

シンガポールの政策

(2012年改訂版)

上下水道政策編

財団法人自治体国際化協会

(シンガポール事務所)

目次

はじめに

1	概要	1
2	組織	1
3	全体計画・主要目標	2
4	上水道	3
5	下水道	5
6	水需要抑制への取組	7
7	水関連産業の新たな展開—世界に発信する水産業	8
8	今後の展望	8
	参考文献及び Website	10

はじめに

本レポートは、「海外の地方自治シリーズ」の一環として、当協会シンガポール事務所において2005年8月に発行した『シンガポールの政策（2005年改訂版）』の中から、“上下水道政策”について、最新の資料を踏まえ改訂したものである。

シンガポールは、1965年にマレーシアから追われるような形で独立し、狭い国土や乏しい資源といった厳しい条件を抱えつつ、わずか数十年で奇跡的とも言える成長を遂げた。このシンガポールの成功は、中長期的な展望をもった政策に負うところが大きく、今日においても順調な発展の持続を可能にしている。また、2004年8月にリー・シェンロン第3代首相の就任により、世代交代を行った政府は、安定した政権基盤を背景としながら、更に新しい課題への取組を進めている。

シンガポールの各種施策は、地理的、歴史的、あるいは経済的、政治的なシンガポール固有の条件を前提としているものが多い。しかし、10年、20年先を見据えた明確なビジョンに基づく施策展開や、効率性を徹底的に追求する行政運営は、我が国の地方公共団体や地方自治関係者にとっても、大いに参考になるものと思われる。

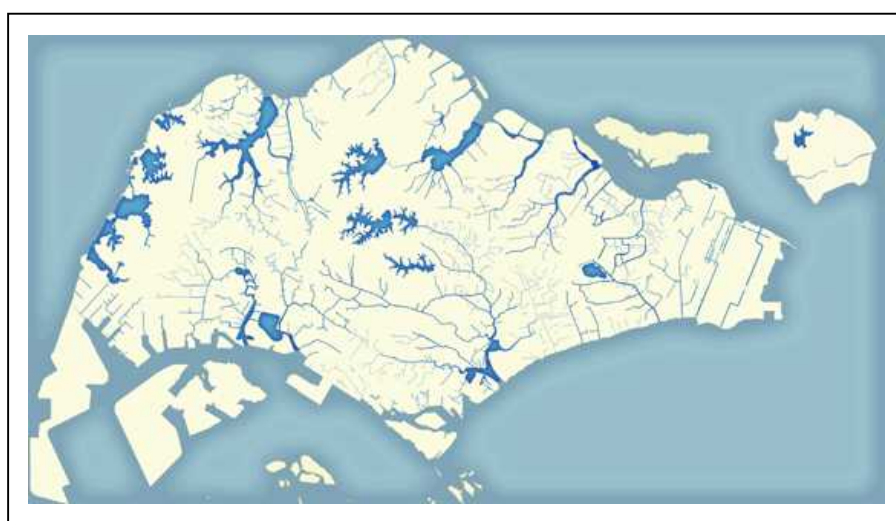
なお、本レポートは、今後、他の施策とあわせて『シンガポールの政策（2012年改訂版）』として公表する予定である。関係者の皆様に本書を御活用いただくとともに、内容改善のための御指摘、御教示をいただければ幸いである。

財団法人自治体国際化協会 シンガポール事務所長
足達 雅英

1 概要

シンガポールは、年間降水量が約 2,400mm に達する多雨地域に位置するものの、国土が狭小であり、最も標高の高いブキティマ高地でも 163m しかない平坦な地形であるため保水能力が乏しく、水源として利用できるような大きな河川もない。他方、シンガポールは狭い国土に 500 万人余りが暮らす超過密都市であり、政府の積極的な産業誘致もあって水需要は増加の一途をたどっている。シンガポールでは、1965 年の独立以来、国内の水源だけでは全ての消費量を賄うことができないため、供給の一部を隣国のマレーシアからの輸入に依存してきた。しかしながら、水の安定的な供給は国家の命運に関わる問題であり、政府は、水源の開発や循環利用の推進に積極的に取り組んでいる。

