

平成 25 年度国際研修 専門別研修報告書

研修員氏名 : 飯島直人
所属先 : 富山市上下水道局給排水サービス課主任
研修対象国 : シンガポール、モルディブ共和国
研修期間 : 2013 年（平成 25 年）10 月 28 日（月）～11 月 3 日（日）
報告書作成年月日 : 2013 年（平成 25 年）12 月 13 日（金）作成

I 研修の概要

I-1. 平成 25 年度日本水道協会国際研修の種類について

平成 25 年度日本水道協会国際研修の種類については、イギリス WTI（ウォーター・トレーニング・インターナショナル）研修、各国水道事業研修（インドネシア）、国際会議論文発表研修、専門別研修の 4 つのコースがあり、今回参加したのは専門別研修である。

研修の内容については、研修生が自ら調査テーマと訪問国を決め、先方の機関に直接アポを取って計画を作成し、現地にて調査及びヒアリング等を行う。メール等でのやり取り、現地での一人での対応等、高度な語学力が要求されるコースとなっている。研修生資格は、①正会員の中堅職員であること、②年齢 45 歳までであること、③水道経験 5 年以上であること、④語学力、行動力を持つこととなっている。

今年度は関西支部、中国・四国支部を除く 5 支部から各 1 名の計 5 名が参加した。

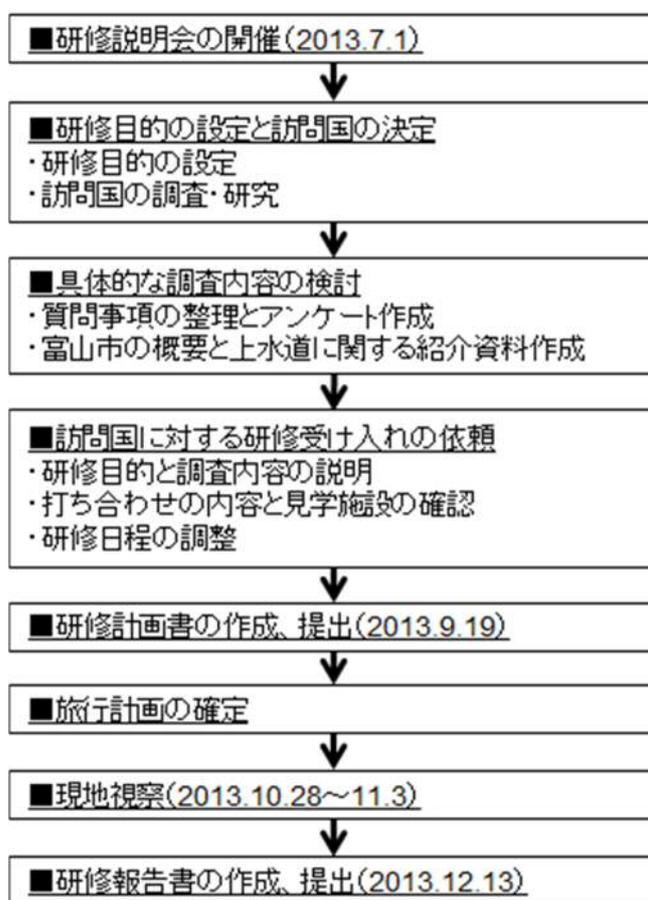
I-2. 専門別研修のスケジュール

専門別研修のスケジュールであるが、2013.7.1 に日本水道協会本部にて今回の研修の説明会が実施され、この説明会を受けたあと、本格的な研修の段取りがスタートした。

まず着手したのが研修目的の設定と訪問国の決定である。ここで最も苦労したのが訪問国の決定であり、アポ取りや上水道事業に関する情報収集の可能性といった制約のもとで訪問国を選定しなければならず、興味のある国をピックアップして検討を進めては断念するといったケースを数回繰り返し、1 ヶ月以上かけてようやく決定することができた。ただ行ってみたい、興味があるだけではなかなか決められないことを痛感した。

次に、訪問国に対する具体的な調査内容の検討を行った。この段階では、アポ取りのための基礎資料とするため、質問事項を整理した上でのアンケートと、富山市の概要と上水道に関する紹介資料を英文で作成した。調査内容は上水道事業全般に渡るため、自身の業務範囲外の質問事項を整理するのに悪戦苦闘した。

続いて、訪問国に対する研修受け入れの依頼を行った。依頼の方法としては、研修目的と調査内容について、作成したアンケートと紹介資料を交えて説明を行い、理解してもらう。研修の受け入れ



が認められた後、打ち合わせの内容と見学施設の確認、研修日程の調整等を行った。

そして、研修の1ヶ月前までに、これまでの交渉内容を取りまとめた研修計画書を作成し、日本水道協会の許可をもらう。許可をうけた後、具体的な旅行計画を確定し、現地視察、研修報告書の作成、提出を行った。以上が、専門別研修のスケジュールの大まかな流れとなる。

I-3. 目的の設定

I-3-1. 富山市上下水道事業の取り組みの現状

富山市では、富山市上下水道事業のあるべき姿と目指す方向性を明らかにすることを目的として、平成19年度から平成28年度までの10年間の事業計画等を定めた「富山市上下水道事業中長期ビジョン」を平成19年3月に策定し、取り組みを進めている。

「中長期ビジョン」で示されている事業計画の根幹には事業運営上の基本理念が存在する。本市では「ユーザーあつての上下水道事業」という視点に立って、良質な上下水道サービスを提供します。」という基本理念を掲げ、この基本理念を実現するための具体的施策の柱として、表1の経営方針を設定している。「中長期ビジョン」ではこれらの経営方針に基づいて事業計画等が定められている。

表1. 基本理念に基づく経営方針

1. 安全でおいしい水を安定的に供給します。	1-1. 基幹施設の整備・拡充
	1-2. 信頼性の高い導送配水システムの構築
	1-3. 簡易水道施設の統廃合と再編
	1-4. 水質管理の充実
	1-5. 危機管理体制の強化
2. 快適で衛生的な生活環境を創造します。	2-1. 公共下水道(汚水)整備と普及の促進
	2-2. 公共下水道(雨水)整備による浸水被害の軽減
	2-3. 危機管理体制の強化
3. 「お客様とともに考え行動する企業」(パートナーシップ)を目指します。	3-1. お客様に対する情報提供の拡充
	3-2. お客様のご意見・ご提言の反映
	3-3. お客様サービスの向上
4. 多様な経営手法を駆使して、経営の効率化を進め経営基盤の強化を図ります。	4-1. 民間的経営手法の導入
	4-2. 定員・給与の適正化
	4-3. 人材の育成
	4-4. 業務の簡素化・効率化
	4-5. 財政基盤の強化
5. 環境負荷の軽減に配慮した事業を推進します。	5-1. 省エネルギーへの取り組み 等

I-3-2. 研修の目的

本市では現在「富山市上下水道事業中長期ビジョン」における後期計画の2年目を迎えている。今後は、事業計画が平成28年度までであることから、現状把握と課題の整理を踏まえた上で、基本方針の再設定のもと平成29年度以降の新たなビジョンを策定していく必要がある。そこで、今回の研修を通じて、現在の「中長期ビジョン」で示されている具体的施策に関連して他国の状況や情報を学習することにより、新たなビジョン策定の際の一助となればと考えている。なお、訪問先にあたっては、水資源の乏しさといった本市と異なる状況にはあるものの、富山市の各種施策との関連上参考となる点が多いことから、アジア地域の中でも上水道分野で先進的な技術を導入しているシンガポールとモルディブ共和国を選定した。

上記2カ国における研修を通じて、「中長期ビジョン」の基本理念に基づく経営方針の中で、表1の赤色で示す各種施策に関連した状況や情報を学習することができるものと考えており、今後の新たなビジョン策定の際の参考資料を得ることを目的とする。

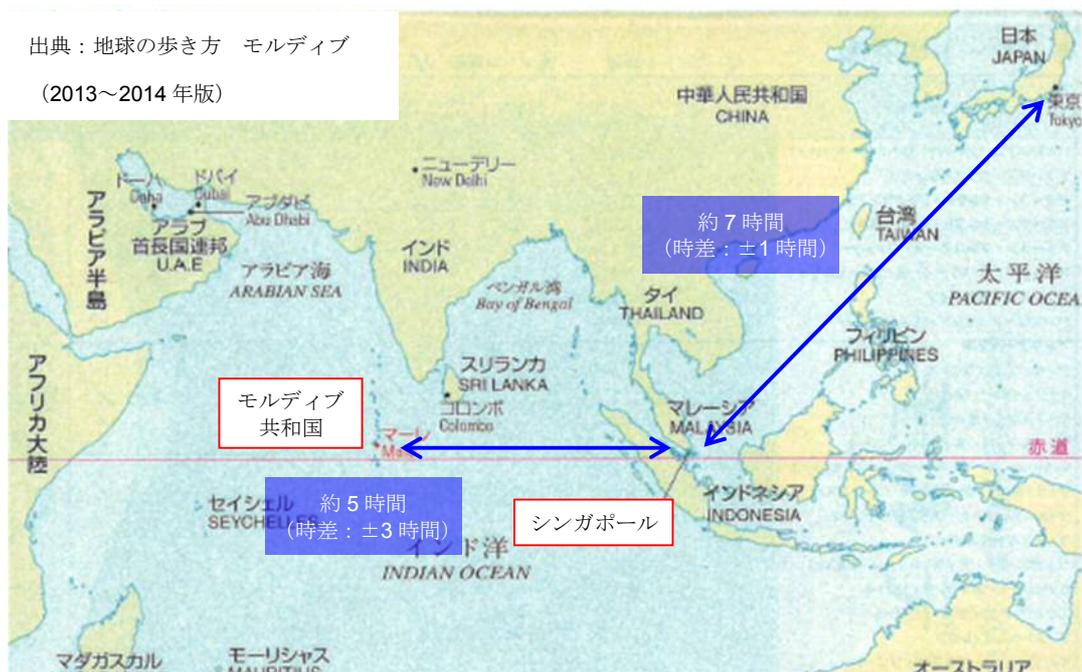
また、個人的目標として、まずは富山市上下水道事業の事業運営の実態について理解を深め、

