

第 1 章

シンガポールにおける環境問題の 現状と環境保全施策の概要

本章では、シンガポールで日系企業がすぐれた環境対策に取り組む際に必要となる基本的な情報を、7つの節に分けて収録している。

まず第1節でシンガポールの概要と同国と日本および日系企業の関わりにふれた後、第2節ではシンガポールの環境問題の現状を紹介した。その後第3節でシンガポールの環境政策、環境関連法規および環境行政組織の概要等について解説した。

つづく第4節から第6節では、シンガポールの主要な環境課題であるとともに、日系企業の環境対策に不可欠である水質汚濁、大気汚染、産業廃棄物問題についてそれぞれ、具体的な環境規制の仕組みや内容を紹介した。さらに第7節では騒音対策、土壌汚染対策、冷却塔循環水のレジオネラ菌規制に関する情報を紹介している。

また、シンガポールの環境政策の基本となる環境汚染管理法（1999年4月施行）については、最新の2000年改訂版を巻末資料編の参考資料1に本則を全文収録している。さらに、日系企業がシンガポールで企業活動をする際に深く関わる3つの環境関連法規についても、全文を参考資料2から参考資料4に収録した。

第1節
シンガポールと日系企業

1. 経済関係中心に深い結びつきを示す日本とシンガポール

琵琶湖ほどの小さな島国であるシンガポール

シンガポール共和国 (The Republic of Singapore) 以下シンガポール は、マレー半島の先端部に位置する東西 42km、南北 23km の島を中心に、60 を超える島々からなる国土を持つ。大規模な埋め立てによって年々国土は拡張し、2001 年時点での国土面積は 682.3km² (1991 年時点では 639.1km²) で、琵琶湖 (約 670km²) ほどとなっている。人口はおよそ 413 万人 (1 年以上在住の外国人含む) で、民族構成は中華系 76.7%、マレー系 13.9%、インド系 7.9%、その他 1.5% である。赤道まで約 137km のところに位置するため、モンスーンの影響を受ける高温多湿の熱帯海洋性気候に属し、年間を通して日中の平均気温は 24~32、平均湿度は 80% 程度である。雨季と乾季の区切りは明確ではないが、おおよそ 11 月から 2 月が雨季にあたるので多少は涼しく過ごしやすい。

国語としてマレー語が定められているが、多様な民族構成を表すように、公用語としては中国語、マレー語、タミル語および英語が使用されている。特に、ビジネスや行政の場においては英語が使用されるため、英語教育には力を注いでおり、半数以上のシンガポール国民は流暢な英語を話すことができる。1965 年のマレーシア連邦からの独立以後、政治体制としては立憲共和制がとられている。議会は任期 5 年の一院制で、現在、前首相であったリー・クアンユーが結成した与党の人民行動党 (PAP: People's Action Party) が 84 議席中 82 議席を占めているため、内政は極めて安定している。

シンガポールは東インド会社のラッフルズが 1819 年にシンガポールに上陸して以降、第二次世界大戦中に日本の植民地であった 3 年半ほどを除いて、長く英国の植民地支配のもとにあった。しかし、リー・クアンユーが首相に就任した 1959 年、シンガポールは英国より自治権を獲得、シンガポール自治州となった。その後、1963 年のマレーシア連邦成立に伴いマレーシアの一自治州としてマレーシア連邦に参加するが、マレー人優遇政策をとるマレーシアと中国系住民が多数を占めるシンガポールとの対立が深刻になり、1965 年 8 月 9 日に独立宣言を発してマレーシアから分離、シンガポール共和国として独立した。

日本初の FTA 締結先・シンガポール

2002 年 11 月 30 日、日本とシンガポールの間に二国間自由貿易協定である FTA (正式名称: 日本・シンガポール新時代経済連携協定) が発効した。わが国が FTA を締結した国はシンガポールが初めてであり、経済関係を中心とした両国関係の絆の深さを示したものと見える。この日本・シンガポール FTA は両国の経済活動の連携をさらに強化するために、貿易、投資の自由化・円滑化のみならず金融、情報通信技術、人材養成といったさまざまな形の二国間協力を含む包括的な取り決めである。具体的には、両国間の貿易量の 98% 以上 (2000 年金額ベース) に相当する品目の関税を撤廃することや貿易取引文書の電子化、資格など職業上の技能の相互承認や人材の交流の活発化、より広い分野でのサービス貿易の自由化、両国の投資家が相互に投資を行いやすい環境の整備 (送金の自由化など) や特許審査情報を始めとする各種情報の共有化などが定められている。この FTA 締結によって、二国間の経済交流がより緊密化し、両国経済がさらに活性化することが期待されている。

シンガポールの経済発展に貢献した日系企業の事業展開

ところで、このような両国の緊密な経済関係の構築に大きな役割を果たしてきたのは、1960

年代から始まり70年代後半から80年代後半にかけて本格化した数多くの日系企業の活躍である。特に、1970年代にいわゆる組立系の製造拠点が続々とシンガポールに移されると、それに付随するように材料や部品を提供する周辺業種や流通関連の企業もシンガポールに進出していった。このように、製造業をはじめ、貿易、流通、商業といった幅広い日系企業の積極的な経済活動の展開は、現在、アジア地域では日本や韓国と並ぶ先進国に成長したシンガポールの発展にも大きな貢献をしたといえる。

また、アジア地域の要の位置にあるシンガポールの地理的条件や、情報通信・金融・物流といった業務を推進する上でのインフラ整備の進展、各種の税制優遇措置の充実などといった理由から、欧米の多国籍企業と同様に日系企業もシンガポールにさまざまな地域統括機能を持った現地法人を設立することが多い。製造拠点や販売拠点のみとしての進出がほとんどである他の東南アジア諸国とは異なり、シンガポールの日系企業のほとんどは多かれ少なかれ東南アジア地域でのセンター的機能を果たしており、環境対策への取り組みをはじめ海外進出のモデル的役割を担うものが多いといえる。

積極的な外資導入で高度経済成長を遂げたシンガポール

ところで、1960年に21億5,000万SドルだったGDPは、2002年には1,560億Sドルとおよそ40年で実に約70倍にも達し、シンガポールの国民一人当たりGDPも約3万7,400Sドル（約2万900米ドル）と、東南アジア地域においては突出した経済成長を遂げた。1965年の独立時には貿易赤字に苦しみ、失業率も30%を超えていたシンガポールが先進国の仲間入りを果たすほどの奇跡的な成長を遂げることができたのは、リー・クワンユーという指導者のもとで強力に推し進められた経済政策と、1990年にそれを引き継いだゴー・チョクトン現首相の優れた行政手腕に拠るところが大きい。

自由貿易の原則と外資の積極的な導入（外資導入を軸とする工業化）を柱としたその経済政策では、まず、中継貿易港としての地位を確立するため、保護貿易政策をとらずに広く世界に門戸を開放した。そして、海外企業の製造拠点を積極的に誘致したのである。政府は経済開発庁（EDB: Economic Development Board）を設置して工業団地を次々と造成し、港湾、空港はもちろんのこと、誘致した工場がスムーズに稼働できるように、電気、ガス、工業用水、通信設備などの社会インフラの整備も進めた。

同時に、経済活動をより活発化させるための金融市場の育成にも努めた。マレーシアやインドネシアが中国系を冷遇する政策をとっていたこともあって、アジアに絶大な資金力を持つ華僑資本がシンガポールに集まるようになり、シンガポールはアジアの金融センターとしての役割も果たすようになったのである。

こうしてシンガポールは、平均実質GDP成長率が1970年代には9.4%、1980年代には7.4%、1990年代に入っても7~8%前後という高い成長率を維持しつづけてきたのである。

シンガポール経済を支えるエレクトロニクスと化学産業

しかし、成長を維持していたシンガポールも、1998年には1997年のアジア通貨危機による域内の経済減速の影響などを受け、実質GDP成長率がマイナスに転落した。しかし、その後はアジア経済の回復、エレクトロニクス製品需要の世界的拡大、国内消費の回復などに支えられ、1999年には6.9%、2000年には10.3%と再び高い成長を記録している。

シンガポールの経済成長を左右してきたのは製造業だが、現在はその基盤をエレクトロニクスと化学の2部門が支えている。2002年時点でエレクトロニクス部門が付加価値額シェアで

32.3%、化学部門が同 23.8%と製造業の中で占める割合が合わせて 50%を超えていることから、この 2 部門の重要性がわかる。また業種別の 2002 年の投資額もこれらの部門への投資が全体の約 75%を占めている。このような背景を受け、近年進出する日系企業もほとんどはこの 2 部門で、化学コンビナート地域であるジュロン島地域には、わが国の大手化学メーカーの現地法人工場が多く立地している。

なお、2002 年の実質 GDP 成長率は 2.2%、2003 年の見通しは 0.5-2.5%となっている。

産業構造転換とアジアのハブ機能強化を目指すシンガポール

一方、近年の中国などとの厳しい国際競争を受けて、シンガポール政府は、産業構造の転換に向けた政策を強化するなど、21 世紀を見据えた新たな産業政策を次々に打ち出してしている。

1998 年 6 月、シンガポール政府は新たな産業基本政策として「インダストリー 21」計画を発表した。この計画では、シンガポールを技術・知識集約度の高い企業活動の集積地とするとともに、地域統括機能を強化することによってアジアのハブとなることを目標としている。具体的には、技術・知識集約型産業の基盤強化、世界水準の地場企業の育成、技術革新の追及、国際ビジネス・ハブ（戦略的中核拠点）の推進、地域統括会社の誘致、人的資源の開発・集積といった 6 分野に焦点が当てられている。さらに「インダストリー 21」計画の産業・部門別目標も 1999 年 1 月に発表され、エレクトロニクス、石油化学、生命科学、エンジニアリング、教育サービス、医療サービス、物流、情報通信・メディア、地域統括サービスの 9 分野を戦略的産業とし、それぞれビジョンと 2010 年の目標が掲げられている。

また、シンガポール政府は 21 世紀の重点産業として、生命科学産業（医薬品、医療機器、農業バイオなど）の育成を目指す方針を明確に打ち出している。

さらに、製造業の構造転換と並んで推進するアジア域内のビジネス・ハブ化に関しては、「国際ビジネス・ハブ 2000」計画も発表し、地域統括業務、金融サービス、物流・輸送、情報通信、電子商取引、国際商品貿易、国際会議・見本市、文化・芸術などを対象として、多国籍サービス企業の地域本部を誘致するとともに、高度で質の高いインフラを整備することを決めている。また、EDB（経済開発庁）は地域統括会社（RHQ: Regional Headquarters）の認定制度により、認定企業の統括業務の内容に従って税率の優遇などの措置を提供している。RHQ には、管理統括会社（OHQ: Operational Headquarters）、ビジネス統括会社（Business Headquarters）、製造統括会社（Manufacturing Headquarters）の 3 種類に分類され、それぞれ認定取得要件およびインセンティブが定められている。

2 . シンガポール経済に大きな比重を占める日系企業の事業展開

大きなシェアを占める日本のシンガポールへの投資

いずれにしても、狭い国土と少ない人口、天然資源に恵まれないといった制約を抱えるシンガポールが、アジア地域の中でも抜きん出た経済発展を実現できたのは、わが国や欧米諸国からの積極的な資金と技術の導入にある。この中では、1970 年代後半から本格化した日系企業、特に製造業の進出による直接投資が大きな役割を果たしてきた。また日系企業による技術移転も、シンガポールが発展途上段階にあった時期にはシンガポールの成長を支援してきたといえる。

日本のシンガポールへの製造業に対する直接投資額は、シンガポール政府の経済開発庁（EDB）によると、2000 年に 15 億 1,300 万 S ドル（およそ 1,059 億円）となっている。シ

シンガポールへの最大の製造業直接投資国は米国で、第 2 位は EU でわが国は第 3 位となっている。日本からの直接投資は 1997 年の 20 億 3,200 万 S ドルをピークに減少し、日本経済の低迷などによって 2000 年に EU に抜かれて第 3 位とはなったものの、前述した両国間の FTA の発効によって、貿易の拡大や運輸・流通などのサービス分野での規制緩和といった投資交流の拡大も期待され、今後再び増加に転じるものとみられている。

また貿易額でみると、シンガポールにとって日本は、マレーシア、米国と並んで重要な貿易相手国であり、2001 年には輸出先として第 5 位（シェア 7.7%）、輸入先として第 3 位（シェア 13.9%）となっている。対日輸出総額は約 167 億 S ドル、対日輸入総額は約 288 億 S ドルで、対日貿易収支は 121 億 S ドルの赤字となっているが、いずれにしてもシンガポールにとっては非常に大きなシェアを占めている。

さらにこのような大きな経済交流を背景に、2002 年現在シンガポールに在住する日本人は日系企業の関係者を中心に約 2 万人で、これは東南アジア地域の中でもタイのおよそ 2 万 2,000 人に次ぐ人数である。

進出業種が様変わりする日系企業

一方、このような両国の緊密な経済関係の牽引役となってきた日系企業は、シンガポール日本商工会議所の会員数を見ると、2002 年 9 月現在、製造業以外の駐在員事務所等を含めて 763 社となっている。業種別では全体の約半数（52%）が製造業で、そのほか運輸・サービス業 20%、貿易 13%、金融・保険 7%、建設 6%、などの分布となっている。また、設立年度別で見ると、1970 年代前半から設立件数が急増し、1980 年代後半には 5 年間で 173 社の設立とピークを迎えるが、1990 年代に入ってから徐々に設立件数が減少し始める。同商工会議所の会員数も 1998 年の 883 社を最高にその後は減少傾向を示しているが、これは製造業を中心にシンガポール周辺のマレーシア、タイ、インドネシアなどへ日系企業が分散するとともに、中国への新たな事業展開が影響を与えているものと思われる。しかし、会員企業数は現在もタイなどと並んで東南アジア地域では最も多く、シンガポールでの日系企業の活発な事業展開を表している。

また、かつてシンガポールに進出する日系製造企業の代表選手は白物家電や音響・映像機器（AV 機器）の組立業であったが、低賃金の周辺国への移転によって、現在は前述した化学やエレクトロニクスといった業種が主役となっており、ここ 10 年ほどの間に様変わりしているといえる。特に、1995 年からシンガポール政府（政府系の工業団地開発会社であるジュロンタウン・コーポレーション：JTC）が、ジュロン島を東南アジアにおける石油化学コンビナートの集積地にするべく、同島の埋め立て工事を開始し、関連企業を積極的に誘致したことから、ジュロン島には 90 年代後半に操業を開始した日本の大手化学メーカーの現地法人工場が多く立地している。

JETRO では毎年、アジア地域で日系製造業の活動状況調査を実施しているが、その 2001 年調査（2001 年 11 月から 12 月に実施）によると、これを裏付けるように、シンガポール国内から回答のあった日系製造業 135 社の業種内訳は、回答企業の多い順に電気・電子部品（23.0%）、化学・石油製品（17.8%）となっており、以下、食品・農水産加工（8.9%）、金属製品（7.4%）、電気機械（7.4%）、プラスチック製品（6.7%）となっている。他の東南アジア諸国と比べると、電気・電子部品の割合が高いのは同様だが、その他に化学・石油製品の割合が高いこと、繊維や衣服・繊維製品および自動車・二輪車が全く見られないことが特

