑務にも多大な時間を割かなければならない境遇や機器の死蔵が多発している。またインフォマティクス人材が不足し、今後の方向性を見据えた時に世界と伍していけるか危機的状況にある。

ゲノムの分野では、欧米との試薬・装置の価格差によって、中国や韓国、米国等の受託企業でシーケンスする方が安価になっている。そのため、国内のコアファシリティのシーケンサはほぼ稼動しておらずシーケンサを所有する意義が減少してきている。しかしながら、ライフラインであるシーケンシングを海外に完全に依存することは、国内のシーケンス技術レベルの低下やデータの流出、科学発展の独立性を担保できなくなる恐れがある。よって、受託による安価な実験と国内のコアファシリティの育成を両立させなければならない。シーケンス技術が低下すると、1細胞オミクス技術の開発力や運用力も向上せず、低下するであろう。

このような状況を打破するために、医学、工学、薬学、分子生物学、物理学、化学、ナノサイエンス、情報科学等の諸関連分野の研究者が、分野を超えて連携し研究開発を行う学際的な研究開発プラットフォームを構築することが求められている。

いくつかの特定の場所へ集中的に整備・蓄積し、プラットフォームとして最短で利用することが戦略上重要となる。また、そのような場を、多様な専門性と課題をもつ者が、産学連携と融合領域研究を拓く共鳴の場として、研究スキルの習得やレベルアップの土壌として、育てていくことがポイントとなる。ここで開発された最先端装置を一般の研究者の利用のために開放し、共同利用する体制を予め設計しておくことが重要である。その意義は、最先端の技術成果を速やかに個別研究へ展開するに留まらない。開発現場に利用者からのニーズが速やかにフィードバックされる体制を整備することが、実用性の高い技術開発を効率的に進めるために必須である。

また、大規模な研究開発および利用支援のプラットフォームを構築することで、データ収集の拠点化と標準化も可能となる。データ科学者を戦略的に配置することで、これからの発展が予想されるデータ駆動型生命科学を支える拠点として、また標準化・規格化の国際競争におけるプレゼンスの確保という観点からも重要な役割が期待される。

国は、競争的資金の用途（ルール）を根本から見直し、あらゆる機器が原則共用で配置されるよう研究現場の環境を変えていくことを検討すべきである。この時に問題になるのは予算も含めた持続可能性である。大学や研究機関では中長期視点から運営費交付金、組織の間接経費、利用者による利用料、プロジェクト事業費といった財源と研究人材、研究支援人材とセットで資源の配分方針を見直す時期に来ている。コアファシリティを運営できる人材育成やその評価システム、長期的な予算配分とともに、各研究者の大型機器購入制限等が必要であろう。

１．４　異分野連携・融合、データ科学・インフォマティクス

異分野連携・融合はマルチ・ディシプリナリー、インター・ディシプリナリー、トランス・ディシプリナリーといったように連携・融合の度合いによって様々な場面で使われるようになってきた。昨今では社会課題の解決に向けて、異分野が融合していく様をコンバージェンスというように表現することも増えてきた。

課題解決に向かって連携する時もあれば、新しいサイエンスの創出に向けボトムアップで連携する場合もあるだろう。ここではこれらの言葉の厳密な定義はさておき欧米を中心として様子を見てみた。

世界の主要な研究者・組織では、もはやライフサイエンスは異分野融合なしには先端を走れないという認識の下、近年ではオープンサイエンスを標榜して研究を推進している。歴史的にはやはり米国が先導してきたように思われる。スタンフォード大学の Bio-X プログラム（1998 年～）、ブロード研究所（2004 年～）及びハワード・ヒューズ医学研究所のジャネリア・リサーチ・キャンパス（2006 年～）等がその先駆として代表的なものである。

欧州でも Horizon2020 では、応募するすべての研究計画において、分野横断・融合的な研究体制が求められており、どの分野とどの分野をどのように融合する計画なのか、説明が求められている。どの程度分野横断的であるかについても数値で評価が行われる。英国 BBSRC が募集する研究助成金公募でも同様に分野横断・融合についての計画の記載が必須である。

つまりライフサイエンスのビッグサイエンス化の進展や効果的なトランスレーショナル研究を考えたときに従来の単独のラボで研究を進める方法では限界があるということは共通の認識である。ライフサイエンスにおける喫緊の課題は研究（機器）がハイスループット化する中で大量に出るデータの解釈の問題、つまりウェットとドライの連携・融合である。

そもそも米国や英国、ドイツの研究機関では、大部屋の中でベンチの割り振りがあるだけでラボ毎に個別の実験室は存在しないのが主流となっており、自然と近隣のラボとコミュニケーションが発生する環境にあるという科学研究文化の根本思想が異なる。また、先に述べたとおり欧米では人材流動性が非常に大きいので、自然と様々なバックグランドをもった研究者が集まり、分野融合するという側面もある。

１．４．１　米国

米国では三者三様の方法論ながら早くから異分野連携の重要性を認識し、オープンサイエンスを実践してきた組織を紹介する。こういった研究所はいずれも、建物やラボはコラボレーションを重視して空間の柔軟性をもった設計がされている。

スタンフォード大学 Bio-X プログラム

臨床医、生物医学および生命科学の研究者を、エンジニア、物理学者および計算科学者と一緒にして、健康および疾患における生体の複雑さに取り組むスタンフォード大学の学内プロジェクトである。分子あるいは臓器を単離して研究するのではなく、体内の全システムを理解しようというプログラムとなっている。60 以上の学部の 400 人以上の教員が Bio-X チームに加わっている。2003 年に完成した James H. Clark Center が、Bio-X のハブとして機能、柔軟なラボ空間とその共用設備を備え、以下のようなプログラムを推進している。

- PhD フェローシップ：
  学際的な研究を志す学内の有望な大学院生に対して最高 3 年間の授業料と奨学金を提供
- シードグラントファンド（学際的イニシアティブプログラム）：
  早期段階の学際的なハイリスク研究に平均して 20 万ドル／2 年の資金を提供。これにより NIH や NSF からの資金調達に必要な Proof of Concept を得ることを可能にする。
- Bio-X Ventures プログラム：
  新技術の迅速な開発と普及のためのスペースとリソースを「既製」の機器として提供する前に提供

ブロード研究所

本調査のきっかけの一つにもなったブロード研究所（2004 年～）は、ハーバード大学と MIT、およびブロード夫妻が共同出資して設立した異分野連携を意識したアンダーワンルーフ型研究所である。特定の分野で働く個々の研究室の伝統的な学術モデルは、生物医学の新たな課題に対応するように設計されていなかった、という問題意識の下、設立された。生物学、化学、数学、計算、工学を医学、臨床研究と組み合わせたチームによって、下記の重点領域に取り組む。

- 生命の分子レベルでの完全図の組立
- 細胞応答の根底にある生物学的回路を定義
- ゲノムやその他の生物医学データの複雑なセットからの発見
- 生物学的メカニズムの理解により、複雑なヒト疾患を治療するための新しい治療法の開発とそのリスク軽減
- 主要な感染症の分子的基礎を発見し、抗生物質耐性を克服

3 千人以上の科学者が参加し、2016 年度予算 4.1 億ドル（うちチャリティが 1/3 以上）となっている。

ブロード研究所の内観（CRDS 撮影）

ジャネリア・リサーチ・キャンパス

財団である HHMI 傘下の研究所（2006 年～）でワシントン DC から約 60km 離れた郊外に位置する。「機械的認知神経科学」を掲げ、①新規イメージング法の開発、②神経回路が行う計算の根底にある基本原理の解明、を主なミッションとした研究活動を行っている。

研究者は 6 年間の契約で、研究は完全に内部資金で運営されている。

AT&T ベル研究所とケンブリッジの分子生物学研究所（MRC-LMB）をモデルとした制約のないチーム間コラボレーションを生み出す設計とした。参考にした点として、コンパクトなチーム、

内部資金による研究の推進、優れた支援施設とインフラ、限られた在留期間、団結性である。

- 自分自身が積極的に研究を行っているラボヘッドが主導する小さな研究グループ
- 初期の科学的自立を重視する
- グループ、特にツールビルダーとツールユーザー間のコラボレーションを促進する環境
- 共同プロジェクトを運営し科学的支援を提供する優れたチーム
- 少数のインパクトのある、挑戦的な研究分野で進展を目指す明確な目標

研究分野（個々のラボ）、ツール開発と理論、プロジェクトチーム、サポートチームに分かれた小さなチームで構成され、これらのグループ間でのコラボレーションでオープンサイエンスを推進している。

サポートチームは、下記の 17 のファシリティで構成されている。

解剖学と組織学、細胞および組織培養、コネクトーム情報付加、CryoEM、ショウジョウバエ資源、電子顕微鏡、遺伝子ターゲティングとトランスジェニック、Janelia Experimental Technology（jET）、光学顕微鏡、培地準備、分子生物学、プロジェクトテクニカルリソース、定量ゲノミクス、コンピューティングソフトウェア、ストレージと計算リソース、ウイルスサービス、動植物飼養場

ニューヨークゲノムセンター（NYGC）

ゲノム研究の発展に焦点を当てた独立した非営利の学術研究機関（2011 年～）である。ブロード研究所を模したとも言われている。ゲノム配列解析の強みを活かし、神経変性疾患、神経精神疾患、がん患者の新しい治療法や治療法へのゲノム解析の研究を推進している。やはり、多機関がメンバーとなって、拠点に相乗りするスタイルである（図表 44）。

図表 44　NYGC 設立メンバー

出典：ニューヨークゲノムセンターHP

政府の取り組みとして、NSF の支援する「10 のビッグアイディア」を例として以下に説明する。

2016 年 8 月、コルドバ NSF 長官により、「NSF が未来に向けて投資すべき 10 のビッグアイデア」が発表された。この 10 のビッグアイデアには、「NSF におけるコンバージェンス研究の拡大」や「研究アイデア」の一つとして「生命法則理解」が挙げられており、公募が実施されている。NSF では、「NSF におけるコンバージェンス研究（Convergence Research）」を以下の 2 つの特徴を有するものとして定めている。

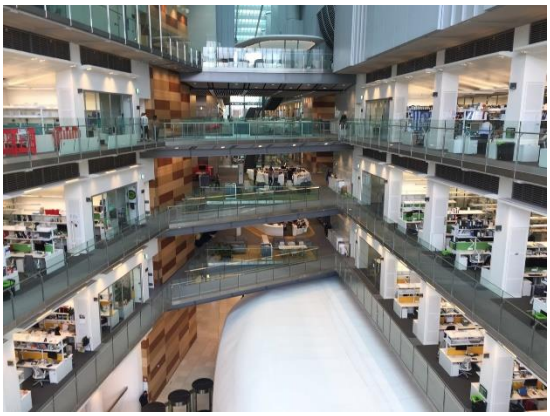
- 特定の差し迫った問題によって引き起こされる研究。特定の課題や機会 ーそれらが深遠な科学的問いから生まれるものであれ差し迫る社会的ニーズから生まれるものであれーに対処するニーズによって触発されて生まれる研究。
- 分野を跨ぐ統合の深化。異なる分野出身の専門家が共通の研究課題を追求し、彼らの知識、理論、方法、データ、研究コミュニティ、言語が次第に交じり合い、統合する状況を指す。新しい枠組み、新しいパラダイム、また新しい分野が、複数のコミュニティ間の持続的な相互作用を形成しうる。

１．４．２　英国

フランシス・クリック研究所のように、これからの新しいライフサイエンスは異分野間の衝突によって生まれるという考えの下、アンダーワンルーフで、セクションも設けずに 150 近いグループが研究に取り組むようなスタイルがある。オープンサイエンスを標榜し、分野間、産学間の垣根を越えて取り組むというスタンスである。

フランシス・クリック研究所（Francis Crick Institute）

- MRC、英国キャンサー・リサーチ（CRUK）、ウェルカム・トラスト、ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン、インペリアル・カレッジ・ロンドン、キングス・カレッジ・ロンドンの 6 機関の支援を得てロンドンに設立された欧州最大規模の研究開発機関である。研究所の建設に際してはこれら 6 機関から総額で 6.5 億ポンドの投資が行われた。
- 2015 年 4 月に、MRC 医療研究国立研究所および CRUK のロンドン研究所がフランシス・クリック研究所に併合され、ロンドン中心部にある新設の建物に実験室等が移された。2016 年 9 月に、約 150 ラボに 1,250 人におよぶ研究者らが研究所に着任し業務を開始した。
  - 5 つの戦略的優先事項
  - 境界なしで発見を追求
  - 将来の科学リーダーの育成
  - 創造的な協力
  - トランスレーションの促進
  - 公衆への関与
- 現在約 150 のグループ、1,500 名の科学者と 1,250 名のサポートスタッフ
- 総収入 1.6 億ポンド（2017 年）：RC から 0.6 億ポンド、チャリティから 7.5 億ポンド



Francis Crick 研究所の内観（CRDS 撮影）

ファンディングで誘導するタイプには、例えばウェルカム・トラストの共同研究助成金（Collaborative Awards）や CRUK の学際的プロジェクト助成金（Multidisciplinary Project Award）がある。

前者は最大で 400 万ポンド／5 年のプログラムで、要件は、統合された共同チームの取り組みによってのみ解決できるテーマについて、新しいアイデアの開発を促進し、発見のスピードを速めることが目的となっている。異なる専門知識や専門分野を持つ 2 人以上 7 人以下の共同研究の実績がある研究者が応募する形となっている。

後者は EPSRC と共同出資されている最大 50 万ポンド／4 年間のファンドである。創造的な研究アイデアを生み出し、がん研究におけるその適用性を探ることが目的で、下記が要件となっている。

- 異なる科学分野で働く最低 2 人の PI
- どのキャリアステージでもがん研究に携わる少なくとも 1 人の PI
- 任意のキャリア段階におけるエンジニアリング/物理学（物理、工学、数学および計算モデリング、化学および分子科学、材料科学、分子/組織工学および再生医療等、すべての工学および物理学の分野）の分野からの少なくとも 1 人の PI

１．４．３　ドイツ

DFG 共同研究センター（Collaborative Research Centres: SFB）プログラム

革新的で長期的な研究テーマに取り組むことで、新たな研究領域の創成ないしは新学科の設立に寄与することを目的としたプログラムである。大学が分野融合の拠点を作るものである。新領域に採択されると 1 名ないしは複数名の領域コーディネータを任命する。領域コーディネータには資金配分の裁量が認められている。領域の審査基準は、①国際的な競争力の高い研究と独創性、②洗練された長期的な研究計画、③大学当局の適切な人的、財政的な計画、④若手研究者の育成とマネジメント、等となっている。さらに、大学だけでなく公的研究機関との連携有無も加味される。最長 12 年（4 年×3 回）の助成プログラムで、2018 年の予算では約 7 億 1,700 ユーロを配分して、274 領域を支援する予定とされている。

一例として、ヴュルツブルク大学（University Würzburg）における「心臓血管系における細胞相互作用のメカニズムとイメージング（Mechanisms and Imaging of Cell-Cell-Interactions in the Cardiovascular System）」を挙げる。

- 4 つの学部と 11 の臨床ユニット
- 領域：解剖学、分子薬理学、臨床生化学/病原体化学、生物物理学/実験物理学、神経学/実験的神経学、MR イメージング、心血管生理学、内科/心臓病学、ヘモスタソロジーと血管生物学、プロテオミクス、細胞生物学、バイオインフォマティクス
- 研究テーマ：
  (ア) 臨床応用への分子的アプローチをカバーする血小板、血小板/細胞壁相互作用および内皮バリア機能の分析
  （生化学/細胞生物学、機能的プロテオミクスおよびバイオインフォマティクスならびにマウスおよびヒトの生理学、病態生理学およびヘモスタソロジー、実験的および臨床的心臓学および神経学の最新の方法が適用される。）
  (イ) 病理学的細胞 - 細胞相互作用および心臓血管、脳血管、ヘモスタセロ学的表現型に関する局所的に発生したマウス疾患モデルの分析
  (ウ) マウス疾患モデルに関連する血管の病理学的細胞 - 細胞相互作用の早期診断のための in vivo イメージング技術の開発、およびヒトへの応用
- 期間：2006-2017 年
- 助成総額：約 2,500 万ユーロ（約 32.5 億円）

１．４．４　EU

EU または欧州の取組として、異分野連携では欧州研究会議（ERC）のシナジーグラントを、データ科学・インフォマティクスでは欧州バイオインフォマティクス研究所を紹介する。

1.　ERC シナジーグラント

同助成金は、異なる分野が相乗効果を発揮し、新しい発見や新しい成果をもたらすことを期待するものである。異なる専門知識を持つ研究者（PI）2～4 名のグループが集まって野心的な研究課題に取り組むことを支援し、6 年間で最高 1,000 万ユーロが支給される。2012 年および 2013 年に公募がパイロット的に実施され、2018 年から本格的に開始した。

2.　欧州バイオインフォマティクス研究所（EMBL-EBI）

欧州 19 か国の出資による欧州分子生物学研究所（EMBL）の拠点の一つで、バイオインフォマティクスに特化したサービス提供、人材育成、研究機関である。ケンブリッジのサンガー研究所に隣接する形で 1992 年に設置されており、英国が活発に欧州共同研究に参加する拠点となっている。生命科学実験のデータを共有し、計算生物学の基礎研究を行い、広範囲のユーザートレーニングプログラムを提供し、学界や産業界の研究者を支援している。欧州中から若手人材が派遣されてきており、技術の習得後各国に戻っていく。ユーザーの約 20%が産業界である。

１．４．５　日本

第 3 期基本計画（2006 ～ 2010 年）においては、イノベーション創出に向け、「イノベーションは新たな融合研究領域から創出されることが多いが、そのような領域は経済社会ニーズに基づく課題解決に向けた積極的な取組により効果的に形成される。」との認識のもと、「先端的な融合領域研究拠点の形成」が掲げられた。課題達成型研究開発が掲げられた第 4 期基本計画（2011 ～ 2015 年）でもこれらの方針が継続されている。オープンイノベーションが掲げられた第 5 期

基本計画（2016 ～ 2020 年）では、「イノベーションを興すのは人であり、人が組織やセクターを越えて交流することで多様な知識等が刺激し合い、融合し、そこから新たな価値が創り出される。海外では、大学と企業間、又は規模や業種の異なる企業間で人材が移動する、あるいは複数の組織に兼務することが、迅速なイノベーションの実現に寄与している状況が見られる」と、研究分野としての融合領域だけでなく人材の流動化とそこから起こる融合について強調している。

ここでは 2 つの事業を例として挙げる。

1. 先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム（2006 年～2018 年）

イノベーションの創出のために特に重要と考えられる先端的な融合領域において、企業とのマッチングにより、新産業の創出等の大きな社会・経済的インパクトのある成果（イノベーション）を創出する拠点の形成を支援する制度。再審査までの 3 年間年間 3 億円程度、本格的実施後年間 5～7 億円程度の予算となっている。

ライフサイエンス分野では下記の取組がある（8 拠点）。

- 高次生体イメージング先端テクノハブ　京都大学
- 未来創薬・医療イノベーション拠点形成　北海道大学
- 再生医療本格化のための最先端技術融合拠点　東京女子医科大学
- システム疾患生命科学による先端医療技術開発　東京大学
- 先端融合医療レドックスナビ研究拠点　九州大学
- 次世代免疫制御を目指す創薬医学融合拠点　京都大学
- 翻訳後修飾プロテオミクス医療研究拠点の形成　横浜市立大学
- バイオプロダクション次世代農工連携拠点　神戸大学

例えば、京都大学の「次世代免疫制御を目指す創薬医学融合拠点」では、医学部構内に大学研究者と企業研究者が一つ屋根の下に協働する創薬融合ラボを形成し、研究を推進し、その結果、事業終了後もメディカルイノベーションセンターとして、様々な企業と共同研究に取り組んでいる。

2. 世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）（2007 年～）

WPI は高いレベルの研究者を中核とした世界トップレベルの研究拠点の形成を目指すもので、研究拠点に「世界最高レベルの研究水準」、「融合領域の創出」、および「国際的な研究環境の実現」、「研究組織の改革」の 4 つの要件を求めている。予算は、13～14 億円程度／年×10 年（平成 19、22 年度採択拠点）、～7 億円／年×10 年（平成 24 年度採択拠点）、～7 億円／年×最長 10 年（平成 29 年度新規採択）である。

ライフサイエンス分野では下記の取組がある（7 拠点）。

- 京都大学 物質－細胞統合システム拠点（iCeMS）
- 大阪大学 免疫学フロンティア研究センター（IFReC）
- 筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構（IIIS）
- 東京工業大学 地球生命研究所（ELSI）
- 名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所（ITbM）
- 東京大学 ニューロインテリジェンス国際研究機構（IRCN）
- 金沢大学 ナノ生命科学研究所（NanoLSI）

１．４．６　総括と日本への示唆

ライフサイエンスはビッグサイエンス化しており、異分野連携あるいはオープンサイエンスでないと対応できない、また新しい発見はできないというのが、米国ブロード研究所やフランシス・クリック研究所をはじめとした世界の共通認識である。

異分野連携・融合の促進には大きく２つの方法がある。一つはアンダーワンルーフ型の拠点を作ることであり、もう一つは異分野の研究者間に連携・融合を促すバーチャル型のファンディングプログラムを創設することである。前者の意味では、前節の研究インフラの在り方と異分野連携というのは表裏一体の問題である。

日本は文部科学省による先端融合と WPI によって拠点型のプログラムを実施してきている。ただし、規模は置いておいたとしても、参加する研究者の分野の幅とアンダーワンルーフという両者をともに欧米水準で満たしているプログラムはほとんど見受けられない。欧州では研究所の作りそのものがオープンな設計、雰囲気であり、コアファシリティの充実から集約型のアンダーワンルーフでコラボレーションが起こりやすい環境が構築されている。日本の大学ではどうしても様々な研究科から人材を集めることから一定程度バーチャルにならざるを得ないのはやむを得ないところだろうか。もう一つ欧米と異なるのは、先に優れた取組事例として挙げた京大、阪大ともに免疫等医療・創薬に直結する分野であるのに対し、欧米は分子・細胞生物学等の基礎生命科学で大規模拠点を構築している点である。これは意外と日本に少ない。理研生命機能科学研究センターや東大の定量生物科学研究所、阪大の蛋白質研究所等の附置研があるのみである。

研究者のインタビューにおいて、今後インフォマティクス人材が重要になってくるという声はあったものの、現時点で大きく不足しているという話は聞かなかった。世界から人材が集まってくるということもあり、インドや東欧、メキシコ等からドライが得意な研究者が多く集まることも理由の一つに挙げられた。どこの組織にもドライの PI がおり、またはどこのコアファシリティにもインフォマティクスのグループもあり、相談しながら、分業をするか、そこの共同研究になることが多いとの回答であった。オミクス技術を開発しているトップラボでは、もはや共同研究や自身のデータプロダクションを実施しておらず、研究所内外のコアファシリティに技術移転を行い、自身は研究開発に集中しつつ、国内のユーザーがデータを得られるように工夫されている。各研究機関にコアファシリティ文化が根付いていることは先に述べた通りであるが、これが、異分野連携・融合とも大きく関係していることが今回の調査で改めて示唆された。

ライフ分野の大きなトレンドの一つである１細胞オミクス分野で発表されている論文のほとんどが、バイオインフォマティクス研究者が第一著者、または第一共著者となっている。また新しい１細胞オミクス技術の開発や利用において、一線で活躍している研究室のヘッドは、バイオインフォマティクスが専門であることが多くなってきた。さらに、ENCODE（Encyclopedia of DNA Elements）や HCA（Human Cell Atlas）等オミクスの国際プロジェクトは、バイオインフォマティクス研究者がオーガナイズしてきた。これは、オミクス技術の開発や利活用には、高度な情報処理が必須になっているためである。

日本には大規模なバイオインフォマティクス研究所が存在せず、旧来の実験研究所や情報科学研究所の一研究室で大部分の生命情報科学教育が行われている。また、両分野を習得するには膨大な時間がかかり、米国の様にダブルメジャーの体制が我が国では不十分であることも課題である。さらに、日本では情報学者が実験予算を取るのが非常に困難で、実験研究者が独自取得した

予算で論文の責任著者になってしまうため、情報学者の身分が低く扱われており、積極的に共同研究に発展しにくいことも挙げられる。結果として、日本では、バイオインフォマティクス研究者がヘッドのゲノム科学のラボや大型プロジェクトはほぼなく、国際競争力に乏しい。

今後は一人の研究者の中でウェットとドライが融合していくことが非常に重要になってくるという意見もあった。シーケンス技術の発展とともに我が国でも実験と情報科学の両方に明るい若手研究者が増えつつある。今後は、そのような人材に実験できる環境や予算配分を行い、研究室や大型プロジェクトをマネジメントできる人材を育成することが分野の発展において必須である。また、そのような人材育成プログラムも必要であろう。

１．５　技術移転・産学連携

米国は、スタートアップが最も盛んな国であり、これらスタートアップ、ベンチャーが技術移転・橋渡しの中核を担っていると言っても過言ではない。これらの発生・成長を支えるのが、豊富なベンチャー・キャピタル（VC）である。シリコンバレー、ニューヨーク、ボストンなど大学発スタートアップのエコシステムが構築されている。

英国においてもドイツにおいても科学研究の成果は論文を中心に顕著であるが、やはりその成果をいかに早く社会に還元していくかは国として共通の課題となっている。大学や公的研究所でオープンサイエンス（オープンイノベーション）の取組が見て取れた他、英国の大学では政府からの交付金が減少する状況にある中、授業料の増加で補うにも限界があり、近年の傾向として、収入の伸びが期待できる大学発スピンアウト企業への支援や出資に注目が集まっている。英国は欧州内で起業率が最も高いがドイツは低い。この違い等を見ていく。

１．５．１　米国

1.　政府による研究開発型スタートアップの支援制度

主なものには、SBIR/STTR 制度や、NSF の起業家育成プログラム I-Corps などがある。以下にこれらの制度について説明する。

①　中小企業技術革新（Small Business Innovation Research：SBIR）／
　　中小企業技術移転（Small Business Technology Research：STTR）制度

SBIR は、中小企業における初期段階の研究成果、すなわち有望ではあるが投資家が投資するにはリスクの高いイノベーション・アイデアに対して政府が資金を提供し、研究成果の実用化・商業化を図るものである。外部委託研究費が 1 億ドルを超える政府機関は、その 2.5%以上を SBIR のために充てることが中小企業イノベーション開発法により義務づけられている。

STTR 制度は、大学や政府研究機関と中小企業の間の連携と技術移転の促進を図るものであり、外部委託研究費が 10 億ドルを超える政府機関は、その 0.3%以上を STTR に充てることが中小企業研究開発法により義務づけられている。2015 年度の SBIR/STTR の予算総額は連邦政府全体で 25 億ドルであり、これは国内最大のシード・ファンドということができる。

SBIR/STTR は 500 人以下の米国の中小企業に対して 3 段階に分けて助成を行う。第 1 段階目では、アイデアの実行性の検討とビジネスプランの作成ために最高 15 万ドルが 6 か月～12 か月に亘って支給される。第 2 段階目では、第 1 段階目で優秀な成績を上げた中小企業のみが対象となり、試作品の開発などのために最高 100 万ドルが、24 か月に亘って支給される。第 3 段階目では、SBIR/STTR からの支給はないものの、他の連邦資金の配分や、製品・サービスの調達が行われる場合もある。

SBIR や STTR のような助成金があるにもかかわらず、研究とイノベーションの間にまたがる「死の谷」を乗り越えられず失敗に終わるスタートアップが後を絶たなかった。そこで、米国国立科学財団（NSF）は、技術をビジネスへと転換させる方法を教え起業家を育成するための I-Corps プログラムを開始した。このプログラムのテーマは「研究室から市場へ」施策として実施されている。

② NSF I-Corps プログラム

I-Corps プログラムは、大学の研究者に対してアイデアを形にする方法や技術を商品化する方法を教え、起業の準備を整えるためのものであり、チーム、ノード、サイトの 3 層から構成される。チームとは大学教授、若手研究者、メンターの 3 人一組からなる起業を目ざす集団である。ノードとは、チームの構成員やまだチームに採用されていない研究者を教育する拠点であり、複数の大学からなるコンソーシアムである。サイトとは、学内の研究者の技術移転やイノベーション創出を支援する大学である。I-Corp プログラムは、もともとはチームから出発しており、その後チームの数が増えるに従い、ノードやサイドが設置されるようになった。全米のチーム、サイト、ノードのネットワークを構築し、イノベーション・エコシステムを全国展開する体制がとられている。

これまでに、I -Corps プログラムで 905 のナショナル・チームが指定され、そのうち 361 のナショナル・チームが起業をしている（2017 年 2 月時点）。I-Corps プログラムの特徴であるリーン・ローンチパッド・カリキュラムを受講したチームは、SBIR/STTR 等のスタートアップ支援資金を受給する確率が、受講しなかったチームに比べ約 2 倍高いという調査結果がある。

2. ボストンのスタートアップ環境とその特徴

米国のスタートアップ集積地としては、シリコンバレー、ニューヨーク、ボストンなどがある。なかでもボストン地域は古くからスタートアップの集積地として知られ、現在は約 2,900～3,900 のテクノロジー（研究開発型）スタートアップが存在する。特にバイオテクノロジー関連のスタートアップに強みを有し、破壊的なイノベーションを起こす可能性を秘めた国際競争力のあるスタートアップが数多く生み出されている。これらのスタートアップを生みしその成長を支えているのがケンブリッジ市のケンドル・スクエアー地区を中心に形成されているイノベーション・エコシステムである。ケンドル・スクエアーは 2 km 四方の小さな地域であるが、北部にはハーバード大学が、南部にはマサチューセッツ工科大学が位置している。この 2 つの大学に挟まれた地域には大手製薬会社、VC、スタートアップ支援機関が密集しており、新しい技術の実行可能性の検討（Proof of Concept: POC）から研究開発、商品化に至るまでの過程を、大学、企業、VC が密接に連携しながら支援することを可能としている。ケンドル・スクエアーは、世界中で最もスタートアップの密度の高いイノベーション地区として知られている。

ハーバード大学で技術移転およびスタートアップ創業の支援を行っているのは、技術開発オフィスである。技術開発オフィスでは、スタートアップを大きく成長させた経験を持つ研究者などを職員として迎え、研究成果の開発から商業化に至るまでに必要な実用的なアドバイスや支援を行っている。技術開発オフィスでは、スタートアップ・ガイドブック“Startup Guide ”を発行しており、起業に興味にある大学職員、大学院生、ポストドターに対して起業までの道のりや、起業の長所や短所、起業に必要な資金や資金源などをわかりやすく示している。大学の研究者と企業の研究者をつなげ、研究室での「発見」が「イノベーション」へと速やかに導かれるようにきめ細かい指導が行われている。

ハーバード大学の技術移転オフィスの中には、医科学研究に特化したブラヴァトニクバイオメディカル・アクセラレーター（Blavatnik Biomedical Accelerator）が存在する。このアクセラレーターは 2013 年にブラヴァトニク・ファミリー基金からの寄付によって設立されたもので、医科学における革新的な研究成果を社会的にインパクトの大きい医薬品への開発へと橋渡しするこ

とを目的としている。ここでは、毎年 2 度、学内の起業希望者から提案書を募っており、書類選考や諮問委員会による選考を経て採択された案件に対して 50 万ドルの資金を提供している。諮問委員会には、製薬会社の有識者や VC からの投資家も参加しており、研究シートの発掘と研究方向性の検討のために早い段階から大学、産業界、VC の連携体制が確立している。有望な案件については、VC や製薬会社への紹介も行っている。

また MIT の構内には、技術移転オフィス（TLO）のほか、アントレプレナー・センター（Martin Trust Center for Entrepreneurship）や技術革新センター（Deshpande Center for Technological Innovation）など様々な組織が存在し、起業教育や創業支援を行っている。技術移転オフィスでは、学内の研究成果をいち早く商業化し、広く社会に還元するために、研究成果の特許化を促し、その知的財産の実施権を大手企業および中小企業に提供したり、この知財をもとにスタートアップを創業するように職員や学生に働きかけたりしている。技術移転オフィスの専門職員のなかには、起業経験が豊富な職員も多い。起業を検討中の職員や生徒に対しては、早い段階から知的財産の保護、ビジネスプランの作成、資金調達に関する助言を行うとともに、起業希望者が投資家やメンターとネットワークを構築できるように、学内外の支援プログラムの紹介を行っている。技術移転オフィスでは、スタートアップ・ガイドブック“An MIT Inventor’s Guide to Start-ups”を発行し、創業までの道のりや考慮すべき点、学内外のスタートアップ支援プログラムなどをわかりやすく示している。2016 年に、MIT は研究開発型スタートアップの支援に特化したインキュベーター ザ・ エンジン（The Engine）を設立し注目を浴びている。現在の米国のイノベーションシステムは、将来的には大きな社会の変革をもたらすような、複雑な技術の研究開発への支援が不十分であるとの認識から、このインキュベーターが設立されることとなった。The Engine では、バイオテクノロジー、医療機器、先進製造、クリーンエネルギー、ロボット、IoT、OS などを含むディープ・ソフトウェアなど、研究開発に長い年月と多額の資金を必要がされるタフ・テック（Tough Tech）と呼ばれる技術分野のスタートアップの支援に重点をおいている。タフテック分野のスタートアップに対してメーカー・スペース、ラボ・スペース、コワーキング・スペースを提供し研究開発環境を整えるとともに、メンターの紹介や長期間に亘る資金調達の支援も行っている。さらに、デモンストレーションデーを設けて、学内の起業家が産業界の人々や投資家に向けて自らのスタートアップやアイデアをアピールする機会を提供している。

１．５．２　英国

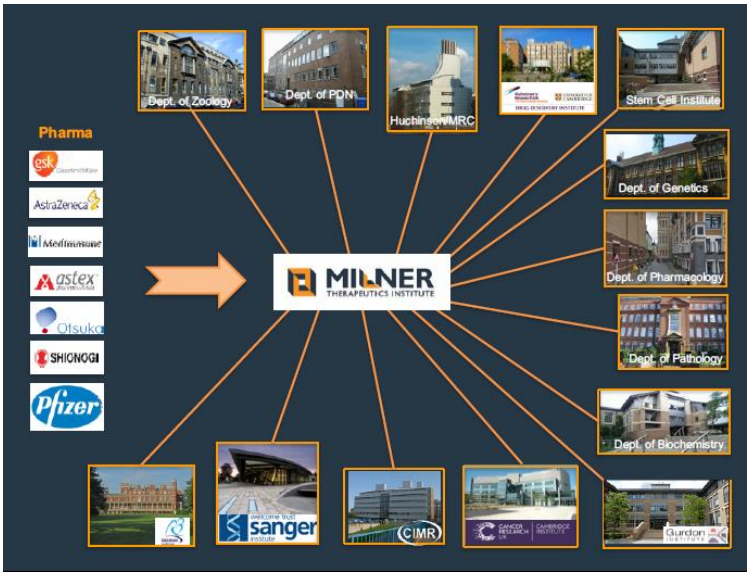
1.　オープンサイエンス型の産学連携

今回の調査で訪問したフランシス・クリック研究所とケンブリッジの Milner Therapeutics Consortium（MTC）ではまったく同じ取組が見られた。つまり産業界が基礎研究段階から、一緒に考える仕組み作りであり、従来主流であったリニアモデルではなく、オープンサイエンスの実践である。

①　Milner Therapeutics コンソーシアム（MTC）

英国ケンブリッジ大学を中心とした創薬推進産学コンソーシアムであり、2015 年に開設された。コンソーシアムは、ケンブリッジ大学、サンガー研究所、バーブラーム研究所の 3 つの学術センターと製薬会社（Astex、AstraZeneca、GlaxoSmithKline（GSK）等）が研究契約に署名しており、日本からも大塚製薬、塩野義製薬が参加している（図表 45）。ジョナサン・ミルナーの 5

百万ポンドの寄付をはじめとして、各製薬企業は Milner Therapeutics Institute へ資金提供している。



図表 45　Milner Therapeutics コンソーシアム
出典：Milner Therapeutics コンソーシアム HP

特徴は、ヘッドクォーターのコーディネート機能にある。今後ロボティクスやバイオインフォマティクス等の共同利用可能な施設も設置する予定とのことであった。

各企業は MTC に一定の資金を投入して、そこから各共同研究に拠出するスタイルとなっている。PI が持っている（エスタブリッシュされた）研究テーマに共同研究の形で参画し、ラボに研究員を派遣する仕組みである。

② フランシス・クリック研究所

産業界ともオープンサイエンスモデルで運営している。GSK と AstraZeneca の科学者は、フランシス・クリック研究所の科学者と協力し、基礎研究を行っている。

2015 年に開始した GSK-Crick オープンサイエンスコラボレーションは、フランシス・クリック研究所の科学者の専門的な発見科学知識と、GSK 科学者の医薬品研究開発（R&D）専門知識を組み合わせ、各パートナーが単独では不可能な科学的発見の可能性を広げることを意図している。GSK の科学者を前に、全 PI（100 を超える）が 5 分間ずつ話をして、最後に GSK が誰と協力したいのかを決める。その中で 10 を超えるコラボレーションが生まれた。共同研究の研究成果は、ピアレビュージャーナルの共同出版により、より幅広い科学界と共有される。

2017 年には、AstraZeneca と 5 年間のオープンサイエンスイニシアティブを締結し、がん、心血管疾患および呼吸器疾患に関する基礎研究を対象に、コア発見に焦点を絞ったものと開発に向けてさらに進んでいるものの両者の支援を開始した。この基金には、AstraZeneca、Cancer Re-search UK、MRC（Medical Research Council）からの資金が投入されている。

AstraZeneca は、フランシス・クリック研究所の科学者に対し化合物およびさまざまな技術プラットフォームへのアクセスを提供している。資金提供を受けている Crick プロジェクトは、AstraZeneca の科学者が Crick のチームに参加しており、参加者間の知識交換がコラボレーショ

ンの中心である。

2.　地方における強みを活かした拠点型産学連携（レスター大学、マンチェスター大学）

個別医療で製薬企業の開発方法が大きく変わってきており、この変化に対応していくためには、患者を初期段階から管理し、そこから得られる知識・データを元に各段階で、個々の治療法を見出し提供していくこと、そして企業と大学が協力し取り組んでいくことが必要となってきている。糖尿病の分野ではNovo Nordisk社、認識機能障害の分野ではBiogen社が先行事例となっている。

レスター地域は、患者の集約化と抱え込みが可能な環境にある。大学病院で構成されているレスターNHS トラストは、一年に 100 万人以上もの患者を受け入れており、大規模コホートがやりやすく研究開発に適している。コホート研究拠点は目的指向にすることが重要だ。

英国政府が初めてライフサイエンス・オポチュニティ・ゾーン（LSOZ）として指定したチャーンウッド・キャンパス内（Charnwood Campus）に個別医療の新しいセンターを設置予定している。ここは投資の優遇を受けられるエンター・プライズ・ゾーンにも指定されている。

オミクスデータのデータベースの構築とウェアラブルデバイス等からのリアルタイムデータの収集、そして AI の活用において、レスター大学が企業と病院の架け橋となる。本格稼働は来年の秋の開始を予定している。

マンチェスター大学のバイオテクノロジー研究所（Manchester Institute of Biotechnology: MIB）は、密接に企業との共同研究を実施することを目指して建てられた。MIB は産業バイオテクノロジーが強い研究所で、企業のニーズに応える共同の研究開発を実施しており、スピンアウト企業は 9 社ある（2017 年 11 月時点）。また、2013 年の政府の重点政策（8 大技術）に合成生物学が入り、同分野の拠点形成の一つにマンチェスター大学が選ばれたことで、獲得した追加予算によって設置された合成バイオロジー研究センター（SYMBIOCHEM）においても、企業と連携して合成生物学を用いて様々な化学物質を生成している。

3.　大学における技術移転・スタートアップ支援

1990 年代以降、研究成果の実用化および商業化は、大学における重要なトピックの一つに位置づけられてきた。この流れの中で、大学の知財を戦略的に扱う会社の設立も進められた。有望なシーズを早期に発掘し、大学の収入や地域経済の発展、雇用の創出に貢献するための技術移転専門機関が株式会社のかたちで大学内に作られた。主なものとして、インペリアル・カレッジ・ロンドンのインペリアル・イノベーションズ（Imperial Innovations）、オックスフォード大学のオックスフォード・ユニバーシティ・イノベーション（Oxford University Innovation）、ケンブリッジ大学のケンブリッジ・エンタープライズ（Cambridge Enterprise）等がある。

インペリアル・イノベーションズ（Imperial Innovations）は、インペリアル・カレッジ・ロンドンの技術移転オフィスを出自として（学内部署として）、1986 年に設置されたが、その後 10 年を経て 2006 年にロンドン証券取引所の AIM（新興企業株市場）に上場を果たした。現在は同大学のみならず、ケンブリッジ、オックスフォード、さらにはユニバーシティ・カレッジ・ロンドン由来の知的財産の事業化に取り組んでいる企業である。起業支援と技術移転の 2 部門に分かれている。インペリアル・イノベーションズは、インペリアル・カレッジ・ロンドンと技術パイプラインに関する同意書を締結しており、これにより同大学の技術に非常に早期にアクセスし選別できる強みを持ち、大学の独占的な技術移転オフィスとしての機能を果たしている。その

ほか、インペリアル・カレッジ NHS やロンドンホスピタルトラストといった国民保健サービス（National Health Service: NHS）の技術移転機関としての役割も有する。

