

*DBJ Discussion Paper Series, No. 2301*

シンガポールにおける  
ライフサイエンス・エコシステム形成  
- トランズレーションへの集中に向かうプロセス -

青山竜文  
(日本政策投資銀行 設備投資研究所)

2024年3月

当 Discussion Paper は、執筆者個人の暫定的な研究であって、関心ある研究者との議論等の為に、当設備投資研究所に於いて作成されたものである。もとより、内容、意見については、執筆者個人に属するものであり、日本政策投資銀行の見解を反映したものではない。また、未定稿という性格から、引用、複製等については、執筆者の承諾を得られたい。

## シンガポールにおけるライフサイエンス・エコシステム形成 —トランスレーションへの集中に向かうプロセス—

### 要 旨

当ペーパーは、シンガポールが急速に実施してきたライフサイエンスのエコシステム形成における課題とその対応を通じ、その変遷の方向性と対処方法を定性的に考察するものである。

本稿のキーワードは「トランスレーション」であり、トランスレーションとはサイエンスの社会実装を意味する。シンガポールでは2000年代に入り、ライフサイエンスの振興を強化してきたが、特に2010年代半ば以降、より集中的にトランスレーションに注力してきた。その際に、政策・ファンディング・人材教育が同じ方向を向き、互いに重なりあう形で進んできたことが特徴的であり、本稿ではその過程をトレースしていく。

そして、幾つかのインタビューや数字の動きを踏まえた結果、1)「まずサイエンスを強化し、その後のトランスレーション強化」というメッセージの明確さ、2)大学間や省庁間で横串を刺し、エコシステム形成を図ろうとする点、3)産業強化の中で生じる人材循環の享受、4)自分たちが出来る範囲を見極める中で、グローバル・エコシステムへのコネクタを志向している点、にシンガポールの取り組みの特徴を見出すことが出来た。同時に、トランスレーションにおけるプロセスの各事項が教育可能かという大きな課題への対応にも鋭意努めている。

日本でも本稿で取り上げる議論は喫緊の課題である。その実践的な対応を考えるうえでも、本稿はその土台の一つとなるものである。

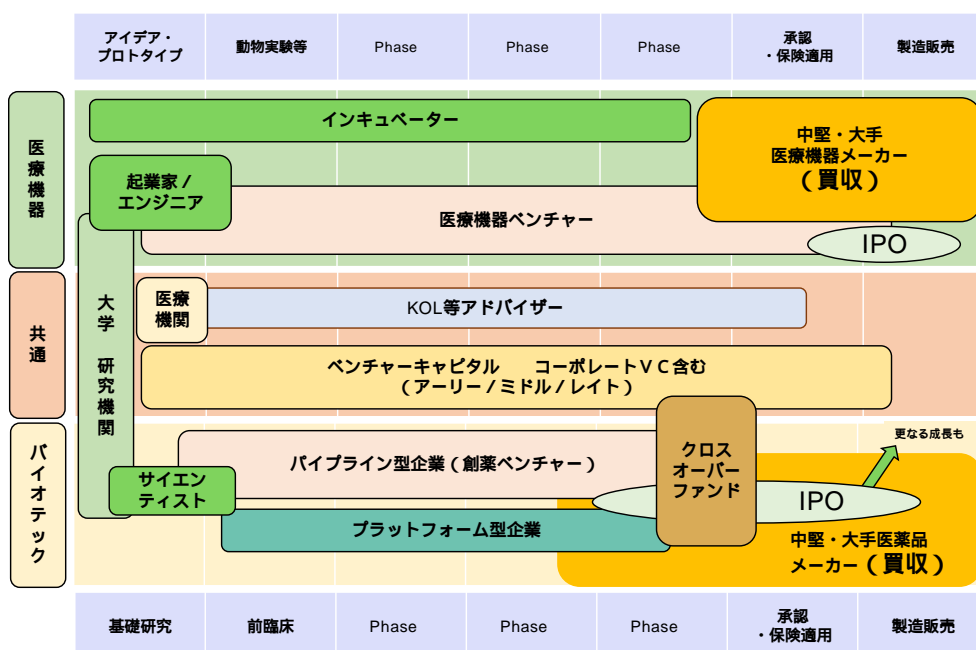
Keywords : ライフサイエンス、エコシステム、トランスレーション、シンガポール

## はじめに

本 discussion paper は、2023 年 4 月に発刊した「ライフサイエンスにおけるエコシステム形成の構図と創意工夫～ベルギーでのシステム形成と日本の課題対応」（『経済経営研究』, Vol. 44, No. 1、以下「前レポート」）で議論を行った課題につき、新たな事例を踏まえて検討を行うものである。

ライフサイエンスのエコシステムは前レポートの冒頭に掲載したように図 1 のような形がグローバルには成り立っており、このどの部分に各国がアダプトするか、ということが目下の課題といえる。

図1 ライフサイエンスにおけるエコシステム概観



（出典）筆者作成

当ペーパーは、シンガポールという国が急速に実施してきたライフサイエンスのエコシステム形成における課題とその対応を通じ、その変遷の方向性と対処方法を定性的に考察するものである。その考察の中で、前のレポートの事例であるベルギーとも対比も加えながら、各地で起こっているエコシステム形成における論点を浮き彫りにし、実践的対応を検討するための土台作りを試みるものである。

なお、本稿で主たるテーマとなるトランスレーションとは、サイエンスの社会実装という意味であり、図 1 で描かれているプロセスそのものとして理解頂きたい。

## 第1章 シンガポールにおける科学技術政策の歴史

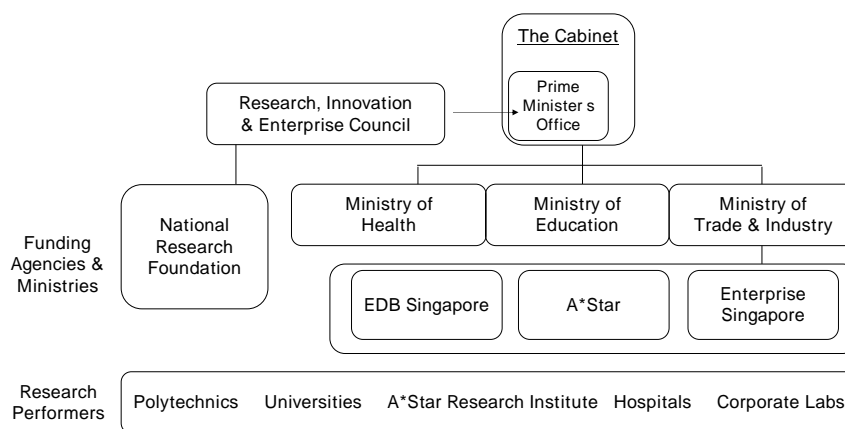
本章では、まずシンガポールにおけるライフサイエンスのエコシステム形成の歴史を簡潔にまとめておきたい。

### 1.1 研究開発振興

シンガポールでは、1991年に国家科学技術委員会（NSTB）が設立され、知識集約型で、革新的な経済発展を支援するために研究開発投資を重点的に実施していくこととなった。その1991年に策定された第1次国家技術計画（National Technology Plan（1991～1995年））は、IT、電機、水、環境等を主たるターゲットとし、20億Sドルで予算が組みられ、5年後の第2次計画ではその予算は40億Sドルに拡大した。

当初の電機産業向け主体の展開から、アジア金融危機を経た後に見直しがなされ、2001年の第3次計画から浮上するようになったのが、バイオメディカル、エンジニアリングといった分野である。その一環で貿易産業省の下に2002年に設立されたのが、シンガポール科学技術研究庁（Agency for Science, Technology, and Research）、通称A\*STARである。なお、国全体でのR&Dに関する体制は図2の通りとなる。

図2 National R&D framework



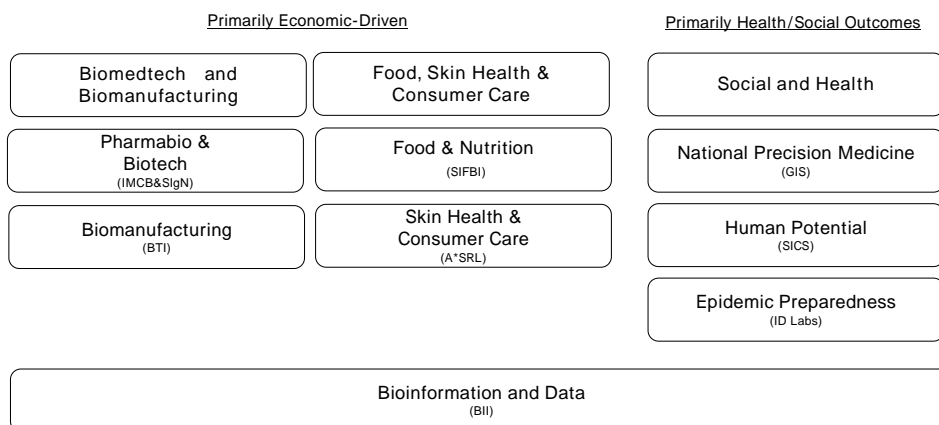
（出典） National Research Foundation ウェブサイトなどより筆者作成

A\*STARは研究開発機関であり、現在では全体で6,000名超のスタッフを抱え、このうちリサーチャーは4,700名を超えている。組織としては、The Biomedical Research Council（BMRC）、The Science and Engineering Research Council（SERC）という組織などから構成され、またA\*STAR Graduate Academyでは奨学金の交付や各種人材育成プログラムの運営がなされている。

この中でライフサイエンスの研究という観点では、BMRCという組織が重要である。BMRC

の下には9つのリサーチ・インスティテュート<sup>1</sup>が運営されており、研究ミッションは図3の通りとなる。このA\*STARがどのようにその取り組みを変化させていったか、については改めて第3章で見えていくこととしたい。

図3 BMRCの研究領域



(出典) A\*Star 資料より

## 1.2 産業振興

こうしたR&Dのフレームワークと並行して、2003年にはシンガポール政府傘下の工業団地開発会社 JTC Corporation によりバイオポリスという7棟からなる産業クラスターが設立された。

このクラスターを構成するため、当該エリアに進出するバイオテック産業に対して税制優遇措置、助成金を設け、企業進出を促進してきた。設立からすでに20年を経過しているが、6回の設立フェーズを経て、現時点ではシンガポールのバイオ産業の核として浸透している。

バイオポリスはヘッドクォーターや研究開発機能などが主体となるが、西部エリアには製造拠点の集約が行われた。医薬関連では、2009年に設立された専門工業団地「トゥアス・バイオメディカル・パーク」が設立され、現在ではメルク、ノバルティス、ファイザーといった企業が進出し、例えば近時では、2021年に仏サノフィが向こう5年間で4億ユーロを投じて最先端のワクチン製造施設の設置を行うと発表するなど、産業の集積は進んでいる。

医療機器の観点でも同じく西部のジュロンに医療関連産業団地トゥカン・イノベーション・パークに「メドテック・ハブ」と呼ばれるエリアを2014年に完成させ、医薬品と並ぶ

<sup>1</sup> A\*STAR Infectious Disease Labs (ID Labs), A\*STAR Skin Research Labs (A\*SRL), Bioinformatics Institute (BII), Bioprocessing Technology Institute (BTI), Genome Institute of Singapore (GIS), Institute of Molecular & Cell Biology (IMCB), Singapore Immunology Network (SIgN), Singapore Institute for Clinical Sciences (SICS), Singapore Institute of Food and Biotechnology Innovation (SIFBI)

製造拠点が整備されている。

こうした取り組みを経て、多くの企業がアジアのヘッドクォーターをシンガポールに置き、その他に 60 に及ぶ工場、30 の R&D センターが存在する状況となっている。

図4 主たるクラスターなどの集積エリア



(出典) パブリックドメインを基に筆者作成

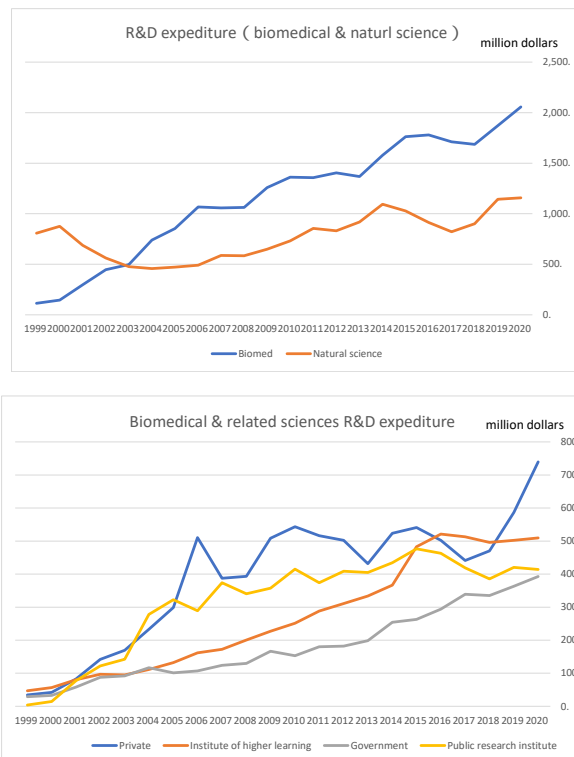
## 第 2 章 リサーチ関連のデータ推移

それでは、実際にその数字がどのように推移していったかを客観的なデータを用いて見ていくこととしたい。本章ではその主たるデータを、シンガポール政府及び OECD の公表データなどからとっていきたい。

### 2.1 リサーチ環境

まず研究開発費の投入状況につき、この 20 年間の伸長状況を見ていく。図 5 で見てわかる通り、Biomed 領域においては右肩上がりに伸長している。ただし部門別に関する数字を見ると 2010 年代中盤から大学や公的機関の伸びはやや横這い傾向となっており、これはこうした機関の注力する方法論が変化してきた、という側面があるだろう。一方、それにより全体が滞るわけではなく。民間セクター及び政府部門の伸びがこの右肩上がりの状況を支えている。特に民間の伸びが R & D 費用の伸びを支えているという意味では健全な展開といえる。

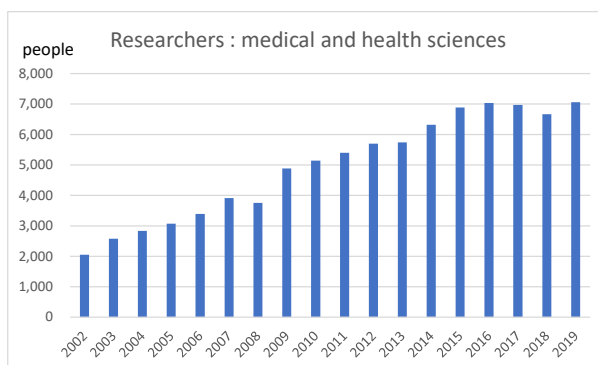
図5 シンガポールにおけるライフサイエンス関連のR&D費用推移(分野別及び部門別)



(出典) SingStat より筆者作成

こうした開発費はリサーチャーの雇用にも振り分けられていくが、そのリサーチャーの増加状況は以下の通りとなっている。海外人材の招へいを含め人材の強化に力を入れてきた結果、2015年頃まで右肩上がりの成長を見せてきた。

図6 Medical and health sciences 分野での研究者数の推移



(出典) OECD データ ‘R&D personel by sector and major field of R&D’ より筆者作成

この数字も 2010 年代半ばから研究開発費同様に横這いとなっていくが、後述するライフサイエンス分野支援の方向性変化によるところが大きいものと推測される。

しかしここで指摘をしておきたいのが、R&Dにかかるコストの規模感である。シンガポールの総人口は2022年時点で564万人となる。一方で2000年以降のライフサイエンス産業強化という流れのなか、人口一人当たりのR&D支出という意味では非常にインテンシブな支出を実施している。ここでは前レポートで主に取り上げたベルギー、そして日本、及び米国（ただしOECDデータでは直近20年のデータはとれない）を比較対象として数字を10年単位で見ておきたい。