徴となっている。これは、シンガポールにおける人件費などの労働コストが労働集約型産業には見合わなくなっていることを反映している。

シンガポールの発展

日系企業がシンガポールに進出する理由としては、賃金を始めとするコスト上昇を補う各種社会インフラの充実があげられることが多い。しかし、アジア・太平洋地域では、中国の上海、北京やタイ、マレーシアなどもシンガポールの発展過程を踏襲しようと税制やインフラの整備を急いでおり、シンガポールが日系企業をはじめとする海外企業の新たな進出地として選ばれるためには厳しい状況に置かれていることは確かである。しかし、国際的なシンクタンクの調査によると、例えば産業競争力では世界でも第5位（2002年、IMD：国際経営開発研究所発表）、アジア・太平洋地域におけるビジネス環境では香港を抜いて第1位（EIU: Economist Intelligence Unit 発表の Country Forecast）と、シンガポールは国際的に見て投資先として魅力的であることもまた確かである。今回訪問調査をした企業も、シンガポールを投資先として選択し続ける理由に、整備されたインフラ、労働力の質（技術力の高さ、英語の能力）、政府の安定性や行政（官僚）の民間への対応に柔軟性があることなどをあげていた。

日系企業にとっては今後、前述したシンガポール政府の新たな産業基本政策である「インダストリー21」に示された技術・知的集約型産業、国際ビジネス・ハブ機能といった役割を果たす事業展開が求められるわけだが、拡大する中国市場に対抗する意味でも、アジア地域の中心に位置し、7時間以内にアクセスできる範囲内に28億人の市場があるという利点を活かしつつ、更なるハード、ソフト両面でのインフラの整備が期待される場所である。

第2節
シンガポールの環境問題の現状

1. 経済開発と環境保全の両立に成功するシンガポール

すぐれた生活環境を維持するシンガポール

シンガポールは、自由貿易政策と積極的な外資導入策によって高度経済成長を達成する一方、すぐれた環境の維持に成功している。最近のシンガポールの環境省（ENV: Ministry of the Environment）やその下部組織で環境規制の実務を担当する環境庁（NEA: National Environment Agency）が発行する年次報告書には、冒頭部分に「シンガポールは経済成長と環境保全の両立に成功し、世界的に見てもすぐれた生活環境と高水準の公衆衛生が（国民に）提供されている」といった環境管理の成功を自画自賛する記述が見られる。周辺の東南アジア諸国が経済成長と引き替えに深刻な環境汚染に悩む中、経済を発展させつつすぐれた環境を維持するシンガポールの姿は、この地域では独特のものとなっている。

このような環境管理の成功は、急速な経済成長と工業化の初期段階から、シンガポールがさまざまな環境政策を先行的に実施してきたことが挙げられる。シンガポールの環境管理政策は、汚染防止（Prevention）、法規制の執行（Enforcement）、環境監視（Monitoring）、の3つを基本戦略としている。具体的には、汚染防止策として土地利用計画に基づく産業立地、下水道や廃棄物処理施設などの環境インフラの整備、法規制の執行として環境行政組織の充実や環境法規制の強化と、それに基づく産業施設などの環境汚染源の管理、環境監視として大気、水質などのモニタリング体制の構築と運用といった政策で、これらにおよそ30年ほど前から積極的に取り組んできた。これらのさまざまな政策の成果が有効に結びついて、包括的なアプローチとなっていることがシンガポールのすぐれた環境の質の維持を実現したといえる。

持続可能な社会めざす新たな取り組みも

ところで、シンガポールでは経済発展によって国民の収入も上昇し、大量生産・大量消費・大量廃棄の生活様式が一般化している。しかし、物質的に豊かなこのようなライフスタイルは、小さな島国であり土地や自然資源に乏しいシンガポールに、今後大きな環境リスクを与える可能性が高い。この様なリスクの回避に向けてシンガポール政府は、環境管理の次のステップとして持続可能な社会をめざす取り組みを始めている。このため「シンガポール・グリーンプラン（The Singapore Green Plan）」が1992年に最初に作成され、持続可能な社会を実現するさまざまな戦略が盛り込まれた。2012年を目標とした現在のグリーンプランでは、クリーンテクノロジーの活用や環境技術の開発促進によって産業分野からの環境負荷をさらに減らすとともに、資源の保全に向けて例えば、最新技術を利用した海水の淡水化や下水の再生利用といった造水事業の実施、廃棄物排出量の削減やリサイクルの促進、エネルギー効率の向上といった項目を挙げ、いずれもすでに取り組みを始めている。一方、企業に対しては環境配慮型経営の構築を、一般市民に対しては環境意識向上をそれぞれ求め、それらを後押しするためのさまざまな奨励プログラムが実施されている。

いずれにしても、他の東南アジア諸国とは異なりシンガポールには、資金力、技術力、行政能力がそろっており、今後もより質を高めながらすぐれた環境を保っていくものと思われる。しかし、これまでの環境管理の成功は行政の強力なイニシアチブによって成し遂げられた側面が大きい。たとえば一般国民レベルでは、自らが排出する生活廃棄物を分別する習慣がほとんどないなど、これからの持続可能な社会づくりに向けては乗り越えなくてはならない課題も多い。

以下では、シンガポールの主要な環境問題として、水質汚濁、大気汚染、廃棄物の3つの問

題について、その現状や実施されている対策の概要などを紹介する。

2 . 水質汚濁問題

良好な水質環境示す各水域

シンガポールはもともと水資源が乏しく、水需要量のおよそ半分を隣国マレーシアからの購入に頼っているだけに、水質環境に対する関心は高い。このため環境行政の中での水質保全問題への取り組みの優先度は高く、積極的な下水道施設の整備とあわせて実効性ある排水規制が実施されている。

シンガポール国内では一般水質環境を監視するため、水道取水源に利用される川や池がある集水域 (Water Catchment Area)、非集水域 (Non Water Catchment Area)、沿岸海域 (Coastal Waters) にわけて多数の水質監視ポイントが設けられており、定期的に溶存酸素 (DO)、生物化学的酸素要求量 (BOD)、全浮遊物質 (TSS) などが測定されている。シンガポールの水質管理目標 (例えば BOD で 10mg/liter 以下) によって評価された 2001 年の水質状況は、BOD の場合で採水サンプルのうちの集水域で 92%、非集水域で 94% が水質管理目標を達成する非常に良い結果を示している。DO や TSS など他の測定項目もほぼ同レベルの測定結果となっている。また大腸菌群数で評価する沿岸域の海水についても 90% を超える達成率を示し、良好な水質が維持されている。

下水道整備が水質の維持に貢献

このような良好な水質を維持できる最大の理由は下水道整備の進展にある。シンガポールでは生活排水だけではなく産業排水も含め排水は基本的に下水道で処理されることとなっている。現在国内には 6 ヶ所の下水処理場と約 2,800km に及ぶ下水道管渠が整備され、年間 4 億 8,900 万 m³ (2000 年) の下水が処理されている。下水道施設の拡充や改善、管渠整備の進展によって処理量は年々増加しており、1991 年からの 10 年間に処理量は約 43% も伸びている。さらなる下水道施設の整備に向けて現在、シンガポール島の東西に新たな下水処理場の建設を計画するとともに、これらと接続する新たな下水道管渠ネットワークである深層トンネル下水道システム (Deep Tunnel Sewerage System) の建設にも着手している。

水質汚濁負荷の多くを占める産業排水については、環境庁 (NEA) の公害管理部 (PCD: Pollution Control Department) による規制が徹底されており、下水道施設に悪影響を及ぼす酸性排水を排出する可能性のある工場には、排水口に pH メーターとそれに連動する排水の遮断装置の設置が義務づけられている。なお、下水道未整備地域に立地する工場には、下水道に排水を放流する場合より厳しい排水規制が適用される。

3 . 大気汚染問題

大気質の管理も良好に推移

シンガポールの大気汚染物質の排出源は、工場等の固定発生源と自動車等の移動発生源である。しかし水質と同様に大気質は非常に良好に管理されている。

シンガポール国内には、一般環境と沿道に分けてあわせて 17 ヶ所に大気汚染測定局が設置され、大気環境の常時監視が実施されている。それらの 2001 年の測定結果によると、主要な

大気汚染物質である二酸化硫黄 (SO₂)、二酸化窒素 (NO₂)、粒子状物質 (PM10) などの一般環境中濃度はいずれも低く、シンガポールの大気環境基準として準用されている米国環境保護庁 (USEPA) の大気環境基準を大きく下回っている。例えば、米国環境保護庁の基準が 80 µg/m³ の SO₂ の年間平均値は 22 µg/m³、同様に粒子状物質 (PM10) については米国基準 50 µg/m³ に対して 29 µg/m³ を示している。

また自動車排ガスから発生する鉛については、1983 年から段階的に進められ 1998 年 7 月に全面禁止された有鉛ガソリン規制が効果を発揮し、一般環境および沿道ともに 2001 年の年間平均値は 0.1 µg/m³ と非常に低いレベルとなっている。

シンガポールでは大気汚染状況を米国環境保護庁が開発した大気汚染基準指標 (PSI: Pollutant Standards Index) によって評価しているが、それによると 2001 年には、年間 365 日のうちの 83% に当たる 303 日が「良好」(Good) とされている。

効果を上げる独特の大気汚染防止対策

シンガポールでは、綿密な土地利用計画とそれに基づく独特な工場立地政策がとられている。大気汚染負荷が大きな業種や大規模な工場はシンガポール島の西端の工業団地や沖合の埋め立て地に立地先を指定することで、発生する大気汚染による住居地域等への影響を回避する仕組みがとられている。また、個別の工場に対する大気汚染対策の徹底や低環境負荷型燃料使用の義務づけも、固定発生源対策として大きな効果を上げている。一方、もう 1 つの大気汚染発生源である自動車排ガスに対しては、EU の自動車排ガス規制を利用した厳しい単体規制の実施はもちろんであるが、シンガポール独自の制度である車両購入証 (COE: Certificate of Entitlement) の発行制限による自動車総量の規制、ロードプライシング制度の導入による自動車走行量の抑制が、大気汚染対策に間接的な効果を上げている。

4 . 廃棄物問題

年々増加する廃棄物発生量

産業活動の活発化と国民所得の向上によって、シンガポールの廃棄物発生量は年々増加している。環境庁 (NEA) の集計によると 2001 年の固形廃棄物の総発生量は約 503 万 5,415 トンであるが、このうちの約 44.4% にあたるおよそ 223 万 3,232 トンが何らかの形で再生利用され、残りの約 280 万 2,183 トンが焼却処理を主体とした方法で処理されている。処理対象となった約 280 万トンの廃棄物の約 42% は産業廃棄物であり、残りの約 58% は商業施設からの発生も含む生活廃棄物となっている。

廃棄物処理はほとんどが焼却処理

これらの廃棄物を処理するため、シンガポールでは国土の狭さや経済コストを勘案して焼却処理を中心とした処理方法が導入されている。最新鋭のトゥアス・サウス (Tuas South) 焼却場など 4 ヶ所の焼却工場がすでに稼働中であるほか、さらにもう 1 ヶ所の焼却工場の建設計画が進められている。現在、再生利用できない廃棄物の約 91% が焼却処理されている。また、最終埋め立て処分場については、従来から使用されていたロロン・ハルス (Lorong Halus) 埋め立て処分場が満杯となったことから、シンガポール島の南西沖合にあるプラウ・セマカウ島とプラウ・サケング島の 2 島を結ぶかたちで埋め立てる海上最終処分場(プラウ・セマカウ(Plau

Semakau) 最終埋め立て処分場) の建設に着手し、2000年4月から焼却できない廃棄物や4つの焼却工場で発生する焼却灰などの受け入れを開始している。これらの処理・処分施設の処理能力は、処理を必要とする年間およそ280トンの廃棄物発生量を上回っているため、全量が処理・処分可能となっている。

これらの処理・処分施設については、環境庁(NEA)が運営管理を担当しているが、廃棄物の回収についてはシンガポール政府から事業免許を交付された民間企業が担当している。

一方、シンガポール政府は、廃棄物の発生量削減やリユース、リサイクルに取り組むため、さまざまな奨励プログラムを実施しているほか、廃棄物のリサイクルを担当するいわゆる静脈産業の育成に力を入れはじめている。前述した「シンガポール・グリーンプラン2012」には、これらの取り組みによる成果目標として2012年をメドに、現在約44%の廃棄物のリサイクル率を60%にまで引き上げる、およそ30年とみられるプラウ・セマカウ最終埋め立て処分場の使用可能年数を50年まで引き延ばす、新規焼却場の建設計画を先延ばしできるようにするなどのターゲットを掲げている。

有害産業廃棄物処理は民間企業が担当

日系企業の活動に大きな影響を与える廃棄物問題としては有害産業廃棄物の問題が挙げられる。シンガポールでは法令によって、26のカテゴリーに分けた有害産業廃棄物が規定されている。これらの有害産業廃棄物については、シンガポールでは政府から事業免許を受けた民間企業が回収、運搬から処理・処分までを担当することとなっており、120社程度が有害産業廃棄物処理に関する何らかの事業免許を取得している。中には運搬だけを担う企業もあるが、総合的な処理を請け負う企業も数社あり、いずれも法規制通りの処理を実施できる能力を持っている。従って、通常の場合はこれらの処理会社に処理を依頼することで、有害産業廃棄物の処理ができることとなる。

なお、2000年時点で事業免許を持った民間企業が収集・処理した有害産業廃棄物の発生量は約12万1,500トンと集計されている。

第3節 シンガポールの環境政策と環境関連法規

1. シンガポールの環境政策と環境規制

(1) 環境政策の展開とその特徴

環境対策に大きな役割を果たす土地利用計画の策定

過去およそ 30 年にわたる急速な経済発展と工業化によって世界有数の経済レベルを達成したシンガポールは、一方で「ガーデン・シティー」と呼ばれる良好な環境を保ち続けている。シンガポールが環境保全と経済発展の両立を実現できた背景としては、同国の環境管理政策が経済開発の初期段階から、環境保全に欠かせない「汚染防止策の構築」「環境法規制の執行」「環境監視（モニタリング）の実施」という 3 つの要素をとともうまく組み合わせてきたことにある。

もちろんその実現には、後述する実効性の高い環境規制の実施や環境行政組織の効率化など「環境法規制の執行」側面の施策の充実や環境モニタリング体制の整備などが挙げられるが、最も大きな役割を果たしてきたのは、「汚染防止策」の一環として実施されてきた環境保全に配慮した国家レベルの土地利用計画の策定である。この土地利用計画は、国土を土地の利用目的に応じて明確にゾーニングすることによって、新たな開発プロジェクトによる環境影響を前もって排除する役割を担ってきた。また、個別の工場建設などについては事前に個別の環境調査が実施されるが、その調査によって得られた情報に基づいて綿密に行われる工場等の立地管理の仕組みも効果を上げている。加えて、環境汚染防止に不可欠な下水道処理施設や廃棄物処理設備といった環境インフラの整備に先行的に取り組んできたことも良好な環境を維持するために大きく役立っている。