同社は、長期的な視点での価値創造を志向しており、スピンアウトの設立当初の時点から関与を行っている。スピンアウト企業には必ず役員を派遣しており、その経営にも大きな影響力を保持している。また、投資先のスピンアウト企業の資本政策や資金調達計画の立案にも関与し、追加調達ラウンドでもリードを取る。協調出資者の組成やパートナー企業の勧誘等も行い、出資先である企業の長期的な発展に資するサポート全般を担っている。経営層の人選や企業の戦略立案にも関与している。経営層に関しては、大学の外部から CEO をリクルートすることが多い。最高技術責任者（CTO）は研究者がパートタイムで従事している。インペリアル・イノベーションズはファンドを形成せず、直接投資を行っている。ファンドの期限という制約がないため、投資期間は通常の民間ファンドよりも長く、10 年以上に及ぶこともある。投資先企業が IPO をしてもすぐには株式を売却せず、さらなる企業価値の拡大を期待して、保有し続けることもある。2006 年～ 2016 年の 10 年で 140 社を超える企業がスピンアウトしている。インペリアル・イノベーションズは 2005 年以降、2 億ポンドを超える投資資金を調達しており、1.6 億 ポンドの出資を実行している。インペリアル・イノベーションズ以外からも 7.5 億ポンドの出資を引き出している。2016 年 2 月時点で 98 社に投資を行っている。

オックスフォード・ユニバーシティ・イノベーション（Oxford University Innovation）は、オックスフォード大学が全額出資する技術移転会社で、約 100 名の従業員を擁する。同社は大学の技術移転機関である強みを活かして、早期にシーズを発掘し戦略的に導出方向を設定し、オックスフォード大学の技術に対するライセンシングや投資、オックスフォード大学の研究者等によるコンサルタント・サービスの提供、マネジメントに関する研修やコンサルティングの 3 つの事業を展開している。同社は、出資ファンドにも関与し、スタートアップへの投資に携わっている。ケンブリッジ大学も同様で、産業界との連携では、大学の Research Services Division（RSD）と、大学の子会社である Cambridge Enterprise（CE）とが分担している。RSD では、分野ごとの専門家による契約、ライセンシング等の業務を、CE では主に技術移転、コンサルタント、資金・新規企業支援の各サービスを担当するとしている。

企業単体では到底カバーできない総合的な知見を大学に求め、産業界での研究開発に大学の持つ広い知識を役立てようとしてきた。例えばこの先 10～15 年を見越して大学に先行投資を行う代わりに、同期間内に大学の成果を元に生まれたスピンアウト企業の株式を半数まで取得できるという条件を結ぶといった具合に、民間ベースでリスクの取れる投資が大学に対して行われている。

4. カタパルト・プログラム

2010 年に「The Current and Future Role of Technology & Innovation Centres in the UK」が発表された。同レビューでは、研究開発のいわゆる「死の谷（Valley of Death）」を克服するためには国の長期的な関与が不可欠であり、公的資金の投入とそれを呼び水に産業界からさらなる投資を入れることで、初期段階の基礎研究の成果を出口に近い研究開発の段階にまでつなげる拠点を構築することの必要性が説かれ、この拠点形成により、新技術の開発等が促され最終的には英国の経済成長に資すると結論付けられている。この提言がなされた背景には、産業界の科学技術活動を活発化するために企業間の研究開発を協働で行うことのできる場の形成を政府のイニ

シアティブで実施してほしいとの産業界側の強い要望があったといわれている。

カタパルト・プログラムとは、特定の技術分野において英国が世界をリードする技術イノベーションの拠点構築を目指すプログラムである。これらの拠点を産学連携の場として、企業やエンジニア、科学者が協力して最終段階に向けた研究開発を行い、イノベーション創出および研究成果の実用化を実現し、経済成長を推進することが意図されている。カタパルト・プログラムが対象とする技術成熟度 TRL は、TRL3（技術コンセプトの実験的な証明）から TRL8（システムの完成および検証）が中心的である。カタパルトでは産業界主導の研究開発が行われており、市場のニーズを敏感に捉えて、研究開発の早い段階からの産学官連携が実現できるような仕組みが作られている。トップ（Chief Executive）はほとんどが産業界の出身である。

少なくとも 10 年間は、公的資金投資が継続する予定である。

例えば、2012 年 5 月に設立された Cell and Gene Therapy Catapult では、国の経済に資するような巨大産業（売上高で 100 億ポンド（約 1.6 兆円）規模）を生み出し、ビジネスや研究イノベーションのクリティカルマスを超えることとしている。その拠点としてロンドン中心部にあるギース病院が選ばれたが、選定の基準には、利便性が良いこと（多くの人々のアクセスが可能であること）、研究開発や実験のためのスペースを確保できること、グローバルな拠点になりうることも考慮されたといわれている。建設のために政府から 6,000 万ポンドが投資され、年間予算は 1,200 万ポンド＋620 万ポンド／年となっている。

Innovate UK は個々のカタパルト・センターの所要予算に関し、公的ファンディングを 1/3、産業界との契約を 1/3、競争的資金の獲得を 1/3 とするのが理想的なモデルであると表明している。ただし、これはあくまで理想モデルにすぎず、実際にはカタパルトごとの事情に応じて柔軟に対応している。この公的資金は、センターそのものを運営するために使用されると定められており、研究に使用することができない。ただし、研究施設などのインフラの改善等に関連した支出には公的資金を利用することが可能である。研究のための資金は、企業との契約や、競争的資金を獲得することによって賄われる。

１．５．３　ドイツ

1.　マックス・プランクイノベーションとリード・ディスカバリー・センター

マックス・プランクは基礎研究機関でありながら、特許のライセンシングや起業によって大きな収入を上げている。最近ではマックス・プランク生物科学研究所（MPI Biochemical）の Prof. AxelUllrich による Suetent という抗体治療薬の特許で 9,600 万ユーロの収入を得たといわれている。Suetent を出した Sugen 社 は米ファイザーが買収し、今後も 5,000 万ユーロの特許収入が見込まれている。

2.　産業クラスター

産業の成熟度が高く、ビジネスインフラが整備されているにも関わらず、ドイツの起業数は決して多くない。他の EU 諸国と比較してやや低調等イツの起業を示している。理由は、好景気で人手不足が続き特に高い専門性を持った人材の有効求人倍率が良いこと、税制上の優遇措置が少ないこと、高等教育における起業家教育が低調であることが挙げられる。大学や公的研究機関に教授、若手研究者、博士課程学生の支援が充実したことで、研究者が起業する必然性が薄まり起業率を下げたともいえる。

ドイツは歴史的な経緯から州政府が多くの権限を持つ連邦制国家である。各州の独立性は産業政策にも現れており、地域によって産業に特色がある。こうした産業を技術開発および人材供給という点から支えているのが地元の州立大学や研究機関であって、いずれも州政府の戦略のもとに一体的に施策が実施されている。それに関係して、各州に特色の有る地域クラスターが形成されている。

ドイツスタートアップ協会の 2017 年版報告書によると、アンケートに回答した 1,837 件のハイテク・スタートアップのうち約半数が地域クラスターから生まれている。同調査によるとスタートアップが多い州は、ベルリン市、ノルトラインヴェストファーレン州、バイエルン州の順となっている。

バイオエム株式会社（BioM AG、以下 BioM）は、1997 年に設立された。起業支援組織、特に地域における起業支援の中間組織としての重要な役割を果たしている。大学における技術移転には利益相反の問題がついて回るため、BioM のような大学からも企業からの中立な組織が特許の専門家に依頼して折衝することで円滑な交渉が可能となっている。そのほかにも、BioM は起業候補者を指導し、起業家として投資を受けるに相応しいスキルをつけさせるという役割を担う。特に力を入れているのが、有能な起業家、中でも複数回の起業を経験しているシリアルアントレプレナーを探すことである。こうした人材に期待しているのが、研究シーズからのイノベーション・ポテンシャルを見つけ出すことである。BioM では 20 年の経験でようやくこうした人材のプールができてきたという。BioM が提供する起業支援、起業家教育プログラムには、ピッチトレーニング、ピッチコンテスト、スタートアップ経験談の交流の場等他国や他の組織でも行われている一般的なプログラムの他にいくつか独自の企画がある。例えばメンターサークルは、企業を退職した研究者や開発営業担当等からなる 50 名程度の組織で、起業希望者のコンサルタントとして指導する。彼らは無給のボランティアで、指導した研究者やチームが起業まで至った際は、共同創業者となる権利を有する。実際に起業する際、創業者全員が 30 歳の若手研究者ばかりというのも時には問題となるので、一人でも年配者が入ることで錘としての役割が果たせる。

BioM は 2001 年からバイオエム ベンチャーキャピタル基金（BioM Venture Capital Fonds）という GAP ファンドを持ち、20 万～30 万ユーロレベルのシードファンディングを行っていた。現在はハイテク創業基金（HTGF）等の官民ファンド、バイエルン州の金融機関系 VC であるバイエルン・キャピタル（Bayern Kapital）やバイオ系のビジネス・エンジェルが増えてきたこともあり、直接投資は実施していない。

ミュンヘンのバイオクラスターは個別医療研究開発の拠点として 2009 年に連邦政府の先端クラスター競争プログラムに採択された。この傍ら関連プロジェクトとして BMBF から 2,200 万ユーロを受託し、起業支援組織構築プロジェクト（Struktur-Projekt/ プロジェクト名：Scouting Incubation）として、バイオ分野の技術移転と起業支援を目的とした組織を作ることができた。ミュンヘン大学 と ミュンヘン工科大学 の両大学の他、マックス・プランク、フラウンホーファー、ヘルムホルツ協会、ライプニッツの技術移転オフィスとも協力・連携体制を整備した。同時期にピッチコンテストを創設、これまで、技術移転オフィスの目利きが能動的に活動したものの、大学教授に直接コンタクトを取る方法がないケース等もあり、シーズ発掘には限界があった。アワードとしたことで研究者の側から応募があり、これまで存在すら知りえなかった所のシーズを見つけられるようになった。現在では重要なスカウティングツールとなっており、目利きによる積極的なスカウト活動はしていない。「m4 アワード」は隔年開催で、1 年はミュンヘ

ンでバイオ・創薬分野、翌年はエアランゲンで医工分野のアワード授与を行っている。バイエルン州では、同アワードを制度化し今後継続していくことが決まっている。

最近では、研究成果から市場化が可能ではというアイデアを持ちこむ研究者に、すぐに起業というのではなく、まずは専門家である BioM とそのネットワークに預けてもらい、市場価値を客観的に計ること（妥当性評価）を勧めている。もちろん研究者はそこで発明対価を手にするが起業のリスクは負わずに済む。BioM は年およそ 30 件の起業候補チームをサポート、数は徐々にだが増えている。BioM の誇りは、既に多くの研究者を百万長者にしたことである。州の組織として決して高くない給与でも続けている理由は、研究者にチャンスを与え成功するさまを間近に体験できることであるとしている。

3. フラウンホーファー研究所

全国に 67 の研究所を擁するフラウンホーファーのミッションは技術移転である。特徴は下記の通りである。

- 産業界（特に中小企業）からの委託研究開発
- 研究から生まれた特許のライセンシング
  委託研究から生じる特許権は Fraunhofer に帰属
- 研究から生まれた技術による起業
- 若い優秀な学生を産業界に供給
  職員約 24,000 人のうち、約 6,500 人が学生
- 中小企業向け設備共用、職業訓練サービス

TRL（Technology Readiness Level） は、TRL3（技術コンセプトの実験的な証明）から TRL7（実証：トップユーザーテスト）を対象としている。

その他、下記のような特長で運営されており、世界の様々な技術移転・産学連携拠点のモデルとなっている。

- 大学教授と研究所長のクロスアポイント
  （参考）ほとんどの大学の工学部は、産業界での 5 年間の経験が、教授採用条件
- 強力な権限を持つ所長と自律的な研究所運営
  研究テーマ選定、研究員人事、委託契約は所長裁量
- 研究者に対する評価は顧客満足度
  新規委託獲得、委託継続のための営業マンは研究者であるが平均任期 5-7 年で産業界へ転出し、顧客となる
- フラウンホーファー・モデル
  運営費交付金（1/3）は最先端研究のための資金
  委託研究費に連動して次年度の交付金増加

ライフ・バイオ分野ではアーヘンの分子生物学・応用生態学研究所などが存在する。

１．５．４ EU

1. Structural Genomics Consortium（SGC）

EU におけるオープンサイエンスの一例として、オックスフォード大学に拠点の一つを置く Structural Genomics Consortium（SGC）があり、創薬の革新を促進するためにオープン・サイ

エンスがどのように使われてきたかの例となっている。現在 13 の公的機関と民間機関が資金を提供している。

SGC は、もともとカナダのトロント大学、英国オックスフォード大学、スウェーデンのカロリンスカ研究所から構成された創薬支援を目的としたタンパク質結晶構造解析のハイスループットプロジェクトである。最近になって他の大学、研究所も SGC に参加している。これは EU プロジェクトの一環で、半分が EU から、残りの半分が民間の製薬企業等が負担することになっている。民間のパートナーとなっているのは、Bayer, Boehringer Ingelheim, Janssen, Merck, Novartis, Pfizer 等の超大手の製薬企業で、日本からは武田製薬が参加している。

組織の性質上、構造解析が終了した全ての座標ファイルの Protein Data Bank への登録が義務付けられており、その他の研究情報も組織内外全ての研究者が閲覧可能となっている。

大学側としては、オープンサイエンスということで、民間からの研究費だけでなく、EU や公的機関からの研究費を獲得することができ、さまざまな実験設備を備えることができる。

民間会社が研究費を出す理由としては、製薬会社等がある程度創薬のターゲットとなるようなタンパク質を選んで、SGC で実験を行わせることができるからである。例えば、製薬会社があるタンパク質に結合する阻害剤を持っている場合、この情報は出さずに、SGC でこのタンパク質の実験を行う。タンパク質の発現、精製、結晶化条件等の結果はオープンになるが、阻害剤は製薬会社内にあるので、あとは SGC の情報をもとに阻害剤との複合体等の実験を製薬会社内で行うことができる。

SGC はとても上手く組織運営がされているという意見がある一方で、データベースへの公開が前提なので、このプロジェクトの研究費で雇用されているポスドクや学生にとっては、自分自身の研究成果にはならないので、この点を考慮しないと必ずしも若手人材のためにはならないのではないかという意見もあった。

１．５．５　日本

近年、大学と民間企業との共同研究実施件数、及び大学への研究費受入総額はいずれも増加傾向にある。しかし、これらの大半は数百万円以下の比較的小型の共同研究で占められており、従来より「おつきあい」ということも言われてきた。

ここでは、ライフサイエンス分野における日本の大学等のオープンサイエンスの組織的な取組事例をいくつか紹介したい。

1. 「Industry on Campus」構想

大阪大学は 2006 年に共同研究講座制度を開始し、現在は協働研究所制度も導入している。共同研究講座は、従来の大学主体で教育・研究の進展・充実を図る寄附講座とは異なり、共同研究を目的として、大学と企業が協議して、運営する。企業にキャンパスの中に入ってもらう「Industry on Campus」構想を掲げ、その中で人材育成も進めている。

大阪大学免疫学フロンティア研究センター（IFReC）は 2016 年に中外製薬株式会社、2017 年に大塚製薬株式会社とそれぞれ先端的な免疫学研究活動に関わる包括連携契約を実現させた。中外製薬は 1 年間に 10 億円という巨額の包括連携研究費を 10 年間拠出することになっている。基礎研究段階からの包括的な産学連携であること、「組織」対「組織」の共創モデルであること、その仕組みや規模の大きさから注目を集めている。肝は研究成果の優先開示等の仕組みであり、研

究者が独自の発想に基づいて、自由に最先端の免疫学分野の基礎研究に専念できる学術環境が維持されることである。

2007 年に WPI に採択され 10 年以上がたつ。事業の趣旨として、助成が終わった時点で、大学が自律運営させることになっていたが、阪大が単体で拠点を引き続き運営することは事実上不可能だった。そこで、以前から岸本先生の研究成果を元に、世界的な戦略品へと成長した国産初の IL-6（インターロイキン 6）関連疾患の抗体医薬品を通じて構築された中外製薬との関係で実現した。

原則として研究者はボトムアップで自由に研究テーマを決めて研究を実行し、研究所として特定の研究テーマを指示することはない。IFReC には中外の社員で研究内容が分かる人材が常駐しているので、日頃から頻繁な情報交換を行っていることで可能な仕組みとなっている。

包括連携研究は 10 年間で、5 年目に中間審査を予定している。

中外がスクリーニングしたレポートから漏れたシーズを大塚製薬が実用化してもよいということになっている。他の企業が IFReC の PI と個別に連携し共同研究したいとなれば原則として制約はない。

2.　京都大学大学院医学研究科メディカルイノベーションセンター

文部科学省先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラムにおいて「次世代免疫制御を目指す創薬医学融合拠点（AK プロジェクト）」を推進している。2007 年度から本格的に始動し、大学内に基礎・臨床・企業研究者が集結する融合型集約ラボ、企業内にはプロジェクト成果に基づく創薬研究を行うサテライトラボをそれぞれ設置。緊密に情報交換しながら、双方が有機的に連携している。2007～2016 年度の 10 年間、毎年 10 億円程度を政府と企業が共同で投資している。企業は全体の約 50%を大学に出資し、大学はこれに政府予算を加えて支出している。

2010 年、京都大学メディカルイノベーションセンターを設置し、AK プロジェクトをモデルとした疾病分野ごとの企業と 1 対 1 の包括的組織連携プロジェクトを、2011 年 1 月以降、国内主要製薬企業 4 社と開始した。

- 武田薬品工業（株）：中枢神経系制御薬の基礎・臨床研究プロジェクト（TK プロジェクト）、2011 年 1 月～
- 大日本住友製薬（株）：悪性制御研究プロジェクト（DSK プロジェクト）、2011 年 3 月～
- 田辺三菱製薬（株）：慢性腎臓病の革新的治療法を指向する基礎・臨床研究プロジェクト（TMK プロジェクト）、2011 年 3 月～
- 塩野義製薬（株）：シナプス・神経機能再生に基づく創薬・医学研究プロジェクト（SK プロジェクト）、2013 年 3 月～

これは新しくテーマを設定し、各社毎に産学でラボを作る仕組みである。例えば、塩野義製薬と京都大学は、2013 年、アルツハイマー病及び他の中枢神経疾患に対する画期的な新薬創製を目指して、「シナプス・神経機能再生に基づく創薬・医学研究プロジェクト（SK プロジェクト）」を開始した。シオノギがテーマ決めから参画し、京都大学大学院医学研究科の 4 名の主任研究者と塩野義製薬から派遣された研究者（プロジェクト研究員）がプロジェクト内でそれぞれのグループを構成する（プロジェクトには複数のグループがあり、そのうちの 1 つのグループをシオノギ社員で構成する）。5 年間の共同研究費用として支払う仕組みである。

3.　大学発のベンチャーキャピタル（VC）

2004 年に、「東京大学エッジキャピタル（UTEC）」は、一般社団法人東京大学産学連携支援基金が出資し、東京大が承認する技術移転関連事業者として設立された。総額で約 300 億円の投資ファンドを現在、運営している。

産業競争力強化法における「特定研究成果活用支援事業」（国立大学法人によるベンチャーファンドへの出資促進業務）を背景に 2015 年から 16 年にかけて、東北大学、大阪大学、京都大学がそれぞれ出資・設立した VC が投資を開始したのに続き、東京大学が政府が交付した資金を元に出資・設立した新たな VC「東京大学協創プラットフォーム開発」が本格稼動。230 億円という投資ファンドをつくり、アーリー段階の大学発ベンチャー企業を支援している。

１．５．６　まとめと日本への示唆

基礎研究からイノベーションまでの時間を短縮していくことは世界的にも共通に認識されている課題であり、そのような環境・システムを整備していくことは行政や大学、産業界が協力して行うべき責務として認識されている。世界的に共通のボトルネックは、アカデミア等で創出された新しい技術の実行可能性の検討（Proof of Concept: POC）を誰が担うかではなかろうか。

米国はスタートアップやベンチャーが豊富な VC 等資金で実行しており、欧州は公的（半官半民）な応用研究機関が実行していると見ることもできる。英国やドイツでも、ベンチャーモデルを導入する試みはずっとされているが必ずしも米国のようには機能していないといえる。

米国のボストンでは、厚みのあるアカデミックエクセレンスを中心にしたスタートアップ、ベンチャー、大企業やそれを支えるキャピタルやインキュベーターといった集積がエコシステムを形成している。各大学に産学連携・技術移転のプロ集団が存在する。

英国では、オープンサイエンスの取組が開始されていた。これまで Proof of Concept までを大学側で実行しないと企業が受け取れない、という声を聞いてきたが、そうではなくて基礎研究フェーズから製薬企業に参加してもらおうという考え方である。日本でも大阪大学と中外製薬のモデルはそれそのものである。

英国では大学発の技術移転・投資機関が起業や経営のプロを抱え、きめ細かなサポートを行っている。また、機関自体が株式会社化され、リスクを負いながら収益を上げるシステムも成立している。インペリアルでは上場までしている。これは官製では、意思決定等のスピードも遅いし、リスクも負えないということを示している。日本の TLO や大学の産学連携本部が必ずしもうまくいっていない一つの要因であるといえる。

ただし、インペリアル・カレッジ・ロンドンやマンチェスター大学のように、産学連携・起業に力を入れており、研究者のマインドも伴っている大学もあれば、ケンブリッジ大学のように、大学での研究や教育は経済的価値とは別の方向に行くべきとの価値観が根底に根強くあり、起業を念頭に置いた研究等はやらずに、もっと基盤的な研究を行うべきとの雰囲気があるようである。ケンブリッジ・エンタープライズは、研究成果の商業化について若い世代の認識はより積極的なものへと変化し、商業化は大学の活動の一要素となりつつあるものの、全体のマインドセットはまだ変わっていないと指摘している。

ドイツでは、物理的な拠点環境の整備と大学支援を通じた研究人材の供給を州が、研究開発費の助成を通じて連邦政府が産学連携クラスターを支援するという構図ができあがっている。やはり技術移転や出資を行う機関を株式会社化している。スタートアップにとっての産学連携クラス

ターの利点は、起業後のビジネス拡大の可能性が高いということである。産業が集約していることで、市場のニーズを捉えやすいこと、起業のプロセスで人的、物的なネットワークを構築しやすいことから、起業直後の支援を実践的に行える。いずれも経営や投資の経験がある人材がプールされている点であったり、基礎研究は基礎研究として充実させ、技術移転や起業をできる環境を外部に整備している点が特徴的である。

両者に共通するのは産学間の人材交流・転職が普通に行われていることであり、それが産学間のコミュニケーションの壁を低くしていることである。

日本では、イノベーション政策の下、研究資金が応用志向になってきていると言われている。この声は確かに英国でも聞かれた。しかし、英国は基礎研究が相当しっかり取り組まれている上での話である。

日本でも基礎研究に手厚く投資した上で、あくまで、橋渡しをするシステムを外部環境に整備する仕組みを構築すべきである。その点、大阪大学 IFReC と中外製薬のモデルは、今後の産学連携のあり方の橋頭堡となりうるものである。一方で、京大、阪大の事例ともに、産と学のトップ同士の約束からスタートしている点は、日本ではトップダウンでしか大規模な産学連携は起こりにくいことが示唆される。また両者に共通して長いつきあいによる信頼関係の構築があったこともポイントとして挙げられる。産学連携のきっかけはまだまだ属人的なものであると言える。

セミナーや研究会等で産業界とのコミュニケーションの機会を増やす、大学等に産学連携本部を充実させる（産と学の両者を良く理解したコーディネート機能の充実）ことが重要であるが、この際に橋渡し・技術移転をコーディネートできる人材や経営ができる人材が不足していることが問題であり、産学の人材交流が英独のように根付いていないことから、企業側、アカデミア側の双方をよく理解する人材の育成が必要である。

2．海外で活躍する日本人研究者へのインタビューハイライト

2．1　米国

2．1．1　相川眞範（ブリガム＆ウィメンズ病院／ハーバード大学メディカルスクール）

1987 年順天堂大学医学部を卒業後、循環器内科に入局。1991 年から 95 年まで東大第三内科で研究。95 年に渡米、ハーバード大学医科学大学院のブリガム＆ウィメンズ病院での研究生活を開始。現在ハーバード大学准教授。ブリガム＆ウィメンズ病院内に、興和株式会社と共同で設立した創薬研究センターのディレクターも務める。

1.　ハーバードのエコシステム

- ハーバードには大学附属病院は存在せず、関連病院がいくつかある。ハーバードメディカルスクールが中心にあり、ブリガム＆ウィメンズ病院（BWH）、マサチューセッツ総合病院（MGH）、ボストン小児病院、ダナ・ファーバーがん研究所、ベス・イスラエル・ディコネス・メディカルセンターなど含まれる。その全てに多くの研究室や研究センターがある。それぞれの病院に多くの臨床医と基礎研究者がいる。ハーバード大学メディカルスクールでは、基礎研究者だけ見ても相当の人数がいる。そのほとんど全員がハーバードのアカデミックタイトルも持っている。また、それぞれの病院に循環器科があり、この部門だけでもハーバード全体ではかなりのスタッフが存在することになる。BWH と MGH の母体はパートナーズ・ヘルスケアという会社で、アドミは共通だが、BWH､MGH はそれぞれ非営利の独立法人で、ハーバードメディカルスクールとはある程度独立している。
- 私のメインの所属はブリガム（BWH）で、アカデミックタイトルはメディカルスクールの教員でもある。このセンターにはブリガムの研究員と興和さんの研究員を含む 40 人ぐらいいる。リサーチフェローは全員ハーバードのタイトルを持っている。
- チャールズ川を渡ってケンブリッジ市に行けば、ハーバードのメインキャンパスと MIT がある。どちらにも非常に多数の研究者がいる。この小さな町に有数の教育研究機関と病院があり、合計すると相当数の研究者がいるということが、ボストンのパワーになっている。そのため企業や投資家もボストンに集中して来た。インターネットの時代になり、世界中の誰とも、いつでも交信できる時代になっても、直接会って話すことによって、どんどん話が進むことを知ることが重要だ。非常に多くの一流研究者や企業人が集まっているこの小さな都市には、すぐに誰とでも会える環境があり、ボストンが医学を含む、様々な科学や産業の領域で世界のトップになった理由だと思う。

2.　研究費

- NIH のグラントを取るのが難しくなっている。15 年ぐらい前は、大きなグラントでも 4 分の 1 ぐらいは取れていた。今、15%ぐらいしか取れない。4～5 年前まで 10%ぐらいだった。
- 問題はいつもグラントを書いていることになる。それをネガティブだと思う人は、長期的な視野で研究ができないと言う。一方、グラントを書くことは、いろいろな考えをわかりやすくまとめて NIH に出す思考の整理の助けとなり、非常に良いマイルストーンになるし、それで仕事が進んでいく。ただ、それがつらいと感じ大学をやめる人も少なくない。

グラントが採択されるには、競争力や研究レベルの高いこと、いつも新しいことをやって行かねばならない。

- 循環器臨床家で、クリニカルアポイントメント（臨床の義務）があると、ある程度の給料が出る。臨床家でない研究者の多くは、NIH など、自身のグラントから給料を得ている。
- ブリガムなど教育研究機関には NIH のグラントから間接費が入る。数字は国が決めている。そこには例えばそれぞれの都市の土地代などの要素や各病院の実績などいろいろな計算式があるようだ。

3. 先端技術・機器とイノベーション

- 科学技術の進歩のスピードはリニアではなくエクスポネンシャルである。過去 10 年に起こったことは、向こう 1 年で起こるかもしれない。研究者として生き残ろうと思ったらイノベーションが絶対に必要。この研究センターは今 9 年目だが、常に新しい技術の導入に努力をしてきた。そうでないと研究の最先端に居続けることは不可能である。特に若手研究者が、最新技術を臆することなく学び、身につけて行く前向きのメンタリティが極めて重要。
- アメリカでは、10 年以上前には、臨床家が片手間に臨床試験のデータを解析する時代は終わっており、すでに多数の医療解析の専門家がいたが、それがさらに加速されている。基礎研究も同様で、データサイエンスの進歩と分化がめざましい。我々のセンターにもデータサイエンティストが数人いる。バイオインフォマティクスというのはバイオ統計学とは違う学問。専門性がどんどん進み、気の利いた人が両方できるという時代ではない。システムズバイオロジーも、コンピューター解析の強いバイオロジストがやるのではなく、専門のシステムズサイエンティストがいる。バイオ統計家は、ポピュレーションスタディ、疫学の解析をする専門家だと思う。バイオインフォマティシャンは、基本的に統計の技術を持っているけれども、複雑なバイオロジーのデータ、細胞の RNA シーケンスとかプロテオミクス、巨大なオミックスデータを解析するために、新しいバイオインフォマティクスのアルゴリズムを作る能力も必要である。マシンラーニングとかディープラーニングなど AI はさらに全く別のスポーツのようなもので、本格的に実践しようと思うなら、コンピュテーショナルバイオロジストを雇わないとできない。時代は今そうなっているから、トップ雑誌に臨床の結果の報告をしていこうと思ったら、特定領域専門のバイオインフォマティシャン、コンピュテーショナルバイオロジストなどを使ってやっていかないと国際的競争力はもてない。
- 米国には多くのデータサイエンティストがいる。日本の研究をさらに推進しようとするならデータサイエンスを発展させることが非常に重要だと思う。それには短期的視野と長期的視野が必要だろう。短期的には各大学や企業で、データサイエンティストを積極的に中途採用すべきだろう。外国人の雇用も考えても良いのでないか。長期的には、国家の指導で、いくつかの大学でデータサイエンスの学部を新設するなど、将来の人材の育成に努力が必要だろう。
- バイオインフォマティシャンは特にインダストリーで引っ張りだこの状態。私のセンターでは 1 人企業に行ってしまって次の人を雇うのが大変。企業のほうがいい給料を出す。しかし、ハーバードでキャリアを積むということをポジティブに思う人はいて、給料はそん

なに高くなくても来る人はいる。

- 古典的には研究者の多くは仮説に基づいた研究をしていた。特定の分子に興味を持って、この分子が大事かどうか、例えば培養細胞に過剰発現してみたりする。次はノックアウトマウスかトランジェニックマウス。ところが、実際、体の中のバイオロジーというのは、A が B をして C をするから A が C をするという簡単なものじゃないということがわかってきた。この B にはいろいろなものが上流にあり、A のノックアウトマウスを使ったって、C が全然変わらないということがわかってきた。そうすると、10 年の研究資金とか時間を無駄にしてしまい、創薬には至らないこということが 10 年ぐらい前には既にわかっていた。そこで、もっと網羅的解析にいろいろなインタクラクションを見る。大きなデータベースを使って、新しいアルゴリズムを使って解析をする。そのために、システムズバイオロジーやネットワークサイエンスという学問が確立してきて、そのディビジョンがブリガムに数年前に出来（Channing Division of Network Medicine）、私も所属している。
- オミックス・スクリーニングを最初にやって、その解析をバイオインフォマティクスで行い、システムズバイオロジーないしネットワークサイエンスがコンピュテーショナルに予測して、スクリーニングから出てきたものの中で、一番芽がありそうなものを選んでいく。その後細胞や動物を使ったバリデーションをして、割と早い段階に薬のデザインを興和さんの仲間とここでやろうというのがアイデアである。バイアスのないビッグデータから目新しいものを抽出してくるという方法を使わないと、みんな自分の好きなものをやりたいからバイアスがかかる。歴史的には仮説に基づいた研究から、なかなか治療に結びつく成果が生まれて来なかったことが知られている。バイアスのない網羅的解析に、システムズバイオロジーなどを加味することで、勝率の高い創薬研究が可能と考える。
- 米国では共同研究施設はかなり発達している。しかし、このセンター内にプロテオミクスやデータサイエンスを導入し、ワンストッピングショップの施設を確立した理由は、共同研究施設を使うというのは結構大変だからだ。プロテオミクスの共同研究施設を使うには、まず待ち時間がある。あとは言語が違う。おもしろいアイデアも違う言語の間に落ちて、何だかわからなくなってあきらめるというのが関の山。マススペックの専門家、プロテオミクスの専門家にはバイオロジーがわからない人が結構いて、バイオロジストの側はマススペックがわからない。ここにはマススペックの専門家をプロテオミクスのディレクターとして雇っている。荒唐無稽なアイデアを思いついて訪ねていくと、おもしろいからすぐやってみようとなる。しかも同じセンター内にいるから相互理解も容易である。お互いが一歩引いて、間にボールが落ちるのではなくて、オーバーラップが生じることによって、チャレンジングな研究をスピーディに推進できる。そのためには優秀な人材が集まる魅力的なポジションと環境をつくって、輝いて見えるようなモデルを確立することが重要だ。
- オープンラボはアメリカでは一般的で機器の共有ができる。例えば、同じフロアで NIH グラントが当たった PI が 3 人ぐらいいたら、マスの機械を 1 台ぐらい買えないかとか、そこに PhD のサイエンティストとして、例えばマススペックの専門家やデータサイエンティストを雇ってみんなで一緒にやろうとか、考えることが可能だろう。例えば大型、機械予算に特化したグラントもある。あるいはグラントに余り恵まれていない州は、ラボの立ち上げ、あるいはセンターの立ち上げのためのグラントがある。新しいテクノロジーに関係するハードウェアと人材に投資しないと最先端の研究は出来ない。

4. MD と PhD

- このセンターは MD と PhD の研究者がおり、情報科学者も数名いる。ここは、大学組織でアカデミックなサイエンスに基づく創薬研究をやっている。大学でやっていこうか、企業に行こうかと方向性が見えていない人には、いいインキュベーターになる。PhD の人はここでやった経験が生かされて、いいポジションをもらって、インダストリーに行く人がいる。
- バイオインフォマティシャン等の専門家の人たちはみな PhD。日本は、PhD の人たちが臨床の教室に入って行きにくい傾向があるかもしれない。ブリガムの心臓循環器系の教授の多くは臨床家で MD で、PhD サイエンティストは大勢はいない。でもみな伸び伸び対等にやっている。医学部の臨床の教室で、PhD サイエンティストにファカルティのポジションを設けて、行く行くは教授にもなりうる、というような環境ができることが理想だろう。
- サイエンスは医者が片手間にやっているという時代ではなくなってきている。そのかわり、医者でないとわからないことがたくさんある。だから MD と PhD が一緒にやるということが大切だ。教授が MD でも、准教授が 2、3 人いたら、1 人は PhD とか。例えば循環器内科の中にも PhD のファカルティがいるようにならないといけない。あるいは大学の中にデータサイエンスをやる共同研究室みたいなものができたら、そのほとんど全員が PhD だということになる。様々な MD と PhD 融合の仕方があるのではないか。
- ハーバードは、よその大学の人が見るとぎすぎすした世界のように見えるらしい。競争心が強いやつがしのぎを削ってやっていると。実際はそんなことはない。我々はかなり社会性が高く、困ったことがあると手伝いあうし、一緒にグラント書こうとか、MD と PhD のインタラクションも盛ん。各研究分野が極めて高度化、複雑化して来た現在、共同研究体制の重要性を理解していない研究者はほとんどいないだろう。

5. 産学連携

- 10 年以上前、私自身が苦労していたのが大学でやる探査研究と実際企業での薬づくりの間のギャップ。多くの素晴らしい発明がここに落ちる。これを埋めるために、薬づくりの専門家と、アイデアを思いつくのがうまい大学人が一緒に仕事をする環境を私のセンターに作った。
- 特にここ 10 年ぐらいは、大学の研究者の知財に対する興味がどんどん増して、多数のパテントのアイデアが知財本部に行っている。彼らもセレクティブになっていて、10 年、15 年前とは違って、これは特許性はあるけれども、コンペティティブじゃないから、もう手伝ってあげないということになっている。自分のアイデアから新しい治療を開発するために、スタートアップベンチャーをつくる人も多い。しかし、会社の経営者になろうと思ったら、米国では通常大学はやめなければいけない。アドバイザリー委員会の委員長とかになって、大学人でい続けるケースと、大学をやめて起業に専念するケースがある。

6. 日本への示唆

- 日本では臨床家が研究する機会が僕らの頃より少ないのではないか。アメリカの場合は例えば、インターンが終わって、レジデンシーが終わったら、フェローシップに入る。例えば、半年、1 年研究の機会があるというのが発達している。例えば、循環器内科に入って、

ほとんど心臓カテーテルの検査を毎日やっている人だって、半年リサーチだけする期間がもらえる。ブリガム＆ウィメンズホスピタルはハーバードメディカルスクールの隣にあるし、リサーチマインドが高い。

- 最近、日本人が内向きになっていると、外から見ていると感じる。一つには情報が過多。私が研修医や大学院生だった 1980 年大終わりから 1990 年代はじめにかけてのころとは違い、例えばアメリカのことなんてリアルタイムにわかる。本当はハートではわかっていないけれども、何となくグローバライズされている錯覚に陥るのではないか。組織が国際的競争力を持とうと思うと、トップダウンだけでは組織は変わらないので、若い人たちの意識改革が必要。そのためには、ごく一部の人でもいいからもっと外国に出るべきでないか、例えば米国の一流の仕事人から吸収できることがあるのではないかと思う。外国で働くことで、気付くことは多々ある。日本人である誇りや長所を全く失うことなく、それに異文化と接し学んだことを上乗せしていくような、新しい価値観や新しい自分の創造が可能なのではないか。そういう人が 5%でもいれば、日本の各大学が、あるいは日本全体が、さらに国際的競争力を持つことの助けになるのではないか。抽象的で観念論かもしれないが、外向きの意識がベースにないと研究力の向上は難しいのではないかと思う。

２．１．２　渋江 司（ブロード研究所）

東京大学医学部医学科、東京大学大学院医学系研究科を経て、2005 年より米国のホワイトヘッド研究所にてポスドク。2017 年よりブロード研究所スタッフサイエンティスト。

1. ブロード研究所の概要

- マサチューセッツ工科大学（MIT）とハーバード大学が共同で運営するゲノム研究所。研究者は約 3,000 人。7 階建てと 13 階建ての 2 棟の建物からなる。2006 年にビル 1 棟をブロード夫妻のお金で建てて、2013 年にスタンレーファミリーから約 600 億円の寄付を受けてもう 1 棟を建設した。ボストン一帯の研究機関において最近建てられたビルの多くは、その費用が寄附で賄われており、寄贈者の名前がついている。
- もともとブロード自体が、ホワイトヘッド研究所のゲノムセンターから始まっている。ヒューマンゲノムが 2000 年に読まれて、それをもとにゲノムの次に来るものをやろうということで、オミックス情報をどのように疾患の治療に役立てるかということでできた流れがある。システマティックに、網羅的に解析するといった手法を得意にしている。
- キャンサープログラムはハーバードの病院側の人が深くかかわっている。大体 200 人ぐらい所属している。実験している人は 100 人。データ解析をやっている人が 100 人。ディレクターはダナ・ファーバーがん研究所出身で、ほとんどがダナ・ファーバーか MGH 出身。大半の人間が、ハーバードにラボを持ちながらラボの一部の人間をこちらに送って、例えばブロードに所属しているデータサイエンティストやスクリーニングのためのファシリティを使いながら、自分のラボでは割とコンベンショナルなことをやっている。最先端をやろうという人たちがここに人を送り込んでやっている。特にこのキャンサープログラムに関しては、ほとんどがトランスレーショナル研究。臨床系の教授がブロードに人間を送り込んでいる。ディレクターは、TCGA（The Cancer Genome Atlas）をリードした PhD が一人いて、それ以外は MD。彼らがこれから先の研究を見据えて、方向性を決めていく

ことをリーダーシップをとってやっている。

- 実験者 100 名の内訳は、大体スタッフサイエンティストが 20 名ぐらい。多くの場合、スタッフサイエンティストは競争的研究資金を持っておらず、アカデミアの PI とは役割が異なる。ポスドクと大学院生合わせて約 40 人、残りがリサーチアソシエート。リサーチアソシエートは基本的にはテクニシャンで、大学卒業後（学部卒）、すぐに大学院に行かないで、ある程度研究所でトレーニングを積んでから行くと、大学院に入るのにプラスになるということで、アメリカでは一般的になっている。彼らは大体 4 万ドル／年ぐらいで雇われている。これが終わった後、メディカルスクールに行ったりする。割とキャリアにプラスになるようで質の高い学生が応募してくる。ドライはアメリカでもどんどんこの分野が広がっているので大学を出たばかりの学生が多い。データ解析自体はどの分野でもやっているので、いかにその人たちをバイオロジーに引き込んでくるかということだと思う。
- ブロードでは、企業からコラボレーションという名目でお金を出してもらう形でほとんどの研究費を賄っている。競争的資金に依存している割合は他の研究機関と比べて高くない。プログラムディレクターなりリーダーがお金の配分を決めて各グループにやらせる。ただ常に企業と密な共同研究をしている感じではなく、企業側がブロードの持つデータにアクセスできようにし、それに対して対価をもらっている。今やっているプロジェクトに 7、8 社が参画している。企業によって、この企業はこっちにアクセスできる、この企業はこっちというのはある。
- 会社みたいにミッションがあって、それをこなすという側面が強い。例えば、がんの細胞株を徹底的に集めて、恐らく世界で一番コレクションを持っていると思うが、そのオミックス解析をことごとくやる。それにプラスして、機能的スクリーニング、CRISPR で遺伝子を一個一個潰してスクリーニングをやって、がんにこういう遺伝子型があると、この遺伝子が治療ターゲットとして望ましいというような組合せを、1,000 種近いがん細胞に関してやっている。ある遺伝子を潰したときに、特定の遺伝子型を持った細胞だけが死ぬというようなことが見られる。そうしたときに、この遺伝子型を持っているがんには、この分子を標的にすれば、治療のターゲットとして有効であろうと。そのデータは企業にとって新しい治療標的を同定する上で重要なのでお金を出してくれる。それは従来型の個別のラボではできないし、企業もそこまでやらないので、お金を出して情報をもらおうということ。
- イルミナのシーケンサーとかを大量に置いてある 2 階建ての大きな建物が近くにある。1 日に 4 テラとかすごい量のシーケンスをしている。イギリスとは結構やり合っているようだ。シーケンサーはデータをとる人だけで少なくとも 100 人はいる。プロテオミックスプラットホームにも人が 30 人ぐらいいる。
- ドライの人が主導でというのもある。彼らは結構新しいテクノロジーに興味があるので、シングルセル RNAseq のデータを、こういう状況で実験をして、そこから出たデータを解析したいと。ヒューマンセルアトラスでは、数学の人がトップになったというのは、多分そういうニュアンスだと思う。そこはお互い持ちつ持たれつなところがある。
- 世界からあらゆるがんの細胞を集めてくるグループがあって、その人たちが徹底的に世界中に連絡して集めまくる。ものすごく地道にやっている。そういうところにお金を使う。
- キャンサープログラム全体のラボマネージャー3 人いて、あとアドミの事務の人たちもい

