

「資料」

令和4年度 日本水道協会国際研修
「国別水道事業研修(台湾)」報告谷 佳典
小樽市水道局 水質管理課小原 富太
岩手中部水道企業団 工務課北條 祐真
埼玉県企業局 埼玉県行田浄水場牧野 真補
愛知県企業庁 水道部水道計画課田中 勇毅
京都市上下水道局
水道部新山科浄水場小林 隆之
岡山市水道局
配水部東管路整備課柳 楽拓也
出雲市上下水道局 水道施設課比嘉 隆太
沖縄県企業局
北谷浄水管理事務所

要旨：令和5年2月20日(月)～25日(土)の6日間、日本水道協会が主催する「国別水道事業研修(台湾)」が実施された。本研修は水道事業者の中堅職員を対象とした国際研修であり、令和4年度は台湾水道協会の協力のもと台湾の台北市において実施され8名が参加した。

研修では台湾の水道についての講義聴講のほか、現地の浄水場見学を行ったことから、それらの内容について報告する。

キーワード：国際交流、研修

分類項目：その他(140210)

1. 研修の概要

本研修は、日本水道協会が主催する水道事業者の中堅職員を対象とした国際研修であり、日本水道協会と関係の深い海外の水道協会に受入を要請し、当該国の水道事情を学ぶ研修である。

令和2年度と令和3年度は新型コロナウイルス感染症の世界的な感染拡大の影響により開催が見送られていたが、令和4年度は台湾水道協会の協力を得て開催が実現した。

(1) 研修目的

① 国際的視野を持つ人材の育成

海外の水道情報に触れることにより、国際的な視野を持つ人材を育成する。

② 英語能力の向上

英語による講義聴講、質疑応答等により、英語のコミュニケーション能力を向上させる。

③ 専門性の向上

英語の水道の専門用語等に触れること、海外の水道と自らの業務との比較、報告書作成過程における情報収集により、専門性を高める。

(2) 研修行程

- ① 研修期間 令和5年2月20日(月)～25日(土)
- ② 渡航先 台湾・台北市
- ③ 使用言語 英語(講義・視察には通訳帯同)
- ④ 日程

月日	時間	内容	事業体	講師
2月20日 (月)	14:15	羽田空港発		
	17:15	台北松山空港着 (時差 1 時間)		
2月21日 (火)	9:00~9:15	開会挨拶	台湾水道協会	Yang-Long Wu 氏
	9:15~9:45	日本の水道	日本水道協会	渡部 英 氏
		研修生自己紹介		各研修生
	9:45~10:15	台湾の水道	台湾水道協会	Yang-Long Wu 氏
	10:30~12:00	台湾の水道の概況	台湾水道公社	Lin Jia-Huang 氏
	13:00~14:30	水道事業のガバナンス	台湾水道公社	Jin Tieh-Shang 氏
2月22日 (水)	9:00~10:30	水源について	台湾水道公社	Ou Shang-Hsin 氏
	10:45~12:15	料金設定	台北市水道局	Lin Chia-Wen 氏
	13:15~14:45	カスタマーコミュニケーション	台北市水道局	Hsu Chia-Hsuan 氏 Hui-Ya Lin 氏
	15:00~16:30	台北水道の最新技術	台北市水道局	Huang Chin-Ling 氏
2月23日 (木)	9:00~10:30	公共事業の財政	台湾水道公社	Lai Yu-Jou 氏
	10:45~12:15	水質の管理と調査	台湾水道公社	Sang-Ni Chang 氏
	13:15~14:45	配水システム	台北市水道局	Huang Yu-Tai 氏
	15:00~16:30	台北の給水システム	台北市水道局	Chang Shin-Hsun 氏
	17:30	バンケット (会食)		
2月24日 (金)	9:00~11:30	Zhitan 浄水場見学	台北市水道局	Chang Kuo-Hsin 氏
2月25日 (土)	8:50	台北松山空港発		
	12:30	羽田空港着		

(3) 参加者 (所属部署・役職は研修当時)

支部	氏名	所属・職名 ※研修当時
北海道	谷 佳典	小樽市水道局水質管理課 主任
東北	小原 富太 (団長)	岩手中部水道企業団工務課 主任
関東	北條 祐真	埼玉県企業局埼玉県行田浄水場水 質担当 主任
中部	牧野 真補	愛知県企業庁水道部水道計画課 主査
関西	田中 勇毅	京都市上下水道局水道部新山科浄 水場 係員
中国四国	小林 隆之	岡山市水道局配水部東管路整備課 技師
中国四国	柳楽 拓也 (副団長)	出雲市上下水道局水道施設課 主任技師
九州	比嘉 隆太	沖縄県企業局北谷浄水管理事務所 浄水班 主任
日本水道協会	渡部 英 (事務局)	日本水道協会研修国際部国際課 国際係長
通訳	鳥山恵美子	