表1の数字でみられるように人口対比では非常に多くの金額が高等教育機関では支出されており、その突出した注力ぶりが見て取れる。

**表1 ベルギー、日本、シンガポールにおける Medical & Health sciences の Higher education 領域でのR&D支出額比較**（単位：US Dollar, 2015年為替水準）

Medical and health sciences(Higher education)でのR&D支出

	1999		2009		2019	
	人口	一人当たりR&D支出	人口	一人当たりR&D支出	人口	一人当たりR&D支出
Belgium	10,226,419	40.6	10,796,498	62.1	11,462,023	74.6
Japan	126,686,000	37.2	128,031,514	46.2	126,555,078	51.6
United States	279,040,168	39.3				
Singapore	3,958,723	17.5	4,987,573	140.0	5,703,569	172.7

（出典）OECD データ ‘Gross domestic expenditure on R&D by sector of performance and field of R&D ’ より筆者作成（シンガポールの人口はSingStatよりTotal Populationを採用）

## 2.2 アウトカムの動向

当然こうした人材が生み出してきたアウトカムが重要である。ここでは、ジャーナルにおける論文数、パテント数という観点で見たい。

まずジャーナルについては、この分野では大きくは臨床医学、基礎生命科学といった分野での状況を見ておく、臨床医学については2019-2021年の平均値でTOP10%補正論文数及びTop1%の補正論文数において世界のトップ25に顔を出す形になっている（表2参照）。これはシンガポールの人口を考えると驚異的なことであり、2009-2011年の平均値ではトップ25圏内に入っていないことを考えるとその進捗がうかがえる。トップ10%論文の世界シェア（整数カウント）も、2009-11年段階では1.0%を下回る水準であったが、2019-21年には1.8%を占めるに至っている。なお、基礎生命科学はまだトップ25に入るには至っておらず、2009-11年段階でトップ10%論文の世界シェア（整数カウント）は1.0%を切る水準にあったのだが、これが1.0%を若干上回る水準で緩やかな伸びを見せている。



表2 臨床医学における論文数の比較

【臨床医学】 論文数	PY2019-2021年(平均)			PY2019-2021年(平均) Top10%補正論文数			PY2019-2021年(平均) Top1%補正論文数		
	国名	論文数	人口100万人 当たり	国名	論文数	人口100万人 当たり	国名	論文数	人口100万人 当たり
1	米国	116309	349.9	米国	16907	50.9	米国	2191	6.6
2	中国	64693	44.9	中国	6550	4.5	英国	1000	14.7
3	英国	33597	493.7	英国	6318	92.8	中国	631	0.4
4	ドイツ	26344	315.4	イタリア	4472	73.9	イタリア	621	10.3
5	イタリア	22864	377.6	ドイツ	4147	49.7	ドイツ	610	7.3
6	日本	22423	176.8	カナダ	3440	92.0	カナダ	563	15.0
7	カナダ	20138	538.3	フランス	3002	44.2	フランス	518	7.6
8	オーストラリア	18658	740.3	オーストラリア	2888	114.6	オランダ	442	25.4
9	フランス	16296	239.7	オランダ	2862	164.2	オーストラリア	442	17.5
10	オランダ	14361	823.7	スペイン	2404	51.4	スペイン	412	8.8
11	スペイン	14182	303.4	日本	1989	15.7	スイス	304	35.4
12	韓国	14150	276.2	スイス	1868	217.4	ベルギー	268	23.2
13	ブラジル	10618	50.3	ベルギー	1490	129.1	日本	251	2.0
14	トルコ	10427	125.0	スウェーデン	1462	145.7	スウェーデン	226	22.5
15	スイス	9769	1,137.1	韓国	1219	23.8	デンマーク	200	34.0
16	スウェーデン	8385	835.5	デンマーク	1183	201.3	韓国	173	3.4
17	インド	8294	6.1	ブラジル	1021	4.8	ブラジル	169	0.8
18	ベルギー	6699	580.5	オーストリア	887	99.0	オーストリア	141	15.7
19	台湾	6445	273.1	インド	871	0.6	イスラエル	127	14.9
20	デンマーク	6392	1,087.6	ポーランド	730	19.3	ポーランド	126	3.3
21	ポーランド	5713	150.8	イスラエル	685	80.4	インド	124	0.1
22	オーストリア	4772	532.9	ノルウェー	672	124.9	ギリシャ	115	11.0
23	イラン	4635	55.9	ギリシャ	657	62.7	ノルウェー	108	20.1
24	イスラエル	4327	507.9	シンガポール	619	106.6	シンガポール	98	16.9
25	ノルウェー	3941	732.7	台湾	590	25.0	アイルランド	97	19.9

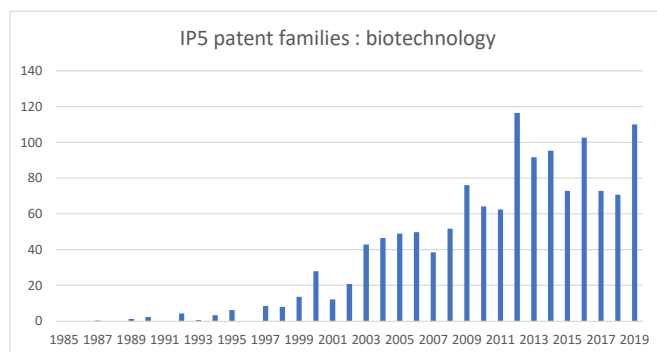
(出典) 文部科学省 科学技術・学術政策研究所「科学技術指標 2023」を基に筆者が加工・作成。(データ元はクラリベイト社 Web of Science XML)

※網掛けをした国は、比較的人口当たりの数字が多い国

なお、シンガポールの大きな特徴は国際共著論文の多さであり、全分野での国際共著論文の比率(3年移動平均)は2020年時点で70%を超える水準にあるが、臨床医学や基礎生命医学といった個別分野でも同程度の比率が見られる。これは上述したように海外人材の招へいなども大きく影響をしている。

次に特許であるが、これは時系列で見ておきたい。図7はBiotechnology分野での特許推移をコロナ禍前までで見ている。

図7 バイオテクノロジー分野における特許の推移



(出典) OECD データ 'Patents by technology' より筆者作成

リサーチャーの増加動向同様、2010年代半ばまで右肩上がりでの推移となっており、ここでも一定以上の成果を見せている。もちろんパテントはどのタイミングで登録するか、という議論もあり、これが研究成果のすべてを表しているわけではなく、年次単位で見れば凸凹も大きくはなるが、論文の掲載状況含め、世界レベルに伍する状況となっていることは確かである。

表3は、表1同様の4ヶ国で人口当たりの推移を示したものだが、R&D支出額同様、全人口当たりでは突出した数字を示している。

**表3 バイオテクノロジー分野におけるパテント数(人口100万人当たり)**

	1999	2009	2019
Belgium	13.4	11.2	15.5
Japan	7.9	9.1	11.1
United States	13.4	10.5	15.9
Singapore	3.5	15.3	19.3

(出典) OECD データ ‘Patents by technology’ より筆者作成

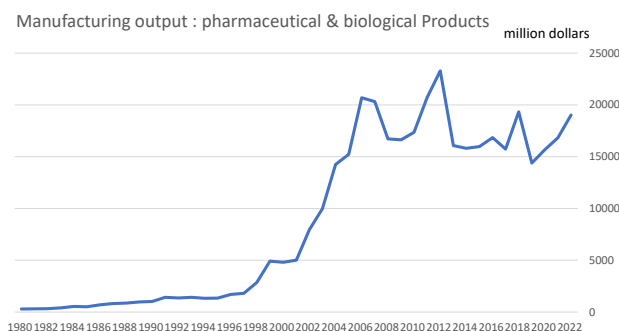
### 第3章 ライフサイエンス産業に関するデータ推移

本項では医薬品及び医療機器に関する産業全体の動きを見ていきたい。シンガポールは、生産においてグローバル展開をする企業のアジアにおけるハブという意味合いも強いいため、生産動向と国全体のリサーチ部門のリンクは必ずしも強くないが、生産拠点としての展開と国全体のリサーチが車の両輪のような形で環境整備に寄与していることが見て取れる。

#### 3.1 生産、労働の動向

まず図8は医薬品産業の生産額の推移である。バイオポリス建設時にはすでに大きな立ち上がりを見せており、そのピークは一度2000年代半ばに訪れている。

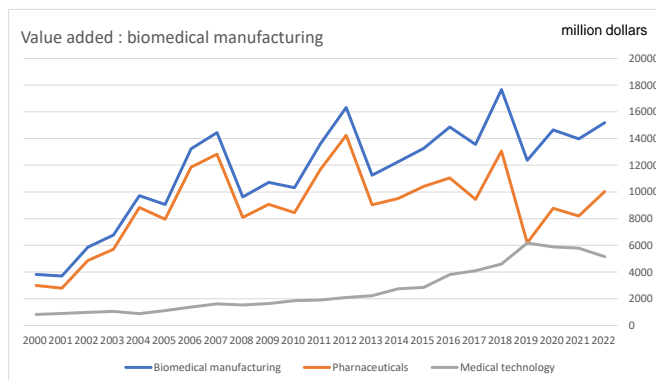
**図8 生産量推移**



(出典) SingStat より筆者作成

同様に付加価値額<sup>2</sup>の推移を医薬品及び医療機器双方を含んだ数字で見えていくと（図9）、こちらも2006年頃が一旦のピークとはなっているが、コロナ禍に入り、医薬品を主体に改めて付加価値が上昇していることが見て取れる。

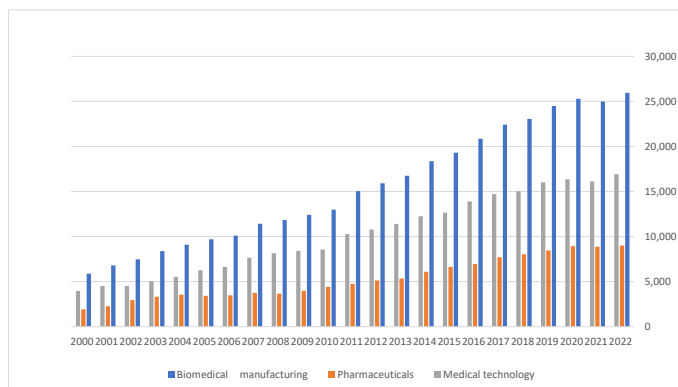
図9 付加価値額推移



(出典) SingStat より筆者作成

そして大事なことは、この業界において雇用者数が累積的に増加してきたことである。リサーチャーについてはグローバル人材も含めて考えると出入りがあるが、産業全体としての雇用者数を見るとローカル人材が必然的に多くなると思われ、またそのキャリアは積み重なっていく。この累積に見合う産業の伸びを作り出せるかは大きな鍵となっていくが、今後新たに企業が進出する際にも人材層の厚みは重要な材料になってくるであろう。

図10 従業員数推移



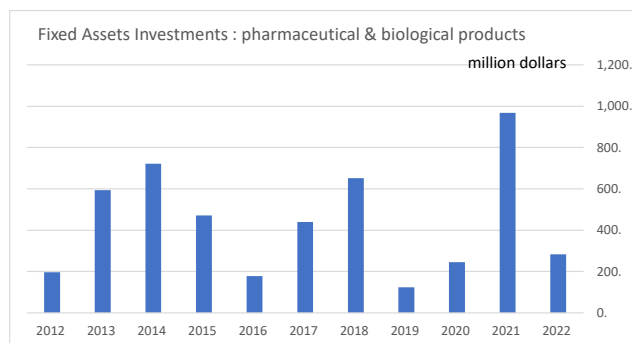
(出典) SingStat より筆者作成

<sup>2</sup> Value added is the net output of a sector after adding up all outputs and subtracting intermediate inputs. It is calculated without making deductions for depreciation of fabricated assets or depletion and degradation of natural resources.

### 3.2 設備投資について

また、従業員数の増加と比較すると固定資産投資自体の伸びは近時限定的にも見受けられる。図 11 は 2010 年代以降の数字をとったものであり、コロナ禍で恐らくワクチン設備増強などに伴う大型投資があったものと思われるが、基本的にはサイクリカルな動きをしており、大型の進出や投資により振れ幅が大きい状況にあると推測される。

図 11 設備投資額の推移



(出典) SingStat より筆者作成

現時点において、欧米各国からの進出国によるシンガポールでの投資回収額が現地資本の形成に回っているかは定かではないが、主に人的資本形成に回っていると考えるのが自然な状況であろう。今後は、ここで形成された人的資本をどのように活かしていくかが重要な局面であり、第 6 章以降でその取り組みが描かれていくこととなる。

### 3.3 中外製薬のシンガポールでの取り組み

さて、数多くの世界的企業が進出するシンガポールであるが、本項では日本企業の展開を通して、その環境整備を見ておきたい。その代表的存在である中外製薬は 2012 年に Chugai Pharmabody Research Pte. Ltd. (以下当社) をバイオポリス内 (Phase3) に設立し、以後、抗体医薬の候補案件を本体に送り込む役割を果たしてきた。この話を現地にて伺った。

当社は 2012 年に日本人及びローカル人材計 50 名弱で開始したが、現在 (2023 年) では 148 名の体制となり、日本人駐在員の比率は 20%弱程度となっている。抗体エンジニアの力もつけるなか、近年では抗体医薬だけでなく、中分子研究も実施をしている。

技術移管の流れとしては、中外製薬からの出向者が数年の赴任期間中に、ローカルでの技術移管を実施してきた。CEO/リサーチヘッドの下にマネージャーが配置されているが、現在はマネージャーへのローカル採用の人材の登用も進めており、その中では当社在籍 8-9 年の人材も出てきている。

現在までにすでに 9 プロジェクトを中外製薬本体の drug development portfolio に貢献してきた。これらのリサーチでは日本から移管する技術のプラットフォームを利用し出向

者とローカル人材が協働してプロジェクトを主導している。

11年間で9プロジェクトを返しているということはかなり早いスピードでの回転となり、生産性は高い。一番進んでいるのが稀少疾患であるPNH (paroxysmal nocturnal hemoglobinuria)<sup>3</sup>治療のためのSKY59/Crovalimabである。来年中国で承認がされればシンガポール発のグローバル承認薬となる。

効率が良い理由の一つとしては規模感があげられ、ワンフロアでの業務となり、マネージャーと研究者の距離が近い。今後はシンガポールローカル人材が主導し、日本にはない視点で取り組み、プラットフォーム技術が開発される可能性も高いだろう。

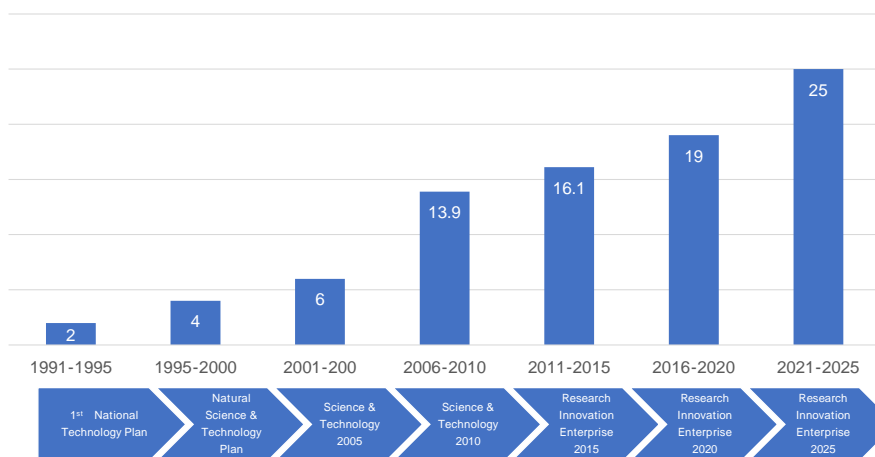
またこの過程ではシンガポール経済開発庁 (EDB) からローカル人材の採用や実験機器の購入時のサポートを受けてきたが、政府からの支援は当社にとって大きな存在であり、またそれが継続されていることも大事である。

シンガポールの魅力として、政府によるR&D支出のほか、バイオポリスなどの環境においてネットワーキングがしやすいことなども挙げられており、進出企業の研究開発においても望ましい環境が提供されていることはこの事例からもよくわかる。

