



## シンガポールの産業技術開発政策の動向

ジェトロ・シンガポール・センター

2004/9, No.462

### 目次

はじめに	1
1. シンガポールの概要	2
2. シンガポールの産業技術関連機関	2
2.1 科学技術研究庁 (A*STAR)	2
2.2 規格生産性革新庁 (SPRING)	4
3. シンガポールの産業技術支援政策	5
3.1 研究開発援助プログラム	5
3.2 教育・研究支援 (人材育成策)	6
3.3 ハイテク起業家投資奨励計画 (TII)	7
3.4 経済開発庁 (EDB) の施策	8
3.5 情報通信開発庁 (IDA) の人材育成施策	8
3.6 規格生産性革新庁 (SPRING) の施策	9
3.7 ワンノースとホットスポット	9
4. 2002年の研究開発の概況	9
4.1 概況	9
4.2 研究開発人材	10
4.3 研究開発支出	11
4.4 特許取得の状況	12
5. シンガポールの環境技術	15
5.1 アジアの環境問題	15
5.2 シンガポールの環境問題と対策	15
5.3 シンガポールの水質管理	15
5.4 大気汚染	15
5.5 増え続ける廃棄物	16
5.6 シンガポール・グリーン計画	16
5.7 シンガポール環境産業	16
5.8 環境関連機関	16
5.9 公共事業局 (PUB) の活動	17
5.10 セムコープ社 (SembCorp)	18
5.11 研究開発および教育機関	19

### はじめに

シンガポールは物理的にはとても小さな国である。面積は東京 23 区、淡路島などと概ね同じ約 700 平方キロメートルである。ここに 413 万人の人間が暮らしている。多民族国家で、中国系 (76.8%)、マレー系 (13.9%)、インド系 (7.9%) の比率である。また、約 80 万人もの外国人が暮らしている。こうした物理的には小さな島国であるが、政治的、経済的には東南アジアの中心的な機能を果たすとともに、例えば情報通信技術 (IT) の利活用に関してはアジアトップの地位にある。

シンガポールがこうした今日の地位を築くには大変な苦労があった。シンガポールは 1965 年 8 月 9 日にマレーシアから分離独立したが、これは望んだものではなく、追放に近いものであった。資源もなく、また水もマレー半島に頼っていたシンガポールが存続するには、人材の育成、社会の効率性の確保、生活環境の改善等を通じたシンガポールへの投資促進しかすべはなかった。リーカンユー前首相 (現上級相) の指導の下に、緑あふれる公園都市の建設、医療の充実、教育の充実、英語の公用語化、アジア有数の治安・安全の確保等を通じて、多国籍企業を誘致した。最初は安価な労働力を武器に製造工場を誘致し、他のアジア諸国の発展により相対的に賃金が高くなってしまった現在は、低い法人税、IT の充実、透明な手続き、清潔な政府、人材の確保等を生かして地域本社機能の誘致を図ってきている。

シンガポールのこうした努力は今も続いている。継続的に発展していくためには、知識集約型の産業の振興が必要であることから、半導体、情報処理、バイオなどのハイテク技術の研究開発・製造基地としての機能を強化するための諸施策を展開している。

本レポートは、こうしたシンガポールの研究開発・産業技術の動向を整理したものである。内容としては、シンガポールの科学技術振興の概観、シンガポール科学技術庁 (A\*STAR) による科学技術動向の調査の概要、トピックとしてシンガポールの環境技術の動向について報告する。

## 1. シンガポールの概要

シンガポールは、マレーシアとインドネシアの間に位置するシンガポール本島と周辺の 63 の島々からなる共和国である。1959 年、英国より自治権を獲得、シンガポール自治州となった後、1963 年、マレーシア成立に伴い、その一州として参加。その後、1965 年 8 月 9 日、マレーシアより分離、シンガポール共和国として独立している。

赤道から約 1 度北にあり、国土面積は 682 平方キロメートルである。隣国マレーシア南端のジョホールバル州とは、二つの橋でつながっており、シンガポールで働くマレーシア人を中心に、毎日 10 万人規模の人間が両国を行き来している。気候は熱帯性で、年間のほとんどの時期が暖かく湿度が高い。平均最低気温、30.9 度、平均最高気温は、26.8 度である。雨季は、12 月から 3 月と 6 月から 9 月の年 2 回ある。

2003 年人口は 419 万人である。その内、シンガポール人・永住権保有者が 344 万人であり、残りは在留外国人である。また、2000 年国勢調査によれば、シンガポール人の人種構成は、中国系 76.8%、マレー系 13.9%、インド系 7.9%、その他 1.4%となる多民族国家であり、宗教も、仏教、道教、キリスト教、回教、ヒンズー教等、多様である。この多様性がシンガポールの特色である。近年出生率（15-44 歳までの合計特殊出生率）が大幅に低下し、世界最低水準となっている。昨年の発表では、合計特殊出生率は 1.3 までに落ちている。特に中華系に限った場合は、1.17 までにも低下しており、大きな問題となっている。

共和制国家であり、議会制が採用されている。国家元首は、ナザン大統領となっているが、大統領は国民、国家統合の象徴的存在にすぎない。実際の政策運営は、ゴー・チョク・トン首相の率いる PAP（人民行動党）の単独政権が続いている。建国の父であるリー・カンユー前首相は、現在上級相の地位にある。現副首相兼財務大臣のリー・シェンロン氏は、リー・カンユー氏の子息であり、2004 年中にもゴー・チョク・トン首相の後を継ぎ、第 3 代目の首相となる予定である。

主要産業は、製造業（エレクトロニクス、輸送機械、石油製品、金属製品）、商業、金融業であり、また、主要輸出品目は、電気・電子製品、石油関連製品、通信・音響機器、化学製品、主要輸入品目は、電気・電子部品、原油、化学品となっている。2002

年のシンガポールの実質 GDP 成長率は 2.2%と、前年のマイナス 2.4%からプラスの伸びに転じた。分野別に見ると、最も高い伸びを示したのは製造業で前年比 8.3%増、これに運輸・通信業（5.0%増）卸・小売業（2.7%増）ビジネス・サービス業（0.4%増）と続いている。製造業のうち高い伸びを示したのは化学・化学製品、エレクトロニクス産業などである。逆に建設業（10.8%減）金融サービス業（4.8%減）ホテル・レストラン業（2.9%減）は低迷している。2003 年については、当初 2002 年のプラス傾向を維持するものと予想されていたが、その後の SARS の影響が大きく、第二四半期に、GDP がマイナス 3.8%になった。現在は、回復基調にあるが、シンガポールの経済は外部環境の影響を受けやすいことから不透明感が続いている。

2003 年の労働人口は 215 万人である。中央積立基金（CPF）が存在し、全従業員とその雇用主が給与から一定の割合を積み立てている。労働賃金については、政府、雇用主グループ、労働組合で構成されている国家賃金評議会（NWC）が、長期的な経済の観点に立って賃金政策について政府に勧告を行い、ガイドラインを作成する方式をとっている。最近の景気低迷を受け、NWC は賃金凍結やカットを勧告してきている。もともと 2001 年 12 月の失業率が 4.7%に達する状況下、NWC は業績が悪化している企業での賃金凍結、解雇もやむを得ないと発表し、2002 年 11 月にこの方針が再確認され 2003 年 6 月まで延長されることとなっていた。また、2003 年 5 月には SARS の影響を勘案した、賃金凍結・カットを勧告した。さらに政府は CPF の雇用者分負担率が 16%から 13%に切り下げ、実質的な賃金カットを促進している。このように雇用情勢の悪化、周辺国との競争力の維持のために賃金抑制を行うという政策がとられている。

## 2. シンガポールの産業技術関連機関

### 2.1 科学技術研究庁（A\*STAR）

シンガポールの産業技術関連機関は複数あるが、中心的な機関は科学技術研究庁（Agency for Science, Technology and Research : A\*STAR）である。A\*STAR は、それまでの中心的な機関であった国家科学技術庁（National Science and Technology Board : NSTB）

の名称変更・組織改正により 2002 年に設立された。

A\*STAR には大きく言って 4 つの部門がある。1 つは政策・管理部であり、これに個別の研究開発政策を実施する 2 つの研究評議会（生物医学研究評議会（BMRC）と科学・工学研究評議会（SERC））、さらに開発技術の商業化を担当する、Exploit Technologies 社（ET 社）（「技術開発社」を意味する）が組織されている。

A\*STAR の 2 つの研究評議会は、基礎研究から応用研究までを対象に、民間部門の研究開発部門、公立の研究機関・研究所、大学・ポリテクニクの間での調整と監督を行う。また、研究に関する提案を評価し、優先順位やニーズなどを判断するとともに、シンガポールの研究機関に対する研究資金の支援等を実施する。ET 社は、NSTB の子会社であった NSTB Holdings が名称変更された、研究成果を商業化するための会社である。

A\*STAR の前身である NSTB は 1991 年より国家技術計画・国家科学技術 2000 計画を実施してきたが、現在は、A\*STAR が国家科学技術 2005 計画を実施している。この計画の中で、関係省庁間の役割について「基礎研究は大学、教育省及び保健省、応用開発段階は A\*STAR、国立研究所及び産業界の役割」という分担が示されている。A\*STAR は科学技術政策の立案の他、国立研究所への予算の配分、研究開発振興のための各種助成措置、関連インフラの整備等を行ってきた。

生物医学研究評議会（BMRC）は、2000 年 10 月に NSTB（当時）によって設立された。シンガポールにおける企業部門の生物医学研究開発の支援、監督、調整活動を行うこととしており、この目的は以下のとおりである。

- ・ 人々の健康の維持と向上に貢献する、優れた研究を支援、維持、促進。
- ・ 人材の技能を高め、健康、クオリティ・ライフ、経済の世界的な競争力に対するシンガポールのニーズを満たす。
- ・ 生物医学研究に対する社会の意識を高める。

科学工学研究評議会（SERC）は、製造業界（特にエレクトロニクス、情報通信、化学、一般工学）にとって重要な分野に焦点を当て、科学と工学における民間部門の研究開発を促進することとしており、この目的は以下のとおりである。