CTWWA の事務所前にて

2. 台湾の概要

台湾 (中華民国) は日本の沖縄県南西、与那国島から約100kmに位置し、36,197平方キロメートルと日本の九州と同程度の国土を持つ。人口は約2,326万人で、言語は中国語 (公用語)、閩南 (びんなん) 語 (台湾語)、客家 (はっか) 語が使用



台北市中心部(左)と郊外(右)の風景

されている。

主要産業は電子製品・化学品・鉄鋼金属・機械で、名目 GDP は7,727億米ドル(2021年)である。通貨は台湾元で、ニュー台湾ドルとも呼ばれる。なお本報告書では「NT \$」で統一して表記する。

地形としては島の中央に3,000mを超す中央山脈がそびえ東西を流れる河川の分水嶺となっている。気候は、北は亜熱帯気候、南は熱帯モンスーン気候に分類される。台風の襲来が多く、台風で貯水の大部分を賄っている一方で、同時に洪水、土砂流などの災害も発生している。冬は南部地域においては殆ど雨が降らないのに対し北部地域では一定の降水量がある。今回の訪問中も連日小雨混じりの空模様で、実際の気温よりもやや肌寒く感じる気候であった。

今回訪れた台北市は台湾北部に位置し、人口の面では隣接する新北市、中部台中市、南部高雄市に次いで4番目の約264万人の都市である。地理的には台北盆地に位置し、大屯火山群により市北部から南部に向かって緩やかな傾斜を生み出している。

3. 台湾水道協会 (CTWWA)

台湾水道協会は、1950年に中華民国水道協会として設立し、その後1967年に台湾水道協会(Chinese Taiwan Water Works Association: CTWWA)に改称した。

39の組織会員(4水道事業体、4政府機関、31民間企業)と、約6,000名の個人会員から構成されている。このうち水道事業体は台北市水道局(Taipei Water Department: TWD)、台湾水道公社

(Taiwan Water Corporation: TWC)、金門県水道局(Kinmen County Waterworks: KCW)、連江県水道局(Lien-chiang County Waterworks: LCW)の4団体である(図-1)。

組織体制は、会員代表大会の下、監事会、理事会を置き、理事長を代表者として5つの課と8の委員会から構成されている(図-2)。

主な収入としては設備検査料やメンバーシップ料、支出においては人件費や営業費などが大部分を占めている。設備検査とは、配管や継手、付属品などのメーカー製品に対する認証を行うJWWA規格と類似の仕組みで、2002年に台南に設立したCTWWA研究室がTaiwan Accreditation Foundation (TAF)の認証を受けた試験所におい



図-1 各水道事業体の管轄

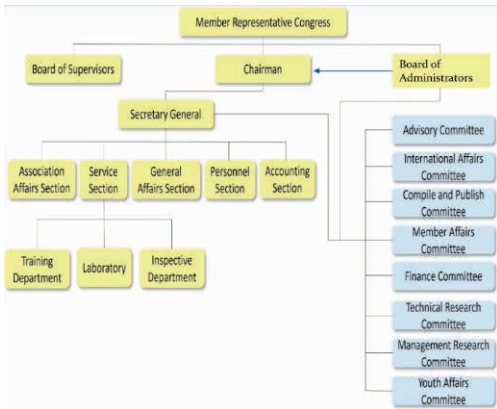


図-2 CTWWA の組織体制

て検査を行っている。

その他にも台湾水道協会では、水道事業者や水道受託メーカーの技術向上を目的とした研修事業、書籍の出版事業にも力を入れている。

今回の研修は、台湾本島を管轄する台湾水道公社および台北市水道局のいずれかの職員が講師を務める形式だったが、講義内容には事業体固有の課題や取り組みも含まれていたことから、以降では事業体ごとに分けて述べることにする。

4. 台湾水道公社 (Taiwan Water Corporation: TWC)

(1) 事業概況

台湾水道公社は1974年、台北を除く台湾全島の128の水道事業を統合し設立され、2007年から現在の名称で活動している。資本金は1,475億 NT\$ (約6,490億円) で、株式の85%を中央政府、15%を地方政府が保有する完全公営の非公開会社である。職員数は以前の7,000人から幾分減少し、現在では5,500人程が在籍している。