その上で、今回の海外研修を通じて水道行政に関する多面的な視野を養うとともに、主体性ある思考力及び行動力を身につけ、今後の新たなビジョン策定に少しでも貢献できるよう自身の能力向上を図る。

I-4. 日程

月日	行動予定	研修先
10月28日 (月)	成田空港 →シンガポール	移動、訪問準備
10月29日 (火)	シンガポール	Newater Visitor Centre 訪問 ・ブリーフィング、Newater 処理施設視察
10月30日 (水)	シンガポール シンガポール →モルディブ共和国	Marina Reservoir 訪問 ・ブリーフィング、現地視察 移動、訪問準備
10月31日 (木)	モルディブ共和国	MWSC (マレ上下水道会社) 訪問 ・ブリーフィング ・浄水処理施設視察 (海水淡水化プラント)
11月1日 (金)	モルディブ共和国 →シンガポール	移動
11月2日 (土)	シンガポール	資料整理
11月3日 (日)	シンガポール →成田空港	移動

出典：地球の歩き方 モルディブ
(2013～2014年版)



Ⅱ 実施計画

Ⅱ-1. シンガポール

シンガポールは赤道の北側約1度（北緯約1度）の東南アジアに位置し、面積約710平方キロメートル（琵琶湖とほぼ同じ広さ）の島であり、共和国である。年間降水量が約2,400mmに達する多雨地域に属するものの、国土が狭小であり、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、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。

このような状況下において、水の安定的な供給は国家の命運に関わる問題であるという位置付けのもと、最先端の技術を集約して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シンガポールを対象として、①日本及び富山市との上水道事業に関する制度等の違いについて各種資料調査及び現地ヒアリングを通じて取りまとめを行い、比較事例として情報を蓄積する、②現在のシンガポールにおける水供給の調達源である貯水池、下水再生水「NEWater（ニューウォーター）」等に着目し、水源の保全方法や高度浄水処理技術（膜ろ過、紫外線処理等）、PFI事業についての知見を得ることで、本市の上水道事業の参考とする、といったこの2点を本研修の目的とする。



図1. シンガポールの地図

II-2. モルディブ共和国

モルディブ共和国はインド洋北部、スリランカの南西約 675 キロメートルに浮かぶ群島諸国であり、北緯 7 度から赤道直下まで、820 キロメートルにわたって点在する約 1,200 の島から構成されている。その多くは無人数島であり、約 200 の島に人が住んでいる。首都はマレー。地方行政区は自然のアトール（環礁）を単位として 20 の行政区に分けられている。人口は約 30 万人（2006 年の国勢調査）でその約 1/3 が首都マレーに集中している。高温多湿の熱帯性気候で、年間を通して平均気温が 26～33 度と高めである。11 月～4 月ごろは北東からモンスーンが吹く乾季となり、5 月～10 月ごろは南西からモンスーンが吹く雨季となる。

モルディブ共和国は海拔が 2m 程度であり川や湖などの表流水がなく、増大する水需要に対応するため海水淡水化による飲料水及び生活用水の供給を実施している。

今回の研修では、様々な制約がある中で安定した水供給に積極的に取り組んでいるモルディブ共和国を対象として、日本及び富山市との上水道事業に関する制度等の違いについて各種資料調査及び現地ヒアリングを通じて取りまとめを行い、比較事例として情報を蓄積するとともに、最新の海水淡水化の技術や水道料金制度関係、今後の上水道事業の展望等について研修することで、本市の上水道事業の参考とすることを目的とする。



図 3. 首都マレー

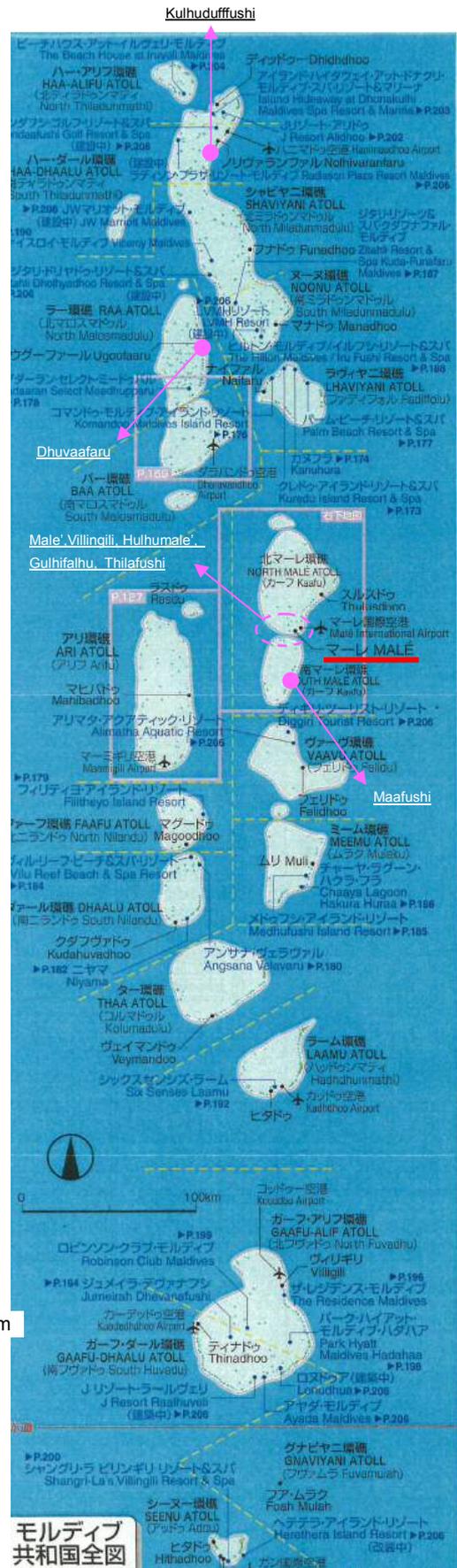


図 2. モルディブ共和国

Ⅲ 研修活動報告

Ⅲ－１．研修活動内容

(1) シンガポール

①シンガポールにおける上水道事業について

水道施設計画、水源、高度処理、配水設備、給水設備、水質の各項目について、各種資料調査及び現地ヒアリングを通じて取りまとめを行い、比較事例として情報を蓄積する。

②淡水貯水池の現状と今後の方向性について

国土に占める集水可能地域を 67%にまで拡大させた貯水池の設置方法や淡水化技術、水源の保全方法について、現地視察と合わせて学ぶとともに、現在導入が進められているという「Variable Salinity Plant」と呼ばれる最新技術に関する知見を得る。なお、シンガポールを代表する貯水池であるマリーナ貯水池は洪水調整機能を有しており、**2-3. 危機管理体制の強化**に関連する。

③下水再生水「NEWater（ニューウォーター）」について

下水処理場で通常の処理が終了した水に、更に 3 段階の浄化処理を施し、飲用可能な水準まで高度処理した再利用水は、シンガポールでは「NEWater（ニューウォーター）」と名づけられ、今後の水道原水としての拡大が見込まれている。ここでの 3 段階の浄化処理と、本市で採用されている膜ろ過及び紫外線処理との比較検討（設備や制度等の違いについて）を行い、今後の参考とする。**1-1. 基幹施設の整備・拡充、1-3. 簡易水道施設の統廃合と再編**に関連する。

④PFI 事業（海水淡水化）について

今後本市においても導入検討がなされていく可能性もある PFI 事業（DBOO（Design-Build-Own-Operate）方式）について、ヒアリングにより知見を得る。**4-1. 民営手法の導入**に関連する。

(2) モルディブ共和国

①モルディブ共和国における上水道事業について

水道施設計画、水源、高度処理、配水設備、給水設備、水質の各項目について、各種資料調査及び現地ヒアリングを通じて取りまとめを行うとともに、上水道処理施設について見学し、比較事例として情報を蓄積する。

②海水淡水化について

逆浸透膜法による最新の海水淡水化の技術について、視察及びヒアリングにより知見を得る。

③水道料金について

水道料金制度や顧客の情報管理、試験的に導入されている自動検針システムについて、視察及びヒアリングを実施し、本市において今後の参考とする。また、人口増を限られた土地で受入れるために進められている建物の高層化への水供給側からの対応について研修する。**3-3. お客様サービスの向上、4-4. 業務の簡素化・効率化、4-5. 財政基盤の強化**に関連する。

④今後の上水道事業の展望について

今後増大する水需要に対する対策及び現在導入検討が進められている再生可能エネルギーについて研修する。**5-1. 省エネルギーへの取り組み等**に関連する。

Ⅲ－２．実施計画の達成度

(1) シンガポール

担当者の方からのヒアリングを通じて、シンガポールの上水道事業の概要や将来計画等について、当初目的としていた内容を概ね確認することができた。また、Newater Visitor Centre と Marina Reservoir の現地視察を通じて、下水再生水「NEWater（ニューウォーター）」の製造工程やシンガポールにおける貯水池のあり方について理解を深めることができた。



写真 5. Newater Visitor Centre 内のギャラリー



写真 6. Marina Reservoir

(2) モルディブ共和国

シンガポール同様、担当者の方からのヒアリングを通じて、モルディブ共和国の上水道事業の概要や水道料金制度関係、将来計画等について、当初目的としていた内容を概ね確認することができた。また、浄水処理施設（海水淡水化プラント）の現地視察を通じて、最新の海水淡水化の技術を学ぶことができた。



写真 7. 海水淡水化装置（RO 膜）



写真 8. 浄水槽（5,000 m³×2）

なお、シンガポール及びモルディブ共和国での研修を通じて得られた知見を本市の上水道事業の参考とするという目的の達成度については、総括で述べることとする。

Ⅲ－３．成果

Ⅲ－３－１．シンガポール

(1) 所管組織

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) (以下 PUB) である。PUB は 1963 年に水・電気・ガスの供給機関として設置されたが、2001 年に電気・ガス部門が民営化されたことにより、残った上水道部門と新たに加えられた下水道部門により、水関連施設全般を所管する実施機関として改組されたものであり、これにより水の行政庁が一元化された。

(2) 水需要の現況と将来計画

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隣国マレーシアからの輸入水、②下水再生水「NEWater」(ニューウォーター)、③貯水池、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。