- ・ 重要な学術分野における価値の高い研究の基礎

を開発する。

- ・ 研究のための人的資本を育成する。
- ・ 情報の普及と技術移転を促進する。

また、2002 年 1 月の A\*STAR への組織改正時に設置された ET 社の使命は、A\*STAR 傘下の調査研究センター（RIC）が作り出した知的財産を活用することにある。

A\*STAR の傘下には多くの研究機関が存在する。NSTB から A\*STAR への名称変更・組織改正とともに、A\*STAR 傘下の研究機関の統合・合併が進められ下記の研究機関が再編・設立された。A\*STAR の研究機関は 2 つの評議会である、生物医学研究評議会（BMRC）、科学・工学研究評議会（SERC）の何れかの傘下に属する形となっている。すなわち、生物医学研究評議会（BMRC）の傘下に、バイオ情報研究所、バイオ工学研究所、バイオ処理技術センター、遺伝子研究所、分子・細胞生物学研究所の 5 研究所、科学・工学研究評議会（SERC）の傘下には、データ保存研究所、製造技術研究所、化学・工学研究所、情報通信研究所、高機能電算処理研究所、材料研究・工学研究所、マイクロ電子研究所の 7 つの研究所が属している。

各研究所の概要は下記のとおりである。

#### **バイオ情報研究所 (Bioinformatics Institute: BII)**

バイオ情報の人材育成の為に、2001 年に設立された。バイオ関連データの収集、バイオ医療分野でのコンピュータの高度利用、バイオ分野の分子構造の画像処理、医薬品設計、等が研究されている。また、シンガポールのバイオ医療科学研究の IT ネットワークである BioMed Grid の構築に取り組んでおり、コンピュータのグリッド化については、情報通信開発庁（IDA）と協力している。

#### **バイオ工学研究所 (Institute of Bioengineering: IBE)**

組織や茎細胞、バイオ材料や骨格、医療機器、コンピュータ生物学、バイオ・システムの画像解析、ナノテク、などを研究している。特に、ナノテクでは、ナノ電子工学とバイオ工学を組み合わせて、新しい形式の医療、科学器具を開発している。

### イオ処理技術センター (Bioprocessing Technology Centre: BTC)

シンガポールのバイオ技術産業を支援するために、1990年に設立された。DNA、ペプチド・タンパク質技術、遺伝子式、微生物発酵、タンパク質の特徴分析と精製、などの分野が研究領域である。

無菌室環境で複雑なバイオ医薬品を製造する、最新の細胞培養設備を完成した。同設備は、アメリカ食品医薬品局 (FDA) のガイドライン、及びEUの医薬品製造管理・品質管理規則に適合している。

### 遺伝子研究所 (Genome Institute of Singapore: GIS)

人々の健康のために遺伝子科学を利用するために、2000年に設立された。遺伝子工学、生物学などの研究を医薬品の開発に活用することが目標とされ、遺伝子配列を解読し、アジア太平洋地域の人々のガン医療、医薬品開発、などが研究されている。

### 分子・細胞生物学研究所 (Institute of Molecular and Cell Biology: IMCB)

1987年にシンガポールにおけるバイオ医療に関する研究開発を支援するために設立され、38の研究グループに分かれた、400人の研究者がいる。細胞のサイクル、細胞の信号、細胞の運動、タンパク質の構造解析、などの分野の研究が世界水準に達している。

### データ保存研究所 (Data Storage Institute: DSI)

次世代のデータ保存技術を研究しており、シンガポールのデータ保存産業の成長を支援している。最先端のデータ保存機器のヘッド部、保存媒体、機械・電子システムの設計、光・ネットワーク保存技術、などを研究している。

### 製造技術研究所 (Singapore Institute of Manufacturing Technology: SIMTech)

製造技術を研究し、シンガポールの産業の競争力強化を目指している。自動車、IT、加工、などの分野を研究している。

### 化学・工学研究所 (Institute of Chemical and Engineering Science: ICES)

シンガポールの化学産業を研究対象としている。触媒技術、結晶・界面技術、合成技術などが中心分野である。産業界との共同研究を進めるために、シンガポールの石油化学の中心地であるジュロンに位置する。

### 情報通信研究所 (Institute for Infocomm Research: I<sup>2</sup>R)

情報技術研究所 (Laboratories for Information Technology: LIT) と通信研究院 (ICR) が合併して出来た研究所である。情報通信分野の技術が研究対象である。2005年までにワン・ノース地区に移転する予定である。

### 高機能電算処理研究所 (Institute of High Performance Computing: IHPC)

高機能電算処理技術を研究し、産業界に提供している。具体的には、コンピュータ化学、コンピュータ電磁・電子工学、コンピュータ流体力学、コンピュータ機械工学、コンピュータ・マイクロ電子機械システム、などである。

### 材料研究・工学研究所 (Institute of Materials Research and Engineering: IMRE)

化学システム、光・電子システム、分子・バイオ素材、物質科学などの分野を研究対象としている。物性の研究開発の為に、国際組織との連携を図っている。

### マイクロ電子研究所 (Institute of Microelectronics: IME)

Bluetooth、CDMA、WCDMA といった無線通信向けの、超極細集積回路、CMOS RFIC チップ、低消費電力技術、0.18 マイクロ焼き付け技術、等を研究している。また、フリップ・チップや三次元実装、等の実装技術、自動車用センサー、高品質・低コストのマイク、DNA 研究用のバイオ・センサー、なども研究している。

## 2.2 規格生産性革新庁 (SPRING)

1996年4月に、貿易産業省の下に、「国家生産性庁」(National Productivity Board: NPB) と「標準・

工業研究院」(Singapore Institute of Standards and Industrial Research: SISIR)が合併して設立されたPSB(Productivity and Standard Board)は生産性向上運動や品質管理の普及、基準認証や規格の制定等に関する業務を長年に渡り実施してきた。

2002年4月、PSBは規格生産性革新庁(Standards, Productivity and Innovation Board: SPRING)に組織改正され、シンガポールの競争力強化と経済成長の為に生産性を向上させることを目的とし、生産性の向上、技術革新、標準化、などの他に、中小企業の育成を担当することとなった。

### 3. シンガポールの産業技術支援政策

#### 3.1 研究開発援助プログラム

シンガポール政府は、21世紀に向けて競争力を維持するために、21世紀に必要なスキルをもつ市民の育成と、発展段階にある企業の支援という二つの分野に力を入れている。人材の育成について言えば、教育におけるITマスタープランを挙げることが出来る。企業支援については、種々のプログラムが用意されている。簡単に各機関の研究開発援助プログラムについて整理すると以下の通りとなる。

- ・ 企業促進センター(EPC)は、事業の展開に対して総合的なアプローチを提供する窓口となるビジネス・センターである。提供するサービスは、一般的な営業支援から特定の実践的な援助まで多岐にわたり、多くの専門分野にわたるコンサルティングや地域対応等の支援を受けることができる。
- ・ 科学技術研究庁(A\*STAR):シンガポールで科学技術産業の発達の先頭に立つ指導機関である。
- ・ 規格生産性革新庁(SPRING):製品・工程開発、試験、評価に対する支援を行う。
- ・ 経済開発庁(EDB):研究開発に対する助成金および税制優遇制度の管轄機関である
- ・ 国際企業庁(IE):商標、マーケティング、地域化の支援を行う。
- ・ 情報通信開発庁(IDA):電子商取引その他のeビジネスに関する課題対応を支援する。

#### (1) 科学工学研究評議会(SERC)援助計画

SERCは企業の研究開発プロジェクトに対して資金援助を行う。対象は、シンガポールの大学、技術専門学校などの高等教育部門、防衛部門には属さない、企業部門に所属する研究科学者と技術者である。

また、通常は(物品による寄付、既存の設備機器、人材を除く)合計額が50万シンガポール・ドルを超え、300万シンガポール・ドル未満のプロジェクトが対象であり、助成する期間は3年間が一般的である。本評議会では、提出された提案書を年に2回見直す。また、高い効果をもたらし、実現可能な機能を開発し、国家の優先課題を支援する「戦略的研究プログラム」の支援も行う。

提案書は、すべて同じ分野の学者や研究者の審査を必要とする。助成金の対象となる主な基準は、提案書に技術的なメリットがあること、研究者に実績があること、である。当評議会の再検討審査委員会が各提案書の見直しを行う。この審査委員会は学識経験者で構成される。

#### (2) 生物医学研究評議会(BMRC)援助計画

2000年10月に設立されたBMRCは、シンガポールにおける民間部門の生物医学研究開発活動の支援、監督、調整を行う。同評議会の方針は、知識や能力を開発するための優れた研究に資金を提供することである。

- ・ プロジェクト助成金は、まだ実務経験が短く若い有望な研究者に着手資金を提供し、最長3年間研究できるようにするものである。また、この助成金は、既に実績のある研究者であっても、提案している研究が5年間までの資金提供で行える場合は人数を限定して提供される。
- ・ プログラム助成金は、最初は5年まで、既に実績のある研究者が行う広範なプログラムに資金を提供する。このプログラムは既存の研究を強化するものである。
- ・ 共同研究助成金は、5年間にわたり異なる分野の2グループ以上で行う共同研究に資金を提供するものである。この共同作業では共通のテーマに焦点を当てながら、それぞれの研究グループが持つ強みを活用する。
- ・ 得意分野に対する助成金は、委員会が戦略的に重要だとする分野でそれぞれの得意とする能力を開発する、または強化する、あるいは両方を行う研究者が集まった組織、研究機関に資金を提供する

ものである。資金は5年間にわたって提供される。

また、BMRCは、以下の2つのカテゴリーに該当する研究を幅広く支援することとしている。

- ・保健医療、及び人の参加、健康とライフスタイルに関する個人データの入手ならびにその利用、あるいは特定の病気についての理解または治療するためのヒト構成物質に関する実験、研究、もしくは両方を行う臨床研究。このカテゴリーに入る研究分野には、臨床試験、診断、療法、結果の調査、疫学、病因学などがある。
- ・細胞や器官系統の研究には、基礎生命医学研究を含むその他の分野の調査すべてが含まれる。

### (3) 経済開発庁 (EDB) による研究開発計画

#### 製品・工程開発援助 (PPDAS)

PPDASは、製品や工程設計および開発能力の形成を奨励し、支援することを目的として EDB によって設立された。この計画では、助成金を提供して地域の企業が新製品、または既存製品や工程の改善を推進していく(国内企業が対象)。