#### 第4章 A\*STARの新たな取り組み

ここからは、エコシステム形成がある程度成熟するなかで、サイエンス、ファイナンス、人材という各側面に沿って、その変遷と課題対応をみていく。最初はサイエンスという観点からA\*STARの歩みを見ていこう。

図12 科学技術振興政策の推移(単位:10億SDル)



(出典) A\*STAR 資料及び National Research Foundation RIE2025 資料より

<sup>3</sup> 発作性夜間ヘモグロビン尿症

図 12 は国家予算における科学技術振興予算の推移であり、非常に大きな伸びを見せている。しかし 2010 年代半ばからは方向性に変化も生じており、その取り組みにつき、先述の A\*Star 内の組織である BMRC の副最高経営責任者である Tan Sze Wee 教授へのインタビューに基づき整理していきたい。

#### 4.1 課題への対応

当初は海外を含めたリサーチャーのリクルートにフォーカスをしてきた A\*STAR であったが、論文における成果が出る中で次のステージに進むこととなった。実際、A\*STAR はもともとアカデミック・エクセレンスを追い求めていたため、論文の発表が主たる K P I であったが、社会実装という観点では、例えばスピノフ自体は 2000 年代については少ない状況であった。

具体的にあった課題としては、大きく分けると①P I (Principal investigator) のトランスレーションそのものへの意識、②事業化/トランスレーションのための資金調達面での課題、③論文発表以降への関心の有無、などが挙げられる。

こうした状況を踏まえ、事業化の展開を研究者任せにするのではなく、事業化のやり方を知っている人にある程度任せていくことがベターである、という方向感が生まれた。またスピノアウトという観点では、自らインキュベーションハブを作り、そうしたプラットフォームを土台に後押ししていく形がとられることとなった。有力な公的病院もすべてここに関わっている。

グラントの対象自体も、以前はリサーチャー側がボトムアップで議論していったが、現在は、戦略的な方向性、科学的なフォーカス、そして国際的な競争市場の状況を踏まえて、トップダウンで決めることになっている。研究すべきトピックは、政府と関連団体全体 (A\*STAR、EDB、Enterprise Singapore<sup>4</sup>(以下 ESG)など) で議論を行い、政府全体で決める形となっている。これらはすべて「如何にトランスレーショナルな形にもっていくか」という目的のためである。

そうした動きの成果として、スピノアウト企業についてバイオテックエリアでは有力な案件の多くが A\*STAR から出てきているようになっている (表 4 参照)。近時までで 200 社のスピノアウトが出てきており、最近では 15 社/年のペースとなっており、当初 10 年間では 10 社以下であったことを考えると、その成果は着実に伸長している。

また、そうした動きを支えるファイナンス面でも SEEDS キャピタル (後述) のような公的な仕組みが多数整えられ、民間ベースでも国内 V C、海外ファンド群が複数存在していることから、環境はかなり整っているといえるだろう。

---

<sup>4</sup> Enterprise Singapore は International Enterprise Singapore と SPRING Singapore の合併によって設立された「企業庁」

表4 主な A\*STAR からのスピナウト・スタートアップ

企業名	創業年	主要な疾患領域／モダリティ
MiRXES Pte. Ltd.	2014	miRNA診断キット
ImmunoScape PTE. Ltd.	2016	TCR(腫瘍特異的 T 細胞受容体)の同定技術／Deep Immunomics プラットフォーム
CytoMed Therapeutics Limited	2018	血液悪性腫瘍など／CAR-T細胞療法
Lucence Life Sciences Pte. Ltd.	2018	がんのスクリーニングと治療選択のための血液ベース検査
Nuevocor Ptd. Ltd	2020	心臓病の遺伝的原因を標的とする新しい治療法の開発

(出典) 各種資料より

#### 4. 2 人材への着目

とはいえこうした動きを進めるシンガポールでも、ベンチャー経験のある人材は不足している。そのため、これを補完する目的で、T-up プログラム（後述）を含め、多くのアントレプレナーシッププログラムも作られてきた。しかしアントレプレナーは失敗確率も高い。そのためA\*STAR ではリサーチャーはベンチャーに出向した後、戻ってくることが許容される、という仕組みを作っている。

現在バイオポリス内には多くのバイオテック、メドテック企業が存在しており、相当数の人員が必要となる。しかし、先程のような形で生まれてきたスタートアップがローカルサーキュレーションを作り始めており、その中で人材が確保され、ガバメント、パブリックセクターだけでなく、スタートアップからの人材で人材供給が生み出される持続可能な環境が生まれてきている。

#### 4. 3 政策の方向性

現在、科学技術政策として走っているのは RIE2025 となるが、ここでは 1) Manufacturing, Trade and Connectivity 2) Human Health and Potential 3) Smart Nation and Digital Economy、4) Urban Solutions and Sustainability、の 4 本が大きな柱になっており、ライフサイエンスについては 2) に含まれる形となる。

全体の予算が図 12 で示されているように 25 ビリオン SGD であり、民間の資金もカウントに入れるとシンガポール GDP の 2.5%が化学向けの R&D に充当されていることとなっている。

そして、Tan Sze Wee 教授のコメントとして印象的であったのが、「こうした 2000 年来の動きは首相やバイオ医療産業の助けによるところが大きい。アカデミック・リサーチ、マンパワー、イノベーション&エンタープライズという軸で省庁間に横串を指すことが国としての推進力向上に必要なことははっきりといえる。」という言葉である。ある種の方向転換を、横串を刺しながら実施できたことは、非常に大きな意義があると思料される。

## 第5章 スタートアップへのファイナンス

前章でも一部触れているが、サイエンスを強化し産業にシームレスに流し込むにはやはりスタートアップへのファイナンスも必要である。では、実際にその投資はどのように推移しているだろうか。

### 5.1 公的な制度

まずシード段階については、制度的観点では非常に充実した状況にあるといえる。列挙する形となるが、A\*STARからは Industry Alignment Fund -Pre Positioning Programme (IAF-PP) や Singapore Therapeutics Development Review (STDR)などのグラントが、そしてESGからは Startup SG Tech と Enterprise Development Grant (EDG)といったグラントが存在している。また National Health Innovation Centre Singapore (NHIC)という組織は、シンガポール全土の公衆衛生機関と協力して臨床イノベーションを特定し、社会実装するために国から任命されたプログラム事務局となるが、ここでも Innovation to Develop (I2D)というグラントが存在し、医療イノベーションに使用される形となっている。

こうしたグラントに加え、ESGは「Startup SG Equity」というスキームにおいて指定されたファンド マネージャーとして SEEDS Capital というプログラムを提供し、民間VCの資金にコファンディングを行う、という仕組みがある。

### 5.2 スタートアップの現況

表5では当該分野で代表的なスタートアップを複数ピックアップしてみた。

表5 当該分野での代表的なスタートアップ(の一例)

企業名	創業年	主要な疾患領域/モダリティ	備考
TauRx Pharmaceuticals Ltd.	2008	アルツハイマー病/tau凝集阻害剤 (TAI)	主な研究施設はスコットランドのアバディーン
Wave Life Sciences Ltd	2012	遺伝性疾患/核酸治療技術	2015/11上場(ナスダック)/日・新日本科学が設立に関与/2022年英GSK社が同社製品導入
MiRXES Pte. Ltd.	2014	miRNA診断キット	A*Starからのスピナウト企業
Lion TCR Pte. Ltd.	2015	肝細胞がん/TCR-T細胞療法	A*STARの研究が基盤/FDAファストトラック指定
Hummingbird Bioscience Pte. Ltd.	2015	複数の固形がん/Rational Antibody Discoveryプラットフォーム	A*Star(EDDC)と新規抗体を共同開発する提携を締結(2021/5)
Biofourmis Holdings Pte. Ltd.	2016	個別化AIを用いた健康状態の解析プラットフォーム	米ボストンに本社/中外製薬と子宮内膜症関連疼痛に関するパートナーシップを締結(2023/3)
MediSix Therapeutics Pte. Ltd.	2016	T細胞悪性腫瘍/遺伝子編集技術	Lightstone Ventures Singaporeにより設立
ImmunoScape Pte. Ltd.	2016	TCR(腫瘍特異的T細胞受容体)の同定技術/Deep Immunomicsプラットフォーム	A*Starからのスピナウト企業
Enleofen Bio Pte. Ltd.	2017	非アルコール性脂肪性肝炎(NASH)や間質性肺疾患(ILD)を含む線維症/抗体治療薬	シンガポール国立心臓センター、シングヘルスおよびデューク NUS 医科大学の研究に基づき設立
SCG Cell Therapy Ptd. Ltd.	2017	ヘリコバクターピロリ、HPV、HBV、EBVなど/T細胞療法、抗体、治療用ワクチンなど	A*starと協力協定締結
CytoMed Therapeutics Ltd	2018	血液悪性腫瘍など/CAR-T細胞療法	2023/04上場(ナスダック)/A*Starからのスピナウト企業
Lucence Life Sciences Pte. Ltd.	2018	がんのスクリーニングと治療選択のための血液ベース検査	A*Starからのスピナウト企業
Nuevocor Ptd. Ltd	2020	心臓病の遺伝的原因を標的とする新しい治療法の開発	A*Starからのスピナウト企業
Paratus Sciences Singapore Pte.Ltd.	2021	コウモリの免疫学に基づく研究/抗炎症薬	Duke-NUSと同社はヒト用抗炎症薬で共同開発

(出典) 各種資料より筆者作成



足下のベンチャー投資額は若干件数ベースでは足踏み状況ではあるが、それでも業種的にはR I E 2025 の区分における Smart Nation and Digital Economy 分野に次いで2 番目の位置づけにあり、資金は十分入ってきているといえる。

近時の案件としては、LION TCR、Miraxes、ImmunoScape などが大きめのシリーズ A ラウンドを実現しており、2010 年代の後半からのファンディング実績は、浮き沈みはありつつも積みあがってきている。ただし、シリーズ B に行く際には、より国際的なファンディングが志向されるようでもある。

一方、エグジット事例の積み上げはまだこれからであり、シンガポールのベンチャーはいまのところ IPO の前例は乏しく、またシンガポール証券取引所も小さいので、NASDAQ なり香港を選択する傾向にある。同時に IPO やライセンスは盛んに目指されているが、出口としての M&A 想定はまだ多くはない。

### 5. 3 VC の動向

こうしたファンディングを支えるのが、公的な助成に加え、ローカル及び米国などからの VC となる。シンガポールにおいてユニークであったのが、こうしたマーケットが出来上がっていく過程で海外 VC の招へいがなされたことであろう。これは言語障壁もあるが、日本では見られなかった展開である。

アーリーステージのときはシンガポールだけで完結していてもよいが、Clinical Stage に入って以降は海外志向をもたねばならないということで 2016 年に米 Lightstone ventures がテマセクとともに Lightstone Singapore を設立し、協業を開始した。そして、その取り組みの中から幾つかの案件が生まれてきたが、ローカル化の流れとしてライフサイエンス専門ファンドとして ClavystBio がテマセク傘下に設立されている。

更にここから新たに Lightstone Ventures, Evotec SE, Leaps by Bayer, Polaris Partners, the Polaris Innovation Fund とのコラボレーションのうえ、65Lab<sup>5</sup> という取り組みも 2023 年 10 月に始まっている。

シンガポールは VC にとってもアジアのハブであり、その意味ではライフサイエンスファンドがアジアの拠点をシンガポールにおいても、地場への投資がなされるかどうかは、まさにどれだけ魅力的なスタートアップが存在するかにも依る。

逆に、シンガポールから生まれた技術であっても米国などでよりグローバルな展開を行う形を選ぶケースもある。グローバルなエコシステムへのコネクはスタートアップ及び VC とともに大きなテーマであるが、少しずつ地場からグローバルへ、という土台が出来つつある。

---

<sup>5</sup> アカデミア (A\*STAR、NUS、DukeNUS) からのアイデアを内外の VC 陣が資本とネットワークを提供することでグローバルシンジケートにつなげられるように動き、実際のドラッグディスカバリーには独 Evotec 社の協力を仰ぐ、一種のコンソーシアム。

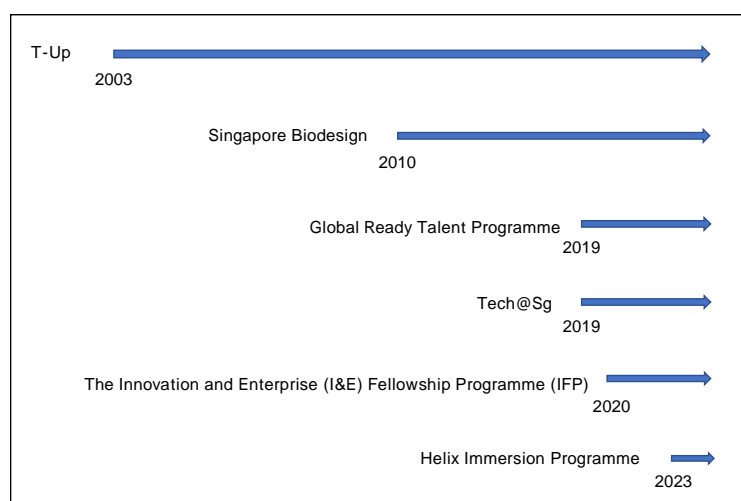
## 第6章 人材育成

そして、第4、5章でも言及してきたように、人材育成はここシンガポールでも大きな注目ポイントとなっている。もちろん人材育成や人材招へいに関するプログラムはライフサイエンス向けに必ずしも特化したものではなく、産業のカバー領域は各々であるが、ある程度集中的にそうしたプログラムが立ち上がっている過程を見ておきたい。

### 6.1 人材の育成や招へいに関するプログラム整備

まず、ある程度業種を問わず、ということになるが、様々な人材登用プログラムやアントレプレナー育成支援に関するプログラムのスタート時期を図13で示しておく。

図13 プログラムのスタート時期



(出典) 筆者作成

A\*STARにより運営される The Technology for Enterprise Capability Upgrading (T-UP) では、A\*STAR から研究員が会員企業に最長2年間派遣され、技術顧問の役割を果たす。技術アドバイザーは技術アップグレード戦略についてアドバイスし、技術ノウハウとスキルの移転を実施するが、これは派遣されるリサーチャーにとっても貴重な現場体験となる。

より直接的なライフサイエンス向けのアントレプレナー育成という観点では、シンガポール Biodesign プログラム from Stanford が代表的な存在となろう。2010年にStanford大、A\*STAR、EDB Singaporeによるジョイント・パートナーシップが結ばれ、2011年にフェローシップが開始、2018年からはシンガポール・バイオデザインという形に移行している。このプログラムからも徐々に企業が生まれるとともに、毎年5-10名のフェローが輩出され、その人材こそがプログラムの成果ともいわれている。

ESGも様々なプログラムを用意している。2019年に開始された Global ready talent programme ではインターンや海外での仕事を提供、またEDBと共同で運営する Tech@Sg というプログラムでは、シンガポールの企業の中核チームの一員として雇用される外国人従

職員に対して、2年間で最大10件の新規EP(雇用パス)を提供する形をとっている。そして、直接的な人材育成としては、ディープテクノロジー人材のプール拡大を企図し、The Innovation and Enterprise (I&E) Fellowship Programme (IFP)というプログラムを2020年に開始した。12~18か月の間に、指定されたIFPパートナーにおける実務研修を通じて、専門家がテクノロジーの商業化スキルを開発できるように訓練されるものである。

## 6.2 Helix Immersion Programme

ここまで述べてきた人材育成プログラムのうち、T-upやSingapore Biodesignを除くと業種のカバー範囲はテクノロジーを主体に多岐にわたるが、ライフサイエンスに特化したプログラムとして、SGInnovateの取り組みに着目したい。

SGInnovate自体は2016年に設立されたディープテックの起業家をサポートするシンガポール政府所有の投資家であり、エコシステムビルダーである。人材育成という観点でも、様々なパートナー企業とのコラボレーションに基づきプログラムを走らせておりStudents & Graduates向けのプログラム(Summation)やWorking professionals向けのプログラムが存在している。