PUB では Our Water, Our Future (2013) の中で、表 1 の通り水需要の現況と将来計画を示している。国全体の水需要が現在の 173 万 m³/日から 50 年後の 2060 年までには 346 万 m³/日にまで倍増すると予測される中、下水再生水や海水淡水化による造水能力を強化して、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。そして、1962 年のマレーシアとの合意が切れる 2061 年までに、自国領内で 100% の水供給を賄う計画となっている。

表 1. WATER DEMAND AND SUPPLY (Our Water, Our Future (2013) より)

	2010 年	2030 年	2060 年
全需要 (一日あたり)	173 万 m ³	—	346 万 m ³
内、家庭用	45%	40%	30%
	内、非家庭用	55%	60%
造水による供給比率	40%	70%	80%
下水再生	30%	50%	55%
	海水淡水化	10%	20%

(3) 富山市との比較

シンガポールと富山市との比較結果を表 2 に示す。

シンガポールの面積は富山市の約 60% 程度で国としては狭小であるが、人口は富山市の約 12 倍であることから、人口密度では約 21 倍 (東京都の約 1.2 倍) となり、過密都市ぶりがうかがえる。気候については熱帯モンスーン気候に属しているため年中高温多湿であり、雨季と乾季に分かれているが、年間降雨量として比較すると富山市とほぼ同程度である。

また、シンガポールにおける原単位水量は 153 L/人/日と富山市の半分以下で非常に少ない。

これは、増大する水需要に対応できる国内の供給源確保の方策に加えて水需要そのものの縮減にも積極的に取り組んでいる成果であり、「Singapore Green Plan : SGP 2012 (2006年改訂版)」では2020年には147 L/人/日、2030年には140 L/人/日にまで減らす目標が定められ、各種の対策が行われている。例えば、家庭用水については2006年に「10 L・チャレンジ」と呼ばれる一日10 Lの使用量の縮減を目指す取組が開始されており、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。

表2. シンガポールと富山市との比較結果 (2011年度)

項目	単位	シンガポール	富山市
面積	km ²	712	1,242
人口	人	5,183,688	420,994
人口密度	人/km ²	7,280	340
年平均気温	℃	27.6	14.2
年間降水量	mm	2,235	2,320
給水栓数	件	1,312,000	175,235
一日平均配水量	m ³ /日	793,100	140,671
原単位水量	L/人/日	153	338

※シンガポールの年平均気温及び年間降水量については気象庁HPを参考とした。

また、シンガポールにおける水道料金表を表3に示す。シンガポールの上・下水道料金は、電気、ガス料金とともにSingapore Power Ltdによって徴収される。その大きな特徴は、水道料金の中に下水処理費と水保全税が組み込まれていることである。さらには、メータ口径ごとの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。富山市の考え方と同様使用量が多くなるほど料金単価と水保全税が高くなるよう設定されており、節水による経済的効果が得られるような仕組みとなっている。なお、上水道料金に比べて下水道料金の単価は低くおさえられている。

表3. シンガポールにおける水道料金表 (PUB ホームページより)

区分	使用水量 (m ³ /月)	上水道料金		水保全税 (%)	下水道料金	
		(S\$/m ³)	(円/m ³)		(S\$/m ³)	(円/m ³)
Domestic (家庭用)	0~40	1.17	93.6	30	0.30	24.0
	Above 40	1.40	112.0	45		
Non-Domestic (非家庭用)	All units	1.17	93.6	30	0.60	48.0
Shipping (船舶用)	All units	1.92	153.6	30	0.60	48.0

※1S\$ (シンガポールドル) = 80円で計算。

(4) 上水道事業の概要について

シンガポールにおける上下水道システムの概要図を図4に示す。現在送配水管の総延長は約6,000km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。

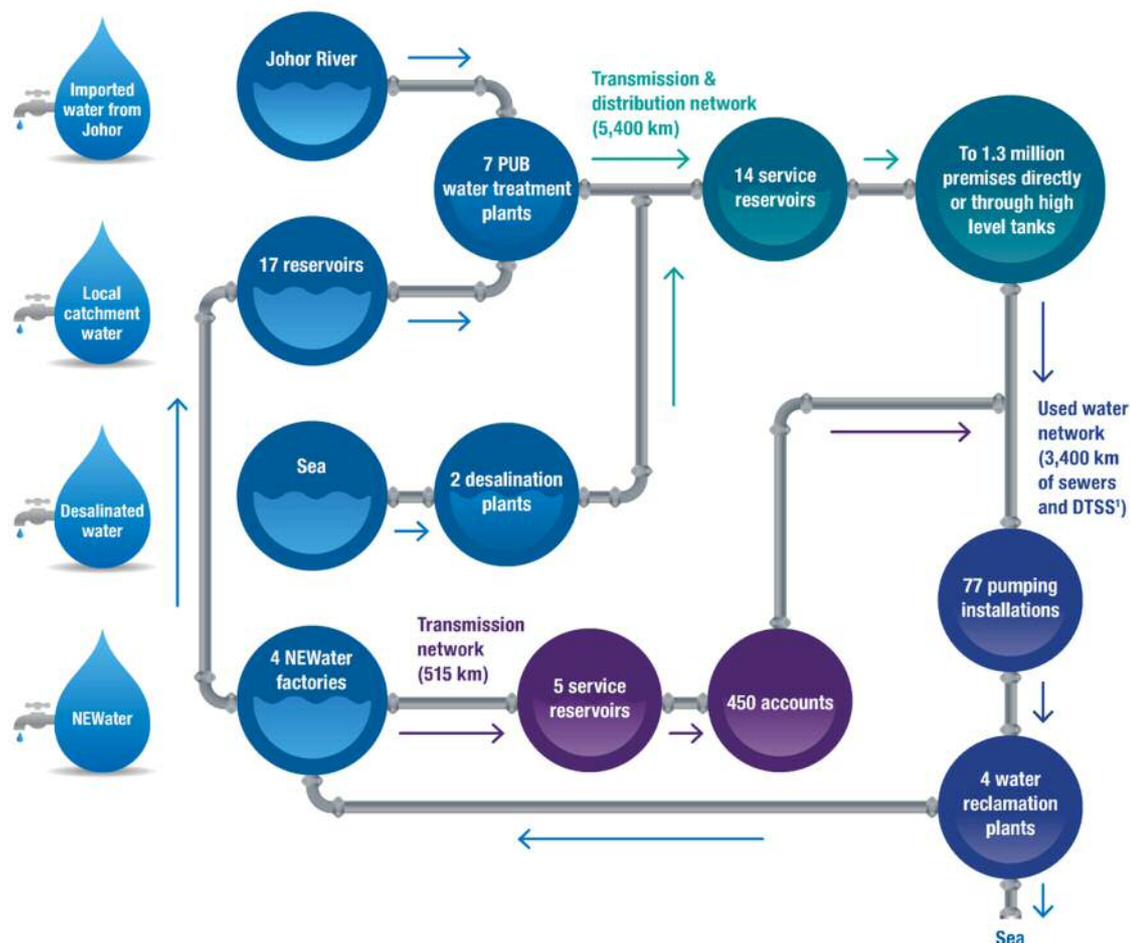


図4. シンガポールにおける上下水道システムの概要図
(Our Water, Our Future (2013) より)

上水道の主な水源としてはマレーシアからの輸入水、貯水池（17箇所）、海水の3種類となる。輸入水と貯水池からの原水は7箇所の浄水場にて処理されるが、処理プラントではまず原水に化学凝固剤（主にアルミ硫酸塩を使用）が投入される。このとき、pH調整のためのアルカリ剤として消石灰が、凝集促進剤として高分子電解質も投入される。これらの処理により形成されたフロックを沈殿させ、急速ろ過タンクでろ過して残った汚れを取り除き、塩素を添加して有害バクテリアを除去する。なお、原水の水質が悪い一部の浄水場では、これらの処理に加えて、臭気などを分解するオゾン処理と分解した物質を吸着除去する活性炭ろ過を組み合わせた処理が行われている。ここで処理された浄水と2箇所の海水淡水化プラントで処理された浄水が合流し、配水池へと送水される。なお、1957年に厚生省の指導で始められた利用者の

歯のカルキ防止施策として、配水池までの区間でフッ化珪素ナトリウムが加えられている。水は一時配水池に貯め置かれ、その後配水システムによって各戸へ配水される。各戸配水のほか、高台に設置された給水塔への貯水も行われ、浄水場のポンプや水道施設に事故があった場合は自然流下で各戸に配水できるシステムとなっている。

また、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「NEWater」（ニューウォーター）は、4箇所の工場が稼働して全需要の約30%（約50万 m^3 ）を賅っている。その大部分は工業用水として直接供給されているが、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。この手法は計画的間接飲用化と呼ばれ、米国の各地で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し、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NEWater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協定のひとつの期限が切れる2011年までにこの割合を2.5%に上げるとした。

以降では、シンガポールにおける水供給の調達源である「4つの蛇口」（Four National Taps）について、①隣国マレーシアからの輸入水、②「NEWater」（ニューウォーター）、③貯水池、④海水淡水化の順で記述するものとする。

①隣国マレーシアからの輸入水

貯水池経由の水で足りない分は、長らく隣国マレーシアのジョホール州から供給してもらってきた。シンガポールとジョホールを結ぶジョホール海峡には6本の送水管があり、橋上に3本（写真9）、橋下に1本、海底に2本が設置され、シンガポールに向けて送水している。



写真9. ジョホール海峡送水管
（PUBホームページより）

2011年までは、異なる時期に結ばれた2つの合意によって、シンガポールの上水道需要の4割が賅われていた（上水道源の内訳は、貯水池雨水2割、マレーシア経由4割、下水処理水3割、海水淡水化1割）。1つは1961年に結ばれた合意で、マレーシア側の河川及び貯水池から86MGD（百万ガロン/日（1ガロン=0.00455 m^3 ）、約39万 m^3 ）の水を取水してもよいというもので、この合意は2011年に期間満了となった。もう1つは1962年に結ばれたもので、Johore川から1日当たり250MGD（約113万 m^3 ）を取水してもよいというもので、この合意は2061年に終了する。

どちらの合意も1,000ガロン（約4.5 m^3 ）当たり3マレーシアセント（0.81円）という単価が決められていたが、マレーシアとしては、特に後で結ばれた合意については単価を高くするのが妥当であるとし、長年にわたって条件変更を求めてきた経緯がある。シンガポール政府が下水再利用や海水淡水化などの水施策に積極的に取り組む背景には、上記のようなマレーシア