#### 資奨励制度

産業とサービスに対する新規の投資の促進、および既存の企業が機械化、自動生産化、新製品やサービスの導入を通して向上することを推進するために奨励制度を利用する(国内外の企業が対象)。

### (4) その他研究開発支援制度

#### 共同研究プログラム (CRP)

シンガポールの国内事業開発を支援し、既存の技術能力、知識、技能をより競争力のあるものに応用していくことを目的とした助成金。

地域の研究機関、センター、大学と共同で行う(国内企業、及び大学が対象)。

#### 立テクノロジー・データバンク

研究開発コミュニティのための無料データベース・サービスである。

#### 許申請資金

A\*STAR (NSTB 時代)が設立した「特許申請基金

(PAF)」は、特許申請の費用を負担する申請者に財政面の援助を行う。シンガポールの法人と個人が革新技術や発明を、知的所有権として登録することを奨励する(国内の企業および個人が対象)。

#### 革新技術者援助計画

革新技術を、商業価値があって「市場で売れる製品やサービス」に応用する発明者等を支援するもの(個人が対象)。

#### 企業向け研究奨励計画 (RISC)

社内研究開発を企業に奨励するよう設計された投資支援プログラムである。主に企業の産業競争力を高める上で長期的な視点に立ち、戦略的な技術分野で研究開発能力を高める活動の支援を狙いとしている(企業が対象)。

#### 研究開発奨励計画 (RDAS)

奇病部門の研究開発活動を促進する助成金。企業による特定の研究開発プロジェクトを支援するよう設計されている。(企業が対象)。

#### 商業化助成

研究機関、センター、大学、技術専門学校で、ハイテク起業家精神に富んだ事業を奨励し、支援する助成金(大学、研究機関が対象)。

#### テクノロジー開発資金

企業が行うプログラムで、事業を始めて間もない企業からまだ上場していない段階にある企業に対して、自己資本関連の投資を行うプログラムである。

## 3.2 教育・研究支援(人材育成策)

シンガポールの教育への取組みは、教育省が小学校、中学校、及び大学進学前の学生に提供している広範な育英奨学制度に見ることができる。また、大学生や大学院生に対しても、多くの奨学金や学資金が政府、政府関連機関、民間組織から提供されている。

#### 業料助成金

授業料助成金は、政府が高等教育を受ける外国人に提供するものである。このプログラムの

もとで援助を受ける外国人の学生は、卒業後、シンガポールにおいて自分で選んだ採用先の企業で3年間働くことが条件となっている。

### 奨学金

学生を育成し、その潜在能力を最大限に引き出すため、政府、政府関連機関および民間機関では、国内・国外の教育機関で学ぶ学生を対象とするさまざまな奨学金制度を設けている。これらの奨学金制度は、通常は成績優秀であることやその他の条件のもとで授業料、研究費用、生活費などをまかなうものである。

シンガポールの多くの民間企業、政府関連機関等では、国内や海外で学ぶ学生を対象に学生奨学金制度と学資助成制度を提供している。ほとんどの奨学金はシンガポールの永住権保有者と外国人が利用できるが、育英資金は永住権保持者しか利用できないものがほとんどである。この援助を受ける資格は、成績優秀で課程外活動（クラブ活動等）の活動を行うことが条件である。育英資金の場合は、成績と課程外活動の他に家族の収入が考慮の対象となる。就学の終了時には何らかの義務を負うのが普通である。

### A\*STAR 国立科学育英資金制度

国立科学育英資金制度（NSS）は、シンガポールの有望で若く情熱を持った研究者が科学分野で研究実績を積めるよう支援するものである。

### シンガポール・ミレニアム育英資金（SMF）

SMFは、博士課程前後の履修課程を終了した後、高度で独立したテクノロジーを開発する上で高い能力を持つ将来性のある科学者、研究者、エンジニアを見つけ出し、支援することを目標にしている。対象となる主な分野は、生命科学、IT、物理、材料科学、再利用可能資源と水、環境科学、および教育・学習などである。

## 3.3 ハイテク起業家投資奨励計画（TII）

「ハイテク起業家投資奨励計画」は、ハイテク・ベンチャー企業に投資する投資家に損失の「保険」を提供することによって、事業を始めて間もないハイテク企業が、成長の初期段階で資本投資を受ける際に直面する諸問題を軽減するためのものである。

選定された操業間もないハイテク企業にはEDBからTIIのステータスが与えられる。企業は投資家に最高3百万シンガポール・ドルまでの証明書を発行する。有効な証明書を持つ投資家は、課税対象所得から損失金額を控除することができる。本制度の対象となる企業の資格要件は下記のとおりである。

- ・操業後の数年間は、払込資本が最低1万シンガポール・ドルで上場していないこと。
- ・急成長が期待できる部門の特定の商品、処理、サービスに関連のある新しいテクノロジーの開発または活用の初期段階にあること。
- ・シンガポールで設立され（会社の所有者に関して制約なし）、シンガポールで投資の対象となるハイテク事業の全部あるいは一部を行っていること。

海外の企業については、「シンガポールが経済的なメリットを受けられるような密接なつながりがあること。」を条件に申請を承認する。税控除は、シンガポール人または永住権保持者の投資家に限られている。

操業して間もない企業には、最長5年間、ハイテク新興企業としてのステータスが認められる。この間は、資格条件を満たさなくてはならない。また、このステータスを更新・延長することはできない。こうした企業が新たに行うハイテク事業活動で資格を取得したい場合は、別の会社を設立しなくてはならない。

また、投資を行う基準としては下記が定められている。

- ・投資が資格を有するハイテク企業の新規普通株式資本を購入する形式を取ること（転換社債等でないこと。）
- ・投資家のリスクを取り除くような条件を株式に設けてはならないこと。
- ・こうしたハイテク企業が認められたステータスの利点を受けられる期間内は、投資家は株式を保持していなくてはならない。
- ・損失については、資格を有する株式を購入した日から2年目の始めから6年目の終わりまでの間に売却することを条件に当計画のもとで認定される。
- ・各投資の最低額は1,000シンガポール・ドルである。

- ・ 該当企業は、投資家に最高 300 万シンガポール・ドルまでの証明書を発行する。

### 3.4 経済開発庁 (EDB) の施策

#### (1) 概要

EDB は、シンガポール対内直接投資および知識ベースの産業を促進する主導機関である。2000 年 4 月 1 日以来、同庁はハイテク起業家 21 チャンピオン (Technopreneurship 21 championship) の役割を引き継ぎ、事業を開始しやすい環境を整備している。当機関は、現在、ハイテク新進企業に関連する計画の監督を行っている。

EDB の推進している主要なハイテク振興企業支援策は以下の通りである。

- ・ ハイテク起業家ホームオフィス計画 (Technopreneur Home Office Scheme - THO): ハイテク起業家が自宅で事業を行えるようにする。
- ・ 観光ビザの延長 (Social Visit Passes): シンガポールで事業を起こす外国のハイテク起業家に延長滞在パスを発行する。
- ・ ハイテク起業家ビザ (Technopreneur Pass): シンガポールでハイテク事業を行っているか、あるいは設立過程にある外国のハイテク起業家に労働許可証を発行する。
- ・ 技術投資奨励制度 (Technology Investment Incentive - TII): 資格を有する新興企業で発生した投資の損失の税額控除を投資家に認める。
- ・ 新興企業開発計画 (Startup Enterprise Development Scheme - SEEDS): サード・パーティと共同で、最高 30 万シンガポール・ドルまで事業の初段階にある新興事業家に投資することによって、自己資本の財政援助を行う。
- ・ 新技術イニシアチブ計画 (Initiative in New Technology Scheme - INTECH)
- ・ 革新開発計画 (Innovation Development Scheme - IDS)
- ・ 研究開発援助計画 (Research and Development Assistance Scheme - RDAS)
- ・ パイオニア・ステータス / 税控除
- ・ 地域 / 国際本部ステータス

また、政府の計画である The Enterprise

Challenge (TEC) は、公共サービスの提供に対して新しい価値や大きな改善をもたらす有望で革新的な提案に資金を提供するものである。

#### (2) 新興企業開発制度 (Startup Enterprise Development Scheme - SEEDS)

SEEDS は、事業設立の初期段階にある事業家に自己資本の財政援助を提供することを狙いとしている。5,000 万シンガポール・ドルの資金を EDB が管理している。

EDB は、サード・パーティの投資家から提供された民間資金に対して、最高 30 万シンガポール・ドルまでの資金を引き受ける。EDB とサード・パーティの投資家の両方で企業の資本を引き受けるが、その割合は投資した額に比例する。

#### (3) TIF Ventures Pte Ltd

EDB の子会社である TIF Ventures 社は、シンガポールのベンチャー・キャピタル事業を促進する上でハイテク起業家投資資金とその他のベンチャー関連事業を管轄している。TIF の下には「新興企業向けベンチャー投資支援資金 (VISS)」と呼ばれる 5,000 万シンガポール・ドルの資金があり、これは、事業を始めて間もないハイテク企業に対して投資家と共同で投資を行っている。

### 3.5 情報通信開発庁 (IDA) の人材育成施策

IDA は、シンガポールの情報通信の所管官庁であり、通信庁 (Telecommunications Authority of Singapore: TAS) とコンピュータ庁 (National Computer Board: NCB) の統合により発足した機関である。同庁は、インフォコム 21 というシンガポールの IT マスタープランを主導している。国内の電気通信と電子商取引の事業活動を規制する他、産業開発計画を管理して、国内企業のコンピュータ化とインターネットの応用を推進する。その中でも著名な電子ビジネス産業開発計画 (eBIDS) は、企業のオンライン化や電子商取引を振興し、シンガポールのための電子商取引の価値全体が高くなるように促進するために計画されたものである。

さらに IDA では、さまざまな人材開発・訓練プロ

グラムを実施しており、資格を有する専門技術者の一部に助成金を出し、情報通信に関する技能を高めるために活用している。

IDA が推進している主要な人材開発・訓練プログラムは以下の通りである。

- ・ 重要情報通信技術資源プログラム (Critical Infocomm Technology Resource Programme : CITREP)
- ・ 戦略的人材転換プログラム (Strategic Manpower Conversion Programmes : SMCP?)
- ・ 電子ビジネス体験プログラム (E-Business Savviness Programme : EBSP)