図表 1 「シンガポール国内の水源」(出所: Public Utilities Board ホームページ)



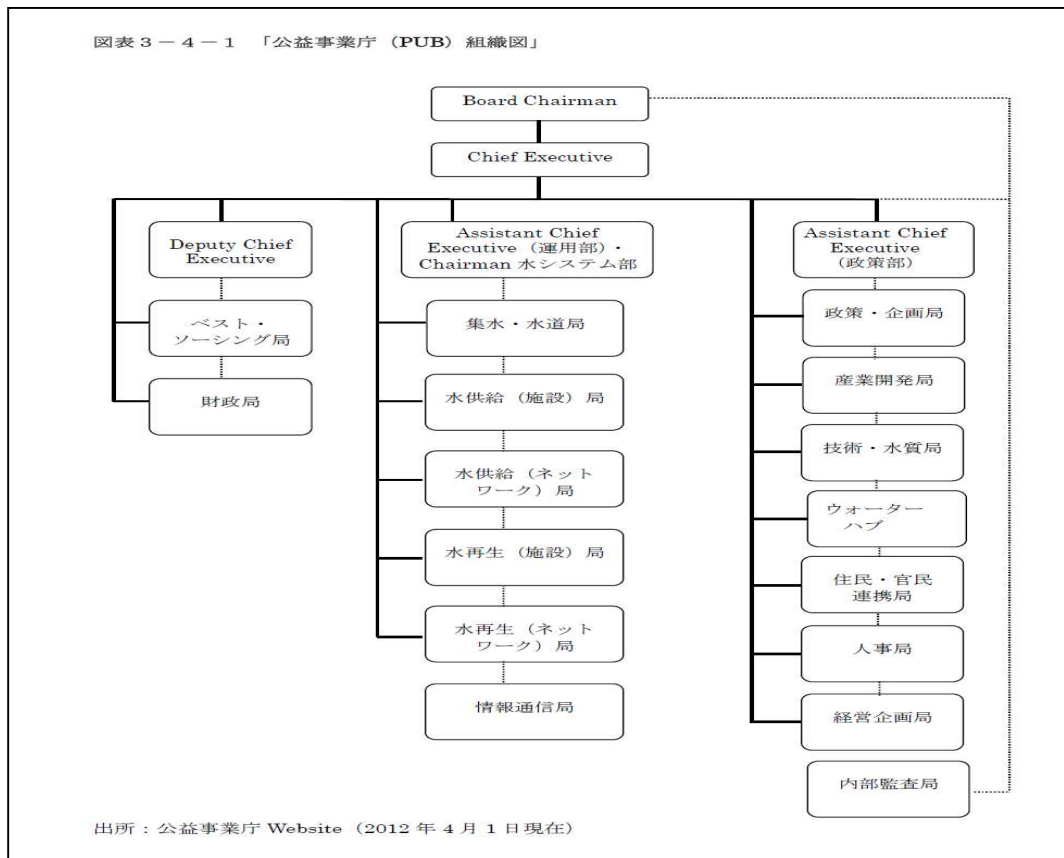
※17 貯水池と 27 河川

2 組織

シンガポールにおいて、上下水道政策の全般を一元的に所管している機関は、環境・水資源省 (MEWR: Ministry of the Environment and Water Resources、2004 年 9 月 1 日に「環境省」から改称) の管下にある公益事業庁 (PUB: Public Utilities Board) である。