との関係・経緯により、水において「マレーシアからの独立」を果たす必要があり、そのために水資源の自給率を高めざるを得ないという事情がある。

② 「NEWater」(ニューウォーター)

PUB は、「NEWater (ニューウォーター)」というブランド名で、下水再生水(通常の下水处理水をさらに高度に再処理)の提供を行っている。

NEWater 施設箇所図を図 5 に示す。2003 年にベドック (Bedok) 及び克蘭ジ (Kranji) でプラントの稼働が開始され、2007 年にウルパンダン (Ulu Pandan)、2010 年にはチャンギ (Changi) にてプラントが順次稼働開始し、現在は 4 箇所のプラントが稼働している。NEWater の需要は、2003 年の 4 MGD (18,200 m³/日) から約 60 MGD (273,000 m³/日) と約 15 倍に成長してきた。2010 年 5 月にはチャンギにて 50 MGD (227,000 m³/日) の能力を持つ最新かつ最大のプラントがオープンし、現在 NEWater は国内水需要の 30%を満たしている。表 1 に示した通り、2030 年には国内水需要の 50%、2060 年までには国内水需要の 55%を NEWater によって賄う計画であり、それまでに NEWater の容量を現在の 3 倍にする予定である。

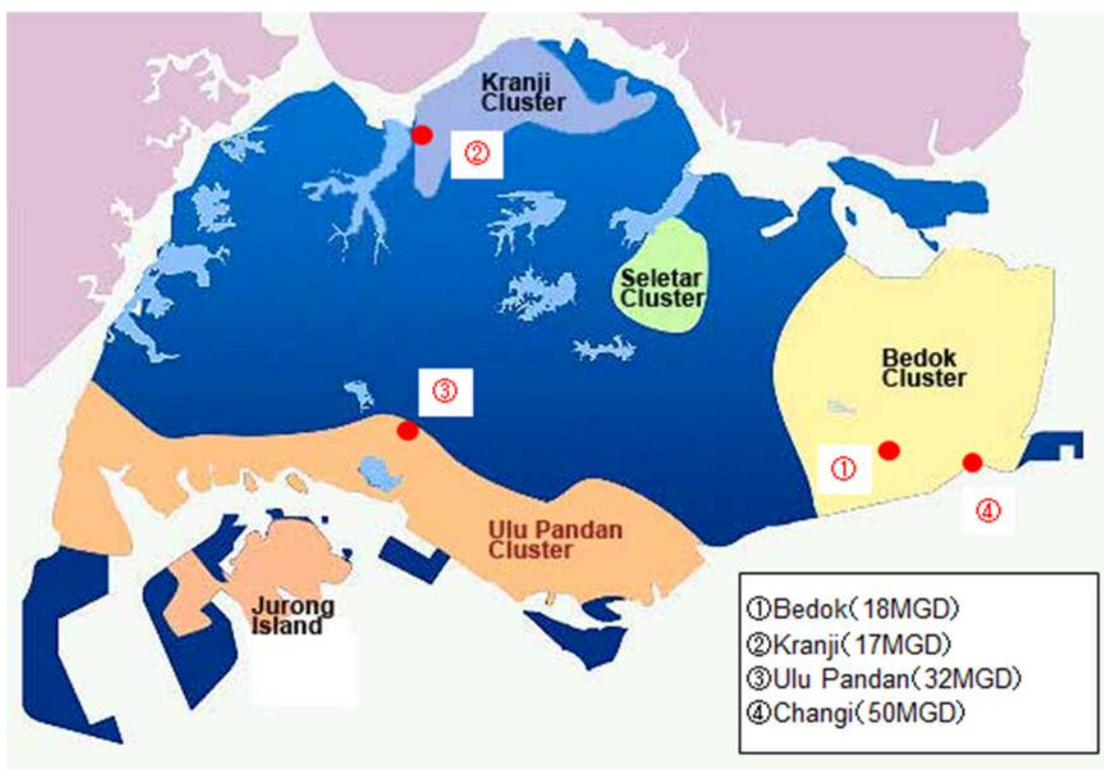


図 5. NEWater 施設箇所図 (PUB ホームページより)

NEWater の処理フローを図 6 に示す。NEWater は、処理された使用済み水を高度な膜技術でさらに浄化処理することで製造される高品質な再生水であり、同技術によって使用済み水から超純且つ安全な飲料水を製造することができる。

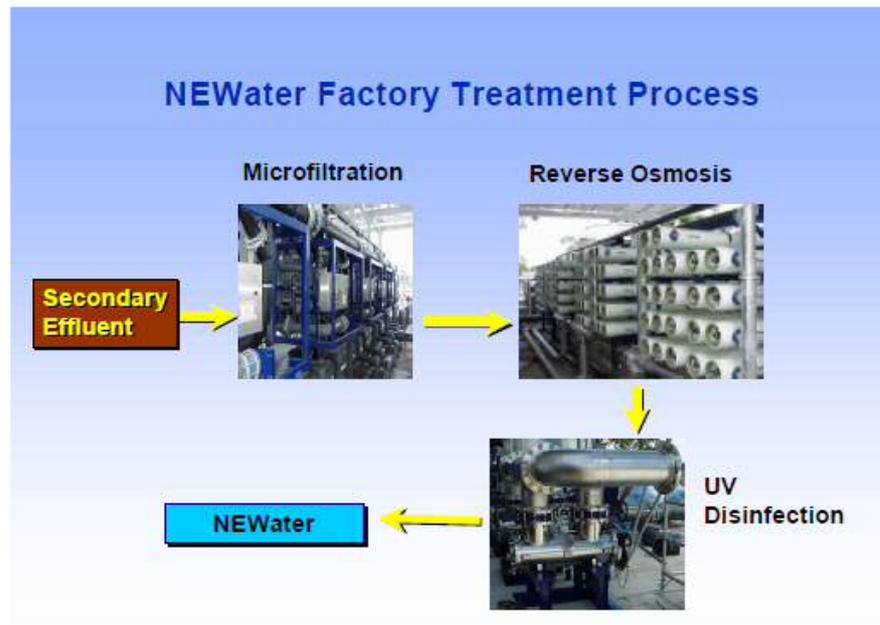


Figure 1.2 – Treatment process flow diagram

図 6. NEWater の処理フロー (SINGAPORE WATER RECLAMATION STUDY より)

NEWater 生成プロセスの第一段階は、精密ろ過法 (MF) である。このプロセスでは、0.2 ミクロン以下の微細な細孔のある中空糸膜が用いられ、処理された使用済み水を膜に通過させ、0.2 ミクロン以上の固形物質、コロイド粒子等を膜表面に付着させることで除去する。

NEWater 生成プロセスの第二段階は、半透膜を使用した逆浸透 (RO) である。半透膜には極小の穴 (0.0001 ミクロン) が開いており、水分子等の非常に小さな分子のみを透過させる。その結果、バクテリア、ウイルス、固形物質、消毒副生成物、殺虫剤等の不要な汚染物質は膜を透過できない。つまり、逆浸透水である NEWater にはウイルスやバクテリアが一切含まれず、塩分や有機物質もごく少量しか含まれない。

この段階で再生水は既に非常に高い水質を実現しているが、第三段階にて、逆浸透の安全性を徹底する処理が施される。紫外線 (UV) 消毒処理により、全有機体を不活性化して水の純度を保証する。さらに、アルカリ化学物質を追加して PH 調整を行った後、幅広い分野に適用可能な NEWater の供給準備が整う。こうして処理された NEWater の水質は、日本の水質基準に照らし合わせてもほとんど問題なく、十分飲用水としても利用できるレベルにある。

また、ベドックにおいては 2003 年 2 月にプラントの稼動開始に合わせて **Newater Visitor Centre** という施設がオープンした。この施設は、**Newater** を飲料水として利用することについて、国民の理解を得ることを目的とした PR 施設である。シンガポール建国当初の水供給不足の歴史や、**Newater** の製造過程を実際の施設を見せながら、分かりやすいように処理イメージをパネル化したものやモニターを用いて丁寧な説明を受けることができる (写真 10～写真 15) とともに、特に児童に対して **Newater** の安全性や節水といった水にまつわる教育が提供されている。**Newater** ボトルは **Visitor Centre**、イベント、学校などで配布され、PR に役立っている (写真 16)。

今回の研修ではこの **Newater Visitor Centre** を視察したが、視察中には実際に小学生の団体が社会見学を訪れているところに遭遇することができた。ガイドの丁寧な説明を真剣に聞く子供たちの様子を見てみると、PR 施設としての役割を十分果たしていることがみてとれた。また、これまでに児童だけではなく様々な人達は何十万人と来場しているとのことで、**Newater** の飲用としての安全性と貴重な水資源としての有効性に対する認識を国内において広く浸透を図っていく中で、地道ではあるが着実に成果として蓄積されているようであり、その成果は今後 **Newater** の貯水池に放水される割合の上昇という形で具現化されていくと思われる。



写真 10. 説明用パネル



写真 11. 精密ろ過施設



写真 12. 説明用モニター



写真 13. 精密ろ過膜模型



写真 14. 逆浸透膜模型



写真 15. 紫外線処理施設模型



写真 16.
Newater ボトル
(PR 用、非売品)

③貯水池

シンガポール国内において、現在までに 17 箇所の貯水池が整備されている。特に、近年整備が完了したマリーナ貯水池 (Marina Reservoir、2008 年)、ポンゴール貯水池 (Punggol Reservoir、2011 年)、セラングーン貯水池 (Serangoon Reservoir、2011 年) の 3 つの貯水池の運用開始により、国土に占める集水可能面積が約 50%から約 67%へと増加した。図 7 に貯水池及び河川箇所図を示す。