その最新の取り組みの一つがHELIX Immersion Programmeであり、シンガポールのバイオメディカル分野向けの人材パイプラインを構築することを目的としている。SGInnovateのTalent部門、そのDeputy Director (Human Health & Potential)であるDr. Vanessa Dingのコメントを以下に掲載する。

*Helix Immersion* プログラムは、シンガポールのバイオメディカル分野における人材のギャップを埋めるために設計された。このプログラムが提供する *immersive learning opportunity* (没入型学習の機会) は、その人材が関連する業界での経験を積むためのプラットフォームを提供すると共に、企業が人材パイプラインを開発する道も作り出す。

このプログラムは、資金調達や臨床開発など、商業化のための様々な段階にわたるテクノロジーの進歩を体験できる貴重なプラットフォームを提供する。私たちは、各々の人材にとってキャリア初期段階でこれらのプロセスの複雑さについての教育を提供することが重要だと考えている。そしてこうした感覚は、より広範にエコシステム内で認識が高まっている。A\*STAR、大学、その他の政府機関など様々なコミュニティの関係者が協力して、このギャップを埋めるための適切なプログラムを作成しており、*Helix Immersion* プログラムはこうした状況に新しく加わったものである。

こうしたエコシステムへの取り組み成果が形になるまでには時間がかかるかもしれない。しかし、その潜在的なインパクトは長期的には私たちのエコシステムを強化するでしょう。

Dr. Dingの氏の話をもとに、ライフサイエンス特有の研究環境に対応した人材育

成が志向されていることがわかると同時に、そうした人材の育成がエコシステム形成における喫緊の課題となっていることがよくわかる。この点については、まったく同様の課題を日本でも抱えている。

## 第7章 「トランスレーションへの集中」が持つ意味

ライフサイエンスにおけるエコシステム形成に必要なことはある程度共通している。「サイエンスを強くすること」、「トランスレーショナルなプロセスを導入すること」、「これを支える人材育成やその循環」、といったところであろう。同時に、こうした要素は、米国を除けば、皆同時に「揃っている」わけではないため、国毎に、どのタイミングでどのポイントに力を入れていくかは異なる。本章では、シンガポール及び、前レポートの事例であるベルギー、そして日本とも対比を行いつつ、トランスレーションが主たるテーマになっていくとプロセスと対応方法を見ていきたい。

### 7.1 シンガポール、ベルギー、日本の比較

図14はベルギー、日本との間で、リサーチにおける投資額、VCファンディングの状況、そして産業の規模感<sup>6</sup>の推移を並列させ、各々がどのように立ち上がってきたかを図示した。

各々のデータの絶対値などが異なること、特にVC投資については過去からの正確な金額のトレースが国によっては困難ことなどから、相対的な比較を行うためのイメージ図を掲載していることなど、様々な限界はあることはご容赦を頂きたい。

図14を見ると、シンガポールとベルギーはリサーチ力への資本投下を重要視し、シンガポールはこれを一気に、ベルギーは継続的に実施してきた。そのどちらもが一定の成果を残していることは、表2の「臨床医学における論文数の比較」における人口当たりの論文数を見てみればわかるだろう。

また産業の立ち上がりはシンガポールでは外資の呼び込みという側面が強く、一時期にインテンシブに行われた。ベルギーではすでに一定の企業が存在していたため、徐々にEUにおけるハブとしての立場を強めていったことがわかる。

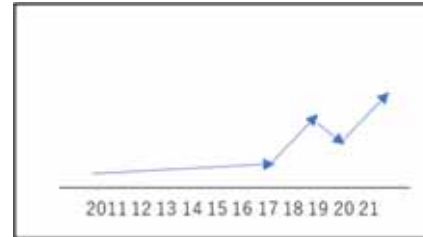
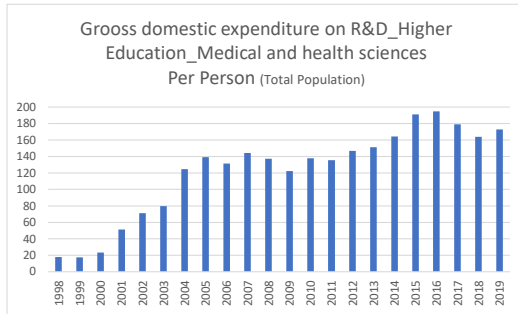
一方、日本の人口規模はシンガポールの約30倍、ベルギーの約10倍あり、自国市場も成熟しているため、単純な比較は困難であるが、産業自体はかなり長期で横這いトレンドにあり、サイエンスへの資本投下についても緩やかな増加にとどまっている（ただし国外での展開は大幅に伸長してきた）。

---

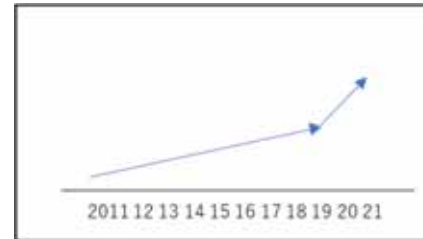
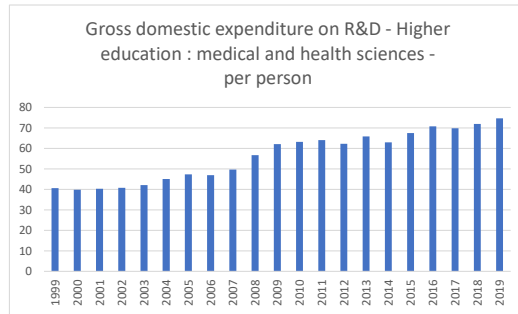
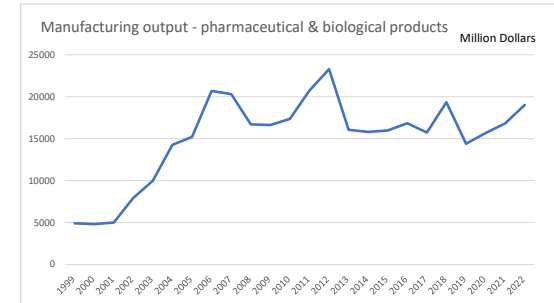
<sup>6</sup> 本来であれば、国内での循環を考えれば、エコシステムの出口としての国内企業の売上または投資実績などを積算する、もしくはグローバルなエコシステムの一部として位置づけであれば、IPOやM&Aが実現した際の価値の積算などを比較することが望ましいと思われるが、入手可能なデータに限界があるため、今回は各国の生産量で代替をすることとした。

図 14 3ヶ国のイメージ図 [左:R&D費用、中央:VC投資額、右:生産量]

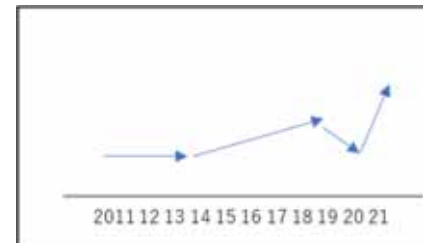
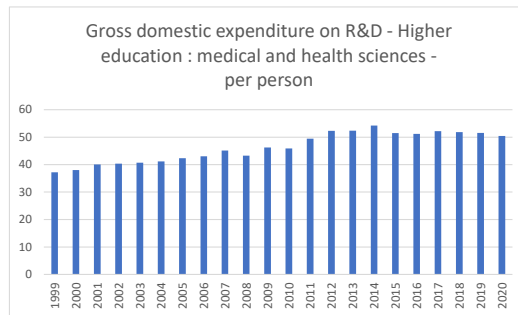
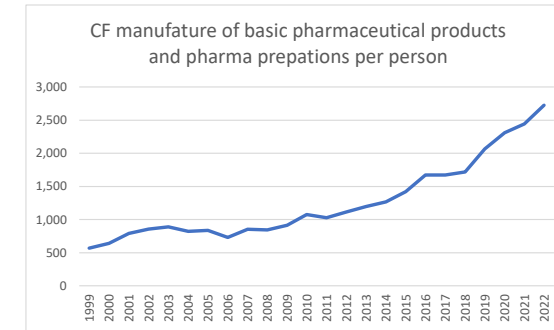
(出典は本文に記載)



-Singapore-



-Belgium-



-Japan-

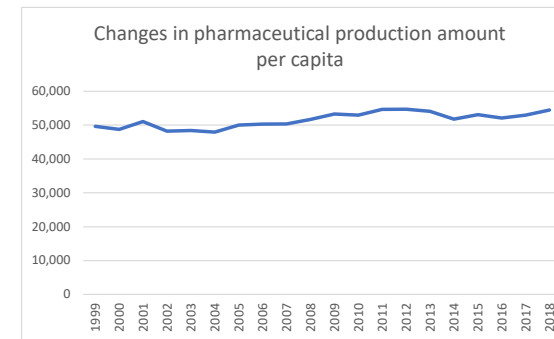


図 14 の諸元

[R&D 費用 (一人当たり)]

OECD データ ‘Gross domestic expenditure on R&D by sector of performance and field of R&D ’ 及び各  
国人口に基づき筆者作成

[VC 投資額]

日本、ベルギーについては前レポートを参照 (ただしベルギーはEU全体をなぞらえたものとして記載)。  
シンガポールについては Singapore Venture Funding Landscape や各種記事に基づき作成。

[生産量 (一人当たり)]

シンガポール: SingStat より Pharmaceutical & Biological Products に関する Manufacturing output 採用。  
ベルギー: NBB.Stat (National Bank of Belgium) より basic pharmaceutical products and pharmaceutical  
preparations に関する Output (at basic prices) 採用。

日本: 薬事工業生産動態統計年報より医薬品生産金額を採用 (ただし 2020 年以降、統計手法が変更となってい  
るため、その前年までの掲載にとどめた)

そうした意味では、各国とも 3 者 3 様の展開を見せているのだが、ことトランスレーシ  
ョンという意味では、近年までは立ち上がりが遅れ、投資額が大きく上昇し始めたのはい  
ずれも 2010 年代半ば以降、という意味では共通している。

図 15 でこうしたバランスを簡単に整理しているが、リサーチ力強化が引っ張る形であ  
れ、産業規模の強化が引っ張る形であれ、「トランスレーション」に関するスムーズな体  
制作りはどの経路でも時間を要してきたわけであり、図 15 の四角囲み部分は自然発生的  
には起こりえないことは確かである。ただし、やや逆説的であるが、四角囲み部分が「課  
題」となる前提として、サイエンスがグローバルでも一定の地位を占め、同時に産業界か  
らの人材提供も可能となるだけの基盤が出来ること、は必要であろう。

図 15 各国のフェーズ毎の立ち上がり

	リサーチ (R&D費への支出)	トランスレーション (VCからの投資)	生産規模
Singapore	急激に実施	2017年頃から増加	一時期に集中的に増強
Belgium	徐々に増加	2010年代かけて増加傾 向で、後半に特に増加	拡大が長期的に続く
Japan	長期的に横這(2000年代 前半に微増)	2014年頃から増加	長期的に横這(ただし企業 としては海外生産進む)

(出典) 筆者作成

前レポートにおいては、グローバル企業の成長ペースと、VC市場の立ち上がりやサイエンスの強化度合いに関する大掴みでの比較を試みたが、北米においてすらVC市場の拡大はグローバル企業の拡大に追随する形で起こったもので、出口が明確化され、役割分担が進むなかで市場が整備されていったと考えられる。そうしたグローバル企業へのアプローチが北米に比べて遅れる傾向にある各国で、トランスレーションの遅れが起こることはある程度やむをえないことでもあろう。

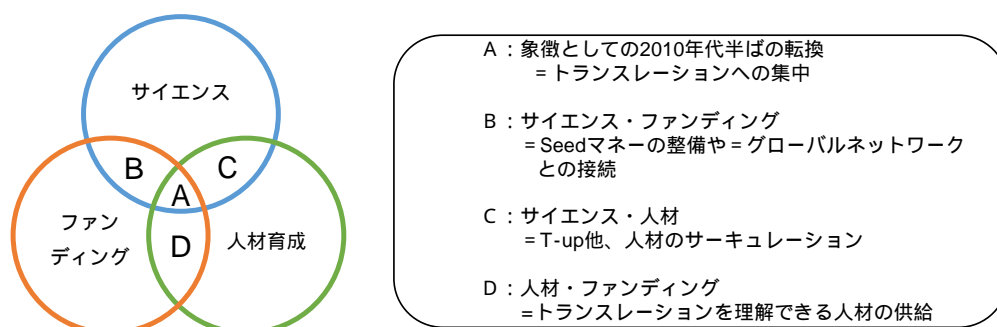
## 7.2 シンガポールの取り組みの特徴

一方、前提がある程度揃うなか、集中的にトランスレーショナルなプロセスを構築せんとした場合、シンガポールにおいて起こっている事象は非常に合理的である、と感じられる。

それは、政策、ファンディング、人材教育への狙いが同じ方向を向き、互いに重なりあう部分が多く出てきているからであり、同時に各分野でのローカライズが進んでいることが伺えたからであろう。

図16はその重る部分を図示してみたが、その中心にあるのは「2016年の転換=トランスレーションへの集中」である。

図16 シンガポールのエコシステムの特徴



(筆者作成)

同時にシンガポールで起こっている事象の中には、時間軸は異なるもののベルギーと共通する要素が存在している。

それは、

- 1) 「サイエンス強化、その後のトランスレーション強化」というメッセージの明確さ
- 2) 大学間や省庁間で横串を刺し、エコシステム形成を図ろうとする点
- 3) 産業強化の中で生じる人材循環の享受
- 4) 自分たちが出来る範囲を見極める中で、グローバル・エコシステムへのコネクトを志向している点

といった点であり、これらが実践的なプログラムに落とし込まれている様子が両国に強く見られる。

当然これらは日本でも志向をされている点ではあるのだが、研究にしても、産業強化にしても、今のような役割分担やグローバルなエコシステムの形成という事象が生じる前に一定の環境が整備されていたため、目下の流れに移行しにくいという難所があるろう。

### 7.3 トランスレーション実現のプロセス

ライフサイエンスにおいて目標とすべきは、より良い医薬品、医療機器、医療サービスを適切に患者もしくは将来的な患者に届けることにある。そして、サイエンスレベルでの発見をより効率的に届けるべく、エコシステムという名の役割分担が発展してきたというのが筆者の理解である。もちろん、その中には経済的な必要性が含まれていることは言うまでもない。

これをいち早く形にし、ある種の暗黙のルール化を図っていったのが北米、特にボストンや西海岸などで形成されているエコシステムともいえるが、その中で役割分担の手法も年を追って多岐にわたり、変化をしていくため、実証的に成功の要因などを突き止めることは容易ではない（もちろん、このプロセスの中の個々のパートでは実証的な検証もなされており、例えば産学連携においてそうした様々な論文上の取り組み<sup>7</sup>は確認が出来る）。

本ディスカッションペーパーは、前レポートに続きケーススタディに頼る形とはなっているが、各インタビューにおいて浮上するのは、幾つかの成功例とその先にある「今後の課題」となる。本ペーパーは、その課題の検証を積み重ねながら、実践的な工夫を見出そうという取り組みを継続するものである。

ベルギーについては、前レポートで Vlaams Instituut voor Biotechnologie (VIB) など代表されるサイエンスに横串を刺した展開と産業の中期的な拡大がバランスのとれた形で推移し、これをより効果的にするために人材育成が盛んになっているという事例を取り上げた。そして、そこでは産業内での人材循環が補完的に機能すべく、方向づけもなされている。

今般のシンガポールにおいても、省庁を跨ぐような形でトランスレーションの必要性に辿り着いたうえで、ベンチャーファンディングについてはグローバルネットワークとの接続を活用しつつ、同時にローカルでの人材育成を強化する形となっている。ここでも産業における雇用の増加は、この取り組みの発展を補完的に支えていくように見受けられる。

時間軸の多少の違いはあるが、それらはエコシステム形成において、必要不可欠な動きをとってきたものと思われる。

---

<sup>7</sup> Michele O'Dwyer, Raffaele Filieri & Lisa O'Malley, 2022, 'Establishing successful university-industry collaborations: barriers and enablers deconstructed', The Journal of Technology Transfer



しかし、そこまで進んでもまだ、どのような形をとれば人材育成が可能か、そしてそれはどのようにトランスレーションに寄与するか、ということ是不確かである。

トランスレーションにおいては、具体的には、1) 研究から開発への切り替えタイミングの見極め、2) その際の出口の適切な設定、3) これにあわせた特許戦略やグラントに関する設計、などを、各ステークホルダーが一定の認識共有をしながら実践していくことが必要である。しかし、こうした事柄が本当に教育可能か（属人的なものではないか）、よりOJTなものか、もしくはアドバイザーも含めた集合知的なものか、ITなどがより有効活用されるべきものか、などについては現時点では必ずしも明確な解はないようにも見受けられる（モダリティの変化と共にその正解が変わり続けている、という側面もあるだろう）。

そうしたテーマにトライをしているのが、シンガポールにおいてはT-upやBiodesign、Helixなどのプログラムであると考えられ、ベルギーでもSBS設立などの動きであろう。そして、そうしたテーマへの日本的展開については、ここでのケーススタディなどをベースにしながら、新たに「経済経営研究」などを作成し、検討していくことしたい。

最後になるが、本稿を仕上げる最大のモチベーションは、シンガポールで行った各ヒアリングにおいて感じた「将来への期待感」であった。手放しの期待感ではなく、課題があるが、その先が期待できるという趣旨のものであり、それは本稿でも述べてきた「一定の方向感の共有」と重なるものとも思われる。

本稿で名前を挙げた方以外にも多くの方にお話を伺うなかで感じる事が出来たものであり、強く感謝を申し上げたい。

## 【参考文献】

National Research Foundation, 2020, *Innovation and Enterprise 2025 Plan*.