PUB は、水、電気、ガスの供給機関として 1963 年に設置され、ライフライン基盤の整備の面からシンガポールの発展に寄与してきた。2001 年 4 月には、21 世紀を見据えたコスト削減とサービス向上を目指し、大幅な組織改編が行われた。電気及びガス部門が民営化されるとともに、旧環境省の内局であった下水道関連部門が PUB に移管され、さらに、PUB は通商産業省から環境省の管下に位置づけられた。また、2004 年 10 月の内部組織の改編により、高度処理再生水を担当する水再生局が、下水道局から独立した。これらの一連の組織改編により、PUB は、水関連政策全般を所掌する機関となり、現在、上水から下水に関する水政策全般の企画・立案や、水処理施設の建設・管理・運営等の幅広い分野を担いながら、シンガポールにおける安定的な水供給の実現を目指している。

図表2 「公益事業庁(PUB)組織図」 (出所：公益事業庁 Website)



3 全体計画・主要目標

(1) 「Singapore Green Plan 2012」

2002年8月に、環境・水資源省から発表された「Singapore Green Plan 2012」では、持続可能な社会の実現のために、大気、水、廃棄物処理、自然保全、公衆衛生、国際協力の各分野で設定された到達目標を示しながら、環境に関して国が進むべき方向性が定められている。

このうち、水に関する分野については、①雨水を貯水池に集める集水地域の国土に占める割合を50%から65%に引き上げること、②海水の淡水化や下水の再生利用といった新たな水資源確保の手法で、シンガポールにおける水需要の少なくとも25%を賄うこと、③国際基準を満たす水質での水供給を引き続き行うこと、④一人当たりの一日の家庭用飲用水の使用量を155リットルまで引き下げること等が掲げられている。

(2) 「PUB Long Term Water Plans」

2010年6月、シンガポール政府は、2060年までの水需要の予測とその対応策に関する計画を発表した。国全体の水需要が、現在の一日本173万 m^3 から、2060年までに一日346万 m^3 に倍増すると予測される一方、下水再生や海水淡水化による造水能力を強化し、これら2つの手法による水需要に対する供給割合を、現在の40%から80%に向上させること

を見込んでいる。

図表3 「PUB Long Term Water Plans における水需要・供給の予測」

	2010年	2060年
全水需要（一日当たり）	173 万m ³	346 万m ³
内、家庭用	45%	30%
内、非家庭用	55%	70%
造水による供給比率	40%	80%
下水再生	30%	50%
海水淡水化	10%	30%

4 上水道

上水道は、イギリスの植民地であった 1857 年、慈善家のタン・キム・セン氏による寄付金を元に建設が始まり、1867 年に完成したトムソンロード貯水池（現マクリッチ貯水池）と給水設備に端を発する。現在、送配水管の総延長は約 7,000km に及び、水道普及率は 100% に達している。また、シンガポールの水道水は世界保健機関（WHO）の飲料水水質ガイドラインを満たし、蛇口から直接飲用に供することができる。

先述のように、狭小で平坦な国土であるシンガポールでは、自然降雨のみにより水需要を満たすことは不可能であり、早くは第二次世界大戦前から、貯水池の建設やマレー半島からの送水が行われるなど、水資源の確保は、国の重要な課題となってきた。現在、シンガポールにおける水供給の調達源は、①貯水池、②隣国マレーシアからの輸入水、③下水再生水「NEWater」（ニューウォーター）、④海水淡水化となっており、これらは、「4つの蛇口」（Four National Taps）と呼ばれている。

（1）貯水池

平坦な国土であるため、大規模なダムによるものではなく、多くは、河口や入江を閉鎖することによる淡水貯水池となっている。

2008 年 11 月に、シンガポールで 15 番目の貯水池として運用を開始した「マリーナ貯水池」（Marina Reservoir）は、「マリーナ・バラージ」（Marina Barrage）と呼ばれる堰を、シンガポール川等が注ぐマリーナ湾口に設置し、その内陸部側を貯水池としたものである。マリーナ貯水池の運用が開始されたことにより、シンガポールの国土のうち、新たに 6 分の 1 の面積が、雨水の集水可能地域となり、この貯水池単体で、現在のシンガポールの水需要の約 10% に応えられる規模となっている。また、2009 年 12 月に開設された「ポンゴール貯水池」と「セラングーン貯水池」では、淡水化作業を終え、2011 年 7 月より運用を開始した。

