

上下水道政策

1	概要	1
2	組織	1
3	全体計画・主要目標	2
	(1) Singapore Green Plan 2012～Sustainable Singapore Blueprint	2
	(2) Our Water, Our Future	3
4	上水道	4
	(1) 貯水池	4
	(2) 輸入水	5
	(3) 下水再生水「NEWater」(ニューウォーター)	7
	(4) 海水淡水化	8
5	下水道	9
	(1) 大深度トンネル下水道システム	10
	(2) 膜分離活性汚泥法	11
6	水需要抑制への取組	11
7	意識啓発	13
8	水関連産業の新たな展開—世界に発信する水関連産業	13
	(1) グローバル・ハイドロ・ハブ	13
	(2) 国際水週間の開催	14
9	今後の展望	15

1 概要

シンガポールは、年間平均降水量が約 2,000mm を超える多雨地域に位置する¹ものの、国土が狭小であることに加え、最も標高の高いブキティマ高地でも約 163m しかない²平坦な地形で、水源林等も少なく、保水・貯水能力が乏しいうえに、効率的に取水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 2020 年 9 月現在で約 569 万人が暮らす³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。

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、持続可能性・環境省 (Ministry of the Sustainability and Environment : MSE、2020 年 7 月 27 日に「環境水資源省」から改称) の管下にある公益事業庁 (Public Utilities Board : PUB) である。

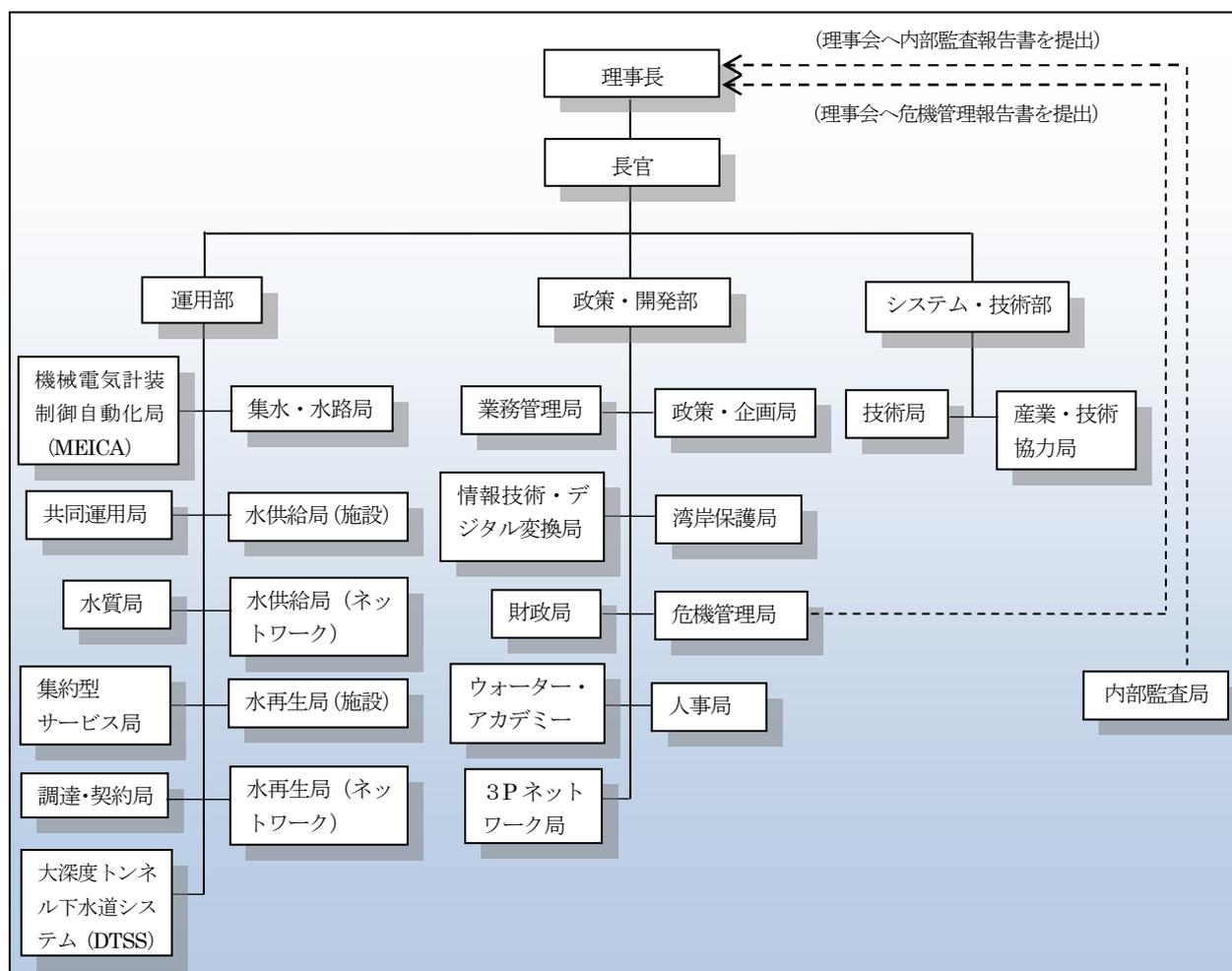
公益事業庁は、水、電気、ガスの供給機関として 1963 年に通商産業省の傘下に設置され、ライフライン基盤の整備の面からシンガポールの発展に寄与してきた。2001 年 4 月には、21 世紀を見据えたコスト削減とサービス向上を目指し、大幅な組織改編が行われた。電気及びガス部門が民営化されるとともに、旧環境水資源省の前身の旧環境省の内局であった下水道関連部門が公益事業庁に移管され、さらに、公益事業庁は通商産業省から旧環境省の管下に位置づけられた。また、2004 年 10 月の内部組織の改編により、高度処理再生水を担当する水再生局が、下水道局から独立した。これらの一連の組織改編により、公益事業庁は、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。