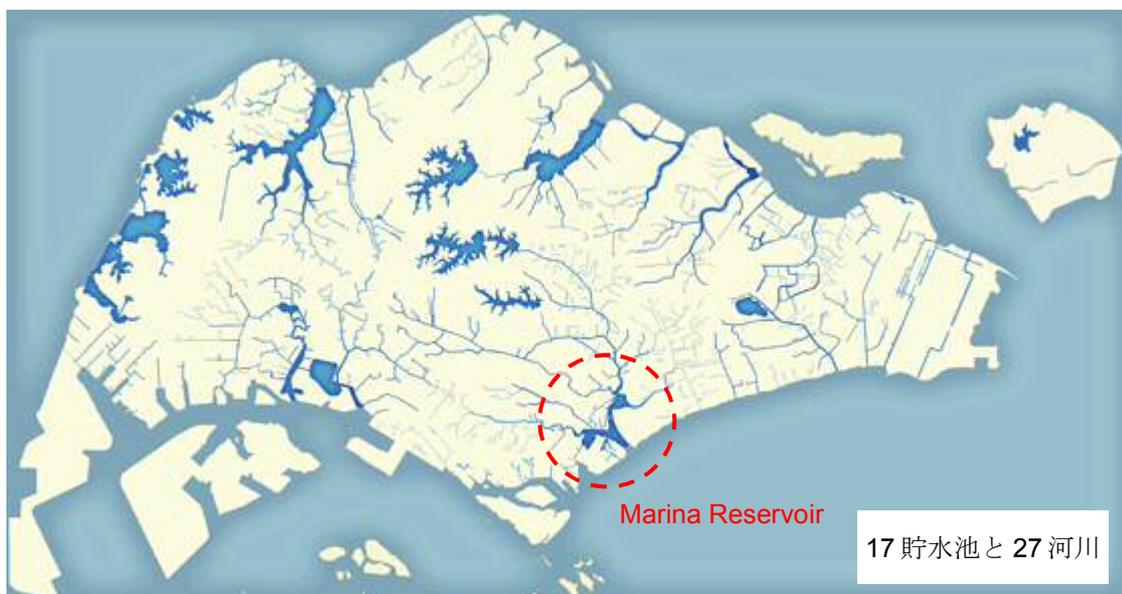


図 7. 貯水池及び河川箇所図 (PUB ホームページより)

中でも、マリーナ貯水池はシンガポールを代表する貯水池である。この施設は、マリーナ・バラージ (Marina Barrage) と呼ばれる全長 350 m の堰 (写真 17) 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。この貯水池単体で、現在のシンガポールの水需要の約 10%に比べられる規模となっている。また、マリーナ・バラージには 3 つの機能があり、1 つ目は先述したシンガポールの水需要の 10%を補完する水供給機能、2 つ目に低地 (チャイナタウン、ポートキー等) の洪水対策の機能、3 つ目に施設見学ツアーやボート、カヌー教室を開催し、水資源の重要性を理解させる教育施設の機能である。



写真 17. Marina Barrage

洪水対策の機能については、通常時に垂直に立っているゲート (写真 18) は、豪雨時には垂直から水平に 90 度可動し、貯水池内の淡水を外洋へ放水するシステムとなっている (写真 19、写真 21)。ただし、満潮時等にゲートを倒せない場合には、併設の巨大排水ポンプにて外洋へ放水することになっている (写真 20、写真 22)。



写真 18. 通常時



写真 21. 放水状況
(PUB ホームページより)



写真 19. 豪雨時



写真 22. 排水ポンプ
(PUB ホームページより)



写真 20. 満潮時

また、ポンプ場には持続可能な水資源を確保するための取り組みを紹介するとともに、省エネや水の節水を訴える **Sustainable Singapore Gallery** が併設されているほか、**Marina Barrage** 自体が下記のような対策による環境配慮型の施設となっている。

- ・屋上庭園の採用：建物の屋上を芝生によって緑化することで自然な断熱を実現している。草や土は表面温度を 3°C 程度低減し、太陽から建物を保護する。また、市民の憩いの場としても有効利用されている。

- ・太陽光発電：405 枚の太陽光パネルにより、年間 76,000 kWh（シンガポールで約 180 世帯の毎月の平均電力消費量に相当）の電力を発生させる。ギャラリーや事務所の照明に必要な電力を補う。

- ・自然採光と換気：**Marina Barrage** のポンプハウスでは外部を仕切る壁にガラスやルーバーを使用している。これにより、内部は自然光に照らされ、空調の必要性を低減する。

これまでシンガポールでは、水供給施設は重要施設として捉えられ近づくことも難しかったそうであるが、現在では水資源の貴重さを理解してもらうための場という位置付けのもと、親水施設として整備を行い節水意識を高めるための施設見学および環境教育に力を入れているとのことである。そのような背景から、**Marina Barrage** は単なる都市基盤のインフラではなく、シンガポールの水政策及び環境政策を国民さらには海外からの来訪者にも情報発信する場として有効に活用されている。



写真 23. Sustainable Singapore Gallery



写真 24. Marina Barrage の模型



写真 25. Marina Barrage の屋上庭園 (PUB ホームページより)



写真 26. 太陽光発電施設 (Solar Park)

さらに、シンガポール政府は、飲料水に適した塩分濃度とするための脱塩処理と NEWater 処理プロセスを統合することにより、「Variable Salinity Plant (VSP)」という新たな水処理技術を開発した。図 8 にその概要図を示すが、この技術により、同一プラントにて低コストで淡水と海水を処理することができるため、海岸線付近からの集水を効率的に行うことで将来的には集水地域の割合を 90%にまで高めることができる可能性がある。本プラントは海水淡水化プラントとしても稼動することができるが、淡水処理への切り替えは造水を停止することなく自動的に行われ、また淡水処理は海水淡水化と比較してはるかに高い効率で実施されるという柔軟性を組み込んでいる。

大きな淡水貯水池をつくるために堰やダム等を建設する従来の方法では非常にコストがかかる。VSP の採用によって、高価な堰やダム等

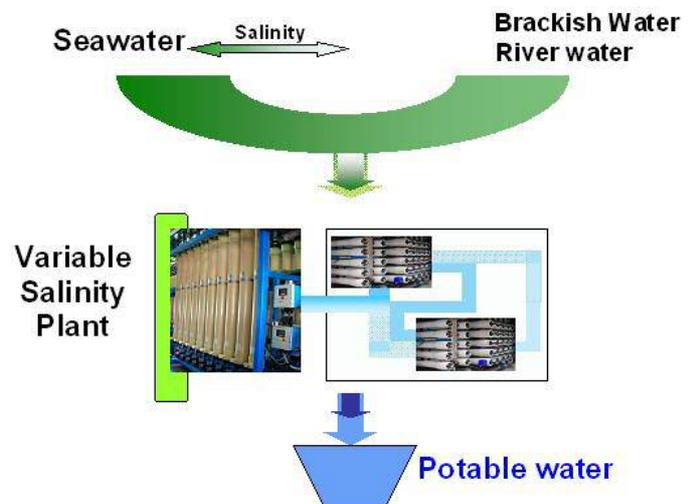


図 8. Variable Salinity Plant 概要図 (PUB ホームページより)

を建設するかわりに、低塩分河川水から高塩分海水に徐々に変化する河口水域を処理することができる。河川水が高塩分を有している場合には、プラントは処理を海水淡水化モードに自動で切り替えて稼動する。なお、VSPにおける設備投資と造水の資本コストは、通常の浄水プラントよりは高いものの、海水淡水化プラントと比べると著しく低くなる。

④海水淡水化

科学技術の発展による処理コストの低下を背景として、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 (Tuas) において、シンガポールでは初めてとなる海水淡水化プラントが 2005 年に操業を開始した。海水の淡水化においては、PUB 自身が工場を所有するのではなく、民間企業が自己資本で処理場を建設・運営し、造水した水を PUB に売る BOO (Build-Own-Operate) 方式と呼ばれる PFI の手法がとられている。概要は以下の通り。

受注者：ハイフラックス (Hyflux) 社の子会社シングスプリング (SingSpring) 社
 操業開始：2005 年 契約期間：20 年間の BOO (Build-Own-Operate) 契約
 能力：30MGD/day (136,380m³/day)
 購入価格：0.78 シンガポールドル/ m³ (約 62 円)

図 9 に海水淡水化の処理フローを示す。

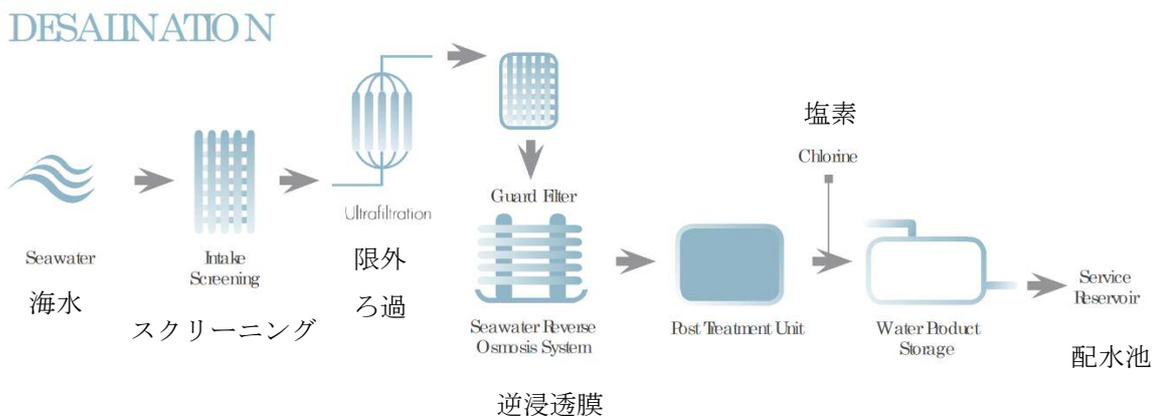


図 9. 海水淡水化の処理フロー (Hyflux Brochure より)

海水淡水化において BOO 方式を採用した背景には以下のような理由があると考えられる。

- ・性能発注方式の採用により、相対的に低コストの水を調達することができる。
- ・施設整備に要する費用は民間企業が担うため、プラント建設のコストや建設後の維持管理、資産管理、造水コスト等を考慮すると、PUB としては購入価格からみた費用対効果が高い。
- ・浄水処理分野で経験を積んだ国内企業が将来的に国際展開を図ることも期待でき、結果として国益となる。

また、2013 年より 2 箇所目となるプラントが稼動する。概要は以下の通り。

場所：トゥアス地区（Tuas）

受注者：ハイフラックス（Hyflux）社の子会社シングスプリング（SingSpring）社

操業開始：2013年

契約期間：25年間（2013～2038）のBOO（Build-Own-Operate）契約

能力：70MGD/day（318,500 m³/day） 初年度購入価格：0.45 ドル/m³

2013年より既契約+新規契約の能力で運用され、将来的には表1に示した通り、2030年には国内水需要の20%、2060年までには国内水需要の25%を海水淡水化によって賄う計画である。