このように、現在、シンガポール国内には、17 箇所の貯水池が設けられ、これら全てを合わせると、国土に占める集水可能地域が、67% にまで拡大する見込みである。さらに、

シンガポール政府は、「Variable Salinity Plant」と呼ばれる最新技術の導入を進め、海岸線付近からの集水を行うことで、将来的には、集水地域の割合を90%にまで高めることを計画している。

(2) 輸入水

シンガポールの上水道の大きな特徴は、国内の水源だけでは不足する原水の一部を、隣国マレーシアのジョホール州から購入していることである。シンガポールとジョホールを結ぶジョホール海峡には、地上及び地下に合わせて6本の送水管が設置され、シンガポールに向けて送水している。

マレーシアのジョホール州からの原水の取水は、1961年に締結されたテブラウ川・スクダイ川を水源とする「The Tebrau and Scudai Rivers Water Agreement」と、1962年に締結されたジョホール川を水源とする「The Johor River Water Agreement」に基づいており、それぞれ2011年、2061年までの有効期間が設定されている。これらの協定では、シンガポールは一日当たりそれぞれ8,600万ガロン(約39.1万 m^3)、2億5,000万ガロン(約113.7万 m^3)の原水を、1,000ガロン当たり0.03リンギット(1 m^3 当たり約0.2円)で輸入することができるとされており、このうち12%相当量については、浄水加工した水をジョホール州が1,000ガロン当たり0.5リンギット(1 m^3 当たり3.3円)で購入する権利を有することとなっている¹。

これらの協定のうち、1961年に締結されたものについては、2011年に期限を迎え、シンガポール政府は、下水再生、海水淡水化、貯水池による国内の水調達源の多様化と強化を図ってきたことを背景に、これを更新せず、ジョホール州にある水処理施設4か所をマレーシア側に譲渡した。

(3) 下水再生水「NEWater」(ニューウォーター)

シンガポールでは、下水を高度処理し、再利用する計画が進められ、既に2003年2月から、原水としての実用化が始まっている。「NEWater」(ニューウォーター)と名付けられたこの水は、下水処理場で通常の処理が終了した水に、更に3段階の浄化処理²を施し、飲用可能な水準まで高度処理した再利用水である。

PUBと旧環境省の共同プロジェクトとしてニューウォーターの開発研究が始まったのは、1998年である。研究の主な目的は、再利用水の原水としての利用の可能性を検討することであった。2000年5月には、一日当たり産水能力1万 m^3 のパイロット施設がベドック下水処理施設の下流に建設され、2年間にわたって実証研究が行われた。マレーシアとの水源の問題に関する交渉が難航する中、2002年7月には、専門委員会から、ニューウオー

¹ マレーシア・ジョホール州への上水の再販は、ジョホール州内の浄水場で浄水加工した水をシンガポールへ送水する過程で、各戸に配水する仕組みとなっており、シンガポールから再度送り返す手間を省く効率的な配水方法となっている。

² ①中空糸膜による精密ろ過、②逆浸透ろ過、③紫外線による殺菌の3段階を経る。これらのうち、①と②については、日系企業の技術が大きく貢献している。

ターがシンガポール及び世界保健機関（WHO）の飲料水水質基準を満たしているという報告がなされ、政府は 2003 年 2 月からニューウォーターを原水として利用することを開始する旨を発表した。

現在、シンガポール国内では、5 か所のニューウォーター工場が稼働し、全水需要の約 30%を供給している。シンガポール政府は、PUB Long Term Water Plans において、全供給量に占めるニューウォーター由来の原水を、2020 年までに 40%、2060 年までに 50%に引き上げる方針を示している。