国家開発省（MND: Ministry of National Development）が管理する土地利用計画は 1950 年代に最初のマスタープランが策定され、その後定期的に見直されているが、国土を「自然保護地域」「緑地」「住宅地域」「商業地域」「工業地域」など、利用目的に応じて厳密にゾーニングするもので、それぞれの地域には用途目的以外の施設等の立地は認められない。このうち「工業地域」については、個別工場ごとに業種、事前の環境調査によって明らかとなった環境負荷の度合いや環境汚染発生の可能性などによってさらに細かな立地計画が立てられ、類似の条件を持つ工場を一定地域に集めて立地させることによって、国土の全体バランスの中で周辺区域との環境調和を図るとともに、仮に環境汚染が発生した場合も環境影響の広がりを軽減する工夫が凝らされている。

シンガポールに工場等を立地する場合は、通常政府系の工業団地開発会社であるジュロンタウン・コーポレーション（JTC: Jurong Town Corporation）または公共住宅開発庁（HDB: Housing and Development Board）などを通して国有地を借りることになるが、これらの機関に建設許可を申請した段階から工場立地による環境影響の調査が実施される。環境調査は環境庁（NEA: National Environment Agency）の指導を受けて実施されるが、その結果を受けて個別の工場の立地場所が決定される。例えば環境負荷の少ない組立加工業などの一般工業は住宅地域に近い工業地域へ、また石油精製業や化学プラントのような環境負荷の大きな産業は住宅地から離れた場所や、場合によってはジュロン島などの沖合の島に立地するよう決められる。この際には業種特性も勘案され、例えば食品工場とアスファルトを扱う工場は隣接させないといった細かな配慮も加えられる。

環境の未来像示す「グリーンプラン」

このような仕組みを有効に機能させることで、シンガポールは 1980 年代末までには基本的な公害対策への対応をほぼ終えたが、持続可能な発展を目指した環境問題への新たなアプローチを実施するため、ブラジルで開催された地球サミット（国連環境開発会議）を契機に、1992 年に「シンガポール・グリーンプラン 2002」を策定した。このグリーンプランは法律ではないが、およそ 10 年後を目標にさらなる環境質の向上と持続的発展をめざし、この間にシンガポールが取り組むべき環境行動プログラムの基礎を示したもので、資源保護や環境技術開発などの分野ごとに、数値目標も掲げてシンガポールの環境の未来像を明らかにした。

その後、2002 年にはさらに次の 10 年の目標を掲げた「シンガポール・グリーンプラン 2012（The Singapore Green Plan 2012）」が作成された。グリーンプラン 2012 によると、例えば全廃棄物のリサイクル率を 44% から 60% へ引き上げる、発電用燃料の 60% を天然ガスへ転換する、水需要の 25% を淡水化や排水の再生利用によってまかなう、優れた環境技術の導入による産業環境管理の実施 などといった、数値目標を含む 2012 年を目標とした環境政策の青写真が示され、現在これらを実現するためのさまざまなプログラムや奨励策が実施されている。

産業活動に配慮する柔軟な環境規制の実施も

ところで、経済発展を重要な国策としているシンガポールでは、上記のように実効性の高い環境規制を実施する一方で、環境規制による企業活動の停滞を防ぐため、一定の枠内で環境規制を緩める柔軟な環境対応策もとっている。例えば排水が下水道への排出基準をクリアできない場合、本来であれば排水処理設備の設置が求められるが、有害性のない有機汚濁排水については最大 BOD（生物化学的酸素要求量）濃度 4,000mg/liter までの範囲であれば、基準値を超える濃度に応じた賦課金を支払えば排水基準オーバーを認める経済的解決法をとっている。同様の仕組みは TSS（全浮遊物質）を含む排水基準オーバーにも認められている。

また、建設許可申請に基づく環境調査期間の迅速化を図り、問題がなければ通常 2 週間程度で設計段階に進める立地許可の取得を可能とするなど、環境に視点をおきながらも産業活動にも十分配慮する環境政策が実施されていることも、シンガポールの環境規制の特徴の 1 つといえる。

そのほか、環境法令や排出基準の改正にあたっては、原案の段階から産業界の関係者とのコンサルテーションを重ねる手法がとられている。産業界の同意を得た上で改正が実施される仕組みも、産業活動を重視するシンガポールならではの環境政策のあり方を示しているといえる。

経済開発と並行して実施されるレベルの高い環境施策

いずれにしても、シンガポールは環境管理の実績を着実に積み、経済発展を実現しながらも良好な環境の維持に成功している。これは、経済開発を後追いするかたちで遅まきながら環境対策に取り組む他の東南アジア諸国とはまったく異なったものであり、経済開発の初期段階から上記のようなさまざまな環境施策を並行的に実施する非常にレベルの高いものである。一方、シンガポールでは今後も環境行政による実効性の高い環境規制が継続されていくことはもちろんであるが、上記の「シンガポール・グリーンプラン 2012」の記述を見ても、例えばクリーンテクノロジーをはじめとする最新環境技術の開発と導入への取り組みなども重点目標の 1 つに掲げている。またシンガポール政府は 1990 年代後半から、企業に対して ISO14001 をはじめとする環境マネジメントシステムの確立を求めて支援策をとっており、旧来型の行政による

環境規制の実施に基づく環境保全の維持から、企業の自主的なより質の高い環境行動による持続可能な社会の実現へと、産業環境政策の姿勢が転換しつつあるといえる。

(2) シンガポールの環境行政組織

迅速な環境対応を目的に 2002 年 7 月に環境庁 (NEA) が発足

シンガポールでは 1969 年に汚染防止局が設けられ、その後 1972 年には清潔な生活環境と高水準の公衆衛生の提供を目的に環境省 (ENV: Ministry of the Environment) が設置された。その後約 30 年間にわたり ENV が環境政策と環境規制の実務を担当してきたが、環境規制の強化を図るとともにより効率的で迅速な環境管理を実施するため、2002 年 7 月に ENV から分離するかたちで環境庁 (NEA: National Environment Agency) が発足した。現在は新たに発足した NEA が大気汚染や水質汚濁などに関する各種の環境規制の実務を ENV から引き継ぐとともに、あわせて公衆衛生部門や廃棄物の処理・処分なども担当している。

NEA は、ENV からの環境規制の実行部隊である環境政策・管理部 (Environmental Policy and Management Division) と公衆衛生部門、それに交通省 (Ministry of Transport) にあった気象部門が合併したかたちとなっている。NEA の運営予算は基本的に ENV からの補助金でまかなわれ、組織的には ENV の下部組織であるが、予算の配分や執行は NEA の自由裁量に任される独立性の高い行政組織とされている。このため、従来の国全体の枠組みの中で予算が執行される ENV の内部組織であるよりも柔軟性が高く、環境事故発生などの緊急時にも素早い対応が可能とされている。なお、ENV は NEA の分離後は、国家環境計画であるグリーンプランや環境保護に関する法や規則の作成など、国レベルの環境政策決定を行う役割を果たしている。

NEA の業務範囲は、一般環境のモニタリング、各種の環境規制の実施、開発プロジェクトや工場建設などに関する環境汚染対策の管理、廃棄物処理施設 (焼却施設、埋め立て処分場) の運営・管理や関連許可証の発行、食品衛生管理の実施、周辺諸国との環境協力、そして新たに加わった気象予報の提供など非常に幅広い。NEA は、環境保護局 (Environmental Protection Division)、環境公衆衛生局 (Environmental Public Health Division) など 7 つの部門で構成され、現在 NEA 全体の職員数は、廃棄物処理施設の現場作業員も含めて約 3,000 人である。

環境規制の実務を担当する PCD

このうち産業環境対策に大きな影響を与えるのは、環境保護局に設けられている公害管理部 (PCD: Pollution Control Department) である。約 130 人の職員によって構成される PCD は、基本的に 1986 年に環境省 (ENV) 内に設けられた同一名称の部署が環境庁 (NEA) の発足と同時に業務範囲も含めてそのまま移動したものである。PCD の主要な業務としては、工場等の固定発生源に対する大気汚染・水質汚濁・有害産業廃棄物などに関する環境規制の実務と関連する許可証の発行、新規の開発計画や工場建設計画に対する環境側面からの審査であり、これらの業務を実施するため、PCD には検査部門 (Inspectorate Unit) と建設計画審査部門 (Central Building Plan Unit) が設けられている。

検査部門は、工場から排出される排ガス、排水、廃棄物等を定期および不定期の立入検査によってチェックし、違反や問題があった場合には警告・摘発し、適切な改善策をとるよう工場に指示する役割を果たすとともに、例えば有害産業廃棄物に関しては回収・運搬・処理に携わる企業への事業許可証を発行する業務も担当する。また建設計画審査部門は、工場の建設許可

申請に伴って、計画される工場の環境負荷の程度や環境対策の内容を調査し、環境側面から建設計画の許可、不許可を判断する審査を実施する。

また同局に設けられている事業部（Engineering Service Department）も廃棄物の処理・処分などを担当していることから産業環境対策と関係が深い。最新のトゥアス・サウス（Tuas South）焼却場など4カ所の一般廃棄物焼却場と1999年に沖合に作られたプラウ・セマカウ（Plau Semakau）最終埋め立て処分場などの廃棄物処理・処分施設の運営管理を担当するとともに、一般廃棄物収集業の営業許可証の発行などを行っている。なお、国土が狭いことから、NEAおよびPCDには地域事務所や出先事務所は設けられておらず、地域ごとにグループ化された職員が工場への立入検査などを実施している。

図1-3-1 環境庁（NEA）の組織

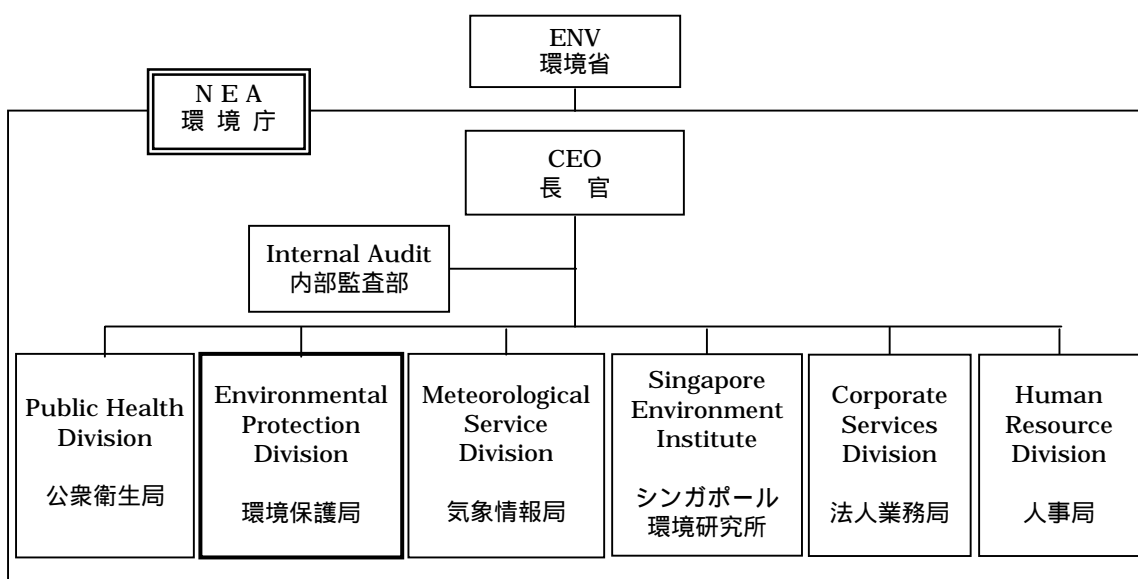
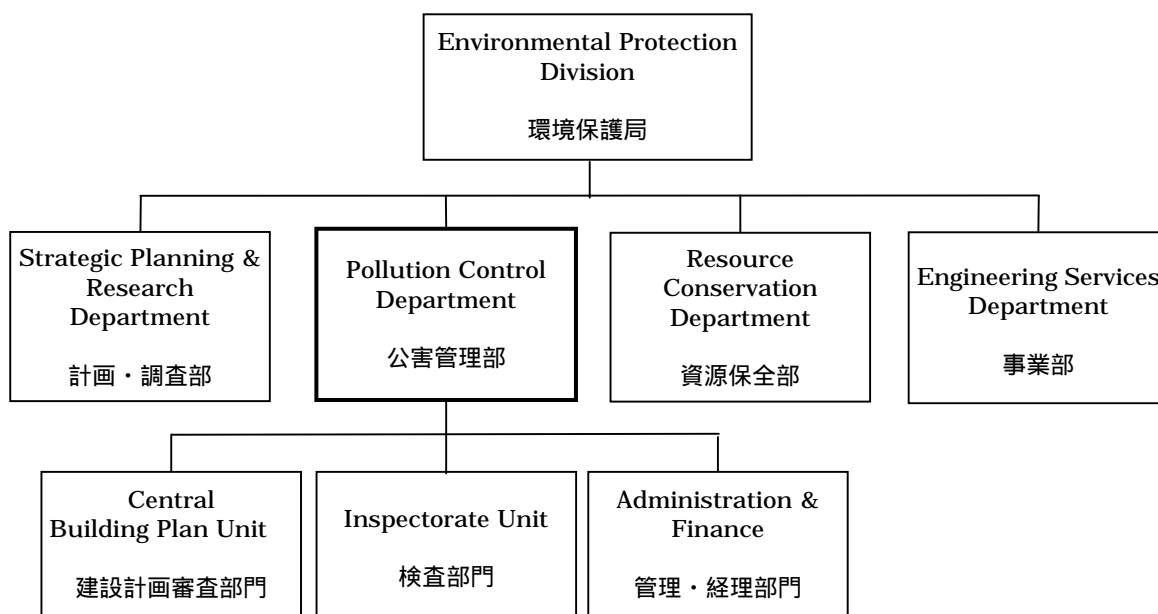


図1-3-2 環境保護局の組織図



工場建設の環境手続の窓口は JTC など

その他、環境政策に関連する政府機関としては、経済開発庁（EDB: Economic Development Board）が環境庁（NEA）と密接に連携をとりながら海外からの投資企業にシンガポールの環境規制情報を紹介する役割を果たしており、工業団地の造成・運営を担当するジュロンタウン・コーポレーション（JTC）と公共住宅開発庁（HDB）などは、工場の建設申請にあたっての環境側面に関する手続の窓口となっている。また、長期的な土地利用計画の策定と詳細な地域計画の立案は国家開発省（MND: Ministry of National Development）とその下部組織である都市再開発庁（URA: Urban Redevelopment Authority）が実施し、下水道施設や水道といった環境インフラについては環境省（ENV）の下部行政機関である公益事業庁（PUB: Public Utilities Board）が担当している。さらに工場内の作業環境規制については、人材開発省（Ministry of Manpower）が所管しているほか、企業の環境マネジメントシステム構築に関しては、貿易工業省（MTI: Ministry of Trade and Industry）の下にある生産性・技術革新・企画化庁（SPRING: Standards, Productivity and Innovation Board）がさまざまな推奨プログラムを実施している。

このようにシンガポールでは、公害管理部（PCD）を中心とした NEA が他の国家機関と連携しながら環境施策を主導しているが、その行政能力は高く、これがアジア地域では日本と韓国を除いて唯一欧米と同等といえる実効性ある環境規制を担保しているといえる。