¹ 1981-2010 年の長期に渡る年間平均降水量は 2165.9mm で年間降雨日は 167 日。(Meteorological service singapore <http://www.weather.gov.sg/climate-climate-of-singapore/>)

² National Parks “Bukit Timah Nature Reserve”:
<https://www.nparks.gov.sg/gardens-parks-and-nature/parks-and-nature-reserves/bukit-timah-nature-reserve#:~:text=This%20163%2Dha%20reserve%20includes,primary%20rainforest%20in%20the%20country.>

³ Statistics Singapore (2020 年 9 月 24 日閲覧)
<https://www.singstat.gov.sg/modules/infographics/population>

図表 1 公益事業庁の組織図 (2020年7月8日現在)



出典：公益事業庁ウェブサイト

3 全体計画・主要目標

(1) Singapore Green Plan 2012～Sustainable Singapore Blueprint

2002年8月に、旧環境省から発表され、2006年に改訂された「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た。

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67%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1日の家庭用水の使用量を155リットルまで引き下げる事等が掲げられた⁴。

さらに、2008年には、旧環境水資源省、国家開発省 (Ministry of National Development: MND)、

⁴ Ministry of the Environment and Water Resources “The Singapore Green Plan 2012 (2006 Edition)” https://www.mse.gov.sg/docs/default-source/default-document-library/grab-our-research/sgp2012_2006edition_new.pdf, p. 10

財務省 (Ministry of Finance : MOF)、運輸省 (Ministry of Transport : MOT)、通商産業省 (Ministry of Trade and Industry : MTI) が合同で「持続的発展に向けた省庁横断委員会 (Inter-Ministerial Committee on Sustainable Development : IMCSD)」を設置し、2009年には、シンガポールが持続的な社会発展の実現に向け、2030年までに目指す青写真「Sustainable Singapore Blueprint」を発表、2014年11月には改訂版が発表された。

この中で、前述の②「海水の淡水化や下水の再生利用の国内水需要に対する供給割合」を、2060年までに80% (海水淡水化25%、下水の再生利用55%)、④「1人1日あたりの家庭用水の使用量」を2020年までに147リットル、2030年までに140リットルという新たな目標値を定めた⁵。

(2) Our Water, Our Future

2016年6月、公益事業庁は、2060年までの水需要を分析したうえで水の供給や節水などについて目標値を設定した長期計画「Our Water, Our Future」を発表し、上下水道に関する政策や水関連産業、家庭内節水の取り組みを紹介している。なお、2018年1月には改訂版が出されている。

この改訂版の計画の中で、シンガポールの水需要は今後益々増大すると予測され、2060年には2016年の倍の需要が見込まれている。特に工業用水の需要が伸びると考えられており、2060年は全体の水需要の7割を工業用水が占めることになると見込まれている。

図表2 「Our Water, Our Future」における1日当たり水使用量の現状値と目標値

		2016年	2060年
全体(1日の使用量)		4億3000万gal	8億6000万gal
内訳	家庭用水	1億9350万gal (45%)	2億5800万gal (30%)
	工業用水	2億3650万gal (55%)	6億200万gal (70%)

※1 gal (ガロン) =約3.8リットル

出典：公益事業庁ウェブサイト「Our Water, Our Future」

2061年には、マレーシアからの輸入水の協定が満期を迎え輸入水がなくなることが予測されるなか、ますます増加する水需要に応えるため、シンガポールは、下水再生や海水淡水化による水の供給に力を入れるとともに、水需要自体の抑制を図ることで、2060年までの水の完全自給を目指している。

水の供給率向上に関しては、下水再生と海水淡水化による水需要全体に対する供給可能割合を、それぞれ現在の40%、25%から2060年には55%、30%まで引き上げることを目標としており、これにより、輸入水に頼らない水の自給体制の構築を目指すとしている⁶。

⁵ Public Utility Board “Sustainable Singapore Blueprint 2015”
https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1537Sustainable_Singapore_Blueprint_2015.pdf, P.29,49

⁶ Public Utility Board “Our Water, Our Future2016”
<https://www.pub.gov.sg/Documents/PUBOurWaterOurFuture.pdf>, P.7, 9

一方、水の需要量の抑制策として、1人1日当たりの家庭用水の使用量を、2016年の148リットルから、2030年までに140リットルに引き下げることを目指している⁷。

図表3 「Our Water, Our Future」における下水再生・海水淡水化による水供給量の現状と目標値

	2016年	2060年
下水再生	最大1億7200万gal (40%)	最大4億7300万gal (55%)
海水淡水化	最大1億750万gal (25%)	最大2億5800万gal (30%)

出典：公益事業庁ウェブサイト「Our Water, Our Future」

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基に建設が始まり、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8,000kmに及び⁸、水道普及率は100%に達している⁹。また、シンガポールの水道水は世界保健機関（World Health Organization：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。なお、マリーナ・バラージには、市内の低地の洪水防止機能もあり、豪雨時には、干潮であれば、堰き止めている9つの水門を開けて余分な雨水を貯水池から海に放出し、満潮であれば、余分な雨水を海に放出することができる。マリーナ・バラージはまた、水位が潮の干満の影響を受けず一定に保たれているため、ボートやカヤックなどのレクリエーションの場としても活用されている。