Agency for Science, Technology, and Research, Annual Report.

University of Cambridge, 2021, *Singapore's Biomedical Cluster*, Cambridge Industrial Innovation Policy.

DealStreetAsia (in partnership with Enterprise Singapore), 2022, *Singapore Venture Funding Landscape 2022*.

Michele O'Dwyer, Raffaele Filieri, Lisa O'Malley, 2023, *Establishing successful university–industry collaborations: barriers and enablers deconstructed*, *The Journal of Technology Transfer* (2023) 48:900–931.

Angus Liu, 2023, *20 years in, Singapore still searches for its biotech success story*, Fierce Biotech article.

Tatsufumi Aoyama, 2023, 'Structure and Ingenuity of Ecosystem Formation in Life Science—System Formation in Belgium and Challenges in Japan', *Economics Today*, Vol.44, No.1, Development Bank of Japan Research Institute of Capital Formation.

小林治・津田憂子, 2016, シンガポールの科学技術情勢, 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海外動向ユニット

杉井重紀, 2021, 科学技術エンタープライズ国家を目指すシンガポールで起業する, 産学官連携ジャーナル(2021年2月)

(一財)自治体国際化協会, 2021, シンガポールの政策 令和3年度(2021年度)改訂版

青山竜文, 2021, 「ライフサイエンスのエコシステム形成に何が必要か」, (一財)日本経済研究所 日経研月報 2021年9,10月号

青山竜文, 2023, 「ライフサイエンスにおけるエコシステム形成の構図と創意工夫〜ベルギーでのシステム形成と日本の課題対応」『経済経営研究』, Vol. 44, No. 1, 日本政策投資銀行 設備投資研究所

DBJ Discussion Paper Series, No. 2301

**Life Science Ecosystem Formation in Singapore  
The Process of Focusing on Translation**

**Tatsufumi Aoyama**  
**(Research Institute of Capital Formation, Development Bank of Japan)**

March 2024

Discussion Papers are a series of preliminary materials in their draft form. No quotations, reproductions or circulations should be made without the written consent of the authors in order to protect the tentative characters of these papers. Any opinions, findings, conclusions or recommendations expressed in these papers are those of the authors and do not reflect the views of the Institute.

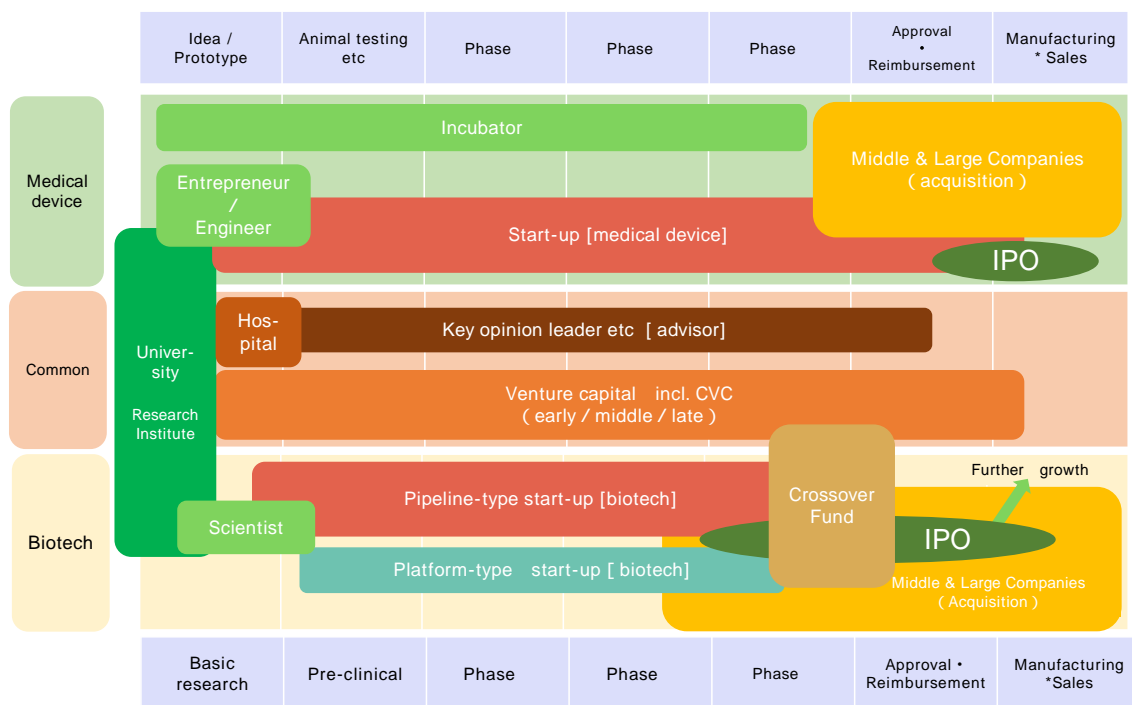
## Life Science Ecosystem Formation in Singapore — The Process of Focusing on ‘Translation’ —

### Introduction

This discussion paper examines issues discussed in ‘Structure and Ingenuity of Ecosystem Formation in Life Science: System Formation in Belgium and Challenges in Japan’ (Economics Today, Vol. 44, No. 1, ‘the previous report’) published in April 2023, based on a new case study.

As shown in Figure 1 at the beginning of the previous report and reproduced here, the global life science ecosystem is structured in a way that each country adapts to.

**Figure 1 Overview of the life science ecosystem**



Created by the author.

This paper qualitatively examines the direction of the transition and how to deal with it through the challenges and responses in the life science ecosystem formation that Singapore has been rapidly implementing. It highlights the issues in the ecosystem formation that are occurring in various regions, contrasting them with those of Belgium, the case in the previous report, and attempts to lay the groundwork for considering practical responses.

Translation, which is the main theme of this paper, means the social implementation of science, and it should be understood as the process depicted in Figure 1.

## Chapter 1 History of Science and Technology Policy in Singapore

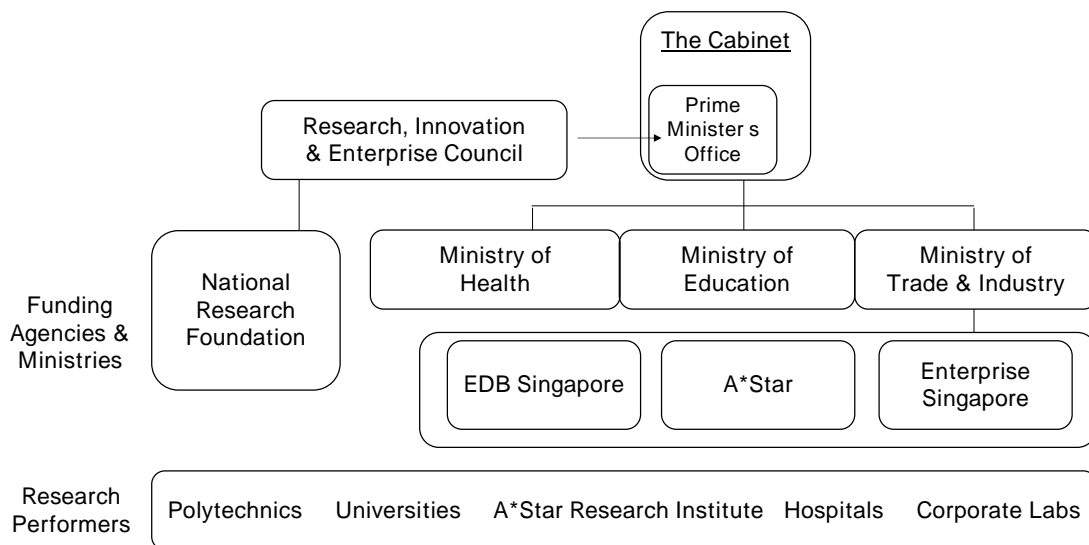
In this chapter, I would first like to briefly summarise the history of life science ecosystem formation in Singapore.

### 1.1 R&D promotion policy

In Singapore, the National Science and Technology Board (NSTB) was established in 1991 to focus R&D investments to support knowledge-intensive and innovative economic development. The first National Technology Plan (1991–1995), formulated in 1991, was budgeted at S\$2 billion and expanded to S\$4 billion in the second plan five years later, targeting IT, electrical equipment, water, and the environment.

Biomedical and engineering fields emerged from the third plan in 2001, which was reviewed after the Asian financial crisis, following the initial development of the electronics industry. As part of this, the Singapore Agency for Science, Technology and Research, commonly known as A\*STAR, was established under the Ministry of Trade and Industry in 2002. The current national R&D framework is shown in Figure 2.

Figure 2 National R&D framework



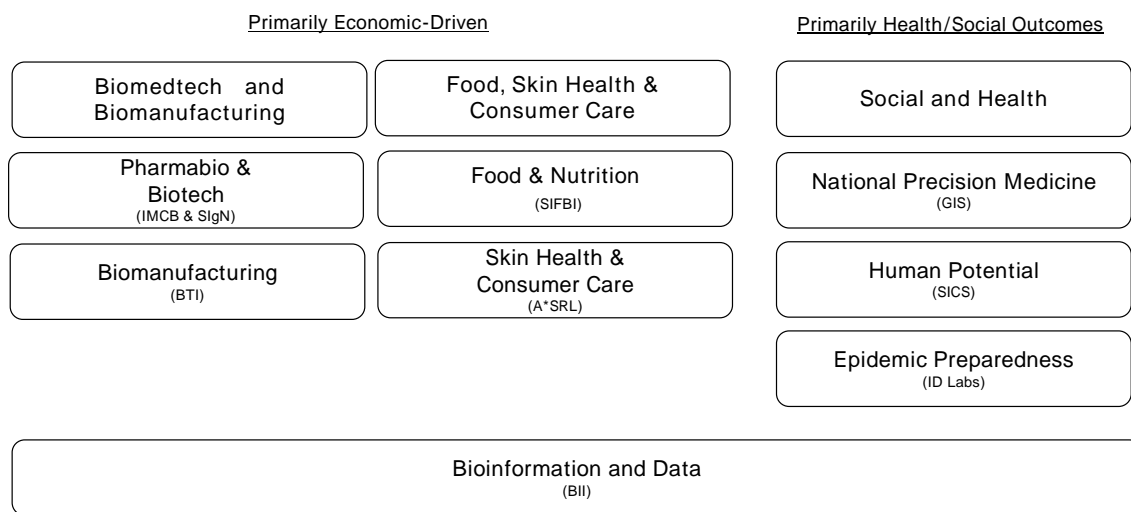
Source: Created by the author from the National Research Foundation website, etc.

A\*STAR is a research and development organisation that now has a staff of more than 6,000, including more than 4,700 researchers. The organisation includes The Biomedical Research Council (BMRC), The Science and Engineering Research Council (SERC), and A\*STAR Graduate Academy, which provides scholarships and runs various human resource development programmes.

The BMRC is an important organisation for life science research. There are nine research

institutes under the BMRC<sup>1</sup>, and their research missions are shown in Figure 3. How A\*STAR changed its approach will be discussed in Chapter 3.

**Figure 3 BMRC research areas**



Source: A\*STAR material.

## 1.2 Industrial promotion policy

In parallel with this R&D framework, an industrial cluster of seven buildings called Biopolis was established in 2003 by JTC Corporation, an industrial park development company under the Singapore government.

Tax breaks and subsidies have been provided to biotech companies to encourage their entry into the area and development of the cluster. It is already 20 years old, and after six establishment phases, it is now the core of Singapore's biotech industry.

Biopolis mainly focuses on headquarters and R&D functions, but manufacturing bases have been consolidated in the western area. In the pharmaceutical industry, the specialised industrial park Tuas Biomedical Park was established in 2009, and companies such as Merck, Novartis, and Pfizer have expanded into the area. For example, in 2021, Sanofi announced that it would invest €400 million to set up a state-of-the-art vaccine manufacturing facility over the next five years.

In terms of medical devices, an area called Medtech Hub was completed in 2014 at the Tucan Innovation Park, a medical industrial park in Jurong, also in the west of the country, and a

<sup>1</sup> A\*STAR Infectious Disease Labs (ID Labs), A\*STAR Skin Research Labs (A\*SRL), Bioinformatics Institute (BII), Bioprocessing Technology Institute (BTI), Genome Institute of Singapore (GIS), Institute of Molecular & Cell Biology (IMCB), Singapore Immunology Network (SigN), Singapore Institute for Clinical Sciences (SICS), Singapore Institute of Food and Biotechnology Innovation (SIFBI).

manufacturing base has been established along with pharmaceutical facilities.

Through these efforts, many companies have established Asian headquarters in Singapore, along with 60 other factories and 30 R&D centres.

**Figure 4 Accumulation areas, such as major clusters**



Created by the author based on information in the public domain.

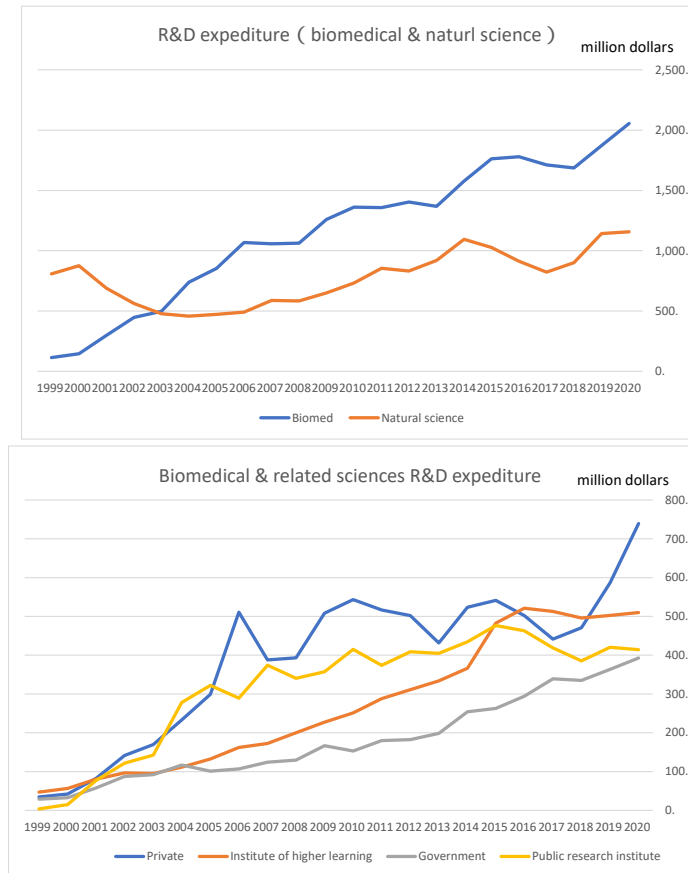
## **Chapter 2 Trends in Research-related Data**

Now, I would like to use objective data to see how the numbers have actually changed. In this chapter, I would like to collect the main data from the Singapore government's SingStat and the OECD.