### 3.6 規格生産性革新庁 (SPRING) の施策

SPRING は下記の支援政策を行っている。

#### 内企業ファイナンス・スキーム (LEFS)

国内企業が組織力を向上させ、経営基盤を強化し、操業を拡大できるように促進・支援するために設計された固定利率による財務支援プログラムである。

この制度は SPRING が管轄しており、23 の加盟金融機関から資金が提供される。融資機能は、工場長期ローン、機械長期ローン、機械購入ローン、資本ローン等がある。

#### 内企業技術援助制度 (LETAS)

一定期間、外部の専門家を招聘して経営の近代化と組織力向上を行う際に国内企業の負担を軽減する制度である。

#### ジャンプ・スタート・プログラム

中小企業が電子商取引を行えるようにする援助プログラム。このジャンプ・スタート・プログラムと呼ばれるパッケージは、既製の電子商取引ソリューションを導入できるようにして、中小企業のオンライン取引能力の早期開発を目標としている。このプログラムは、国内企業技術援助制度 (LETAS) のもとで実施されている。

### 3.7 ワンノースとホットスポット

シンガポールには多くの研究開発団地、工業団地が存在する。そのうち研究機関やハイテク企業が多く入居しているのがサイエンスパークである。サイ

エンスパークにはサイエンスパーク 1 とサイエンスパーク 2 があり、世界の代表的な多国籍企業を含め、多くの起業が入居している。この地域は、国立シンガポール大学をはじめ数多くの教育機関が立地している。

サイエンスパークと高速道路 (AYE) を挟んだ北側ではワンノースという大プロジェクトが行われている。この計画は、15-20 年をかけて、この地域一帯 194 ヘクタールに 150 億シンガポール・ドルを投じ、ハイテク都市にしようとするものである。

この周辺には、サイエンスパーク、シンガポール大学の他、シンガポール・ポリテク (高専)、英国系インタースクール、その他、多くの教育・研究機関がある。SPRING や教育省もこの周辺に立地している。シンガポール政府は隣接する軍の施設を移転して、この地域一帯を大規模に開発し、アジアの研究開発・ハイテク産業拠点を作ろうと計画している。ワン・ノースとは、シンガポールが位置する北緯一度を意味している。シンガポール政府のジュロン開発公社が開発を担当しているが、政府はコア機関のみを整備し、残りは、民間が主体となって開発する。

2002 年 5 月に、経済開発庁 (EDB) から、シンガポール島内 7 箇所のハイテク企業集積地に入居するベンチャー企業間のネットワーク化を促進する「ホットスポット」プロジェクトが発表された。ホットとは、Hub of Technopreneurs の頭文字で、「ハイテク・ベンチャー起業家・企業の集積地」を意味する。

島内 7 箇所のハイテク企業集積地とは、シンガポール・サイエンス・パーク、ワン・ノースのフェーズ・ゼロ、サンテック・シティーなどが含まれる。本プロジェクトも、政府が全てを実施するわけではなく、シンガポールの四大不動産開発業者である、Ascendas 社、CapitaLand Commercial 社、ジュロン開発公社、サンテック・シティー開発会社が主導するプロジェクトである。

## 4. 2002 年の研究開発の概況

### 4.1 概況

シンガポールの研究開発の概況は、毎年科学技術研究庁 (A\*STAR) が行う研究開発調査により明らかにされている。この調査は、A\*STAR から多数の組織に調査票を送付して行われる。2002 の研究開発の状

況については、2003年10月に公表された。

調査対象となった組織は、民間企業、政府機関、高等教育機関ならびに公共研究機関であるが、合計519社の民間企業は、2002年に研究開発を実施したと報告、うち53%(277社)は製造業、44%(229社)はサービス業、3%(13社)は第一次産業ならびに建設業にそれぞれ属している。2001年研究開発費における民間企業上位100社だけで、民間企業全体における同年の研究開発費のうちの84%(17億1,300万シンガポール・ドル)を占めている。

以下に、A\*STAR発表の調査内容を紹介する。

## 4.2 研究開発人材

研究開発に従事する研究者については、2002年において、研究科学者およびエンジニア(以下、「RSEs」)は合計1万5,654名、修士課程及び博士課程の全日制大学院研究生(以下、「FPGRSs」)は3,723名であった。RSEsのうち52%(8,069名)が学士号、25%(3,946名)が修士号、23%(3,639名)が博士号を最終学位として取得している。FPGRSsのうち57%(2,110名)は修士課程で、43%(1,613名)は博士課程で研究に携わった。労働者1万人当たりのRSEsが占める数は73.5人、労働者1万人当たりのTRSEs(RSEsおよびFPGRSsの合計)が占める数は、91.0人であった。

RSEsおよびFPGRSsの国籍、年齢および性別についても調査が行われている。その結果以下のことが明らかになっている。RSEsは1万5,654名であるが、その81%(1万2,680名)は、シンガポール国民および永住権取得者(以下、「PRs」)、19%(2,974名)は、非永住権取得外国人である。また、55%(8,654名)は、35歳未満、89%(1万3,888名)が45歳未満であり、性別では、男性1万2,084名に対して女性3,570名となっている。

博士号を取得しているRSEsは3,639名であるが、その68%(2,486名)はシンガポール国民およびPRs、32%(1,153名)は非永住権取得外国人である。また、25%(894名)は35歳未満、73%(2,640名)45歳未満であり、性別では、男性3,045名に対して女性594名となっている。

FPGRSsは3,723名いるが、このうち全体の21%(769名)はシンガポール国民およびPRs、79%(2,954名)は非永住権取得外国人である。修士号

取得の学生2,110名のうち、26%(558名)はシンガポール国民およびPRs、74%(1,552名)は非永住権取得外国人である。博士号取得の学生1,613名のうち、13%(211名)はシンガポール国民およびPRs、87%(1,402名)は非永住権取得外国人である。また、95%(3,549名)は35歳未満であり、男性2,510名に対して女性1,213名となっている。

こうしてみると、シンガポールの特徴として、博士号を取得している高度な研究人材と将来の研究開発を担う若い人材において外国人の比率が高くなっていること、総じて研究者の年齢が低いこと、男性の研究者が多いことなどがあげられる。

各機関におけるRSEsの比率については以下のようになっている。

全RSEsのうち55%が民間企業に属している。そのうち75%が最終学位として学士号、同50%が修士号、同15%が博士号をそれぞれ取得している。高等教育機関には全RSEsの22%が従事しているが、そのうち56%は博士号取得者である。公共研究機関には全RSEsの12%が従事し、うち22%は博士号取得者である。政府機関には全RSEsの11%が従事し、うち7%が博士号取得者である。

民間企業のRSEs8,598名のうち、最終学位として71%(6,080名)が学士号、23%(1,971名)が修士号、6%(547名)が博士号をそれぞれ取得している。高等教育機関では全RSEs3,473名のうち、最終学位として59%(2,050名)が博士号、23%(802名)が修士号、18%(621名)が学士号を取得している。公共研究機関では全RSEs1867名のうち、最終学位として43%(799名)が博士号、35%(656名)が修士号、22%(412名)が学士号をそれぞれ取得している。政府機関では全RSEs1,716名のうち、最終学位として14%(243名)が博士号、30%(517名)が修士号、56%(956名)が学士号をそれぞれ取得している。

分野別のRSEsについては、次のとおりである。

RSEs1万5,654名のうち、57%(8,851名)はエンジニアリング・技術分野、23%(3,532名)は自然科学分野(バイオ科学を除く)、13%(2,083名)はバイオメディカルおよび関連科学分野、1%(196名)は農業および食品科学分野、6%(2,313名)はその他の分野の研究者である。FPGRSs3,723名のうち、62%(2,313名)はエンジニアリング・技術分

野、23% (861名)は自然科学分野(バイオテクノロジーを除く)、15% (540名)はバイオメディカルおよび関連科学分野、少数(9名)は、農業および食品科学分野、その他の分野に属している。

民間企業におけるRSEsの産業別の内訳は次のようになっている。

民間企業におけるRSEs 8,298名のうち、69% (5,942名)は製造業、30% (2,603名)はサービス業、1%弱(53名)は第一次産業ならびに建設業に従事している。製造業におけるRSEs 5,942名のうち、63% (3,758名)はエレクトロニクス、16% (934名)は精密エンジニアリング、11% (668名)は輸送エンジニアリング、4% (249名)は化学、2% (144名)はバイオメディカル科学、3% (189名)は一般製造の各産業に従事している。エレクトロニクス産業のRSEs 3,758名のうち、43% (1,607名)は情報通信の最終製品、7% (1,016名)は半導体、27% (998名)はコンピュータ周辺機器、4% (137名)はデータ保管及びその他の電子モジュール/部品産業の各産業に従事している。サービス業におけるRSEs 2,603名のうち、40% (1,031名)は電気通信およびIT産業に従事している。また、18% (476名)は研究開発に携わる企業に従事し、そのうち244名はバイオテクノロジー研究開発に携わる企業に従事している。民間企業に従事し博士号を持つRSEs 547名のうち、55% (300名)は製造業、また25% (135名)は研究開発企業に従事しており、これにはバイオテクノロジーに関する研究開発企業に従事する90名を含まれる。製造業に従事し博士号を持つRSEs 300名のうち、51% (154名)はエレクトロニクス、19% (56名)は精密エンジニアリング、10% (29名)は化学、7% (21名)はバイオメディカル科学、6% (17名)は輸送エンジニアリング、8% (23名)は一般製造の各産業に従事している。

全体で製造業に従事するRSEsのうち博士号取得者は、わずかに5% (5,942名のうち300名)である。産業グループ別では、博士号を取得しているRSEsの割合は輸送エンジニアリングで3% (668名のうち17名)、エレクトロニクスが4% (3,758名のうち154名)、精密エンジニアリングで6% (934名のうち56名)、化学で12% (249名のうち29名)、バイオメディカル科学で15% (144名のうち21名)、一般製造で12% (189名のうち23名)となっている。