るし、いろいろなサポートをしてくれる人がいる。特許に関してはブロード全体の知的財産を管理する専門の人たちが何人かいる。論文を出すときには、知財からいろいろな注文がくる。

2. 研究者のキャリアパス

- アメリカの研究者（ポスドク）のキャリアパスというのは、今、移行期にある。例えば、NIH の予算が増えていたのが変わらなくなってしまっている。それで、競争が過当になり過ぎている。基本的に、ポスドクの間に Cell、Nature、Science に出していないとファカルティーポジションにつけない。ずっとポスドクを続けるという選択肢もかつてはあり得たが、ハーバードは、多くの研究所で、ポスドクは 5 年までというような制約がついている。
- NIH のグラント、K99 をもらっていると、PI の就職活動で圧倒的に有利になる。応募できるのが PhD をとって 4 年以内。採用条件がメジャーな論文を 1 本ポスドクになってから出すということ。正確には K99/R00 というグラントで、ポスドクの間の 2 年はポスドクの給料の 1.5 倍、8 万ドルぐらい出る。この K99 をもらっていると、この期間に PI のポジションをとると自動的に R00 に切りかえることができて、ラボの初めの 3 年ぐらいの経費、年間 2,000 万円ぐらいをサポートしてくれる。大学等がそれを持っている人を採ると、余りスタートアップにお金を使わないで採れる。ポスドクになりたての人はこれを目指している。
- 5 年ルールには抜け道があって、ハーバードでは、インストラクターというポジションがあって、ポスドクプラスアルファのような状況で、ある程度優秀だったら制限なくて良しとなる。
- PI の一番初めがアシスタントプロフェッサーという名称で、日本語だと助教になってしまうが、立場としては全く違う。自分が研究主宰者でやっていかなければならないし、研究費もとらないといけない。
- アメリカは基本的にはテニュアトラック制度があって、PI になってすぐは、テニュアが与えられていない状態。学校によって違うが、例えば MIT であれば 7 年、ハーバードだと、アソシエートからフルになるときにテニュア審査があるので、10 年、15 年ぐらいのスパン。その間は、完全に任期のある状態で、そこからある審査をクリアして、テニュアをもらえると任期がなくなる。MIT で倍率は半分くらいと聞いている。ただ、MIT くらいだと、もしテニュアがとれなくても他で採ってもらえることが多い。
- 今、産業界が活発なので、あらゆるレベルで産業界に人が流れている。例えば、トップの教授が製薬会社のトップに移るというのは最近の動向として顕著。特にトランスレーションリサーチをやっている人は、企業へ行けば、お金は使いたい放題だし、給料もいいし、人も使える。
- これは NIH の競争が過当になったことと関係しているし、NIH もトランスレーションリサーチを推奨する方向に行っているので、アカデミアとインダストリーでやることが大きくは変わらなくなってきている。基礎一辺倒では生きられないような感じになってきている。ハーバードのトップで、基礎をずっとやっているような人も、トランスレーションのインパクトがないと論文が出なくなっている。MIT はもともと病院もないし、そういう面はかなり弱いので、なかなか難しいところにきているように感じる。

- 今は、ポスドクの 7～8 割がインド人、中国人。アメリカ人は産業界にいっている。アカデミアは競争が激し過ぎるし、かといって、トランスレーションをやらないとお金をもらえないのでそんなに自由なことができる環境でもなくなってきたように思われる。
- 2005 年にボストンに来た頃はホワイトヘッドだけで 7、8 人日本人のポスドクがいたが、今はゼロ。日本とのコネがそんなに強力でない人が、海外で長い間やった後、日本になかなか戻りにくい。海外で PI になって、エスタブリッシュされたら、戻るのもそんなに難しくないと思うが、例えばポスドクである程度結果を出して、アメリカでポジションをとるのと同じぐらい日本に戻ってとるのは難しい。
- こちらは研究科全体で、どれだけ若手を育てられるかというのにかなり努力をしている。採用は 2 日ぐらいかけて綿密にインタビューして注意深く選んでいるし、選んだ人間にはお金をつぎ込んで育てている。例えばダナ・ファーバーがん研究所では、最近はグループで一緒になって盛り上げようみたいなのが強くある。例えば、日本で医学部で新しい教授を採っても、みんなその人をプロモートしていくのに興味がそんなにない、勝手に頑張れみたいなイメージがある。こちらも、当然個人営業という側面もあるが、それと同時にグループ意識があって、仲間意識の強さはこちらのほうが圧倒的に強い。

3. 大きな潮流

- バイオロジーのアカデミック研究のエコシステムはこのままではもたないのではないか。個人ラボでできることが少なくなってきている。アメリカの生物学会全体として、PI の個人ラボは当然あってもいいが、その部分を縮小して、スタッフサイエンティストの割合を増やそうということが今言われている。NIH も言っているし、Nature にも出ている。独立させるのではなく、スタッフサイエンティストとしてチームで働かせる。ブロードはそういうことを率先してやっている。全体としても本当にできるやつしか PI にさせないという風潮を感じる。基本的に個人がとってくる研究費だけでは賄えるという感じでもなくなって、チームでやっているような状況になってくると、大学での研究をどうするかというのはかなり難しい状況といえる。
- 今メジャーなジャーナルを見ても、著者が 50 人ぐらい並んでいるのが結構ある。データに裏打ちされたものでないとみんな信用しない。個人のラボでやっていても、そもそも集めるデータもないし、データの解析をやりたいといってもどうやっていいのかわからない。データがあって、それプラスという形でないと、なかなか今日のトップのジャーナルにいけない。
- ブロードでは、これまでほとんどシーケンスだが、もっと複雑なデータを取り込めるようにしようということで、次に来るのはおそらくイメージング。イメージングで一個一個の細胞を検出して、そのスライド上でシーケンスをかけて、この細胞に埋め込んでおいたバーコードを読んで、それを同定しようというようなことをやっている。その細胞の形とか、あるいはオルガネラの大きさとか、そういう今まで余り定量できなかったものをとるための技術としてのイメージングがこれから先重要になるのではないか。
- NIH では、むしろ集約的な研究はグラントを出して、NIH の所内研究では割と好きなことをやっているイメージを持っている。NCI で各地のキャンサーセンターをサポートしている。それにすごい額が払われているので、NIH の中で使う分は割合としては多くない。

- TCGA（The Cancer Genome Atlas）は、NIH がグラントを公募して配る仕組み。ここはそれを主導していて、かつて TCGA からかなりお金が出ていた。ドライ主導で、まず単一のキャンサーの種類についてゲノム情報を徹底的に洗ってということをやる。ゲノムアトラスは、基本的にシーケンス、オミックスをとるだけ。僕らはファンクショナルなので、それに CRISPR のスクリーニングを入れたりして、遺伝子の機能解析を今始めているところ。そこで最近、企業とのコラボレーションが多くなってきた。

２．１．３　船引宏則（ロックフェラー大学）

京都大学で博士号取得。カリフォルニア大学サンフランシスコ校（UCSF）、ハーバード大学でポスドク。2002 年からロックフェラーでアシスタント・プロフェッサー。その後フルプロフェッサーとなり、現在に至る。

1. ロックフェラーの研究システムとキャリアパス

- 米国生命科学系 PI の一般的な雇用システムでは、PI になって最初何年間か外部のグラントを獲得できなくても、トップレベルの研究ができるようなスタートアップの資金が与えられる。そのスタートアップ期間から外れると、医学系では、研究費だけでなく自らの給料を外部資金から賄う必要のある機関も少なくない。総合大学やリベラルアーツ・カレッジでは、授業期間の 9 カ月間は給料が出て、残りの 3 カ月間は外部資金から獲得するということが多い。
- ロックフェラー大学は外部資金に頼らずに全給料を保障してくれている。学部生がおらず学部生向けの講義をしなくてよいので、研究に集中できる環境がある。また大学院生の給与が 5 年間、ロックフェラー大学から保障されている（ただし、6 年目から 7 年目の終わりまでは PI が給料を負担する。PhD はそれまでに獲得する必要がある）。多くの大学では、PI の研究獲得資金や、大学院プログラムの training program grant から大学院生の給与を出す。
- ヨーロッパの研究機関でも、PI や大学院生の給与を内部で保証するところがあるが、ジュニア PI は 8-10 年で外に出なければならない機関が多い。ロックフェラー大学ではテニュアトラックであるのが魅力的。
- ロックフェラーは、アシスタントプロフェッサー（Assistant Professor）としてラボを立ち上げてから、6 年までにアソシエイトプロフェッサー（Associate Professor）（テニュアなし）、12 年までにプロフェッサー（Professor）（テニュア）への昇進の審査をクリアする必要がある。3 年ごとに中間審査を経ながら、最終的に 12 年の間の業績を学内の定める基準に照らして判断する。
- プロモーション審査の際には、研究成果を学内で公開発表する。さらに外部機関の研究者を含めたアドホックの審査委員会が、関連分野専門家から広く推薦状を集めるなどして評価する。審査委員会がまとめた報告書を教授会、学長などが評定したのち、最終的には、学長の推薦を科学者を含めた理事会が承認することになる。
- ロックフェラー大学でのアシスタントプロフェッサーの採用過程は工夫を重ねて改変しているため、採用された PI が失敗することケースは最近では見かけない。潤沢なスタートアップ、新 PI 対象の各種グラントを獲得することで、新しいアシスタントプロフェッ

サーは、優秀な人材を確保し、ただちに最前線の研究や独創的な研究をスタートできる。結果的に、この 20 年以内に採用されたアシスタントプロフェッサーの大半はフルプロフェッサー（Full Professor）に昇進できている。たとえ学内の審査基準に満たないと判断されたとしても、世界的には高水準の研究成果を出しているものばかりであるので、トップレベルの研究機関に移籍できている。

2. 研究費環境

- 私の外部研究資金は、主に NIH の NIGMS（National Institute of General Medical Sciences，国立一般医科学研究所）からサポートを受けてきた。NIGMS という組織は、必ずしも直ちには応用につながらない、基礎的で広範囲な分子生物学、細胞生物学、分子遺伝学をサポートしている。NIGMS を含めた NIH に属する各研究機関は、PhD をもつポスドクあるいは PI 経験者が、様々な立場から、研究費の適切な審査、配分、管理、運用の仕組みや、機関の目的にあった研究分野の選定などを考えている。
- NIH グラントの中でも、代表的なグラントの RO1 は、研究者自身が主導してプロジェクトを申請する。現在、研究プロポーザルの部分は 12 ページ。審査機関であるスタディセクションで、研究者が集まって厳正な審査をしてスコアをつける。完全にサイエンスベースのスコアで、その申請書の内容がどれだけの科学的インパクトがあるかというのをランクづけしている。審査は公正、真摯にできるよう様々な工夫され、頻繁に改正されてきている。スタディセクションでの評価をもとに、カウンセルという評議会での評価があり、最終的には、それぞれの NIH 研究所のプログラム・オフィサーたちの議論を通して、研究費の分配が決められる。それぞれの研究者の資金獲得状況などを考慮するなど、必ずしもスタディセクションの評価順によって分配されるわけではない。
- NIGMS の RO1 は、大体 15%か 20%ぐらいの採択率。他の NIH の研究機関での採択率はもっと厳しい。R01 未獲得の新規研究者（年齢は考慮しない）は、別枠の評価基準が採用され、比較的採択率が良いが、それでも競争は厳しい。ただし、一年に 3 回申請する機会がある。R01 の modular grant という一般的な研究費の目安が年間$250K。インフレで、20 年前に比べてポスドクのサラリーは倍以上になっているが、額はその間変わっていない。必ずしも$250Kをもらえず、$200K程度しかもらえないことも多い。1 つの RO1 グラントだけでもなかなかやっていけないが、1 つ取るのも大変な状況。
- NIGMS が、R35 MIRA（Maximizing Investigators' Research Award）というものを 3 年ほど前に作った。RO1 の期間というのは、最初は 5 年で､2 つ目はリニューアルするのは 4 年に 1 回ということで、複数の R01 を 4 年に一回再申請していくというのは大変であった。NIGMS から支給されている複数の RO1 の総額を一つの R35 にまとめることによって、削った分を他の研究者に研究費を回して、より多くの研究者をサポートしようという試み。複数の R01 をもつ研究者にとっては、グラントを書く回数が減るし、R35 の採択率は R01 より高いのが魅力的。ただし、更新時の採択率が高いレベルでないと、このシステムの継続も難しいかもしれない。
- 他にも様々な研究費のタイプがある。例えば R15 というカレッジ教育を支援するグラントでは、カレッジの学生に対して、トレーニングではなく、サイエンスに触れて貰うという目的。比較的小さなリベラルアーツ・カレッジなどでの研究者たちが、しっかりした研究

を学部生あるいは数人の大学院生に経験してもらうというもの。3 年間で 15 万ドルと比較的小さいが、多くの大学で学部生に科学的手法を体験してもらうのに役立っている。

- 米国の課題は、資金繰りが悪循環に入ると復帰が困難になりかねないこと。グラントを 1 つ落として、研究費がなくなってくると成果が出せない。ある程度成果がないと、次インパクトのある仕事が申請できないということになる。それで地道で優秀な人がそこで研究を続けられなくなる。1 人の研究者を育てるのに相当なお金がかかっているので、グラント獲得競争で敗れて研究を続けられない研究者が多くなると問題となる。ただし、多くの大学で、ブリッジファンドなどでグラントの空白期間をサポートする基金、仕組みがある。一方、テニュア審査までに、競争的外部研究資金を獲得できないと、研究中心の機関である場合、テニュア獲得は難しくなるだろう。

3. 若手の採用・育成

- PhD student は、直接の指導教官以外に 2-3 人の教官を含めた thesis advisory committee をつくり、その committee に毎年 1 回、大学院生が研究の進捗状況を発表する。PI によって様々な指導方法がある。例えば、大学院生にデータを出すことを求めるだけだと教育ができていないという可能性もある。自分の所属するラボではない技術、視点とか、専門家からアドバイスをもらえるのは大きい。その大学院生が発表する間、直属のスーパーバイザーは原則発言が認められない。大学院生が自分でプロジェクトをどこまで主体的、批判的に考えてやっているかというのを判断できる仕組み。また、学生あるいは PI のほうに何か問題が発生した場合に、このフォーマットを通して明るみになる。Thesis Committee Meeting の最後は、指導教官が席を離したところで、オープンに相談できる機会も設けている。
- ほとんどのアメリカの大学院では、大学院生はプログラムとして選抜委員会によって選考され、ラボ単位で博士学生の個別の採用はできない。トップ校は日本とは比較にならないほどの競争倍率だが、それでもオファーを受けた学生たちがすべてこちらに来るわけではない。大学がお金を払ってインタビューに呼んで、二泊三日ほど過ごしてもらって、その間に様々な PI や大学院生たちと話したりして、お互いに評価する。大学院生の最初 1 年目は3つぐらいラボをローテーションで経験する中で、博士論文研究をするラボを決める。
- 大学院のトレーニングを通じて、新しい知識、技術を自ら探索獲得し、データを批判的に解析し、アイディアを出し、交渉するという普遍的に応用できるクリエイティブな技術が養成され、大学院卒業後はアカデミア以外でも様々な分野で活躍する機会がある。
- 毎年、大学院生が研究室に配属されるわけではないので、学内ラボ間のコンペティションが激しく大変だが、それが互いに切磋琢磨する健全なコミュニティをつくっている。大学院生の半分ぐらいは海外の大学から来ている。大学からアメリカに来た外国人も多い。比較的小規模のリベラルアーツ・カレッジからも毎年大学院プログラムに選抜されてくる。
- PI も様々な国から来ている。ロックフェラー大学では、この 15 年ほどは、分野を問わずとにかく優れた研究者を PI として積極的に採用している。性別、人種などのバイアスをどの様にして解消するか、どの様にして優れた研究者に来て貰えるような魅力的な研究環境を整えていくのか、常に議論され、私が接した三人の学長の間に実際に様々な変更が加えられ、どんどん良くなっていると感じる。

4. ファシリティの運用

- コアファシリティは重要。ファシリティディレクターの人選が肝要で、PhD を持った Research Associate Professor という肩書きも審査を経て獲得でき、最先端の技術をフォローして、コミュニティの必要性を見ながら、新しい機材を入れていく。グラントを書いてお金をとってくることもやる。ディレクターの配下にはスタッフもいて、利用者のトレーニングもサポートする。技術は速いスピードで進んでいるので、それぞれのラボ単位でやっているとついて行くのが難しい。使用料金をチャージされるが、高額装置を買って維持管理するよりは良い面もある。
- 寄付担当のデベロップメント・オフィスが、必要な高額装置や人材獲得の為のファンドを集めてくれることも多い。
- ロックフェラー大学は、隣にある Memorial Sloan Kettering Cancer Center、Weill Cornel Medicine と、Tri-Institutional Program を通して様々な分野で提携している。ロックフェラーにはない専門分野の研究者たちもたくさんいるので、そういう人たちとコラボレーションをし易い環境にある。他研究機関とのコラボレーションを条件とした、私的ファンドによる競争的グラントもある。コアファシリティもそれぞれに特色のあるものがあって使わせてもらうこともある。

5. 日本への示唆

- 科学研究はある程度人のプールが必要だが日本は絶対数が足りていないのではないか？研究費を審査できる人も、役人と交渉する人材も、授業をする人も足りない。しかも国際的にはかなり低い給料でやっている。PI は、多様な能力が必要であり、その多くは PI になって初めて試されるものであるので、試行錯誤、失敗があって当然であるが、果たしてそれを許容する余裕が与えられているだろうか？できるだけ若い間に完全独立 PI の経験をつんだ研究者を増やす必要があるだろう。もっと早くから大きく投資していれば大きく羽ばたいていたであろう人材が、日本で中途半端な環境のもと苦戦を強いられているケースを知っている。若い人材に限られた資金を投入すると失敗も多く、特に中堅の資金的苦境も伝えられることではあるが、それぞれの分野でスター的存在を何人も見出して育てていかなければ分野は育たない。日本でも 30 代で教授として登用された人材を数多く排出し、世界的リーダーシップを取った世代があった。それぞれの世代で、世界的に活躍する仲間と競争的に連帯することが大事だ。
- 大学院選抜の競争倍率は、アメリカのトップ校に比較して日本はかなり低いのではないだろうか。本来選抜されるべきでない人も、無償労働者として採用されている面はないか？大学院は、学生をトレーニングする教育機関であるのに、大学院生に求めているのは研究成果となっていないか？この業界では英語での作文能力が必須であるのに、英語で文章を書く機会がない。それをチェックしてくれる機会もない。エッセイが採用審査で常に重要なファクターとなる米国では、文章作成技術は小学生からかなり時間を割いて教えられている。そもそも大学院になって初めて論理的文章を英語で作成するトレーニングをする機会をつくっているようでは、遅すぎるぐらいである。
- 優秀な若い人材を集めて切磋琢磨させ、工夫しながら育てながら、ユニークな研究に挑戦させることが、新しいパラダイムシフトを引き起こすはず。日本では労働力として役立て

るための技術者を育てる部分が比較的重要視されてきたが、研究でリーダーシップを取れる人材を確保し養成できる環境をつくるために投資していかないといけない。

- 科学の今の最大の問題は成果主義。トップジャーナルに載らないと生き残れないという話が世界的に言われている。日本では、別にトップジャーナルに出さなくても、人を見ます、こいつは面白いことを考えているから信じてやらせよう、応援しようというシステムをつくると、日本なりの魅力というのが出てくるのではないか。欧米ではできないことが日本でできるならば、それはチャンスともなる。もちろん、そのやり方でフェアな審査を保証するのは難しい部分もあるとは思うが、それぞれの研究プログラムで特色を出せばよいと思う。そのためには、あらゆるセクションで、上下関係にとらわれず、風通しの良い議論ができる環境が大事であり、それを保証できる視野の広いリーダーが必要だ。欧米では珍しくない 40 代や女性の機関長を迎えることができない文化が既存の日本の研究機関にあるとすれば、新しいリーダーを迎えた新しい研究機関を新設することも検討すべきだろう。

２．１．４　羽田明子（カリフォルニア大学サンフランシスコ校）

東大医科研で修士。ロックフェラー大学で博士号取得。メモリアル・スローン・ケタリング癌センターでポスドク。2000 年から 2010 年までボストンのタフツ大学メディカルスクールで Principle Investigator（PI）。2011 年からカリフォルニア大学サンフランシスコ校教授（兼心臓血管研究所副所長）。

1. 米国の研究システム

- アメリカの大学院は各種スカラーシップがあり、基本的に授業料も払わなくてよい。今の大学院生はこの辺では約 5 万ドルの給料をもらっている。私がポスドクでいたラボはハワードヒューズ医学研究所（HHMI）の大きなラボで、給料は 2000 年当時、大体 6 万 5,000 ドルから 7 万 5,000 ドルぐらい。スタートアップの資金としては総額 250 万ドルぐらいで 3～5 年の間で何に使っても良かった。現在いる心臓血管研究所も、1 年に 1 人、2 人、新しくアシスタント・プロフェッサーを採るが、カリフォルニア大学サンフランシスコ校（UCSF）はスタートアップマネー（現在総額約 1,000 万ドル）で人材獲得競争に負ける。
- 例えば、テキサスのサウス・ウエスタン大学はオイルマネーとたばこの訴訟によってたばこ会社がテキサス州にお金を払っている。その約 200 億円の一部はいわゆる科研費のような形で分配するが、その多くは新しい人を採るときのボーナス加算に使う。1 億とか 2 億円、多い場合は 5 億円（有名な教授では 10～20 億円との噂もあり）を期限なしでという、とてつもないお金を出すところが現れてきた。そうすると、若手のアシスタント・プロフェッサーは、最初の数年間お金が取れない間に保証があるので、大きいテーマを大胆にできる。他にもロックフェラーは長くいるといろんな特典がある。例えば子どもの教育費も全部大学が出すし、アパート代も全部出していた。
- 間接経費の割合は大学と国立衛生研究所（NIH）が交渉して決める。ロックフェラーは 100%。つまり私が 1 億取ってくると NIH は 2 億出さないといけない。UCSF は公立大学で州からもお金が出ているということで、NIH は 67%に決めている。ただ、NIH の予算額が落ちたことで、大学自体の予算が減っていろんな影響が出ている。我々からすると、研究費は例えばアメリカン・ハート・アソシエーションとかルテニア・ソサエティ等たく

さんソースがあり、どこから取ってもお金はお金だが、そういう小さいソサエティからは間接経費はほとんどない。大学によっては時間の無駄だから出すなと。スクリプスではファカルティは NIH か国立科学財団（NSF）とか決まったところしかお金を取る努力もしてくれない。UCSF は、私が出したいと言ったら、仮に間接経費が無いとしても、それに対してだめだとは言わない。

- 米国ではある意味ビジネスによって刺激し合って、研究者もぬるま湯につからずに常に努力する。例えば研究者の評価自体も、いい質の論文を出したかとか、コンスタントにいい仕事をしているかということに加えて、どれだけ研究資金を確保したかということがまず評価される。毎年、UCSF は去年 1 年間の獲得額ランキングを出す。例えば UCSF でも何とかさんが国立がん研究所（NCI）から 5 億のグラントをとりましたというのがウェブサイトの一面に出る。そういうグラントで成功する方と研究の質というのは大概一緒だが、そうでもないところもある。特に希少疾患なんかの場合は、NIH は、珍しい病気ならこの先生にお金を出すとやってくれるという安心感がある。
- 論文はインパクト・ファクターで、Cell、Nature といった有名な雑誌に何報出したかという評価はあるが、研究の質というのは数として表現しにくいし比べにくいのに対し、研究費の額というのは明らか。アメリカにいると、研究所なり学部がそういうことを期待しているだろうという気持ちは常にあり、お金取ってこないとと翻弄されるところはある。それはよくないところだと思う。少なくとも本人の 6 割～8 割の給料ぐらいは大学が出してくれたらいいと思う（注）。（注）これはメディカルスクールや研究所のポジションの話。学部生の教育が中心のポジションの場合 9 ヶ月分の給料の保証はふつう。
- 大学によるが、普通の大学はアシスタント・プロフェッサーからアソシエイト・プロフェッサーに変わる段階でテニアになるかならないかが一つのボトルネック。30%ぐらいに絞る大学もあるが、UCSF は 8 割、9 割残る。ハーバード大学は、テニアはアソシエイトからフルプロフェッサーになるとき。

2. 米国の長所

- NIH のスタディ・セクションで研究費の評価を担当してきたが、まずそこに書いてある研究内容とどういう結果を既に持っていて、何を計画しているかということにみんな集中している。その人がどこの大学の出身とか、何とか先生のお弟子さんというのは全く査定に入らない。それは徹底していて何よりもいいことだと思う。例えば、分野を変えて違うスタディ・セクションに出すと全くの素人のように扱われる。あなたは何とかの分野では業績があるけど、この分野で新しいからもっとコラボレーターがいないとだめだと。
- アメリカでセミナーに呼ばれて、聞いたことがないような大学に行っても、必ず HHMI のファカルティが一人や二人いて抜群の業績を出している。結局、UCSF とどこかの地方の大学は、大きさの違いはあっても、優秀な人がいる割合は余り変わらない。その個人がいい仕事をしていれば、NIH はその個人を通じて、大学にお金を出すし（間接経費）、僻地の地域の大学や研究所で頑張っている人には僻地の為の特別な研究予算が NIH にはある。
- アメリカの州立大学や地方大学では、研究環境がびっくりするほど整っている。UCSF の名声とか規模から考えると、ファシリティのスペックが充実しているのかと思ったら、基

本的にそういう機械なり施設というのは個人についている。だから例えばマススペックをやりたいと思っても、コアとして機能している部分がなくて有名な先生とコラボレーションしないといけない。

- NIH にファシリティ立ち上げを支援するプログラムがある。例えば 4 人ぐらいの PI が集まって、大きな 1 つのテーマに向かって、例えば一人は血漿解析、一人はタンパクの解析、一人はマススペックで分泌物解析のようにテクニカルには別々の人が一緒に集まって、例えば糖尿病の研究をする。そこにコアファシリティの予算が 2 つぐらいつく。そのコアというのはその 4 人だけのためにつくだけではなく、大学全体にオープンになるから、少なくともそこのキャンパスの人は、そのコアをお金を払って使わせてもらう。全国の NCI Designated Canrer Center というのは、そういうのを支援している。そのコアファシリティによってみんなが潤う。
- クライオ電顕も 1 つのデパートメントで買えるような額ではないから、UCSF は幾つかのデパートメントがお金を 50%出して、それで NIH にあと 50%出してくれませんかとかけ合う。30 人ぐらいの PI がこういう利用方法があって、1 つずつぐらい将来使用するであろう実験のプロポーザルを書く。NIH からするとこれは本気だということで、50%ぐらいカバーしてくれる。

3. 研究費の獲得

- 最近 NIH の研究費を取るのが厳しくなってきて、今まであったレベルに保つためにグラントを書いている時間が長くなって、自分の研究テーマを考えることや一番考えるべきである若い学生やポスドクの面倒を見るとか、そういう時間が失われていく。
- 研究費取りに時間の大半を費やすくらいなら企業に出て、資金の心配をせずにプロジェクトを進めていくということだけ考えていればいい、そういうほうが楽しいって言ってやめていく方もいる。アシスタント・プロフェッサーになって初めて自分で研究室を持って、こんなはずではなかったって言っている人もたくさんいる。
- 一般的に研究費が取れなくて困っている人がティーチング（教育）をするという文化はある。UCSF は基本的にティーチングはティーチング専門のファカルティがいるので我々がやる必要もない。別のトラックで研究とは全く評価体系が違う。逆に言うと、たくさん教えて、いかに学生から人気のあるコースを教えていても、それに対する評価というのは 20%ぐらい。それよりも 80%は研究費を幾ら取ってきたかと、論文をどれだけ出せるか。ここははっきり分かれている。テニアを取ったらやめさせることはできないけど、教授になって研究費が取れなくなって停滞してきたら、基本給を大学が設けていて、いきなり給料がどかんと下がる。そうするとやめざるを得ない。
- スタディ・セクションというのは基本的に 20 人ぐらいのレビュアーで、基本的に自分の申請書（アップリケーション）を読んでくれるのは 3 人。プライマリーとセカンダリーのレビュアーが中心になって申請書の良い点、悪い点を指摘する。その 2 人がこの人の申請書はこういうことが目的で、こういう手順を使って、こういう応用性があると 5 分ぐらいで要約する。いいことと悪いことに対して、私は 3 だと思うと言うと、2 人目は私はここが弱いから 6 だと思う。5 分のプレゼンテーションで、そういう点数の幅をつけられて、残りの 20 人が 3 から 6 の間で点数をつける。トップの 10%になるためには 1.5 とかでな

いといけない。だから最初の一人が 1 と 2 にしてくれないともうそこでアウト。

- 例えば学部単位とか大学単位で、研究費獲得支援が大事だということを自覚している大学は、一番低いレベルでは、いわゆるライター兼編集者みたいな人材を置いている。図の構成がいいかとか、フィギア・ナンバーが間違っていないかとか、あと英語が母国語でないファカルティの為に、文法的の校正をする。他にも、研究論文なり、研究費の申請書の書き方というスタンフォード大学が出している無料のオンラインのコースをとってみたり。昔は、UCSF はそういう書き方だけを教えるファカルティがいた。いまは時間がないときは、他の研究所では働いている編集者にお金を払って、自分の申請書を見てもらうこともある。
- 例えばピッツバーグ大学メディカルスクールは完全にビジネス。研究者が研究室を使うと場所代を払わないといけない。研究費を取ってくるというのが最大の評価だから、それを支援する機構がいっぱいある。例えば新しいアシスタント・プロフェッサーが入ってきて、最初のグラントと 2 番目のグラントを出すというと、シニアのプロフェッサーが集まってそれを読んで、NIH が気に入るような組み立て方かどうかということで批評するという仕組みがある。学校によっては学部長が、NIH のアプリケーションが 6 月にあったら、4 月にそういう委員会を設けて、5 月の終わりまでに 2 番目の申請書をこの 3 人に出して、批評を受けてからというところもある。ピッツバーグの薬学部には、そういうことをきちんとやる有名な部長がいるらしい。

4. 技術移転・産学連携

- 大学の技術系オフィスが、研究シードを持って、製薬会社に共同研究しませんかという業務をやっている。例えば最近、あるリン酸化酵素（キナーゼ）のインヒビターを見つけ、もしかしたら自閉症がよくなるかもしれないというマウスの結果があったら、そういうオフィスにまず言いに行く。そのキナーゼの場合は抗がん剤としてそのインヒビターをつくっている会社が幾つかあったので、それを自閉症に応用するような興味のある会社はないか探してくれと言って、探して交渉して一緒に共同研究。いいときは 1 年分ぐらいのポスドクの給料を会社持ちでお互い了承した仕事をやってもらう。将来もしもそれが効いたときに、どっちが知的所有権を持つか。UCSF で何%取って、会社がいくら取るかという交渉でもめる。そのキナーゼに関しては 2 年間進まなかった。
- ここ 10 年ぐらい、例えばメルク、GSK、ファイザーといった巨大な製薬会社は、大学の研究者がやっているものがすぐに薬につながることがないとよくわかっている。だからそんなに特許のことでもめるよりは、早い時点で支援しておいて、2 年から 5 年進めた段階でもう一回交渉し直せばいいというのをよくわかっている。そうなると、今度はファイザーなり、GSK なりが研究員を連れてきて、UCSF はスペースを提供する。例えば抗体をスクリーニングするとか、こうやってアッセイしてくださいと言ったらそれを会社の研究員がやってくれる。だから、最初の 1 年間は向こう持ちで自由にやらせてくれる。そういうのが今の潮流ではないか。
- NIH 全体としては臨床応用に近い研究をやれと、それはものすごいプレッシャーで、NIH の申請書を書くときはそのことを大変意識する。私のまわりでは臨床に近い研究というのは会社がやるべきものだとか、基礎研究と比べるとあまりおもしろくないと思っている人

が多い。私個人としては研究者が、人間、もしくは病気の患者さんにどの様に貢献できるかということは意識するべきだと考える。

5. UCSF の研究環境

- ここの 20 ぐらいのラボの平均は 6、7 人。大きくても 8 人から 10 人。例えばここのセンターでは、昔の研究者がとったパテントでものすごい額のお金ができて、それを投資している。そういうお金はディレクターの予算としてある意味で自由に使える。研究所として伸びていくために必要なこと、例えば、いいアシスタント・プロフェッサーを採るときに、引っ越しや住居購入の手当を出してみたり、大学として出せない、NIH に申請できないようなお金を出してみたり、コアファシリティ的なものに出してみたり。あと今大事なのは、研究費を一時的に失った PI に対して支援する、いわゆるつなぎ予算。そういうのは全部、学部長は研究所長の考えと予算次第。
- UCSF の中では学部の垣根もなく、お互いに助け合わないといけないと理解し合ってやっている。この細胞株、誰か持っていませんかと言ったら、すぐにとりにおいでとなる。自分のことは自分でやって、絶対自分の新しい研究成果はもらさないとか、そういうような性格がちらっと見えたら話題になる。UCSF はそういう人をなるべく採らないように、そういう共同体としてのコミュニティに合った人を採ろうというのはある。PI の選考では、一人の候補者に対して、2 日ぐらいかけて 15 人ぐらいが面接する。研究のいい悪いに加えて、人間性も大事だという意識は全学である。大学によっては、とにかく業績があって優秀な人材ならば、人間的に難しい人でも関係ないでしょうというところはある。
- 論文も共同で書くことが多い。ここの大学がいいのは、新しくて秘密にしたいようなおもしろい内容でも、盗まれる心配が全然ないから言いたい人に言いに行く。必ずその分野の専門家がいて、ちょっとディスカッションしてもらえませんかと言うと、そんなのやってもしようがないよとか、どういう実験を組んでやって証明したら本当におもしろいかどうかわかるよということを正直に助言してくれる。それは研究をやっていく上ではものすごい強み。他大学の人と話すと、学部としてすごく独立していて、一つの学部に所属してしまうと、他の学部の人と交流するには敷居が高いと聞くこともある。
- ハーバードのメディカルスクールのキャンパスがあるところは、長年ずっとやってきた大御所研究者の弟子がまた近くで研究室を開いてやっている。UCSF は、研究者として立派な先生やいわゆる有名人研究者がいたとしても、そういう人が政治的な権力を持ったり独占しないように、幾らお金を取ってきても、ラボのスペースはアシスタント・プロフェッサーならどれだけ、プロフェッサーならどれだけと決まっている。ノーベル賞の人も HHMI になっても例外はほとんどない。
- 基本的に研究というのは、自分の強い、やっていることをずっと続けていくものだけではなくて、実験が導いてくれる方向に、実験の結果に素直についていくしかないというところがあるから、自分はこれで有名だけどというところを一歩出ないといけないことがほとんど。ここにいると、むしろ外に出て、いろいろな人とコラボレーションしたら楽しいというのが一番の醍醐味。私たちは研究をやっていて、研究費というのは研究をやるためにお金を取ってくるもので、それが逆転してはいけない。それをやるためにはここは最高の環境。仲間が成功したら、それは自分にとってもいいことだと。大学がテニアの競争をさ

せなくても、同期のアシスタント・プロフェッサー達は、お互いにライバル意識があるわけだから、お互いに助け合って成功して、お互いに長く研究を一緒にやっていこうという環境の組織のほうが効率がいいと思う。

2．1．5　梶村真吾（カリフォルニア大学サンフランシスコ校）

東大卒業後、ハワイ大学、その後ミシガン大学で博士号取得。ハーバード大学でポスドク。2011年からカリフォルニア大学サンフランシスコ校教授。

1.　大学の研究システム

- アメリカはいわゆる研究大学と教育の大学とに分けられている。例えばUCバークレーは、学部生がたくさんいて、そこのファカルティは大体週に二、三回のティーチングがあって、12 カ月のうち 9 カ月は大学から給料が出る。つまり夏休み以外は大学が給料を保証するというシステムで、テニュアというのは意味がある。逆に UCSF は、学部はなく、メディカルスクールとデンタルスクールと大学院生しかいないから、基本的には大学からティーチングした分だけしかもらえない。私は 3 カ月分の 30%の給料は大学から出るが、70%は自分のグラントから出す。例えばスクリプスやハーバードメディカルスクールは、ほぼ100%自分のグラントで給料を出すかわりティーチングは一切やらなくていい。しっかり仕事をした分だけお金をもらうというところで、そこが日本とは大きく違う。UCSF でテニュアをもらって、フルプロフェッサーになったが、大学が保証してくれるのは、このオフィスと E メールアドレスのみで、基本的には常に泳ぎ続けてないといけない。テニュアを取った後でアクティビティが下がる人たちもたくさんいる。
- PI として、大学から研究室のスタートアップ費用に 1 億円もらうと、その 1 億円は基本的には借金になる。NIH などの資金を取って、間接経費で返してくださいと。返した時点でいわゆる黒字になったからテニュアをあげましょうとなる。例えば UCSF だったら、2 つ RO1 をとってください。2 つあれば間接経費 1 億円ということ。そうではないケースもあるが、それはある意味リーズナブルなシステムで、スタートアップはあくまで大学としては投資している。間接経費は UC バークレーで 60%、UCSF は 70%ぐらい。スクリプスだと 95%になる。
- よく同世代の日本の研究者から、日本は研究をする時間がないと言われるが、給料を 100%もらっているのだからそれは根本的に違うと思う。例えば、米国ではティーチングというのは、学生から評価をもらって、一応ある程度のスコアになっていないと次の年から、あなたは教えなくていいです、そのかわり大学はお金払いませんよとなる。授業というのはカスタマーサティスファクションで、顧客が満足して、授業に来てよかったなと思わせないとだめだと。いまの形では日本はシンガポール大学とか北京大学に勝てない。日本はでっち奉公で 10 年後に一人前になってくれみたいな感じで、人材がたくさんいたときはそれでよかったかもしれないが、もう少しシステマティックな教育方法があると思う。
- アメリカは人材のターンオーバーが速い。それだけ研究者が多い、外国人がたくさん来る。基本的にディスポーザルなカルチャー、社会。日本もアジアからたくさん研究者を呼び込み、リーダーになるのは一つの選択肢ではないか。
- 例えば UCSF でもハーバードでも、ファカルティがみんながみんな優秀なわけではないか

ら、例えば 20 人なり 30 人いるファカルティ、デパートメントの中で、みんなをハッピーにするのか、もしくはデパートメントを強くするのかというのはいろいろ意見がある。強くしたいと思うと、J リーグの入れかえ戦をやるしかない。研究費からの間接経費収入を上げる。それから給料を下げる。そして残りたい人だけ残ってくれと。

- ディレクターとかデパートメントチェアとかは 2 つのタイプがある。いわゆる大物と言われる人たちを他から呼ぶタイプと、あとはいわゆるたたき上げで上がるタイプ。それはデパートメントのディスカッションで大体決めていく。日本はそういう意味で、だいたい下から上がって 2 年交代なので持続性がない。その場合は基本的には何も変化は起きない。みんなをハッピーにするという意味としてはいいが、デパートメントが強くならない。大統領を求める人たちは、任期を 4 年掛ける 2 とか、大体 8 年ぐらいやらせる。それで結構ダイナミックなチェンジが起きる。どちらがいいかは難しいが、リサーチインスティテュートでデパートメントが強くなってこそというところは、大概外部から人材をとってくる。基礎科学、例えば酵母菌をやっているとか、バイオメディカルの基礎をやっている理学部に近いところは、たたき上げの人、サステナビリティを求めるみたいなところはある。
- 米国は、ラボ単位でも、大学単位でも魅力的な人を呼ぶというところにものすごく重点を置いている。僕たちが払っている間接経費が大学に入って、デパートメントでお金がたまってくると何をするか、そこでファカルティの公募をかけて、また次の人材を呼ぶという運営をする。日本のいいところは、准教授つけて、助教もつけてくれて、大学院生はただだし、秘書もといって、三、四人の人材をつけてくれるが、問題はスタートアップがない。いわゆる落下傘で、スペースをあげるからあと何とかしろと言われても、お金も備品もないから、それでは人を呼べない。
- ファシリティとかテクニシャンのキャリアパスは、スタッフサイエンティストという、いわゆるノンテニュアトラックのものがあるが、デパートメントがサポートしている場合もある。はやっているコアファシリティは、外部資金で自分の給料も含めて、スタッフを二、三人雇用して、ラボと同じような運営になっている。
- アメリカは学部を出た学生が 2 年間ぐらい研究補助をすることが普通になっている。大学院にストレートで行く人は意外と少ない。例えば、大学 UC バークレーを卒業した人たちがいわゆるトップメディカルスクールに行くときは、大体 1 年、2 年ぐらい研究経験が必要で、そういう人たちが 1 年とか 2 年とかテクニシャンをやって、パブリケーションが少しあって、それで 2 年、3 年後にメディカルスクールに行くというトラックがある。最初の半年ぐらいは戦力としてあまり使えないが、メディカルスクールへ行く人たちは、自分の業績もいい推薦書も欲しいから、夜遅くまでやったり週末でも来る。
- ハーバードとイエールのような私立大学とここのような州立で違いはある。州立はまずあまり自由に使えるお金はない。私立にはいわゆるプールマネーというのがある。ハーバードの小児病院は自分の子供が病気とかいう人たちからお金を集めるし、ダナ・ファーバーがん研究所はメジャーリーグのレッドソックスのスポンサーで売り上げの何%が入るし、ものすごい基金のドネーション、もしくはハードマネーが入ってくる。UCSF はカリフォリニア州が資金難でそんなに多くないが、例えば最近だとフェイスブックのザッカーバーグが個人資金で 600 億円のファンドをつくって、バイオハブ（BIOHUB）をつくったり、研究のハードマネーとして寄付とファンデーションからのお金を用意する。