### **2.1 Research environment**

First, I look at R&D spending over the past 20 years. As can be seen in Figure 5, in the biomed domain, the growth has increased to the right. However, if I look at the figures by sector, the growth of universities and public institutions has been somewhat flat since the mid-2010s, which may be due to the fact that the methodologies that these institutions focus on have changed. On the other hand, this does not mean that the overall growth is stagnant. Growth in the private and government sectors is supporting the biomed upswing. This is particularly healthy in the sense that private sector growth is supporting R&D cost growth.

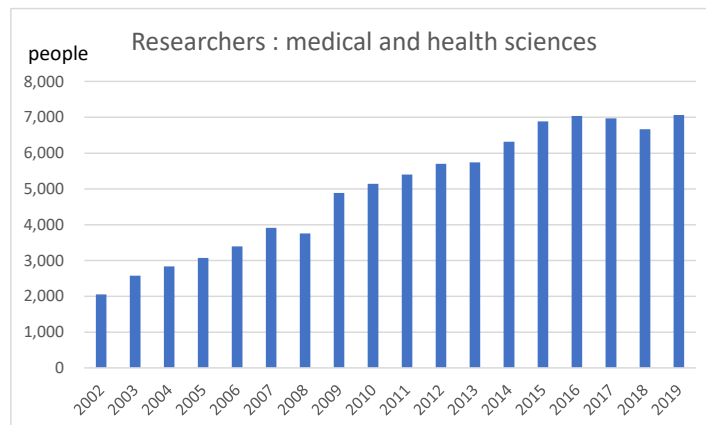
**Figure 5 Life science–related R&D costs in Singapore, by sector**



Source: SingStat.

The development costs are also allocated to hiring researchers, whose growth can be summarised as follows: Company’s efforts to strengthen human resources, including the invitation of overseas personnel, were resulting in upward growth as of around 2015.

**Figure 6 Trends in the number of researchers in the medical and health sciences fields**



Source: OECD data, ‘R&D personnel by sector and major field of R&D’.



This figure, like R&D spending, has been flat since the mid-2010s, but it is assumed that it is largely due to a change in the direction of life science sector support, which will be discussed later.

However, it is important to point out the scale of R&D costs. Singapore’s population was projected to be 5.64 million in 2022. Meanwhile, in the context of strengthening the life sciences industry since 2000, the country has implemented very intensive spending in terms of R&D per capita. I would like to compare this situation with that in Belgium, which was mainly discussed in the previous report, as well with those in Japan and the United States (however, they are not included in the OECD data for the last 20 years) on a 10-year basis.

As can be seen in the figures in Table 1, a very large amount of money has been spent by higher education institutions relative to the population, which shows their outstanding focus.

**Table 1 R&D expenditure—medical & health sciences—higher education in Belgium, Japan and Singapore** (unit: US dollar, 2015)

R&D expenditure on medical and health sciences (higher education)

	1999		2009		2019	
	Population	R&D expenditure per capita	Population	R&D expenditure per capita	Population	R&D expenditure per capita
Belgium	10,226,419	40.6	10,796,498	62.1	11,462,023	74.6
Japan	126,686,000	37.2	128,031,514	46.2	126,555,078	51.6
United States	279,040,168	39.3				
Singapore	3,958,723	17.5	4,987,573	140.0	5,703,569	172.7

**Source: Compiled by the author from OECD data, ‘Gross domestic expenditure on R&D by sector of performance and field of R&D’.**

## 2.2 Outcome trends

Of course, the outcomes generated by these human resources are important. Let us look at this in terms of the number of papers and patents.

First, in terms of journals, I look at the situation in clinical medicine and basic life sciences in this field. In terms of clinical medicine, the average number of top 10% cited papers and the number of top 1% cited papers from 2019 to 2021 ranked in the top 25 in the world (see Table 2). This is remarkable considering the population of Singapore, and the progress can be seen considering that the average number from 2009 to 2011 did not rank in the top 25. Also, the global share (in whole numbers) of the top 10% papers was below 1.0% from 2009 to 2011, but reached 1.8% from 2019 to 2021. Basic life sciences has not yet reached the top 25, and the global share (in whole numbers) of the top 10% papers was below 1.0% from 2009 to 11, but more recently this has been slightly above 1.0%, showing moderate growth.

**Table 2 Comparison of the number of papers in clinical medicine**

[Clinical medicine]

	PY2019-2021 (average)			PY2019-2021 (average)			PY2019-2021 (average)		
	Country	Papers	Per Capita	Country	Papers	Per Capita	Country	Papers	Per Capita
1	U.S.	116309	349.9	U.S.	16907	50.9	U.S.	2191	6.6
2	China	64693	44.9	China	6550	4.5	U.K.	1000	14.7
3	U.K.	33597	493.7	U.K.	6318	92.8	China	631	0.4
4	Germany	26344	315.4	Italy	4472	73.9	Italy	621	10.3
5	Italy	22864	377.6	Germany	4147	49.7	Germany	610	7.3
6	Japan	22423	176.8	Canada	3440	92.0	Canada	563	15.0
7	Canada	20138	538.3	France	3002	44.2	France	518	7.6
8	Australia	18658	740.3	Australia	2888	114.6	Netherlands	442	25.4
9	France	16296	239.7	Netherlands	2862	164.2	Australia	442	17.5
10	Netherlands	14361	823.7	Spain	2404	51.4	Spain	412	8.8
11	Spain	14182	303.4	Japan	1989	15.7	Switzerland	304	35.4
12	South Korea	14150	276.2	Switzerland	1868	217.4	Belgium	268	23.2
13	Brazil	10618	50.3	Belgium	1490	129.1	Japan	251	2.0
14	Turkey	10427	125.0	Sweden	1462	145.7	Sweden	226	22.5
15	Switzerland	9769	1,137.1	South Korea	1219	23.8	Denmark	200	34.0
16	Sweden	8385	835.5	Denmark	1183	201.3	South Korea	173	3.4
17	India	8294	6.1	Brazil	1021	4.8	Brazil	169	0.8
18	Belgium	6699	580.5	Austria	887	99.0	Austria	141	15.7
19	Taiwan	6445	273.1	India	871	0.6	Israel	127	14.9
20	Denmark	6392	1,087.6	Poland	730	19.3	Poland	126	3.3
21	Poland	5713	150.8	Israel	685	80.4	India	124	0.1
22	Austria	4772	532.9	Norway	672	124.9	Greece	115	11.0
23	Iran	4635	55.9	Greece	657	62.7	Norway	108	20.1
24	Israel	4327	507.9	Singapore	<b>619</b>	<b>106.6</b>	Singapore	<b>98</b>	<b>16.9</b>
25	Norway	3941	732.7	Taiwan	590	25.0	Ireland	97	19.9

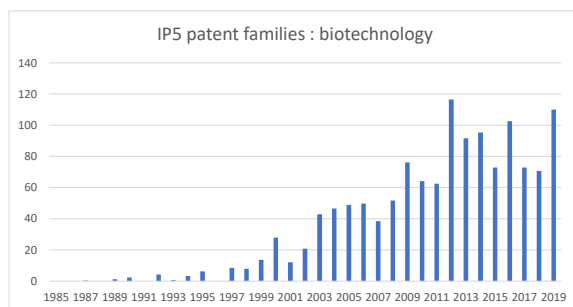
Source: Processed and created by the author based on ‘Science and Technology Indicators 2023’, National Institute of Science and Technology Policy, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (Data Source: Web of Science XML by Clarivate).

Shaded countries are those with relatively high numbers per capita.

A major feature of Singapore is the high number of internationally co-authored papers. The ratio of internationally co-authored papers in all fields (3-year moving average) exceeded 70% as of 2020, and a similar ratio was found in individual fields such as clinical medicine and basic biomedical science. As mentioned above, the invitation of overseas human resources has also had a significant impact.

Next, I would like to look at patents in chronological order. Figure 7 shows the patent transition in the field of biotechnology up to the pre-COVID-19 period.

**Figure 7 Patent transition in the field of biotechnology**



Source: OECD data, ‘Patents by technology’.

Similar to the trend of increasing the number of researchers, the patent-producing trend continued to rise to the right until the mid-2010s, and even after that showed were at a significant level. Of course, there is debate about when to register a patent, and this data does not represent all of the research results, and even though the annual level is more uneven, it is certain that the status of the publication of articles is at global levels.

Table 3 shows the trends per population in the same four countries. As with the R&D expenditure, the figures are outstanding per population.

**Table 3 Number of patents in biotechnology (per 1 million population)**

	1999	2009	2019
Belgium	13.4	11.2	15.5
Japan	7.9	9.1	11.1
United States	13.4	10.5	15.9
Singapore	3.5	15.3	19.3

Source: Compiled by the author from OECD data, 'Patents by technology'.

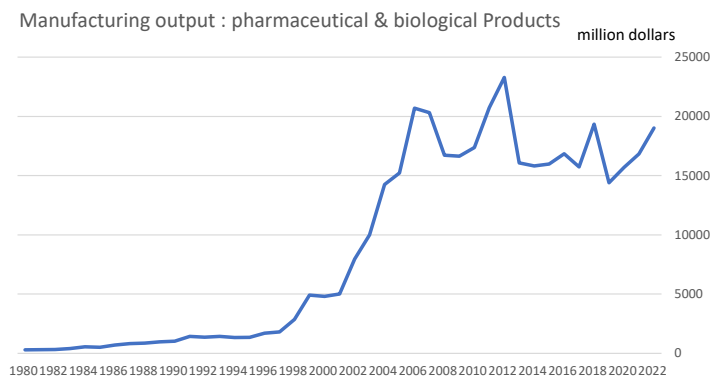
### Chapter 3 Trends in Data on the Life Science Industry

In this section, I look at trends in the pharmaceutical and medical device industry as a whole. Singapore has a strong sense of being a hub in Asia for companies expanding globally in production; so, the link between production trends and the country's overall research is not necessarily strong. It can, however, be seen as contributing to the improvement of the industrial base inseparably.

#### 3.1 Trends in production and labour

First, Figure 8 shows the transition of the production value of the pharmaceutical industry. When Biopolis was built, it already showed a great rise, and its peak occurred in the middle of the first decade of the millenium.

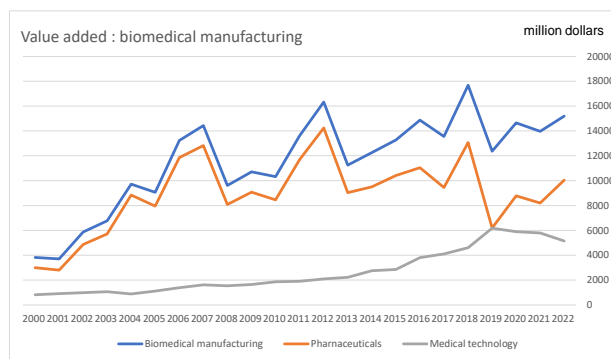
**Figure 8 Trends in production**



Source: SingStat.

Similarly, looking at the trend of value added<sup>2</sup>, including both pharmaceuticals and medical devices (Figure 9), it is apparent that the value added has been rising mainly in pharmaceuticals due to the COVID-19 pandemic, although the peak was around 2006.

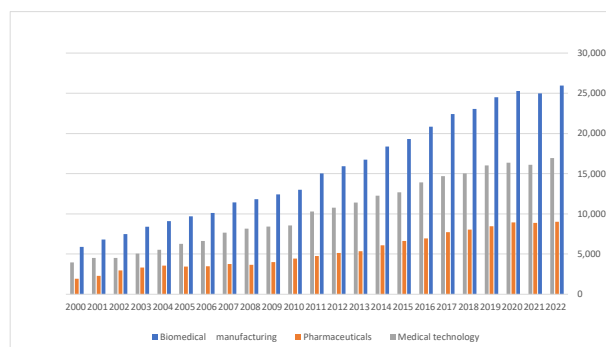
**Figure 9 Trend of value added**



Source: SingStat.

Importantly, there has been a cumulative increase in employment in this industry. Whereas researchers have come and gone, globally as well as locally, the number of employees in the industry as a whole inevitably shows more local talent, and their careers will add up. The ability to create growth in the industry to match this accumulation will be a major key, but the depth of the talent pool will be an important factor when new companies enter the industry in the future.

**Figure 10 Changes in the number of employees**



Source: SingStat.

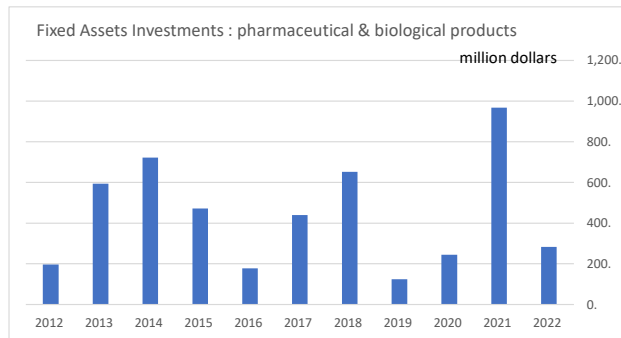
### 3.2 Capital investment

Compared with the increase in the number of employees, the growth in fixed asset investment itself has been limited in recent years. Figure 11 shows the figures since the 2010s, and although

<sup>2</sup> Value added is the net output of a sector after adding up all outputs and subtracting intermediate inputs. It is calculated without making deductions for depreciation of fabricated assets or depletion and degradation of natural resources.

large investments probably occurred due to the COVID-19 pandemic, such as the expansion of vaccine facilities, the trend is basically cyclical, and it is assumed that the fluctuations are large due to large-scale advances and investments.

**Figure 11 Trends in capital expenditure**



Source: SingStat.

At present, it is unclear whether the investment recovered in Singapore by Western countries expanding into Singapore is being used to form local capital. However, it is natural to assume that the recovered investment is being used mainly in the formation of human capital. In the future, how to utilise the human capital formed here is an important aspect, and the approach will be described in Chapter 6 and later.

### 3.3 Chugai Pharmaceutical's initiatives in Singapore

In this section, I would like to look at the development of this Singaporean environment in which many global companies are operating. Chugai Pharmaceutical, one of the leading companies, established Chugai Pharmabody Research Pte. Ltd. (hereinafter referred to as our company) in Biopolis in 2012, and has since played a role in potential antibody drug projects. I conducted on-site interviews and heard the following stories.

*Our company started with fewer than 50 people in 2012, but now (2023) it has 148 people, and the general ratio of Japanese to local talent has been approximately less than 20%. In recent years, we have been searching for clinical candidates for not only antibody drugs but also medium molecules (cyclic peptides).*

*In terms of the flow of technology transfer, this was carried out in the beginning with people seconded from Chugai Pharmaceutical, and since then, the seconded people have been rotated in for several-year stints to carry out technology transfer locally. There are some managers under the CEO/research head, but now some of them have been filled by local-hire promotions, including people who have been with our company for eight to nine years.*

To date, we have already contributed nine projects to the drug development portfolio of Chugai Pharmaceutical. For these projects, the technology platform transferred from Japan is used, and seconded employees and local personnel work together to lead the projects.

The fact that we have returned nine projects in 11 years means that we have turned it around quite quickly, and this productivity is high. The most advanced is SKY59/Crovalimab for the treatment of PNH (paroxysmal nocturnal hemoglobinuria), a rare disease. Up for approval in China next year, it would be a globally approved drug created by a target originated in Singapore.