研究開発人材のここ数年間の傾向については、次のようになっている。TRSEsの人数は、2001年の1万8,577名から、2002年には1万9,377名に増加している。FPGRSsの人数は3,211名から3,723名へ15.9%増加し、博士号を持つRSEsの人数は3,347名から3,639名へと8.7%増加した。一方、修士号および学士号を持つRSEsの人数は1万2,019名から1万2,015名へとごく僅かに減少している。

民間企業におけるRSEsの人数は、2001年の8,389名から2002年には8,598名へ2.5%増加しているが、その内、博士号を持つRSEsが455名から547名へ20.2%増加、修士号を持つRSEsが1,879名から1,971名へと4.9%増加している。また、学士号を持つRSEsは6,055名から6,080名へと微増している。

全労働人口に対する研究者数については、労働者1万名あたりに占めるRSEsの人数は、2001年の72.5名から2002年には73.5名へ増加し、労働者1万名あたりに占めるTRSEsの人数は、2001年の87.6名から2002年の91.0名へと増加している。

#### 4.3 研究開発支出

2002年の研究開発費は合計34億500万シンガポール・ドルで、国内総生産(GDP)の2.19%を占める。研究開発に携わる人材の件数は研究開発費総額の43% (14億4,800万シンガポール・ドル)であり、その他運営費は38% (12億9,800万シンガポール・ドル)、設備投資は19% (6億5,800万シンガポール・ドル)となっている。

研究開発費の機関別の内訳については、民間企業における研究開発費が、研究開発費総額の61.4% (20億9,100万シンガポール・ドル)を占め、これは2002年のGDPの1.34%に相当する。政府機関、高等教育機関ならびに公共研究機関における研究開発費は、研究開発費総額のおよそ13%を占める。

研究開発の段階別、分野別支出については、研究開発費総額のうち50%は実験開発、35%は応用研究、15%は基礎研究に割り当てられている。また、研究開発費総額の57%はエンジニアリングおよび技術分野、16%は自然科学(バイオを除く)、13%はバイオメディカルおよび関連科学、1%は農業および食品科学、13%はその他の分野に支出されている。バイオメディカルおよびその関連分野では、研究開発費の41%は基礎研究、48%は応用研究、11%は実験開発に支出されており、自然科学(バイオを除く)の

分野では、研究開発費の19%は基礎研究、35%は応用研究、46%は実験開発に支出されている。エンジニアリングおよび技術の分野では、56%は実験開発、33%は応用研究、11%は基礎研究に支出されている。

民間企業における研究開発の段階別の研究開発支出については、研究開発費の63%(13億1,000万シンガポール・ドル)は実験開発、33%(6億8,900万シンガポール・ドル)は応用研に割り当てられ、基礎研究への割り当ては、わずか4%(9,200万シンガポール・ドル)に留まっている。また、産業別については、民間企業の研究開発費の73%(15億1,500万シンガポール・ドル)が製造業、22%(4億7,000万シンガポール・ドル)がサービス業、5%(1億700万シンガポール・ドル)が第一次産業ならびに建設業により支出されている。製造業においては、研究開発費の67%(10億1,700万シンガポール・ドル)がエレクトロニクス、15%(2億3,200万シンガポール・ドル)が精密エンジニアリング、6%(9,200万シンガポール・ドル)が輸送エンジニアリング、5%(8,000万シンガポール・ドル)が化学、3.4%(5,200万シンガポール・ドル)がバイオメディカル、2.8%(4,200万シンガポール・ドル)が一般製造により支出されている。このうち、エレクトロニクス分野については、研究開発費の39%(3億9,800万シンガポール・ドル)が半導体、34%(3億4,400万シンガポール・ドル)が情報通信の最終製品、22%(2億2,100万シンガポール・ドル)がコンピュータ周辺機器、5%(5,500万シンガポール・ドル)がデータストレージ及びその他電子モジュール・部品の各産業により支出されている。サービス業では、研究開発費の29%(1億3,800万シンガポール・ドル)は研究開発サービス、23%(1億600万シンガポール・ドル)は電気通信およびITの分野で支出されている。

研究開発費の傾向については、次のようになっている。民間企業における研究開発費は、2001年の20億4,500万シンガポール・ドルから2002年には20億9,100万シンガポール・ドルとわずかながら増加している。国内総生産(GDP)に対する割合では、1.34%とほぼ横ばいである。

#### 4.4 特許取得の状況

2002年の調査によれば、936件の特許申請、451件の特許取得が報告されている。そのうち民間企業が申請の71%(660件)取得の78%(350件)を占め、公共研究機関は申請の13%(124件)取得の13%(57件)を占めている。また、高等教育機関は申請の14%(129件)取得の9%(42件)を占め、政府機関は申請の2.5%(23件)取得の0.4%(2件)を占める。

また、特許の保有状況については、合計で1739件の特許を所有しており、その内訳は民間企業が82%(1424件)、高等教育機関は9%(157件)、公共研究機関は8%(143件)、政府機関はおよそ1%(15件)である。

民間企業における特許申請660件および取得の350件のうち、それぞれ86%(569件)および71%(320件)は製造業によるもので、また民間企業が所有する特許1424件のうち、製造業が92%(1307件)を所有している。製造業における特許申請569件および取得320件のうち、85%(484件)および88%(282件)は、エレクトロニクス産業である。所有についても、エレクトロニクス産業が、製造業全体で所有している1307件の特許のうちのは81%(1,063件)を所有している。そのエレクトロニクス産業の特許申請484件および取得282件のうち、54%(262件)および83%(234件)は半導体産業により申請または取得されたもので、エレクトロニクス産業における特許1063件のうち、63%(671件)を所有する。このように、シンガポールの民間企業の所有する特許の多くは半導体産業によるものである。

特許に関する指標の傾向としては、特許申請件数は2001年の913件から2002年には936件へと2.5%増加し、特許取得件数は2001年の410件から2002年には451件へと10%増加した。特許申請1件当たりの研究開発費は、2001年の350万シンガポール・ドルからわずかに増加して2002年には360万シンガポール・ドルとなっている。

表1 に研究開発指標(時系列)を添付する。

表1 主要指標の時系列データ

年	RSEs	民間企業 RSEs	博士 RSEs	大学 院生	RSEs / 労働者 1万人	RSEs+大学 院生 / 労働者 1万人	労働者数 (千人) *1
1993	6,629	3,248	1,628	-	40.5	-	1,635.7
1994	7,086	3,561	1,724	-	41.9	-	1,693.1
1995	8,340	4,163	1,887	-	47.7	-	1,749.3
1996	10,153	5,085	2,237	-	56.3	-	1,801.9
1997	11,302	5,792	2,485	-	60.2	-	1,876.0
1998	12,655	6,573	2,733	-	65.5	-	1,931.8
1999	13,817	7,502	3,054	-	69.9	-	1,976.0
2000	14,483	7,997	3,111	2,570	66.1	77.8	2,192.3
2001	15,366	8,389	3,347	3,211	72.5	87.6	2,119.7
2002	15,654	8,598	3,639	3,723	73.5	91.0	2,128.5

年	研究開発費 総額 (100万ドル)	民間企業 研究開発費 (100万ドル)	民間企業 研究開発費 対総開発費	研究開発費 総額 対GDP比率	民間企業 研究開発費 対GDP比率	GDP (100万ドル) *2
1993	997.93	618.58	61.99%	1.06%	0.66%	94,289.3
1994	1,174.98	736.23	62.66%	1.09%	0.68%	107,851.1
1995	1,366.56	881.37	64.50%	1.15%	0.74%	118,962.7
1996	1,792.14	1,133.42	63.24%	1.38%	0.87%	130,034.6
1997	2,104.56	1,314.52	62.46%	1.49%	0.93%	141,640.9
1998	2,492.26	1,536.10	61.63%	1.82%	1.12%	137,084.8
1999	2,656.30	1,670.86	62.90%	1.93%	1.21%	137,935.1
2000	3,009.52	1,866.05	62.00%	1.91%	1.18%	157,700.2
2001	3,232.68	2,045.02	63.26%	2.13%	1.34%	152,065.5
2002	3,404.66	2,091.33	61.43%	2.19%	1.34%	155,726.6

年	特許 申請分	特許 取得分	特許 所有	シンガポールにおける 特許、新技術開発 によるライセンス 収入	シンガポールにおける 研究開発による 製品/プロセス の売上収入	回答 民間企業数
1993	142	52	200	41.22	-	410
1994	263	58	204	52.80	-	427
1995	242	51	256	111.41	-	440
1996	316	91	614	27.34	6,381.02	496
1997	490	132	831	26.61	9,647.26	508
1998	579	136	847	50.97	13,369.92	571
1999	673	161	1,077	671.89	10,663.94	593
2000	774	239	1,268	74.63	15,577.77	539
2001	913	410	1,456	55.17	16,659.52	513
2002	936	451	1,739	87.50	11,445.60	519

\*1 資料 - 労働省 [http://www.mom.gov.sg/MOM/CDA\\_PopUp/1,1135,4023-----3456-----,00.html](http://www.mom.gov.sg/MOM/CDA_PopUp/1,1135,4023-----3456-----,00.html)

\*2 資料 - シンガポール統計局 <http://www.singstat.gov.sg/keystats/hist/gdp2.html> (最終更新日 2003年2月27日)

## 5. シンガポールの環境技術

### 5.1 アジアの環境問題

環境技術産業はアジア太平洋諸国の間で急成長を遂げる産業として台頭してきた。経済発展および都市化の進展は人口増と環境問題を生み、多岐にわたる環境関連製品、サービス、テクノロジーの需要を引き起こす結果となった。

1990年代前半までに自動車の普及と工場進出によってインドネシア、タイ、フィリピンの大気汚染はすでに経済成長の2倍から3倍のペースで悪化した。約10年ごとにエネルギー需要は倍増しており、その結果2005年までにアジアにおける二酸化硫黄ガスの排出量は、欧州と米国をあわせたそれを上回ると予想されている。現在、アジアだけでも1日当たり約76万トンの固形廃棄物が発生、2025年には約180万トンに達する見込みである。