写真 27. 海水淡水化プラント
(PUB ホームページより)

写真 28. 処理装置
(PUB ホームページより)

Ⅲ－３－２．モルディブ共和国

(1) 所管組織

モルディブ共和国における上下水道運営は、上下水道運営事業会社「Male'Water and Sewerage Company Pvt.Ltd (以下 MWSC)」によって実施されている。

モルディブ共和国は海拔が 2m 程度であり、川や湖などの表流水がなく、昔は雨水と地下水が唯一の水源地であった。1980 年代から首都マレでは急激な人口増加の時代を向かえ、マレ島は幅約 1.5km、長さ約 2.5km と小さな島のため住居が過密し、十分な雨水を収集するための屋根と貯留するタンクの設置場所が確保出来ず、飲料水、生活用水をもう 1 つの水源地である地下水に依存せざるを得なかった。その結果、地下水の汚染、地下水の過剰揚水による塩水化の問題が顕著となり、住民の健康に直接影響を与える飲料水、生活用水の汚染は深刻な問題となった。住民は安全な水を求め、公共水栓で長い列を作らなければならず、貴重な時間をこの作業に割くことになり、多くの生産活動に影響を与えた。この問題を解決するため、1995 年に同国首都のマレに政府 100%出資の上下水道運営会社として MWSC が設立された。なお、2010 年 3 月には MWSC が所有する株式の 20%を(株)日立プラントテクノロジー（現在は(株)日立製作所と合併）が取得し、同社の経営に参画している。

(2) 事業内容

表 4 に MWSC 事業内容を示す。現在マレ島をはじめとした 8 つの島（図 2 参照）で上下水道運営事業を行い、全体の給水能力は 21,780 m³/日、給水人口は約 116,000 人となっている。これは、モルディブ総人口の約 40%をカバーしていることになる。

表 4. MWSC 事業内容 (2011 年度)

島名	浄水場の数	膜ろ過ユニット数	給水人口(人)	給水能力(m ³ /日)
Male' マレ	1	8	92,555	17,000
Villingili ヴィリングリ	1	3	6,956	1,200
Hulhumale' フルマレ	1	2	2,866	2,500
Maafushi マーフシ	1	1	2,000	500
Gulhifalhu グリファル (industrial island)	1	1	—	30
Thilafushi ティラフシ (industrial island)	1	1	—	250
Kulhuduffushi クルドゥフシ	1	1	6,998	250
Dhuvaafaru ドゥヴァーフアル	1	1	4,600	50
TOTAL	8	18	115,975	21,780

(3) 富山市との比較

モルディブ共和国と富山市との比較結果を表 5 に示す。

約 1,200 の島の面積をすべて合計しても富山市の約 25%程度であるが、人口密度は約 3 倍である。また、首都マレに限定してみると、約 4 km²の島に約 100,000 人が住んでおり、人口密度は 25,000 人/km²で、過密都市であるとしたシンガポールの約 3.4 倍もある超過密状態である。

写真 29 に首都マレの航空写真を示すが、建物が所狭しと並んでいることが空から見ると明らかで、車も走っているものの道が狭く小回りが利かない不便さから、住民の主な移動手段はバイクとなっている。気候については高温多湿の熱帯気候で、年間を通して平均気温が約 29℃であり、シンガポールと同様雨季と乾季に分かれているが、年間降雨量として比較すると富山市と比べて 300mm 程少ない。



写真 29. 首都マレの航空写真

表 5. モルディブ共和国と富山市との比較結果（2011 年度）

項目	単位	モルディブ共和国		富山市
面積	km ²	298	マレ 約 4	1,242
人口	人	約 300,000	約 100,000	420,994
人口密度	人/km ²	約 1,000	約 25,000	340
年平均気温	℃	28.7		14.2
年間降水量	mm	2,018		2,320
給水栓数	件	33,000		175,235
一日平均配水量	m ³ /日	13,000		140,671
原単位水量	L/人/日	112		338

※モルディブ共和国の年平均気温及び年間降水量については気象庁 HP を参考とした。また、年間を通してデータのあった 2010 年度の値を採用した。

また、モルディブ共和国における原単位水量は 112 L/人/日で、富山市の約 3 分の 1 であるとともにシンガポールよりも低く、非常に少ない値となっている。この要因としては、お風呂に入る習慣があまりないこと、単身での生活者が少ないこと、使用目的によっては各家庭で雨水や海水を利用していること等が考えられる。なお、参考までにモルディブ共和国における水道料金表（家庭用）を表 6 に示すが、富山市の考え方と同様使用量が多くなるほど料金単価が高くなる設定となっている。

表 6. モルディブ共和国における水道料金表（家庭用）

区分	上水道料金	
	(MVR/m ³)	(円/m ³)
0 – 100 Liters per day	22.00	145.20
101 – 500 Liters per day	70.00	462.00
501 Liters and above per day (>500)	95.00	627.00
Fixed monthly charge（基本料金）	30.00	198.00

※1 MVR（モルディブ・ルフィア）＝6.6 円で計算。

※検針は 1 ヶ月に 1 回。

(4) 上水道システムの概要について

モルディブ共和国における上下水道システムの概要図を図 10 に示す。なお、ここでは最も規模の大きい首都マレを対象とする。モルディブの電力は全てディーゼル発電機により供給されているが、MWSC は自前の発電機設備を保有し、24 時間断水することなく安定した水供給を行っている。配水管ネットワークの総延長は約 65km 程で、水道普及率は 100%に達しており、シンガポールと同様世界保健機関（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。

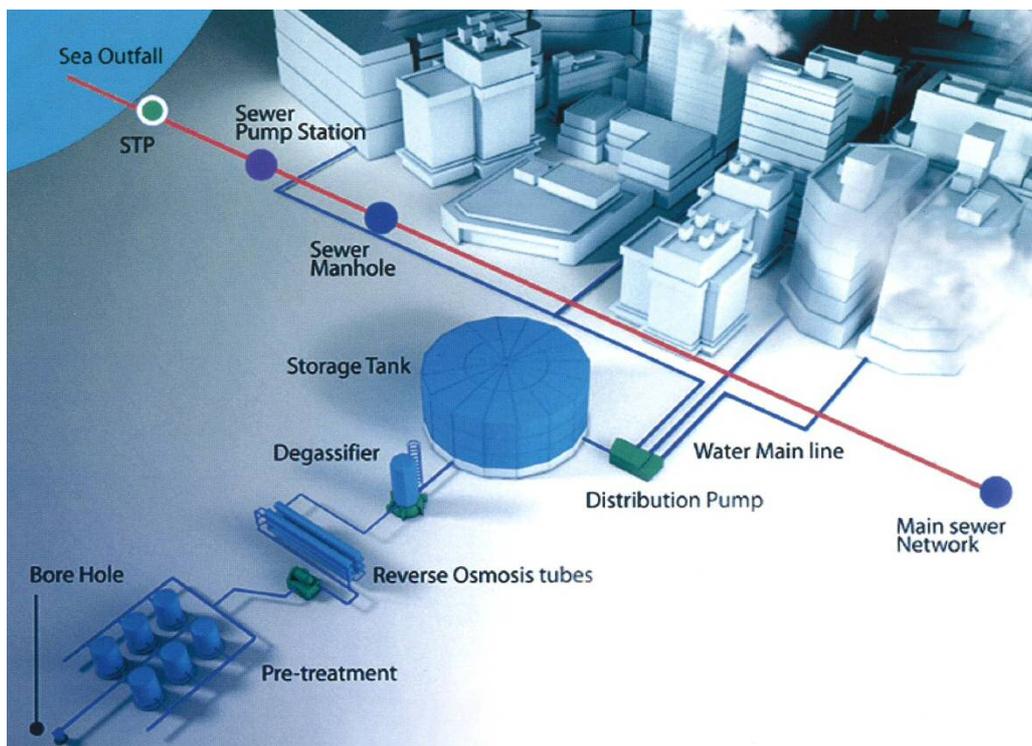


図 10. モルディブ共和国における上下水道システムの概要図

①Borehole（井戸）

井戸の概要図を図 11 に示す。上水道の主な水源はほぼ 100%海水である。原水（海水）は島内 13ヶ所に設置された井戸ポンプ（井戸の深さは 30m～40m程）により汲み上げられ（写真 30）、MWSC 本社内にある海水淡水化プラントに送水される。

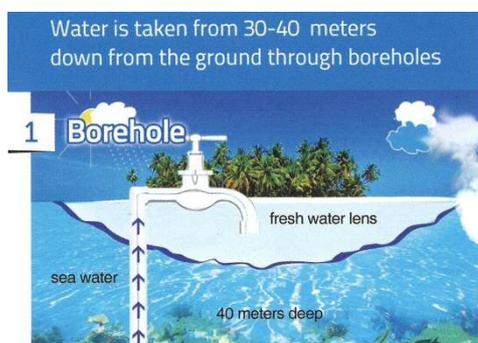


図 11. 井戸の概要図



写真 30. MWSC 本社内の取水井

②Pre-Treatment (前処理)

前処理の概要を図 12 に示す。この過程ではろ過により原水中の不純物を除去する。シンガポールでは前処理にスクリーニングと限外ろ過という高度処理を採用しているが、マレでは海水が非常にきれいであることから砂ろ過等で十分であり、ポンプへの負担も少ないとのことであった。

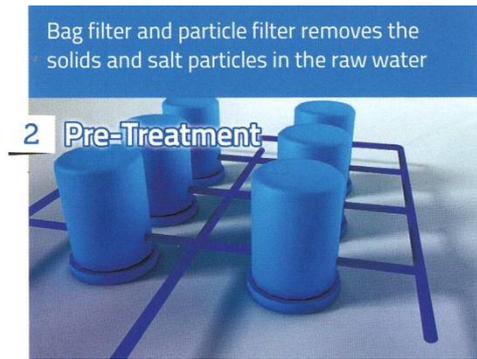


図 12. 前処理の概要

③Reverse Osmosis (RO 処理)