2. 研究者の給与システム

- NIH の公的なお金で払える給与額というのが教授だと大体約 2,000 万円。100%中 7 割 NIH キャップといって、例えば、このうち 30%ぐらいは大学からもらってくる。ところが、例えば自分の給料を 1 億円にしたいとした場合は、例えば自分のクリニックからお金を持ってこれるという人たちがいる。例えば、病理の人でメラノーマの世界的な権威に、世界中から診断をしてほしいというスライドが送られてくる。彼が稼いでくる外的資金というのは約 25 億円。彼はそれを UCSF の病院でやっているから、当然 90%病院に行くけど、そのうち 10%は個人取り分でいいと大学は認めている。だから、クリニックの人たちには億プレーヤーというのは結構いる。
- 大学から支給される給与が 30%ということは、70%はあなたは好きにしてくれということ。例えばスクリプスは、なぜ 100%ソフトマネーかというと、教授のほとんどはみんな自分の会社を持っている。会社から自分の給料を払っているから、研究所から給料をもらうと利益相反になる。自分の会社からすごい額を自分で設定して、億の給料をもらったほうがいい。大学だったら教授の年俸のキャップがあってできない。僕たちは 25%まで UCSF は課外活動を認められている。25%というと 3 カ月。だから、中国人の PI の人たちは、政府からの支援で中国にもラボを持っている人たちがたくさんいる。

3. 人材流動性

- 日本で限られた人的資源をどういうふうに有効活用するか。例えば、クロスアポイントメントという形で、人の交流をどういうふうに盛んにするかというのがキーになってくる。研究所はお金だけではなく、いい人を呼べるかが全て。日本ではクロスアポイントメントは、国立大学、特に医学部では非常に難しい。日本のトップ研究者の若手をうちに来て、1 年間でも 2 年間もやってくれると、その後ウミガメじゃないけど、そこに返せる。何かそういうシステムができるようになればいいと思う。
- サンフランシスコが難しいのは物価が非常に高い。外国人しか来ない。アメリカ人がどんどん少なくなってきている。ボストンはまだ安い方。これもグローバルな現実で、いい人を集めようと思ったら、人が来るところに行かざるを得ない。テニュアでフルプロフェッサーになっても移動するのはこちらでは日常の話。どこにいるかはあまり重要でなくて、どこへ行って何をやるか。まずいい人、いい学生が来てくれる環境、あとは自分とそのシナジーがつくれる環境。いい環境に行ったらいいサイエンスできるのかといったらそれも違う。やれる人がやる。だからどんな状況でも優秀な人たちの数は変わらないと思うし、モチベーション高い人は高いし、基本的に 100%みんなをハッピーにできることはできない。科学技術力は国力を反映する。日本としては研究者を外から呼ぶことを考えないといけない。
- アメリカは人が多いから余り過ぎになるが、アメリカ人のポスドクなり、国内の学生を引きとめるようなプログラムがたくさんできている。例えば、昔からあるティーチンググラント、トレーニンググラントは、基本的にはグリーンカードか、国籍を持っている人でないとだめ。そういう意味でアメリカ人を優遇するのは当然ある。例えばトランジッショングラントもほぼ全て、いわゆるパーマネントレジデンスでないとだめ。K99 は外国人もオーケーだが、そういう人たちは基本的に残るトップエリートだけにする。

4. 米国の課題

- 男女平等で、問題になっているのは、特に女性の方は子供を産んで、30 代の一番忙しいときに家庭との両立を考えなければならないということ。3 年後にポスドクで違うところに移らなくてはいけないなんて難しい。普通のフェローシップは 2 年とか 3 年なのが、5 年とか 7 年にして、学生が終わったらすぐあげて、基本的にはそこで独立してくださいというタイプのフェローシップもある。そうすると 7 年あるから、ポスドクすっ飛ばして、アーリーキャリアインデペンデントなグラントでやろうなんていう人たちが結構来る。10 年いれるなら来てもいいのかなと思うかもしれない。そういうちょっと長目のフェローシップというのはいいかもしれない。
- UCSF が今問題になっているのは、アドミが多過ぎる。健康な企業の経営というのは、総ファカルティの中に占めるアドミの人が大体 15%ぐらい。今 UC は総じて 50%を超えている。経営として間違いなくうまくいってない。アメリカもどこも公的な機関の運営は人が足りていないが、なぜ人が足らないのかとよく思うが、ジョークなぐらいどうでもいいドキュメントが多い。
- ここはメディカルスクールの中で一番基礎的なことをやっていると思うが、臨床的な橋渡しをやれとは言われない。基礎科学デパートメントの人たちは、酵母だろうがゼブラフィッシュだろうが、グッドサイエンスでお金を獲ってこれるのであれば何をやってもいいというのが基本的なスタンス。でもそのかわり NIH、もしくは NSF からお金取ってきてくださいねと言われる。バイオメディカルがここ 20 年ぐらいで出てきたときに、成功率を考えると、メジャーな発見は明らかにファンダメンタルなところから始まってきている。

5. 分野の研究動向

- インスティテュート自体は、PI で 20 人ぐらい。大体 1 ラボの平均人数が 10 人ぐらい。UCSF は大体 10 から 12 人ぐらいがマックス。
- 最近のバイオメディカルは一つのラボでできるものは限界がある。これは研究費という観点からも重要になってくると思う。最近のジャーナルを見ていると著者が 30 人というのはざら。チームスポーツ、アメリカンフットボールみたいになってきている。非常にスペシャライズされたメンバーをピックアップして、それで大きいものをつくるというタイプ、当然コアファシリティに外注できるものは外注する。機械を買ってやるよりは外注したほうが安いし、そういう環境のほうがいい。
- これから 10 年、20 年後はチームとしては小さい、5 人とか 10 人とかぐらいのラボがたくさんあって、それぞれがものすごくスペシャライズな人みたいになっていて、それでリーダーになる人がそれをプロジェクトベースで束ねて、ある目的に向かってやろうと。5 年先には全然違う機器とテクノロジーが入っているから、ある一つにスペシャライズしてもうまくいかない。もともとボストンはラボがすごい多いが規模が小さい。UCSF も基本的にそうで、この中でいわゆるチームをつくってまとめ上げるというタイプになってくる。
- データ駆動型とかインフォマティクスとか、このあたりもグーグルや関連の会社があり、給料の桁が違う。バイオインフォマティクスのファカルティは最近とるのが難しい。学生もそこら辺の会社が僕の給料より高いので雇うからポスドクで雇えない。おそらく今後ある程度のフォーマットができたら、ある程度ウエブ上、クラウド上でできるようになって

くるから、そんなに心配はしていない。

２．１．６　外山玲子（NIH 国立小児保健発達研究所（NICHD））

東京大学理学部生物科学研究科にて学位取得（生化学）後、米国 NIH NIMH へポスドクとして留学。その後発生学に転向して NICHD でスタッフサイエンティスト、2016 年より NIH NICHD 発生学部門プログラムディレクター。

1. NIH のイントラミューラル（所内）研究とエクストラミューラル（外部へのグラント）

- NIH は 27 の研究所から成り、その大半が所内研究（イントラミューラル）と所外研究（エクストラミューラル）の部門を持つ。所内研究では実際の研究室が運営され、所外研究は外部研究機関への研究支援が主な役割。
- NIH のミッションは人間を含める生き物についての基礎的知識の蓄積、そしてそれを応用して（人類が）より健康に長寿を全うし、病や障害を減らすことにある。（NIH's mission is to seek fundamental knowledge about the nature and behavior of living systems and the application of that knowledge to enhance health, lengthen life, and reduce illness and disability. ウェブサイトより）基礎研究の重要性が明記されている。
- NIH の 27 の研究所はほとんど独立に運営されている。各研究所で細かいポリシーが異なる事がある。
- 27 の研究所には臓器に焦点を置いた研究所（NHLBE, NEI, NINDS, NIMH 等）、疾患に注目した研究所（NCI, NIAID 等）、人間のライフステージ焦点を置いた研究所（NICHD, NIA 等）、研究対象や技術手法に焦点を置いた研究所（NIBIB, NHGRI、NCAT, NIGMS 等）がある。いずれも人の健康や疾患に関わる研究を行なっているが、例外が NIGMS。ここは基礎研究に焦点を置いた研究所。
- 当然のことながら研究所間で研究分野のオーバーラップはあるし、また住み分けもある。例えば、小児がんの研究は NICHD では扱わず NCI で行われる。神経関係の研究は NINDS, NIMH,で主に行われるが神経系の発生発達の研究は NICHD でも行われる。複数の研究所が協力して行うプログラムもある。
- NIH 全体の所内研究では約 6,000 人の研究者がおり、そのうち 1,200 人が PI。NIH の予算の約 10%がこれに当てられている。所内研究は極めて大規模で広範囲は研究が行われているため、何か新しい技術を学びたい場合はほとんどの場合キャンパス内にエキスパートを見つけることができる。したがって共同研究は活発に行われている。
- 所外研究は NIH 予算の約 80%が当てられている。アメリカ国内に限らず、アメリカでは実施が難しい研究であるならば米国外の研究所にも研究費を支給する。すなわち日本からでも NIH の研究資金を獲得することは可能である。
- 現在、NIH のグラントの獲得率は 15%ぐらい。昔は 20%～30%だった。獲得率は各研究所によって異なる。
- 所内研究の一般的なラボは平均 5～8 人の人員（スタッフと主ポスドク。学生がいる場合も）で構成され、毎年十分な研究資金がグラントを書くことなく支給される。その代わり、チャレンジングな研究をすることが求められる。所内研究は自由度が非常に高い。そもそも研究とはやって見ると予想と全然違う結果が出たりするもので、またそれが研究者の好

奇心をそそる場合が多々ある。所外研究の場合、グラントのアプリケーションに書かれていない実験をするには NIH に研究内容の変更を申請しなければならない。所内研究ではその必要はなく、即時新しい方向へ研究をシフトすることができる。

- 所内研究と所外研究は全く独立している。両部門の組織的なコミュニケーションはほぼない。
- NIH の所内研究は極めて自由。みんながあまりやらないユニークなアイデアに基づいた、やってみないとうまくいくかいかないか分からない研究を試みることが可能。どんどん研究テーマを変えてもいいというフレキシビリティもあり、新しいことに自由に挑戦できるというのが所内研究の強みである。ただし所外研究にも、R21 という挑戦的研究をサポートする研究グラントがある。
- 日本と米国では「ハイリターン」という言葉の使い方が異なる印象を持つ。NIH ではとにかく今まで誰もやらなかったイノベイティブな研究は「ハイリスク・ハイリターン」と見なされる。特に「ハイリターン」研究とは結果がその研究分野に多大な影響を及ぼすものを指す。例えばその新たな発見によりその研究分野のパラダイムシフト（新たなコンセプトの提示）が起きるような研究。必ずしも出口志向でその研究が新たな治療や製薬に直接繋がる必要はない。
- NIH における研究の評価は、その研究により発表されたピアレビューの論文が基準。応用面は必ずしも評価対象にならない。
- NIH の最もスタンダードなグラント R01 の期限は基本 5 年間。3 年では最近は特にまとまった研究成果を期待するのは難しい。近年サイエンスは全般にデータの要求度が高くなっている。例えば 20 年前に比べるとより多くのデータがなければ、良いペーパーが出せない。本当に意味があること（「ハイリターン」な、これまでのコンセプトを変えるような重要な研究）をやろうと思ったら時間かかる。短い期間しか与えられていないと、そこで結果出さないと次のグラントが取れなるからという理由で結果の出やすい実験に流れてしまう。安全なことしかやらないというマインドセットになると科学の進展は止まる。誰かがリスキーなことをやって引っ張っていくからこそ科学は進んでいく。
- グラント申請書は主には NIH グラントを持っている研究者で構成される study section で行われる。つまりピアレビュー。審査結果は各研究所所長が、どの申請書を採択するかを最終判断する時に参考にされる。NIH の CSR（Center for Scientific Review）は申請書の審査（study section）をオーガナイズ、運営するが、NIH の職員が実際の審査を行うわけではない。審査をするのは論文のレビューと同じく、他の研究者。審査結果は 5−10 ページに渡る報告書として全ての申請者にフィードバックされる。ほとんどの申請者は審査結果を受け取るとプログラムオフィサーに連絡し、申請書の改善点をディスカッションする。プログラムオフィサーは研究者の立場でアドバイスする。申請者が我々のアドバイスによって申請書を改訂しその結果次回の申請で無事採択された場合、我々プログラムオフィサーはそれをあたかも自分の申請書が採択されたように嬉しく感じる。
- プログラムオフィサーは PI をサポートする立場にある。全ての申請書に必ず一人のプログラムオフィサーが担当者としてあてがわれる。PI は基本的には応募したグラントの数のプログラムオフィサーと接する事になる。申請書が採択されてグラントとなった場合、担当プログラムオフィサーは毎年の progress report の評価を行い、また研究がスムースに

行われるためのあらゆる相談にのる。

- 今まで限られたNIHのサポートしか受けていない大学のみが申請できるR15というグラントがある。小さな大学の研究者でもNIHグラントを取得できるようにという配慮。それによって研究の裾野を広げる目的がある。小さな地方大学等の才能豊かな学生たちがそこで研究に触れることができる環境を整える役割も果たす。
- NIHの所外研究にはキャリアレベルに合わせたグラントがある。「T」は主に学部の学生向けのトレーニンググラントで、個人ではなく研究機関をサポートする。実際に支援される学生は各研究機関、大学が選ぶ。NIHは研究機関が学生に対してどのようなトレーニングを行うか、どのようなコースを提供するかという点を審査する。
- 「F」はフェローシップの略で、個人が申請するグラント。大学院生、ポスドクが主な対象。当然、指導教官の指導経験も評価の対象となる。指導教官がどのくらいの頻度で学生やポスドクと会ってディスカッションするか、口頭発表経験をどのように積ませるか、学会に参加させるか等も研究内容と同時に評価される。
- 「K」は基本的にはMD･PhD向けのグラント。MD･PhDの数は少なく、彼らを一人前の研究者に育てることの重要性は日本と同様アメリカも認識している。しかしながらMD･PhDの多くは、臨床に重きを置く傾向があり、基礎研究のトレーニングを十分に受ける機会が乏しいことが多々ある。Kグラントは臨床医がメンター、指導教官の元で研究経験を積むことを支援する。
- MDでなくても応募できるKグラントの一つにPathway to Independence Award（K99/R00）というものがある。このプログラムの開始は10年ほど前。ポスドク経験が4年以内の人に応募資格があり、ポスドクが独立してPIになるのを助けるプログラム。2フェーズ制になっている。K99フェーズではポスドクの給料が支給される。このグラントを持っている間にどこかのファカルティのポジションを得ることができれば、独立後3年間研究費が支給される。採用する側は、このグラントを持っている応募者人は研究費を自分で持ってくることになるので極めて魅力的な候補者と受け止める。T,Fや他のKのフェローシップは、米国籍か永住権が必要とされるが、このプログラムに米国籍は必要とされないので日本人のポスドクも応募できる。外国からアメリカにポスドクで来た優秀な人材はこれをつかってどんどん独立を試みる。

2. NIHの政策決定システム

- NIHにおける科学政策（policy）とは、グラントの枠組みづくりや細かなルールの設定等を指す。政府が特定の研究分野領域を選択的に支援するシステムを指すものではない。ここは日本における「科学政策」の認識とは大きく異なる。
- NIHにも特定の分野への支援配慮はあり、これはFunding Opportunity Announcement（FOA）として公表される。この立案の多くはボトムアップである。議会や大統領からアイディアが提示される（トップダウン）ことはあるが（キャンサームーンショット、オピオイド等）数はそれほど多くなく、またそれを具体的なプログラムに組み立てるのは上記プログラムオフィサーの役目。
- 多くのFOAはプログラムオフィサーが提案したもの。プログラムオフィサーは自身の担当する研究分野で現在必要とされている手技、方法、技術を分析し、それを促進するため

のプログラムを提案する。そのためプログラムオフィサーは最新の研究動向を十分把握していることを要求される。研究の現場に精通するため関連学会に参加して研究者コミュニティーの声を聞き、また個別の研究者との意見交換が欠かせない。このような形で FOA は研究現場の要望が反映されることになり、ボトムアップにプログラムが作成されていると言うことができる。この方法で立案されるプログラム（ボトムアップ型）はトップダウンのものよりもはるかに多い。

- 米国政府の政策は当然 NIH で行われる研究に影響を及ぼすが、これは所外研究に反映されることが多い。例えば「オピオイド危機」と大統領が言えば、所外研究ではオピオイド研究を支援するプログラムを立ち上げる。しかしながらそれに使われる研究費は NIH 全体予算の一部であり、通常通り多くの分野の研究は続行されている。基本的に NIH は研究者が自発的に行う研究を支援することが目的なので、トップダウンのプログラムに NIH 全体が引きずられることはあり得ない。
- 具体的に私が管理しているプログラムの一つの例をあげる。これは基礎と臨床研究者の共同研究促進を図るもの。近年ゲノム解析技術の発展により特定の疾患を持つ患者の DNA シークエンスが簡単に行えるようになった。そこで患者のサンプルを得てシークエンスを行うことのできる臨床研究者と、そこから見つかった（おそらく）疾患関連遺伝子の機能を研究する基礎の研究者をチームとして一緒にグラントに応募してもらい、疾患のメカニズムの解明を促進する。この場合 FOA に条件（ポリシー）として基礎と臨床研究者が同等に研究に関与することを具体的に提案することを明記する。
- 具体的な研究分野が明記される FOA もある。一般的に外から見て一番わかりやすいのはこの範疇のもの。例えば、オピオイドや癌、BRAIN が挙げられる。しかしながら NIH がイニシアティブをとる大きなプログラムは、往々にして技術やシステム開発をサポートするもの。BRAIN はのコモンファンドの一つだが、実はテクノロジー開発のプログラムである。どのような技術が開発されたらがニューロサイエンス分野をさらに促進できるかを念頭に、そのために新しいビッグサイエンスのデータ解析プログラムを作成、解像力がより高い顕微鏡の開発等の技術開発をサポートするプログラム。このグラントで開発された新たな技術は一般公開することを義務付け（ポリシーとして）、よって将来個々の研究者たちにそれを使って自分の研究を発展させてもらうことを意識した研究支援の方法のである。
- 研究支援（FOA）は必ずしも資金を伴わない。特定資金を準備せずとも特定分野のサイエンスを活性化する方法は幾らでもある。予算がつかない FOA のほうが付くものよりもよほど多い。
- プログラムオフィサーというのは研究者目線。かつて研究者だった人間が大半であるため、研究者のサポーター、代弁者、かつサイエンスの発展のために何が必要かの目利きである人々である。少なくとも私の所属する NICHD では年に数回プログラム発表会があり、そこで各プログラムオフィサーが独自にサポートしたいプログラムを発表する。そこで発案されたアイデアを踏まえ、研究所ディレクターが今後の研究の方針や方向性を立案する。また、NIH 全体のコモンファンドで新たなプログラムのアイデアを募集する場合も、各研究所のプログラムオフィサーが提出したアイデアの中から選択されることが多い。

3. 日本への示唆

- 日本では限られた資金を有効に使うための選択集中、研究効率という言葉をよく耳にする。しかしながら医学生物学研究は計画通りにはまず進まないのが常であり、それはこの研究領域の性質でもある。我々人類は医学生物学研究の対象である「生物」そして「人間」についてまだあまりにも限られた知識しか持っていない。そのために基礎的な知識の蓄積（NIH のミッション参照）がまだまだ必要であり、この基礎分野への支援なしに医学生物学研究の将来はありえない。ノーベル賞を受賞された本庶先生や大隅先生を含め多くの有識者が長年に渡り異口同音にこの視点を発言しているが、その声が政策に届いている印象は全くない。
- 医学生物学研究分野では計画通りに進む可能性の高いプロジェクトとは長期にわたる基礎研究から応用までの最後のステップであり、そこに至るまでの研究の底辺を支える地道な研究の積み重ね（基礎研究）があったことは、華々しい最終段階の成功の陰では往々にして忘れられがちである。しかしながらこの基礎研究に投資しなければ将来新たな応用研究が発展し、イノベーションに繋げることは不可能である。
- 学会のまとまった意見、現場の研究者の声などが行政に届いてない、あるいは、行政が受け止められる方法で意見を発信できていない。ここにミスマッチ、ギャップがあるように感じられる。学会や学術会議等に政府へのパイプラインをつけてあげることが必要。少なくとも私が関与している学会では研究者の立場の声明を発表してきているが、それも行政に届いている感はえられていない。行政と研究現場の声はいつまでたっても平行線で、両者の意見から具体的な解決策を生み出そうとする努力が感じられない。よって過去 20 年以上何も変わってこなかったのではないか。双方の意見を分析し解決策を提示する中立な立場の機関の設立が望まれる。
- アメリカでは研究実績を持つ者が多数現場の研究者支援（プログラムオフィサー）やポリシーを立てる部署で活躍している。これが研究者目線に沿った現実的な研究支援体制の運営に役立っている。
- 日本の研究者は忙し過ぎることが問題。たとえばポスドクや助教が外国人研究者サポートのために研究と全く関係のない書類の書き方や通訳までやらざるを得ない現状があると聞く。そのような環境では研究者は潰れてしまう。特に臨床研究者は臨床の後、疲労した状態で夜中まで研究すると聞く。このような状況で効率よく成果を出すことができるのか。当然サイエンスのレベルは下がるであろう。日本では優秀は人材が十分に実力を発揮できる環境が整っていない。女性研究者の活躍が阻まれているのも同じ理由による。日本人研究者もアメリカでは時間が十分に確保され、余暇の時間を持つことができる。週末は休息し家族との時間を過ごし、ウイークデーも家族と食事をともにできる。これが可能な理由の一つは職住接近だからかもしれない。こちらでは夕食後ラボへ戻ってさらに実験する人もいる。片道 1 時間通勤だとそれはできない。こうなってくると、サイエンスの活性化は科学行政をレベルでは対応しきることはできず、働き方改革に通じる問題となる。日本のサイエンスの停滞は、もはや社会構造を変えなければ改善できないのではないだろうか。

2．1．7　向山洋介（NIH 国立心臓・肺・血液研究所）

1999 年東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。1999 年-2005 年カリフォルニア工科大学

にて博士研究員。2006 年米国国立衛生研究所（NIH）、国立心臓・肺・血液研究所（NHLBI）にてテニュア・トラック主任研究員、2014 年よりテニュア主任研究員。

1. NIH のキャリアパスと研究環境

- 大学でジュニア・ファカルティ、ポスドクだった人が、セミナーやインタビューを経て（大学のファカルティ選びとほぼ同じ）、NIH 所内研究プログラムで研究室を主宰するテニュア・トラック PI として選ばれる。NIH 所内研究プログラムは大学とほぼ同じように、テニュア・プロセスがある。テニュアをとるまでに必ず 2 回の外部評価があり（6～8 年）、研究の独創性、競争力、生産性（論文、インパクト）、メンターとしての能力が評価される。4 年に 1 回の外部評価は、Board of Scientific Counselor（ボード・オブ・サイエンティフィック・カウンセラー）と呼ばれる大学や研究機関の教授陣により、グラント形式の報告書と発表が審査される。
- アメリカの大学では、アシスタントからアソシエイト・プロフェッサーに昇進する際にテニュアになるのが一般的であり、アメリカ国内の研究者に十分評価されているかどうか、共同研究をしていない、同じ分野の研究者からの推薦書によって評価される。さらにプロフェッサーに昇進する際には、世界中の同じ分野の研究者からの推薦書によって評価される。NIH 所内研究プログラムのテニュア審査は、世界中の同じ分野の研究者からの推薦書を 16～20 通ぐらい集めて評価してもらうことになる.
- 推薦者は、例えば学会でよく議論したり、セミナーに招待してくれるような、同じ分野の著名な研究者に執筆してもらう。まず 20 人から 30 人ぐらいの推薦者を自らリストアップし、研究所（NHLBI）がその中から十数名を選んで打診し推薦書を依頼する。研究所が誰に打診したのかは、審査を受けている本人はわからない。研究所のテニュア審査をパスすると、NIH 所内研究プログラム全体のテニュア会議にて、研究所の代表が推薦した PI についてもう一度評価が行われ、最終的にテニュアが決定する。若い PI がテニュアをとれる確立は約半分と言われている。
- ラボを構える時に、スタートアップのお金も含めて人員の交渉をする。人員の枠に関してはそれぞれの研究所で異なるが、大体ポスドク 3-4 人と、ポスト・バカロレア 1−2 人（大学を卒業してメディカル・スクールや PhD プログラムを目指す学生:1−2 年の期間働く）、スタッフ・サイエンティストという研究室のマネジメントを担当する政府職員を 1 人雇うことができる。政府職員の採用は慎重に選ぶ必要がある。僕は、テニュア・トラック PI の間はスタッフ・サイエンティストを採用せず、テニュア取得後に（十分経験を積んだのちに）、一緒にやってきたポスドクの中からいい人をスタッフ・サイエンティストとして採用した。
- 研究自体は割と自由にやらせてもらえる。NIH 所内研究プログラムにいるからといって必ずしもパブリックヘルスに貢献するような仕事をしているかというと、そういうわけではなく、研究が非常にユニークで、何らかの形でインパクトを与えるのであれば自由にやらせてもらっている。
- NIH 所内研究プログラム（米国アカデミア一般）には年齢制限はないので、60 代、70 代で現役の PI がたくさんいる。シニアはエスタブリッシュされていて残る確率が高いと思われがちだが、循環はしている。シニアのなかでも、ラボを大きくしたい、会社を自分で

持ちたい、自分でコンサルティングをしたいとか、そういう思いがある PI は NIH 所内研究プログラムを出て大学や企業に移動する。NIH の研究環境というのは、インパクトのある研究テーマにチャレンジする若い PI にはとても魅力的なので、最近若手の PI がふえている。アメリカならではかもしれないが、様々なキャリアパスがあるので、人材の流動性は高い。大学や会社を含めていろんなタイプのいいポジションがあるので、流動性が損なわれずに維持されている。

- 外部評価では、各 PI の評価だけではなく、研究所の運営や多様性に関しても評価ではないがコメントが入る。
- ディレクター・レベルになってくると、アメリカ国籍持ってないといけないとか、MD・PhD でないといけないなどの制約があるかもしれないが、少なくとも PI レベルでは国籍は問われない。

2. 米国の強み

- アメリカには、サマー・インターンシップ・プログラムというのがある。インターンシップには、高校生も参加することができる。医学部の学生もサマー・インターンとして 2 カ月ぐらい来る。ウエブサイトで応募者の成績と推薦書が見られるようになっている。学生の成績、カバーレター、推薦書等を見ながら、優秀な学生を採用する場合が多い。
- NIH 所内研究プログラムのそれぞれの研究所に教育室があり、ポスドクやポスト・バカロレアのキャリア・ディベロップメントをサポートしている。さらに、サマー・インターンシップ・プログラムも統括しており、少なくとも 1 人分のインターンを雇用する資金が各研究室に提供される。インターンの採用において、多様性を重視しており、なるべくより多くの人種に機会を与えるように言われる。もし 2 人目のインターンを採りたいのであれば、教育室のリストにあるマイノリティの候補から 1 人選ぶと、その学生の費用もオフィスが出してくれる。
- NIH 所内研究プログラムのポスト・バカロレアやサマー・インターンシップ・プログラムは米国国籍のある学生が対象であり、日本の学生にはお金を出す仕組みがない。これまで、日本の大学の医学部生（京大、大阪医大、名古屋、東北、熊本大など）が、私の研究室で 1−3 ヶ月研修を行なっているが、トビタテ JAPAN とか医学部 OB 会のサポートできている。アメリカにいる日本人 PI のなかには、日本の医学部の先生から依頼を受けて、医学部の学生を受け入れている人も多い。こうした医学部生の中には、研修期間を経てからグローバルなキャリア・ディベロップメントに目覚めてアメリカの大学院に進もうとしている学生もいる。
- 上記のポスト・バカロレアというのは、大学卒業後にメディカルスクールや PhD プログラムの大学院に進む前の 1—2 年ぐらいを研究室で過ごす学生のプログラムである（有給）。ポスト・バカロレアの学生は、研究機関の成果が僕らに評価されると、僕らの推薦書に具体的な研究経験が反映されるため、希望するメディカルスクールとか PhD プログラムの大学院の評価も高くなる。故に、NIH 所内研究プログラムには、ポスト・バカロレアの学生が多く働いている。
- アメリカは研究者同士の敷居が低い。情報交換や共同研究がとてもしやすい。何か新しいことにチャレンジする時に、その専門家にメールを送ったり、直接研究室を尋ねたりする

のは簡単で、そこに敷居はほとんどない。しかも、それをポスドクの時から実践することができて、全てのことをボスを介して行うわけではない（これが将来 PI になる良い準備となる）。僕の研究室でもポスドクが自らイニシアチブをとって、隣の研究室のポスドクやスタッフと共同研究している。日本人のポスドクには、「もうちょっと積極的に共同研究を進めてみたら?」とか、「この研究試薬や実験手法を学ぶために、この人に連絡して」と言って、ポスドクが前面にイニシアティブをとって研究を進められるよう手助けをすることもある。

- NIH 所内研究プログラムには、異なる所内研究所に所属する PI が共同テーマで申請書を提出して所内グラントを得るシステムがある。僕も他の研究所の PI とともに所内グラントを獲得して共同研究をしている。
- アメリカはユニークなことを評価してくれる。僕の研究テーマは、これまであまり注目されていなかったけれども現象として重要なニッチなテーマであるので、おもしろいと評価してくれる。ユニークなことをきちんと評価する土壌がある。一方で、大学にいるととても競争的であり、グラントを獲得するには、流行りの研究テーマ、成果に結び付くテーマを申請書に書く必要があり、どうしても息の長い研究をするのが難しいと考えられる。一握りのグラントに余裕のあるトップ研究者やハワード・ヒューズ・グラントをもらっているトップ 200 人の研究者は、大きな花火が打ち上げられるようなインパクトのある研究を長く続けることができる。

3. 研究の評価

- NIH 所内研究プログラムの PI は、過去 4 年間で（前回の審査から）何をやったかということが 7 割、今後の予定が 3 割で評価される。これは、ハワード・ヒューズ・グラントの研究員の審査とほぼ同じである。一方で、大学や研究機関の PI は、今後の研究予定を申請書に書いて NIH グラントに応募する。重要な点は、NIH 所内研究プログラムにしてもハワード・ヒューズにしても、研究者にお金を出しているのであって、プロジェクトにお金を出しているわけではない。一方、NIH グラントはプロジェクトにお金が出るので、そのプロジェクトがうまくいくかどうかが審査される。これはアメリカでもずっと問題になっていて、グラントがピアレビューにはなっているけれども、結局、どれだけ実行できるか（フィジビリティー）で評価されてしまう。つまり、それはもうプレリミナリーデータがあって、それがうまくいくという保証があってはじめてお金が出る。そこからイノベーションとかクリエイティビティは生まれないのではないかとよく言われている。クリエイティビティとかイノベーティブというのは評価が非常に曖昧。でも、研究が実行可能かどうかとか、それ支えるデータがあるかどうかというのは評価しやすい。
- 例えば、大きな研究室は、山のようにプレミナリーデータがあり、それで次のグラントを書く。一方、若手の研究室はそんなたくさんプレリミナリーデータは簡単に出せないので、フィジビリティーで申請書が評価されると、プレリミナリーデータが足りないという厳しい評価がされる場合もある。
- NIH 所内研究プログラムの PI も、前述の Board of Scientific Counselor による外部評価のために、グラント申請書のような報告書を提出する。ただ報告書の内容は、何をやったかということが中心。ただ、それがだめだったら出ていかなければいけないとか、そうい

うことはあまりない。人が減らされたりとか、お金が減らされたりすることはある。

- 米国は、本当に競争的で、グラントが獲得できなければ研究室を閉鎖する必要がある。特にメディカルスクールの PI はみんなそういったプレッシャーの中で研究している。アメリカの最も競争的なところは、ポスドクからアシスタント・プロフェッサー、つまり研究室の PI になった後の段階と感じる。つまり、ポスドクの時にはあまり経験していない、お金のマネジメント（グラントの申請）、授業、人のマネジメントしながら、研究プロジェクトを進めて、論文も書いて成果を出さなければならないことである。ポスドクとしていい仕事をするというのは、アメリカでも日本でも、いいボスがいて、いい研究室といいプロジェクトに出会えば、おのずと良い仕事ができる。ただ、どうやってラボをマネジメントするかということを教わることはない。野球で言うところの「名プレイヤーは必ずしも名監督にあらず」みたいなところはある。
- アメリカは豊富な人材が世界中から集まるので、競争的な環境下にアシスタント・プロフェッサーをおいても、流動性もあり、あまり問題にならない。一方で、日本で同じように競争的な環境下に若手 PI をおく、つまりなんらサポートすることなく若手研究者を独立させて PI にするというのは、人材の数と流動性を考えると、あまりお勧めできない。人材を育てるという意味では、教授になるまでに時間はかかっても、それまでに研究室のスタッフとして研究プロジェクトを進めながら、お金や人のマネジメントを学ぶのは良いと思われる。
- 欧米で 3 年から 5 年研究して、ある程度の成果をあげて日本に帰る若手研究者をうまく活用できる政策が必要である。欧米や日本で若手 PI になるには少し成果が足りない若手研究者が、日本でもう一度 5 年ぐらいポスドクとして研究に集中できる環境を作ってあげると、こうした若手研究者の人材の中から素晴らしい成果をあげる者も出てくるだろう。日本を出て欧米で研究した若手研究者は、海外にネットワークを広げているので、評価をしてあげれば、キャリアパスとして留学する魅力も高まると考えられる。

２．１．８　髙濵洋介（NIH 国立がん研究所）

大阪大学で博士号を取得後、国立がん研究所（NCI）にポスドクで留学。日本で製薬会社に勤務の後、筑波大学で講師、徳島大学で教授。2018 年より NIH 国立がん研究所主任研究員。

1. NIH の PI、研究環境

- ここでポスドクをしていたときから、基礎中の基礎というべき基礎免疫学研究をずっとしている。日本に帰国してからもここにいる人たちとの交流は活発だった。当時の上司や仲間がその後、立場を強くされたり独立したりしている。四、五年前に、実験免疫学研究部門のチーフの先生からお声がかかり、選考を経て選んでいただき、ここに着任することになった。さあ来るぞ、となってから、大統領の交代があり、外国人に職を与えることへの逆風も大きくなってしまい、NIH 職員にも雇用制限がかかるなか、外国にいる外国人でもあり着任に時間かかった。実際に着任したのは、昨年の 4 月。
- 最初に私が仕事のオファーを受けたときに、自分の給料と雇用条件に加えて、私の研究室のスペースとしてどれくらいの大きさかということと、どのスロットのスタッフを何人かについて提示された。具体的には、私のラボは、私自身を含めて 9 人の枠をいただいてい

る。私自身はシニアインベスティゲーターというテニュア PI なので正規職員。それに加えて、スタッフサイエンティストのスロット 1 つと、2 つのバイオロジストのスロットがある。この 4 人が FTE、full-time equivalent の正規職員。残りの 5 人が、いわゆるポスドクで、よく Non-FTE という言い方をする。FTE と Non-FTE では基本的な給与体系、雇用体系が違う。バイオロジストと呼んでいるのは、ラボマネジャーやラボテクニシャン、日本でいうと教務補佐員とか技術補佐員に当たる。ただ、彼らの社会的及び給与を含む雇用上の地位は高い。ポスドクはトレーニングを受けている人たちという形態。

- 予算に関してはラボのスタッフ 1 人当たり年間幾らと決まっているため、私のラボは 9 人なのでラボの年間予算は給料以外で幾らと定められている。私たちの研究ではマウスを多く飼育する必要があるが、マウス飼育にかかわるお金は外。あともう一つ強調すべきは、大きなお金のかかる実験器具・機器はコアファシリティに整備されていて、ラボから外注する解析や作業について比較的安価に利用できる。コアファシリティの利用料は当然あり、彼らも実績が必要なため利用料は設定されているが、比較的安価に利用できる。そういうインフラの整備は、日本の地方大学にいた者からするとはるかに良い。
- NIH は、PI 1,200 人と言われているが、日本の大学等と大きく違うのは、PI ではない職員の数。これは倍ほど違う。例えば、コアファシリティでも人員配置が充実していて、NIH 内部の研究をサポートする体制が整備されている。そういうサポートに必要なテクニシャンやラボマネジャーとかの人たちのためのスロットを用意しているし、地位も高いからこそ。知財とか広報とかもとても強いと感じる。PI ではない人数が多いというのは、PI が研究に専念できる環境がつくられているということ。だからこそ、PI の評価は厳しいともいえる。
- 4 年に一度、評価がある。その評価で、よかったら予算・人員が増えることもあり、逆に評価が悪かったら減らされる。定年がないのは魅力的だ。
- NIH の PI というのは結構恵まれている環境にあると思うが、NIH で PI やっていても外に行く人もいる。NIH の PI というのは政府職員だから、いろんなレギュレーションを厳しく受ける。給料ももちろんそうだが、例えば、自分で特許をとって、個人としてベンチャーを興してといったことは個別の厳しい審査の対象。外に行く人のなかには、研究大学以外にも、教育的なカレッジや企業に行かれる方もいる。NIH のなかでも、ファンディングエージェンシーとしての運営や審査のセクションに移られる方もいる。
- NIH での内部研究の評価の特徴は、レトロスペクティブ。そこに至るまでの 4 年間にこの人が何をしたかということ。これから 4 年間についての計画については、もちろん評価されるが、それよりもこの 4 年間に何をしてきたか。通常の研究費申請の場合には米国でも、プロスペクティブ、これから何をするかというところが評価される。
- 若い PI はまず、テニュアではないテニュアトラックのインベスティゲーターとしてキャリアを始める。その人たちは大抵が学位をとって 10 年以内くらいで、1 つまたは 2 つのラボでポストドクの経験を積んだ上で、自分のラボを運営していきたいという人が応募してくる。テニュアトラックの PI にとって、4 年に一度の評価はキャリアを維持できるかどうかという面を含めかなり大きな意味を持つ。

2. 日本への示唆

- 学術研究は国力の源であるとの認識を高く掲げ、基礎研究は基礎研究として素直に評価し、国を挙げて振興していくべき。基礎研究者に、応用への可能性や社会への実装を語らせるのはやめるべき。
- 研究所であれば、研究という軸が一つどんと大きいから、研究者の研究力を評価しやすい。ただ、教育機関でもある大学になると、研究で秀でた人だったとしても授業をやっていないとか、研究では一体何しているのかというような人だったとしても学部 1 年生には受けがいいとか、研究力を正面から評価することを避けてしまう傾向がある。日本の大学も、機能の分化と評価軸の多様化をもっと鮮明にしていくと良い。
- 徳島大学の教授に着任するとき、日本では地方大学が旧帝大に比べたら小規模だというのはよくわかっていた。ただ、地方大学にもきらりと光ることを発信しているところがたくさんあった。そういう意味で、いろいろ都会の喧騒に惑わされず、自分の興味を信じて研究していける、という自信をもって徳島大学に着任した。しかし、着任から 15 年以上経つうちに、着任当時とは違って、基礎研究に専念できるような組織ではなくなったと感じた。国立大学の機能分化が成功した結果と評価できる。一方、機能分化の進んだ所属大学のカラーにフィットしない教員の異動を促進する仕組みも同時に強化すべき。そのためにも個人個人の研究力の評価は重要。
- 日本では、基礎研究力をはかるというときに、結局、組織をはかっている。もちろん、個人の研究者の研究力をはかるパラメーターも中に入っているが、最終的には組織として、例えば、東京大学がどうだとか、生理学研究所がどうだとか、そういうのに化けていく。研究というものをはかる対象は人であり、組織ではない。
- 日本の社会構造の変動により、海外に出て研究しようという若者が減ってきていると思う。私の頃に比べたら日本のポスドク制度がかなり充実してきているというのは事実で、整備された世界とたたかっている研究室がたくさんあるようになっているというのも事実なので、学生やポスドクが日本の中で研究室を選ぶことが許される時代になってきているとも言える。そのものは否定的に考える必要がない。ただ、例えば、日本でポスドクとして、4、5 年やった今、日本のアカデミックな就職がかなり難しい、というとき、海外に出たらいいのにと思う。ここでも 34、35 歳を超えるポスドクは多くいる。それですばらしい成果を上げて、それこそ教授として日本に落下傘にように帰るのもいいのになと思う。
- 例えば、学振ポスドクでも、出身大学と違うところへ行きなさいとか、出身研究室と違うところに行きなさいというのは言っている。自分の経験からも、外国や企業を含めいろんなところを渡り歩くほうが、研究者にとっての糧を豊かに得ることができて良いと思う。しかし、いろんなところを渡り歩くことは、日本で重視される傾向の強い学閥や学部のムラからはみでてしまうことでもある。日本では学術界でも色濃いムラ社会という側面には閉塞感を感じた。今後大きく変わっていく必要がある点だと思う。ただ、同じところでずっとやってきて教授になった人が、つまらないかというとそんなことない。そういう人たちのなかにもすごいひとはいる。
- 若手研究者のキャリアパスにも関わることだが、ラボマネジャーやラボテクニシャンの社会的及び給与を含む雇用上の地位が日本では低すぎると思う。学術研究に必要な人員を正当に評価し雇用するシステムを作り上げる必要がある。

２．１．９　若槻壮市（SLAC 国立加速器研究所／スタンフォード大学）

東大で修士、その後スタンフォードで PhD 取得。オクスフォード大学でポスドク、フランスのグルノーブルでグループリーダー。その後、つくばの高エネ機構で 12 年。2013 年から SLAC 国立加速器研究所教授。スタンフォード大学教授を兼務。