アジアの都市はすでに人口過密と汚染による弊害、清浄飲料水および効率的な廃棄物処理施設の不足に悩んでいる。しかしながら、逆に言えば、環境技術は新たな将来的市場を約束するものである。環境保護に対する政府支出は国内総生産(GDP)の1%未満にとどまっているが、世界銀行は環境への不十分な対策がGDPの約5%相当(平均)の犠牲を払っていると見積もっている。東アジアと東南アジアをあわせた市場規模は2010年までに500億米ドルに達すると見込まれ、環境技術が新しい段階を迎えることから、シンガポールおよび域内の企業にまたとない事業機会を与えることになるだろう。

### 5.2 シンガポールの環境問題と対策

シンガポールは他国の手本となるような環境管理面での実績を持ち、クリーン&グリーンな都市国家として有名である。アジアでも積極的に環境技術を導入しているシンガポールは、経済発展と環境保護のバランスをうまく保っていることでも知られる。ここ数年、同国の環境サービス企業は水質技術、廃棄物・廃水処理、クリーンエア、環境コンサルティング、エンジニアリングサービスの分野で専門技術を開発し続けている。

東南アジア域内のその他の諸国とは異なり、シンガポールは適切な生活環境の維持と質の改善に必要な資本、技術、そして行政能力を備えている。しかしこれまでの環境管理における成功は政府の強力な主導力によるところが大きい。

シンガポールは国際社会の一員として責任を果たしてきている。環境問題の解決における国際協調でも、シンガポールは海外、域内、国内を問わず様々な組織・団体との連携維持を望んでおり、各種の多国間環境協定のもとその義務を全うすることに尽力し、環境管理における専門知識や自国の経験を他の国々と共有し続けている。

国内レベルの環境保護の強化促進に関しては、シンガポールは産業および一般市民を含む全体的なアプローチを採用しており、下記のような将来的対策

を検討している。

- ・クリーンテクノロジーを利用したより効果的な資源管理と公害発生源の削減
- ・産業におけるエネルギー効率利用の奨励・促進
- ・過去のシンガポールにおける廃棄物最小化プログラムの見直し、および廃棄物問題の系統的解決に向けた国家廃棄物最小化10カ年計画の策定
- ・廃水のリサイクルおよび水源の効果的利用の促進

天然資源の乏しいシンガポールはその人口によって生み出される廃棄物の増大という難問に直面している。ゴミ焼却プラントの高額な建設および操業コスト、そしてゴミ埋め立て処理地の不足がゴミ最小化とリサイクルのニーズを押し上げている。2002年の時点で500万トンのゴミのうち220万トンがリサイクルされている(総リサイクル率は45%)。現在シンガポール国内だけで1日当たり約7,200トンの固形廃棄物が発生している。

このような状況の下、環境サービス産業は成長分野と認識されており、(商用および家庭用を含む)清掃、害虫駆除、廃棄物管理関連サービスを中心に、年間売上は16億5,000万シンガポール・ドル規模と推定される。

### 5.3 シンガポールの水質管理

シンガポール国内の2001年度水質管理目標(例:生化学的酸素要求量(BOD)当たり10mg/未満)における水質評価結果は大変優良なものであった。集水域から採取されたサンプルの92%、および非集水域から採取されたサンプルの94%がBOD目標水準に合格した。水質維持の大きな要因として、公共下水施設の建設過程における進展が考えられる。シンガポールでは家庭廃水および産業廃水ともに基本的に公共下水施設で処理されており、そのような処理プラントは現在6ヶ所におよぶ。産業廃水は水質汚染の最大要因であるが、現在は国家環境局(NEA)の公害管理部門により厳しく管理されており、例えば、酸性廃水を排出する工業プラントでは排水口におけるpHメーターとそのメーターに連動する廃水遮断装置の設置が義務づけられている。

### 5.4 大気汚染

シンガポールの大気汚染の主要原因は工業プラントや車両排気ガスなどであり、水質と同様に大気汚染も厳しく管理されている。住宅地域や主要道路沿いをはじめとする一般生活環境に合計17の大気汚染モニタリングステーションが設置され、大気汚染のレベルは常時監視されている。

これらモニタリングステーションによる2001年の計測結果によると、一般生活環境における二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)、二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)や微粒子物質(PM10)などの主要大気汚染源の濃度は、米国環境管理局の大気汚染基準を大幅に下回るレベルであった。例えば、SO<sub>2</sub>の年間平均値は同局基準の80ig/m<sup>3</sup>に対し22ig/m<sup>3</sup>にとどまり、微粒子PM10についても同局基

準の 50 ig/m<sup>2</sup> に対し 20 ig/m<sup>2</sup> にとどまった。汚染基準指標 (PSI) でも 2001 年は年間を通じ、延べ 305 日間 (365 日間のうちの 83%) にわたり「優良」レベルを記録した。

もうひとつの大気汚染要因である車両排気ガスに関しては、個々の車両に厳しい排ガス規制を実施することで対応している。さらにシンガポール独特の車両購入システムである車両購入権 (COE) の発行数の管理を通じて国内の総車両数を限定、同時に道路通行料システムの導入により交通量を規制するなどして、間接的に大気汚染を抑制している。

## 5.5 増え続ける廃棄物

産業活動の活発化と国民所得の増加により、シンガポールのゴミ発生量は年々増え続けている。2001 年の固形廃棄物量は合計 500 万トンに達し、うち 44.4% に相当する 220 万トンがなんらかの形でリサイクルされ、残りの 280 万トンは主に焼却処理された。この 280 万トンのうち産業廃棄物は 42%、商業ビルを含む家庭廃棄物は 58% を占めた。シンガポールの廃棄物処理施設は年間 280 万トンを超える処理能力をもっている。

シンガポールの法令では 26 種類が有害産業廃棄物として規定されている。シンガポール政府により認可を受けた民間企業はこれらの有害産業廃棄物の回収、運搬、処理に対する責務を負う。現在までに約 120 社が有害産業廃棄物の処理事業ライセンスを取得している。

## 5.6 シンガポール・グリーン計画

現在のグリーン計画は、最新技術による下水の再利用、海水の淡水化、廃棄物の削減およびリサイクルの促進、エネルギー効率の向上、をはじめとする対策による天然資源の保護を目的としている。シンガポールのグリーン計画の 2012 年までの達成目標は以下の通りである。

- ・リサイクル率を現在の 44% から 60% にまで引き上げる
- ・プラウ・セマカウ (セマカウ島)・ゴミ埋立地の耐用年数を現在の推定約 30 年から 50 年にまで延長する
- ・焼却プラントの建設計画実施を遅らせる

## 5.7 シンガポール環境産業

シンガポールの環境サービス産業は縦横に統合されている。成長産業との認識のもと、清掃サービス (商業用・家庭用を含む) 害虫駆除、廃棄物管理を中心に、年間売上は 16 億 5,000 万シンガポール・ドルと推定される。シンガポールの市場優位性の強化、顧客のためのコスト削減推進、生活水準の全般的な向上に向け、環境産業のさらなる発展が可能になるだろう。

シンガポールが優先事項として掲げているのが環境技術ハブとしての成長であり、新ビジネス、製品、

サービス、生産能力、雇用の創出を通じ、経済にさらなる付加価値を与えることである。実際、シンガポールの過去の環境管理における業績、専門知識、技術インフラ、知的財産の保護、研究開発に対する関わりをみても、環境技術ハブとなるには優位な立場にあるといえる。

さらにシンガポールはアジアの文化的背景に精通した知識、域内への容易なアクセス、域内他国と類似した経済的、社会的、物理的条件のもと蓄積された環境専門知識を保持し、アジア太平洋市場全体を対象とする環境サービス輸出の恰好の拠点となっている。

## 5.8 環境関連機関

### (1) 環境省

1972 年に設置された環境省は、包括的な環境保護プログラムや公衆衛生プログラムの開発と実施を推進してきた。これには環境インフラや法的枠組みの設置も含まれる。その結果として「クリーン & グリーン (清潔で緑の美しい)」シンガポールが構築され、多くの環境技術企業が域内の起点として本拠地を設立するにいたっている。

### (2) 国家環境局

2002 年 7 月 1 日、環境政策の導入を目的として新たに国家環境局 (NEA) が環境省のもと設立された。法定諮問機関である国家環境局は、環境政策・管理部門、環境公衆衛生および気象サービスなどの関係部門を統合し、シンガポール国民に清潔かつ維持可能なよい環境を提供する任務を負う。

環境政策・管理部門はシンガポールの環境保護において重要な役割を果たしており、環境汚染の防止、監視、教育に関するプログラムを実施している。また同部門はシンガポールの 4 ヶ所のゴミ焼却プラントおよび海洋衛生埋立地の操業を任されているほか、廃棄物発生最小化およびリサイクル・省エネ奨励プログラムを導入している。

一方、環境公衆衛生部門は、広範な土質調査と適切な汚染防止対策により高水準の公衆衛生維持に努めている。同部門はさらに、シンガポール全体の衛生水準と食品小売産業における高度の衛生水準管理を行っている。

またシンガポール気象サービスは新たに気象サービス部門と改名され、国家環境局の傘下部門となった。同部門は今後も公衆衛生や社会経済活動を支援する貴重な気象情報を提供していく。これには煙害警報の発令など、航空界・海洋界および国軍に不可欠な気象サービスも含まれる。

近年の国家環境局の主要プログラムは下記の通りである。

- ・この 2 年間で数多くのホーカー (屋台) あるいはフードセンターが、総額 4 億 2,000 万シンガポール・ドルを投じたホーカーセンター改修計画によ

り改造・改修された。

- ・全国規模のトイレ改修計画を発表し、特にコーヒーショップなどに設置されている公衆トイレの改善に力を入れている。
- ・ポイ捨て禁止キャンペーンを公共イベントにまで拡大させ、パレードやパーティ、公共集会などにおけるゴミ削減をアピールしている。
- ・国内全土のホーカーセンター、フードセンター、学校内のカフェテリアに至るまで、食品小売店（屋台店）の衛生ランキングを義務付け、販売者個人の衛生レベルから店舗内の食品取り扱い方法までを細かく評価し、衛生標準に合格した店舗には「A」ランクを認証している。
- ・エアコンや冷蔵庫などの家電製品を対象に「エネルギーラベル」を新たに設定し、全国規模で参加小売店の家電製品に表示している。
- ・コンクリート壁と地面を利用した新たな埋葬地（墓地）の開発。この新しい埋葬システムは、従来の埋葬方法と比較して、環境保護だけでなく、整然とした墓地の外観、遺族による墓参の便宜などの面でもメリットが大きい。同様に新しいマンダイ納骨堂も、すばらしい眺望、美しいデザインのアトリウム、陽の当たる小道で知られており、「霊廟というより大邸宅のような設計」で、日本様式、中国様式、バリ様式の庭園や池がある。
- ・公共住宅および民間住宅、学校施設におけるリサイクルプログラムの導入。
- ・ナウキャストと呼ばれる全国規模の最新気象情報サービスの実施。このサービスでは携帯電話利用者を対象に、利用者のいる特定地域で3時間ごとの詳細な気象情報を提供することができる。
- ・小冊子グリーン・トランスポート・ガイドを発行、環境にやさしい交通手段についての実用的情報や、自動車の燃料効率向上に役立つ情報を提供している。