RO 処理の概要を図 13 に示す。前処理された原水は RO (Reverse Osmosis) 装置によりろ過される。RO 装置はエネルギー回収装置を備え、高圧ポンプの圧力を再利用することにより電気代を低減する。マレでは現在 8 基の膜ろ過ユニットが配備され、給水能力は 17,000 m³/日となっている。

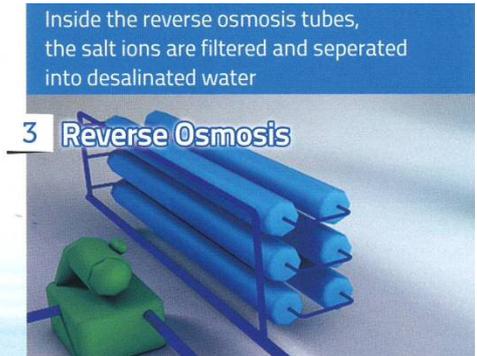


図 13. RO 処理の概要

また、マレにおける海水淡水化の概要を表 7 に示す。燃料費が生産コスト全体の 70%を占めているとのこと、これは化石燃料を用いた発電を行っていることからその輸入にかかる費用が大きいためとのことであった。また、水回収率は約 33%ということで、今後の水需要増に対応するため更なる技術革新が求められるところである。

表 7. マレにおける海水淡水化の概要

年間の燃料費	生産コスト全体の 70%
高圧ポンプの圧力	50~65bar (5.0~6.5MPa)
海水からの水回収率	33%
造水コスト	65 MVR/m ³ (430 円/m ³)
排出された濃縮水の処理方法	直接海へ放出

※1 MVR (モルディブ・ルフィア) =6.6 円で計算。

④Degasifier (脱気処理)

脱気処理の概要を図 14 に示す。ろ過された処理水は脱気塔 (写真 31) により異臭味を除去し、浄水槽に貯留される。



図 14. 脱気処理の概要



写真 31. 脱気塔

⑤ Chemical Dosing/UV Disinfection

(塩素投与/紫外線処理)

消毒処理の概要を図 15 に示す。脱塩水は、処理水中に存在するあらゆる不純物を除去するために塩素で消毒されており、残留塩素濃度は 0.02~0.08mg/L となっている。また、現在マレ以外の 2 箇所の島の浄水場にて紫外線処理装置が導入されており、将来的にはすべての浄水場に紫外線処理装置を導入する計画であるとのことで、これにより塩素投与をやめたいとの意向があるそうであるが、現時点では紫外線処理を導入している場合でも塩素による処理は行っているとのことである。



図 15. 消毒処理の概要

⑥ Distribution Pumps (配水ポンプ)

配水方法の概要を図 16 に示す。浄水槽からは送水ポンプにより島内にある貯水槽に送られ、配水ポンプにより島内に配水される。配水ネットワークの配管には HDPE (高密度ポリエチレン管) が採用されており、漏水率が 5%程度と非常に低い値となっている。なお、配水管の最大口径はφ300、水圧の最高値は 1.0MPa とのことだった。

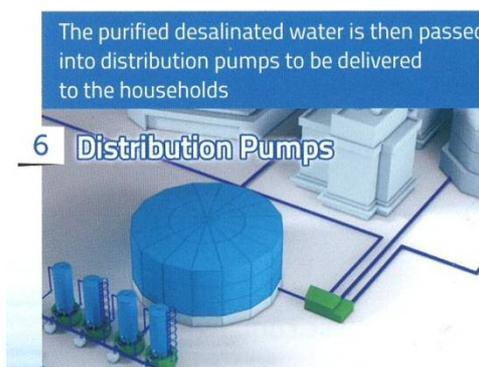


図 16. 配水方法の概要

⑦その他

水質管理は本社ビル内に水質分析室を設置し、毎日水質分析を行い、供給されている水が水質基準を満足していることを確認している。

また、MWSC 本社の横にあるお客様センターの屋根には 35 キロワットの容量を持つ 180 枚の太陽光発電のソーラーパネルが設置され (写真 32)、これによる年間の二酸化炭素排出量削減効果は 35.7 トン程度になるとのことである。



写真 32. ソーラーパネル設置状況

(5) 料金徴収等

①料金の徴収方法（自動検針）

毎月 MWSC スタッフが各家庭を訪問して水道メーターの検針を行い、請求書を発行（下水道料金は水道料金の請求に含まれる）している。なお、水道メーターの検針については自動検針・集中監視システムという技術があり、水道メーターに接続されている無線送信機により水使用量やメーターの状態を遠方監視することが可能である。マレにおけるメーター交換プログラムの一環として、このシステムの導入が Hulhumale'（フルマレ）において 2011 年よりスタートし、2015 年までには完了するとのことである。

②顧客情報の管理

富山市では顧客情報をオンラインシステムにより一元管理し、上下水道局内で情報を共有しているが、MWSC においても同様のシステムが導入されているとのことであった。



③支払い窓口

住民は MWSC の窓口、銀行振込みなどにより料金の支払いを行う。なお、水道料金支払カウンターでは自動窓口発券システムを採用しており（写真 33）、窓口業務の効率化を図っていた。

写真 33. 水道料金支払カウンターの様子
（左下にみえるのが発券機）

④中高層階への給水

人口増を限られた土地で受入れるため、マレでは現在建物の高層化が進んでいるが、配水管の水圧の最高値が 1.0MPa であるためある程度の範囲と高さは直圧でカバーでき、MWSC の水供給がこの高層化の実現に大いに貢献している。また、水圧不足が発生する場合には基本的にはブースターポンプの設置にて対応しており、お客様の申請をもって採用するとのことである。富山市では原則 5 階建までを直結直圧方式とし、直結加圧方式の採用は 6 階建以上 10 階建程度までとしているが、こういった区分はマレにおいては特にはない。

⑤マッピングシステムの導入

富山市では水道施設の位置や情報を地図データに落とし込み管理するマッピングシステムを採用しているが、MWSC でも同様の管路図面管理システムを導入している。まだ導入したばかりではあるが、問題の把握と原因の究明が配管情報を用いたシミュレーションにより可能となったとのこと、配管管理業務の効率化に大きく寄与している。また、数箇所に水圧計を設置し、水圧測定ポイントからの実測値が自動で送信されてシステム上で把握できる仕組みも導入しているとのことであった。

(6) 今後の上水道事業について

モルディブ共和国が今後も持続可能な成長を続けるためには、安全な飲料水を安定して供給することが重要となる。

マレ島では今後増大する水需要に対し、上水道施設に加えて発電施設や下水道処理施設の増設が不可欠となってくるが、マレ島では施設の建設に必要な土地が十分確保できないことから、現状のシステムの効率化と当地にあった最適な将来計画の策定が必要となっている。

MWSC ではこの課題に対応していくため、「NWSC WATER SECURITY PROGRAM」を策定した。これは、Gulhifalhu (グリファル) に水生産施設、配水池、発電施設、下水道処理施設等の機能を集約した大規模な総合プラントを建設し、そこを拠点として Thilafushi (ティラフシ)、Gulhifalhu (グリファル)、Villingili (ヴィリンギリ)、Male' (マレ) 及び Hulhumale' (フルマレ) を結んだ海底上下水道パイプラインを通じて、今後 50 年間、全人口の 60% 以上の水需要をカバーする計画であり、2013 年から 2015 年の間で事業を実施していくとしている。

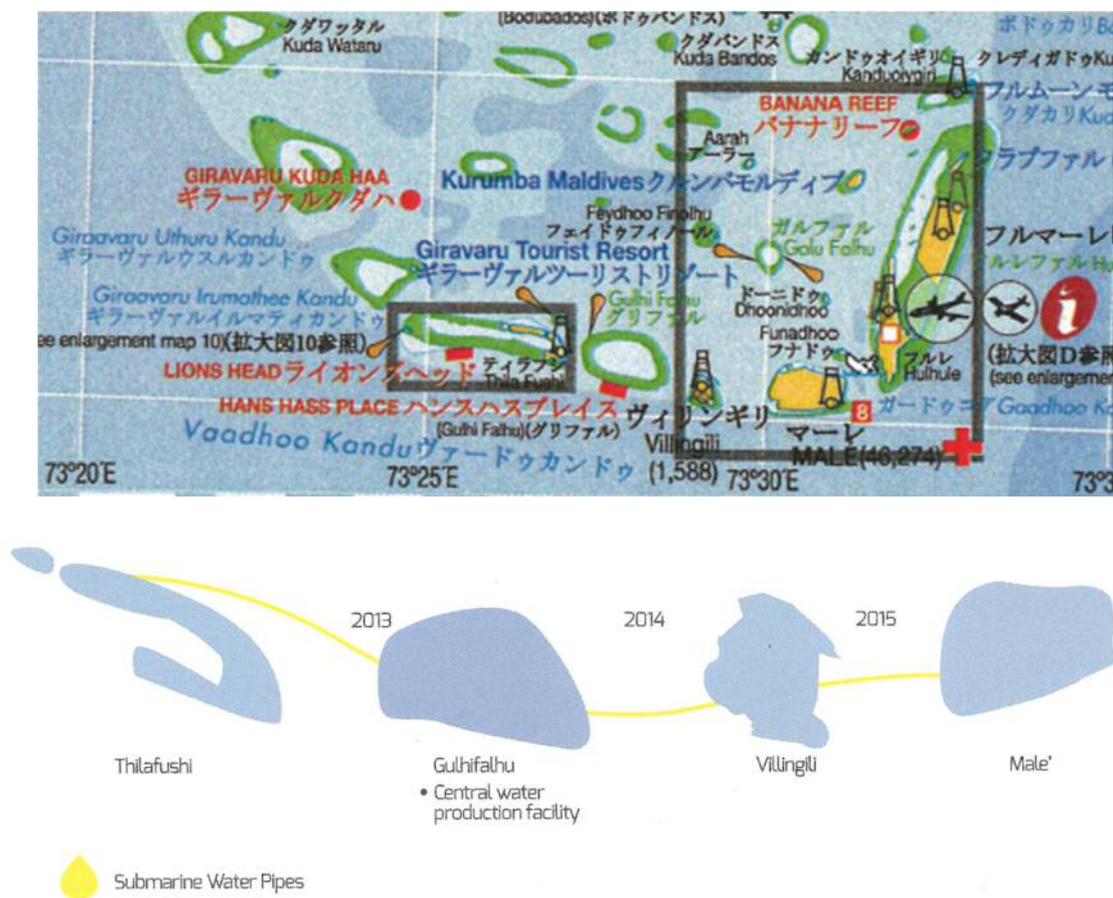


図 17. 「NWSC WATER SECURITY PROGRAM」の概要

IV 総括

IV-1. 総括

今回の研修ではシンガポールとモルディブ共和国の2カ国における上水道関連施設を視察することができたが、そこで得られた知見や感じた点等について以下に述べる。

(1) シンガポール

まず、シンガポールでの上水道関連施設の視察で最も印象に残っているのがビジターセンターの充実度である。「シンガポールでは新しい公共施設ができると本来の役割とは別に施設を説明するガイド等の新しい雇用の創出と観光施設としてリストに加えられる」ということであるが、一般的には教育施設として整備されがちな施設を、児童から大人、さらには海外からの来訪者等できるだけ多くの人に訪れてもらえるような観光スポット的な施設として整備している。その結果、大多数の人の目にふれることで公共施設の必要性や仕組みへの理解を得ることができるとともに、中長期的にはその上位にある政策への賛同にもつながっていくといった循環を生んでいる。国内外へのアピール方法としての有効な施設整備事例として学ぶことができた。