One of the reasons for its high efficiency is its scale as a one-floor operation in which managers and researchers are physically close. In the future, it is highly likely that local talent in Singapore will take the lead and develop platform technologies from a perspective that Japan does not have.

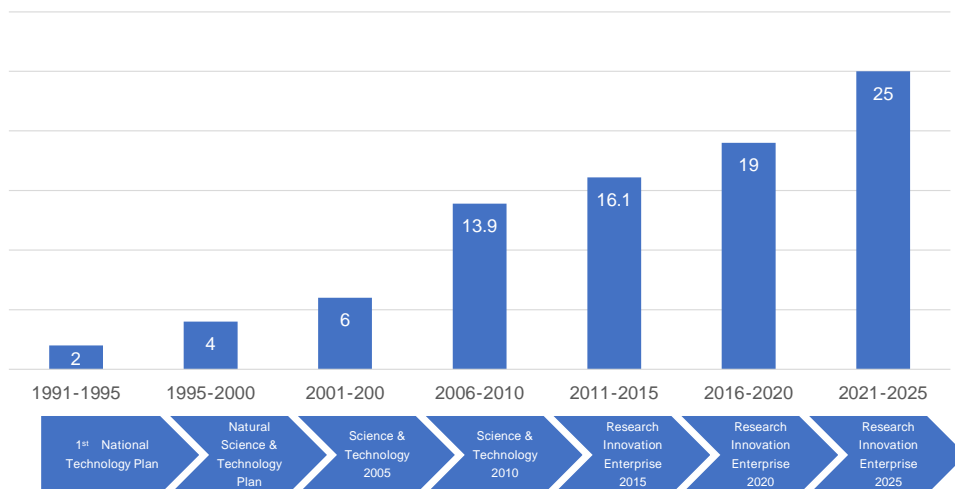
In this process, our company has received support from Singapore’s Economic Development Board (EDB) for hiring local human resources and purchasing laboratory equipment. This kind of support from the government is a great asset to our company, and it is important that it continues.

In addition to the government’s R&D expenditures, Singapore also offers easy access to networking in environments such as Biopolis. This case clearly shows that Singapore provides a desirable environment for R&D of companies entering the market.

**Chapter 4 A\*STAR’s New Initiatives**

As the ecosystem formation matures to a certain extent, I will examine the changes and responses to issues along the dimensions of science, finance, and human resources. First, let us look at the progress of A\*STAR from a science perspective.

**Figure 12 Trends in science and technology promotion policies (unit: billion S\$)**



**Source: A\*STAR Material and National Research Foundation RIE2025 Materials.**

Figure 12 shows the transition of the budget for the promotion of science and technology in the national budget and shows very large growth. However, there has also been a change in the direction since the mid-2010s, and I would like to summarise the efforts, based on an interview with Professor Tan Sze Wee, assistant chief executive of The Biomedical Research Council.

#### 4.1 Responses to issues

At first, A\*STAR focused on the recruitment of researchers, including those from overseas, but it moved to the next stage amid the results in terms of published papers. In fact, since A\*STAR originally pursued academic excellence, the publication of the papers was the main KPI, but in terms of social implementation, for example, the spin-off itself was low in the period from 2000 to 2010.

Specific issues included (1) the intention of the principal investigator (PI) for translation itself, (2) issues in terms of funding for commercialisation/translation, and (3) whether there was any interest after publication.

In light of these circumstances, there was a sense that it would be better to leave the development of commercialisation to those who know how to do it rather than leaving it to researchers. Also, in terms of spin-out, it was decided to create an incubation hub and drive it through that platform. All the leading public sector hospitals are also involved here.

In the past, researchers discussed the subject of the grant from the bottom up, but now it is decided from the top down based on strategic direction, scientific focus and international competitive market conditions. Topics to be researched are discussed by the government and related organisations (A\*STAR, EDB, Enterprise Singapore (ESG)<sup>3</sup>, etc.) and decided by the government as a whole. These are all for the purpose of 'how to bring it into a translational form'.

As a result of these developments, many of the leading spin-outs in the biotech area are coming from A\*STAR (see Table 4). There have been 200 spin-outs, recently at a rate of 15 per year, and given that there were initially fewer than 10 in the first 10 years, the results have been steadily growing.

In addition, a number of public structures such as SEEDS Capital have been put in place to support these developments, and there are several domestic VCs and overseas funds on a private basis; so, the environment is fairly well set.

[Intentionally Blank]

---

<sup>3</sup> Enterprise Singapore was formed by the merger of International Enterprise Singapore and SPRING Singapore.

**Table 4 A\*STAR spin-out startups**

Company name	Founding year	Major disease areas/modalities
MIRXES Pte. Ltd.	2014	miRNA diagnostic kit
ImmunoScape PTE. Ltd.	2016	TCR (tumor-specific T cell receptor) identification technology/Deep Immunomics platform
CytoMed Therapeutics Limited	2018	Hematological malignancies, etc./CAR-T cell therapy
Lucence Life Sciences Pte. Ltd.	2018	Blood-based tests for cancer screening and treatment selection
Nuevocor Ptd. Ltd	2020	Developing new treatments that target genetic causes of heart disease

**Compiled by the author from various sources.**

#### **4.2 Focus on human resources**

Even in Singapore, however, there is a shortage of people with venture experience. To address this, many entrepreneurship programmes have been created, including A\*STAR's Technology for Enterprise Capability Upgrading (T-Up) programme. However, entrepreneurs also have a high probability of failure. That is why A\*STAR allows researchers to return after being seconded to a venture.

There are many biotech and medtech companies in Biopolis right now, and they need much talent. Additionally, the startups that came out of this are starting to create local talent circulation, and that is creating sustainable surroundings in which the talent is secured through a talent supply created from startups as well as the government and public sectors.

#### **4.3 Policy directions**

RIE2025 is currently running as a science and technology policy, and it has four major pillars: (1) Manufacturing, Trade and Connectivity; (2) Human Health and Potential (including Life Science); (3) Smart Nation and Digital Economy; and (4) Urban Solutions and Sustainability.

As shown in Figure 12, the overall budget is S\$25 billion, and when private funds are counted, 2.5% of Singapore's GDP is allocated to R&D for chemicals. Below are striking comments from Professor Tan Sze Wee.

'These developments since 2000 have been largely helped by the prime minister and the biomedical industry. It can be clearly said that it was necessary for the country to improve its momentum by pointing a cross line between ministries and agencies on the axes of academic research, manpower, innovation and enterprise'.

The fact that they were able to make a kind of change in direction across ministries and agencies is very significant.



## Chapter 5 Financing Startups

As mentioned in part in the previous chapter, financing startups is still necessary to strengthen science and ensure it flows seamlessly into industry. So how has that investment actually fared?

### 5.1 Public institutions

First of all, from an institutional perspective, the seed stage is in a very satisfactory situation. Let us list the main programmes. A\*STAR grants include the Industry Alignment Fund–Pre-positioning Programme (IAF–PP) and the Singapore Therapeutics Development Review (STDR). Enterprise Singapore (ESG) grants include the Startup SG Tech grant and Enterprise Development Grant (EDG). The National Health Innovation Centre Singapore (NHIC), a nationally appointed programme secretariat for the identification and social implementation of clinical innovations in collaboration with public health agencies across Singapore, also has an Innovation to Develop (I2D) grant for use in medical innovation.

In addition to these grants, ESG offers a programme called SEEDS Capital as a fund manager designated under the Startup SG Equity scheme to co-fund private VC funds.

### 5.2 The state of startups

In Table 5, I selected several representative startups in this field.

**Table 5 Representative startups in this field (one example each)**

Company name	Founding year	Major disease areas/modalities	Remarks
TauRx Pharmaceuticals Ltd.	2008	Alzheimer's disease/Tau aggregation inhibitor (TAI)	The main research facility is Aberdeen, Scotland.
Wave Life Sciences Ltd	2012	Genetic diseases/nucleic acid therapy technology	Listed in November 2015 (NASDAQ) /Japanese company SHIN NIPPON BIOMEDICAL LABORATORIES, LTD. was involved in the establishment/ British company GSK introduced the company's products in 2022
MiRXES Pte. Ltd.	2014	miRNA diagnostic kit	Spin-out companies from A*STAR
Lion TCR Pte. Ltd.	2015	Hepatocellular carcinoma/TCR-T cell therapy	Based on A*STAR research/FDA fast track designation
Hummingbird Bioscience Pte. Ltd.	2015	Multiple Solid Tumors/Rational Antibody Discovery Platform	Signed a partnership with A*Star (EDDC) to jointly develop new antibodies (2021/5)
Biofourmis Holdings Pte. Ltd.	2016	Health condition analysis platform using personalized AI	Headquartered in Boston, USA/Concluded partnership regarding endometriosis-related pain with Chugai Pharmaceutical (2023/3)
MediSix Therapeutics Pte. Ltd.	2016	T cell malignancy/gene editing technology	Founded by Lightstone Ventures Singapore
ImmunoScape Pte. Ltd.	2016	TCR (tumor-specific T cell receptor) identification technology/Deep Immunomics platform	Spin-out companies from A*STAR
Enleofen Bio Pte. Ltd.	2017	Fibrosis including non-alcoholic steatohepatitis (NASH) and interstitial lung disease (ILD)/antibody therapeutics	Established based on research from National Heart Center of Singapore, SingHealth and Duke-NUS Medical School
SCG Cell Therapy Ptd. Ltd.	2017	Helicobacter pylori, HPV, HBV, EBV, etc./T cell therapy, antibodies, therapeutic vaccines, etc.	Signed a cooperation agreement with A*STAR
CytoMed Therapeutics Ltd	2018	Hematological malignancies, etc./CAR-T cell therapy	Listed 2023/04 (NASDAQ) / Spin-out company from A*STAR
Lucence Life Sciences Pte. Ltd.	2018	Blood-based tests for cancer screening and treatment selection	Spin-out companies from A*STAR
Nuevocor Ptd. Ltd	2020	Developing new treatments that target genetic causes of heart disease	Spin-out companies from A*STAR
Paratus Sciences Singapore Pte.Ltd.	2021	Research based on bat immunology/anti-inflammatory drugs	Duke-NUS and the company jointly develop anti-inflammatory drug for humans

Compiled by the author from various sources.

Although the amount of venture investment is a little stagnant on the basis of the number of cases, it is still industry-specific. In the RIE2025 category, it is in the second position after the Smart Nation and Digital Economy category, and it can be said that the fund is coming in sufficiently.

LION TCR, Miraxes, ImmunoScape and others have recently achieved a large Series A round, and the fund's funding performance since the latter half of the 2010s has been accumulating despite ups and downs. However, when going to Series B, it seems that more international funding will be preferred.

On the other hand, the accumulation of exit cases is still to come and there is little precedent for IPOs. Also, since the Singapore Stock Exchange is small, the companies tend to choose NASDAQ or Hong Kong. At the same time, IPO and licensing activity is vigorous, but exit as M&A is still not widely expected.

### **5.3 VC trends**

Not only public grants but also local and US venture capital support the market in Singapore, with the invitation of overseas VCs being a unique feature in the creation of this market. This development was not seen in Japan.

In 2016, Lightstone Ventures established Lightstone Singapore with Temasek to start working together, saying that the early stage could be completed only in Singapore, but after entering the Clinical Stage, the company had to have an overseas orientation. Several projects have emerged from these efforts, and ClavystBio has been established under Temasek as a life science fund contributing to a trend toward localisation.

Additionally, Lightstone Ventures, Evotec SE, Leaps by Bayer, Polaris Partners, and the Polaris Innovation Fund launched a new collaborative initiative, the 65Lab<sup>4</sup>, in October 2023.

Singapore is also an Asian hub for VCs. But even if life science funds establish Singapore as their base in Asia, whether or not they will invest in Singapore will depend on how many attractive startups there are.

Conversely, there are cases in which even if the technology originated in Singapore, the company chooses to deploy it more globally in places such as the United States. Connecting to the global ecosystem is a big theme for both startups and VCs, but the foundation for going from local to global is gradually being laid.

## **Chapter 6 Human Resource Development**

As I mentioned in Chapters 4 and 5, human resource development is big in Singapore. Of course, programmes related to human resource development and recruitment are not necessarily

---

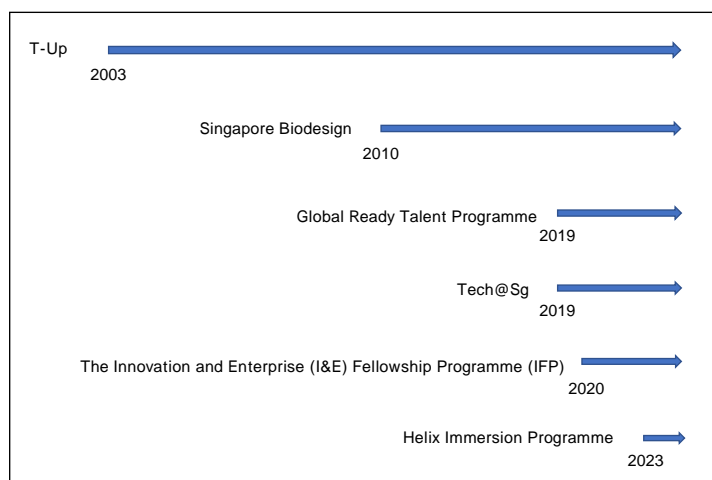
<sup>4</sup> It is a kind of consortium that aims to connect ideas from academia (A\*STAR, NUS, DukeNUS) to global syndicates by providing capital and networks to local and international VCs, and enlists the help of German company Evotec for actual drug discovery.

specific to the life sciences, and each industry has its own area of coverage, but I want to see how these programmes have been launched with some concentration.

### 6.1 Development of programmes related to human resource development and recruitment

First, regardless of industry to some extent, Figure 13 shows the start of various human resource recruitment and development programmes related to entrepreneurial development support.

**Figure 13 Start of programmes**



Created by the author.

Technology for Enterprise Capability Upgrading (T-Up), operated by A\*STAR, sends researchers to member companies for up to two years to serve as technical advisors. The technical advisors will advise on technology upgrade strategies and implement the transfer of technical know-how and skills, which will also provide valuable field experience for the seconded researchers.

The Singapore Biodesign programme from Stanford is representative in terms of more direct training of entrepreneurs for the life sciences. A joint partnership between Stanford University, A\*STAR and EDB Singapore was formed in 2010, followed by a fellowship in 2011 and a shift to Singapore Biodesign in 2018. Gradually, companies are born from this programme, and 5–10 fellows are produced every year, and this talent is said to be the result of the programme.

Enterprise Singapore, too, has various programmes. The Global Ready Talent Programme, launched in 2019, offers interns and jobs abroad, while the Tech@Sg programme, run in collaboration with EDB, offers up to 10 new employment passes over two years to foreign employees who are hired as part of the core team of a Singapore company. As for direct talent development, they launched the Innovation and Enterprise (I&E) Fellowship Programme (IFP) in 2020 with the intention of expanding its deep technology talent pool. Over a 12–18 month period, professionals are trained to develop technology commercialisation skills through on-the-job training at designated IFP partners.

## 6.2 Helix Immersion Programme

With the exception of T-Up and Singapore Biodesign, these human resource development programs cover a wide range of industries, but I would like to focus on SGINnovate's life sciences program.

Established in 2016, SGINnovate is a Singapore government-owned investor and ecosystem builder that supports *deep tech* entrepreneurs. To drive talent development in the various deep tech sectors, SGINnovate runs programmes in collaboration with different partner companies, including programmes for students and graduates (Summation Programme) and working professionals (PowerX).

One of its latest initiatives—the Helix Immersion Programme—aims to build Singapore's talent pipeline for the biomedical sector. Dr Vanessa Ding, Deputy Director (Human Health & Potential), Talent, SGINnovate, shares her comments below.