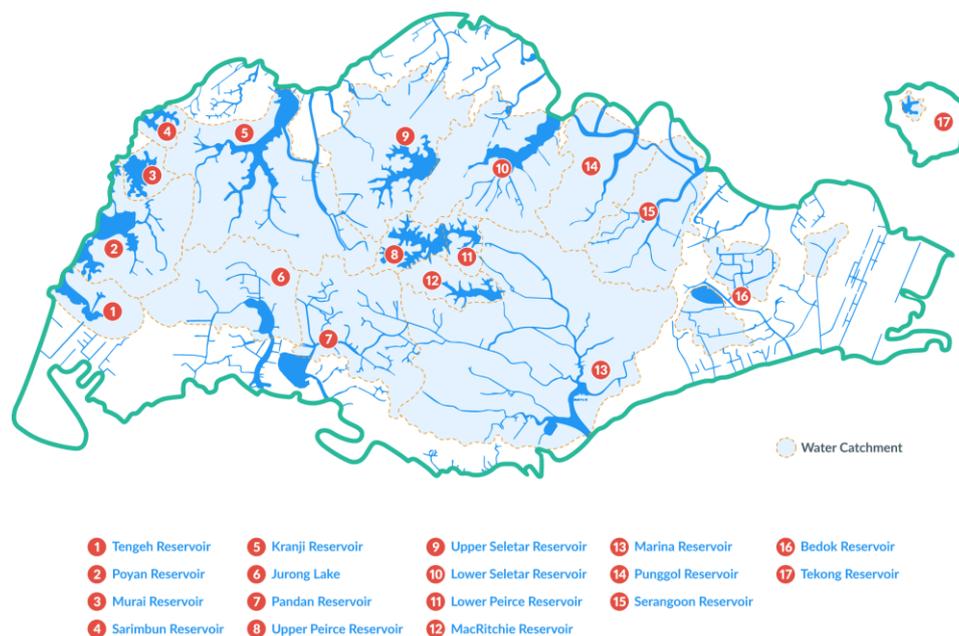
マリーナ貯水池の運用開始に続き、2009年12月には、「ポンゴール貯水池」と「セラングーン

⁷ Public Utility Board “Our Water, Our Future2016”
<https://www.pub.gov.sg/Documents/PUBOurWaterOurFuture.pdf>, P.42

⁸ Public Utility Board “Our Water, Our Future2016”
<https://www.pub.gov.sg/Documents/PUBOurWaterOurFuture.pdf>, P.33

貯水池」が開設され、淡水化作業を終えた 2011 年 7 月より運用を開始した。これにより、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は、67%に達成している¹⁰。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、2060 年までに集水地域の割合を 90%にまで高めることを計画している¹¹。

図表 4 シンガポール国内の水源（17 の貯水池の位置）



出典：公益事業庁ウェブサイト

(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、地上及び地下に複数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¹²。これらの協定では、シンガポールは 1 日当たりそれぞれ 8,600 万ガロン（約 39.1 万 m³）、2 億 5,000 万ガロン（約 113.7 万 m³）の原水を、1,000 ガロン

⁹ 国土交通省「シンガポール共和国」（2016 年 3 月） <https://www.mlit.go.jp/common/001131554.pdf>

¹⁰ Ministry of the Environment and Water Resources “The Singapore Green Plan 2012 (2006 Edition)” https://www.mse.gov.sg/docs/default-source/default-document-library/grab-our-research/sgp2012_2006_edition_new.pdf, p. 10

¹¹ Public Utility Board “Innovation in Water Singapore 2012” https://www.pub.gov.sg/Documents/InnovationWater_vol2.pdf, P. 9

¹² Ministry of Foreign Affairs Singapore “Water Agreement” <https://www.mfa.gov.sg/SINGAPORES-FOREIGN-POLICY/Key-Issues/Water-Agreements>

当たり 0.03 リンギット（1 m³当たり約 0.2 円）で輸入することができるとされており、1961 年協定ではこのうち 12%相当量について、1962 年協定ではこのうち 2%相当量について、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 m³当たり約 3 円）で購入する権利を有することとされている¹³。なお、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であり、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。

いずれの協定もシンガポールの独立前に締結されたものだが、1965 年にシンガポールが独立する際の「シンガポール分離協定」の中でマレーシア政府により保証され、シンガポール政府とマレーシアを構成するジョホール州政府間の協定として現在に引き継がれている。

1990 年には、シンガポール政府とジョホール州政府との間で、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」に関して、水源での採水の効率化を図るための補足協定が結ばれた。これは、ジョホール川の採水地の上流にリングウ貯水ダム（Linggiu Reservoir）を建設し、ダムから川に放水することでジョホール川での原水確保をより確実にするものであった。なお、ダムはジョホール州の所有物だが、ダムの建設費や運営費、土地のリース代などはシンガポール政府が支出した。

2011 年には、1961 年に締結された「The Tebrau and Scudai Rivers Water Agreement」が期限を迎えたが、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。

図表 5 1962 年締結の協定「The Johor River Water Agreement」の水源



出典：公益事業庁ウェブサイト

¹³ Ministry of Foreign Affairs Singapore “Water Agreement”
<https://www.mfa.gov.sg/SINGAPORES-FOREIGN-POLICY/Key-Issues/Water-Agreements>
 Singapore Infopedia-A Singapore Government Agent website “Singapore-Malaysia water agreements”
https://eresources.nlb.gov.sg/infopedia/articles/SIP_1533_2009-06-23.html

(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¹⁴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¹⁵。

公益事業庁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、1日当たり産水能力1万m³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、ニューウォーターがシンガポール及び世界保健機関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。