ニューウォーターは、その大部分が、工業用水として直接供給され、冷房装置の冷却水や半導体製造工場での超純水等として利用されている。また、その一部は、貯水池に放水され、雨水等と混合された後、通常の浄化処理を経て一般家庭にも給水されている。この手法は、間接飲用化（Indirect Potable Use）と呼ばれ、米国各地で 20 年以上の実績があり、貯水池の水と混合することで心理的な抵抗感を軽減するとともに、処理過程で失われたミネラル分を添加できるという利点がある。放水されるニューウォーターの全消費量に対する割合は、当初は 1%未満であったが、政府はマレーシアとの水輸入に関する協定の一つの期限が切れる 2011 年までに、この割合を 2.5%まで引き上げるとしている³。

なお、ニューウォーターの飲料水としての利用については、国民の理解促進を図るため、2003 年に「NEWater Visitor Centre」が開設された。ここでは、ニューウォーターの製造過程を見ることができるとともに、特に子ども達に対し、ニューウォーターの安全性や節水といった水にまつわる教育機能が提供されている。

（4）海水淡水化

2005 年 9 月、シンガポールの西に位置するジュロン工業団地に隣接するトゥアス地区で、シンガポールでは初めてとなる海水淡水化プラントが、操業を開始した。海水の淡水化については、PUB 自体がプラントを所有するのではなく、民間企業が自己資本で建設・運営し、造水した水を PUB に売る、DBOO（Design-Build-Own-Operate）方式と呼ばれる PFI の手法が採られている。トゥアス地区のプラントでは、一日当たり 13 万 6,000 m³が生産されている。また、2013 年には、2 か所目となるプラントが開設される予定となっており、これを含め、シンガポールでは、全水需要に対し、2020 年までに 25%、2060 年までに 30%が、海水淡水化により供給される見込みとなっている⁴。

5 下水道

シンガポールにおいて、初めて本格的な下水道システムが完成したのは、1917 年のことである。これは、当時の市の中心地域を 3 つに分けてそれぞれに下水路と下水ポンプを設置し、集めた汚水をアレキサンドラ通りに建設した下水処理施設でろ過処理し、シンガポ

³ 2012 年 6 月 1 日現在、ニューウォーターの飲料水としての利用割合について発表はない。

⁴ 海水淡水化については、現在のところ、その製造コストが高いため（ニューウォーターに比べ、約 2.5 倍とも言われる。）、シンガポール政府は、更なる研究が必要であるとしている。

ール川に放水するというものであった。その後、1930年代に建設されたキム・チュアン下水処理施設とセラングーン汚泥処理施設や1961年に建設されたウル・パンダン下水処理施設などの既存処理施設の拡張と併せ、1979年から1985年にかけては、ベドック、克蘭ジ、セレーター、ジュロンの4つの下水処理施設が新たに建設された。

シンガポールの下水道システムは、汚水と雨水の流れを分離する分流式を採用している。汚水は地下水路で処理施設に運ばれ、雨水は排水路から川や貯水池に流れ込んでいる。現在、シンガポールにおける下水道の普及率は100%に達している。

なお、シンガポールにおける下水処理施設は、2001年に、水の再利用という観点を強調した「Water Reclamation Plants」（水再生プラントの意）に改称された。

（1）大深度トンネル下水道システム計画

先述したとおり、水資源に乏しく、下水を再利用する取組が進められているシンガポールでは、下水をどのように効率的に集めるかが、重要な課題となる。そこで、政府は、既存の下水道施設に替わる21世紀における下水処理を担う新たなシステムとして、「大深度トンネル下水道システム」（DTSS: Deep Tunnel Sewerage System）の整備を進めている。これは、従来の処理施設とその周辺地帯（周辺地域の環境維持のための緩衝帯）の有効活用やジョホール海峡への放水路の撤去による同海峡の水質改善、処理施設の集約による処理能力の向上と経費削減を目的とした、全体で30年間余りを要する大型プロジェクトである。