（3）シンガポールの産業公害に関する環境法規制

「環境汚染管理法」（EPCA）が中心となる環境法規制

シンガポールの法制度は、旧宗主国である英国の司法体系を取り入れたかたちをとっており、細かな規定は命令（Order）や通知（Notification）などとして出されることはあるが、基本的に必要分野ごとに策定された法律（Act）とそれに付随する規則（Regulations）の2本建てで構成されている。したがって環境法制度も、いくつかの法律とそれに基づく規則によって合理的に構成され、前述したグリーンプランはあるものの、わが国や他の東南アジア諸国に見られるような、環境問題への理念や全般的な方針を盛り込んだ環境法体系の上位法である環境基本法的な位置づけにある法律は存在しない。

産業公害に関する規制は、基本的に「環境汚染管理法」（EPCA: Environmental Pollution Control Act）、「環境公衆衛生法」（EPHA: Environmental Public Health Act）などと、それに基づく多くの規則（Regulations）によって執行されている。このうち、産業活動に関わりの深い大気汚染、水質汚濁、廃棄物、騒音などの環境問題に関する規制は、そのほとんどが EPCA に基づく規則に基づいて執行されているが、「下水・排水法（Sewerage and Drainage Act）とそれに基づく排水規則（下水・排水法）（Sewerage and Drainage <Trade Effluent> Regulations）と、EPHA に基づく有害産業廃棄物管理規則（Environmental Public Health <Toxic Industrial Waste> Regulations）にも留意する必要がある。

また、国土利用のマスタープランが定められ、それに基づく環境バランスを考慮した土地利用計画によって開発行為が実施されるため、シンガポールには環境影響評価に関する法制度はない。

なお、一般環境の望ましいレベルを示す環境基準は設けられておらず、例えば一般の大気環境の評価には WHO（世界保健機関）や米国環境保護庁（USEPA）の基準が準用されている。

表 1 - 3 - 1 環境関連の主な法規制

主要な環境関連法規
Environmental Pollution Control Act (Chapter 94A) (Revised Edition 2000) 環境汚染管理法 (第 94 A 章) (2000 年改訂版)
Rg 4 Environmental Pollution Control (Hazardous Substances) Regulations 有害化学物質管理規則 (環境汚染管理法)
Rg 5 Environmental Pollution Control (Trade Effluent) Regulations 排水規則 (環境汚染管理法)
Rg 8 Environmental Pollution Control (Air Impurities) Regulations 大気汚染物質規則 (環境汚染管理法)
Environmental Public Health Act (Chapter 95) (Revised Edition 1999) 環境公衆衛生法 (第 95 章) (1999 年改訂版)
Rg 11 Environmental Public Health (Toxic Industrial Waste) Regulations 有害産業廃棄物管理規則 (環境公衆衛生法)
Sewerage and Drainage Act (Chapter 294) (Revised Edition 2001) 下水・排水法 (第 294 章) (2001 年改訂版)
Rg 5 Sewerage and Drainage (Trade Effluent) Regulations 排水規則 (下水・排水法)

環境法令の一本化を目的とした EPCA の施行

環境規制の中心となる環境汚染管理法 (EPCA) は 1999 年 4 月、1970 年代に環境分野別に個別に制定されていた大気浄化法 (Clean Air Act)、水質汚濁防止・排水法 (Water Pollution Control and Drainage Act)、有毒物質法 (Poison Act) などの環境規制関連法を一本化する目的で施行されたものである。EPCA は主に、大気汚染、水質汚濁、騒音、有害化学物質に関する規制の実施を目的としたもので、それぞれの規制内容や違反した場合の罰則、関連する各種の許可証の交付、環境行政機関の権限などについて規定を示している。この下に補足規則として具体的な規制基準値などを規定した、例えば大気汚染物質規則 (Environmental Pollution Control <Air Impurities> Regulations)、排水規則 (環境汚染管理法) (Environmental Pollution Control <Trade Effluent> Regulations)、有害化学物質管理規則 (Environmental Pollution Control <Hazardous Substances> Regulations)、敷地境界における工場騒音規則 (Environmental Pollution Control <Boundary Noise Limits for Factory Premises> Regulations) など、産業公害規制に関わりが深い 9 つの規則が定められている。

EPCA ではまた、大気汚染防止に関連して指定施設 (Scheduled Premises) の規定を設け、大気汚染負荷が大きいセメント工場やアスファルト工場など 14 業種などを指定施設に指定し、これらの工場等を建設しようとする場合は通常の手続きとは別途、詳細な環境対策情報に基づいて判断された NEA の許可証が必要であるとしている。そのほか日本で最近課題となっている土壌汚染については、EPCA に「大臣は、土地あるいはその土地の農産物が有害、有毒になる、あるいはなりそうな状態にまで変化した場合、その汚染を管理する規則を制定することができる」とした記述が 1 項目だけであるが盛り込まれている。現在土壌汚染を規制する具体的な規則はないものの、後述する環境管理規定集 (Code of Practice on Pollution

Control) に将来の規制を先取りしたかたちで管理規定が記述されている。

EPCA については 1999 年の施行以降、2001 年に大気汚染物質に関する規則が改正されたほか、現在、下水道以外へ排水する場合の排水基準を示した排水規則（環境汚染管理法）（Environmental Pollution Control <Trade Effluent> Regulations）の改正作業が進められている。

下水・排水法とそれに基づく排水規則も重要な役割

環境汚染管理法（EPCA）以外で産業公害対策にとって重要な法令としては、前述した下水道への排水の受け入れ基準などを示した下水・排水法（Sewerage and Drainage Act）とそれに基づく排水規則（下水・排水法）（Sewerage and Drainage <Trade Effluent> Regulations）がまず挙げられる。シンガポールでは下水道普及率が高くほとんどの工場排水が下水道へ排水されることから、現実的にはほとんどの工場の排水規制はこの下水・排水法とそれに基づく排水規則が適用されることとなる。また、有害産業廃棄物に関する規制は、環境公衆衛生法（EPHA）に基づく有害産業廃棄物管理規則（Environmental Public Health <Toxic Industrial Waste> Regulations）によって執行されているが、これは廃棄物に関する規制や回収・処理については、長い間にわたって公衆衛生法に基づいて実施されてきたため、EPCA 制定の際も有害産業廃棄物の規則だけは EPHA（環境公衆衛生法）の枠組みに残ったものである。いずれも法律を所管するのは環境省（ENV）ではないが、これらに基づく排出規制の実務は公害管理部（PCD）が担当しており、シンガポールの産業公害規制に重要な役割を果たしているため無視できない。

また、冷却塔に対するレジオネラ菌規制がシンガポール独特の環境規制として実施されている。この規制は EPHA に基づいて 2001 年から実施されているもので、工場で冷房や工程用に一般的に使われている冷却塔の循環水に発生するレジオネラ菌の繁殖を防ぐのが目的とされている。冷却塔の構造基準や保守点検基準、循環水の定期的なレジオネラ菌測定などが規定されており、今回訪問した日系企業の多くが対応していた。

注意が必要な「環境管理規定集」（Code of Practice on Pollution Control）の記述

ところでシンガポールでは、利用者の利便を図るためにさまざまな法規制内容を分野別・横断的にまとめて解説した「法規定集」（Code of Practice）を発行している。その環境版として発行されているのが、「環境管理規定集」（Code of Practice on Pollution Control）である。法規定集は、いくつかの法律や規則にまたがる規制内容をより分かりやすく示すことを目的に作成されているもので、あくまでも法律や規則ではない。しかし注意が必要なのは、法規定集の中の記述内容がガイドラインとして遵守を義務づけられる事実上の規則とされる場合があることである。

「環境管理規定集」（Code of Practice on Pollution Control）は、公害防止に関する要求事項や許認可関係のさまざまな法規制を解説しており、例えば排水規制については、環境汚染管理法（EPCA）と下水・排水法にまたがる関連規則などを横断的にまとめて紹介した、わかりやすいものとなっている。しかしこの中にも前述したように、事実上の規則として運用されている項目が盛り込まれている。

例えば、多くの工場で設置を義務づけられている排水口直前の水質常時監視用の pH メーターの設置については、この「環境管理規定集」（Code of Practice on Pollution Control）にしか記述がない。また、規則がない土壤汚染についても「環境管理規定集」（Code of Practice

on Pollution Control) には、土壌汚染管理に関する項目が独立して設けられ、土壌汚染調査とその修復に関する手順が記述されている。

(4) シンガポールへの企業進出にあたって必要となる環境関連手続き

迅速に実施される環境手続き

シンガポールに工場等を建設する場合は環境手続きが不可欠である。以下では、最も一般的である政府系の工業団地造成・運営会社であるジュロントウン・コーポレーション (JTC) を窓口として、国有地を借りて工場を建設する場合を例にとって環境手続きの流れを紹介する。

まず環境手続きは、JTC に工場の建設計画を申請する際に申請書へ基本的な環境情報を記入することから始まる。建設予定の工場の製造工程、使用する原材料、環境汚染物質および廃棄物の種類と発生量などの情報提供が求められる。申請を受けた JTC は申請書を関係行政機関に回覧するが、環境側面については提供情報をもとに環境庁 (NEA) の公害管理部 (PCD) が環境調査を実施する。情報が足りない場合は PCD が、申請者に追加情報の提出を要求する場合もある。環境調査の結果に基づいて、PCD は環境側面からシンガポール国内への工場建設を許可するかどうかを判定するが、この際に、大量の廃棄物を排出する、シンガポールでは貴重な資源である水を大量に使用するあるいは排出する、シンガポール国内で処理できない有害廃棄物を排出するといった条件をもつ工場建設は許可されないこととなる。

シンガポール国内への立地が許可されると、次いで、業種や予想される環境負荷の大小などの条件を勘案して具体的な立地場所の検討が実施される。通常の場合、ソフト開発や電気機器の組立など環境負荷のほとんどない軽工業は住宅地に近い工業団地に、電気メッキやヒュームなど通常的环境負荷を発生する一般工業は住居地域から離れた工業団地に、環境負荷の大きな重化学工業などについては住居地域から遠距離または沖合の埋め立て地等へと、それぞれ立地場所が決められる。

工場の設計段階に入ると、PCD は汚染防止装置の設置やその処理能力、適用される排出基準など各種の環境側面の要求事項を申請者に提示するとともに、有害産業廃棄物を排出したり有害化学物質の使用が予測されたりする場合は、貯蔵や輸送に関して必要になる許可証の取得を義務づける。申請者が PCD の要求事項を満たす工場建設が可能と判断されると、PCD は申請者に工場建設の詳細設計・計画を提出させて、PCD の環境側面の要求・要件を満たしているかどうかのチェックを実施する。PCD が環境側面からの工場建設を承認するとともに、環境側面以外の分野についても関連行政機関の承認が得られれば、申請者に建設許可が交付される。

工場完成後には、環境対策設備等が PCD の要求通りに設置されていることを確認した上で、操業許可が出されることとなる。工場の操業開始後には PCD による立入検査が実施され、環境対策設備の稼働状況などがチェックされることとなる。

JTC 以外の公共住宅開発庁 (HDB) や都市再開発庁 (URA) を申請窓口とした場合も同様の手順となり、環境側面の調査や判断は PCD が実施する。これらの手続きは可能な限り迅速に実施されることとなっており、通常の場合、申請から設計に着手できるまでおよそ2週間ということである。

大規模工場には公害影響調査の要求も

また大規模な工場建設の場合は、上記の手続きの中で公害影響調査 (Pollution Control Study) や化学物質のリスクアセスメント (Quantitative Risk Assessment Study) を要求

されることがあり、環境手続きに時間がかかる場合がある。

なお、前述した環境汚染管理法（EPCA）による指定施設（Scheduled Premises）については、別途環境庁（NEA）に対して製造工程や設置予定の汚染防止設備、有害化学物質の管理方法などに関する詳細情報を提供し、NEA 長官から環境許可証を取得する必要がある。

第4節 水質汚濁対策

1. シンガポールの水問題と水質汚濁対策

水供給の側面からも重要な良好な水質の維持

実効性ある産業排水規制ときめ細かな水質モニタリングの実施、下水道整備の進展などによって、シンガポールの河川や貯水池などの公共用水域の水質レベルは良好に保たれている。もともと国土の狭い島国であることから水資源は貴重であり、国民の水質環境への関心も高い。シンガポールの水の供給は、およそ半分を国内に点在する貯水池といくつかの河川からの取水によってまかない、残り半分を隣国マレーシアから購入する原水に頼っている。ところがマレーシアとは長期にわたる水購入契約の一部期限切れを2011年に控え、現在水の入札価格を巡る交渉が難航し、マレーシアに依存しない国内での水資源確保が急務となっている。

このためシンガポール政府は、経済発展や人口増加による水の需要増加もにらみながら貯水池の増設、雨水貯留施設の建設、最新技術の導入による海水の淡水化や排水の再処理などによって新たな水資源を開発し、水の自給体制づくりに取り組んでいる。その一環として2003年2月からは、下水処理水を膜処理した「ニューウォーター（NEWater）」と呼ばれる再生水を水道水に混ぜ始めている。このような背景の中、既存の貴重な水源である貯水池をはじめとする公共水域の良好な水質の維持は、ますます重要となっている。

下水道整備が水質汚濁対策の大きな柱

シンガポールの水質汚濁対策は、下水道施設の整備による汚染発生の防止、排出される産業排水に排水基準を遵守させるなどを基本としており、特に下水道施設の整備はその大きな柱となっている。シンガポールでは基本的に工場排水や生活排水は下水道へ排出することになっており、下水道普及率100%を目指して下水道施設の整備が着実に進められている。2000年現在、6カ所の処理場と延長約2,800kmの下水管路が整備され、年間4億8,900万m³の下水処理が行われている。下水処理量は10年前（1991年）に較べて1.4倍に伸びている。処理施設の拡充・改造を進めるとともに、既存の下水処理施設の集約化と下水道の高度化に向けて、新たに深層トンネル下水道システム（Deep Tunnel Sewerage System）の建設にも着手している。

また水質汚濁発生のリスクを避けるため、水道水源として利用される貯水池などがある集水域（Water Catchment Area）において、産業用に大量の化学物質を使用したり貯蔵したりすることを制限している。

さらに、国内には貯水池や河川、水路、海域に水質を測定するサンプリングポイントが多数設けられており、集水域にあるポイントでは溶存酸素（DO）、生物化学的酸素要求量（BOD）、全浮遊物質（TSS）などが定期的に測定されており、水質の異常を監視する体制もとられている。

排水基準を示す2つの規則

シンガポールの水質汚濁規制に係る法令としては、環境汚染管理法（EPCA: Environmental Pollution Control Act）に基づく排水規則（環境汚染管理法）（Environmental Pollution Control <Trade Effluent> Regulations）と下水・排水法（Sewerage and Drainage Act）に基づく排水規則（下水・排水法）（Sewerage and Drainage <Trade Effluent> Regulation）の2つの規則が挙げられる。これらはいずれも日系企業の活動に大きな影響を与える排水基準を示したもので、このうちの排水規則（環境汚染管理法）は排水先が下水道以外