2020年現在、シンガポール国内では、5か所のニューウォーター工場(2003年にベドックと克蘭ジに、2007年にウルパンダン、2010年と2017年にチャンギに建設)が稼働し、全水需要の約40%を供給しているが、このうちチャンギ地区の2工場が最大で、1日に228,000 m³のニューウォーター生産能力を有している。さらに、2022年にはチャンギ地区にもう1つ工場を稼働させ、最も古いベドックにある工場を廃止する予定である¹⁶。なお、前述のとおり、公益事業庁は「Our Water, Our Future」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割合を2060年までに55%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25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、2011年時点で2.5%まで引上げられ、その後もさらなる引き上げが検討されている¹⁷。

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、特に子どもに対して、ニューウォーターの安全性や節水といった水にまつわ

¹⁴ 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。

¹⁵ Public Utility Board “NEWater“ <https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/newater>

¹⁶ The Straits Times “Singapore launches fifth Newwater plant at Changi, boosting water supply” (2017年1月18日)

<https://www.straitstimes.com/singapore/singapore-launches-fifth-newwater-plant-at-changi-boosting-treated-used-water-supply-by-10>

¹⁷ Research Office Information Services Division Legislative Council Secretariat “Factsheet NEWater in Singapore” (2016年2月) P.4

<https://www.legco.gov.hk/research-publications/english/1516fsc22-newwater-in-singapore-20160226-e.pdf>

る教育機能が提供されている。

(4) 海水淡水化

シンガポールの国土が海に囲まれていることから、海水淡水化は、前述したほかの3つの水源と異なり、実質無制限にある海水から飲料水を生産することができる点で、その技術が大いに期待されている。現在、海水淡水化には逆浸透膜が使用され、海水から塩分やミネラルを除去することで純粋な水が生成されているが、このプロセスにおいて約3.5kWh/m³の多量のエネルギーが使用されている。公益事業庁は、持続可能な水源である海水を使用した飲料水の確保を効率的に行うための研究を進めており、将来的に、海水淡水化に必要なエネルギーを現在の3.5kWh/m³から、1kWh/m³まで削減することを目標としている¹⁸。

2005年9月、シンガポールの西部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、シンガポールで初めてとなる海水淡水化プラントの①SingSpringが操業を開始した。その後、2013年には、同地区に1日当たり31万8,500m³の飲料水を生産する能力を有し、東南アジア最大級の海水淡水化プラントとなる②Tuaspring¹⁹が、2018年には、やはり同地区に3か所目のプラントとなる③Tuasが稼働を始めた。

2020年6月には、ビジネス中心地に近いマリーナ地区で、国内4か所目となるプラント④Marina Eastが操業を開始し、淡水と海水の両方を処理する能力を有する国内初のプラントとして期待されている²⁰。さらに、2020年中には、シンガポール南西部のジュロン島に国内5か所目のプラント⑤Jurong Islandが完成予定である。なお、前述のとおり、公益事業庁は「Our Water, Our Future」において、水の全供給量に占める海水淡水化水の割合を2060年までに30%に引き上げる方針を示している。

海水淡水化プラントを巡っては、これまで基本的に、公益事業庁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、造水した水を公益事業庁に売る、DBOO (Design-Build-Own-Operate) 方式と呼ばれるPFIの手法が採られてきた。

①SingSpring及び②Tuaspringの両プラントについても、当初、PFIの手法によりHyflux社がプラントを建設し運営していたが、同社が経営難に陥り、公益事業庁との水売却協定の責務を果たせない状態になったことから、2019年5月、公益事業庁が②Tuaspringのプラントを接収し (Tuas Southとプラント名称を改称)、直接運営を行うようになった²¹。なお、①SingSpringのプラントは現在、株式の7割を所有するKeppel Infrastructure Trust社により運営されている (株

¹⁸ Public Utility Board “Desalinated Water”

<https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/desalinatedwater>

¹⁹ Hyflux Ltd

<https://www.hyflux.com/highlights/tuaspring-iwpp-singapore/#:~:text=Tuaspring%20Integrated%20Water%20%26%20Power%20Project%20is%20Singapore's%20first.,plant%20in%20South%20East%20Asia.>

²⁰ 雨季にはマリーナ貯水池の雨水から、乾季には海水から飲料水を生産することができる。

The Straits Times “Spore's 4th desalination plant begins operations” (2020年7月15日)

<https://www.straitstimes.com/singapore/spores-4th-desalination-plant-begins-operations>

²¹ The Business Times “The Hyflux story so far” (2019年3月23日)

<https://www.businesstimes.com.sg/brunch/the-hyflux-story-so-far>

式の3割は Hyflux 社が引き続き保有) ²²。

なお、3つ目のプラントの③Tuas に限っては、当初から建設は民間企業で、運営は公益事業庁により行われている。

図表6 海水淡水化プラントの基礎情報及び運営者等

	プラント名	運転開始	処理能力	建設	運営
①	SingSpring プラント	2005年	13万6,380m ³ /日	Hyflux社	Hyflux (30%) Keppel (70%)
②	Tuaspring プラント (2019年、Tuas Southに改称)	2013年	31万8,500m ³ /日	Hyflux社	公益事業庁(PUB)
③	Tuas プラント	2018年	13万6,000m ³ /日	HSL Constructor社	公益事業庁(PUB)
④	Marina East プラント	2020年	13万7,000m ³ /日	Keppel Infrastructure Trust社	Keppel Infrastructure Trust社
⑤	Jurong Island プラント	2020年 (予定)	13万7,000m ³ /日	TP-STM consortium	TP-STM consortium

公益事業庁及び各プラント建設・運営事業者ウェブサイト等を基に作成²³

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

²² Keppel Infrastructure Trust “Trust Structure” <https://www.kepinfratrust.com/about-us/trust-structure/>

²³ Public Utility Board “Desalinated Water”