台湾水道公社の事業概況を表-1に示す。設立以来すべてが増加傾向であるものの、例外的に配水量については2021年の大規模渇水の影響により前年をやや下回った。

管路延長も年々増加し、総延長はこの10年で約8,000km 伸びている。送配水管の材料はダクタイル 鋼鉄管と樹脂管が主流となっており、ダクタイル 鋼鉄管は主に K 形が使用されているが、台南地区と花蓮地区では試験的に耐震継手の NS 形も導入されている。

表-1 台湾水道公社の概況

給水区域	台北市および新北市の一部を除く台湾本島
世帯数	745万世帯
水道普及率	94.24%
年配水量	29.1億 m ³
日配水量	1,200万 m ³
管路延長	66,000km
浄水場数	476 (能力: 約1,400万 m ³ /日)

(2) 水道事業における企業統治

台湾では水道・電気・石油の三つの国営企業が存在する。これらは国民がインフレ等に影響されることなく必需品の提供を受けられるようにすることを目的に、政府の100%出資で運営されている。公社という性質上、台湾の水道事業は通常の民間企業より厳しい監視が必要となり、企業統治にあたっては以下の点が求められる。

- ① 外部から獲得した資金に対して責任を果たすこと
- ② 獲得した資金を可能な限り低いコストで活用すること
- ③ 企業業績を改善し持続可能性のある経営をすること
- ④ 企業及び株式の価値を向上させること
- ⑤ 企業の危機や不祥事を避けること

このうち優先順位は、公社の場合、③及び⑤が比較的高く、④はやや低いものの、健全な経営を永続的に行うために全て必要な項目である。

また、企業統治の手法としては以下の8つが挙げられる。

- ① 外部取締役の登用
- ② 監査委員会の導入
- ③ 取締役会と CEO の分離
- ④ 決められたルールの遵守
- ⑤ 株主の権利の保護
- ⑥ 利害関係者の権利の認知
- ⑦ 適時かつ正確な情報開示
- ⑧ 取締役会の責任の明確化

これらは企業の信頼性に影響を与える事項であり、日本でも実施している民間企業は年々増加している。日本の水道事業体で全てを取り入れるこ

とは困難であるが、第三者を加えた経営懇話会の実施や広報・CSR活動を積極的に行うことが企業統治の理解・浸透に有効であると思われる。

(3) 財政

2021年の決算概要では資産額3,431億 NT\$ に対し負債額が1,457億 NT\$ で、負債比率は42.46% だった。これは自己資金が不足しており、設備投資の約4割は借入による資金調達に頼らなければならない状況であることを示している。

表-2は2018年から2021年の損益計算書である。このうち2020年と2021年は営業外費用が増加しているが、これには後述する漏水が関係しており、生活用水確保のために農業用水の供給を制限しその補償金を提供したことによるものである。この営業外費用増加の影響を受け純利益はマイナスに転じた。

台湾水道公社では1994年以降29年間水道料金の

表-2 損益計算書 (2018年~2021年)

※単位: 10億 NT\$

項目	2018年	2019年	2020年	2021年
1 営業利益	30.07	30.61	31.49	31.02
2 運用費用	25.47	25.75	26.89	26.83
3 粗利	4.60	4.85	4.60	4.19
4 営業経費	3.57	3.52	3.55	3.52
5 営業利益	1.03	1.34	1.05	0.67
6 営業外収益	0.68	0.39	0.41	0.53
7 営業外費用	1.47	1.54	2.19	2.63
8 営業外利益	-0.79	-1.15	-1.78	-2.10
9 純利益	0.24	0.19	-0.73	-1.44

改定が行われておらず、台湾の水道料金は世界第3位の低価格となっている(図-3)。料金が変わらないがために、総量の約半分を他所からの購入に頼っている原水の購入費用、設備投資費による減価償却費や支払利息等の増加するコストを反映できていない状況が続いている。

そこで台湾水道公社では、使われなくなった事務所や職員寮といった不動産の貸借や、太陽光発電の売電による営業外収益を上げる取り組み、有価証券を発行し銀行より低い利率で資金を調達することによる金利の節約等により経営改善を図っている。

特に不動産貸借や売電による営業外収益は、2022年時点で約5億円の収益を上げており、今後も複数のテナントが入居できる高層ビルを建築する計画もあることから、ますますの増収が期待される。また、貸借にあたっては都市開発公社と協調し、当該地周辺の古い趣を残し、景観に配慮した施設改修が行われている。今後は歴史的な水道施設を修復し、そこに人が集まる広場を造る計画も進行中で(図-4)、文化的な活動という側面を持ち、台湾水道公社の企業イメージ向上にも繋がるという興味深い取り組みであった。