次に、下水処理水を「NEWater」として水道原水とする浄化システムを実用化し、上水道と下水道の循環を実現することで、水資源の効率的運用のサイクルを確立しつつある点も重要である。水資源の乏しい国ならではのシステムとして捉えられがちではあるが、我が国においても、コスト面での課題は残るものの、限られた水資源を有効活用するためや災害時を想定した水確保の手段として参考にできる点があるのではと感じた。

また、増大する水需要と乏しい水資源を背景に、政府の強力なリーダーシップのもと大規模な水資源開発政策と節水対策を同時進行させている。政策の推進には巨額の財政支出と節水という国民負担を強いることになるため、十分な理解を得るために説明責任を果たすことが必要となるが、PUBでは長期的な視点に立って具体的な数値目標を設定して公表し、それを達成するための現実性あるロードマップを交えて将来の見通しを分かりやすく説明している。また、政策実施の成果の紹介としてビジターセンターやホームページを活用する等、上水道関連のすべての取り組みが目指すべき方向に向かうために連動していて、着実に成果が出ていることが実感できた。

さらに、シンガポールでは市場化テストを行うなどして、民間の方がよりよいサービスをより安いコストで提供できる場合にはサービスを民間に任せる方向に転換している。この方針のもと、海水淡水化については2005年からPFI事業（BOO方式）を導入するに至っている。導入に至った背景については先述した通りであるが、日本においては東京都水道局においてBOO方式の採用事例がある。ただし、事業の対象は発電設備や次亜製造、発生土利用等浄水場における付帯的な設備が対象であり、浄水場本体や水道事業基幹施設を対象とした事例は報告されていない。シンガポールではよりよい制度であれば規模を問わず積極的に採用していく姿勢がみてとれ、海水淡水化のPFI案件としては1つのモデルとなる等先進的なノウハウの蓄積に成功しており、今後の世界展開に向けて大きなアドバンテージとなっている。よって、日本においても世界に目を向けていくのであれば見習うべき部分もあるのではないかと感じた。

(2) モルディブ共和国

モルディブ共和国における経営形態は、いわゆる民営化でもなければ公営にて運営されている本市とも異なり、国と民間企業からの出資によって設立された官民共同会社によって運営されている。出資比率は国が80%、民間企業（㈱日立プラントテクノロジー（現在は㈱日立製作所と合併））が20%であり、国主体による水道事業運営となっているが、民間的経営手法も取り入れることが可能となっている。この経営形態には、人口減少に伴う料金収入の低迷や老朽化施設の更新、水道施設の耐震化、今後の技術系職員の大量退職を踏まえた技術力の確保等様々な課題に直面している我が国の水道において、その対策案として参考となる点があるように思う。ただし、公費削減に重きをおいて、民間主導の事業運営や水道事業のすべてを民営化した場合、独占利益のため水道料金の過剰な値上げが生じたり、設備の改良・更新や維持管理費用を抑えるため事業の品質が落ち水質の悪化をもたらすおそれがあること、災害時の事業運営にリスクを伴う等の事例が生じることも想定される。その反面、モルディブ共和国のように自治体が主導権を持つ官民共同会社の設立により水道事業運営を行うことで、公営で運営する場合に求められる部分は遵守しつつ、政策立案や経営手法等に対して民間のノウハウを活用することができ、また資機材の販売や工事入札の簡素化が図れる等、前述したような懸念もなくより効率的な事業運営を実施できる可能性がある。

また、NWSCで導入しているシステムの中で参考になると感じたのは自動検針・集中監視システムである。自動検針・集中監視システムについては、NWSCでは管轄範囲が複数の島にわたり各々への検針が必要で、検針数も他国と比べてそれほど多くないことから、地理的状況等を踏まえると非常に効率的な手段といえる。日本や本市で採用を検討する上ではコスト面での課題が存在するが、区域を限定して導入する、あるいは自動検針・集中監視システムの導入を前提として検針業務のすべてを民間委託する等すれば、検針業務の効率化や検針業務の委託費の削減を図ることができ、費用対効果の点からもメリットが生じてくると思われる。

IV-2. 提言及び要望

原単位水量（一人一日あたりの使用水量）については、日本や本市と比較するとシンガポールは約2分の1、モルディブ共和国は約3分の1程度である。水は文化のバロメーターともいわれており（いわゆる文化的な生活になればなるほど多くの水が必要）、この値が大きいほど上水道のレベルが高く、またそれを維持していくためには使ってもらわなければならない水準（料金収入の確保）であるといえる。そういった意味では日本や本市は非常にぜいたくな水の使い方ができる国であることを、今回の研修を通じて改めて実感させられた。ただし、このような状況が永遠に続くとは限らない。今ある水資源が存在するうちに、新たな水資源確保に向けた取り組みを進めていくことも必要ではないかと感じた。

また、今後は国際化への取り組みとして海外展開を図っていくことも重要となると思われる。行政間の協力関係を強化する等して、海外の都市との間で協力体制を構築することにより、本市が持つ技術及びノウハウの提供や人材交流による双方の人材育成を図ることができる。このことにより、将来的なビジネスへの発展や職員のレベルアップを見込むことが可能で、本市の上下水道局の発展に繋がっていくものと考えられる。

IV-3. その他

マレでは現在人口の増加に対応するため建物の高層化が進んでいるが、そこには特に規制もなく、あちらこちらで無秩序に高層化を進める建物の建築工事の様子がみてとれた（写真 34）。その工事は構造上の検証もなくただ上に積み上げているような感じであり、みていて建物が倒壊したりしないのかと不安を覚えた。現地の方は、このまま建物の増築が無秩序に進めば、そのうちその重さで島が沈没するのではないかと心配されていたのが印象的であった。



写真 34. 高層化を進める建築工事の様子

また、スマートフォンの普及がすさまじく、国の雰囲気は途上国の様相ながらもスマートフォンを操作している人々があちらこちらにいる様子は非常に異様な光景でもあり、今は国の発展のスピードに関係なく情報化は進んでいく時代なのだと感じさせられた。

IV-4. おわりに

今回の海外研修を通じて得られた知見を本市の上水道事業の参考とするという目的の達成度については、得られた知見や感じた点等が今後の新たなビジョン策定の際の参考資料とするには少し視点が異なっていたり、もっと具体的に検討しなければいけない部分がある等の理由で十分な達成度を得るまでには至らなかったかもしれない。しかし、「水道行政に関する多面的な視野を養うとともに、主体性ある思考力及び行動力を身につけ、今後の新たなビジョン策定に少しでも貢献できるよう自身の能力向上を図る」という個人的目標については、手探りで始まった研修先の選定から研修課題の設定、研修先との交渉や調整、現地視察、報告書の取りまとめといった過程をすべて自分でマネジメントしつつ実行できたことで、確実に自身の能力向上を図ることができたと感じている。

研修の過程では能力不足からうまくいかないことばかりで苦労の連続であり、自分はこの研修に参加できるレベルにない、なんで参加してしまったんだろうと自問自答することもあった。また、渡航前には急性胃腸炎による体調不良に襲われ、直前にはなんとか持ち直したものの精神的にも体調的にも不安な中でのスタートになり、現地でも海外が2回目でなれてないこともあって緊張の連続で、帰国後は緊張の糸がきれたのかまた体調を崩してしまう等、研修全体を通して考えるとこの年になって初めて経験することばかりであった。しかし、今思えばこの研修に参加して得ることができたものが非常に多いことも事実である。そして、このような状況にあっても逃げずにやり遂げたことが今後の大きな糧になるものと信じた。

最後に、今回の研修の機会を与えてくださいました皆様、この半年間の研修期間において様々なご配慮をして頂いた給排水サービス課の皆様、並びに訪問に際してご協力くださいました皆様に深くお礼を申し上げます。

V 参考文献

- Our Water,Our Future (2013) / PUB
- PUB Annual Report (2011-2012) / PUB
- SINGAPORE WATER RECLAMATION STUDY Expert Panel Review and Findings (JUNE 2002) / PUB
- PUB Singapore's Experience in Public-Private Partnership (PPP) Projects/ PUB
- Hyflux Brochure/ Hyflux
- 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))
- シンガポールの都市政策 vol.3 弱みを強みに変える水施策
(名古屋都市センター アジアまちづくり研究会)
- e-NEXI (2010年5月号) 独立行政法人日本貿易保険 (NEXI)
モルディブ共和国における水事業への参画
(株式会社日立プラントテクノロジー 環境エンジニアリング事業部 小川昭彦)

Website

- シンガポール公益事業庁 (PUB) <http://www.pub.gov.sg/>
- (財)自治体国際化協会シンガポール事務所 <http://www.clair.org.sg/j/index.html>
- マレーシアから「水」で独立する必要があるシンガポールの水 PPP 事例
インフラ投資ジャーナル/今泉大輔 <http://blogs.itmedia.co.jp/serial/2011/01/ppp-d57c.html>
- マレ上下水道会社 (MWSC) <http://www.mwsc.com.mv/>