<https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/desalinatedwater>

Keppel Infrastructure Trust

<https://www.kepinfratrust.com/portfolio/waste-and-water/singspring-desalination-plant/>

Hyflux Ltd

<https://www.hyflux.com/highlights/tuaspring-iwpp-singapore/#:~:text=Tuaspring%20Integrated%20Water%20%26%20Power%20Project%20is%20Singapore's%20first.,plant%20in%20South%20East%20Asia.>

Cobra Group “Tuas III Desalination Plant”

<https://www.grupocobra.com/en/proyecto/tuas-iii-desalination-plant/>

Public Utility Board “Keppel Marina East Desalination Plant begins commercial operations”

<https://www.pub.gov.sg/news/pressreleases/KeppelMarinaEastDesalinationPlantbeginscommercialoperations>

Public Utility Board “Proposal for Singapore’s fifth desalination plant awarded to Tuas Power - Singapore Technologies Marine Consortium”

<https://www.pub.gov.sg/news/pressreleases/ProposalforSingaporefifthdesalinationplantawardedtoTuasPowerSingaporeTechnologiesMarineConsortium>

ルにおける下水道の普及率は100%に達している²⁴。

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

先述のとおり、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」

（Deep Tunnel Sewerage System : DTSS）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2008年まで行われた第1期事業では、シンガポール東部に全長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（水再生プラント）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全長30kmに及ぶ大深度トンネルが建設され、西部トゥアス地区に下水処理場が建設される予定である。第2期事業は2013年から始まり、2025年までに完成する予定となっている²⁵。

大深度トンネル下水道システムは、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、下水処理場を集約することで、狭小な国土の有効利用とコスト削減に繋がるとして期待されている。

²⁴ アジア大都市ネットワーク 21 「大規模な水再生－最新の処理方式で100%の下水道整備シンガポール」（2020年11月6日最終閲覧）

<https://www.seisakukikaku.metro.tokyo.lg.jp/gaimubu/anmc21/anmc21org/bestpractice/Singapore4.html>

²⁵ Public Utility Board “About Deep Tunnel Sewerage System”
<https://www.pub.gov.sg/dtss/about>

図表7 大深度トンネル下水道システムの位置図



公益事業庁ウェブサイトを基に作成

(2) 膜分離活性汚泥法

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 (Membrane Bioreactor : MBR) の実用化にも取り組んでいる。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ることができるものである。2003年からは、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膜分離活性汚泥法の技術の導入が計画された。

2017年2月には、2025年までの完成を目指して西部トゥアス地区に建設されるトゥアス下水処理場内の一部に、膜分離活性汚泥法の技術を使用した設備が使用されることが発表された。トゥアス下水処理場で使用されるこの膜分離活性汚泥法の設備は従来のものとは異なり、高度な技術により、下水をより高い水準まで処理することができるようになる。トゥアス下水処理場が完成すれば、膜分離活性汚泥法の技術が使用された世界最大の施設となるが、従来のプラントと比較して設置面積は30%コンパクトになる²⁶。

6 水需要抑制への取組

(1) 節水を促す取組

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。

2006年、公益事業庁とシンガポール環境委員会 (Singapore Environment Council : SEC) は、全てのシンガポール人が1日当たり10リットルの節水を目指す「10リットル・チャレンジ

²⁶ 新華社通信 “Singapore to develop world's largest membrane bioreactor water reclamation plant” (2017年2月13日) http://www.xinhuanet.com/english/2017-02/13/c_136053472.htm
 Public Utility Board “Tuas Water Reclamation Plant” <https://www.pub.gov.sg/dtss/phase2/wrpr>

(10-Litre Challenge)」を開始した。

このプログラムは、人民協会 (People's Association : PA)、社会開発協議会 (Community Development Councils : CDCs)、学校、そして草の根組織から構成されるボランティア団体 (Water Volunteer Groups : WVGs) によって運営されている。公益事業庁職員とボランティア団体が、各家庭を訪問しながら節水方法の説明や、節水機器の取り付け支援、また、低所得者等に対しては、水道料金の節約の仕方についてアドバイスを行っている。

この 10 リットル・チャレンジの取り組みのひとつとして、「節水ラベリング制度 (Water Efficiency Labelling Scheme : WELS)」が実施されている。節水効率を評価したラベル (“Zero Tick”、“Good”、“Very Good”、“Excellent” の4段階で評価) が、水道の蛇口やシャワーヘッド、トイレの貯水槽、男性用トイレ、洗濯機等に貼付され、それぞれの器具の節水効果が一目で分かるよう工夫されている。これによって、消費者は節水効率を基準に商品を購入することが可能となり、製造・販売業者に対しては節水商品の奨励を、そして、国民に対する水資源保護意識の啓発など、様々な効果が期待されている。このラベリング制度は 2009 年から義務化されており、現在シャワーヘッドを除いた水道の蛇口、トイレの貯水槽、男性用トイレや洗濯機に添付することが必須となっており、2018 年 10 月からは、食器洗浄機もラベリングの対象となった。

また、工業用水については、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きた²⁷。

2016 年に発表され、2018 年に改訂された「Our Water, Our Future」では、2060 年には 2016 年の倍の水需要が見込まれ、工業用水が全体の水需要の 7 割を占めることが予想されたことから、1 人 1 日当たりの家庭用水の使用量について、2016 年時点の 148 リットルを 2030 年までに 140 リットルに引き下げることが目標とされた。2020 年 9 月現在の公益事業庁ウェブサイトには、2018 年時点で既に 1 人 1 日当たりの家庭用水の使用量が 141 リットルまで減少したことが記載されるとともに、2030 年には同使用量をさらに 130 リットルとする新たな目標設定がされ、さらなる節水への協力が呼び掛けられている²⁸。