の水路などの場合に適用され、排水規則（下水・排水法）は下水道に排水する場合に適用される。また排水規則（環境汚染管理法）には、排水を一般の水路（Watercourse）に排出する場合と、水道の取水に使われる管理水路（Controlled Watercourse）に排出する場合の2段階の排水基準が規定されている。工場の排水先に応じて、排水基準としていずれかの規則が適用されることとなり、当然のことながら適用される排水基準値以下に処理した上で排水することが要求され、必要に応じて工場敷地内に排水の前処理のための処理設備の設置が必要となる。

排水基準のレベルは、下水道に排出する場合、排水規則（環境汚染管理法）の一般水路（Watercourse）に排出する場合、排水規則（環境汚染管理法）の水道取水に使われる管理水路（Controlled Watercourse）に排水する場合の順に厳しくなるが、前述のようにシンガポールは下水道整備が進み、ほとんどの工場は下水道の整備された工業地域に立地することから、通常の日系企業の工場の場合は、このうちで最も緩い排水基準値が示される排水規則（下水・排水法）（Sewerage and Drainage <Trade Effluent> Regulation）が適用されることとなる。

排水規制は公害管理部（PCD）が担当

排水基準を遵守させるため、規制を担当する環境庁（NEA）の公害管理部（PCD）は、工場に対して定期的な水質測定結果の報告を求めるとともに、立入検査も頻繁に実施している。また、酸性排水を排出する可能性があったり大規模な工場であったりする場合は、排水口の直前に水質のpH値を常時監視するpHメーターの設置を義務づけており、異常時は排水を遮断する措置がとられ、これらが排水規制の実効性を担保している。

ただし、個別の工場ごとに最大36項目ある排水基準のうちどの項目が適用されるのか、水質測定結果の報告頻度やpHメーターの設置の必要性などといった点については、法令に明確な基準はなく、建築申請に伴う環境調査の結果をもとにPCDの行政判断によって決められるようである。

なお現在、排水規則（環境汚染管理法）（Environmental Pollution Control <Trade Effluent> Regulation）に規定されている、排出先が一般水路と水道取水に使われる管理水路の場合の排水基準値の改正作業が進められている。

2. 工場へかかる排水規制

排水先によって異なる排水基準

工場排水に適用されるシンガポールの排水基準値を日本の一律排水基準値と比較して表1-4-1に示す。この表は、環境汚染管理法（EPCA）に基づく排水規則（環境汚染管理法）（Environmental Pollution Control <Trade Effluent> Regulation）と下水・排水法（Sewerage and Drainage Act）に基づく排水規則（下水・排水法）（Sewerage and Drainage <Trade Effluent> Regulation）に規定された排水先の違いによる3種類の排水基準値を1つにまとめて日本の排水基準と比較したものである。この基準値は排水中に許容される上限値を示したものであるが、規制対象項目は排水先の違いによって、水道の取水に使われる管理水路（Controlled Watercourse）に排水する場合に36項目、一般水路（Watercourse）に排出する場合に35項目、下水道（Public Sewer）に排出する場合に31項目ある。排出先の一般水路とは海へ流出する水路へ、管理水路とは水道水用の原水の取水に使われる水路へ排水を放流する場合、下水道とは排水を下水道に直接放流する場合を意味する。規制対象項目の大部分は

日本の項目と一致しているが、日本では採用されていない遊離塩素、ニッケル、スズなどが数項目含まれている。逆にこの表には載せていないが、日本の排水基準では有機塩素化合物類などのさらに十数項目が設定されている。排水先によって、3種類の排水基準のうちのいずれかが適用されることになるが、今回の調査で訪問した十数社の日系企業の工場のうち、約8割が下水道への排出の基準を適用されていた。その他、海に面した一部の工場が一般水路への排出基準を適用されており、管理水路への排出基準の適用はなかった。

表 1 - 4 - 1 工場排水基準値¹⁾

(特に単位を示していないものは、mg/liter)

No	項目	シンガポール 排出先水域			日本 ³⁾
		Public Sewer /下水道	Watercourse /一般水路	Controlled Watercourse ²⁾ /管理水路	
1	Temperature/温度 ()	45	45	45	-
2	Colour/色 (Lovibond Units)	-	7	7	-
3	pH Value/pH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	5.8 - 8.6 (海域以外) 5.0 - 9.0 (海域)
4	BOD ₅ (20) /生物化学的酸素要求量	400	50	20	160 (日間平均:120)
5	COD/化学的酸素要求量 (Cr method/クロム酸法)	600	100	60	160 (過マンガン酸法) (日間平均:120)
6	Total Suspended Solids /浮遊物質	400	50	30	200 (日間平均:150)
7	Total Dissolved Solids /全溶解物質	3,000	2,000	1,000	-
8	Chloride (as chloride ion) /塩素イオン	1,000	600	400	-
9	Sulphate (as SO ₄) /硫酸イオン	1,000	500	200	-
10	Sulphide (as sulphur) /硫化物	1	0.2	0.2	-
11	Cyanide (as CN) /シアン	2	0.1	0.1	1.0
12	Detergents (linear alkylate sulphonate as methylene blue active substances) /洗剤(メチレンブルー活性物 質としての直鎖アルキルスル ホン酸塩)	30	15	5	-
13	Grease & Oil/油脂	-	10	5	5
	Grease & Oil (Hydrocarbon) /油脂(炭化水素)	60	-	-	
	Grease & Oil (Non-hydrocarbon) /油脂(非炭化水素)	100	-	-	
14	Arsenic/ヒ素	5	1	0.05	0.1
15	Barium/バリウム	10	5	5	-
16	Tin/スズ	10	10	5	-
17	Iron (as Fe)/鉄	50	20	1	10
18	Beryllium/ベリリウム	5	0.5	0.5	-

19	Boron/ほう素	5	5	0.5	10(海域以外) 230(海域)
20	Manganese/マンガン	10	5	0.5	10
21	Phenolic Compounds (expressed as phenol) /フェノール化合物	0.5	0.2	Nil.	5
22	*Cadmium/カドミウム	1	0.1	0.01	0.1
23	*Chromium (&) /クロミウム (6価と3価)	5	1	0.05	6価 0.5 Total 2.0
24	*Copper/銅	5	0.1	0.1	3
25	*Lead/鉛	5	0.1	0.1	0.1
26	*Mercury/水銀	0.5	0.05	0.001	0.005
27	*Nickel/ニッケル	10	1	0.1	-
28	*Selenium/セレン	10	0.5	0.01	-
29	*Silver/銀	5	0.1	0.1	-
30	*Zinc/亜鉛	10	1	0.5	5
31	* Metals in total /* 印金属の合計量	10	1	0.5	-
32	Chlorine (Free) /遊離塩素	-	1	1	-
33	Phosphates (as PO ₄) /磷酸化合物	-	5	2	16 (as P)
34	Calcium (as Ca)/カルシウム	-	200	150	-
35	Magnesium (as Mg) /マグネシウム	-	200	150	-
36	Nitrate (as NO ₃)/硝酸化合物	-	-	20	100 ⁴⁾

1) Environmental Pollution Control (Trade Effluent) Regulations, 2001

分析方法は Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, USA による。

2) 管理水路とは水道水の取水地域の水路を指す。

3) 排水基準を定める総理府令別表第1および第2より抜粋

4) $(\text{NH}_3\text{-N} \times 0.4 + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N})$ 100 mg/liter

厳しい排水の pH 値管理

排水を出す工場には、排水の水質管理のために定期的に水質測定を行い、結果を公害管理部 (PCD) へ報告することが義務付けられている。測定項目は工場の製造プロセス、使用する薬剤の種類と量、排水量などに基づいて PCD から指定される。今回訪問した工場では9項目だけのところから36項目全部の測定を求められているところもあった。報告の頻度も1ヵ月に1度から数ヵ月に1度までさまざまであった。排水量が少ない中小規模の工場では報告を求められていないところもあった。

pHの基準値はいずれの排出先でも6~9であったが、排水のpH値管理は極めて厳しかった。多くの工場が工場の排水口の直前にpHメーターとそれに連動した自動遮断弁を設置させられていた。PCDによると、これは「pHが基準値より低い酸性の排水が下水道管の腐食を促進して穴を開け、排水が漏洩して土壌汚染を起こすことを防止するため」ということであった。仕組みは、pH計が異常値を測定すると遮断弁が作動して排水を自動的に止めるものだが、pHメーターはPCDによって封印されていて、PCDの職員以外が記録紙を取り出すことができないようになっている。ただし、すべての工場にpHメーターと自動遮断弁の設置が義務づけられるわけではなく、工場が扱う化学薬品の種類、排水の性質、それらの量などによりPCDが設置の必要性を判断する。また古い工場では手動遮断装置を設置しているところもあった。

下水道規制には賦課金支払いで基準超過を認める独特の仕組み

具体的な排水基準値についてまず、日系企業の排水の排出先として一般的な下水道への排水

基準値をみている。しかし、下水道への排水基準値は緩いので、シンガポールの下水道排出基準値と公共水域への排出を対象とする日本の一律基準値を比較するのは意味がない。そこで、シンガポールの基準にあって日本にない項目について、それらの問題点などを指摘する。

シンガポールの排水基準には全溶解物質量の基準値が、下水道排水基準値で 3,000mg/liter と設定されている。工場で広く排出される酸あるいはアルカリ排水を中和すると必然的に塩濃度すなわち溶解物質濃度が上がり 3,000mg/liter は容易にオーバーしてしまう。生じる塩は塩化ナトリウム(NaCl)、硫酸ナトリウム(Na₂SO₄)など海水中にも合わせて 3万 5,000 mg/liter 程度含有されており、決して有害物質ではない。訪問した工場の中にこの基準をクリアできないところがあったが、その工場では公害管理部(PCD)に発生理由と無害性を説明して了解を得ていた。また、今回の調査の過程で環境庁(NEA)の担当者によるこの問題に対する質問を行ったところ、この基準値の不合理性をすでに認識しており、改正する計画であるとのことであった。同様の理由で塩素イオン 1,000mg/liter、硫酸イオン 1,000mg/liter も不合理な基準といえる。

下水道排水基準で独特なのは、BOD(生物化学的酸素要求量)とTSS(全浮遊物質)の排出に対して、賦課金(Trade Effluent Tariff)を支払うことで基準値のオーバーが認められる仕組みがあることである。表 1-4-2 に排水の濃度と賦課金の金額を示す。

表 1-4-2 下水道排水の濃度と賦課金額の概要

濃度 (mg/liter)	賦課金 (Sドル/m ³)	
	BOD	TSS
400 - 600	0.21	0.15
601 - 800	0.42	0.3
この間、200mg/liter 刻みで、賦課金が次第に高くなるように設定されている。		
3,801 - 4,000	3.78	2.7

排水中の BOD 濃度が下水道への排水基準値 400mg/liter を超えても、例えば 600mg/liter 未満であれば 1 m³ 当たり 0.21 Sドルを支払えばよい。4,000mg/liter までこの制度が適用可能であるが、この値を超えることは許されない。濃厚な排水でも 4,000mg/liter 以下までは必ず処理しなければならないということである。工場の濃厚排水の BOD 値は 200mg/liter より大きな変動幅があり、しかも BOD の測定には 5 日間の日数を必要とする。そのため、水質変動を正確に追跡することは困難である。そこで、実際には TOD(全酸素要求量)計で自動測定して BOD への換算値で管理しているようである。訪問調査した日系企業で適用していた例はなかったので実際にどのような管理が行われているか詳細は不明であるが、NEA の担当者は、「本来は排水の前処理装置の設置が必要となるが、基準値を超える排水濃度に応じて賦課金を払うことによって下水道への放流を認める経済的解決法である。金額は下水処理に余分にかかるコストを考慮したものである。」と説明していた。TSS についても同様の制度が導入されている。

一部非常に厳しい項目が見られる一般水路の排水基準

次に一般水路への排水基準は、日本の一律基準値と趣旨がほぼ同じなので比較検討する。全体的には日本の基準値とほぼ同じレベルといえるが、一部に不合理と思われる程に厳しい基準値と、日本では採用されていない項目がある。まず、COD(化学的酸素要求量)が 100mg/liter

と日本の 160mg/liter より厳しい値が設定されている。数値が厳しいだけでなく、測定方法が異なるので一層厳しい。

日本では過マンガン酸カリウムによる酸化反応で酸化に要する酸素量を求めるが(COD_{Mn})、シンガポールでは二クロム酸カリウムによる酸化反応で求める(COD_{Cr})。二クロム酸カリウムの方が酸化力が強いので、同じサンプルを両方法で分析するとこちらの方が高い値となる。サンプルによって異なるが、二クロム酸カリウムによる値は過マンガン酸カリウムによる値のおよそ 2.5 倍となる。したがって、日本の基準値 160mg/liter は、シンガポールの測定法では 400mg/liter 前後となり、シンガポールの基準値 100 mg/liter は日本の排水基準値のほぼ 4 分の 1 の値となる。日本の COD 基準値をクリアする排水処理装置をそのままシンガポールへ持ってきても通用しないということになる。

図表 1 - 4 - 1 の測定項目名の頭に*印が付いた重金属類の合計量の基準値が 1mg/liter というのも大変厳しい。亜鉛もこの重金属類に含まれているが、この金属は両性金属といわれ、酸性溶液はもちろん強いアルカリ性溶液でも溶解する。したがって、水に不溶の水酸化化合物として 1mg/liter 以下まで処理するには、pH を極めて狭い範囲にコントロールしながら排水処理装置を運転しなければならない。

排水基準の決め方は欧米式で

欧米では排出基準値の設定にあたって、実現可能な最良技術 (BAT: Best Available Technology) で達成できる水質濃度を排水基準値とする。ところが日本では、一般環境の基準である環境基準がまず設定され、この環境基準を守ることが可能な排出基準値が、希釈効果と自然の浄化作用を考慮に入れて決められる。例えば、窒素について日本では自然界での微生物による分解作用などが考慮され、全窒素として 120mg/liter の基準値が設定されているが、欧米では酸化処理などの技術を使えば 10mg/liter 程度まで処理することは可能なので、このレベルを排出基準値としているところが多い。

遊離塩素についてシンガポールは、一般水路と管理水路の排水規則で 1mg/liter の厳しい基準値を設定している。塩素は極めて有害なので、欧米各国が厳しい規制対象としているからである。日本では塩素による環境汚染の兆しはみられないので規制項目はもとより監視項目にもなっていない。日本人は水道水あるいは水泳用プールの滅菌で塩素臭に慣れているので、厳しい規制に戸惑いを感じる。しかし、シンガポールが欧米流の考えで排水を規制するのであれば、進出する日系企業も基本的にはそれに従わなければならない。

第 5 節
大氣污染对策

1. シンガポールの大気汚染対策

排出源対策の徹底などで効果を上げる大気汚染対策

水質と同様、シンガポールは大気汚染物質の管理にも成功している。主要な大気汚染物質である二酸化硫黄（SO₂）、窒素酸化物（NO_x）、オゾン（O₃）、粒子状物質（PM10）などの一般環境大気中の濃度は、いずれも WHO（世界保健機関）の長期目標や米国環境保護庁（USEPA）の大気環境基準を下回り、USEPA の開発した大気汚染基準指標（PSI: Pollutant Standards Index）による 2001 年の評価では、「良好」が 83%、「標準」が 17%となっている。