1. SLAC（DOE 国立研究所）とスタンフォードの関係

- スタンフォードが SLAC の運営のオペレーターをしている。歴史的にはスタンフォード大学の物理学科で素粒子の研究をしていく上で、大型施設が必要になり、国に働きかけて、エネルギー省の研究施設として設立、発展してきた。私も含めて研究室を SLAC とスタンフォードの両方に持っている人がそれなりの数はいる。私は、SLAC がプライマリーで、スタンフォード大学メディカルスクールがセカンダリーだが、どちらの教授会にも出る。SLAC での仕事とスタンフォードとの仕事をうまく融合させるということが魅力で来たが、SLAC のほうは、DOE の外国人受け入れ、海外出張、学会参加などのルールや指示に注意する必要があり結構大変。DOE の研究所にはそれぞれ DOE サイトオフィスがあって、新規プロジェクトについての相談、現行プロジェクトの進展等を報告する必要がある。
- いいところは、SLAC と大学が一緒になって新しい研究をやろうとしているので大きなことができる。例えば AI でも、SLAC には物理、数学、計算機ハードウェア、ソフトウェアをやっている人もたくさんいるので、そういうところと大学の人たちが組んで、新しくセンターをつくるとか、政府からの大きなプロジェクトを獲得しにいくときに動きやすい。

2. 研究費システム

- 給料は研究費を外から持ってきて補填というパターンの医学部やビジネススクールのような学部と、教育がメーンで 1 年 4 学期のうちの 3 学期は大学で授業をすることで給料の 7 割 5 分は大学から出てくるというパターンのところと学部によって分かれている。
- SLAC の場合は、DOE から何らかのプロジェクトに関して数年から 5 年間でまとまったプロジェクト経費が出ると、その一部を、教授もしくはスタッフサイエンティスト、ポスドク等の給料に充当することができる。SLAC 専属の研究者の場合、国立研究所として国からもらっているプロジェクト経費もしくは運営経費の中からの給与が 100%という場合が多い。
- NIH、NSF と DOE、それからファウンデーションがたくさんあって、大学病院からの研究費もあり、生物系では BioX の萌芽的研究や、異分野連携研究費をとりにいくこともできるので、NIH だけの研究費だけでやっているという人はあまりいない。

3. 若手のキャリアパス

- 日本のような大講座制はなく、基本、教授もしくは助教授が一人いて、シニアスタッフ、サイエンティストが 1 人、2 人いるかいないかで、あとは基本、学生、ポスドク、テクニシャン。また、日本と違って大学院の学生、大体 1 人年間 700 万円ぐらいかかる。NSF などの公的機関のフェローシップを受け取れた学生の場合は、その期間はフェローシップで大学院に行ける。スタンフォードでいうと、生物物理、生物学などの学部、学科をまたいだ大学院フェローシップのプログラムがあり、それはお金をいろんなところから集めて

プールして、大学院の最初の 3～4 年間は学費と給料を出す。そうでない場合には、1 人 700 万円ずつ研究室の PI が負担することになる
PhD を 4 年で終わる人はあまり多くなく、大概 5 年、6 年を外部研究費から出すことになる。

- スタンフォード大学で若手 PI を雇うプロセスは学部・学科によってずいぶん差がある。学科がそれなりに大きければ、年に 1 回同じ時期に公募があって、数カ月かけてスクリーニングをして、その後インタビューと公開セミナーというプロセスを経てオファーが出される。スタートアップ研究費、スペースは、シニア教授だけでなく、若い人でも全てスタートアップパッケージについての交渉に時間をかける。スタンフォードのいいところは、助教授（assistant professor）になって最初の数年間は、若手の教員を対象にした研究費がたくさんある。アメリカ全体としても若手向けの研究費というのがあって、それを複数取りにいけるようになっている。額はそれほど多くないが、NSF も DOE もアーリー・キャリア・アウォード（early career awards）というのがある。多くの場合はドクター取ってから 10 年間という制約がある。
- SLAC の場合は、若手のスタッフサイエンティストの雇用は頻繁に行っているが、ジュニアファカルティの雇用については、DOE の大型プロジェクトとの関係で 5 年とか 10 年以上の約束をすることはなかなかしにくいところが課題となっている。

4. Bio-X（異分野連携）

- Bio-X のための Clark Center の建物ができてから 12、3 年経っているが、スタンフォード内の学部を超えた横つながりの組織として生物学研究の異分野連携を促進するというコンセプトとしてはその前からあった。寄付金をベースに活動し、人を雇うためのお金は、Clark Center 内にスペースもあるが、実際の教授ポジションとしては持っていない。なので、ChEM-H も Bio-X も同じで、それぞれの学部に籍があって教授会も全部あって、サイエンスをやる上では Clark Center の建物を中心にして横のつながりができるようになっている。
  スタンフォード大学教授が Bio-X のメンバーになるには、Bio-X の活動方針に賛同しセンターのメンバーになりたいという趣旨の手紙を提出すれば、ディレクターとコ・ディレクターを含むシニアメンバーの委員会が判断する。入り口は結構広くしてある。それとは別に、建物の中に部屋、実験スペースをもらえるかどうかという点は非常にシビアで、担当の学科長と BioX 執行部とシニアメンバーの委員会との間の交渉となる。Clark Center の建物の中は、理学部、工学部、医学部の研究室が隣接し、特に実験スペースのある東と西のセクションはそれぞれの階が仕切りのないオープンスペースとなっており教授、ポスドク、学生たちが自然に異分野連携できるような構造となっている。
- Bio-X 内ファンディングはジェームズ・H・クラーク夫妻や様々なドナーの人たちからの寄付金をプールして、バイオエックスの中で横つながりの異分野連携共同研究に対してファンディングをする。2 年で 2,000 万円程度のシードファンディングで、研究者たちはそれをもとに研究を始め、得られた成果をもとにその後 NIH などのファンディングをとりに行く。
- Bio-X ではスタンフォード大学生向けの夏学期のインターンもやっているが、その他、

SLAC、大学全体で何十という高校生向けと学部生向けの夏季インターンプログラムがある。高校生がスタンフォードやハーバード、イエールといった競争の激しい大学に入学するためには授業の成績はもちろんのこと、授業以外でどのような活動をしていたかが重要で、サマーインターンでの研究経験が決め手となることも非常に多い。高校生たちは1年あるいは2年続けて大学研究室に出入りしてプロジェクトに取り組み、そこでの研究をもとにして国際誌に論文発表という例もある。大学受験の際には、インターンを受け入れてくれた教官に推薦書を書いてもらい、入学願書とともに提出することで、合格率が上がることになる。スタンフォードの大学院に申し込んでくる学生の多くは大学院申し込みの段階でもう既に論文を幾つか持っている例が非常に多い。私の研究室のインターンの場合、基本的には、大学院生またはポスドクが日々のメンターをし、定期的に進度をみるためのミーティングを行うとともに、私が構造生物学、研究テーマについて週に1回程度、1対1でチュータリングを行っている。SLAC では、NSF などの外部資金、SLAC 内部の資金によるサマーインターンプログラムを担当する人が雇われていて、アメリカ全土からの学生の受付けをして、セレクションごとにホストとなる研究グループを見つけてくる。そういうフェローシップなしでも、「全部自費で何とかするから、あなたの研究室で研究させてください」という学生が、アメリカ国内からも海外から申し込んで来る場合もある。

5. クライオ電顕、放射光等の共用

- SLAC は30年以上に渡りスタンフォード大学と共同して SSRL という放射光施設を開発、運営してきている。構造生物学分野では Roger Kornberg, Brian Kobilka, Michael Levitt 等のノーベル賞研究にも直接、間接的に貢献。
- 最近、スタンフォード大学、SLAC が共同体制を組んでクライオ電顕を強化することになり、テキサスから Wah Chiu 教授、ミシガンから Georgio Skiniotis 教授を2年前に招聘し、大学と SLAC の負担で電顕4台購入、設置するための SLAC の建物の改修を行った。
- その後、NIH ではクライオ電顕の共用拠点のプログラムが立ち上がり全米で 3 カ所拠点することになり SLAC/Stanford でも Wah Chiu 教授がリーダーとしてセンターに応募し、採択され電顕をさらに4台購入することになり、SLAC に新築した Arrillaga サイエンスセンターに設置すべく準備を進めている。
- 共同利用に関しては、放射光、電顕ともグリッドなどの消耗品費用以外は、基本、ユーザーからは利用料は取らない。施設を使いに来たユーザーはデータをとって解析し、論文を書くが、難しい実験の場合はスタッフがその実験にかなりコミットして、ビームラインや電顕のスタッフがいたからこそできたような実験の論文の場合には共著になる。ところが、今回の NIH のクライオ電顕拠点では、電顕センターのスタッフは共著者になれないというルールができた。NIH にはこれとは別に P41 というプログラムもあり、そのプログラムのユーザーとして実験に来た場合には SLAC/Stanford 電顕スタッフも論文に名前を連ねていいという二重構造になっていて若干複雑な仕組みになっている。
- 上記のように、4 台（3 台 300keV、1 台 200keV）のクライオ電顕を導入した。これは、2 億円程度の NIH から支援（S10 プログラム）以外、ほぼ全額スタンフォード大学の資金で賄った。新教授たちの招聘、関係官庁との交渉を含めてセンター発足までに4年かかった。既にたくさん論文も出始めているのに加えて、NIH クライオ電顕センター採択、

DOE からのクライオ収束イオンビーム/走査型電子顕微鏡開発資金などの獲得など、今のところは順調にいっている。しかしながら、大学からの電顕運用資金は最初の 5 年間で、そのあとの運用については、定常的にオペレートするための資金をどう確保するかが大問題。

- 実験課題公募は、これまでのところ、年に何回かそれぞれの施設で別々に行っている。電顕の場合には、最先端の装置の需要が非常に高いため、研究テーマとしての重要性だけでなく、解析に足る電顕データが取れるいいサンプルができているかどうかが重要なファクターとなる。そのためには、まずサンプルのスクリーニングが必要であるが、スクリーニング装置が身近にない場合まず何らかのテストデータを取れる装置を探さねばならない。スタンフォードの場合には、スクリーニングのための電顕がキャンパスにあるので、まず、そこでテストして、それなりに条件を詰めてから SLAC にある電顕のビームタイムを申し込むことになる。

6. 産学連携

- 放射光（SSRL）は伝統的に Genentech などとの産学連携が盛んで、様々な形での共同体制を組んでいる。
- SLAC/スタンフォードの電子顕微鏡を使いたいという企業がたくさんあるが、その人たちに来て使ってもらうことは、国、SLAC、スタンフォード大学の間での制度づくりに時間がかかっていてまだ正式に開始できていない。様々な工夫をもってなるべく早く開始できるよう鋭意準備を進めている。
- 構造ベースの創薬研究という分野では、スタンフォード大学医学部や ChEM-H というセンターなどで様々な取り組みを行っている。最近の例で言うと、アメリカの武田薬品と ChEM-H とで Stanford Alliance for Innovative Medicines（Stanford AIM）というプロジェクトがつくられた。スタンフォード大学の教授がやっている医薬品の開発に、武田がハイスループットスクーリング技術のノウハウを提供してくれるというシステムをつくり、いくつものプロジェクトが動き始めている。
- スタンフォードの教員が会社をつくった途端に、利益相反のルールがかなりはっきり決められていて、自分の研究に利益相反があるような会社とのつき合いはできなくなるので、基本的にスタンフォード教授が外につくった会社との共同研究はできなくなる。

7. 大型施設、共同利用施設を用いた今後の研究の動向

- X 線と自由電子レーザーとクライオ電顕とをうまく組み合わせて難しい問題を解いていくというのをテーマにしていて、これはハンブルクの DESY も同じ。自由電子レーザーがなくても、電顕と X 線があるところは、その組合せ、ハイブリッドでやろうというのが潮流となっている。
- 一般的に電顕よりも X 線のほうがデータをとって構造を決めるために装置を使う時間は短いし分解能も高いことが多い。ブルックヘブン国立研究所にできた NSLS-II のような最先端の一番強いビームだと 1 秒以下で X 線結晶回折データがとれるようになってきている。放射光 X 線を使えば最高の分解能が 0.6 オングストロームにも達し、水素も見えるようになってきている。電顕のいいところは、結晶でなくても、大きな複合体の構造が見え

てくるという点で、そういう電顕の強みを出せるような部分と、高分解能でないと見えないような酵素反応などの現象を見なきゃいけない部分と、生きた細胞のなかでそれらがどう機能しているかを見なければいけない部分というのを、どうやって組合せるかというのが今後の研究で一番の競争となるところ。

- そのためには、複数の最先端技術に精通した研究者の要請が急務である。例えば電子顕微鏡とX線結晶構造解析の両方、自由電子レーザーとクライオ電顕一分子構造解析のことがわかっていてかつ生物の実験がよくわかっている人、組合せならではの使い方がわかっているような人を育てる必要がある。あるサイエンスの問題を解くためにAとBとCとを考えているけど、どうやって使ったらいいかわからない時に、AとBを組合せるときの組合せ方がわかる、BとCについては施設の別のスタッフと協力してサポートに当たるような体制を作る必要がある。SLACではそのための施策をいくつか進めている。例えば、共同利用実験課題申請で放射光X線、自由電子レーザー、クライオ電顕を組み合わせて申請できる方式を検討している。それを実現するためには、上記のような複数の手法をマスターし、専門家としてアドバイス、サポートできる人材を要請する必要がある。そのため、SLACでは、スタッフ自らが自分たちが大事だと思っている生物学上の研究課題で複数の手法の組み合わせを必要とするものをパイロットプロジェクトとして取り組みながら、今後ますます多様化するユーザーサイエンスへの対応もできるように準備を進めている。

２．２　英国

２．２．１　長井潔（MRC分子生物学研究所）

大阪大学大学院学生時代に1年半MRC分子生物学研究所の研究に留学。ポスドクで再び戻り、37歳のとき研究グループリーダーとなって以降現在までその任にある。

1. MRC分子生物学研究所（MRC LMB）の研究システム

- 優秀な若い研究者（ポスドク、学生）を見つけ、彼らに自由な研究環境を与える中でどうやって一人前の研究者として独立させてやれるかがMRC LMBの最大の特徴である。
- 4つの部門と50を超えるグループ。
- 部門あるいは研究グループごとの研究予算がない。Divisionの長が全体の研究者の構成やお金の管理をしている。研究グループは平均4-6人ぐらいで、成果に応じて段階的に8-10人程度。雑用は極度に押さえてあるので原則としてグループリーダーも実際研究の先頭に立ち、学生、ポスドクの指導にあたる。各PIは基盤的経費をMRCから受け取っており、消耗品や旅費だけでなく、自分の給与と技術スタッフの給与も保障されるため、これだけでも研究ができる環境にある
- 研究所では研究グループリーダーのレベルでは三分の二が英国以外の人で、最近雇った若いグループリーダーの半分以上は外国人。
- ウェルカム・トラストやハワード・ヒューズ財団等のチャリティ団体やEUの競争的資金を得ることができているが、MRC LMBでは、外部資金にあまり依存してはいけないというポリシーがあるため、あまり多く外部のお金を取りにいかないようにしている。

良い業績の出ているグループリーダーにはポスドクとして来たい応募者がたくさんいるのでグループが大きくなり結果として研究費をたくさん使うようになる。業績があがらないと応募者の数も質も低下するので研究をつづけることが難しくなる。したがって、グループリーダーには良い業績を出すようにと常にプレッシャーがある。部門長はプロジェクトの必要性に応じてグループに余分のスペースを与えることによってグループを大きくしたり小さくしたりすることもできる。

- 研究所の設備、装置は原則としてすべて共用になっている。その結果、余り使われていない同じ装置がどの研究グループにもあるというようなことはなく、研究費の無駄使いは最小限度にとどめるように工夫されている。実験装置の購入についてはまず部門ごとに各研究者の購入したい装置について議論をし、部門長からなるエクゼクティブ会議でさらに議論をして決める。NMR や電子顕微鏡等とくに高価な装置は MRC 本部に申請を出し購入する。MRC の中に Shared Science Center がスウィンドンに作られ、このセンターを通じて消耗品や装置を一括注文する仕組みに変わった。
- 高分解能の顕微鏡を維持するのに高度の知識を持った人が当然必要で、新しい顕微鏡を買った段階で、そのための人件費も申請し確保される。NMR、マススペックなどのコアファシリティにも高度の技術と専門の知識を持った専用のスタッフがいる。このように特殊な装置にはそれを運営するための人材が特別にいる。ラボとコアファシリティ両方に技術スタッフがいることになる。
- 各グループリーダーには一人のテクニシャンのポストが与えられているが、ポスドクは原則として自分でフェローシップをもらってグループに加わる。ここのポスドクは EMBO のフェローシップや EU のマリー・キューリー・フェローシップ、また、ヒューマンフロンティア（HFSP）のフェローシップ等をもらって来ている。フェローシップは普通、2 年間で長期的な研究には充分でないので、フェローシップが切れたポスドクは MRC のお金でサポートしポスドクは5年ぐらいの期間にわたって研究しグループリーダーのポジションに応募する。
- MRC LMB では 5 年に 1 度の評価（個人／組織の両方）があり、研究グループとして過去 5 年の業績とこれからの 5 年の計画に関するレポートを作成する。Division ごとにも評価を取りまとめ提出する。レポートには、どれだけお金を使っているか、ポスドクの構成はどうなっているか、彼らのキャリアアップにどう貢献しているか等も書かなくてはならない。研究グループの評価は、5 人程度の外部の専門家が行う。
- Division の評価については、もっと視野の広い専門家が担うことになっている。こうした書面によるレビューが終わったあとで、サイトビジットによる評価が実施される。約 10 人の世界的に名だたる研究者からなる評価委員が MRC LMB を訪れ、各グループリーダーに対し面談を行う。良い点を付けられるときもあったり、悪い点を付けられるときもあったりと、その振れ幅は大きい。評価が悪い場合は、外への異動を進められたり（かなりよい異動先を見つけている場合が多い）、ここに残って研究を支援するスタッフに回ったりしている。Division 全体が高い評価を得るために、研究者間や研究グループ間で互いに相手の成功を助けるようなモチベーションが生まれている。組織が縦割りになっておらず、横にインテラクションしながら運営されている。
- 我々の研究所や私が関わったヨーロッパの研究評価では研究成果が使った予算に対して

正当化できるものであることを数字を使ってきちっと示すことが必要で、一つは論文の数と引用件数が他の国際的に著名な研究所と比較して高いかどうか、また、使った予算に対する論文数や論文引用件数をほかの研究所と比較しお金がいかに有効に使われているかを示さなくてはならない。論文の数はあまり評価されず、その研究が世界の科学研究にどれだけ大きい影響を与えるものかということが見られる。欧米では大学や研究所が存続していくためには良い業績を出すことが不可欠であるため、国籍を問わず最も優秀な人を取ることが不可欠。

- 若い人を育てるもう一つのモデルはハイデルベルクにある EMBL（ヨーロッパ分子生物機構研究所）。この研究所は欧州各国から優秀な若い科学者を集め育てて外に送り返すことを目標にしてたてられた研究所で、一部のシニア職をのぞいてどんなに業績が上がっても十年未満でほかの大学や研究所に移らなければならない。

2. 若手人材のキャリアパス

- 研究所では特許等の収入をもとにしてスカラーシップをつくり海外からの学生の授業料、生活費を出せる制度を創設している。一年に一回の公募で大体3人ぐらいを採用している。研究所の院生は生活費として年額約 1.2 万ポンド（240 万円）、欧州以外の院生（例えば、アジアや米国からの院生）はケンブリッジ大学の授業料生活費を含めて年額 2 万ポンド（400 万円）かかる。
- ドクターコースは一応 3 年間だが、たいていの院生は 4 年近くかかって博士号を取る。学生の PhD の学位はケンブリッジ大学が出す。現在、長井先生のところにいる学生は 2 人で、ドイツとニュージーランド出身である。欧米では最近優秀な院生の一部が工業界、科学誌の編集、科学省庁、コンサルタント、パテントロイヤー等にいく傾向がある。しかし、この研究所の院生の大半は欧州や米国の大学や研究所のポスドクになる。
- 自分でフェローシップを得るためには最低2報ぐらい一流の科学雑誌に第一著者としての論文を出していることが必要。ポスドクの期間に 2、3 報の論文をトップの科学誌に発表した者は、独立して自分の研究室を始めるための準備をする。レクチャラー（アシスタントプロフェッサー）の募集広告に応募するか、ウエルカム・トラストやリサーチカウンシルのキャリア・デベロプメント・フェローシップ、王立協会のユニバーシティーフェローシップに応募する。ポスドクの段階では、英国人が利用できる国内のフェローシップはごく限られているので、海外での研究経験を持つことが奨励されている。
- 英国ではポスドクを終えて大学の職に応募したり、独立するためのフェローシップをもらうためには外国での研究歴を持っていると非常に有利になるので、良くできる学生は皆、外国とくに米国でポスドクとしての研究経験をつむ。
- どこの国の大学や研究所でもグループリーダーとして研究者を雇う場合は国外研究経験のある人を好む。これは国際競争社会を生き抜くための広い視野を持つためには、このような経験が必須であるという考えによる。

3. 日本への示唆

- 長期的な考えを持ってすぐに結果が出なくても将来とても大事になるような分野の研究を支えていくことが大切である。2017 年にクライオ電顕の開発でノーベル化学賞を授賞

したリチャード・ヘンダーソン博士は 1970 年代後半からこの研究を始めており、やっと実を結んだという感じである。大事なのは、こういう長期的な研究を支援していかなければ大きい成果は望めない。

- 研究費は大型プロジェクトに集中するのではなく、もっと多くの若い優秀な人にも分配した方が、創造的な人材や将来の日本の科学のリーダーを育てる上では重要。MRC のグループリーダーは 30 歳前後の人を採用し、サポートしていく。
- 任期制の導入やピアレビュー制の導入は、同時に長期プロジェクトを保護することなしに行うと研究不正を生む危険がある。
- 日本の若い人の研究環境を改善するためには研究所や大学が優秀な人をリクルートするために健全な競争関係にある必要がある。若い人の研究待遇の良い研究所には優秀な若い人が集まるはずで、そのために研究所の研究実績があがればその研究所の予算を増やすべき。

2．2．2　登田隆（広島大学、元フランシス・クリック研究所）

京都大学で学位を取り、米国に留学。その後、京都大学で 7 年間勤務した後、現在の Cancer Research UK に勤務（その後フランシス・クリック研究所に統合）。21 年間の英国研究生活を経て 2015 年より広島大学特任教授。

1. フランシス・クリック研究所の研究システム

- フランシス・クリック研究所は、公的ファンディング機関の医療研究会議（MRC、Medical Research Council）、チャリティの Cancer Research UK、ウェルカム・トラスト、さらにロンドン大学を構成するユニバーシティ・カレッジ・ロンドン（UCL）、インペリアル・カレッジ・ロンドン（ICL）、キングス・カレッジ・ロンドン（KCL）が共同で資金的・物質的に支援して設立した欧州最大の生物医学研究所。アイデアはナース卿（ノーベル生理学・医学賞、現所長）の発案によるもの。古くなった MRC の国立医学研究所（NIMR、National Institute for Medical Research）を単に改変・作新するのではなく、それを契機として全く新しい研究機関を生み出す大改革だった。
- ここを登竜門として若手にラボヘッドとして、5 年から 10 年、いわゆるメンターシップを含めて活動してもらう。基本的には 5 年で中間評価を行い、審査に通ればあと 5 年いられる。このシステムを導入することにより、研究所のターンオーバーを常に促進し、さらに、ここをハブとして優秀な人材を EU、英国含めて送り出し、英国あるいはヨーロッパのサイエンスを育てる。
- ラボが大体 150 グループ、PhD あるいは学生を含めて大体 1,200 人の研究スタッフ、プラス機器管理、事務系などサポーティングスタッフを含めると総勢 3,000 人。それぞれの大学が 20 億円出して 10 から 20 のサテライト研究室をここに持っている。
- 英国の研究カルチャーとして、10 名程度の規模の研究室が通常である。この点は、何十名も在籍する米国の研究室と異なる。ただ、近年は分野によってはビッグサイエンスを必要とする、あるいは好む傾向にあり、研究室の規模も大きくなりがちである。コアグラント（基盤経費）だけで足りない場合、外部から資金を取ってこなければならない。MRC は競争が厳しくなかなか資金を獲得できない。その代わり、ウェルカム・トラストから多

くの外部資金を得ており、また欧州研究会議（ERC）からも多額の研究資金を獲得している（後述）。

- 人の移動の観点で見てみると、コアとなる研究者や人材は一度出て、再び呼び戻されている。例えば、ここでの院生時代を経てポスドクとして米国で 3 年ほど経験を積み、その後グループリーダーとして呼び戻されている。産業界とアカデミア間の移動もあるが、分野にもよる。創薬等の分野では企業と大学、双方でのキャリアを持つ研究者も少なくない。
- 外国人研究者数及びその割合を見てみると、MRC では少し制限がかかるのに対し、ここでは半分以上が外国人籍である。ここやウェルカム・トラストでは国籍の垣根はなく、ラボヘッド・学生・サポーティングスタッフを含めて、まさにインターナショナルな構成となっている。一方、ケンブリッジ等を見ると白人率が高いように思う。
- 建物の特徴として、どの研究室も自由に交流ができるようにとオープンラボ形式で、物理的壁を極力作らないようにしている。特筆すべきはコアファシリティであり、研究材料・技術の単なる提供にとどまらず、それぞれの機器・技法に関して独立した専門ラボとして機能し、サービスを拠出する。各部門の主任は、高度な専門的知識を有し、ラボヘッドほどではないが、それに値する給料も支給されている。

2. 研究人材のキャリアパス

- ここで PhD を出すことはできず、UCL（サテライトの場合は ICL, KCL）がその任を担っている。学生の指導や研究サポートはここで行うが、最後の博士号は UCL（ICL, KCL）が出す。日本でも同様な、国立の研究機関と大学とが連携して大学が博士号を出すシステムができている。
- （英国はボローニャ・プロセスに則っておらず、学部からマスター取得まで 4 年で、その後博士課程に進むという理解で正しいかと問うたところ）。ただし、最初から博士に行くことを考えている学生は、学部 3 年、博士 3 年の最短 6 年で PhD を取得している。もちろん例外もあり、エジンバラ大学（スコットランド）では、学部 4 年の後、1 年間のマスター期間あるいは 3 年で博士取得となっている。ただし最近は 3 年間で PhD を終えるのは困難となっており、最初から 4 年間の PhD コースとなる場合が多い。
- 私の場合は最初の 5 年間、研究所から支給されるコアグラント（運営費交付金）で、自分自身以外に、PhD 学生 1 名、ポスドク 1 名、テクニシャン 1 名の 3 名を雇用することができた。5 年経って、テニュアとなってからは、私以外に、PhD 学生を隔年ごとに 1 人、ポスドク 2 名～3 名、テクニシャン 1 名を雇用できるようになった。
- ここでは ERC グラントを得て研究している研究者の数は多い。英国全体で見ても ERC グラント採択率は群を抜いている。ただし ERC グラントはエリートクラブで、各分野におけるトップのみが得ることができる。

3. 英国の研究開発エコシステム、評価システム

- 大学院生は、基本的に博士になると授業料は払う必要がなく、給料ももらえる。個人のグラントの中、あるいは研究所でまとめてやる。いずれにせよグラントの中に院生を含めて人件費も入っている。それからもう一つは、PhD をとってからのキャリアパスで、ポスドクなどの研究分野のみならず、出版関係、起業も含め多彩なところで就職できる体制・カ

ルチャーがある。

- 英国の強みの一つは、評価システムが確立している点。個人評価については、まずテニュアを取れるか取れないかというのは、審査を経て決まるため、その時点で大きな評価が下される。その後、5 年ごと（現在は 7 年ごと）に評価がある。これは、外部のレビュアー（3 人程度）による業績に対する評価と、サイトビジットによる評価（数名程度）の 2 つからなる。後者では、評価者の前で研究のプレゼンを行うが、30%は既存の業績を、70%は今後何をするかを発表し、評価を受けることになる。また 5 年ごとに研究機関自身が外部評価を受ける（日本でも一部の研究所・機関では同様な評価システムがある）。外部評価委員会が組織され、かなりの大物研究者（ノーベル賞級）が評価にやってくる。そのため、機関としてもトップが対応している。世界中のトップ研究者は互いを知っているケースが多いが、評価がなあなあになることは決してなく、公平・公正な評価がなされていると断言できる。
- 英国はチャリティが強い存在感を放っている。ウェルカム・トラストは、最近になって資金配分のやり方を変えた。第 1 に、数年前からインフラ面、つまり研究棟建設などへの資金提供を行うようになった。第 2 は従来から行われてきた研究（プロジェクト）・研究者に対する支援である。後者の支援は近年大型化・選別化しており、米国のハワード・ヒューズ医学研究所をもとに実現されたと考えられる（グラントホルダーはウェルカム主任研究者と呼ばれる）。こうして、バイオ医科学分野ではトップ数%の超優秀な研究者のところに、コアグラント、外部資金が集中している。
- 研究の質は大学と公的研究機関では大差はないと思うが、公的な研究機関ではよりフォーカスした研究が適切な規模で実施されている印象がある。ケンブリッジ等を見ると、官僚的な運営体制になっている感じがある。こうした固さは MRC にも見られる。大学には研究評価制度 REF があるのに対し、公的な研究機関は（機関評価はあるとはいえ）相対的に守られている感はある。オックスブリッジと地方大学では経営の方針が著しく異なる。地方大学は、生き残りのために特色を出したり、ミーティング会場等を整備して展示会やセミナーの誘致をしたりして独自資金を調達するなど、知恵を絞って経営している。

２．２．３　矢幡一英（長崎大学）、廣田孝幸（フランシス・クリック研究所）

矢幡研究員は JSPS の国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）（35 歳から 45 歳の研究者が 6 ヶ月以上海外で研究し、国際共同研究を発展させる制度）によるフランシス・クリック研究所客員研究員。2017 年度から 3 年間。

廣田研究員は前身の MRC 国立医学研究所にポスドクとして直接応募。最初の 1 年は京大の財団から支援。その後は研究所の直雇用に切り換え。

- 約 120 のラボで構成され、最終的には 3 分の 2 程度が若手 PI になるように運営されている。この研究所は優秀な若手のアイデアから具現化までの時間を短くしようというコンセプトの下、設計されたと捉えている。ファシリティの充実により若手が身一つで研究できる環境が整備されている。若手 PI は 12 年任期（後半の 6 年に入る前に審査あり）で、その間に彼らが PI としてのキャリアを確立し世界の研究機関に移っていくハブとしての役割を担うことを目的としている。

- 標準的にはグループリーダー1 人にポスドク 3 名、博士学生 2 名程度で多くてもグループ 10 人。人件費に加えて年間 2,000 万円程度のランニングコスト。
- 魅力的な建築構造とラボ間の垣根の低さにより、とてもオープンな雰囲気が醸成されている。資源や情報の共有が図られ非常に研究がしやすい。具体的には、機器の効率的な共有とバックアップ体制（ラボマネージャー、コアラボ）。特にフロアに共通のラボマネージャーが運営をすべてやってくれるため研究に専念できる。ラボマネは秘書ではなく研究事務ノウハウをもった専門的な研究サポート業務であり、博士号を持つ者もいる。
- 潤沢な研究費があり、ラボごとのコア予算に加え、コアラボの使用は低価格か無料。論文出版費用は研究所負担。投資の集中から英国の他の研究者からは妬まれる傾向がある。
- 若手 PI を積極的に採用する反面、テニュアをもつシニア PI へのプレッシャーは厳しい。5 年毎の外部審査で生産性が低いと判断された場合、PI は研究員に降格しラボは廃止となる。派手な研究を重視し、地味でも長期的に重要な研究を行いにくい雰囲気はみられる。
- 日本との違い、日本へのリクエストとして、若手研究者の PI としての独立を保証するグラント、コアファシリティの充実（若手 PI のスムーズな研究立ち上げ、及び研究費の効率的な使用に重要）、ラボマネージャーのラボ間共有、博士課程学生への給与（ただし選抜は厳しくドロップアウトも多い）、実用的な英語教育が挙げられる。

２．２．４　大沼信一（ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン（UCL））

東北大学理学部出身。カリフォルニア大学サンディエゴ校（UCSD）、ケンブリッジ大学を経て、2007 年よりユニバーシティ・カレッジ・ロンドン教授。2017 年に外務大臣表彰受賞。

1. 研究システム、多様な研究資金

- 私のラボは現在、PhD 学生 2 名、ポスドク（Research Associate）2 名（うち一人は日本人）の計 4 名で、通常はテクニシャン 1 名が加わる。これら人材は外から取ってきたグラントで雇われることになる。今はこれ以外に Visiting の学生が 2 名（一人は PhD 学生でインドから、もう一人は学部生が東北大から）いる。
- PhD 学生の雇用について、一番大きい PhD Studentship は MRC と BBSRC だが、英国人に限定される。チャリティが公募する Studentship は比較的少額であるため、英国か EU の学生でないと取ることができない（授業料が 3 倍ほど違うため）。ウェルカム・トラストやキャンサー・リサーチ UK の Studentship もほとんどは英国か EU 向けだが、中にはより広範なインターナショナルな学生をサポートできるものもある。
- 私はウェルカム・トラストの Neuro-science（UCL の Neuro-science プログラム）に入っており、同枠では毎年 5 人分の学生の給与（生活費・研究費）を出している。Neuro-science は巨大な分野であるため、教授だけで 400 名～500 名存在しており、最終的にどの研究室にするのかはこの 5 人の学生が選ぶ。そういうわけで、学生に選ばれる確率はほぼ天文学的と言っていい。自分（大沼先生）の研究室には一度も来たことがない。
- ポスドクは別のグラントで雇用している。ファンディングのシステムとしては、目的に応じて申請書を出しそれに対し一人の人材が付くというのが主である。普通のプロジェクト・グラント（通常 3～4 年間）でポスドクが一人とれる。プログラム・グラント（5 年間、数億円）の場合は、一人ではなく複数（3～4 人）の雇用が可能。これはウェルカム・

トラストや研究会議など大きなファンディング・ボディに限られる。よって、プログラム・グラントを取ると研究はしやすくなるが、ほとんどの研究者はプロジェクト・グラントを取って生き延びている。

- ポスドクが雇用という形ではなく、「手弁当」を持ってラボに加わることもある。PhD 学生でも、優秀だったり親が裕福だったりといった理由で self-funded の者がいる。特に中国系の学生は親が金持ちである場合が多い。
- 研究をするには人材（テクニシャン、ポスドク）を雇えるグラントをとる必要がある。グラントがとれず研究室のメンバーがいなくなれば、自身の評価が落ち、teaching フェローに移っていく。
- 日本の大学は今では大講座制のところが多いと思うが、それでも教授の下に最低一人くらい助教のようなポジションの研究者がおり、また、PhD 学生が、ただで働いてくれる。他方、英国にはそうした人材はいない。大体の場合、ボス（PI）が取ってきたグラントのプロジェクトのために働くことになる。
- 組織の構造としては、UCL の中にファカルティがあり、ファカルティの下に研究所がぶら下がっている。眼科研究所は脳科学というファカルティの下についている。給与もそこから出ている（医学部系は 4 つファカルティがある）。UCL は拡大を続けており、現在学生（大学院生を含む）4 万人を擁するが、ここ何年間で 6 万人に増やす予定である。これは学長の方針である。質を重視する人はこの拡大路線に反対の姿勢を見せている。様々なところから資金を得て研究所を建て、新しい人を外部から連れてきている。去年からロンドン・オリンピックサイトに新しい建物を建設中。英国では学長のトップダウン的な指揮が強い傾向にある。

2. 英国の研究者のキャリアパス

- UCL 眼科研究所では、ポスドクから PI になるのは非常に厳しい。PhD 学生は卒業した段階で半数は研究をやめて違う道に進む。研究関係のコンサルやサイエンス関係の出版などで働く者も多い。大体半数は残るが、優秀なポスドクは米国で雇用され研究を続けている（ハーバードやスタンフォード）。もちろん「手弁当」で、BBSRC やウェルカム・トラスト、英国キャンサー・リサーチなどが出しているキャリア・ディベロップメント・フェローシップ等を取っていることが理想的だが、英国のそうしたフェローシップは海外に持っていけない。これは海外に行くためではなく、英国内で独立して研究室を持つための資金である。海外に行くための資金は、EU の ERC グラントやマリー・キュリーである。Brexit になると、これら EU のお金にアクセスできなくなるのは痛手である。傾向として、英国人は英国内のグラントをまず取りに行こうとするが、英国にいる欧州研究者はまずヨーロッパ系のグラントに申請することを考えているように感じる。ヨーロッパ系のグラントは他の欧州諸国とのコラボレーションを重視しており、すでにネットワークのある欧州研究者はより取りやすいためであろう。
- フランシス・クリック研究所を見ても、PI は外からの引き抜きが多い。いくつかの研究機関が合体して設立した際、生産性の低い研究者などはリストラにあったと聞いている。このように、同じ組織内でポスドクから PI へと進んでいく道はかなり厳しい。
- 英国の大学では現在、博士課程を出て教授にまで上がれる割合はたった 0.8%（博士課程

数を PI で割った数）と聞いている。ただ英国の博士課程は年齢が若いということもあり、PhD 学生全員が教授になろうとは思っていない。3 分の 2 以上が産業界などもっと給料の良い仕事先を見つけ、転職していく。このように、PhD 学生（ポスドク）のキャリアが多様なのは特徴の一つである。PhD を取って教授になる数は本当に一握りである。この点については世界レベルでもっと深刻に考えるべき課題であるように感じている。

- 役職に関しては最近、Professor, Leader, Senior Lecturer, Lecturer といった英国的な呼び名を、米国風に改め、Professor, Associate Professor, Assistant Professor と称されるようになっている。

3. 評価

- REF は個人の研究室の評価にほかならない。それを統合して大学のランキングと成績が出る。逆を言えば、REF の評価が悪いと、首になる可能性もある。その締め付けは大変な負担である。現時点ですでに 2021 年の REF 評価に向けた大学中間ランキングが出ており、今後の改善点や注力点を議論している。
- この研究所の研究成果の社会経済的インパクトは英国トップと言われているので、そこは問題視していない。基礎から社会実装まで持っていくのがここの強みである。一番難しいのは、どうやっていい論文を出すかという点である。というのも、眼科はコミュニティが小さいので、とてもインパクトファクター10 以上を超えられない（眼科では一番いい論文でも 7、8）。インパクトファクターを上げるため、一般的な研究雑誌に投稿しようとするのはかなり厳しい。例えばがん分野などは研究者人口が多いため、インパクトファクターが全体的に高くなっているため、比較的楽である。現状では、研究者数にインパクトファクターも引用度も依存してくるので、この辺りの不平等をどう解消するかはこれからの課題である。

4. コアファシリティ

- 日本だと大きな備品もグラントで買うことができるが、英国はそれができない。大きな機器を買うときには PI が 5～6 名でグループとしてグラント申請するのが通常である。同じ分野の人が集まった方がメリットがある。申請先は、BBSRC やウェルカム・トラスト、大学内部のファンディングもある。小さい備品（～数万ポンド）は自分のラボで購入するが、それ以上は無理である。この研究所もコアファシリティを有する。
- コアファシリティには専門のスタッフが付くが、問題もある。現在、高額の機器を購入する場合、1 億の政府のグラントであれば、同額を UCL 側も負担しなければならない。グラントの審査自体は通っても、大学内でのコンセンサスがなければならないし、また、メンテナンススタッフの給与をどこから出すかについての UCL 側の承認がないと、グラントを得ることができない。置く場所についても事前の承認を取り付けておく必要がある。
- 装置や機器に関しては、日本は英国より潤沢な予算を有していると思う。英国では人件費（ポスドクなどの給与）に一番多くを出しているが、日本はほとんどのマンパワーに対しお金を払っていない。

5. 科学技術における中国のプレゼンス、日本の今後

- 日本には中国はまだ遅れているという見方があるが、科学技術の分野では大きな間違いである。もはや日本は中国には適わない。現在、UCL の学生の約 2 割は中国人である。英国の主要大学はどこも似たような状況である。昨年、UCL の中に孔子学院が建設された。建設に際しては UCL 側も費用の半分を負担したと言われている。この 10 年の間に、10 名ほど中国（北京大学）から教師が派遣され中国語を教えたりしている。今回の孔子学院は北京大学の下に位置するかたちになっている。UCL としては大学のレベルを落としたくないため、中国から変な学生は受け入れたくないとの姿勢を示している。とはいえ、UCL の中国人は優秀でよく働く印象がある。
- 現在、日本の力が相対的に落ちているのは事実だが、改革の可能性も大いにある。例えば地方大学まで含めるとアカデミックのポジション数が異常に多いが、これらのポジションをどうやって活性化して生かしていくか（良い研究環境をいかにして作るか）という点を解決すべきではないか。卓越した研究拠点の構築を目指して実施された COE プログラムは、中堅／地方大学ではなく、優れた大学に資金を配ってしまったため、あまり上手くいかなかった。
  日本はもっと、研究者がアイデアを勝負できるような小額の研究資金を作るべき。最近の傾向として、幅広い分野をサポートする研究資金が減ってきているように感じる。小額のお金をばら撒いて、20 年～30 年先のシーズを作る環境を培っていくべきではないか。

２．２．５　山野博之（ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン（UCL）がん研究所）

1994 年に渡英。6 年間のポスドク後、3 年間 JST の「さきがけ」の支援を受け（キャンサー・リサーチ UK（CRUK）時代）、独立 PI として 2003 年～2010 年までマリー・キュリー研究所に所属後、2010 年からユニバーシティ・カレッジ・ロンドン教授。