(2) 水道料金の設定

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仕組みで、上下水道料金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おり、公益事業庁は、国民に節水に対する具体的な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している。具体的には、1 m³当たりの料金単価 (水道料金) が、月間使用量 40 m³以下のときは S\$1.21 であるのに対し、40 m³を超えるときは S\$1.52 である。水保全税も同様に、月間使用量 40 m³以下のときは税率が 50%

²⁷ Tay Teck Kiang “SINGAPORE’S EXPERIENCE IN WATER DEMAND MANAGEMENT“, P.4~6

https://www.iwra.org/member/congress/resource/abs461_article.pdf

²⁸ Public Utility Board “Save Water” <https://www.pub.gov.sg/savewater>

であるのに対し、40 m³を超えるときには税率が 65%である²⁹。なお、水道料金については、2000年の改訂以来しばらく据え置かれてきたが、近年の下水再生や海水淡水化等の投資に係るコストの増加を主な要因として、2017年7月1日、2018年7月1日に2年続けて値上げが行われた。

図表8 水道料金表（税抜価格）（2018年7月1日以降）

カテゴリー	使用水量 (m ³ /月)	料金 (S\$/m ³)	水保全税 (S\$/m ³)	下水処理費 (S\$/m ³)	合計料金 (S\$/m ³)
家庭用	1～40	1.21	0.61 (1.21の50%)	0.92	2.74
	40以上	1.52	0.99 (1.52の65%)	1.18	3.69
工業用	All units	1.21	0.61 (1.21の50%)	0.92	2.74
船舶用	All units	1.92	0.96 (1.92の50%)	0.92	3.80

出典：公益事業庁ウェブサイト

7 意識啓発

シンガポールには水政策について学ぶ施設が整備されており、国民への啓発にも力を入れている。

マリーナ貯水池のマリーナ・バラージ内の屋内施設には、シンガポールの水政策を紹介するサステイナブル・シンガポール・ギャラリーが設置され、普及啓発や行政視察の場所として利用されている。マリーナ・バラージが水流を調整する仕組みを、モデルを使用したデモンストレーションにより理解することができる。

ニューウォーターの飲料水への利用について国民の理解促進を図るため、ニューウォーター・ビジター・センターも設置されている。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、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。

また、2006年には、水辺でのレクリエーションや美化運動への意識付けのため、ABCウォーター・プログラムが立ち上げられた。ABCはそれぞれ、Active、Beautiful、Cleanの頭文字で、川や貯水池の周辺において、豊かな水辺空間を整備することで水質と生活の質の向上を目指す取り組みであり、排水溝、運河、貯水池を周囲の環境と統合することで、きれいな川、湖をつくることを目的としている。

8 水関連産業の新たな展開－世界に発信する水関連産業

(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。

²⁹ Public Utility Board “Water Price” <https://www.pub.gov.sg/watersupply/waterprice>

2006年6月には、旧環境水資源省に「環境・水関連産業開発委員会」(Environment and Water Industry Development Programme Office : EWI) 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によるシンガポール経済への付加価値の貢献額を2003年比で3倍強に増やす(S\$5億からS\$17億へ)ほか、水関連産業全体の雇用者数を倍増させる(約11,000名の達成)ことなどが目標として掲げられた³⁰。

なお、これらの実施にあたっては、旧環境水資源省や公益事業庁、経済開発庁(Economic Development Board : EDB)、国際企業庁(International Enterprise Singapore : IE Singapore)³¹などの政府機関のほか、民間企業やシンガポール国立大学(National University of Singapore : NUS)、ナンヤン工科大学(Nanyang Technological University : NTU)などの研究機関が参加し、2006年から2015年の10年間で、国立研究財団(National Research Foundation : NRF)からS\$4億7千万の研究資金の提供を受けた³²。

この結果、2006年から2015年の10年間で主に以下の成果が得られたとされている³³。

- ・創出された雇用数：14,000名(目標は11,000名)
- ・経済的付加価値の貢献額：S\$22億(目標はS\$17億)
- ・水ビジネスに関わる企業数：180社(2006年は50社)
- ・政府・民間の水関連研究施設：20施設以上(2006年は3施設)

さらに、2016年7月には、「研究・イノベーション・企業プラン2020(Research, Innovation and Enterprise (RIE) Plan 2020)」の下、国立研究財団が今後5年間のシンガポールの水関連産業の研究資金として、S\$2億を追加することを発表し、2020年までに水関連産業全体で年間S\$28.5億の付加価値貢献額と、15,000人の雇用を達成することを目指すとしている³⁴。

(2) 国際水週間の開催

シンガポールでは、2008年から2011年まで、「シンガポール国際水週間」(Singapore International Water Week : SIWW) が毎年開催されてきた。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」、各種ビジネスフォーラム等が行われ、開催期間中には、研究開発投資・協力案件の契約や協定が多数締結される。

³⁰ Web Archive Singapore “Environment & Water Industry Programme Office”

<https://eresources.nlb.gov.sg/webarchives/details/www.pub.gov.sg.EWI.Pages.default.aspx.html>

³¹ 国際企業庁(IE Singapore)は、2018年4月1日に規格生産性革新庁(The Standards, Productivity and Innovation Board : SPRING)と統合され、シンガポール企業庁(Enterprise Singapore)となった。

Enterprise Singapore <https://www.enterprisesg.gov.sg/about-us/overview>

³² Public Utility Board “About Global HydroHub” <https://www.pub.gov.sg/globalhydrohub/about>

³³ Public Utility Board “Annex A: Water Industry Progress Report 2006 – 2015”