シンガポールでは、発生源での大気汚染物質の発生を最小限に抑える、計画された産業立地によって発生した大気汚染の影響を最小限抑えるを基本方針とした大気汚染対策がとられている。シンガポールの大気汚染の発生源としては、工場や発電所などの固定発生源、自動車などの移動発生源、廃棄物の屋外焼却などが挙げられるが、このうち工場等の固定発生源に対しては、厳密な土地利用計画に基づく工場立地先の指定、大気汚染規制の徹底と低環境負荷型燃料使用の義務化などによる対策を、また自動車排ガスについては単体規制と自動車交通量の総量規制の実施などによる大気汚染対策が行われている。一方、これらの対策の効果を確認するため、国内 17 ヶ所にテレメーター化された大気汚染測定局を設け、一般大気環境の常時監視が実施されている。

固定発生源対策は大気汚染物質規則などによって実施

工場等の固定発生源に対する具体的な規制は、環境汚染管理法（EPCA: Environmental Pollution Control Act）とそれに基づく大気汚染物質規則（Environmental Pollution Control <Air Impurities> Regulation）によって実施されている。このうち大気汚染物質規則には 23 項目の大気汚染物質の排出基準などが規定されている。なお、大気汚染物質規則は EPCA の施行に伴い 1978 年から適用されてきた大気浄化基準規則（Clean Air <Standards> Regulation）を EPCA の付属規則として 2000 年に改訂したものである。これらの法令によって、工場等には黒煙（媒じん）の排出禁止と硫黄酸化物などの大気汚染物質を排出基準以下に抑えることが義務づけられている。またこれらの排出基準を遵守するため、工場等には大気汚染防止装置の設置と適切な運転管理、定期的な排ガスのチェックなどが要求されている他、一定規模以上（スチーム発生量 2,300kg/時以上のボイラー燃焼装置の場合）の施設には媒じんの常時測定が義務づけられ、媒じん濃度測定器（Smoke density meter）を設置しなければならない。

これらの大気汚染対策を担保するため、環境庁（NEA）の公害管理部（PCD）は定期的に工場への立入検査を実施するとともに、大気汚染に対する苦情があった場合などには抜き打ち検査を行い、環境省（ENV）の分析施設で違反があるかどうかをチェックしている。2001 年には 2 万 8,432 件の工場施設への定期検査が実施された他、627 件で排ガスやばいじんの排出測定、使用燃料の分析が行われている。

大きな役割を果たす低環境負荷型燃料使用の義務

また、二酸化硫黄などの排出を減らすため、工場等に低環境負荷型燃料の使用を義務づける政策も大気汚染対策の大きな柱となっている。具体的には、工業団地に立地する工場は硫黄含有率が 1%を超えない燃料石油、石油精製所や化学プラントなどの環境負荷の大きな産業が集

められているジュロン島やトゥアス地区の工業団地では天然ガス等のクリーンな燃料、住居地域に近接する工場には都市ガスや硫黄含有量 0.05%以下のディーゼル燃料の使用がそれぞれ義務づけられるなど、使用燃料がきめ細かく規定されている。

さらに、大気汚染負荷が大きく環境汚染管理法（EPCA）に基づく指定施設（Scheduled Premises）に分類される産業施設については、より厳しい環境対策の実施が要求され、公害対策設備の設置や運転、排ガスの測定・記録、使用燃料などについての条件が添付された環境許可証を事業開始前に環境庁（NEA）長官から取得する必要があり、添付条件の遵守が義務づけられる。

間接効果上げる自動車の走行量規制

一方、もう1つの大きな大気汚染発生源である自動車排ガスについては、自動車単体に対する排ガス規制が段階的に強化されるとともに、自動車の所有者には排ガスチェックを含む定期点検が求められている。2001年1月には排ガス規制の強化が実施され、ガソリン車、ディーゼル車の新車には、EUの自動車排ガス基準（例えばガソリン車の場合は、EU Directive 96/69/ECの基準）がそのまま適用された。また1998年7月には有鉛ガソリンの使用が完全に禁止されたほか、ディーゼル車からの排ガスを改善するため、1999年3月からディーゼル燃料の硫黄含有率が重量あたり0.3%から0.05%へと引き下げられている。

シンガポールの自動車大気汚染対策に間接的に役立っているのが、シンガポール独自の自動車の総量規制策と都心地域を走行する自動車に課金するロードプライシングの実施による自動車走行量の抑制である。

もともと渋滞防止策として実施されたこれらの政策は、走行車両数の減少によって自動車排ガスの発生量が減ることから大気汚染防止にも役立っている。自動車の総量規制は、自動車の登録に必要な「車両購入証」（COE: Certificate of Entitlement）の発行制限によって、国内の自動車登録台数を限定するもので、1990年から始まった。COEは入札によって価格が決まることから非常に高額で、各種の税金等をあわせるとシンガポールでの自動車購入には日本国内の数倍の費用が必要となり、自動車台数の増加を抑制することとなる。また、ロードプライシングはERP（Electronic Road Pricing）システムと呼ばれている。シンガポールの自動車には通常、プリペイドカードを挿入する車載器が取り付けられており、自動車がERP実施中の都心地域を通過する度に、自動的に規定の課金額が引き落とされる仕組みをとっている。

廃棄物等の屋外焼却や野焼きについては、屋外焼却の禁止命令（Environmental Pollution Control <Prohibition on the Use of Open Fires> Order）によっていかなる場合も禁止されている。

なお、大気環境を監視するための大気汚染測定局は2001年現在国内17カ所に設置されている。このうち14カ所が一般環境測定用、3カ所が沿道測定用で、いずれもテレメーターで大気モニタリングを担当する環境庁（NEA）の戦略立案・調査部（SPRD: Strategic Planning and Research Department）に測定データを送っている。

2. 工場へかかる排ガス規制

排出基準のレベルはほぼ日本と同等

前述のように工場にかかる大気汚染規制は、環境汚染管理法（EPCA）とそれに基づく大気汚染物質規則（Environmental Pollution Control <Air Impurities> Regulation）によって

実施されている。現在の大気汚染物質規則は2000年に従来の規則である大気浄化規則(基準)(Clean Air <Standards> Regulation)を改定して公布され、2001年1月から施行された。排出基準値は表1-5-1に示す通りである。新規設備には2001年1月から適用されたが、既設設備には3年間の猶予期間が与えられている。

日本の大気汚染防止法に基づく規制よりも項目数が多い。同じ項目で比較すると一部を除いて規制基準のレベルはほぼ同じといえる。以下では、日本の規制基準にない項目と日本の排出基準より厳しい項目に絞って、訪問調査を実施した日系企業の現実の対応策も紹介しながら、その特徴などについて考察してみる。

ベンゼンについては $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ と、日本の基準値 $100\sim 1,500\text{mg}/\text{Nm}^3$ と比べて大変厳しい。ベンゼンを扱う化学工場では漏洩しないように数々の対策を講じていた。一酸化炭素(CO)について $625\text{mg}/\text{Nm}^3$ の基準値が設定されているが、これは日本にはない規制である。日本ではゴミ焼却炉のダイオキシン対策で、完全燃焼を確保するための指導値が出されているのみである。排ガス中にCOの含有が避けられない工場では煙突の排出口に燃焼装置を設置していた。

ダイオキシン規制は対応が難しい場合も

ダイオキシンについては2001年1月以降に稼動する施設は一律に $0.1\text{ng TEQ}/\text{Nm}^3$ と設定されている。日本の規制では施設の種類と規模に基づき $0.1\sim 5\text{ng}/\text{Nm}^3$ となっており、これと比べて厳しい。ダイオキシンは電気炉、アルミニウム溶解炉など施設の種類と規模によっては、排出量の変動があり $0.1\text{ng TEQ}/\text{Nm}^3$ を確実にクリアすることは容易でないと考えられる。特に、規模が小さな場合は排ガス量が少なく、環境への負荷も小さいので規制濃度を緩和する行政対応が今後求められる。

窒素酸化物(NO_x)への基準値は一律に $700\text{mg}/\text{Nm}^3$ (約330 ppm)と設定されている。日本の $120\sim 1640\text{mg}/\text{Nm}^3$ と比べて施設によっては大変厳しい。ディーゼル発電機などではこの値をクリアするために触媒脱硝設備などをつけなければならず、規模の小さい工場では現実的ではない。しかし、幸いなことにシンガポールでは電力供給が安定しているので、自家発電の必要な事例はほとんど見られなかった。

粒子状物質規制では一種の排出権取引方式を導入

粒子状物質への基準値 $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ には日本にない運用制度が用意されている。同じ敷地内に複数の排出源があった場合、粒子状物質の合計量を排出源数で割った数値が $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ を超えなければよいとされている。ただし、最大の排出源でも $200\text{mg}/\text{Nm}^3$ を超えることは許されない。この制度はアメリカの排出権取引の一種でバブルと呼ばれているものと同様の考えである。低コストで脱じんできる施設で大量に脱じんして、コストの高い施設では $200\text{mg}/\text{Nm}^3$ を超えないぎりぎりの脱じんが許される。脱じんコストの総額を低く抑えることが可能で、この制度をうまく使うことで環境対策費を削減できることとなる。

粒子状物質についてはさらに、黒煙(煤じん)の発生を監視するための排煙の連続測定が一定規模以上のボイラー燃焼施設に義務付けられている(Smoke density meterの設置)。スチーム発生量 $2,300\text{kg}/\text{時}$ 以上の施設では、排煙を連続測定してリンゲルマン No. 1基準をクリアしなければならない。ある工場では煙突の煙を監視するモニターテレビを設置して、管理室から24時間目視で監視していた。

硫黄酸化物規制は低負荷型燃料の選択で容易にクリア可能

硫黄酸化物については三酸化硫黄 (SO_3) として $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ が設定されている。日本では二酸化硫黄 (SO_2) として規制しているが、シンガポールでは三酸化硫黄として規制している。シンガポールでは燃料油として硫黄分を 1% 以下まで脱硫したものと、0.05% 以下まで脱硫したものの 2 種類が流通している。前者は工業団地に立地する工場等で使われ、排ガス脱硫設備の設置が前提となっている。住居地域に近接する一般工場の燃料油としては後者を使うことが義務付けられており、これを燃焼したときには $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ をクリアすることが可能である。シンガポールでは硫黄分の少ない天然ガス、液化石油ガスなどの低環境負荷型の燃料の普及も進んでいるので、これらの燃料を使えば排出基準値をクリアするのは難しくない。

表 1 - 5 - 1 工場の排ガス基準値

項目	国	シンガポール ¹⁾	日本 ²⁾
(a) Ammonia and ammonium compounds/ アンモニアと化合物		Any trade, industry or process/全ての施設 $76\text{mg}/\text{Nm}^3$ アンモニアとして	-
(b) Antimony and its compounds/ アンチモンと化合物		Any trade, industry or process/全ての施設 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ アンチモンとして	-
(c) Arsenic and its compounds/ ヒ素と化合物		Any trade, industry or process/全ての施設 $1\text{mg}/\text{Nm}^3$ ヒ素として	-
(d) Benzene/ベンゼン		Any trade, industry or process/全ての施設 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$	$100 - 1,500$ mg/Nm^3 ³⁾
(e) Cadmium and its compounds/ カドミウムと化合物		Any trade, industry or process/全ての施設 $3\text{mg}/\text{Nm}^3$ カドミウムとして	$1.0\text{mg}/\text{Nm}^3$
(f) Carbon monoxide/ 一酸化炭素		Any trade, industry, process or fuel burning equipment/ 全ての施設 $625\text{mg}/\text{Nm}^3$	-
(g) Chlorine /塩素		Any trade, industry or process/全ての施設 $32\text{mg}/\text{Nm}^3$	$30\text{mg}/\text{Nm}^3$
(h) Copper and its compounds/ 銅と化合物		Any trade, industry or process/全ての施設 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 銅として	-
(i) Dioxins and furans/ ダイオキシンとフラン類		Any waste incinerator /全ての廃棄物焼却炉 (i) $1.0\text{ng TEQ}/\text{Nm}^3$ 2001年1月1日以前に稼動した焼却炉 (ii) $0.1\text{ng TEQ}/\text{Nm}^3$ 2001年1月1日以降に稼動した焼却炉	$0.1 - 5\text{ng TEQ}/\text{Nm}^3$ ³⁾
(j) Ethylene oxide/ エチレンオキサイド		Any trade, industry or process/全ての施設 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$	-
(k) Fluorine, hydrofluoric acid or inorganic fluorine compounds/ ふっ酸とふっ素化合物		Any trade, industry or process/全ての施設 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ふっ酸として	$1.0 - 10$ mg/Nm^3 ³⁾
(l) Formaldehyde/ ホルムアルデヒド		Any trade, industry or process/全ての施設 $20\text{mg}/\text{Nm}^3$	-
(m) Hydrogen chloride/ 塩化水素		Any trade, industry or process/全ての施設 $200\text{mg}/\text{Nm}^3$	$80, 700$ mg/Nm^3 ³⁾

(n) Hydrogen sulphide/ 硫化水素	Any trade, industry or process/全ての施設	7.6mg/Nm ³	-
(o) Lead and its compounds /鉛と化合物	Any trade, industry or process/全ての施設	5mg/Nm ³ 鉛として	10 - 30 mg/Nm ³ 3)
(p) Mercury and its compounds/ 水銀と化合物	Any trade, industry or process/全ての施設	3mg/Nm ³ 水銀として	-
(q) Oxides of nitrogen / 窒素酸化物	Any trade, industry, process or fuel burning equipment/ 全ての施設	700mg/Nm ³ 二酸化窒素酸化物として	120 - 1640 mg/Nm ³ 3)
(r) Particulate substances including smoke, soot, dust, ash, fly-ash, cinders, cement, lime, alumina, grit and other solid particles of any kind/ 粒子状物質	Any trade, industry, process, fuel burning equipment or industrial plant (except for any cold blast foundry cupolas) /全てのプロセス、燃焼設備(鋳物用キュボラを除く)	(i) 100mg/Nm ³ または (ii) 同一敷地内に複数の排出口があった場合、合計排出量を排出口の数で割った数値が100mg/Nm ³ を超えないこと。ただし、個別の排出が200mg/Nm ³ を超えないこと。 (iii) 透明度がリングルマン No.1 あるいは相当であること。 (1時間の測定期間中5分を超えないこと。)	30 - 250 mg/Nm ³ 3)
(s) Styrene monomer/ スチレンモノマー	Any trade, industry or process/全ての施設	100mg/Nm ³	-
(t) Sulphur dioxide (non-combustion sources)/ 二酸化硫黄(燃焼を伴わない排出源)	Any trade, industry or process/全ての施設	500mg/Nm ³	
(u) Sulphur trioxide and other acid gases/ 三酸化硫黄	The manufacture of sulphuric acid/硫酸製造	500mg/Nm ³ 三酸化硫黄として 持続性ミストを含有しないこと	-
(v) Sulphur trioxide or sulphuric acid mist/ 三酸化硫黄或いは硫酸ミスト	Any trade, industry or process, other than any combustion process and any plant involving the manufacture of sulphuric acid/全ての施設(焼却炉と硫酸製造を除く)	100mg/Nm ³ 三酸化硫黄として	二酸化硫黄規制 ・K value regulation ⁴⁾ ・Fuel concentration regulation ・Total emission regulation
(w) Vinyl chloride monomer /塩化ビニルモノマー	Any trade, industry or process/全ての施設	20mg/Nm ³	-