1999年から2009年まで行われた第1期事業では、シンガポール東部に48kmに及ぶ大深度トンネルと、その終端にチャンギ下水処理場が建設された。処理された水は、深海放水パイプライン（5kmのものが2本敷設されている。）によりシンガポール海峡に放水されるとともに、同じチャンギ下水処理場の上部に設けられたチャンギ・ニューウォーター製造工場で、再生処理が行われている。また、これに続く第2期事業では、シンガポールの中央から西側に向けて大深度トンネルが建設され、西部トゥアス地区に処理場が建設される予定である。

このシステムでは、下水を集める大深度トンネルが自然流下を利用していることから、中継ポンプの設置が不要であり、また、下水処理場を集約することで、狭小な国土の有効利用に繋がるものである⁵。

（2）膜分離活性汚泥法

現在、シンガポールでは、効率的で、より高度な下水処理の方法として、膜分離活性汚泥法（MBR: Membrane Bioreactor）の実用化に取り組んでいる。これは、従来から下水処理に用いられている汚泥処理槽に、汚泥と水を分離する膜を浸して処理水を得る方法で、従来の方法に比べ、より良質の処理水が得られるとともに、処理施設をコンパクトに収め

⁵ 2009年までの第1期事業で、チャンギ下水処理場が完成したことにより、キム・チュアン処理場とベドック処理場が2008年と2009年に閉鎖され、2011年には、セレーター処理場が閉鎖される予定になっている。

ることができるものである。2003年から、日系企業3社の技術を利用した実験プラントが設置され、2006年には、デモンストレーションプラントの運用が開始された。それらの結果から実用化の目途がついたため、ジュロンおよびチャンギ下水処理場内へMBRプラントの建設が計画され、現在、2012年内の完成を目指して建設が進められている。さらに、チャンギ下水処理場には、新たに産業排水処理施設も併設される予定である。

6 水需要抑制への取組

シンガポールでは、これまで述べてきたような水需要に対応できる国内の供給源確保の方策に加え、水需要そのものの縮減にも、積極的に取り組んでいる。「Singapore Green Plan 2012」や「PUB Long Term Water Plans」では、一人一日あたりの水使用量を、2012年までに155リットルに、2020年までに147リットルに抑制することが掲げられ、各種の対策が講じられている。例えば、家庭用水については、2006年に「10リットル・チャレンジ」と呼ばれる一日10リットルの使用量の縮減を目指す取組が開始され、地域社会のボランティア組織の活動等を通じた啓発活動が行われている。また、非家庭用水については、2008年から「10%チャレンジ」プログラムが開始され、効率的な水利用を行う施設への補助金交付等により、施設ごとの水使用量を10%減らす取組が展開されている。

国民への意識付けの観点からは、水に関する活動（水辺でのレクリエーションや美化運動）に積極的に関与させ、水に対するオーナーシップ意識の醸成に努めている。

また、具体的な節水に対する経済的インセンティブを与えるため、家庭用水については、使用量が多くなるほど、料金単価と水保全税率が高くなるよう、設定されている⁶。具体的には、1m³当たりの料金単価（水道料金）が、月間使用量40m³以下のときは1.17シンガポールドルであるのに対し、40m³を超えるときは1.40シンガポールドルとなっている。水保全税も同様に、月間使用量40m³以下のときは税率が30%であるのに対し、40m³を超えるときには税率が45%となっている。

図表4 「水道料金表」（出所：公共事業庁 Website）

カテゴリー	使用水量 (m ³ /月)	料金 (cents/m ³)	水保全税 (%)	下水料金 (cents/m ³)
家庭用	1～40	117 (76.0 円)	30	30 (19.5 円)
	40以上	140 (91.0 円)	45	30 (19.5 円)
非家庭用	All units	117 (76.0 円)	30	60 (39.0 円)
船舶用	All units	192 (124.8 円)	30	—

⁶シンガポールにおける上下水道料金は、電気及びガス料金とともに、Singapore Power Ltd によって徴収される。上下水道料金の中には、水保全税が組み込まれ、メーター口径による基本料金制ではなく、各家庭の水道施設数（蛇口数）による定額徴収と、使用水量の従量料金制となっている。