(4) 料金

台湾水道公社の水道料金は、基本料金と従量料金の組合せによる料金体系である。

基本料金は水道メーターの大きさに応じて決定され、口径が大きいほど料金も高くなる(表-3)。

従量料金は使用量に応じて単価が増加する逡増制を採用しており、「単価×使用量-累進差額

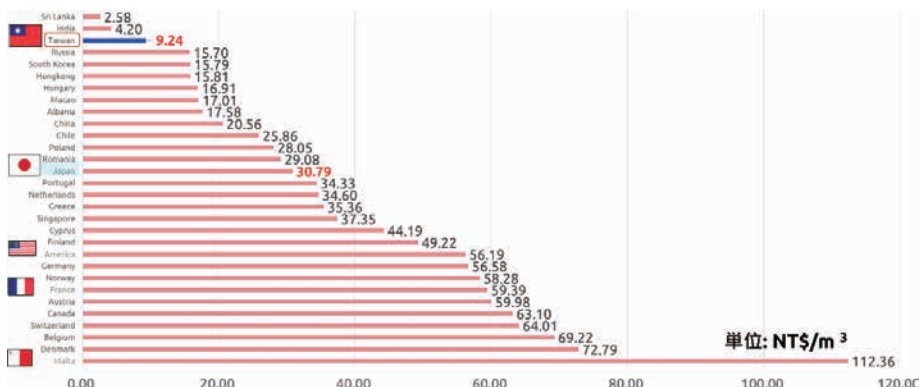


図-3 国別の水道料金



図 -4 日本統治時代の給水塔と広場整備後のイメージ写真 (嘉義県朴子市)

表 -3 口径別基本料金表

口径	13mm	20mm	25mm	40mm	50mm	75mm	100mm
基本料金	17 ^{.85}	35 ^{.7}	66 ^{.15}	196 ^{.35}	357	963 ^{.9}	1,909 ^{.95}
口径	150mm	200mm	250mm	300mm	350mm	400mm 以上	
基本料金	5,301 ^{.45}	10,531 ^{.5}	18,599 ^{.7}	29,184 ^{.75}	41,626 ^{.2}	58,119 ^{.6}	(NT\$)

表 -4 従量料金表

段階	1st	2nd	3rd	4th
使用量 (m ³)	1～10	11～30	31～50	51以上
単価 (NT\$)	7.35	9.45	11.55	12.075
累進差額 (NT\$)	0	21	84	110.25

(Progressive diff)」の計算式で算定される(表-4)。段階は使用量に応じて4段階設定されており、このうち使用量的には第4段階が全体の4割を占める一方で、料金単価としては第1段階の1.64倍程度に過ぎず、大口の顧客から十分な料金を回収できていないという課題を抱えている。ちなみに、従量料金の最初と最後の差は、東京都水道局で18.36倍、大阪市水道局で35.8倍である。

この状況から毎年政府には料金改定の要望を挙げているものの、なかなか聞き入れられない状況にある。2021年の濁水は改定の最大のチャンスだったが、政治的要因により結局この時も実現には至らなかった。なお後述するが、政府が異なる台北市水道局においては2016年に料金改定が実現している。

(5) 水源の状況と濁水

原水は年間31億2,800万 m³を取水している。その割合は貯水池が52.12%、表流水が32.98%、地下水が14.65%、海水が0.25%と、貯水池が主要な水源となっている。台湾の主要な河川はヨーロッパ、アメリカ、アジアの近隣諸国と比較し比較的短く、勾配が大きいという特徴を持っているが、貯水池の割合の高さはこの状況を反映したものであると思われる。

台湾にある貯水池95個のうち21個を台湾水道公社が管理しているが、これらは大河川の少ない台湾北部、地表水量が安定しない台湾南部、慢性的に水源が不足している離島など、水源に課題を抱える地域に集中している(図-5)。逆に中部は地下水が豊富であり、例えば彰化県などでは原水を

m³/日)、淡水化 (1.5万 m³/日) などである。

この中で特に興味深かったのは建設現場の地下水利用である。台中地域では砂や石が多く水が浸透しやすい地質であることから地下水が豊富で、建設現場での掘削の際には高い確率で湧水が発生する。そこで工事期間中のみ隣接する駐車場や道路に仮設プラントを配置し、現地で汚過処理をすることでその水を活用している。なお建設現場の水は浅井戸に分類されるため周辺環境の影響を受けやすく、水質は良いものから悪いものまで多様である。そのため通常は防火、環境保護、灌漑等の用途で使用し、生活用水としては使用されない。図-9はその様子で、黒いタンクが原水・配水槽、青いタンクが汚過槽で、青いコンテナには計器類が収納されている。