1) The Environmental Pollution Control (Air Impurities) Regulations と Code of Practice on Pollution Control (2000 Edition) (with amendments in Feb 2001 and Jun 2002) より作成

2) 大気汚染防止法から抜粋

3) depending upon type and scale of a facility/施設の種別と規模による

4) $q = K \times 10^{-3} He^2$

q : permitted SO₂ Nm³/hr

K-value (= 1.17 at Tokyo area) He: correct height of outlet (m)

He² = Ho + 0.65 (Hm + Ht) Ho: height of outlet (m)

Hm = (0.795(Q·V)^{1/2}/(1+2.58/V) Q: volume of exhaust gases at 288 k (m³/sec)

Ht = 2.01 × 10⁻³ · Q · (T-288) · (2.30logJ+1/J-1) V: velocity of exhaust gases (m/sec)

J = 1/(Q/V)^{1/2} · (1460 - 296 × V/(T-288))+1 T: temperature of exhaust gases (k)

第 6 節
有害産業廃棄物対策

1. シンガポールの有害産業廃棄物対策

欠かせない有害産業廃棄物対策への取り組み

石油化学プラントなどが多く立地するシンガポールでは有害産業廃棄物の発生量も多い。このため有害産業廃棄物に対する法規制も厳しく、日系企業にとっては欠かせない環境対策の1つとなっている。有害産業廃棄物は、例えば排水処理で発生する汚泥、有害金属有機溶剤の染み込んだぼろ布などが対象となるが、これに対する法規制は、環境公衆衛生法（EPHA: Environmental Public Health Act）に基づく有害産業廃棄物管理規則（Environmental Public Health <Toxic Industrial Waste> Regulation）によって行われている。環境公衆衛生法の所管は保健省（MOH: Ministry of Health）であるが、有害産業廃棄物管理規則による各種の規制や事業免許の発行などの業務は環境庁（NEA）の公害管理部（PCD）が担当している。

有害産業廃棄物は26のカテゴリーに分類

有害産業廃棄物管理規則では、有害産業廃棄物に指定される廃棄物を26のカテゴリーに分けて規定している。有害産業廃棄物に指定される廃棄物は、表1-6-1に示す通りであるが、その大部分は日本の特別管理廃棄物に相当するものである。また、同規則では、有害産業廃棄物発生者の責務、有害産業廃棄物の運搬、保管、処理・処分などを請け負う回収企業の責務、回収企業の許可証申請手続き、運送時の留意事項などに関する規定などが示されている。

表 1 - 6 - 1 有害産業廃棄物の一覧

分類	概要
酸	廃無機酸：塩酸、硫酸、硝酸、ふっ酸、燐酸など 廃有機酸：酢酸、ぎ酸、安息香酸など
アルカリ	廃アルカリ、廃アンモニア水、金属水酸化物スラッジ
アンチモン及び化合物	廃ナトリウム・アンチモン酒石酸
ヒ素及び化合物	ヒ素含有木材防腐剤、ガリウム・ヒ素含有廃棄物
アスベスト	アスベスト/セメント製造廃棄物、アスベスト繊維包装材
クロミウム化合物	クロミウム含有のめっき排水及びスラッジ、 クロミウム含有廃木材防腐剤、皮なめし廃棄物
銅化合物	銅めっき排水及びスラッジ、プリント基板製造工程エッチング廃液 銅含有廃木材防腐剤
シアン	シアン含有のめっき排水及びスラッジ、金属熱処理廃棄物、 金属焼入れ廃油、写真現像処理廃液
カドミウム及び化合物	カドミウム含有のめっき排水及びスラッジ、Ni/Cd電池製造工程廃棄物
イソシアネート	イソシアネート含有ポリウレタン製造工程廃棄物
実験室廃棄物	化学分析廃棄物
鉛化合物	酸化鉛/硫酸鉛含有廃棄物、テトラエチル鉛など有機化合物
水銀及び化合物	水銀含有の水銀法塩素 アルカリ製造工程排水、金属水銀使用産業廃棄物 水銀触媒使用の化学プロセス廃棄物、有機水銀廃棄物
金属触媒	クロミウム/コバルト含有廃触媒など
ニッケル化合物	ニッケルめっき排水及びスラッジ
フッ素化合物	フッ素含有木材保護剤、廃アンモニア・二フッ化物
ハロゲン含有有機化合物	トリクロロエタン、クロロベンゼン含有廃包装材など
非ハロゲン含有有機化合物	ベンゼン、トルエン、キシレン、シンナー、メタノール、など溶剤類 溶剤類蒸留回収後の残留物
病原菌付着廃棄物	病院廃棄物
フェノール化合物	フェノール化合物含有塗料剥離廃棄物

PCB 類	PCB 含有の廃トランス、PCB 含有電気製品
ポリビニルクロライド (PVC)	全ての PVC 含有廃棄物、被覆電線、パイプなど
銀化合物	銀含有写真現像排水
廃油汚染物	廃機械油、廃焼入れ油、含油排水、タンカースラッジ、その他
亜鉛化合物	亜鉛含有めっき排水及びスラッジ
その他廃棄物	製造、貯蔵、取引過程から発生する廃化学物質、殺虫剤、殺菌剤など ビニルクロライドなどの未反応モノマー類 石油精製工程から出るタール類 有害廃棄物処理で発生する残渣 タンカーからの排水 各種樹脂、ラテックス、など製造工程廃棄物 インク、染料、顔料、塗料製造工程廃棄物

処理はすべて民間企業が担当

シンガポールでは工場から発生する有害産業廃棄物については、基本的に工場内で再生あるいは再利用することが推奨されているが、これができないものについては事業免許を受けた民間企業に処理・処分を依頼することになる。公営の処理・処分施設ではなく、回収・運搬から処理・処分まで、担当するのはすべて事業許可を受けた民間企業である。有害産業廃棄物の処理・処分に係る事業免許を受けた企業は2001年時点でおおよそ120社あるが、事業免許は運搬、物理化学処理や焼却処理などに分類され、受け入れが可能な廃棄物の種類別に発行されることから、中には回収・運搬のみを担う企業もあり、ほとんどの指定廃棄物を取り扱い、最終的な処理・処分までを担当する総合的な企業はこのうち5社程度である。

2000年の統計によると、事業免許を得た企業が収集した有害産業廃棄物は年間約12万1,500トンで、このうちの70%が何らかの再生処理によって再利用される一方、残りの30%が処理後にシンガポールの沖合に作られたプラウ・セマカウ(Plau Semakau)最終埋め立て処分場に埋め立て処分されているという。埋め立て処分される場合は、物理化学処理による安定化処理を行う。焼却処理から発生する焼却灰は、溶出試験を行って安定化が確認されたものが廃棄される。安定化していないものはセメントと混合攪拌して固化してから再度安定化を確認する。溶出試験はpHを弱酸性に保った水の中で一定時間攪拌した後に水を分析して溶出するか否かをテストするものである。この試験方法には米国の基準(Testing Method 1331)が使われている。

また工場等から排出された有害産業廃棄物については、収集から最終処分までの流れを監視するオンライン化されたマニフェスト制度が確立されており、記録はPCDによって管理されている。

なお、シンガポールではPCBやクロロベンゼンなどの塩素化合物については処理できないため、回収後ドイツなどに移送して処理を依頼している。

有害化学物質管理規則への留意も必要

一方、シンガポールでは有害産業廃棄物への規制と並んで、環境汚染管理法(EPCA: Environmental Pollution Control Act)に基づく有害化学物質管理規則(Environmental Pollution Control <Hazardous Substances> Regulation)がある。これは日本では毒物劇物取締法に相当するもので、対象となる化学物質の取り扱い、すなわち製造、輸入、保管、輸送、使用、ラベリングなどについて規制しており、工場の操業に当たってはこの規則にも留意

する必要がある。

今回の現地調査では、シンガポールの代表的な有害産業廃棄物の処理会社を訪ねる機会を得たので、以下に参考情報として同社の処理施設の概要などを紹介する。

2. シンガポールの代表的な有害産業廃棄物処理施設

会社概要

多くの日系工場が有害廃棄物の処理を委ねている有害産業廃棄物処理会社を訪問調査した。同社はシンガポール島西端のトゥアス地区に立地し、1997年に操業を開始した産業廃棄物処理会社である。各種の工場から排出される油汚れ物、廃油、高濃度汚染水、排水処理汚泥など有害産業廃棄物に分類されるものの収集・運搬・焼却および処理を総合的に行っている。従来シンガポールでは、廃油処理のみ、排水処理のみ、運搬のみなど有害産業廃棄物をそれぞれ別々の処理（運搬）会社が処理することが多かったが、同社はこれらの処理を1ヵ所で行うことができる総合的な処理会社として設立された。

主要設備は焼却炉、物理化学処理設備、溶媒回収設備などから構成されている。設備と処理技術は日本の環境エンジニアリング会社と有害産業廃棄物処理会社からの導入である。建設前に欧米の工場を見学して最新鋭の設備を選択した。総処理能力は500t/日で、このうち20～30%は日系企業からの廃棄物である。総処理量のうち150t/日は紙、木材、ガラス、アルミニウム、鉄などの有価物であり、分別してリサイクル利用を図っている。従業員80人、敷地面積3.4ヘクタールである。

廃棄物の種類別処理量実績は表1-6-2に示す通りである。

表1-6-2 廃棄物の種類別処理量

(特に単位を示していないものは、t/月)

廃棄物の種類	廃水	廃溶剤	廃油	金属	廃酸	廃アルカリ	固形廃棄物	空容器(個)
処理量	2,200	2,700	2,000	120	380	300	7	140,000

同社の姉妹会社としてリサイクル事業会社とエネルギー回収会社があり、3社合わせて総合環境ビジネスを展開している。3社の持ち株会社には日本の環境エンジニアリング会社も出資している。

処理受注の手続き

顧客から引き合いがあった場合はまず廃棄物のサンプルをもらって化学分析をする。分析値に基づいて処理方法と処理費用を決め、顧客が了解したら契約を結び、廃棄物を引き取りに行く。適正な処理後、埋め立て処分しなければならないものが発生すれば、溶出試験をクリアするように仕上げの処理をしてプラウ・セマカウ(Plau Semakau)の最終処分場へ搬送する。同社はすべての種類の有害産業廃棄物の運搬免許も保有している。

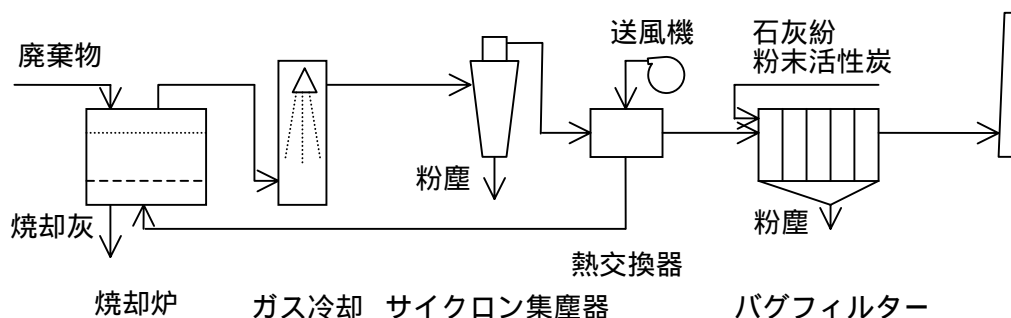
廃棄物を引き取りに行くときから最終処分まで、移送する廃棄物の種類、処理方法そして処理量を公害管理部(PCD)が管理するオンライン化されたマニフェストシステムへ入力する。最終処分が終了すると処理結果を顧客へ報告する。

焼却炉

焼却能力 60t/日の流動層式焼却炉を保有している。廃油、廃溶剤、汚泥、廃有機薬剤、薬品で汚染された可燃物、有機物含有排水などを 24 時間連続で焼却している。発熱量を 4,000kcal/kg に調整して投入しており、追加燃料は使っていない。液体廃棄物はエアとともに吹き込み、固形廃棄物はスクリーコンベアで、汚泥はグラブで掴んで炉へ投入している。排ガス処理のフローは図 1 - 6 - 1 に示す通りである。流動層炉から出た 950 前後の排ガスは、ダイオキシンの生成を抑えるために冷却塔で 285 以下まで急冷される。サイクロン集じん器で粒径の大きな粉じんが分離され、熱交換器で燃焼用空気と熱交換して 167 程度まで温度を下げる。塩化水素、二酸化硫黄などの酸性ガスを除去するための石灰粉と、わずかに含有されるダイオキシンを除去するための活性炭粉を吹き込んでバグフィルターへ導く。煙突から排出される排ガスはシンガポール政府の基準値を全てクリアしている。ダイオキシンは 0.1ng/Nm³ をクリアしている。1 年に 1 回分析値を公害管理部 (PCD) へ報告している。

焼却料金は、塩素あるいは硫黄分を含まない廃棄物は SS330 ~ 390/t、含有しているものは SS600 ~ 850/t で引き受けている。

図 1 - 6 - 1 焼却炉の排ガス処理フロー



排水

工場から搬入される排水はその性状によって、酸・アルカリ排水は中和・凝集沈殿処理、シアン含有排水は酸化分解処理、6 価クロム含有排水は還元処理を行っている。処理した排水の一部は焼却炉のガス冷却に使われている。

処理水は下水道への排水基準をクリアしている。排水の放流口直前に公害管理部 (PCD) の指示で pH メーターと連動した自動遮断弁が設置してあり、基準値をオーバーすると排水が自動的に止められる。顧客から依頼される排水の処理料金は SS250 ~ 350/t である。

廃棄物

焼却灰、集じん器の粉じん、排水処理の沈殿汚泥など重金属を含有した廃棄物が発生する。廃棄物は顧客から受け入れるものと、この処理施設で発生するものの両方がある。これらは溶出試験をして基準値のクリアを確認してから、最終処分のためプラウ・セマカウ (Plau Semakau) 最終埋め立て処分場へ運搬する。基準値をクリアしないものはセメント固化してから基準のクリアを確認し、最終処分する。溶出試験の基準値は、日本の基準値と比較すると全般的に緩い数値である。例えば、ヒ素についてはシンガポールの基準値は 5mg/liter であるが、日本では 0.3mg/liter である。

顧客から受け入れた廃棄物のセメント固化処理料金は、SS400 ~ 800/t である。現在、水銀

を含有した廃蛍光灯などの廃棄物の処理設備の設置を計画している。

その他

使用済み溶剤、IPA（イソプロピルアルコール）は蒸留精製して再利用可能としている。蒸留は減圧蒸留である。ここでは処理できない芳香族塩素化合物（クロロベンゼンなど）とPCBはドイツの処理会社へ送って処理してもらう。ドイツの現地で高温処理されるのを確認しており、廃棄物のドイツへの移送については全てバーゼル条約（有害廃棄物の越境移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約）に従っている。