7 水関連産業の新たな展開－世界に発信する水産業

(1) グローバル・ハイドロ・ハブ

シンガポールでは、これまでの長年の水資源開発への取り組みにより、国内外の企業による水関連産業の集積が見られる。政府は、これを更に発展させ、シンガポールを最先端の水関連技術の開発拠点とし、新たに開発された技術を世界に向けて輸出する「グローバル・ハイドロ・ハブ」としての地位を確立させることを目指している。

2006年5月には、環境水資源省に「環境・水産業開発委員会」(EWI: Environment and Water Industry Development Council)が設置され、①能力開発、②国際化、③産業分野開発を3つの主要戦略として、2015年までに水処理部門単体のGDP貢献額を2003年比で3倍に、また、雇用者数を2倍にするとともに、世界の水市場の3%のシェア獲得を目標として掲げている。

- ①「能力開発」: アイディアの概念化から商業化に至るまでの技術基盤の発展のための施策(将来性のあるR&Dへの投資、実用化・商品化に向けた資金援助や実証実験施設の提供等)を実施。
- ②「国際化」: PUB Consultants Private Limitedによる輸出支援、コンソーシアム形成、途上国におけるコンサルティング業務等を実施。
- ③「産業分野開発」: 水関連産業におけるR&D拠点の誘致等を行うとともに、途上国の実務担当者向けの研修実施やR&D機関が入居する「Water Hub」と呼ばれる施設を設置。

これらの実施にあたっては、環境水資源省とPUBの他、経済開発庁(EDB)や国際企業庁(IE Singapore)、シンガポール国立大学(NUS)、ナンヤン工科大学(NTU)等が参加して推進されている。

(2) 国際水週間の開催

シンガポールでは、2008年から「シンガポール国際水週間」(SIWW: Singapore International Water Week)が、毎年開催されている。これは、各国の水担当大臣、行政、国際機関、産業等の関係者が参加し、水問題解決のためのハイレベル会合「Water Leaders' Summit」、水関連産業の見本市「Water Expo」⁷、各種ビジネスフォーラム等が行われるものである。開催期間中には、R&D投資・協力案件の契約や協定が多数締結されている。

8 今後の展望

シンガポールにおいては、増加する水需要に対する国内の水源を用いた自給体制を確立することは、国の安全保障の観点からも、長年、重要な課題となってきた。

⁷ 2010年6月の第3回開催では、地方自治体からも東京都、横浜市、大阪市が出展参加した。

シンガポールにおいては、下水は、あくまでも「Used Water」であり、再利用することが可能な資源であると捉えられている。マレーシアからの原水輸入に関する協定が期限を迎える 2061 年までには、完全自給しようとする姿勢が鮮明に感じられる。また、その過程で、世界から優れた水関連の研究開発拠点を呼び込み、そこで生まれた新たな技術を世界に向けて売り出すというビジネスモデルを確立しようとする、政府の戦略的な国家発展の取組の一端を窺わせている。成長を続けるシンガポールのイメージとも重なるこの動きは、今後、ますます加速するものと考えられる。

参考文献及び Website

・自治体国際化フォーラム 2003 年 4 月号『シンガポールの水循環政策』財団法人自治体国際化協会

・シンガポール公益事業庁 <http://www.pub.gov.sg/home/index.php>

注 文中、シンガポールドルから日本円への換算は、1 シンガポールドル=65 円として計算している。

参考情報

・視察先の例

NEWater Visitor Centre

マルチメディアによるプレゼンテーションやコンピューターゲームで、NEWater について理解を深めることができる。

住所 20, Koh Sek Lim Road, Singapore 486593

Website : <http://www.pub.gov.sg/NEWater> (オンラインでツアー予約可能)

【執 筆】

所長補佐 小松 幹典

所長補佐 則松 修

【監 修】

事務所長 足達 雅英

次 長 中村 悦也

【情報収集】

調査員 Gueh Yuyuan