1. 研究環境、研究所の位置付け

- がん研究所（UCL Cancer Institute）は CRUK, ECMC のがん研究、臨床トライアルセンターにも指定されていてロンドンにおけるがん研究のメッカ。大学の研究所であるが、大学からの個々の PI 研究資金はない。研究は外部の資金（グラント）によってのみ成り立っており、ポスドクもテクニシャンもプロジェクトごとにとってきたグラントで雇用している。ラボの構成は、2010 年ごろはポスドク 3 名（国籍は、日本、英国、フランス）、テクニシャン 1 名（英国）だったが、現在はポスドク 4 名（日本、トルコ、マレーシア、インド）、テクニシャン 1 名（英国）。
- いま得ている外部からのグラントは、BBSRC とウェルカム・トラストの 2 つ。BBSRC でポスドク 1 名、ウェルカム・トラストでポスドク 3 名とテクニシャン 1 名を雇っている。ウェルカム・トラストには随分と支援してもらっている。研究の自由度も高い。面接では応用性は問われず、科学的に面白く、どれだけ優れた研究かという点だけを見ると言われるため、基礎研究者にとっては有難い。臨床への応用性を厳しく問う CRUK とは異なる。
- 昔は各 PI が外部資金の Studentship に応募して PhD 学生をとっていたが、最近は、研究所或いは大学のレベルで応募するかたちとなり、個々の PI が自由に応募できなくなった。研究所内で PI にプロジェクトを募集し、採択されたプロジェクトの PI に学生を雇う費用

がおりる。しかし、当研究所は応用・臨床の方が圧倒的に強いので、残念ながら基礎研究をする我研究室には厳しい現状である。

- 教育の義務は課されていないが、学部生の卒業研究や Cancer Biology 分野の修士学生へのレクチャーや彼らの修士研究を指導するという点で教育には関わっている。しかし大学に来年から Cancer Biology 学科が新設されるので、より教育に関与してほしいと頼まれている。このように少しずつ教育に対する研究所のかかわりが変わってきている。
- かつて所属していた CRUK クレアホール研究所やマリー・キュリー研究所では、研究室の数が 8～10 と小規模で、かつ平屋であったこともありコミュニケーションがとりやすく非常に友好的な関係が築かれていた。しかし当研究所は、5 階建てで階が分かれてしまうとコミュニケーションがしづらいと感じることがあり残念なところ。
- 研究機器、装置の修理一つをとっても、CRUK のような研究所と当研究所のような大学に属する研究所とでは対応が異なる。前者の場合、モノが壊れたら研究所のマネージャーが迅速に修理を行ってくれた。なぜなら、目的が研究なので、研究に必要なものはすぐに直してくれるシステムができていた。が、後者（大学）の場合、機械が壊れると、研究所の共通運営費で直すのか、各 PI の持つグラントでそれを直すのかという点が問題になり、ややこしくなれば数カ月放置され、修理がなかなかされないという事態に陥ってしまう。大学では教育が研究と同様に（あるいはそれ以上に）重要であるため、研究ファーストでないため、こういうことが起こりうる。
- 当研究所にも充実したコアファシリティはある。高い機器には専門のテクニシャンが付いており、彼らを通さないと使用することができない。しかし、遠心機やインキュベータなどそれほど扱いが難しくない機器には特別なテクニシャンは付かず、自由に使用できる。しかし、このように皆が自由に使用する機器は、思いの外故障する頻度が高い。教育する環境で、研究未熟な若い学生・ポスドクが使っているためかもしれないが、インダクション等で共通機器の安全使用説明会を徹底する必要があると思っている。
- 日本との違いを言えば、若手の人が身軽にラボヘッドになれるシステムがある。英国では機器や装置はほぼすべてコアファシリティで揃えてくれるので、比較的少額でラボヘッドになることができる。通常スタートアップとして 4 万～6 万ポンド（≒1,000 万円以内）程度ではないか。
- コアファシリティは単なる機器の共有ではなく、ちょっとしたコミュニケーションの場にもなるという点で良いシステムだと思う。ラボ間の接点を生むためにも、金額の大小に関わらず、ファシリティはなるべく共有であるとよいと考える。

2. 研究資金、研究者のキャリアパス

- 私の所属は大学で、給料は大学のファカルティから支給されている。研究をする PI は、外部から資金（グラント）を取ってきてラボを構成しなければならない。ポスドクも基本、本人のフェローシップ等がなければ、その分の給与もこちらが出すことになる。逆に外部からグラントを取ってこれなければ研究所に居づらくなる。グラントがとれないと、その場合は、教育の義務（teaching duty）が生じる。
- この研究所には、フェローシップ（研究費+PI の給与）を外部からもらって研究を行っている者もいる。この場合、基本、教育の義務はなく、大学としても大学の名前で研究論文

を発表してもらえるので有難いと思っている。しかし、フェローシップを更新できない場合は、研究所を出ていくことになる。この辺りは非常にシビア。こうして出ていく若手研究者も多い。

- 日本と比べると、MRC, BBSRC, CRUK、ウェルカム・トラスト等からのキャリア・ディベロップメントのためのフェローシップ等が充実している。特にポスドクから初めて PI に独立する人を応援する仕組みも手厚い（例えば、ERC でも最初のスタートアップのグラントは取りやすい）。ただ、難しいのはその後。独立後、良い研究成果を出し続けないと次につなげるのが難しい。
- 加えて、基礎研究では公募先が限られてきているのが現状である。CRUK は 5～6 年ほど前から外部の基礎研究には非常に厳しくなった。トランスレーショナル（応用）や臨床の研究をメインにサポート、基礎研究は自身のもつフランシス・クリック研究所でというイメージである。ただし、1 年ほど前から少しずつ、「応用と臨床は十分サポートしてきたから基礎研究もそろそろ支援再開してもいいのではないか」という雰囲気になりつつあると感じている。基礎研究者が応募できる先として、現状では BBSRC かウェルカム・トラストしかない状況である（MRC はヒトの病気に絡む研究重視のため基礎には落ちにくい）。MRC, CRUK は、純粋な基礎研究のプロジェクトでは通りにくいが、応用・臨床とうまくリンクさせたプロジェクトをオーガナイズすると通る可能性があるという認識である。

3. 英国の生命科学分野での強み、日本への示唆

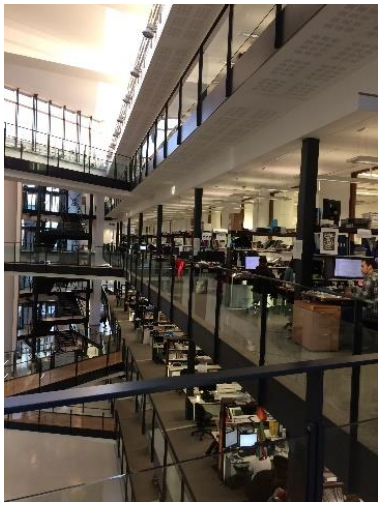
- 生命科学分野の研究推進において、国以外にウェルカム・トラストや CRUK のようなチャリティで運営される基金団体の存在は有り難い。日本も国からだけではない研究支援があるとよいなと思う。この基金は多くの人からの寄付で成り立っており、このチャリティの精神は文化として英国に深く根付いている。日本はチャリティのマインドに関しては 50 年ほど遅れているように感じる。
- 英国では、ポスドク・PI 間、PI・PI 間のコミュニケーションやネットワークがとりやすく、共同研究がしやすい環境にある。世界的に有名な研究者とも気軽に話しやすい雰囲気がある。また、大学、研究所においても先生と学生の距離も近く、お互いファーストネームで呼び合う関係である。このネットワークは研究の進展や発表のスピードアップにつながる。もちろん、競争（competition）も大事だが、皆でいかにサイエンスに貢献（contribution）できるかがもっと大事ではとも思い始めている。日本人の美徳は勤勉でよく働く点にあるが、英国のようにもう少し垣根を低く、気軽に共同研究を進めていけると更によいと思う。
- 異分野連携は、英国では、最近注目され大学内でも活発にセミナー交流が促されている。それでも簡単には進まない。日本では PI は会議や雑用に割かれる時間が多いとよく耳にする。この辺りも、共同研究、異分野連携に目を向ける時間が限られてしまうことに影響しているかもしれない。
- ベンチサイドでは、英国と違って、大学、研究施設内の分業（動物の世話係、フラスコ等使用したガラス容器の洗浄サービス等）があまり進んでいないのではないか。他方、培地、試薬を作るところから実験後、ガラス容器を洗浄、乾燥、棚に戻すところまでが一つの教育（実験）という考え方もある。

２．２．６　高野恵理子（マンチェスター大学 バイオテクノロジー研究所）

北里大学（大村智研究室出身）で学位（薬学）を取得後、ドイツのチュービンゲン大学、オランダのフローニンゲン大学等を経て、2012 年からマンチェスター大学教授。

1. MIB、SYNBIOCHEM

- マンチェスターの中でも、特に密接に企業との共同研究をやっている。政府の重点政策（8 大技術）に「合成生物学」が入り、同分野の拠点形成の一つとして UKRI（UK Research and Innovation）が 6 つのセンターを設立した。その一つにマンチェスター大学が選ばれマンチェスター合成生物学研究センター（Manchester Synthetic Biology Research Centre : SYNBIOCHEM）を設置。企業と共に合成生物を用いて fine and speciality chemicals の微生物での生産を目指して建てられた foundry である。
- 同研究センターは既存の Manchester Institute of Biotechnology（MIB）にマージされるかたちで作られ、研究設備や空間はすべて共有。MIB の建物は米国 MIT をモデルとし、内部はほぼガラス張り。学生はむき出しのスペースに席を構え、PhD／ポスドクは大部屋、PI／Director クラスにはガラス張りの個室が与えられている。研究室ごとのスペースは予算をどれだけ確保できるかによって競争的かつフレキシブルに利用されている。MIB の所長は一人。任期は 5 年である。研究所の方針や方向性（Strategic）、場所や部屋割り、また MIB の人事等についてシビアな決定を下している。グラントを取れてない PI に対しては MIB を去ってもらうよう勧告する。去年も 5 人～6 人の PI がここを出ていき、また新しい PI を採用して内部の循環を図る。SYNBIOCHEM では、3 人の Director を置いている。一人は、マンチェスター大学学内の状況に詳しい。もう一人は、企業との共同研究に従事してきた先生で、シェル等の企業と交流がある。最後は、高野先生で、学外とのコネクションがある。異なる専門知識を持つ 3 人でバランスよく運営を行っている。合成生物学をやるに当たって UKRI からは社会的責任（social responsibility）が強く求められたため、Responsible Research and Innovation（RRI）を推進することであった。これは、科学系の研究者だけでなく、社会科学者をもふくめて、新しい技術が社会にどういう影響を与えるのか、そして、科学者自身がそれを責任持って行うということを示している。いろいろな学部に所属する（様々なバックグラウンドを持つ）45 名ほどの PI が所属し、教授および講師から成る。ここで研究する PI は様々な学部に属しており、教育の義務もある。高野先生も MIB に自分の研究室があり、所属先の学部（School of Chemistry）に教えにいっている。ここの PI で研究のみに専念している人はいない。これら PI は潤沢な予算を持っていて、ひとりの PI のグループで、6～200 人の研究者を抱えている。マンチェスター大学の中で UKRI から一番お金をとれているのはここの研究所である。だからこそ、皆で共用できる分析機器や機材を購入することができている。そして、大学側がその重要性を理解してプロジェクトで雇用しポスドク研究者級の Experimental Officer をセミパーマネントの扱いとして認めてくれたことも大事な点で


MIB内観（CRDS 撮影）

ある。つまり、SYNBIOCHEM への予算は 5 年間だが、この 5 年が切れても、外からお金を取り続けることができれば、これら雇用した Experimental Officer たちは大学に居続けることができる。現在、スタッフの 30%～40%は外国人で、EU からかなりの数が来ている。ポスドクおよび PhD 学生に関しては、1/3 は EU 外（中国、マレーシア等）である。今の科学では、ドライ（bioinformatics）の研究者がいないと絶対ダメ。ビッグデータ/AI の現代において、彼らなしに研究はできない。PI でもドライ系はおり、スタッフにも多い。SYNBIOCHEM としてもドライの PI を雇用している。マンチェスターの MIB は、EU の ERC グラントを 10 名以上獲得している。ERC グラントは 3 つのレベルがあり、「Starting Grants」「Consolidator Grants」「Advanced Grants」。ERC では 5 年間で膨大な資金（それぞれ 150 万ユーロ, 200 万ユーロ, 250 万ユーロ）がもらえ、自由に使うことができる。現在は、これら 3 つのレベルに新たに「Synergy Grants」が加えられた。このグラントは、異なる専門知識の PI が 2～4 人集まって新しい何かを生み出すために与えられ、6 年間 1,000 万ユーロもらえる。一昨年に始まってうまくいったので、また今年再開された。高野先生自身は、「Starting Grants」のレビューパネルのメンバー。

2. 大学の教育・研究システム

- 私の所属する School of Chemistry ではワークロードの計算をしており、教育、運営、研究の 3 つのバランスを出している。高野先生は現在、School of Chemistry の Deputy Head であり、かつ、セクション Head も務めているため、どうしても運営の割合が大きくなっている。トータルのワークロードを見て全体量が同じになるように合わせる。
- 英国の場合は運営費交付金に当たるものはない。大学から紙やインク等の消耗品のようなものに対する費用は必要におじて支給されるが、ほとんどゼロなので、英国ではラボを構成して研究をしたいのであれば、外から資金を取ってこなければならない。高野先生は大学のスタッフとして雇われているため給与は大学から出るが、それ以外の研究費用は何も出ない。
- ドイツや European continent の教授は状況が違う。プロフェッサーは年間研究費、ラボ運営費がでる。例えば 25,000 ユーロ/年が支給され、それ以外に、ジュニアプロフェッサー（日本の助教に相当）、テクニシャンが付く。もちろんドイツの教授でも素晴らしい研究を行っている人は何人もいる、しかし英国ほど厳しい競争には晒されていない。ただ、英国ではプロフェッサーの数が多いのに対し、ドイツのプロフェッサーの数は極めて限られて、大学で新しい教授ポジションを作る事は珍しい。そのため競争率も高く、ドイツではプロフェッサー職が一つ空くと、100 人ほどの応募があると聞く。

3. 若手人材のキャリアパス

- 英国で博士の進学率が落ちていない理由として考えられるのは、一つは PhD 学生に生活費（給与）が出る点である。英国は共同研究先の企業が PhD 学生に生活費を出す場合もある。PhD 学生の方がポスドクの 1/2 程度の予算で済むから、という点もその理由である。もう一つは、就職が大きく絡むと考えられる。
- 英国と欧州の違いは、英国では通常のグラント申請で英国人の PhD 学生の費用を入れられないことになっている（昔は入れられたが、いまはそうではない）。PhD の雇用は大学

としてUKRIからPhDプログラムの枠をとることになる。例えばマンチェスター大学がPhDプログラムに応募し、テーマと学生の数を指定する。厳しい競争のすえ受賞できた場合、5年ごとに再審査されて、うまくいっていれば人数枠を増やすことが認められる。再審査でPhDプログラムを中止される場合もある。この制度の良いところは、1年に必ずまとまった数のPhD学生枠を大学として確保できる点である。逆に悪いところは、大学としてPhDプログラムが取れない場合はPhD学生がとれない。良い大学で良い学生がいるところは大丈夫だが、大学によってはそういうお金がもらえていないところもある。お金がもらえていない大学はドクターの学生を雇用できないため、研究よりは教育に傾きがちである。またPIは2重の審査（プロジェクトレベル、学生の有能さ）を経験し、プロジェクトにPhD学生を取るのがとても難しい。具体的に言えば、PIとしては大学内の委員会にプロジェクトの申請をし、そのプロジェクトが認められた場合、今度は学生を公募し、学生が審査されることになる。とはいえ、学生を取ることができた場合、その学生の質は高い。高野先生はちょうど今年の1月にEPSRCから合成生物学のテーマでPhDプログラムをImperial College LondonとUniversity College Londonと共に受賞でき、これは、EPSRC Centres for Doctoral Training（CDT）という。

- MIBでは、PhD学生に付くメイン・スーパーバイザーとコ・スーパーバイザーは必ずinterdisciplinaryな構成にしないといけない。例えば、合成バイオ、コンピューティング、メディカル等を合わせるといった具合である。
- ポスドクがPIになるのはMIBでもかなり厳しい道。近年は、パーマネントのレクチャラーになる前に、EUや英国内のグラントやフェローシップを獲得して自身の実力を示さなくてはならない。パーソナルグラントはERCのStarting Grants、英国ウェルカム・トラスト（Henry Dale Fellowships）やBBSRCの（David Phillips Fellowships, UKRI Future Leader Fellowship, etc）、またMIBや大学のフェローシップ等様々あり、ポスドクの研究を先につなぐために不可欠な役割を担っている。

4. 研究機器とコアファシリティ

- PIとは別に、コアファシリティのサポートスタッフ（PIではない）がおり、プロテオミクスやNMR等の担当別に1～2名付いている。サポートスタッフがいないとファシリティを運営することは不可能。
- 高野先生の場合はプロジェクト経費でテクニシャンを雇っている。書類雑用にadministrative support（秘書に似ている）がPI 5～10人に一人つく、ほとんどはPI自身の仕事になっている。大体どのラボにもテクニシャンがいる（これは大学内異例である）。というのもMIBにいるPIは皆多くのグラントを取っており、その中でテクニシャンを雇っている者もいれば、5年や10年ずっと大きなグラントを取り続けていて大学がテクニシャンを付けてくれる場合もある。
- 大学は大きな装置の購入に資金を出さないにも関わらず、こうしたコアファシリティの設置が可能であるのは、英国のBBSRCやEPSRCによる高い器具を買うことを対象とする公募があるからである。申請に際しては、PIやco-PIがすでに大型の研究費（BBSRCやEPSRC等）を獲得していることが条件の一つとされ、皆で共用することが前提となる。
- MIBでも、利用料を徴収しており、これがメンテナンス費やスタッフを雇う費用（人件費）

になっている。こうすることで大学から資金がでなくても研究所の運営が可能となっている。

5. 英国の研究開発エコシステム、評価システム

- 英国は REF が 5 年ごとにあり、すべての大学が評価される仕組みである。マンチェスターは前々回の REF でライフサイエンスの評価があまり良くなかったため、学部がつぶされた。かなりシビアに結果が反映される。どれだけ政府からお金が入ってくるかは、REF によって随分と異なる。マンチェスターはライフサイエンスが医学部と一緒になった。次の 2020 年の評価に向けて、いまから REF の準備を始めており、REF に強い人材の雇用等が始まっている。前回の REF でもそうだったが、インパクトをめぐる記述には随分と注力している。外部からの資金獲得、申請したプロジェクト名すべて、スタートアップ数、パテント数、外部での交流・講演、ビデオの作成等、考えられるものをすべてインパクトに盛り込まれる。提示されるインパクトの基準が曖昧なため、情報を提供する大学の方で極めて細かい情報まで盛り込む形で申請書を作る。
- 基礎研究でも、研究プロジェクトに申請する際にもインパクトを記述しないとお金を受理することが難しい。インパクトばかりを追ってしまうと、研究が応用に傾いてしまう。そうすると基礎研究はどうなるのか。現状はやはり、応用の方にお金が入ってきやすい。他方、ノーベル賞を取るためにはそういう方向ではだめだという意見もある。英国は、オックスブリッジ（オックスフォード大学、ケンブリッジ大学）のように主に基礎研究が強いところと、応用が強い大学が混じっている。
- 英国では、スタートアップカンパニーをつくり、投資家から資金を獲得するまでに proof of concept の段階を踏まなければならないことが多い。Innovate UK が主に支援している（主に企業を対象とし、大学にはほとんど研究費がでない）。また、BBSRC にも、すでに BBSRC の別の基礎研究のグラントを取っている研究者を対象として、次の段階につなぐ（企業との共同研究とか）ために proof of concept のプログラムが 1 つある。この研究費は競争率がたかい。米国の大学は大学自身にお金があるため、この段階に大学自身が資金を出している。

2．2．7　遊佐宏介（京都大学／前サンガー研究所）

2007 年から 5 年のポスドク期間を経て 2012 年からグループリーダー。細胞遺伝学（Cellular Genetics）部門に所属。2018 年から京都大学教授。

1. サンガー研究所の概要

- サンガー研はウェルカム・トラスト傘下であるとはいえ、関係は完全に独立している。サンガー研の方針は研究所で決めている。今年が創設 25 年のまだ比較的若い研究所。ミッションは「ゲノムのシーケンスを介してヒトの健康に貢献する」であり、また、ウェルカム・トラストが周辺の広大な敷地を有している。
- 今後 10 年を開けてキャンパスを拡充していく方針であるため、企業のさらなる誘致を目指している。小さなインフォマティクスの会社は既に 3～4 社誘致されており、スピンアウト企業もある。ベイブラハム研のベンチャー誘致モデルを参考にしているのかもしれな

い。

- ゲノムをベースとしたラージスケールサイエンスを目指して、他ではできないことを行っている。研究所の方針は所長の裁量に拠るところが大きい。私がサンガー研究所にやって来た2007年ころは、iPS細胞を用いたノックアウトマウスプロジェクトに注力していた。2010年に所長がMike Strattonになってから、iPS細胞を主な研究材料とする分野のプログラムが新規に立ち上がった。現在はHuman Cell Atlas（HCA）に注力する一方で、オミクスにおける空間情報把握技術も盛んである。ラージスケールサイエンスをするには巨大なデータを扱うことになるので、データを扱える人間がいないと何もできないし、ハードの設備も必要。
- ウェルカム・トラスト傘下の研究機関であるため、全体予算の約 8 割にあたる 400M～450M（≒572億円～643.5億円）ポンド／5年、はウェルカムから受けている。残り2割の約100Mポンドは外部資金で賄われており、年間総額約500M／5年の予算が組まれている。予算は、5年ごとに実施される評価に基づいて支給される。現在のタームは、2016年～2020年の5年である。コアファンディングは、プロジェクトの全体の予算（雇用人数、消耗品目などを含む）を申請して得ることになる（一部、プログラムからラボに回ってくる研究資金もある）。2021年からの次の5年計画のために、2019年ごろから1年かけて計画を立てる。
- 研究所は5つの研究テーマとコアファシリティで構成されている。研究テーマの一つである。細胞遺伝子学（Cellular Genetics）のトップを務めているSarah Teichmannは、HCAを率いている。所長とプログラムヘッドが研究人材のリクルートにも関わっており、人材の入れ替わりが起こる。研究所全体で40のチーム（ラボ）がある。HCAでは共同研究が盛んで、データを運用するプラットフォームの開発なども進められている。
- サンガー研には、研究テーマ以外に「ファシリティ（Scientific operation）」が設けられており、シーケンスや動物飼育などを担っている。コアファシリティにサンプルを置いておくと回収され、解析結果が返ってくるシステムになっている。サンプルの解析は外注せず、研究所のコアファシリティを使っている。特にがんゲノム、ヒトのサンプルのシーケンスにおいては、スケールやデータの安定性・ストレージなど様々な局面はすべてサンガー研で行われている（現在はクラウドベースに移行）。NovaSeqやHiSepなどの高額な装置がたくさんあり、ファシリティ専門の人材が充実して配備されている（装置の多くはシーケンサー、イメージングはほとんどない）。
- イルミナ（初期の研究開発はケンブリッジのDepartment of Chemistryで実施、その後Solexaの設立）の本社はサンガー研から5分ほどの距離に所在。新しいイルミナのシーケンサーが出てくる中、ヒトのゲノムシーケンスを行ってきたサンガー研では、技術の開発やメソッドの開発にもかなり取り組んできた経緯がある。
- （ラージスケールサイエンスに注力しているサンガー研究所と、ケンブリッジ大学、スタンフォード大学といった大学との間には役割分担のようなものがあるのかと問うたところ）大学との役割分担を考えて研究をしているわけではない。しかし、例えばがんゲノムで言うと、シーケンサーもどんどん安くなり誰でもできる時代になったので、論文も数多く出てきた。臨床でのシーケンスも始まっており、データはどんどん蓄積されてきている中、2016年からの5か年計画ではサンガー研のコアのプログラムとしてがんゲノムのシ

ーケンスはしないということになった。代わりに、がんになる前のゲノムのシーケンスに注力している。

- ケンブリッジの病院と提携してサンプルを提供してもらっている。これは個別の研究者が交渉して行っている。

2. 研究キャリア、外部資金、研究室

- サンガー研究所のグループ・リーダー（GL）は 3 段階ある。ポスドクを 2 年程度経験して第一段階の GL となる。これは Career Development Fellow に相当する。ポスドク経験 5 年程度で第二段階の GL となり、その後、第三段階の SGL へとキャリアアップしていく。
- Career Development Fellow に当たる第一段階の GL にも、研究所から予算が配分される。この予算でおおよそ 2 人雇用でき、また、学生も 2 人雇うことができるため、一つのラボができる。日本では、助教には予算がほとんどないと思う。日本の予算は少ないので、獲得した金額では人を雇えず実験を行えないかもしれない。英国では GL が使える予算額の規模が大きいが、とくにサンガー研究所は特殊と言える。
- GL になれば資金が潤沢にあるが、それとは別に外部資金を取りにいくことが奨励されており、研究予算のプラス 2 割程度は外から取ってきている。例えばサンガー研究所と同じ敷地内に EMBL-EBI があり、少し離れたところに GSK がある。4～5 年前に、GSK が主な予算を負担するかたちで、3 者によるファンディングを新しく立ち上げた。このプラットフォームでは、3 者で共同研究をして新しい医薬品のターゲットになるものを見つけ、ターゲットになるものがあった場合それがターゲットとして使えることのバリデーション（ターゲット・バリデーション）を行っている。何か分子を見つけてそれがターゲットになるかどうかを確認するだけでなく、それを支えるプラットフォーム（コンピュータによる）、データベースの構築など、いろんなことを行っている。このプラットフォームでは年に 1 度公募を出し、数百万ポンドの資金を配っている。
- この資金を用いて研究を行っている PI は多い。あと、EU の ERC を利用している研究者が何人かいたり、BBSRC や MRC から助成金を得ている研究者がいたりする。ラージスケールサイエンスをやれる研究所は世界でも限られており、特にゲノムでラージスケールというと英国内ではサンガー研究所しかないため、ここに任すのが一番良いとなる。MRC（eMedLab）や 100 万人ヒトゲノムのシーケンスで有名な Genomics England はこのキャンパスに移ってきた。ウェルカム・トラスト本体、MRC、他の外部機関からお金が出そうになったら、予め話がくることもあり、ここは比較的資金にアクセスしやすい環境にある。ケンブリッジの方に行くと、若い PI はウェルカム・トラストや MRC のフェローシップ／シニアフェローシップを取って自分の給与と研究資金の面倒を自分で見ていると聞いている。
- 私は現在第二段階の GL。研究室にはサンガー研究所からコアグラントとして、1.5M ポンドが配分されている。また、外からも研究資金を得ており、CRISPR を用いてアストラゼネカと共同研究をしており、また、サンガー研の他の PI とともに白血病分野で外部資金による共同研究も行っている。日本と違ってファンディングの数が多いためチャンスが多く、グラントの規模もラボを構成できるほどに安定したものが多い。
- 個人の評価としては、6 年に一度の人事評価は大きな意味を持つ。もしシニア・グループ・

リーダー（SGL）になりたい場合、この 6 年の一度の評価の際に昇進希望の申請を出し、外部レビューを経て決まることになる。SGL になるには、世界的に認知されたラージスケール研究を行っているなどの条件がある。評価に際しては、科学的な貢献が重視されており、それを測る一つの指標が論文である。他の指標としては、世界的なコンソーシアムを主導しているか等である。それほど経済的なアプトプットを求められているわけではない。

- サンガー研には PhD 学生のプログラムがあり、年間 10 名とれる。所属はケンブリッジとなり、最終学位もケンブリッジからとなる。英国の EU 離脱を是とした国民投票が実施された 2016 年には EU からの応募が一気に減ったらしい。ただし、サンガー研自体は現時点でそれほど Brexit の煽りを受けているわけではない。サンガー研にいる英国人は半分以下。

3. データ・インフォマティクス、異分野連携／産学連携

- データ研究者の不足は教育部分に絡んでいるのではないか。サンガー研には、メキシコのインフォマティクス専門の学科出身のコンピュータ関連の学生が多かった。ここはドライの研究が多く、メキシコだけでなく様々な国からやって来ている。
- 日本は、日本語という言語の壁があるが、ここはそれがないためより良い環境を目指して世界中（中国、シンガポール、マレーシア、インド、アフリカなど）から人材が移動してくる。言語の壁がない分、人材の流動性が非常に高い。（ウェブサイトには 1,400 名のスタッフ（研究者＋アドミ＋IT セクション）とあるが、ドライの数はどれくらいかとの問いに対し、）バイオインフォマティシャンが 150～200 名（※40 あるファカルティラボにそれぞれ 3 名程度いる計算）いる。ウェト系のラボでも大抵 1～2 名のインフォマティクスの専門があり、ドライ系だと 3 名以上の場合もある。研究所のコアファンディングは比較的使いやすいので、状況によって誰を雇うのかを変えることができる。それ以外に、コンピュータのメンテナンスやセットアップなどを主に行う IT 部門があり、そこにデータを扱う専門家が集中している。全体の 20～25%がコンピュータ周辺の支援に携わっているのではないか。
- （PI 間の共同研究や外部との共同研究は自然発生的に起こっているものなのかと問うたところ、）異分野連携は日常的に起こっている。サンガー研の場合は特にゲノムのシーケンス技術が強いので、これをベースにした共同研究が多い。
- GSK と EMBL-EBI とサンガー研が始めた Open Targets Platform（先述の「3 者によるファンディング・プラットフォーム」）には現在、Takeda や Biogen も参画し、バイオメディカル分野における産学連携を促している。これは、サンガー研として出口に貢献したい意向と GSK からの外部ニーズの両方によるもの。EMBL-EBI との間では共同研究が多い。EBI はデータ解析に強く、データベース維持をできるスタッフもいるため、そういった分野での連携は多い。

4. その他

- 英国は各疾患の分野でチャリティがあるし、がんであれば臓器ごとにチャリティが存在する。MRC と共同でファンドを行ったりもしている。政府から出ているお金以外の支援が手厚い。

- 近くにベイブラハム研究所があるが、コアファンディングは BBSRC。メインのプログラムはエピジェネティクス、シグナリング、免疫の 3 つ。ベイブラハム研はキャンパス内にベンチャーを誘致してきており、一つのモデルになっていると聞く。サンガー研前所長の Allan Bradley が人型抗体を作るマウス開発のベンチャーもベイブラハムにある。
- 私がここに来たのは、2000 年～2010 年の 10 年間サンガー研究所の所長を務めた Allan Bradley に拠るところが大きい。1990 年当初、世界でノックアウトマウスを確実に作れるのは彼だけという時代もあり、また彼の研究と近いということもあって、行きたいという思いがあった。
- 今回幸運だったのは､海外の日本人 PI が日本に帰国して研究するために支給される JSPS のグラント（5 年で 5,000 万円）を獲得でき、かつ、装置を譲っていただけることになったことである。そうでないと、海外から帰国し日本で一からラボをセットするのは非常に困難が伴ったと思う。

２．３　ドイツ

２．３．１　中山雅敬（マックス・プランク心臓肺研究所）

京都大学農学部卒、学位は名古屋大学医学部にて細胞生物学／薬理学（PhD）で取得し、2008 年、マックス・プランク分子生物医学研究所へポスドクとして渡る。2013 年マックスプランク心肺研究所で、独立し研究室を主宰。リサーチグループリーダー。

1. マックス・プランク心臓肺研究所のシステム

- マックス・プランク心臓肺研究所（MPI-HLR）はディレクター4 名（うち 3 名がドイツ人/1 名がベルギー人）、グループリーダー（MPGR）が 2 名、職員数は 200～250 名程度在籍の小規模な研究所。うち中山先生は MPRG でドイツの大学院支援プログラム「エクセレンス・イニシアティブ」のエクセレンス・クラスターまた 2019 年からは後継の心肺研究所（ギーセン大、フランクフルト大、MPI HLR の組織）の資金から雇用されている。
- 研究コミュニティとして持続可能な体制を作ることが重要でドイツの研究は分業で成り立っている。中山ラボにはラボマネージャーも置いていないが、雑務は最低限の負荷で回せるような仕組みになっている。マックス・プランク研究所では、物品・試料の購入をイントラネットで行っている。納品書や請求書のドキュメントや予算残額の管理等は運営スタッフが担当し、ラボごとにとりまとめをする必要がない。どのラボのどのグラントから差引きするかも自動処理できている。さらに、マックス・プランク本部がデバイスや資材の各代理店とネゴしているので、市場価格より安価に納入できている。
- 予算管理の他、実験動物の飼育管理も専門のスタッフが担当している。マックス・プランク心臓肺研究所でいうと、動物の飼育管理にも専門官がいて、また動物のデータベースが構築されていてイントラネットからアクセス可能なコアファシリティとなっている。
- 日本の研究現場では、助教・准教授らが教育、研究、機器の管理、運営と何でもやらなければならない体制になっていて本来の研究に時間が割けない。MD の場合は加えて臨床があるのでなおさら研究に費やせる時間が少なくなる。研究力低下というより、研究をする

時間が物理的に不足しているのではないか。分業して、誰でもできるもしくは専門家（例：経理）に任せた方が効率がよいものは切り分けていけば、ポスドクや博士課程の学生が動物のゲージ交換までする必要がなく、研究に集中できる環境が作っていけるのではないか。

- この環境の違いから必然的にドイツはコラボレーションが必要となり、日本は全部自分でという蛸壷化が進む。
- なんでも自分でできるようになるという能力は、自身がポスドクとして働き、研究室を主宰する上で非常に役に立った。一方で、サイエンスは年々大掛かりになっており、様々な技術を要求されるようになってきており、一人で大掛かりな研究を完結させるのは限界があるのではないか？
- 日本では学位を取ってから助教のステータスで 5-10 年同じ研究室に属し、仕事をまとめた上でフェローシップを得て海外へ行く研究者もいるが、学位取得後 10 年の研究者の人件費は学位取得直後の研究者に比べて高騰する。また、学位取得後 10 年は海外ではラボを運営することを期待されている年齢で、そこにポスドクとして活路を見いだすのは現実にそぐわない。
- 休眠有資格者をうまく使う方策を探す方が必要なのではないか。特に女性の研究者で、結婚や出産によって研究を続けることはできなくなったが、コアファシリティの管理や改善に力を発揮できる可能性をもった層が確実に存在する。

2. ライフサイエンス分野の研究動向

- 米国発のトップクラス論文を見ると、ライフサイエンスだけでなく物理学や情報学等複数の領域/研究者の共同によって作成されているものが多い。すなわち、ライフ分野では、コラボレーションによる論文作成がトレンドになっている。コラボレーションをしないとトップ論文にならないと言える。
- 一方、伝統的に日本が強いのが個人で完結できる研究分野。ここでは、個人が頑張って質の高いストーリーを作り論文をだしてきた。この成功体験に縛られて、コラボレーションをする仕組みになっていないことが、トップ論文を生み出せていない原因の一つと感じる。
- 日本にも、他領域とのコラボレーションを厭わない先生方もいて成功例がもちろん存在するが、個人の力量に依存しており、特殊な例だったかもしれない。
- 心臓肺の研究領域も、研究を突き詰めれば細胞レベルに行き着くが、臓器や全身というシステムを考えていかなければならない。そのためには複数領域、分野の研究と混ざることが必要だし、臨床と研究の融合も不可欠。細胞レベルの解析に関しては、ドイツでは十分やることができると感じるが、臨床との融合となると、ドイツでは基礎研究と臨床研究の文化が完全に分かれており、難しさを感じる。実際、ヒトサンプルやデータベースへのアクセスは個人のコネクションの依存しており、研究資金の調達も簡単ではない。これが上手くいっているのは米国ぐらいではないかと思料。
- かつては一つのテクノロジーで論文が書けたので、コアファシリティの技官も職人がいればなんとかなったが、今は分析や培養等高いレベルの学術知識が求められることも多い。しかるべき評価のシステムの職能にあったポスト/給与を構成していくことが必要ではないか。

3. 橋渡し

- マックス・プランクでは、知財取得や起業を支援する仕組みとして Max-Planck Innovation という別会社がある。
- 2008 年に研究者と MP Innovation を橋渡しする組織として、Lead Discovery Center（LDC）がドルトムントに発足した。MPG が資金を出し合って作った会社でのちに民間の資金が入っている。プロダクトアウトを目指しながらまだまだ基礎研究が必要なシーズを支援していく枠組み。ここで支援された研究の知財は、MP Innovation に管理される。また創薬の領域では Phase 1 の治験の手前までを面倒みてくれ、その後は製薬会社などにライセンスアウトする。
- LDC では、これまで 50 以上のシーズを支援し、現在までに 13 件のプロジェクトをインダストリーにトランスファーしている。

4. 日本のファンディングシステム

- 日本では限られた資源をどこに投下するかのポリシーがはっきりしない。全く何もない状態を 0 としてプロダクトとして売れ収益が上がる状態を 1,000 とする。100 までが基礎研究とした場合、研究費をつけるターゲットにしているプロジェクトが、0 を 1 にするものなのか、1 を 5 にするのか、5 を 100 にするのか、あるいは 100 を 1,000 にするのかは明確でないように感じる。
- アカデミア、行政、企業の言うイノベーションはそれぞれ意味が異なるが、それをお互いに知らずに話し合いを行なっている印象を受ける。アカデミアは 0 を 1 にすればイノベーションだが、企業の場合、何はともあれ 1,000 にたどり着かないとイノベーションとは感じない。
- 基礎研究者が考えるイノベーティブなプロジェクトで、製薬会社に協力を求めたいプロジェクトと、製薬会社が考える同様なプロジェクトの間には埋めるべきデータのギャップが存在する。そのギャップを埋めるのは基礎研究者は製薬会社であると考えていて、製薬会社は基礎研究者であると考えている。そういう視点で考えると、そこに単に予算をつけても、プロジェクトをディベロップするのは難しいのではないかと感じる。
- 薬のターゲットを見つけることと、薬として売れる製品を作ることは違う。売れる可能性が明確にならないと、企業としては参入しづらい。
  一方、株式会社のコンプライアンス遵守という問題は、製薬会社をはじめとした日本の大手企業の成長戦略を制限しているように感じる。金融面での戦略が物作りの可能性を制限している問題があると思う。

2．3．2　津田賢一（マックス・プランク植物育種研究所）

北海道大学理部卒、学位は地球環境科学（PhD）で取得。2011 年からマックス・プランク植物育種研究所（MPI PZ）にグループリーダーとして就任。

1. マックス・プランク研究所（MPI）

- マックス・プランク植物育種研究所は、植物と微生物の関係の研究では世界でトップの研究所のひとつといえる。

- 日本で学位を取得後に米国でのポスドク時代に、そろそろ独立したいと考えていた頃、たまたまマックス・プランク植物育種研究所がグループリーダーの公募を出していたのを見て応募した。多数の候補者の中から最終的に 8 名が面接に呼ばれ、その中から採用になった。マックス・プランク植物育種研究所のディレクターの一人 P. Schulze-Lefert 教授は世界トップの研究者で、論文で名前だけは知っていたが面識はなく、今は彼と同じ研究所で研究できていることは夢のポストといえるほどの幸運。ここで採用されていなければドイツに来ることはなかったと思う。MPI で課されている課題は、世界最先端でユニークな研究をすることのみ。自由に研究できる反面、そのプレッシャーは大きい。
- マックス・プランク全体では現在 100 名以上のグループリーダーがいる。人件費込のグラントが 1,500-3,000 万円/年、5 年＋2 年＋2 年で最長 9 年在籍可能。
- MPGR 終了後のキャリアパスは、ドイツでは一般的に大学教授になることだが、中には MPI のディレクターになる人もいる。マックス・プランクではディレクターの採用は 40 歳から 45 歳ぐらいの年齢層の研究者を対象としており、キャリア的に MPI のグループリーダーからディレクターになることは可能。ただし、内部昇格というのは有り得ない。
- MPGR に採用された研究者は能力も野心もあって、5 年目に契約延長できないという人はあまり聞かない。採用時に徹底した人選が行われていることも間違いないが、なにより研究環境が非常にオープンで刺激的なので、研究への意識が高まるといえる。この点は日本との違いの一つ。日本ではこうした知的な刺激が少なく、若く才能ある研究者たちがその才能を開花させられるだけの雰囲気に乏しい印象がある。
- MPI からテニュアが出ることはほとんどなく、グループリーダーと教授ではやはり後者の方が社会的な地位が上なので、7 年目の現在、いくつかのオファーが来ているので、慎重に検討しているところ。諸条件を考えると海外のポストの方が魅力的。
- マックス・プランクのハルナック原則は今も活きていて、所長の退官に伴って研究所が廃止されることはほとんどないものの、ディレクターが変われば研究分野も変わっていく。それまでいたグループリーダー（テニュア）は、新任のディレクターと合えば、そのデパートメントに組み込まれることもあるが、独立した小グループを作って研究に専念することもある。
- しかし、現在のグループリーダーやプロジェクトリーダーはほとんどが任期制なので、あまり深刻な問題にはならない。基礎研究に十分投資はするが、その分条件厳しいぞというのがマックス・プランク協会（MPG）のスタンスで、研究者もそれを理解した上で応募しているというところ。
- ドイツでは、研究機器はグラントでは購入しないことが多く、大学や研究所が調達しなければならない。ある種のグラントからは試薬や費用の安い装置しか買えない規則になっている。MPI でも同じで基本的に研究者がグラントで機器を購入することはなく、研究者が移動する際に装置や機器を持って出ていくこともあまりない。
- グループリーダーに配分される費用も原則、人件費と研究費。例えば、自分が日本のポストを得て帰ろうとすると、持って行ける機器はないので、日本で一からラボをセットアップしようとなると結構大変だと思料する。時限の大型プログラムで 5 年や 10 年資金が出る傾向にある日本と、安定した基盤的資金で経営が可能な MPG では、コアファシリティやそのための人材への投資に大きな違いがでるのは仕方ないこと。

- 特許やスタートアップについて、MPG 側は、「余力があるなら」というスタンス。実際に 2-3 会社を興したという研究者も多くなっている。が、しかしマックス・プランクでの業績評価にはそれほど影響を与えない。一方で、MPI のディレクターになるような人材ははっきり言って変人レベルで一般人とは全く違う頭の良さとエネルギーを持っているので、世界トップの研究をしながら余力がある人たちもいる。