### （3）トゥアス・サウス焼却プラント

シンガポールでは1日平均約7,200トンの固形廃棄物が生み出されている。このうち約92%は焼却処理され、残りの建設残骸・破片のような非焼却廃棄物は埋立て処分されている。国内にはウル・パンダン、セノコ、トゥアス、トゥアス・サウスの合計4ヶ所の焼却プラントがある。

なかでもトゥアス・サウス焼却プラントは廃棄物の燃料化プラントとしては世界最大規模を誇る。総額8億9,000万シンガポール・ドルを投じて建設されたこのプラントは、汚染を最小限に抑えるため最新技術を駆使している。例えば、燃焼排気ガスは炭酸カルシウムで処理して酸性ガスを除去、その後静電集塵機と触媒バグフィルターを通して塵埃や他の汚染物質を取り除く。また焼却焼却灰については、金属除去処理後、衛生埋立地に廃棄されたり、道路建設に再利用される。

### （4）ブラウ・セマカウ海洋ゴミ埋立地

焼却処理により廃棄物量は大幅に減少するが、残

った焼却灰は適切に処分されなければならない。さらに建設残骸・破片や解体ゴミ、汚泥といった非焼却廃棄物もある。このような廃棄物はゴミ埋立地への投棄が必要となる。国土の限られたシンガポールではすでに、総額6億1,000万シンガポール・ドルを投じ、エンジニアリング・環境技術により、ブラウ・セマカウ（セマカウ島）沖にゴミ埋立地が建設されている。この海洋ゴミ埋立地は1999年4月1日に操業を開始、耐用年数は30年間の見込みである。

非焼却廃棄物と焼却灰は毎日、バージ（運搬船）によりブラウ・セマカウ・ゴミ埋立地に搬送され埋め立て投棄される。ゴミ埋立地は全長7キロの堤防で囲まれ、その中に廃棄物を投棄する特殊セル（槽）がある。これらの特殊セルは不透水性素材で裏張りされており、廃棄物を密封し、海水への浸出防止機能を果たす。すべての特殊セルが廃棄物でいっぱいになった時点で、埋立地はレクリエーションまたは産業用途に再開される。

## 5.9 公共事業局（PUB）の活動

公共事業局（PUB）は2001年4月1日付けで統合的な水質管理当局として再編された。この再編によりPUBは、水の使用、供給、回収に必要なインフラを建設・維持し、シンガポールにおける十分な水供給を確保し、人口の消費に適した水道水供給を規制することになる。さらにPUBは政府に代行して、公共下水道システムおよび排水システムの建設、管理、維持を遂行する役目を負っている。

PUBはシンガポールの水資源の多様化を検討している。シンガポール国内の集水域と隣国マレーシアのジョホール州から水を確保するだけでなく、政府はインドネシアとも、同国リアウ州での新しい水供給源の開発について交渉中である。またPUBは産業利用に向け、使用水処理に有効な新技術の開発や、海水の淡水化に必要な最新技術の活用にも引き続き積極的に取り組んでいる。

### （1）ニューウォーター

ニューウォーターは現実には使用済みの再生水であるが、飲料水に適するほど高度に浄化されている。実際ニューウォーターは、処理過程ですべてのミネラル分を除去している。この再利用水は再処理過程を経て新しい使命を取り戻すことから、ニューウォーターと名づけられた。最先端の浸透膜技術を採用して下水は再生され、マイクロフィルターを通し、さらに微粒子やバクテリアを取り除くため逆浸透処理される。これらの過程により使用水が飲料水としても安全なほど清浄な水に再生されるのである。ニューウォーターはまた、化学的および物理的性質面でも世界保健機構（WHO）の飲料水安全基準を上回っている。

ニューウォーターはまず非飲用目的に利用される。これはその純度の高い性質のため、ウェーハ製造など純水使用が条件となる産業での利用がより適切と判断されるためである。

2003年以降、PUBはニューウォーターを7ヶ所の

ウェーハ製造プラントに供給しているが、その反応は良好、需要は現在1日当たり400万ガロンに達し、さらに拡大し続けている。またその他の工業および商業セクターもニューウォーターの利用を希望していることから、近い将来ニューウォーターは工業および商業分野の広範にわたり使用される非飲用水の主要水源となるだろう。

## (2) 脱塩水(淡水)

2003年1月、PUBは脱塩水の供給事業をシングスプリング社に委託した。ハイフラックス社の完全子会社であるシングスプリング社はこの設計・建設・保有・操業(DBO)包括契約に基づき、20年間にわたり1日当たり3,000万ガロンの脱塩水を供給する予定である。この淡水化プラントは域内でも最初で最大規模の脱塩水供給施設になるとみられ、脱塩水の供給開始は2005年をめどとしている。PUBはニューウォーターと同様に民間セクターの参加を促進させた。

### 5.10 セムコープ社(SembCorp)

セムコープ・エンバイロメンタル・マネジメント社(略称セムエンパイロ)は、セムコープ・インダストリーズの完全出資子会社で、シンガポール・クオリティ・クラスの認可を受け、国際標準化機構(ISO)9001:2000品質管理標準および14001:1996環境管理標準の規格認証を受けている。10年以上におよぶ業界経験と専門技術を背景に、セムエンパイロ社はシンガポール最大の廃棄物管理企業に成長し、オーストラリアでも第2位の環境サービス企業にランクされている。同社は地方団体、工業・商業・ヘルスケアセクターを対象に、廃棄物処理・環境事業管理トータルソリューションを提供、さらに設計・建設・保有・操業(DBO)ベースや建設・保有・操業・譲渡(BOOT)ベースの廃棄物管理プロジェクトも請け負っている。また、セムエンパイロ社は中国やマレーシア市場への進出も果たしている。

セムエンパイロ社の主な事業内容は以下のとおりである。

- ・ 廃棄物回収・搬送
- ・ 地方団体・工業・商業セクターの建設・解体で発生した廃棄物、医療廃棄物や廃液の回収および回収後処理
- ・ 工業用浄化
- ・ 廃棄物燃料化/エネルギー化焼却処理
- ・ リサイクルおよび再利用
- ・ コンサルティングおよびテクノロジー
- ・ 変換技術

同社はアジア初の完全自動原料回収施設をシンガポールに建設、操業する目的で、オーストラリア企業のVISYリサイクリング社と出資比率60:40の合弁企業を設立した。この施設では紙、ガラス、プラスチック、金属が自動的に分別される。リサイクル業界大手のVISYリサイクリング社は、世界最大の

紙・パッケージング企業であるVISYインダストリーズ社の傘下企業でもある。

最近では2003年9月に、セムエンパイロ社はオーストラリア最大手の建設・解体廃棄物リサイクル企業、アレックス・フレーザー社と合弁企業を設立、シンガポール初のトロンメル式回収施設を建設・所有・操業する計画である。アレックス・フレーザー社は創業125年の歴史をもつオーストラリア企業で、同計画に必要な専門技術、ノウハウ、研究開発、マーケティングネットワークを担当する。尚、合弁事業への出資比率はセムエンパイロが75%となっている。

このほかセムエンパイロ社は2003年4月に、シンガポールの主要な古紙リサイクル企業であるティ・ペーパー・リソース社の株式60%を取得した。現在セムエンパイロ・ティ・ペーパー社と社名変更した同社は、シンガポール国内で古紙分別プラントを所有および操業しながら、欧州、米国、インドネシアにおける紙の調達と東南アジア域内の製紙工場への紙の輸送にも従事している。

さらにシンガポール国外では、セムエンパイロ社は、オーストラリアで2番目の規模をもつ廃棄物管理企業SITAエンバイロメンタル・ソリューションズの株式40%を所有している。残る同社株式の株主は欧州最大かつ世界第4位の環境サービス企業、SITA社である。セムエンパイロ社はSITA社と共同でオーストラリアのシドニー、メルボルン、ブリスベン、パース、アデレードに総合的な環境ソリューションを提供している。

また2003年3月にはセムエンパイロ社は上海シンシア・エンバイロメンタル・サービス・カンパニー社と出資比率60%の合弁企業上海セムエンパイロ・リライアンス社を設立し、初の中国市場進出を果たした。この合弁会社は、シャープ、モトローラ、シーメンスをはじめとする多国籍メーカー企業75社以上を対象に工業廃棄物・商業廃棄物の回収サービスを行っている。

一方、隣国マレーシアでもセムエンパイロ社はコンソリデーテッド・プランテーションズ社と提携し、同国テナランでバイオマス廃棄物燃料化プラントを建設する計画である。このプラントでは従来は処分されていたパーム油廃液が、自社消費向けおよび市場販売向けのエネルギーに変換される予定だ。

セムエンパイロ社はシンガポール最大の家庭廃棄物回収・処理企業、セムウエスト社の親会社でもある。操業25年の豊富な経験をもつセムウエスト社は、シンガポールでももっとも包括的な廃棄物管理インフラを完備している。

工業セクターおよび商業セクターにおいて、セムウエスト社は市場の約2割を占め、合計3万ヶ所以上にサービスを提供している。一方、ヘルスケアセクターに関しては、医療廃棄物サービスの大手であるセムウエスト・メディカル社が、バイオハザード廃棄物、細胞障害性廃棄物、放射性廃棄物や薬剤廃棄物の処理を行っている。

セムウエスト社はさらに、5つの地方自治セクターでリサイクルプログラムを運営、工業・商業部門の顧客を対象にリサイクルサービスを提供し、よ

り効率的な資源利用と廃棄物削減によるコスト節減を支援している。

URL: [www.sembcorp.com.sg/T](http://www.sembcorp.com.sg/T)