また同社には、実験室と研究開発センターがあり、顧客から受け入れる廃棄物のサンプルを分析して最適処理方法を選定している。セメント固化したものの溶出試験、焼却する際の発熱量測定もここで行っている。分析についてはシンガポール政府の認定を受けているので、他の廃棄物処理会社からの分析も受託している。ただし、ダイオキシンの分析はここではできないので、サンプリングを外部の認定企業に依頼し、分析測定はアメリカ、日本あるいはヨーロッパの分析機関で実施している。シンガポールでは分析ビジネスのマーケットが小さいため、ダイオキシンの分析設備を設置しても投資資金を回収できない。そのため、今後もダイオキシンの分析を実施する計画はないという。海外へダイオキシン分析を依頼する場合の料金は1検体当たり2,500Sドル前後である。顧客の支払いはこれにサンプリング費用がプラスされて総額5,000Sドル（約35万円）となる。分析結果は分析を委託された会社から直接PCDへ報告される。

工場敷地の土壌汚染を監視するために地下水のモニタリングを行っている。ここではデンマーク政府の地下水基準値と比較して汚染がないことを確認している。土地の所有者であるJTC（ジュロンタウン・コーポレーション）がデンマークの基準を使っているため、同社でもそれを基準としていた。

半導体製造プロセスで使用されるフッ化物ガスのリサイクル利用のための清浄化処理も計画している。ドライ・スクラバーという、活性炭粉末をガス中に吹き込んで不純物として含有されるアルミニウム化合物などを吸着分離する処理である。現在はシンガポールで処理できないので日本へ送っている。

なお同社では、国家科学技術庁（NSTB: National Science & Technology Board）の助成金を受けて、産業廃棄物の無公害処理と減量化技術の開発研究を行っていた。

第7節
その他の産業環境対策

1. シンガポールにおける産業活動に求められるその他の環境対策

シンガポールで産業活動を展開するにあたって欠かせない主要な環境対策として、前節までに水質汚濁対策、大気汚染対策、有害産業廃棄物対策を取り上げてそれぞれの法規制の概要などを紹介してきたが、そのほかに必要となる環境対策として、騒音対策、土壌汚染対策、冷却塔の循環水のレジオネラ菌規制への対応が挙げられる。以下では、これらの問題への対応に必要な関連情報を紹介する。また、日系企業の場合は通常、排水、排ガスなど各種の環境測定を外部の分析会社に委託することが多いが、シンガポールにはこれらの環境分析会社の認定制度があるので、参考情報としてその仕組みもあわせて紹介する。

(1) 騒音対策

住居地域と隣接するような工場では騒音規制に注意が必要

シンガポールでは環境負荷の大きさや業種などを勘案して工場の立地が決められることから、化学プラント工場などが立地する住宅地から距離をおいた大規模な工業団地では騒音が問題となることは少ないが、住居地域や商業地域などに隣接する軽工業などの業種では、騒音公害が指摘されることがある。環境庁（NEA）の公害管理部（PCD）によると、2001年には工場騒音に対する148件の苦情があり、その原因は不適切な機械設備の設置や機械設備の保守不良にあるという。

シンガポールの工場騒音に対する規制は、環境汚染管理法（EPCA: Environmental Pollution Control Act）とそれに基づく敷地境界における工場騒音規制（Environmental Pollution Control <Boundary Noise Limits for Factory Premises> Regulations）によって実施されている。工場騒音規則では、工場騒音の上限値を昼間（午前7～午後7時）、夜間（午後7時～午後11時）、深夜（午後11時～翌朝午前7時）の3時間帯に分けて、工場が騒音の影響を与える隣接施設の特性に応じて規定している。また上限値は時間帯の平均騒音レベルと時間帯ごとの5分間測定値の2通りが規定されている。具体的な騒音上限値は表1-7-1に示すが、例えば最も厳しい静穏施設（自然公園、病院、教育施設、図書館など）に隣接する場合については、昼間の平均値で60デシベル(A)、5分間測定値で65デシベル(A)とされ、最も上限値のゆるい工場施設に隣接する工場からの騒音の5分間測定値は昼間で75デシベル(A)と規定されている。

また騒音を発生する工場内に2カ所の騒音源がある場合は、2カ所の騒音レベルの差によってその工場に適用される騒音上限値が多少緩和される補正が行われる仕組みとなっている。

いずれにしても、苦情があった場合などにはPCDは騒音測定を行い、工場騒音が上限値を超えている場合は、工場に対して騒音低減対策の実施や騒音の発生源になっている機械装置の修理・調整などが命じられ、それでも改善がみられない場合は他の環境違反と同様、操業停止や罰金などのペナルティーが定められている。特に住宅地域と隣接するような中小規模の工場では騒音規制に留意する必要がある。

表 1 - 7 - 1 騒音の上限値

(dBA)

隣接施設	騒音上限値（特定の時間帯の平均値）		
	昼間 7am - 7 pm	夜間 7 pm - 11pm	深夜 11 pm - 7 am (+)
静穏施設	60	55	50
住居施設	65	60	55
商業施設	70	65	60

隣接施設	騒音上限値（特定の時間帯ごとの5分間平均値）		
	昼間 7am - 7 pm	夜間 7 pm - 11pm	深夜 11 pm - 7 am (+)
静穏施設	65	60	55
住居施設	70	65	60
商業施設	75	70	65
工場施設	75	70	65

(2) 土壌汚染対策

規則はないが対応が求められる土壌汚染対策

現在シンガポールでは、環境汚染管理法（EPCA）に土壌汚染防止に関する記述があるが、具体的な規制のための規則は定められていない。しかし、2002年6月に発行された「環境管理規定集」（Code of Practice on Pollution Control）には、土壌汚染管理に関する記述が指針のかたちで盛り込まれ、土壌汚染調査や汚染修復に関する手順が紹介されている。

シンガポールでは工業団地の土地は基本的にすべて政府所有地で、期間を定めた借地契約に基づいて使用することができる。事業を終了して土地を返却する際に土壌汚染が見つかった場合、使用前から汚染されていたのか、使用中に汚染したのかが大きな問題になる。仮に使用中に汚染したことが明らかかな場合は修復を求められることとなり、先取りした土壌汚染防止対策への取り組みが必要となる。

環境管理規定集（Code of Practice on Pollution Control）の土壌汚染管理に関する記述の概要は以下の通りである。

- a) 土壌汚染の可能性のある特定産業に使用した土地を他の用途に使うときは、土壌汚染を調査しなければならない。もし、汚染が確認された場合は新しい用途に適するように修復しなければならない。

土壌汚染の可能性のある特定産業に指定されているのは表 1 - 7 - 2 に示す通りである。

- b) 土地の所有者または使用者は土壌汚染調査と修復を、PCD が認める方法で自社であるいは他社に依頼して行わなければならない。
- c) 土壌汚染調査と修復は次に示す技術的ガイドラインに従わなければならない。
- ・ オランダの土壌汚染防止ガイドライン
 - ・ ASTM E 1527-00 土壌評価基準 フェーズ
 - ・ ASTM E 1903-97 土壌評価基準 フェーズ

- ・ ASTM E 1739-95e1 石油汚染土壌評価法
- ・ ニュージーランドの石油・炭化水素土壌汚染ガイドライン
- ・ その他、PCD が認める方法

d) 修復された土地は専門家により確認されなければならない。

専門家のリストは <http://www.env.gov.sg/info/cbpu/main.htm> に示されている。

自主的に土壌汚染調査に取り組む日系企業も

今回の訪問調査では、特定産業に指定されていないセラミックコンデンサーなど土壌汚染の可能性の低い4つの日系企業の工場自主的に土壌汚染調査を行っていた。

それらの工場では敷地周辺部に井戸を掘って地下水をサンプリングして分析していた。工場を建設する前と操業開始後に定期的に地下水モニタリングを行い、汚染がないことを確認していた。その際に地下水の汚染判定基準として、オランダとデンマークの地下水基準値を使っている例があった。デンマークの基準は上記の推奨ガイドラインに入っていないが PCD が認めたと考えられる。

表 1 - 7 - 2 土壌汚染の可能性のある特定産業

a	油貯蔵施設、油取り扱い施設など以下を含む 石油精製、石油化学コンプレックス、石油補給所、航空機製造、自動車修理
b	化学プラント、化学薬品倉庫など以下を含む 医薬品製造、殺虫剤製造、木材防腐処理、大規模電気めっき、有毒化学物質製造・使用・保管
c	造船所、プラスト工場
d	ガス製造
e	発電所
f	有毒廃棄物処理
g	金属スクラップ処理
h	都市ごみ、産業廃棄物埋め立て処分
i	下水処理

(3) レジオネラ菌規制に関する対策

シンガポール独自のレジオネラ菌規制

シンガポールでは、多くの工場で一般的に使われている冷却塔の循環水に検出されることのあるレジオネラ菌に関する独特の規制を実施している。レジオネラ菌感染による発病は老人、幼児、病後の人など抵抗力の衰えている人にみられ、最悪の場合は死に至る。オーストラリアで被害者が出たのをきっかけにシンガポールでも規則づくりがはじまり、環境公衆衛生法 (EPHA: Environmental Public Health Act) に基づく規則である「冷却塔および噴水に関する規則」 (Environmental Public Health <Cooling Towers and Water Fountains> Regulation) によって、2001年3月から規制が開始された。規則の主な内容は、冷却塔の構造基準、保守点検基準、清掃作業者の安全基準などから構成されている。

構造基準では、飛沫が人に降りかからないように遮蔽壁の設置、設置位置への配慮、清掃しやすい構造などが定められている。

保守点検基準では、レジオネラ菌の繁殖を防ぐために6ヵ月に1度の頻度で冷却塔を停止して清掃すること、清掃の際の殺菌薬品と殺菌手順、循環水への殺菌剤の添加、循環水の定期モニタリング、モニタリング結果の報告、緊急事態への対処などが規定されている。

殺菌剤は2種類のを1週間交代で使用するよう定められているが、これはレジオネラ菌に耐性が生じるのを防ぐためである。使用する殺菌剤に指定はなく、有毒物質法(Poison Act)で禁止されていない薬剤、英国の基準(British Standard 5750)に沿った薬剤、使用後に有害な副生成物が生じないもの、などと規定されている。

菌検出の場合は、強制措置に伴う殺菌作業も必要

循環水は定期的にレジオネラ菌の測定が義務付けられている。測定方法は2種類あり、月に1度の頻度で実施する標準プレート検査(Standard Plate Count)と3ヵ月に1度のレジオネラ菌測定(Legionella bacteria count)である。これらの測定は認定された分析機関へ依頼しなければならない。分析機関は測定結果を直接、環境庁(NEA)公衆衛生局の検疫・防疫部(Quarantine and Epidemiology Department)へ報告する。レジオネラ菌が検出されたときは24時間以内に検疫・防疫部から処置が通告される。レジオネラ菌が検出されたときのレベルと処置は表1-7-3に示す通りである。

この際、危険状態以上の評価を受けた場合の強制処置に伴う清掃・殺菌では、強い殺菌作用を有する次亜塩素酸ソーダ(Sodium Hypochlorite)を使った作業の工程が詳細に決められている。次亜塩素酸ソーダを水に溶解すると遊離塩素が生じ、これが強い殺菌作用を発揮する。しかし、シンガポール政府の排水溝への排水基準値には遊離塩素に対して1mg/literという厳しい数値が設定されている。殺菌終了後の排水を排出するときには残留塩素をこの値以下まで処理しなければならない。

表1-7-3 レジオネラ菌検出時の対処

(cfu/milliliter)

検出レベル	評価	処置
標準プレート検査		
> 100,000	危険状態	規則に従い強制処置がとられる。
レジオネラ菌測定		
10	保守不十分	保守、モニタリング、追跡検査の改善勧告
> 10 - 1000 <	危険状態	規則に従った強制処置
1000	緊急事態	操業停止命令、即時清掃と追跡検査命令

(4) 分析機関の認定制度

政府機関への分析値提出は認定機関での分析が必要

日系企業の場合は、さまざまな環境測定を外部の分析機関に委託するが多いが、シンガポールには排水、排ガス、廃棄物などの成分分析を行う分析会社の認定制度がある。また公害管理部(PCD)へ提出する分析値は、これらの認定分析機関で分析されたものでなければならないとされている。認定はシンガポール認定委員会(SAC: Singapore Accreditation Council)の分析ラボ認定機構(SINGLAS: Singapore Laboratory Accreditation Scheme)が行っている。

シンガポールにおける製造業、消費者、契約企業、政府関係者が、原料、製品、契約企業によるサービスなどが求めた通りの品質であることの保証を認定機関の分析で行う。認定分析機関の分析・測定技術と精度管理は国際標準である ISO/IEC 17025 に準じている。認定分析機関のカバーする分析分野は環境、化学生物学試験、非破壊検査、機械試験、電気試験、医療、都市工学、そして精度管理である。

認定分析機関は国際標準に基づいた分析装置の保守・点検、試薬調整、サンプル採取と保存、標準物質管理、精度管理、データ処理、報告書作成を行っている。

すぐれたシンガポールの分析機関レベル

シンガポール認定委員会の分析ラボ認定機構 (SAC-SINGLAS) は認定分析機関の国際組織であるアジアパシフィック認定分析機関協会 (APLAC: Asian-Pacific Laboratory Accreditation Cooperation) に加入しており、海外の6つの国際的認定分析機関協会と連携して、認定分析機関の分析値の相互チェックを行って精度の向上に努めている。このような活動に基づいているシンガポール国内の認定分析機関の分析値は国際的に通用するものである。

環境分野における認定ラボは、国の機関に所属するもの2カ所と民間の分析機関8カ所である。それらの連絡先を表1-7-4に示す。これらのラボではほとんどの項目の分析が可能だが、ダイオキシンはシンガポール国内に分析設備がないため測定できない。

表 1 - 7 - 4 認定分析機関の一覧

認定分析機関 (政府機関関係)	
PSB Corporation Pte Ltd, Chemical and Material Test Centre 1 Science Park Drive, Singapore 118221	Tel: 6772 9552 Fax: 6778 4301
Health Science Authority - Environmental Laboratory, Center for Analytical Science 11 Outram Road, Singapore 169078	Tel: 6229 0778 Fax: 6229 0749
認定分析機関 (民間機関)	
M/s ALS Technichem (S) Pte Ltd 14 Little Road, #07-01 & #08-01, Tropical Industrial Building, Singapore 536987	Tel: 6283 9268 Fax: 6283 9689
M/s Analytical Laboratories (S) Pte Ltd 134 Genting Lane, Singapore 349580	Tel: 6295 4213 Fax: 6297 2589
M/s Chemical Laboratory (S) Pte Ltd 520 Balestier Road, #06-01 Leong On Building, Singapore 329853	Tel: 6253 6122 Fax: 6250 4837
M/s Chemitreat Pte Ltd 28 Tuas Avenue 8, Singapore 639243	Tel: 6861 3630 Fax: 6861 3853
Intertek Testing Services (S) Pte Ltd (Caleb Brett Division) 59 Penjuru Road, GATX Terminals, Singapore 609142	Tel: 6265 5385 Fax: 6265 3716
Setsco Services Pte Ltd 18 Teban Gardens Crescent, Singapore 608925	Tel: 6566 7777 Fax: 6566 7718
SGS Testing & Control Services Singapore Pte Ltd 26 Ayer Rajah Crescent, #03-07, Singapore 139944	Tel: 6775 5625 Fax: 6777 2914
Singapore Test Services Pte Ltd 249 Jalan Boon Lay, Singapore 619523	Tel: 6660 7597 Fax: 6261 2617