2. 世界と日本

- 日本は、研究者の質は決して低くないし、個別に話しをすれば高いレベルで話ができるが、質の高い論文が出せていないのは何故なのか。予算があってもダメで、研究環境の問題なのではと思う。
- 日本の研究環境を良くするには、オープンにすることはもちろんだが、モチベーションを上げるために、頑張ったら報われるということを明確にすることが先ずは重要ではないか。フェアな競争環境を造成し、教授の覚えがめでたい人がポストや予算を得るのではなく、成果に応じて評価される仕組みが早急に必要だと思う。
- 世界のライフサイエンス分野のファンディングは、英語で成果（論文）を出し、世界で（客観的に）評価されて初めて予算が配分される仕組み。日本ではようやく AMED が始めたが、日本語で出し続けていれば指導教官のネームバリューで予算が配分されるような非常に狭いクローズな分野のままでしかない。ピアレビューの英語化が達成できれば、これだけで国際化の第一歩といえる。
- たとえばファンディング・エージェンシーが英語しか認めないとするだけで、研究者は資金を獲得する方法がそれしかない以上必然的に英語化する。ドイツの DFG も（ライフサイエンスに限っては）英語しか受け付けていない。英語で出すようになれば、世界の一流の研究者の評価にさらされ、日本人のグラント審査の手間も減り、いいことしかないように思う。G20 各国で英語によるグラントを書かないのは日本だけ。ちなみに中国は基本中国語で英語 OK というスタンスだが、近い将来英語のみになるのではないか。グラントが国際化すれば研究も国際化するので、なにも制度を変えたり交流したりしなくてもこれだけでも十分レベルは上がると考えている。
- 将来の見込みがない日本から頭脳流出が起こっている。最近ヴュルツブルク大学でグループリーダーになった福島先生は、基生研で食虫植物の研究をしていた非常に優秀な研究者である。ドイツもかつて自由闊達な研究環境を求めて米国に優秀な人材が出て行ってしまった。ドイツの場合は、ドイツ人がいなくなっても欧州にはまだまだ多くの研究者がいるので、それほど問題ではなかった。しかし、日本の場合は出て行ったら代わりがいないことが深刻。
- 今、世界で研究するのに良いところは、米国が残念なことになっているので、ドイツと中国があげられる。米国を出て欧州に来る研究者も少しずつ増えている。実際 MPI PZ でも、2 名のフンボルト・プロフェッサーがいる。一人は中国人だがもう一人は米国の Carnegie Institution for Science という植物では世界的なレベルの研究所から来た。
- 中国については将来他のどの国も太刀打ちできないと思う。今現在は未だ世界最先端のキャッチアップというところだが、10 年後には彼らが世界最先端になっていてもおかしくない。世界中から優秀な中国人の若手研究者をかき集めているだけに見えるが、それだけ

ではなく頑張れば認められるというのがわかっているので、若手もものすごく一生懸命研究している。ノーベル賞が連続して出るようになるのも近いかもしれない。

２．３．３　伊藤博（マックス・プランク脳研究所）

京大医学部卒、学位はカリフォルニア工科大学（PhD in Biology）で取得し（米国 6 年）、ノルウェーカブリ研究所でポスドク。2016 年にカリフォルニア工科大学時代の恩師がマックス・プランク脳研究所ディレクターに就任したのを期にグループリーダーとして赴任。

1. マックス・プランク脳研究所（MPI Brain）について

- MPI Brain は研究所長が 3 名（うち 2 名が米国人/1 名がドイツ人）と 4 名のグループリーダー。研究者 150 名、スタッフ 150 名で、総数 300 名あまり。
- 所長のラボには 30 名ぐらいのスタッフ、グループリーダー下には 10 名程度。伊藤ラボはドイツ人 0 名。
- グループリーダーには、計 33.5 万ユーロが毎年支給される。初年度にはセットアップ資金が提供された。任期は 5 年（ただし 2 年間の延長が 2 回可能（最長 9 年））。機器が高額になってきていてラボの立ち上げ（セットアップ）が困難になってきている。初期に外部の研究費も必要。マックス・プランク内の若手グループリーダー向けの研究費 Behrens-Weise Foundation や ERC、HFSP などから資金を獲得している。
- サポートのグループは、機器購入・メンテ、電子機器・計算機、共用施設 Imaging, Pro-teomics, Computation、動物管理の 4 つが確立している。
- 領域の融合は必然で、もはや生物系だけでは目的の研究成果をあげることはできない。例えば、MPI Brain では、Goethe University と Frankfurt 大学、Ernst Strüngmann In-stitute for Neuroscience, Frankfurt Institute for Advanced Studies と共同で IMPRS（国際大学院）を開講しているが、ここでは工学、物理学、情報学も併せて受講する仕組みになっている。
- 3 年に 1 回の研究所評価

2. ドイツ、米国、日本の比較

- ドイツは幅広く無駄とも思われる領域に種まきができる科学の国。悪い点として、雇用の仕組みが競争的でない（テンポラリなスタッフでも契約途中で解雇するということが難しい）。研究者の契約の任期も問う声があがりはじめている。一度エスタブリッシュされてしまうと、例えばマックス・プランク研究所間ではあまり交流がない。
- 米国は優秀な人材がどんどん集まって共同研究等も盛ん。分野の乗り換えも頻繁に起こるダイナミズムがある。反面、資金も研究期間もショートタームで競争が激しく、一部のトレンドとなっている領域にしか資金が回らない。
- 日本には若い PI があまり存在していないが、世界で活躍している研究者は早い段階で自立して自分の研究を推進している。厳然とある講座制では若手が育ちにくい。本当に必要なところに資金が回っていないのではないか。若手のさきがけレベルの研究者が最も自由に使える資金を必要としているはず。また、基礎研究と応用研究の境があいまいなのではないか。例えば、本来応用のフェーズである iPS の臨床研究を基礎研究費で行うのはドイ

ツとは違うところ。

２．３．４　川内大輔（ドイツがん研究センター（DKFZ）／ヘルムホルツ協会）

大阪大学大学院（生物工学分野）を卒業後、大阪大学大学院生命機能研究科ポスドクを経て、千葉大医学部で助教に着任し、4 年間勤務。米国へ渡り 4 年過ごす。DKFZ の部門長からの誘いで、テニュアトラックのポジションを得て、5 年後の 2018 年テニュア取得。

- ドイツで最大の生物医学研究機関。7 つの研究プログラムの下に 90 以上の研究部門。総勢約 3,000 名。総予算は、基盤的経費金、プロジェクト資金および自己収入あわせ、2.8 億ユーロ（2018）。一部門あたり基盤的経費が約 1 億円（部門ごとに異なる）。各部門に 4～5 のグループがある。
- 同じキャンパスに、NCT 国立がんセンター（病院）と、ハイデルベルク大学病院があるが、DKFZ は双方と密接な研究体制を敷いている。研究所の PI のうち数名は病院とのクロスアポイントメント。
- 医学部・病院と研究所の違いとして、前者は迅速に効果のある薬剤を発見したい、後者が原理を基に効果を試験したい、という考えなのは日本と同じ。ただし、こちらは相当コミュニケーションがある。MD はセミナーに来てくれたりして、意見交流がある。MD と PhD が共存したほうがお互いの抜けているところを補完できるので良い。特に、基礎の人が MD から、自分の研究がどこにつながる可能性があるか、インスピレーションをもらえるのが良い。
- ボス（部門長）は大学病院の医者で、ボスが海外でポスドク経験のある研究者をリーダーとして据えて研究させている。川内先生の研究グループは、現在ポスドクが 3 人と医学部生 2 人、PhD 学生 1 人、テクニシャンが 2 人いる。
- ハイデルベルグ大学の教授が指導教官としての名義を貸してくれている（学位はハイデルベルグ大学が出す）。米も欧も基礎医学研究は PhD もしくは臨床義務を持たない MD が主体。
- 共同利用のコアファシリティが充実しているため、若手独立研究者も面白いアイデアや仮説を研究できる環境にある。同じ建物の中に、バイオインフォマティクスの研究者がいると共同研究ができてとても良い。ファシリティにもインフォマティクス部隊がいる。データ解析技術なしに研究はできない。米でも欧でも、データやサンプルをシェアしようという意識が強い。日本も国立がんセンターなどで、そういった共同研究が始まりつつある。
- DFG にも申請できる。申請の期限は特になく、年間いつでも申請できる。外部予算として DFG から 1 名分の人件費と 300-500 万円／年の研究費を 3 年分支給されている。ドイツでは州立大学の研究力強化のため、DKFZ のテニュアの先生は大学と共同でないと DFG の予算が取れないようになっている。
- 基礎研究に力がないと、translational research はうまくいかない。ドイツでは、基礎研究に社会実装が求められることはあまりない。
- 日本がインターナショナルにならない理由の一つは言葉の問題かもしれない。日本の科研費の申請も英語にして、国際的に評価してしてもらうことにより、よりフェアな審査が行われるはずである。日本人 PhD 学生がほぼ皆無であることからも、海外での PhD 取得プ

ログラムを充実させるべきである。

- 科研費の評価に関して、日本の査読はかなり主観的である。査読者の意見は公開すべきであり、査読者側に誤解があった場合などには、申請者は反証などの機会も与えられるべきである。現在の科研費評価システムでは、出力が評価点だけなので、低い評価点を受けた申請者が研究テーマを再考察したり、改善したりする余地が全くない。査読者側も意見を公開することにより、より責任のある偏見のない査読を求められる。これは海外では一般的な評価方法である。
- テニュアトラックポジションの明確な基準は不明であるが、ドイツ国外で一定期間研究を行うことが求められる。毎年 1,2 名の研究者が DKFZ でテニュアを取得している。基準はテニュアトラックポジションに着任後、複数の有名雑誌に筆頭著者もしくは責任著者で論文を発表すること、研究費取得状況が良好である、など、おおよそ日本の昇進基準と似ていると思われる。

２．３．５　常世田好司（ドイツリュウマチ研究センター（DRFZ）／ライプニッツ学術連合）

学部は東京理科大、学位は阪大薬学部（PhD）で取得し、京大でのポスドクを経てフンボルト財団のフェローシップで DRFZ に滞在。途中 4 年ほど千葉大に在籍し、現在 DRFZ グループリーダー。

1. ドイツの研究システム

- ドイツでは、大学は教育と研究（＋技術移転）を、公的研究機関は研究をミッションとしており、研究に専念できる環境が整備されている。プロフェッサーは職位ではなく、学位を表しているので、プロフェッサー（Prof.）でも大学で授業をもっているとは限らず、企業の経営者や行政官も存在する。
- マックス・プランク協会（MPG）は 1 法人（本部ミュンヘン）の下に 80 を越える研究所（MPI）が組織され、各研究所に法人格はない。一方で、ライプニッツとヘルムホルツは各研究所が独立した研究所で、本部はそれぞれの研究所を緩く束ねる連合体であることが大きく異なる。
- ライプニッツ研究所と比較すると、同じく基礎研究を促進する MPG は保守的で階層的/講座制による研究所運営がなされているように見える。一方ライプニッツとヘルムホルツは法人となってからまだ歴史が浅いせいか、プロジェクト・オリエンテッドな研究をしているからか、研究所のマネジメントに柔軟性が高くダイナミックであるという印象が強い。
- ライプニッツには、研究所同士の交流、女性リーダー活用支援、異分野連携・融合、外部ネットワーク構築に利用できる研究連合本部の基金（裁量経費）がある。大規模なファンドではないが思いついたアイデアを実行してみようというレベルの制度。
- DFG に、Collaborative Research Center というプログラムがあり、まさに大学内の新しい研究ユニット創設を支援する仕組みである。最長 12 年で、研究領域としてエスタブリッシュされれば、学科に発展することが期待される新領域支援。

2. ドイツリュウマチ研究センター（DRFZ）の研究システム

- DRFZ は、サイエンスを統括する所長と経営を統括する所長の 2 名体制を採っている。こ

れは優れた研究者が即ち優れた経営者たり得ないことから、経営はプロに任せるというポリシーに基づいている。最終的な人事権はサイエンス統括所長側に置かれている。この部分は日本の大学運営にもいえることで、内部から選挙で学長を選ぶ仕組みには限界があるのではないかと思う。

- 26 の研究グループの内、7 つは医者が兼務している。
- ラボは 6 名構成（Dr. 常世田をリーダーに、ポスドク 1 名、PhD 学生 3 名、学部生 1 名）で、DFG から年間 2,000 万円の予算とライプニッツからコアファシリティ費として追加的に 200 万円支給されている。ポスドクは学振やフンボルト財団から、PhD 学生の 1 名はドイツ学術交流会（DAAD）から、フェローシップを取得しているのでライプニッツとしての人件費はかかっていない。2,000 万円の内、人件費として充当しているのは PhD 学生 2 名分の約 1,000 万円。研究者本人常世田先生は研究所との契約で給与が出ているので、1,200 万円分が真水として使える研究費。
- DFG の PhD 学生用グラントは 3 年間しかない。平均して 4 年ほど PhD 学生が滞在するので残る 1 年の給与をどうするかが問題になるが、自身の研究費もしくは研究所から充当できる。
- コアファシリティに 8 つのテクニカルグループ。研究所に機器購入用の年間 2 億円の予算があって、26 あるラボが話し合って優先順位を決めて購入している。DRFZ にはコアファシリティを管理する PI や教授も多くいる。彼らは技官ではなく、徹底して技術を極めたトップテクニシャンでもちろん PhD ホルダー。彼らから技術的な提案もあるし、常に新しくなる最新の技術動向に明るく、少しぐらいのチューンナップは自作で行っている。
- 7 年に一度、機関評価が実施される。外部の評価委員（うち半分が外国人）が 13 名サイトビジットを含む評価を行う。研究所に対しては、男女比や大学との連携状況等が評価の対象となり、合わせて研究の成果（論文数だけでなくインパクト）が評価される。それぞれの PI に対してもインタビューが実施される。成果だけでなく、どのようなコンセプト（仮説）で成果としてどのようなものを目指しているか、が評価される。
- ドイツでは PhD を取得した人の 1 割程度しかアカデミアに残らない。即ち、残った人たちはもともと目的意識が高く、アカデミアの世界に適格な者が多いという印象。残り 9 割にも、多くの職が用意されており、企業へ行く割合が最も多い。優秀かというより、どの社会に適しているかを PhD の 3-4 年間で自分で判断する。。

2．3．6　川上直人（LMU ミュンヘン大学 生物医学研究所）

阪大で学位を取得後、2001 年からマックス・プランク神経生物学研究所（MPIN）でポスドク、2003 年よりグループリーダー、2011 年に現在の研究所に移る。2013 年にドイツの教授資格（Habilitation）を取得。現在は、DFG の Heisenberg Fellowship を受託。LMU ミュンヘン大学講師。

1. 大学とマックス・プランク研究所（MPI）の違い

- ミュンヘン南部の Martinsried 地区は、ミュンヘン大学（LMU）の化学部、生物学部、医学部、大学病院が置かれているほか、ヘルムホルツ、マックス・プランク生物化学研究所（MPIBC）、マックス・プランク脳神経生物学研究所（MPIN）等が集積している。

- MPI 時代は、ディレクターの下で研究をしていたこともあり、グラント申請書を書く時間があったら研究をしろ、と言われていた。試薬や簡単な機器であれば、申請すればすぐに買えていた。研究費を持ってくるのはディレクターの役目。
- 一方、大学では研究費は自分で稼げと言われている。現在、研究室には 3 名の博士課程学生と修士過程学生が 1-2 名出入りしている。テクニシャンはいない。DFG の SFB（Collaborative Research Centres）や Research Grant により博士課程学生は 2 名（かポスドク 1 名と博士課程学生 1 名）まで雇える。その他に 1 名は中国人の博士課程学生で中国の奨学金できている。
- 大学では 3 つの義務を負っている。一つは教育、一つは研究（論文生産）、もう一つは外部資金の獲得である。所属する研究所は研究に力を入れているため、教育の義務は最低限しかなく、実際負担には感じていない。むしろ良い論文を書くことと、外部資金（特に DFG と BMBF から）を取得することを求められている。
- 外部資金は、財団によって評価が異なる。例えば、DFG と BMBF などの公的基金の評価が最も高く、その次に民間基金、企業からの研究助成金の評価は低い。これらの評価は大学内の予算配分の際に考慮される。
- 最近の DFG グラント採択率は 3 割程度だと聞いている。研究計画が審査の重要なポイントになるが、研究者が初めて申請するときの申請には研究者の将来性も考慮に入れられ、若手研究者を育てようとする。過去にたとえ論文 100 報を書いていたとしても、履歴を記載する欄は 5-10 ぐらいしかないので、質の高い著名なジャーナルに出すことが必然的に求められている。
- 論文は数ではなく質が評価される。初めて MPI に来たときに、投稿した論文のインパクトファクターごとに評価が貼り出されていた。MPI は、Excellent、Good、Acceptable、Poor の 4 段階で論文が分類されていて、インパクトファクター5 以下の論文は Poor にされているのに驚いた記憶がある。

2. 人材・キャリア

- MPI で博士課程を過ごす学生は、下手に論文が出せないので中々大変なこともある。ディレクターもあまりインパクトファクターが低いジャーナルだと名前を外してくれというらしく、ポスドクとして研究するには最高の環境だが、博士課程学生には簡単ではない。
- 博士課程学生の給与は基本的にどこでも同じなので、待遇に差はない。研究内容が自身の希望に合うかどうかが決め手になっていると思う。
- DFG の SFB では、若手の育成が条件の一つになっていることから、若い研究者（ポスドクと博士課程学生）が自由に使える少額の資金が認められている。多くは、年に一回開く領域の WS やセミナーの前日に若手だけ（PI を抜いた）の勉強会を企画して自由な意見交換や、著名な研究者を呼んで研究会をするなどのイベントを開いている。運営は全て若手たちで行う。若手のガス抜きにもなっているので、良い仕組みだと思う。
- 特に博士課程に進学する学生が多いという印象はない。そもそも高校卒業する生徒数が日本より少ないし、大学を卒業する学生も日本より少ないので、絶対数から言えば、多くはない。ドイツの問題は、博士を取得した人の多くは企業に就職するので、アカデミアに残ってもらうには苦労する。

- 実際、生物医学研究所の若手研究者の約半数は外国人。もちろん欧州出身者が多いが、ドイツ人が特に高等教育への関心が高いとは思わない。
- 優秀なドイツ人若手研究者を外国、特にアメリカから呼び戻すプログラムが DFG によって提供されている。

3. コアファシリティ

- 基本的に州政府は建物の整備、DFG が機器購入やポスドクと学生への給料を担い、ランニングコストと技術者の人件費は大学が捻出するという仕組みは日本とあまり変わらないと思う。
- 原則、高額機器、動物飼育はコアファシリティで運用されている。マックス・プランク研究所（MPI）にはコアファシリティ専門スタッフが研究所に雇われているが、大学はそうはいかず、複数の研究室が人を出し合ったり、資金を出し合って技術者を雇ったりしている。フローサイトメトリなどはどの研究室もほぼ使い方が同じだし、動物の飼育も専門スタッフがやるほうが効率がよい。顕微鏡の設定はカスタマイズが要るので、少々使い勝手が悪いと感じるときもある。
- 試薬は業者から直に調達しているからか、日本よりはるかに安いと思う。機器についても入札にはなるものの、最安値を入れてきた業者に決めないといけない、ということもなく、複数機器を購入するとか、5 年間のメンテナンスを条件にするなど、交渉の余地があることは非常に良い。
- 他学部や場合によっては企業に貸し出すなどしてファシリティ運営資金を捻出している。これにはやはり専門スタッフがいる方が断然効率が良い。

4. 異分野融合、学際研究

- 生物医学研究所は 8 つの研究所から成り立っている。臨床神経免疫研究所のほかに免疫研究所や細胞生物学研究所、分子生物学研究所などがある。
- 医学部との融合は現時点ではうまくいっていると思う。臨床神経免疫研究所には 8 つの研究グループがあるが、3 名の MD、4 名の PhD、1 名の MD/PhD が PI をしており、医学部、大学病院とは緊密に連携している。1 つグループは、メンバーのほとんどが臨床を兼ねたスタッフで研究と臨床を兼業した形になっている。
- 確かに建物が近いだけでは連携には難しいと思うが、研究室レベルで人材が混じれば自然と共同研究や情報の共有が起こってくると思う。このあたりはディレクターのコンセプトや人柄も関係すると思う。
- ただ、情報系学部との連携はこれから。バイオインフォマティシャンの需要は高まっている。実際、たくさんの情報をとれるようになったが、生物学の側からみればどのデータが必要なのか、有効なのかわからないのが実情。逆にバイオインフォマティシャンといっても本当に生物学が分かっている人は少ない。
- どのように人材を育成するか、どうやって連携するのが効率的なのかを考えていかなければならない。現在は、いくつかのプログラムが運営されているが、PI や研究者の個人のコンタクトでプロジェクトベースに人を探す/紹介してもらうことの方が多い。

２．４　欧州

２．４．１　柊卓志（欧州分子生物学研究所（EMBL））

京都大学で学位取得後、マックス・プランク免疫生物学研究所で 2 年ポスドクを務める。マックス・プランク分子生物医学研究所に移り、Max-Planck Research Group Leader として 4 年間勤務し任期途中で EMBL に移籍。途中、京都大学 WPI iCeMS で PI を 5 年間経験。EMBL グループリーダー。

1. EMBL の研究環境・システム

- MPI、EMBL 共に任期付研究者は一ヶ所に学生/ポスドクが 5 年、PI が 9 年在籍できる。欧州の主要な研究所は概ねこのルールで回っていて、契約期限 2-3 年前になると次のポストを探す活動を始める。欧州では研究者の流動性も高く、リクルートに関わるシステムが成熟している感があり、ある程度キャリアを計画・計算できるので、トップクラスの研究者には次の職をどうしよう、という焦りは見られない。9 年間、研究予算の心配をしないで良い環境は恵まれていると思う。就任の際に報酬や条件について交渉することもできる。
- PI や研究員の人件費を除いて真水の研究費が年間 2,500 万円程度。EMBL の場合、ポスドクは競争力が高くフェローシップをもらえる人しかとらないので、PI が人件費を面倒見る必要が事実上無い。加えて EU の ERC グラントを受託できると、研究予算で困ることはない。DFG は MPI や EMBL には資金を出したがらない。
- 研究ユニットリーダに人事や研究テーマ選択の権限が十分に与えられている上、所長にも経営権があって、自立性が担保されているという印象がある。
- 機器の共同利用はルール化されている。サポートスタッフの任期も 9 年だが、EMBL で働いていたことがステータスになっているのか、次の仕事に困ったというのは聞いたことがない。
- EMBL 設立の際に、博士号授与の権限を持つこともできたのに結局やめて、現在は大学（主にハイデルベルグ大学）との協力で大学から博士号を出している。大学とは、優秀な学生は取り合いがおきるが、研究環境という意味では、EMBL 側に分があると感じる。
- 研究者のうち、ドイツ人は 2 割弱程度。テクニシャンや技術スタッフも多国籍になっている。他と比べて給与も良いので、募集には困らない。
- 評価は 4 年に一回行われているが、大変だとは感じていない。実績とこれからの研究計画の両方を評価される。一方日本の WPI の評価は細かくて「評価疲れ」を感じる。EU の ERC が評価されているのは、まとまった研究費を渡し、任せて研究させるところにある。日本人は評価というと生真面目に取り組みすぎるのではないか。
- 論文を書け、という圧力も感じない。研究者は、いいサイエンスをすることに集中する。キャリアの次のステップのためにも論文は書いているが、論文数を気にせず研究に専念できるので、それらの結果として良い論文が出ているのではないか。

2. 欧州の研究環境・システム

- 基礎研究は直ぐには成果が期待できないし、自由でイノベーティブな発想をするには研究に専念できる時間と環境が要る。それが欧州にはあると感じている。
  欧州の研究機関の原動力は学生（博士課程）で、優秀な人材が切磋琢磨してレベルを引き

上げている。時間はかかるが最も確実な方法だといえる。海外と日本が大きく違うのは、博士課程学生に給与を出すか出さないか。採用する方も給与を出すとなると選ぶのに慎重になり、結果として質が向上するというメリットがある。

- 併せて、大学院の国際化が本格的に進んでいるのが欧州。大学や研究所は世界中の若手研究者、研究者の卵を早い段階で囲い込むために、さまざまな大学院のプログラムを実施している。また、学生の方も情報交換する等して、よりよい条件や将来の可能性がある大学院へ行く傾向がある。これらのトレンドに日本はすっかり取り残されている。ドレスデンのマックス・プランク分子細胞生物遺伝子学も海外の優秀な学生の取り込みを積極的に行っていることで有名。
- 日本では一度プログラムが決まると大きな額がボンと来るイメージ。むしろ中規模の資金が 9-10 年つく方が研究者にとっては良いと感じる。理研 CDB でも若手 PI 支援のプログラムがあるが、このような仕組みを長く続けることが大切だと思う。一度導入したプログラムやイニシアチブはころころと名前や仕組みを変えるのではなく、細々とでよいので続ける方が大切なのではないか。
- 欧州は階級社会で分業が進んでいる。エリート主義を認める社会性があり、一部のトップ研究所を特別扱いして、研究費を充当したり環境を良くしたりしてさらに良い研究を促進している。つまり悪しき平等主義がないということ。

3. 日本への示唆

- いま日本に必要なのは若手が中長期（5～10 年）に先を見通せる状態で研究をできる環境作り。
- 欧州では分野や領域を統合しようとさまざまな取り組みが行われているが、みな試行錯誤している段階で、簡単ではない。フランシス・クリック研究所ですら上手く行っているという話は聞かない。新しい科学を生み出すことは、ボトムアップでやらないと上手く行かない上、最適な方程式も未だ存在しない。
- AI とか神経学も今の流行であって、すでに皆が話をしている時点で遅いのだと思う。若い研究者には想像力を働かせて、誰者が聞いたことがないような研究をしてもらいたい。
- 今の日本は 90 年代の遺産で生きているといっても過言ではない。今のうちに制度やビジョンを組み直せばまだ間に合うと思う。

【付録】各国のライフ関連分野の基本政策・システム

ここでは、本文に紙面の都合上、載せることのできなかった基本政策情報（構造）について参考資料として記載する。

ライフサイエンス分野の上位にある国全体の研究開発政策や構造については、CRDS の「研究開発の俯瞰報告書　主要国の研究開発戦略（2019 年）」を参照されたい。

1　米国

本文にも記載したとおり、米国では科学技術行政も、連邦政府の各省庁がそれぞれの所管分野に関して政策立案と研究開発を担う多元的な体制となっている。科学技術を一元的に所管する省庁は存在せず、分権的な運営が特徴である。

ライフサイエンス分野については、CRDS の HP で公開されている、「主要国の研究開発戦略（2019 年）」あるいは「研究開発の俯瞰報告書　ライフサイエンス・臨床医学分野（2019 年）」を参照されたい。

2　英国

1.　科学技術イノベーション基本政策・戦略

英国における科学技術イノベーションの主要所管省はビジネス･エネルギー･産業戦略省（BEIS）である。

英国では、政府が科学者の意見に耳を傾け可能な限り尊重するという形をとっている。ハルデイン原則とは、科学研究の資金配分を担う研究会議（Research Councils）の独立性を擁護し、特定目的の研究を除く研究やプロポーザルの選定について､政府による干渉を制限するものである。

2.　ファンディングシステム

研究資金助成機関としては、BEIS を所管省として、主に基礎・応用研究にプロジェクトベースで助成を行っている研究会議（RCs）、主に企業の研究開発を助成対象とした Innovate UK、そして高等教育機関へのブロックグラントを助成している高等教育資金会議（HEFCs）がある。2017 年、Innovate UK や HEFCE の研究部分も統合したかたちで英国研究・イノベーション機構（UKRI）という単一の法人組織として新たにまとめられた。政府による民生研究開発資金の約 8 割が BEIS から支出されている。BEIS から傘下の研究資金配分機関に配分された資金は、各機関の裁量によりその配分内訳を決定することができる。

① 英国研究・イノベーション機構 UKRI（BBSRC、ESPRC、MRC、InnovateUK）

バイオテクノロジー・生物科学研究会議（BBSRC）、医学研究会議（MRC）は傘下の研究所にブロックグラントを配分するとともに、他の研究会議と同様に、大学等の外部への研究プロジェクトにも競争的研究資金を助成している｡ただし､その性格は日本で言うところの科研費に近い。

BBSRC の優先研究分野は、「農業・食糧保全」、「産業バイオテクノロジー・バイオエネルギー」および「健康のためのバイオサイエンス」である（図 1）。

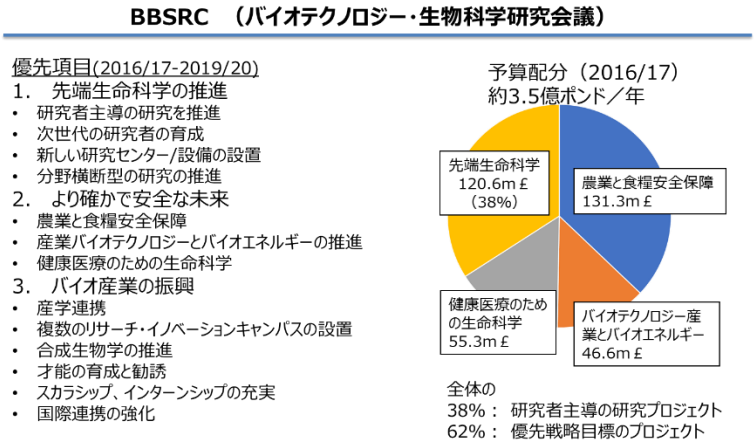
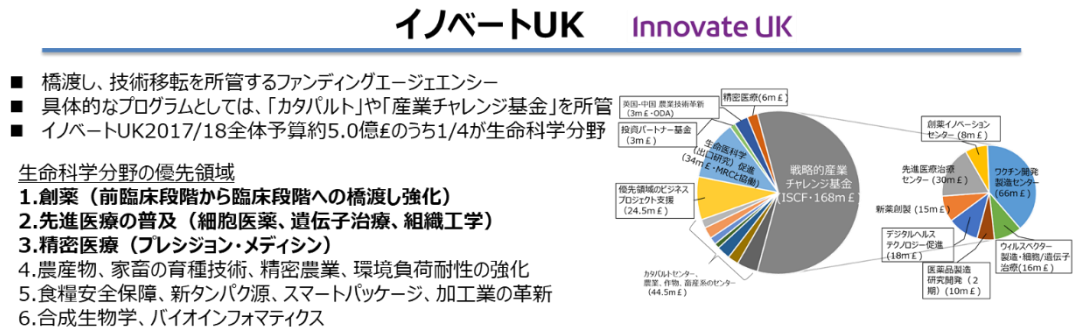


図 1：BBSRC の優先研究分野
出典：BBSRC　HP

工学・物理科学研究会議（EPSRC）は、優先研究テーマの中に「ヘルスケア技術」を挙げている。

Innovate UK は、技術移転を担当するファンディングエージェンシーとして、「カタパルト」や「産業チャレンジ基金」を所管している（図 2）。生命科学では、優先領域として、創薬や医療等が掲げられている。

MRC は 5 年間（2014-2018 年度）の優先研究領域として「回復力・修復・置換」と「寿命が長く健康な生活」の 2 つを挙げており、前者には「本来の抵抗力」、「組織疾患・変性」、「精神の健康と幸福」および「修復と置換」が、後者には「分子データセットと疾病」、「生涯を通じた健康と幸福」、「健康に影響を及ぼすライフスタイル」および「環境と健康」といった研究テーマが含まれている（図 3）。



出典：Innovate UK delivery plan 2017-2018

図 2：イノベート UK 概要
出典：CRDS 作成

図 3：MRC と NIHR の概要

出典：CRDS 作成

② 国立衛生研究所（NIHR）

ライフサイエンス分野では、上記に加え、保健・社会福祉省（DHSC）を所管省として保健関係の研究資金助成を行う国立衛生研究所（NIHR）がある（図 3）。2006 年に設立された、英国保健ーソーシャルケア省傘下の研究開発機構で、NHS の研究開発をマネージメントする部門である。研究開発投資は橋渡し研究以降、特に臨床研究、臨床治験に力を入れている（基礎研究は行わない）。予算は DHSC から配分され、2012 年以降は一貫して、総額 10.5 億ポンドの予算を得ている（図 1）。2017 年以降は、0.5～1 億ポンドが上積みされているが、これは途上国で特に必要なトピックの解決に必要な資金（図 1 の ODA）として措置された。

NIHR の事業は以下の 3 つに分けられる。(1) 研究助成金の交付、(2) 研究者の育成、(3) 研究インフラの整備。研究インフラの整備の中には、橋渡し研究促進のための産学連携を推進する事務局や橋渡し共同研究プログラムも含まれる。

(1) 研究助成金の交付

現在は 9 つの研究助成プログラムと、3 つの仮想研究所ネットワークを助成するプログラム、および 5 つの研究ユニット／センターを助成するプログラムがある。9 つの研究助成プログラムの予算額（2016-2017）を表 1 に示す。

プログラム名	新規採択プロジェクト数	金額(GBP)
EME	13	19,010,587
HS&DR	30	17,431,121
HTA	82	92,020,030
i4i	15	11,530,336
PGfAR	18	40,143,482
PHR	16	10,825,645
PfPB	73	16,695,154
SR	16	90,000
合計	263	207,746,355

表 1：NIHR・各プログラムの予算額
出典：NIHR annual report

9 つの研究助成プログラム

- EME（Efficacy and Mechanism evaluation）: NIHR と MRC が共同で出資するプログラムで、ヒト介入試験の評価を主軸とした、基礎研究で得られた成果を臨床につなげるためのエビデンスを集める研究を助成する。
- HS&DR（Health Service and Delivery Research）: NHS サービスの改善につながるような、確たる証拠を収集する研究を助成する。
- HTA（Health Technology Assessment）: NHS で治療を受ける患者にとって、臨床的に有効性が高く、かつコストパフォーマンスが良く、より幅広い有効性のある医療、および検査法についての研究を助成する。このプログラムでは、既に有効性がある程度実証されている技術について、NHS の既存の治療法と比較してどちらが有効であるかを比較検討するための助成金である。
- i4i（Invention for Innovation）: 革新的な医療用新技術の開発を助成する。NHS で利用できる、或いは実用に供する可能性がある萌芽的研究の経済的なリスクを低減し、投資家にとってより魅力的に映るように手助けする助成金である。
- PGfAR（Programme Grants for Applied Research）: 分野横断的な手法を必要とする研究のうち、具体的には、医療の改善や医療の提供法の改善によって NHS や患者の利益に直接つながるような研究を助成する。
- PHR（Public Health Research）: 公衆衛生に資する、或いは医療上の不平等を解消することを目的として、NHS によらない医療的介入の提供について情報提供をするための証拠を得るための研究を助成する。このプログラムは公衆精製の改善を目的とした、分野横断的で、広い視野を持ち、あらゆる種類の医療的介入を対象とする。
- PfPB（Research for Patient Benefit）: 医療における幅広い様々な問題を解決するため、NHS における医療をさらに効率化し、経済的でかつ、患者の利益になるようなトピック

や、研究手法のうち、NHS で行われる研究に助成する。

- SR（Systematic Reviews）：コクランレヴューグループ、UK コクランセンター、ヘルステクノロジーアセスメントレヴューなどを含む、多くのイニシアティブで構成される。高品質な研究文献分析を提供する。
- PRP（Policy Research Programme）：政府に対して高品質でわかりやすい研究情報を迅速に届けるための調査部門。保健省と密接に関与し、NHS、患者、一般市民の利益となるような意思決定を助ける。

3 つの仮想研究所ネットワーク

それぞれのネットワークにはその分野で有力な研究を行っている 5～13 の大学が含まれる。

1. 一次医療研究スクール
2. 公衆衛生研究スクール
3. ソーシャルケア研究スクール

5 つの研究ユニット／センター

- 輸血と臓器移植研究ユニット（Blood and Transplant Research Unit/合計 1,510 万ポンド）
  大学と NHS の輸血と臓器移植センターの共同研究
  - ケンブリッジ大学：ドナーの健康とゲノミクス
  - ケンブリッジ大学とニューカッスル大学：臓器の提供と移植。特に、臓器提供の前の臓器の質を改善する研究
  - ロンドンカレッジ大学：幹細胞と免疫療法
  - ブリストル大学：希少血液型や複雑な条件の患者のための赤血球製品の新規開発
- 健康保護研究ユニット（Health Protection Research Unit）
  2013 年設立で、健康保護局の業務を引き継いでいる。大学とイングランド公衆衛生局の研究パートナーシップ。優先課題は以下のとおり。
  ①骨髄と性感染症　②化学物質と照射線による脅威と危険　③危機的状況への準備と応答　④新規および人畜共通感染症　⑤気候変動と健康　⑥消化器感染症　⑦感染症と抗生物質抵抗性に関する医療　⑧環境災害の健康に対する影響　⑨予防接種　⑩呼吸器感染症　⑪介入試験の評価方法　⑫モデル作成の方法論
- 手術による再建と微生物学研究センター
  NIHR は 5 年間で 500 万ポンド、国防省は 10 年間で 1,000 万ポンド、バーミンガム大学病院連合とバーミンガム大学は 5 年間で 500 万ポンドの助成を行った。NIHR、国防省、バーミンガム大学病院連合、バーミンガム大学による研究パートナーシップで、2011 年に開始された。このイニシアチブは、外傷を持つ患者に利するため、軍民の外傷外科医と研究者が共同で、戦場における先進的な臨床治療と医学研究の革新に関する知を共有することを目的とする。研究センターは、アフガニスタンの前線で緊急治療を受けた後の患者が搬送されて治療を受けている、バーミンガムのクイーンエリザベス病院にある。英国内で、軍人と民間人両方のための治療を行っているのはこの病院だけである。
  優先課題は、以下の 3 つである。
  ①　外傷に対する急性の反応（例：外傷や蘇生の後、脳のリハビリのための VR テク

ノロジー）
② 微生物学と傷の治療（例：傷の応答に影響を与えるような生物資材）
③ 組織再生（例：歯や顔の再建に関連する、幹細胞を使った組織修復）

- NIHR 臨床試験コーディネート機構（NIHR trials coordination）
  NIHR で行われるランダム化試験についてその重要な情報とリソースを NIHR の研究コミュニティに周知し、研究手法の改善に貢献する。
- 政策研究ユニット
  以下に述べる 15 の領域について、それぞれユニット化し、政府に対して高品質でわかりやすい研究情報を迅速に届けることを使命とする。15 ユニットあわせて 5 年間で 7,500 万ポンドの助成を行った。このうち、13 のユニットは 2019 年から 2023 年の助成とする。15 の領域は以下のとおり。
  ① 大人のソーシャルケア（ロンドン大学/スクールオブエコノミクス・ポリティクス）
  ② 行動科学（ニューカッスル大学）
  ③ がん検査の周知、スクリーニングと初期診断（ロンドン大学/クイーンメアリー校）
  ④ 子供と家族（ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン（UCL）、グレートオーモンド子供の健康研究所）
  ⑤ 健康医療とソーシャルケアの介入についての経済的な評価方法（ヨーク大学）
  ⑥ 医療システムとソーシャルケアとの連動に関する経済学（ヨーク大学）
  ⑦ 医療とソーシャルケアシステムのその任務（ケント大学）
  ⑧ 医療とソーシャルケアの労働人口（キングス・カレッジ・ロンドン（KCL））
  ⑨ 周産期医療（オクスフォード大学）
  ⑩ 精神医学（UCL）
  ⑪ 肥満（UCL）
  ⑫ 老人と衰弱（マンチェスター大学）
  ⑬ 革新的な政策と評価（ロンドン・スクール・オブ・ハイジーン・アンド・トロピカルメディシン）
  ⑭ 公衆衛生（ロンドン・スクール・オブ・ハイジーン・アンド・トロピカルメディシン）
  ⑮ 医療とソーシャルケアの質と安全性（ケント大学）

(2) 研究者の育成

NIHR アカデミーを通じて、人材育成のための各種フェローシップや奨励金、およびトレーニングプログラムが用意されている。

- プレ PhD 学生のためのフェローシップ
  1 年間の助成。2019 年開始予定。
- PhD 学生のためのフェローシップ
  3 年間。臨床医が応募する場合は、臨床医療に従事する時間の 20%をフェローシップ期間に含めてよい。2018 年 10 月開始。
- 先進的フェローシップ（ポスドク用）
  2～5 年間。臨床医が応募する場合は、臨床医療に従事する時間の 40%をフェローシップ期間に含めてよい。2018 年 10 月開始。

- スキルエンハンスメント（ポスドク用）
  1 年間。次なる研究キャリアへと進むために、特定のスキルを習得し、経験を積むためのフェローシップ。2019 年 12 月以降に開始予定。
- リサーチ・プロフェッサーシップ
  橋渡し研究をリードする人材をサポートする。大学または NHS 組織に所属する人なら誰でも応募できるが、一つの組織からは二人までしか応募できない。1 組織から二人応募する場合は、一人は女性でなければならない。1 年に採用するのは 5 人以内（イングランド内に限る）。NIHR グローバルヘルスリサーチプロフェッサーシップは、英国内全土から応募でき、1 年に二人以内。
- 統合クリニカルアカデミックプログラム
  イングランド健康医療教育局と NIHR が提供する、医師と歯科医師以外の医療従事者が応募できる研究フェローシップで、臨床研究と臨床治療を両立させながら研究をする人を支援する。インターンシップ、プレ PhD コース、PhD 学生、講師レベル、シニア講師レベル、の 5 つの段階のフェローシップが用意されている。これらのフェローシップを獲得した人は、メンター制度を利用することができ、好評を博しているようである。

(3) 研究インフラの整備

NIHR は以下に述べる 13 の研究インフラを提供する。多くは大学に設置された仮想の研究ネットワークであるが、中には建物を備えた研究所もある。以下に順に解説する。