## 5.1.1 研究開発および教育機関

### (1) 環境科学工学研究所

環境科学工学研究所 (IESE) は、南洋工科大学 (NTU) の環境工学リサーチセンター、NTU-シンガポール海洋港湾局・海洋リサーチセンターと、旧環境技術研究所が合併設立された研究開発機関である。IESE の狙いは、環境科学工学分野において世界的なセンターに発展し、シンガポール国内での環境研究開発投資の取りまとめ役として活躍することにある。上記 3 機関の統合により、知的財産権とその有効活用、そして最先端専門知識の獲得・利用の加速化に期待が寄せられている。

環境グループの研究活動は基本的に、環境工学リサーチセンターと IESE で実施されており、主要内容は以下の通りである。

- ・膜技術を利用した浄水/廃水浄化に関する革新的なソリューション
- ・廃棄物再利用と資源回収
- ・廃棄物処理におけるバイオ造粒・バイオフィルム技術
- ・環境に与える影響のアセスメントおよび管理

IESE は 6 つの技術センターで構成されている。

#### 環境工学リサーチセンター

環境工学リサーチセンター (EERC) は、南洋工科大学 (NTU)、環境省 (ENV) により合同設立された複合専門分野の研究開発センターである。同センターは NTU および国家教育研究所の人材から学術的知識を得て、環境研究プログラムの開発で業界をリードしている。

EERC による環境工学分野での積極的な研究活動と教育訓練活動は、環境事業・技術ハブとしてのシンガポールの成長に大きく貢献しており、その目標は以下の通りである。

- ・環境工学の多方面で上流部門研究開発に向けた活動センターを確立する
- ・国内および域内ニーズに対応する適切な環境技術・革新的取り組みを開発する
- ・環境工学分野における地元専門家の継続的育成と専門研修を提供する
- ・域内および国際的会議・展示会開催や、発展途上国参加者を対象とした環境研修コース・プログラム主催を通じ、域内環境工学情報の提供元・技術移転センターとして活躍する
- ・シンガポール企業や環境省との提携により画期的な環境技術の開発、促進、実践を推進する

#### 海洋リサーチセンター

シンガポール海洋港湾局 (MPA) と南洋工科大

学 (NTU) が合同で設立した海洋リサーチセンター (MRC) は、国内および海外研究機関における研究開発活動を実施しており、港湾・海洋技術の研究開発に特化している。MRC は港湾運営、海洋業務および沿岸管理に関する継続的研修や専門研修を提供すると同時に、港湾管理および沿岸環境資源活用における様々な新しいアプローチを開発している。

#### 先端環境バイオテクノロジーセンター

先端環境バイオテクノロジーセンターは、環境廃棄物の解毒、回収、リサイクルに必要な環境バイオテクノロジー開発の拠点として機能している。主な研究内容はバイオモニタリング・バイオセンサー開発、バイオ抽出、バイオレメディエーション、海洋環境技術である。

同センターは以下を目標としている。

- ・石油・化学品流出時のバイオレメディエーション用微生物システムの開発
- ・難分解性有毒廃棄物の処理、廃水流からの資源回収
- ・病原体識別用バイオモニタリング機器の開発
- ・海水処理用高速殺菌技術の開発
- ・海洋・製薬・石油・石油化学・バイオ MEMS に特化した環境バイオテクノロジーの専門家の育成

#### 先端クリーンエネルギー (ACE) センター

先端クリーンエネルギー (ACE) センターは、過去 3 年間にわたり研究開発されてきた天然ガス分離・生産プロセスを基盤として活動している。IESE での研究内容は水素生産・発生システム、天然ガス変換・燃料電池技術、バイオマスエネルギーシステム、最新水素活用技術の共同研究を通じて実施されており、IESE は最新の代替エネルギー技術に関する研究開発活動を重視している。

- ・シンガポールの技術指向輸出市場の拡大を実現すると同時に、化石燃料への依存度を軽減する
- ・公共部門、民間部門における現在のプロセス・設備機器のエネルギー効率を改善し、エネルギー回収率を向上させて、二酸化炭素ガスの排出量削減を目指す
- ・エネルギー供給の多様化により、シンガポールの将来的エネルギー需要に適した再生可能なエネルギー技術を開発する

#### 先端膜技術センター

IESE 内の先端膜技術センターは、主要研究プログラムや国家戦略プログラムをテコに、シンガポールの水循環に関する最新膜技術開発の中心として活動する。研究内容の主眼は家庭用途・産業用途における水供給維持のための膜技術の活用、液体廃棄物の回収、水環境の保護にある。

膜技術は水処理・水生産、製薬・化学・石油化学産業および環境管理の応用分野で日進月歩

を続けている。研究活動は、コア・リサーチ・プログラムとテマセク・プロフェッサー・プログラム（テマセク：シンガポールの古名）に大分される。このうち後者は、特別優秀な研究業績を収めた研究者に与えられる大変競争率の高いプログラムであり、世界的に著名な研究者や専門家を海外からシンガポールに誘致し、当地で研究開発プロジェクトを主導してもらうことを目的としている。2002年9月にはアンソニー G. フェーン教授がテマセク・プロフェッサーに任命され、3カ年計画である“維持可能な水のための膜技術”プログラムを指導している。

#### エコマテリアル先端リサーチセンター

エコマテリアル先端リサーチセンター（CARE）は、環境問題上、重要な化学相互作用の原子論的理解に不可欠な現場キャラクタリゼーション（特性把握）および最先端シミュレーション方法を専門的に研究し、先端マテリアル（新素材）研究で主導的役割を果たしている。同センターでの研究や知識に基づき、現実の環境汚染問題やリサイクル問題のソリューションを開発することが可能である。

他のプログラムが既存マテリアル変形・変換用の最新処理方法の開発に力を入れるなかで、CARE はそれとは対照的に既存方法で処理可能な新素材の開発を目指している。CARE の科学者や学生の主要専門分野は結晶化学や鉱物学である。また研究に活用されている主要な実験は次の通りである。

- ・ 粉末X線および中性子解析を利用した結晶構造リファインメント、結晶構造測定
- ・ HRTEM を利用した欠陥構造分析
- ・ 高精度熱分析による相変態の相互作用

## （２）国立シンガポール大学

### 工学部

環境科学・技術（化学工学部に所属）科の5つの主要研究分野は以下の通りである。

- ・ 大気化学・水生化学研究：大気や水中で発生する化学反応および運動反応、特に硫黄、水銀、ポリ芳香族化合物の大気反応や水中吸収、腐食反応に重点を置いている。
- ・ 大気・水質汚染防止研究：空気中汚染物質の削減や汚濁水の処理に関する戦略的対策を研究している。
- ・ 膜プロセスおよび水リサイクル
- ・ 危険廃棄物処理研究：土壌および廃棄物に含まれる有害化合物による公害の削減、特に土壌内有機物の削減のための対策を研究している。
- ・ バイオレメディエーション研究：油やその他の有機物で汚染された土壌中汚染物質を、生物学的プロセスを通じて無害な物質に変換させるための研究に焦点をあてている。環境アセスメントおよびモデリングにおいても、アジア太平洋域内の環境問題や効果的な計画

作成および法律制度確立を目標としている。

### ウォーターリサーチセンター

ウォーターリサーチセンター（CWR）は、複合学科の基盤として全体的アプローチを目指し、シンガポールにおけるウォーターインフラの研究開発のニーズに対応することを目的として設立された。同センターでは、浄水・廃水エンジニアリングに関する基礎研究を実施するほか、シンガポールおよび域内諸国のウォーターインフラ研究開発の主要拠点としての役割を担っており、ウォーターインフラ研究開発分野における技術的人材の研修センターとしても機能している。

特に同センターでは、シンガポールや域内諸国での水環境の保護および妥当なコストでの水供給の確保を促進できるような、革新的な水質向上システムや水の再利用システムの研究開発に力を入れている。

## （３）環境研究所

環境省は、省内研修機関として環境研修センター（CET）を設立、これまでに海外50カ国以上の政府関係者である参加者500人余りを対象として域内環境研修プログラム30種類以上を実施してきた。

その後2003年2月にCETは環境に関するトータルな教育・研修研究所へと再編され、シンガポール環境研究所（SEI）と名づけられた。

SEIは小規模な発展途上国家と協力しながら、環境維持能力に関する研修を進めている。シンガポールもまた島国であることから、シンガポールが過去に経験してきた様々な環境問題はSIDS（Small Island Developing States）にとっても無関係ではない。研修内容は環境保護および環境衛生マネジメントを中心としている。SEIの役割は環境産業界において環境問題知識および技術に秀でた人材の開発・育成に貢献し、環境産業の世界市場に見られる急速な変化に対応することにある。

- ・ SEIは技術開発と知識移転に対する新しいイニシアティブを展開し、世界的な環境産業の課題に対応する。公共教育の促進と知識共有における新しいアプローチの導入を通じ、SEIは国内労働力の向上、国際的な環境産業およびコミュニティにおける能力開発の加速化を目指す。
- ・ SEIは既存研修プログラムの更新を促進すると同時に、新プログラムの開発や新たな研修コースを推進する。
- ・ SEIは3P：国民、公共部門、民間部門（People、Public、Private）を、フィードバック、アイデア、知識を共有するパートナーとして積極的な交流機会を設ける。

現在SEIは国家環境局、公共事業局、シンガポール国立大学、南洋工科大学、環境法規アジア太平洋センター、人材省、シンガポール民間防衛局、ニールン・ポリテクニク、そしてシンガポール・ポリテクニクと提携しており、主な協力分野には、公害防

止マネジメント、都市環境マネジメント、環境公衆衛生マネジメント、環境法制定がある。

また SEI とオーストラリアの TAFE シドニー・インスティテュートは今後、合同で環境技術に関する研修プログラムを開発する予定だ。このなかで SEI は

環境管理担当者向けの危険物質管理、屋内空気品質の基礎、適切な処理対応、SEI e-ラーニング・オリエンテーションプログラムなど、いくつかの研修コースや e-ラーニングコースを企画する。

**【ジェトロ・シンガポール・センター 占部 浩一郎】**