<https://www.pub.gov.sg/sites/assets/PressReleaseDocuments/Water%20Industry%20Annex%20A%20-%20Progress%20Report.pdf>

³⁴ Public Utility Board “S\$200 million funding boost for Singapore’s water industry over the next five years” (2016年11月)

[https://www.pub.gov.sg/news/pressreleases/s\\$200millionfundingboostforsingaporeswaterindustryoverthenextfiveyears](https://www.pub.gov.sg/news/pressreleases/s$200millionfundingboostforsingaporeswaterindustryoverthenextfiveyears)

2012年以降は、2年に1度の開催となり、直近では2020年7月5日～9日に開催が予定されていたが、新型コロナウイルスの影響により中止となり、2021年6月20日～24日に日程が変更されている³⁵。

水関連産業の見本市「Water Expo」には、2010年の第3回から、日本貿易振興機構（JETRO）がジャパン・パビリオンを設置し、日本の企業・団体・自治体とともに日本の水処理技術等のPRを行っており、地方自治体では、2010年に東京都、大阪市が、2011年に東京都、横浜市、大阪市、北九州市が、2012年に東京都、横浜市、神戸市、福岡市が、2014年に東京都、横浜市、神戸市、広島県、福岡市が、2016年に横浜市、福岡市が、2018年に横浜市が出席参加した³⁶。

9 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。

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。

³⁵ SINGAPORE INTERNATIONAL WATER WEEK “About the Singapore International Water Week Online” (2020年11月6日最終閲覧) <https://www.siww.com.sg/>

³⁶ 「シンガポールの水政策と今後の水ビジネスの展望」(クレアシンガポール事務所2010年8月)

http://www.clair.or.jp/j/forum/c_mailmagazine/201008_1/2-2.pdf

「シンガポール国際水週間 2010 水エキスポ 出展報告書」(水のいのちのものづくり中部フォーラム)

https://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/mizumono_forum/pdf/20100715expo.pdf

「シンガポール国際水週間 2011 について」(クレアシンガポール事務所メールマガジン 2011年10月)

http://www.clair.or.jp/j/forum/c_mailmagazine/201110/2-6.pdf

「シンガポール国際水週間 2012(SIWW2012)」ジャパン・パビリオン出品者リスト」(日本貿易振興機構)

<https://www.jetro.go.jp/news/releases/20120618660-news/list.pdf>

「シンガポール国際水週間 2014」(クレアシンガポール事務所メールマガジン 2014年9月)

http://www.clair.or.jp/j/forum/c_mailmagazine/201409_1/3.pdf

「水と共に『シンガポール国際水週間 2016』ルポ」(P.2) <http://gwaterjapan.com/writings/1609eneco.pdf>

AsiaX「JETRO、SIWW/CESS にジャパン・パビリオンを設置し日本企業の販路開拓を支援」(2018年7月6日) <https://www.asiax.biz/news/47031/>

<参考ウェブサイト>

- Ministry of the Environment and Water Resources “The Singapore Green Plan 2012 (2006 Edition)”
<https://www.mse.gov.sg/grab-our-research/singapore-green-plan-2012>
- Public Utility Board “Sustainable Singapore Blueprint 2015”
<https://www.mse.gov.sg/docs/default-source/module/ssb-publications/be3e98e5-b850-40a4-8e01-98d807132e9e.pdf>
- Public Utility Board “Our Water, Our Future 2016”
<https://www.pub.gov.sg/Documents/PUBOurWaterOurFuture.pdf>
- Public Utility Board “Innovation in Water Singapore 2012”
https://www.pub.gov.sg/Documents/InnovationWater_vol3.pdf
- Meteorological service singapore <http://www.weather.gov.sg/climate-climate-of-singapore/>
- Statistics Singapore <https://www.singstat.gov.sg/modules/infographics/population>
- Research Office Information Services Division Legislative Council Secretariat “Factsheet NEWater in Singapore” (2016年2月) P.4
<https://www.legco.gov.hk/research-publications/english/1516fsc22-newater-in-singapore-20160226-e.pdf>
- Tay Teck Kiang “SINGAPORE’S EXPERIENCE IN WATER DEMAND MANAGEMENT”
,P.4~6 https://www.iwra.org/member/congress/resource/abs461_article.pdf
- Keppel Infrastructure Trust
<https://www.keppelinfrastructure.com/portfolio/waste-and-water/singspring-desalination-plant/>
- Keppel Infrastructure Trust “Trust Structure”
<https://www.keppelinfrastructure.com/about-us/trust-structure/>
- Hyflux Ltd:
<https://www.hyflux.com/highlights/tuaspring-iwpp-singapore/#:~:text=Tuaspring%20Integrated%20Water%20%26%20Power%20Project%20is%20Singapore's%20first.,plant%20in%20South%20East%20Asia.>
- Cobra Group “Tuas III Desalination Plant”
<https://www.grupocobra.com/en/proyecto/tuas-iii-desalination-plant/>
- National Parks “Bukit Timah Nature Reserve”
<https://www.nparks.gov.sg/gardens-parks-and-nature/parks-and-nature-reserves/bukit-timah-nature-reserve#:~:text=This%20163%20ha%20reserve%20includes,primary%20rainforest%20in%20the%20country.>
- Public Utility Board <http://www.pub.gov.sg>
- Public Utility Board “NEWater”
<https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/newater>
- Public Utility Board “Desalinated Water”
<https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/desalinatedwater>