- BRCs（Biomedical Research Centres）バイオメディカルリサーチセンター
  大学と NHS 病院のパートナーシップにより（ホストは大学）、新規治療法を探索する研究所ネットワーク。現在、20 の拠点が設定されており、それぞれ、いくつかの専門分野が指定されている。NIHR の各種研究所の中では最も基礎的な研究を行う。5 年間で合計 8 億 1,600 万ポンドが 20 のセンターに配分された。
- CRFs（Clinical Research Facilities for Experimental Medicine）実験医学のための臨床研究拠点群
  小児病院、大学病院、大病院の計 23 拠点が設置されており、患者が参加する臨床研究を行う施設である。この臨床研究は研究の初期段階から企業が参加することができ、基礎研究と臨床研究の共同研究もサポートする。5 年間で 1 億 1,200 万ポンドが 23 の施設に配分された。
- CRN（Clinical Research Network）臨床研究ネットワーク
  NIHR のファシリティの中核をなすネットワークで、イングランドの NHS において、患者が参加する臨床研究のアレンジやコーディネートを支援する組織である。臨床研究そのものはチャリティや国家予算、ライフサイエンス業界からの予算により遂行されるが、適切な医療者、患者が参加できるように支援を行うのが業務である。地域ごとのネットワークが 15 あり、それぞれのネットワークをまとめる本部として、CRN コーディネートセンターが、ガイズ・アンド・セントトーマス病院とリーズ大学に設置されている。このコーディネートセンターはキングス・カレッジ・ロンドン、インペリアル・カレッジ・ロンドン、ニューカッスル大学、リバプール大学によってサポートされている。15 の拠点それぞれは、毎年約 1,000～2,000 万ポンドの予算が配分されている。2017/18 年度だけで、合計

72 万人が CRN の実施する臨床研究に参加した。これは、2016/17 年度に比べると 45%の増加であり、大きな成果であった。

- CLAHRCs（Collaborations for Leadership in Applied Health Research and Care）地域医療向上のための共同研究推進拠
  大学とその周辺にある病院（プライマリケアの一般診療所も含む）、地域の組織、その他の医療に関わる組織などが、健康医療に関する応用研究を行えるよう、サポートする組織。現在、13 の拠点があり、優先課題は慢性疾患のケアと公衆衛生の向上である。2014 年から 2019 年までの 5 年間でトータル 1.4 億ポンドの予算が 13 の拠点に配分された。
- ECMCs（Experimental Cancer Medicine Centres）がんの実験医学センター
  大規模チャリティである英国キャンサー・リサーチ（CRUK）との共同出資で運営する、がん関連医薬品の製品化過程を迅速にするための拠点群である。初期段階の研究を行う 20 の拠点が、大学や研究所に設定されている。また、創薬だけでなく、がんのバイオマーカーの探索を行い、がんの診断、進行度の速さの予測、抗がん剤の効き目の評価などに役立てる。5 年間で合計 3,600 万ポンドが 18 のセンターに配分された。
- MICs（MedTech and In Vitro Diagnostic Cooperatives）メディカルテクノロジーと診断薬センター
  2018 年開設。これまで NIHR に存在した二つの拠点（ヘルスケアテクノロジー共同体と診断薬共同体）を改組して組織された。疾患ごとに 11 の拠点が大病院や大学病院に設定されており、5 年間でトータル 1,400 万ポンドが配分された。新しい医療技術とインビトロの診断検査薬の開発を行う。産学連携、患者の研究への参加も推進する。
- The MRC/NHIR National Phenome Centre　MRC/NHIR 国立フェノームセンター
  2013 年に開設された MRC と NIHR の共同設立によるセンターで、フェノーム解析サービスを行う。あらゆる取得可能なデータを解析し、疾患と関連するバイオマーカーの発見をサポートする。センター本体はインペリアル・カレッジ・ロンドン内に設置されており、NIHR の BRC に指定されている大学、インペリアル・カレッジ・ロンドン、キングス・カレッジ・ロンドンと密接に連携しながら機能し、測定機器会社であるウォーターコーポレーションやブルカーバイオスピンなどからの支援を受ける。健康な人や疾患を持つ人から取得した大規模メタボロームデータの提供も行っている。
- NIHR BioResource　NIHR バイオリソース
  2014 年設置。健康な人、疾患を持つ人、難病を抱える人がボランティアとして提供した、血液や唾液などのバイオサンプルを、BRC で適切に研究に使用できるようにアレンジする組織。ボランティアは疾病の有無のほか、人種などの遺伝的バックグラウンドやその他の身体的特徴などのデータも提供することに同意している。イングランド内に 13 の拠点があり、2018 年現在で 10 万人のボランティアのサンプルを擁する。
- NIHR HIC（NIHR Health Informatics Collaborative）NIHR 健康医療情報共同利用機構
  先端医療を提供する 5 つの NHS 病院と、それぞれの病院とパートナシップを組む大学とで構成される。その使命は、(1) NHS 病院の患者データを包括的なフローにより、比較可能なものとして一覧にすること。具体的には、情報が収集された状況やその解釈、データの由来がきちんと記載されていること。データの記録やプロセスの過程で不必要な差異が極力生じないようにすること。高品質な治療、サービスの評価、橋渡し研究に耐えうる、

重要な情報を網羅していること。(2) データシェアリングと再利用のための管理体制を作ること。具体的には、異なる病院間でデータをシェアする合意書の作成、出版に関するポリシーの合意（かかわった人全てが適切なクレジットを得られるように)、科学の発展や患者の利益のために、データ再利用のプロセスを合理化することで、共同研究や知財に対して共同でアプローチする。NIHR HIC は従来、急性冠症候群（冠動脈閉塞)、ウィルス性肝炎、集中治療（クリティカルケア)、卵巣腫瘍、腎移植の 5 つの診療領域に焦点を当ててきたが、近年では、前立腺がん、乳がん、大腸がん、肺がん、に加え、高範囲の感染症に関するデータの収集も行っている。

創薬企業や医療機器開発会社は、NIHR HIC と協働することにより、計画している研究プロジェクトの実現可能性を探ることができる。実現可能性が実証され、倫理的にも承認されると、特定の疾病を持つ患者集団の臨床データを、病院の垣根を越えていくつもの病院から集めることができる。これによって、研究開発のコストを下げることができる。また、電子カルテの情報を有効利用することにより、医薬品の開発や医療の改善につなげることができる。こうした医療情報は異なる IT システムの上に構築されているため、NIHR HIC はこうしたデータをより効率的に集中管理し、閲覧、分析、表示するためのツールを開発中である。効率的に医療データを比較するには、そのデータがとられた状況や、病態の病歴といったバックグラウンドを考慮することが重要であるため、NIHR HIC は、データの適切な比較を可能にする、データモデルを開発中である。

- NIHR National Biosample Centre　NIHR バイオサンプルセンター

  2015 年、英国保健省から 2,400 万ポンドの助成を受け、UK バイオバンク、および UK バイオセンターとパートナーシップを持つオクスフォード大学の計画とデザインによって開設された。このバイオサンプルセンターは、ケンブリッジシャーの Tilbrook に専用の建物を有し、UK バイオセンターの専門職スタッフによって運営されている。NIHR および英国健康医療省とそのファンディングパートナーである MRC やチャリティ、産業界などから助成を受ける研究をサポートするため、ハイスループットで高品質なバイオサンプルの処理や保存を、課金制で提供する。現在、2,000 万件のサンプルを補完する能力がある。

- NOCRI（NIHR Office for Clinical Research Infrastructure）NIHR 臨床研究インフラ事務局

  橋渡し研究促進のため、ライフサイエンス関連産業界やチャリティといった業界に、あらゆる範囲の実験医学施設や NIHR 研究者（臨床研究とアカデミアの両方を含む）との共同研究を促進するための事務局。共同研究契約の締結やプロジェクトマネジメントも請け負う。TRL の低い初期橋渡し研究プログラムとしては、現在、以下の 5 つのプログラムが進行中である。①炎症性疾患橋渡し共同研究　②炎症性呼吸器疾患橋渡し共同研究　③認知症橋渡し研究　④循環器パートナーシップ　⑤希少疾患橋渡し共同研究

- PSTRCs（Patient Safety Translational Research Centres）

  患者の安全性向上のために、3 つの橋渡し研究センターを擁する。2017 年 8 月から、総額 1,700 万ポンド（5 年間）をかけて、開設された。研究センターは、マンチェスター大学（669 万ポンド)、インペリアル・カレッジ・ロンドン（730 万ポンド)、リーズ大学（300 万ポンド）に置かれている。

- TRCs（Translational Research Collaborations）
  NOCRI の助けを得て開設された橋渡し共同研究群で、BRC の枠組みの中に開設されている。

3. 主な科学技術イノベーションプログラム

1) 8 大技術（Eight great technologies）

2013 年 1 月には英国の経済成長を支援するため今後戦略的に投資すべき 8 つの技術分野に関する発表があった。これら技術は「8 大技術（Eight great technologies）」と呼ばれ、以下のとおりである。

■合成生物学（8,800 万ポンド）
■再生医療（2,000 万ポンド）
■農業科学（3,000 万ポンド）

その他は、ビッグデータ（発表時の初期投資額は 1 億 8,900 万ポンド）、衛星（2,500 万ポンド）、ロボティクス・自律システム（3,500 万ポンド）先端材料（7,300 万ポンド）、エネルギー貯蔵（3,000 万ポンド）。この 8 大技術では、上から戦略的に重要な優先分野を設定し、統合的・体系的に支援していくことに特徴がある。例えば合成生物学を見てみると、2013 年の発表当時は英国全土に関連分野の研究センターを複数設置すること、つまり合成生物分野の拠点形成はトップダウンで決められた。どこにセンターを設置するのかについての決定は公募を通じてボトムアップ的に行われた。その際、拠点の「持続可能性」が重要視され、公募の要件の中にはパーマネント職の導入等が盛り込まれた。現在、エジンバラ、ロンドン、マンチェスター、ブリストル、ケンブリッジ、ノッティンガムの諸都市において 6 つの研究センターが大学を中心に設置されている。同研究センターには企業も入り、基礎から産業応用、イノベーションの創出と、シームレスなかたちでの橋渡し研究の実施が目指されている。実際の助成に関しては、RCs の BBSRC や EPSRC、一部は MRC 等を通じて行われている。

2) カタパルト・プログラム

英国政府が克服しようとしている課題の一つが、優れた科学研究の成果を実用化あるいは商業化して社会や経済に役立てるためのシステムが確立されていないという点である。

カタパルト・プログラムとは、特定の技術分野において英国が世界をリードする技術・イノベーションの拠点構築を目指すプログラムである。これらの拠点を産学連携の場として、企業やエンジニア、科学者が協力して最終段階に向けた研究開発を行い、イノベーション創出および研究成果の実用化を実現し、経済成長を推進することが意図されている。現在（2017 年 3 月時点）、11 の技術分野で拠点としてのカタパルト・センターが設置されている。投入される公的資金は、研究プロジェクト実施のためではなく、基本的にはカタパルト・センターの運営のために使用される。ライフ・サイエンス分野のカタパルトは以下の 2 拠点である。

- 細胞遺伝子治療カタパルト
- 薬剤発見カタパルト

カタパルト・プログラムにおける産学官の橋渡しの仕組みは次の 4 点である。

- 既存の研究インフラを活用した持続可能な拠点整備
- 研究開発の早い段階から産学官連携が実現できるような産業界主導の研究開発推進

- 英国の中小企業の取り込みとその科学技術力の強化
- 地方の研究開発力の強化

プログラム実施のための初期（2011-2014 年度の 4 年間）の公的投資は、約 5 億 2,800 億ポンドである。民間からの投資は 8 億 7,200 万ポンドにのぼるとされており、民間合わせた初期の投資総額は約 14 億ポンドになる。細胞遺伝子治療カタパルトでは、5 年間で最大 5,000 万ポンドの投資が見込まれており、新たな治療法の開発・商業化が目指されている。

3) 産業戦略チャレンジ基金（ISCF）

2017 年 11 月、英国政府は、2021 年までに 47 億ポンドを研究開発に追加投資するという産業戦略を発表した。ISCF は基本的に研究と産業の連携のための研究助成を行う基金である。

そのうち 10 億ポンドが、イノベート UK や各研究会議を通じて、ISCF に投入される。6 つの領域に 4 年間で合計 10 億ポンドの競争的資金を投資する。

- 医薬品製造 1.97 億ポンド

3 ドイツ

1. 科学技術イノベーション基本政策・戦略

ドイツにおける科学・イノベーションの主要所管省は連邦教育研究省（BMBF）である。BMBF は連邦政府の研究開発関連予算の約 60%を管理し、また様々な研究開発戦略を立案している。ドイツの基本政策は、研究開発およびイノベーションのための包括的な戦略である「ハイテク戦略 （High-Tech Strategy）」である。

BMBF は 2010 年「Health Research Framework Programme（健康研究フレームワークプログラム）」を制定し、今後の医学研究の戦略的方向づけを定めた。BMBF と連邦保健省（BMG）により所掌され、2011 年-2014 年の期間に 55 億ユーロ、2015 年-2018 年には 78 億ユーロあまりの予算が計画されている。

重点領域として、①糖尿病、心臓病等の国民的疾患研究、②個別医療研究、③予防、健康医学、④看護、介護研究、⑤健康関連産業、⑥国際共同研究を上げている。

2014 年秋に、第三期となる「新ハイテク戦略（New High-Tech Strategy）」を発表、前戦略を踏襲する形でイノベーションの推進力が大きく、経済成長が見込まれる 6 分野を特定した。

そのうちの「健康に生きるために」の柱では、下記が優先的に取り組む事項として掲げられている。

- がん、成人病なの主要な疾病研究（6 つ健康研究センターによる強化）
- 個別医療
- 予防と栄養
- 介護分野へのイノベーション
- 材料・創薬研究
- 医療技術分野のイノベーション

2. ファンディングシステム

BMBF や各州政府は、マックス・プランク科学振興協会等の研究協会、国立研究所等の機関助成金を負担している。大学については歴史的な経緯から州政府が大部分を負担し、研究協会・国立研究所については主に連邦政府が助成しているが、後述のエクセレンス・イニシアティブの開始等により連邦政府から大学への資金の流れが増加している。政府研究開発支出の分担比率は、2013 年に連邦政府が約 58%、州政府が約 42%となっている。

研究資金助成機関としては、BMBF を所管省として、主に大学における基礎研究を対象とした研究資金助成をおこなっているドイツ研究振興協会（DFG）、連邦政府と一体化して機能し、主にトップダウンの政策目標に資する研究を助成するプロジェクト・エージェンシー等がある。プロジェクト・エージェンシーは様々な研究機関、民間企業、非営利団体等に政府が業務を委託している。プロジェクト・エージェンシーの中には BMBF の政策形成に直接関わる団体もある（VDI/VDE307 Innovation + Technik 等）。

3. 主な科学技術イノベーションプログラム

① 健康研究フレームワークプログラム

2011 - 2014：55 億ユーロ、2015 – 2018：78 億ユーロ

- 一般的な病気（感染症、神経疾患等）
- 個別化医療（希少疾患、臨床評価研究、メディカルコンピュータサイエンス、システム医学、トランレーションナルリサーチ）
- 予防と栄養（疫学研究、栄養調査、生涯健康、一次予防等）
- ケア（緩和ケア、健康経済、構造）
- 医療経済（クリニックプラットフォーム、デジタルヘルスケア、モバイル）
- 国際（国際プロジェクト）
- 生命倫理
- 基礎（計算神経化学、システム生物学）

対象分野	プロジェクト領域
国民病	感染症
	神経システムとメンタルヘルス
	その他（統合医療研究、医学部教育等）
個別化医療	希少疾病
	医療機関評価
	メディカルインフォマティクス
	システムメディスン
	トランスレーショナルメディスン
予防と栄養	疫学
	栄養学
	健康サービス
	高齢者医療・介護
	大規模健康調査

	予防研究
	環境サーベイ
介護	介護関連統合研究（人材育成、在宅介護等）
	健康経済
	ビジネスモデル構築
	ネットワーク構築
ヘルスケア産業	臨床研究開発サービス
	慢性疾患
	デジタル健康管理
	個別医療デバイス
	医療デバイス製造中小企業支援
	検証解析
	遠隔医療
国際協力	EU 域内
	EU 域外
ELSI 関連	講演・セミナー
	ゲノム編集
	幹細胞
	知識移転
	若手人材育成
基礎研究	計算論的神経科学
	システムバイオロジー

② ドイツ健康研究センター

2010 年の「Health Research Framework Programme（健康研究フレームワークプログラム）」（～2018 年）に基づき、国民的疾患と言われる疾病を研究するために、バーチャルな 6 つのドイツ健康研究センターを設け、大学医学部門及び大学外機関のそれぞれの分野で最高の科学者を結集し、長期的に助成していく計画。約 7 億ユーロを投入した。

- トランスレーショナル医療（基礎研究と臨床をつなげる）、個別医療の発展のための研究の推進
- 連邦政府（BMBF）9 割、地方政府 1 割の負担割合
- 疾病ごとの研究グループを構成して研究情報の共有、共同研究を実施
- 中心研究機関は、センター長が在籍する研究機関/大学を指す
- 概ね、予算の約半分が人件費（各センターのアニュアルリポートによる）

次の 6 分野のセンターには、39 拠点の合計 120 以上に及ぶ大学、研究機関が組み込まれている。実用的な研究を行うため企業とも共同で研究を行う。現在、2019 年からの次期計画を立案中である。

- ドイツ神経変性疾病センター
- ドイツ糖尿病研究センター

- ドイツ心臓循環器系研究センター
- ドイツ感染症研究センター
- ドイツ肺研究センター
- ドイツ・トランスレーショナル・キャンサー・リサーチ・コンソーシアム

名称	略称	中心研究機関（参加機関）	主な研究領域	予算（2016 年）
ドイツ神経変性疾病センター	DZNE	ボン大学（10 拠点/80 機関）	・認知症原因物質（タンパク質） ・免疫システム ・ALS ・アルツハイマー病（臨床研究） ・パーキンソン病（臨床研究） ・大規模健康調査の実施 ・認知症患者の介護	8,100 万€
ドイツ糖尿病研究センター	DZD	ミュンヘンヘルムホルツ研究所（5 拠点）	・自己免疫システムと 1 型糖尿病 ・糖尿病疫学研究 ・糖尿病モデルにおける分子構造 ・β 細胞機能 ・最新治療	3,100 万€
ドイツ心臓循環器系研究センター	DZHK	マックスデルブリュック研究所（7 拠点/32 機関）	・代謝異常による血管障害 ・遺伝性心筋症 ・不整脈 ・血管障害予防 ・アテローム性動脈硬化症 ・ミクロ RNA 治療	3,980 万€
ドイツ感染症研究センター	DZIF	ケルン大学（7 拠点/35 機関）	・HIV/AIDS ・結核 ・肝炎 ・消化器感染症 ・熱帯病 ・耐性菌、院内感染	3,940 万€
ドイツ肺研究センター	DZL	ギーセン大学（5 拠点/28 機関）	・ぜんそく、アレルギー ・COPD ・肺がん ・嚢胞性線維症 ・肺炎、急性呼吸不全 ・肺高血圧症 ・間質性肺炎 ・呼吸器疾患の末期	2,170 万€
ドイツ・トランスレーショナル・キャンサー・リサーチ・コンソーシアム	DKFZ	ヘルムホルツ癌センター（8 拠点/20 機関）	・分子診断、バイオマーカー ・放射線療法、イメージング技術 ・腫瘍免疫療法 ・個別医療 ・腫瘍発生分子機構	2,780 万€

③　エクセレンス・イニシアティブ

連邦教育研究省が主導して特定の大学に集中的に資金を投じる。5 年間で総額 19 億ユーロという巨額の資金を配分するというものである。2006 年から開始したこの取り組みは、既に対象大学の選定を終了し資金配分を行っているが、2012 年から 5 年間、さらに 27 億ユーロを投資して 10 年間継続した。

フェーズ 1（2006 年～2011 年）：37 拠点

フェーズ 2（2012 年～2017 年）：43 拠点（うち 12 拠点が新規）

- BioRN（ハイデルベルグ）‐創薬
- Medical Valley EMN（エアランゲン）‐医療介護システム

さらに 2019 年からエクセレンス・クラスター。

当初の助成期間は 7 年。45 から 50 のエクセレンス・クラスターには年間約 3 億 8,500 万ユーロの助成金が見込まれ、その 75%は連邦が、残り 25%がそれぞれ所在地の州が負担することになっている。

④　先端クラスター・コンペティション

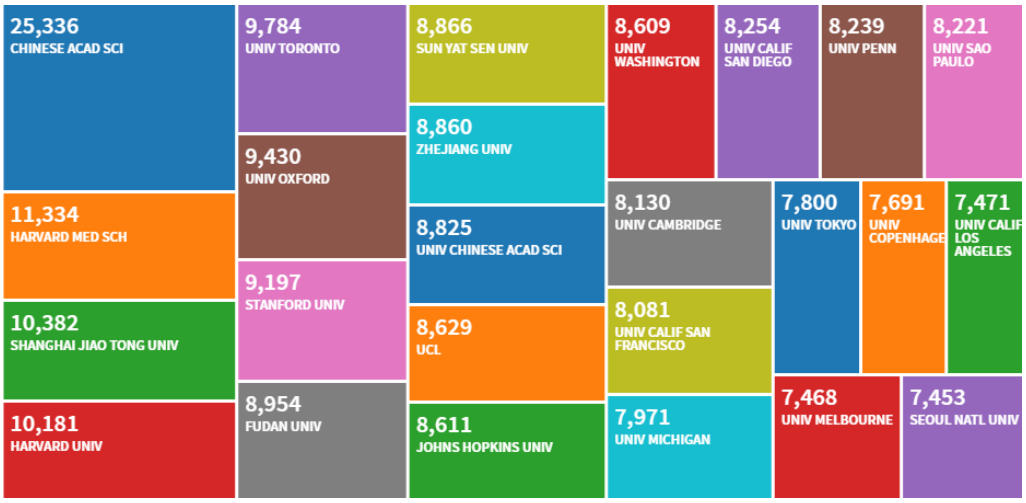
特定の地域の企業、研究機関、大学を束ね、世界的な競争力を持つ先端分野の製品実用化のための、連邦政府による総額 6 億ユーロ規模のファンディングである。2007 年から 2013 年の間にドイツ全土から 15 のクラスターが選定された。助成期間は最長 5 年間で、1 案件あたり 4,000 万ユーロの助成が行われる。クラスター参加企業はプロジェクト総予算の 50%を負担することになっており、助成分と合わせると総予算 10 億ユーロを超える大規模な産学連携プログラムである。

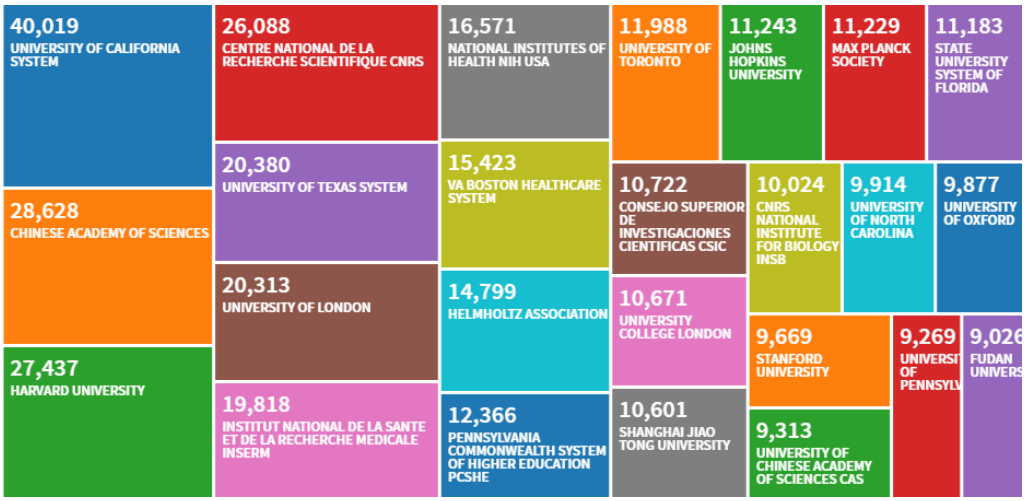
- BioRN‐個別化医療、先端癌研究
- CI3‐個別化免疫干渉研究
- Medical Valley EMN‐欧州都市圏ニュルンベルクメディカルバレー
- Münchner Biotech Cluster‐個別化医療研究

先端クラスターおよび他の既存クラスターネットワークの国際化、国際競争力強化のため、一部のクラスターを継続して助成する後継プログラムが 2016 年にスタートした。最高 4 百万ユーロ（5 年間）を助成する予定である。

【付録】論文動向（ライフ・臨床医学分野）から見る主要な研究機関

ライフサイエンス（生命科学）分野の論文数を研究機関で直近 5 年の総計を比較した（Web of Science を用いて CRDS が調査）。





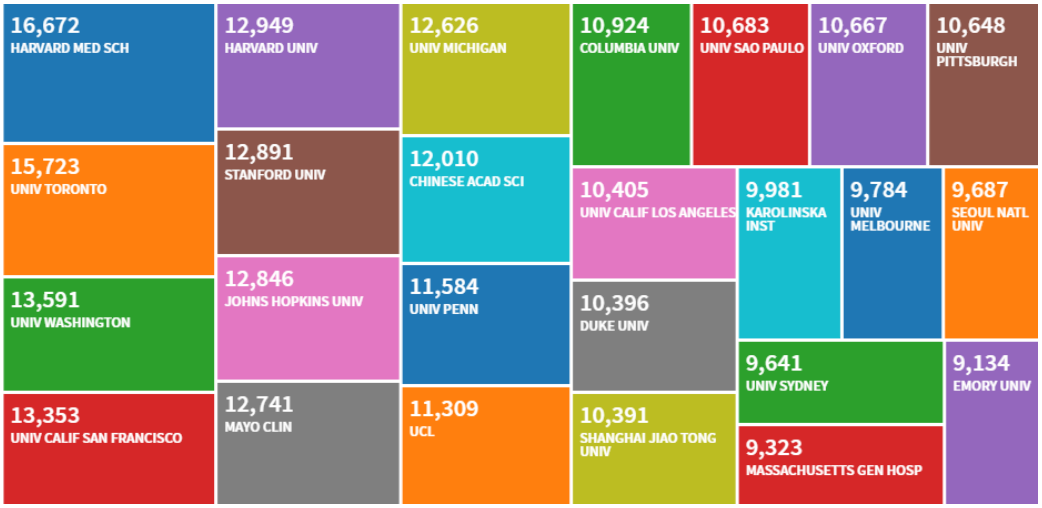
上図は個別研究所別、下図は研究機構別のデータである。例えば、上図だとマックス・プランクの各研究所は別途カウントされるが、下図ではマックス・プランク全体としてカウントされている。

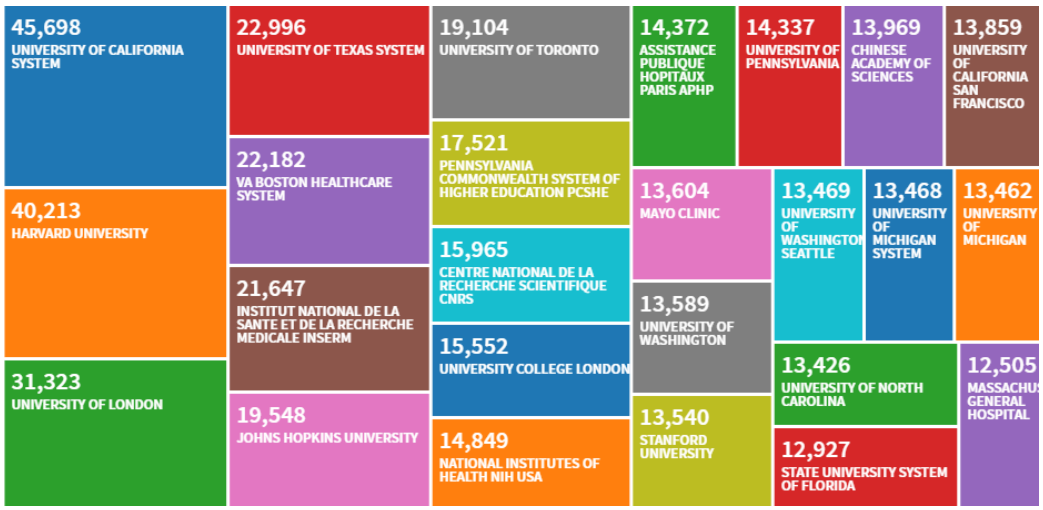
米国では、ハーバード大学、スタンフォード大学、ジョン・ホプキンス大学、ワシントン大学、カルフォルニア大学サンディエゴ校、ペンシルバニア州立大学、カリフォルニア大学サンフランシスコ校などが上位に出てくる。

英国では、オックスフォード大学、ロンドン大学、ケンブリッジ大学が、ドイツは、単独の機関では上位に出てこないが、機構単位としては、ヘルムホルツ研究協会、マックス・プランク研究協会が出てくる。

ロンドン大学は、ロンドン市中心部に本部を置くカレッジ制の連合大学（19 大学）である。自

然科学の分野においては、主にはユニバーシティ・カレッジ・ロンドン（UCL）とキングス・カレッジ・ロンドン（KCL）を指すと考えて良い。





上図で医科学・臨床医学分野でも同様に見ると、まず中国の存在感が落ち、米国の強さが見て取れる。米国では、ハーバード大学、ワシントン大学、カリフォルニア大学サンフランシスコ校、スタンフォード大学、ジョン・ホプキンス大学、メイヨークリニックなどが上位に出てくる。

米国、中国以外では、加盟校にクイーン・メアリーやセント・ジョージ医学校があるロンドン大学が多くなる。オックスフォード大学に続く所は表中には出てこないが、インペリアル・カレッジ・ロンドン、ハイデルベルグ大学、マックス・プランク、ヘルムホルツ、ケンブリッジ大学と続き、東京大学が出てくる。

【付録】検討の経緯と謝辞

若手人材環境、ファシリティ整備、橋渡し・産学連携等について、日本の状況を知るに当たり、以下の先生方にご意見・ご指導頂いた。特にファシリティの現状と課題については、ワークショップを開催し、現状の共有と今後について意見交換を行った。貴重なお時間を割いてご協力いただいた皆様にこの場を借りて厚く御礼申し上げる。

インタビュー（順不同、敬称略）
岡田康志（理化学研究所生命機能科学研究センター／東京大学大学院理学系研究科）
二階堂愛（理化学研究所生命機能科学研究センター）
岩崎渉　（東京大学大学院理学系研究科）
溝口照康（東京大学生産技術研究所）
谷内江望（東京大学先端科学技術センター）
湊長博　（京都大学）
成宮周、寺西豊、早乙女周子（京都大学大学院医学研究科）
松田道行（京都大学大学院医学研究科）
藤渕航　（京都大学 iPS 細胞研究所）
竹田潔　（大阪大学大学院医学研究科）
岡村康司（大阪大学大学院医学研究科）
仲野徹　（大阪大学大学院医学研究科）
小川峰太郎（熊本大学発生医学研究所 リエゾンラボ研究推進施設）
滝澤仁　（熊本大学国際先端医学研究機構）
太田啓之（東京工業大学バイオ研究基盤支援総合センター）
藤井博英、葦原雅道、甲斐翼（日本エフイー・アイ株式会社）

ワークショップ参加者
上野直人（基礎生物学研究所）
岡部繁男（東京大学大学院医学系研究科）
落合淳志（国立がん研究センター先端医療開発センター）
金田安史（大阪大学大学院医学系研究科）
木川隆則（理化学研究所生命機能科学研究センター）
木下賢吾（東北メディカル・メガバンク機構）
小原雄治（ライフサイエンス統合データベースセンター・DBCLS）
小安重夫（理化学研究所）
近藤浩一、鈴木健介（イルミナ株式会社日本法人）
坂田恒昭（塩野義製薬株式会社）
菅野純夫（東京医科歯科大学）
登田隆　（広島大学大学院先端物質科学研究科）
永野智己（文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業）
鍋倉淳一（生理学研究所）

難波啓一（大阪大学大学院生命機能研究科）
西原広史（慶應義塾大学医学部）
松本雅記（九州大学生体防御医学研究所）

【付録】参考文献

関連する書籍・報告書

1. 世界が競う次世代リーダーの養成　永野 博（近代科学社）
2. 日本のトップレベル研究者に聞く　林 幸秀、岡山純子（美巧社）
3. 米国の国立衛生研究所 NIH　JST 研究開発戦略センター（丸善プラネット）
4. 研究開発の俯瞰報告書　ライフサイエンス・臨床医学分野（2019 年）／CRDS-FY2018-FR-01
5. 医療研究開発プラットフォーム／CRDS-FY2017-RR-01
6. Beyond Disciplines －JST/CRDS が注目する 12 の異分野融合領域・横断テーマー／CRDS-FY2018-RR-02
7. 海外の研究開発型スタートアップ支援／CRDS-FY2017-OR-01

米国

1. NIH Budget
   https://www.nih.gov/about-nih/what-we-do/budget
2. NIH Annual Snapshot – FY 2018 By the Numbers
   https://nexus.od.nih.gov/all/2019/03/13/nih-annual-snapshot-fy-2018-by-the-numbers/
3. NIH Common Fund
   https://commonfund.nih.gov/

英国

4. UKRI Research and innovation funding allocation: 2017 to 2021
   https://www.gov.uk/government/publications/research-and-innovation-funding-allocation-2017-to-2021
5. MRC delivery plan 2016-2020
   https://mrc.ukri.org/about/what-we-do/spending-accountability/delivery-plan/
6. Innovate UK delivery plan 2017-2018
   https://www.gov.uk/government/publications/innovate-uk-delivery-plan-2017-to-2018
7. Francis Crick Institute Reports & statements
   https://www.crick.ac.uk/about-us/reports-statements
8. MRC Laboratory of Molecular Biology
   https://www2.mrc-lmb.cam.ac.uk/about-lmb/
9. NIHR annual report 2016-17
   https://www.nihr.ac.uk/about-us/resources/
10. Sally C Davis (2016) Ten years of the NIHR: Achievements and challenges for the next decade. The Office of Health Economics 23rd Annual Lecture
11. Wellcome Trust Annual report and financial statements
    https://wellcome.ac.uk/what-we-do/reports
12. Cancer Research UK Annual Report and Accounts

https://www.cancerresearchuk.org/about-us/how-we-are-run/annual-report-and-accounts

ドイツ

13. 連邦教育研究省（BMBF） Health Research
https://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/en/index.php
14. Germanys Leading-Edge Clusters
https://www.clusterplattform.de/CLUSTER/Redaktion/EN/Downloads/Publications/deutschlands_spitzencluster.html
15. BioM https://www.bio-m.org/
16. BioRN https://www.biorn.org/
17. Medical Valley EMN https://medical-valley-emn.de/
18. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) Funding Atlas 2018
https://www.dfg.de/en/dfg_profile/facts_figures/funding_atlas/index.html
19. DFGs Research Careers support for all stages between doctorate and professorship
https://www.dfg.de/en/research_funding/research_careers/completion_of_doctorates/index.html
20. Max-Planck Society Annual Reports
https://www.mpg.de/annual-report
21. Max Planck Institute for Plant Breeding Research
https://www.mpipz.mpg.de/en
22. Max Planck Institute for Heart and Lung Research
https://www.mpi-hlr.de/en/welcome/
23. Max Planck Institute for Brain Research
http://brain.mpg.de/
24. Max Planck Institute of Biochemistry
https://www.biochem.mpg.de/en
25. Max Planck Innovation GmbH
http://www.max-planck-innovation.de/en/
26. Lead Discovery Center GmbH
https://www.lead-discovery.de/en/
27. Helmholtz Association Facts and Figures
https://www.helmholtz.de/en/about_us/the_association/facts_and_figures/
28. German Cancer Research Center (DKFZ) Figures and Facts
https://www.dkfz.de/en/dkfz/quick-facts.html
29. Leibniz Association in Figures
http://www.leibniz-gemeinschaft.de/en/about-us/organisation/leibniz-in-figures.html
30. German Rheumatism Research Centre Berlin (DRFZ)
https://www.drfz.de/en/
31. German Centre for Higher Education Research and Science Studies (DZHW)

Research Project: Careers of PhD Holders “ PhD Panel 2014 “
https://metadata.fdz.dzhw.eu/public/files/studies/stu-phd2014$/attachments/phd2014_MethodReport_en.pdf
32. Fraunhofer-Gesellschaft Facts and Figures
https://www.fraunhofer.de/en/about-fraunhofer/profile-structure/facts-and-figures.html
33. Ludwig-Maximilians-Universität München Facts and Figures
https://www.en.uni-muenchen.de/about_lmu/factsfigs_new/index.html
34. Biomedical Center Munich (BMC)
https://www.en.bmc.med.uni-muenchen.de/index.html
35. Heidelberg University Facts and Figures
https://www.uni-heidelberg.de/en/university/facts-and-figures
36. German Academic Exchange Service Annual Report 2017
https://www.daad.de/medien/fin_komplett_daad_jahresbericht-2017-en_dl.pdf
37. Berlin Institute of Health
https://www.bihealth.org/en/
38. Charité – Universitätsmedizin Berlin
https://www.charite.de/en/

EU
39. European Research Council: Projects & figures » Statistics
https://erc.europa.eu/projects-figures/statistics
40. European Molecular Biology Laboratory Heidelberg
https://www.embl.de/
41. European Molecular Biology Organization (EMBO)
https://www.embo.org/about-embo

ウェブサイト最終確認　2019 年 7 月

終わりに

米国、英国、ドイツとの比較を通じて国の根底にある文化、制度の違いが研究システム・環境の違いを生み出していることに気づかされた。

一つは日本における古くからの科学文化、科学観がある。日本では博士進学は道を究めるため、つらい修行をつんで研究成果を出し、また教授になっていく入口だという考えがあるのではないか。そのためにたこつぼになっていく面があると見ている。米英独ともに博士進学者の大半はインパクトのある成果を出すこと、いい企業に行くこと（いい収入を得ること）がモチベーションとなっている。科学の歴史が進むとともにこれまで多くのビルディングディングブロックが発見され、それがいつかは飽和する中で、科学自体がコラボレーションをしないと成果が出ないようになってきている（その証左として、最近の論文は 30 人～50 人が執筆者として連なることが普通になりつつある）中で、単純に科学者・研究者は楽しい、かっこいいとならないと若い人材が研究の道を選択しなくなるのもそう遠くない気がした。

もう一つは社会制度のあり方である。日本は平等志向でここまでやってきた。教育でも研究でもビジネスでも欧米に比べると競争も給与格差もほとんどない。これが科学においても産業においても世界と競争していく上で制度疲労を起こしていることはそう大きな矛盾ではない気がする。例えば日本型の終身雇用制度の問題がある。米英独ともに任期のない研究者は、大学の教授や国研のディレクターを除きごく一部で、科学の道に残る人材はキャリアアップのため世界を舞台にして渡り歩くことが普通になっている。日本の若手研究者には国内にもっとテニュアポジションがあるといいという考えが多い。このギャップをどう考えるか。

サイエンスに国境はないが、国の文化、及びそれに基づく制度には歴然たる国境があるようである。いずれも正解のある問題ではないが、本来はこの根本を議論しない限り、真のグローバル化は果たせない（グローバル化が善かという保守主義的な考えはここでは置いておく）。

明治維新から 150 年経過していろいろな歪みが顕在化してきているのが、2000 年以降の日本の姿であろう。

最後は教育の問題である。このレポートでは言及しなかったが、これらの問題の多くは初等中等教育からの問題である。T 字型人材、Π字型人材も大学の初年度からのカリキュラムを大きく見直しが必要であるし、一般教養後における学科単位でのカリキュラム構成にも限界があることは言うまでもない。

■作成メンバー■

全体統括		
倉持　隆雄	副センター長	
永井　良三	上席フェロー	（ライフサイエンス・臨床医学ユニット）
谷口　維紹	上席フェロー	（ライフサイエンス・臨床医学ユニット）
調査・執筆		
桑原　明日香	ライフサイエンス・臨床医学ユニット　フェロー	
澤田　朋子	海外動向ユニット　フェロー／ユニットリーダー	
島津　博基	ライフサイエンス・臨床医学ユニット　フェロー／ユニットリーダー	
津田　憂子	海外動向ユニット　フェロー／JST ワシントン事務所　副所長	
冨田　英美	海外動向ユニット　フェロー	

※お問い合わせ等は下記ユニットまでお願いします。

CRDS-FY2019-RR-03

調査報告書

研究力強化のための大学・国研における研究システムの国際ベンチマーク

～米国、英国、ドイツおよび日本の生命科学・生物医学分野を例に
海外で活躍する日本人研究者に聞く～

令和元年 8 月　August 2019

ISBN 978-4-88890-649-4

国立研究開発法人科学技術振興機構　研究開発戦略センター
ライフサイエンス・臨床医学ユニット　海外動向ユニット
Life Science and Clinical Research Unit, Overseas Research Unit
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

〒102-0076　東京都千代田区五番町 7　K's 五番町
電　話　03-5214-7481
E -mail　crds@jst.go.jp
https://www.jst.go.jp/crds/

©2019 JST/CRDS

許可無く複写／複製をすることを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。
No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.
Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.

ATTAATC A AAGA C CTAACT CTCAGACC

CT CTCGCC AATTAATA

TAA TAATC

TTGCAATTGGA CCCC

AATTCC AAAA GGCCTTAA CCTAC

ATAAGA CTCTAACT CTCGCC

AA TAATC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT CTAAT A TCTAT

CTCGCC AATTAATA

ATTAATC A AAGA C CTAACT CTCAGACC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

CTCGCC AATTAATA

TTAATC A AAGA C CTAACT CTCAGACC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

ATTAATC A AAGA C CT

GA C CTAACT CTCAGACC

0011 1110 000

00 11 001010 1

0011 1110 000

0100 11100 11100 1010100000111

001100 110010

0001 0011 11110 000101

ISBN 978-4-88890-649-4