*The Helix Immersion Programme is designed to bridge talent gaps in Singapore's biomedical sector. The immersive learning opportunity provides a platform for talent to gain relevant industry experience, while also creating an avenue for companies to develop their talent pipeline.*

*This programme offers individuals a valuable platform to experience the progression of technology across various stages of commercialisation, including fundraising, clinical development, etc. We find that it is crucial to provide education about the intricacies of these processes at the early-career stage for talent, and this sentiment is growing in recognition within the broader ecosystem. Various community stakeholders such as A\*STAR, our universities, and other government agencies are working together to create suitable programmes to plug these gaps, and the Helix Immersion Programme is the latest addition to the landscape.*

*The outcomes of these ecosystem efforts may take time to materialise, but their potential impact will strengthen our ecosystem for the long run.*

In listening to Dr. Ding, it is clear that the focus is on the development of human resources for the unique research environment of the life sciences and that the development of such human resources is a pressing issue in the formation of the ecosystem. Japan faces a very similar issue.

## Chapter 7 The Meaning of Concentrating on Translation

To some extent, there is a common need for ecosystem formation in the life sciences: 'strengthen science', 'introduce translational processes' and 'develop and circulate human resources to support this'. Moreover, not all of these factors are 'aligned' at the same time, except in the United States; so,

the timing and focus of efforts varies from country to country. In this chapter, I examine the process and how to respond as translation becomes the main theme, focusing on Singapore, Belgium (using examples from the previous report) and Japan.

### 7.1 Comparison of Singapore, Belgium, and Japan

Figure 14 juxtaposes changes in Singapore’s research investment, VC funding, and industry size with those of Belgium and Japan, and illustrates how each has risen<sup>5</sup>. The reader’s tolerance is requested regarding various limitations, such as the fact that the absolute value of each data point is different—in particular, it is difficult to trace the exact amount of VC investment from the past in some countries.

<p><u>Dimensions in Figure 14</u></p> <p><b>[R&amp;D expenditure per capita]</b></p> <p>OECD Data ‘Gross domestic expenditure on R&amp;D by sector of performance and field of R&amp;D’</p> <p>Compiled by the author based on country population</p> <p><b>[VC investment]</b></p> <p>For Japan and Belgium, see the previous report (Belgium is described as a comparison of the EU as a whole).</p> <p>For Singapore, based on <i>Singapore Venture Funding Landscape</i> and various articles</p> <p><b>[Production per capita]</b></p> <p>Singapore: Manufacturing output for pharmaceutical and biological products was adopted from SingStat.</p> <p>Belgium: Output (at basic prices) for basic pharmaceutical products and pharmaceutical preparations was adopted from NBB.Stat (National Bank of Belgium).</p> <p>Japan: The amount of drug production was adopted from the annual report of Pharmaceutical Industry Production Dynamics Statistics (however, since the statistical method has changed since 2020, the information is limited to that up to the previous year).</p>
--

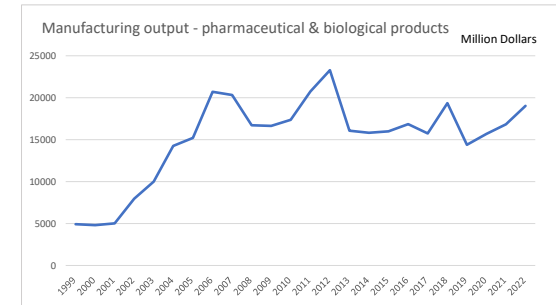
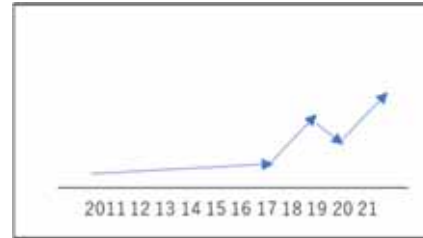
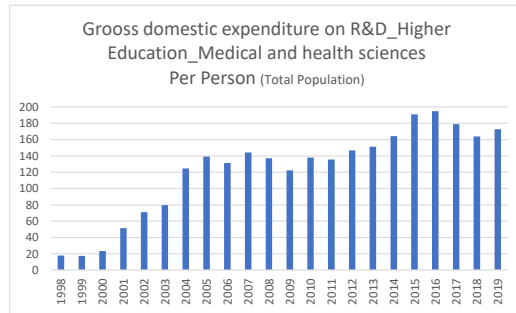
Figure 14 shows that Singapore and Belgium place importance on investing capital in research capabilities. Singapore has done this all at once, and Belgium has done it continuously. Both have achieved some results, as can be seen by looking at the number of articles per population in Table 2, ‘Comparison of the number of papers in clinical medicine’.

In addition, the rise of industry in Singapore was intensively conducted at one time because of the strong aspect of attracting foreign capital. It can be seen that Belgium gradually strengthened its position as a hub in the EU because a certain number of companies already existed.

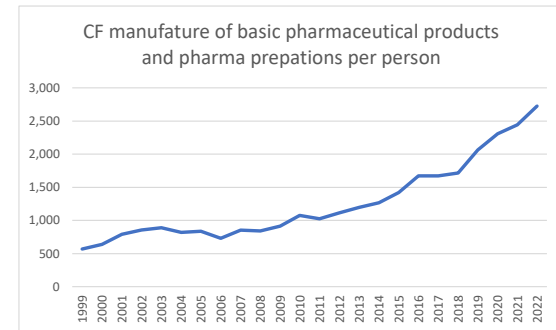
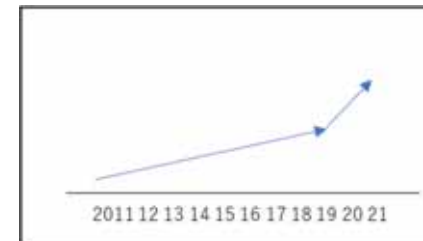
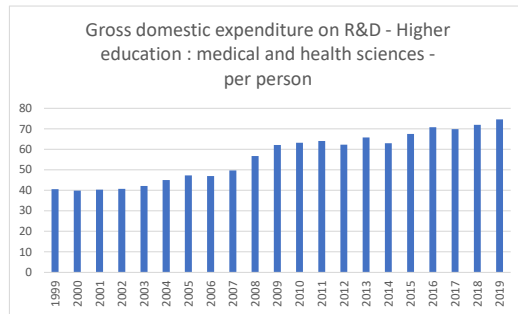
---

<sup>5</sup> Normally, considering the circulation domestically, it would be desirable to integrate the sales or investment performance of domestic companies as an exit of the ecosystem, or to compare the integration of the value of IPOs and M&As when they are realised, if they are positioned as a part of the global ecosystem. However, due to the limited data available, the output of each country is substituted in its stead.

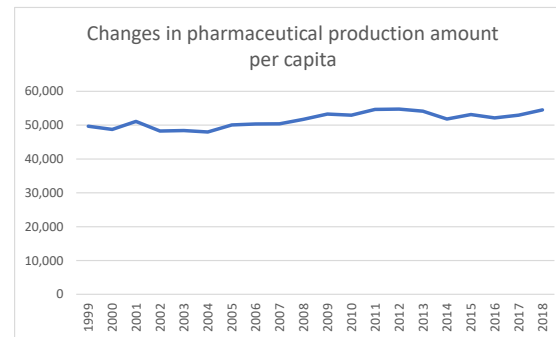
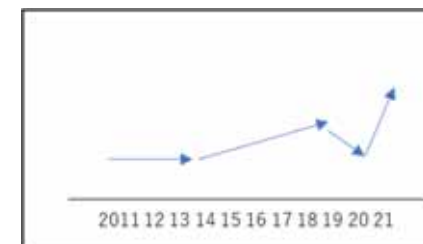
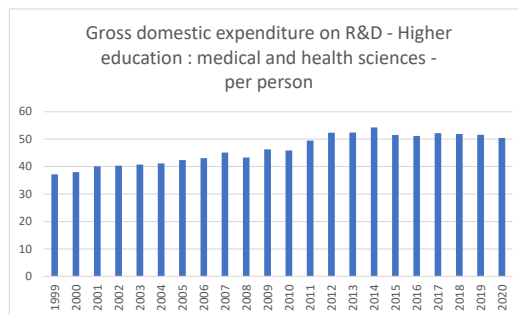
**Figure 14 R&D expenditure (left), VC investment (centre), and production (right), by country**



**-Singapore-**



**-Belgium-**



**-Japan-**

Source: Described in the main text.

On the other hand, the population of Japan is about 30 times larger than that of Singapore and about 10 times larger than that of Belgium, and the domestic market is maturing, making it difficult to make a simple comparison. However, the industry itself has been on a fairly long and steady trend (however, sales overseas have increased significantly), and the amount of capital invested in science has increased only moderately.

In this sense, the three countries have been developing in three distinct ways. But in the sense of translation, in all three countries it has been delayed until recently, with the amount of investment starting to rise significantly since the mid-2010s.

Figure 15 briefly summarises this comparison, but it is clear that in each channel, smooth establishment of a system for ‘translation’, whether through strengthening research capabilities or through strengthening industrial scale, has taken time and not occurred spontaneously, as highlighted in the area surrounded by the blue line in Figure 15. Paradoxically, however, it is necessary for each country to establish a foundation that both enables science to occupy a certain position on the global stage and, at the same time, provides human resources from industry.

**Figure 15 Rise in each country, by phase**

	Research (R&D expenditure)	Translation (VC investment)	Production scale
Singapore	Rapid implementation	Increased since around 2017	Intensive reinforcement for a period of time
Belgium	Gradually increasing	Increased trend through the 2010s, especially increasing in the second half	Expansion continues over the long term
Japan	Flat over the long term (slight increase between 2000 and 2005)	Increased since around 2014	Remains flat in the long term (but companies are moving forward with overseas production)

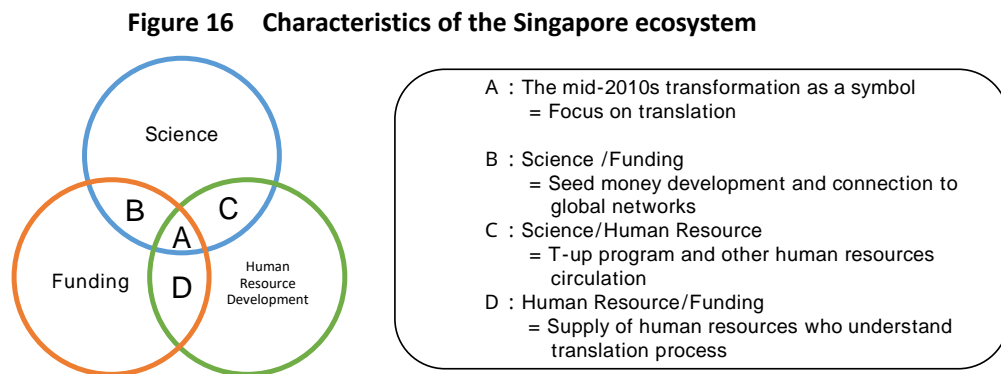
**Source: Author.**

In the previous report, I tried to make a broad comparison among the growth pace of global companies, the rise of the VC market and the degree of strengthening of science. Even in the US, the expansion of the VC market followed the expansion of global companies, and it is considered that the market was improved as the exit points were clarified and the division of roles progressed. To some extent, it is inevitable that there will be a delay in translation in countries where such approaches to global companies tend to lag behind those in the US.

## 7.2 Characteristics of Singapore's initiatives

On the other hand, if a country tries to build a focused translational process, I feel that what is happening in Singapore is very reasonable. This is probably because in Singapore's case the aims of policy, funding, and human resource development are all heading in the same direction, and there are many areas where they overlap with each other, and localisation is progressing in each field.

Figure 16 illustrates the overlaps, and at the centre of the illustration is the phrase 'The mid-2010s transformation as a symbol = Focus on translation'.



Source: Author.

At the same time, some of the events that are happening in Singapore have elements in common with Belgium, although they have different time horizons.

Listed below are the elements in common.

- 1) The clarity of the message: 'Strengthen science and subsequent translation'
- 2) The point of trying to form an ecosystem by skewing it among universities and ministries
- 3) The effective use of human resources arising from the strengthening of industry
- 4) The goal of connecting to the global ecosystem while assessing the scope of what they can do

I can easily see how these elements are being incorporated into practical programmes in both countries. In Japan, on the other hand, although these points are focused on as well, a certain environment had been established before the current events of division of roles and formation of the global ecosystem occurred; so, transitioning to the current trend is more difficult.

## 7.3 Process of realising translation

In the life sciences, the goal should be to improve medicines, medical devices, and the provision of medical services appropriately to patients or prospective patients. It is my understanding that the division of roles in the name of ecosystem has been developed to more efficiently deliver discoveries



at the science level. Needless to say, this includes economic needs.

It can be said that the ecosystem formed in the US, especially in Boston and on the West Coast, quickly took shape, with the inclusion of some kind of implicit rule-making, but it is not easy to find out the factors of success empirically because the methods of division of roles are various and change over the years. Of course, individual parts of this process have also been tested empirically—for example, in industry–academia collaborations<sup>6</sup>.

This discussion paper relies on the case studies following the previous report, but what emerges in each interview are some successful examples and ‘future issues’ ahead. This paper is a continuation of efforts to find practical ideas while examining these issues.

As for Belgium, in the previous report I focused on a case in which the development of science represented by Vlaams Instituut voor Biotechnologie (VIB) and other organisations and the expansion of industry over the medium term have been balanced, and human resource development is flourishing to make this more effective. In addition, the circulation of human resources within the industry has been directed to function complementarily.

In Singapore today, recognition of the need for translation has been reached in a cross-ministerial manner, and while venture funding is utilising connections with global networks, it is also strengthening human resource development locally. Again, increased employment in industry appears to support the development of this initiative in a complementary manner.

Although Singapore differs from Belgium in terms of time horizons, they seem to have taken essential steps in ecosystem formation.

However, even at this point, it is still uncertain what form human resource development can take and how it will contribute to translation. Specifically, in translation it is necessary for each stakeholder to share a certain level of awareness and practice: (1) determining the timing of switching from research to development, (2) setting the appropriate exit at that time, and (3) designing patent strategies and grants accordingly. At present, however, there does not seem to be a clear answer as to whether such matters are truly educable, whether they are more OJT-related, whether the intelligence is broadly held by the various parties, including advisors, and whether there is a need for IT to be used more effectively. Part of the overall issue is that the correct answer keeps changing as the modality changes.

Programmes such as T-Up, Singapore Biodesign, and the Helix Immersion Programme seem to be trying to address these issues in Singapore, as was the case driving the establishment of Solvay

---

<sup>6</sup> Michele O’Dwyer, Raffaele Filieri & Lisa O’Malley, 2022, ‘Establishing successful university–industry collaborations: barriers and enablers deconstructed’, *The Journal of Technology Transfer*

Brussels School (SBS) in Belgium. In the future, I would like to create a new research paper and examine Japanese development along these themes, based on the case studies presented here.

Finally, the greatest motivation for finishing this paper is the sense of 'anticipation for the future' that I felt at each interview I conducted in Singapore. It is not a sense of lofty expectations subject to gradual dissipation, but rather a sense that 'there are problems, but a positive future can be anticipated', which seems to overlap with the 'shared sense of a certain direction' mentioned in this paper.

I would like to thank the many people I spoke with during my research, including those not mentioned directly in this paper. I sincerely appreciate the experience.

**[References]** Note: Documents written only in Japanese are omitted.

National Research Foundation, 2020, *Innovation and Enterprise 2025 Plan*.

Agency for Science, Technology, and Research, Annual Report.

University of Cambridge, 2021, *Singapore's Biomedical Cluster*, Cambridge Industrial Innovation Policy.

DealStreetAsia (in partnership with Enterprise Singapore), 2022, *Singapore Venture Funding Landscape 2022*.

Michele O'Dwyer, Raffaele Filieri, Lisa O'Malley, 2023, *Establishing successful university–industry collaborations: barriers and enablers deconstructed*, *The Journal of Technology Transfer* (2023) 48:900–931.

Angus Liu, 2023, *20 years in, Singapore still searches for its biotech success story*, *Fierce Biotech* article.

Tatsufumi Aoyama, 2023, 'Structure and Ingenuity of Ecosystem Formation in Life Science—System Formation in Belgium and Challenges in Japan', *Economics Today*, Vol.44, No.1, Development Bank of Japan Research Institute of Capital Formation.