- Public Utility Board “Keppel Marina East Desalination Plant begins commercial operations”
<https://www.pub.gov.sg/news/pressreleases/KeppelMarinaEastDesalinationPlantbeginscommercialoperations>
- Public Utility Board “Proposal for Singapore’s fifth desalination plant awarded to Tuas Power – Singapore Technologies Marine Consortium”
<https://www.pub.gov.sg/news/pressreleases/ProposalforSingaporefifthdesalinationplantawardedtoTuasPowerSingaporeTechnologiesMarineConsortium>
- Public Utility Board “About Deep Tunnel Sewerage System”
<https://www.pub.gov.sg/dtss/about>
- Public Utility Board “Tuas Water Reclamation Plant”
<https://www.pub.gov.sg/dtss/phase2/twrp>
- Public Utility Board “Save Water” <https://www.pub.gov.sg/savewater>
- Public Utility Board “Water Price” <https://www.pub.gov.sg/watersupply/waterprice>
- Web Archive Singapore “Environment & Water Industry Programme Office”
<https://eresources.nlb.gov.sg/webarchives/details/www.pub.gov.sg.EWI.Pages.default.aspx.html>
- Public Utility Board “About Global HydroHub” <https://www.pub.gov.sg/globalhydrohub/about>
- Public Utility Board “Annex A: Water Industry Progress Report 2006 – 2015”
<https://www.pub.gov.sg/sites/assets/PressReleaseDocuments/Water%20Industry%20Annex%20A%20-%20Progress%20Report.pdf>
- Public Utility Board “S\$200 million funding boost for Singapore’s water industry over the next five years” (2016 年 11 月)
[https://www.pub.gov.sg/news/pressreleases/s\\$200millionfundingboostforsingaporeswaterindustryoverthenextfiveyears](https://www.pub.gov.sg/news/pressreleases/s$200millionfundingboostforsingaporeswaterindustryoverthenextfiveyears)
- National Library Board
https://eresources.nlb.gov.sg/infopedia/articles/SIP_1370_2008-11-22.html
- Ministry of Foreign Affairs Singapore “Water Agreement”
<https://www.mfa.gov.sg/SINGAPORES-FOREIGN-POLICY/Key-Issues/Water-Agreements>
- Singapore Infopedia-A Singapore Government Agent website “Singapore-Malaysia water agreements”
https://eresources.nlb.gov.sg/infopedia/articles/SIP_1533_2009-06-23.html
- SINGAPORE INTERNATIONAL WATER WEEK “ About the Singapore International Water Week Online” (2020 年 11 月 6 日最終閱覽) <https://www.siww.com.sg/>
- 新華社通信 “Singapore to develop world’s largest membrane bioreactor water reclamation plant” (2017 年 2 月 13 日) http://www.xinhuanet.com/english/2017-02/13/c_136053472.htm
- The Straits Times “Singapore launches fifth Newater plant at Changi, boosting water supply” (2017 年 1 月 18 日)
<https://www.straitstimes.com/singapore/singapore-launches-fifth-newater-plant-at-changi-bo>

osting-treated-used-water-supply-by-10

- The Straits Times “Enough water in Linggiu dam, Johor assures Singapore”
(2017年1月27日)
<https://www.straitstimes.com/asia/se-asia/enough-water-in-linggiu-dam-johor-assures-singapore>
- The Business Times “The Hyflux story so far” (2019年3月23日)
<https://www.businesstimes.com.sg/brunch/the-hyflux-story-so-far>
- CNA “Construction of new S\$230m NEWater factory in Changi expected to start in 2022”
(2020年8月)
<https://headtopics.com/sg/construction-of-new-s-230m-newater-factory-in-changi-expected-to-start-in-2022-15285347>
- 国土交通省「シンガポール共和国」(2016年3月) <https://www.mlit.go.jp/common/001131554.pdf>
- 日本貿易振興機構 (ジェトロ) シンガポール事務所「シンガポールの水および 環境部門に関する市場調査 2. シンガポールの水および環境部門の概略」(2018年1月) P.12~13
https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/asia/infra-reports/sg_201801_2.pdf
- アジア大都市ネットワーク 21「大規模な水再生ー最新の処理方式で100%の下水道整備シンガポール」(2020年11月6日最終閲覧)
<https://www.seisakukikaku.metro.tokyo.lg.jp/gaimubu/anmc21/anmc21org/bestpractice/Singapore4.html>
- 「シンガポールの水政策と今後の水ビジネスの展望」(クレアシンガポール事務所 2010年8月)
http://www.clair.or.jp/j/forum/c_mailmagazine/201008_1/2-2.pdf
- 「シンガポール国際水週間 2010 水エキスポ 出展報告書」(水のいのちとものづくり中部フォーラム)
https://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/mizumono_forum/pdf/20100715expo.pdf
- シンガポール国際水週間 2011 について (クレアシンガポール事務所メールマガジン 2011年10月)
http://www.clair.or.jp/j/forum/c_mailmagazine/201110/2-6.pdf
- 「シンガポール国際水週間 2012(SIWW2012)」 ジャパン・パビリオン 出品者リスト」(日本貿易振興機構)
<https://www.jetro.go.jp/news/releases/20120618660-news/list.pdf>
- 「シンガポール国際水週間 2014」(クレアシンガポール事務所メールマガジン 2014年9月)
http://www.clair.or.jp/j/forum/c_mailmagazine/201409_1/3.pdf
- 「水と共に『シンガポール国際水週間 2016』ルポ」 P.2
<http://gwaterjapan.com/writings/1609eneco.pdf>
- AsiaX 「JETRO、SIWW/CESS にジャパン・パビリオンを設置し日本企業の販路開拓を支援」
(2018年7月6日) <https://www.asiax.biz/news/47031/>

【執筆】

一般財団法人自治体国際化協会シンガポール事務所
所長補佐 茂木 洋平

【監修】

所 長 天利 和紀
調 査 役 池上 卓久
所長補佐 尾崎 文彦