(7) 水質

台湾の水道水質関連の規制は台湾環境保護庁(EPA)によって制定されており、気候変動の影響

や技術開発状況に応じて改正される。その区分は飲料用原水水質基準、飲料水水質基準に加え、規制対象外の汚染候補リスト項目、浄水場から排出される排水基準である。それぞれの項目数を日本の規制とあわせ表-5に示す。

この中で興味深いのは原水にも水質基準がある点である。日本には原水の水質基準は存在せず、対応する規制を取って挙げるとすれば環境基準であるが、その項目数・基準値は大きく異なる(表-6)。

飲料水水質基準に目を向けると、日本より基準値が緩和されている項目が一部あるものの、項目数は68と日本より多い。これは原水水質及び浄水処理手法の違いによるものと思われる。飲料水水質基準は市民が飲料水に求める品質を考慮しており、EPAが収集した台湾国内の検出状況及び環境背景、世界各国のリスク評価情報等を根拠とし制定されている。これらを総合的に勘案したうえで、2017年1月には一部項目の基準値を改正、2021年には項目数を68に増加し、現在の飲料水水質基準となっている。

一方で自然災害時においては、利用者の生活に必要な水量を安定的に供給するため、一時的に味や臭気に影響する項目の基準値を緩和することを可能としている(図-10)。遊離残留塩素濃度以外の緩和が可能な項目は、日本における「生活利用上又は施設管理上障害の生じるおそれのある項目」であり、基準値を超過したからといって直ちに人の健康に影響を及ぼすものではない。日本で

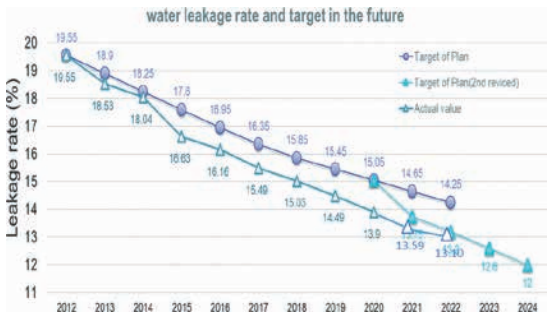


図-8 漏水率低減の目標と実績



図-9 建設現場の地下水利用

表-5 台湾と日本における水道水質関連の規制とその項目数

台湾		日本	
飲料用原水水質基準項目	10	-	-
飲料水水質基準項目	68	水質基準項目	51
-	-	水質管理目標設定項目	27
汚染候補リスト	6	要検討項目	46
浄水場排水基準	4	水質汚濁防止法	42*

*：水質汚濁防止法第三条第1項に定められた排水基準を適用した場合の項目数

表-6 台湾の原水水質基準項目と日本の環境基準項目

台湾 [原水水質基準]		日本 [河川水道3級における環境基準]	
項目	基準値	項目	基準値
大腸菌群	20,000 CFU/100mL	大腸菌群	1,000 CFU/100mL
化学的酸素要求量	25mg/L	化学的酸素要求量	3 mg/L
アンモニア態窒素	1 mg/L	pH 値	6.5~8.5
全有機炭素	4 mg/L	浮遊物質量	5 mg/L
ヒ素及びその化合物	0.05mg/L	溶存酸素濃度	7.5mg/L 以上
鉛及びその化合物	0.05mg/L		
カドミウム及びその化合物	0.01mg/L		
六価クロム化合物	0.05mg/L		
水銀及びその化合物	0.002mg/L		
セレン及びその化合物	0.05mg/L		

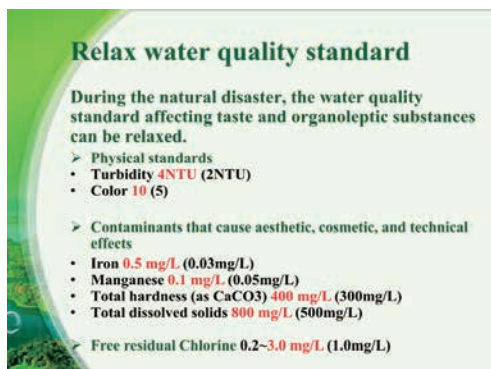


図-10 災害時の飲料水水質基準の緩和項目



研修受講風景

は災害時に基準値を緩和する制度はなく、「水質異常時における接種制限を伴う給水継続の考え方について」(平成28年3月31日生食水発0331号第2~4号)が出されているものの、これは「人の健康に関連する項目」の基準値を超過した場合の指針¹⁾であり、災害時を想定したものではない。災害時関連の指針では「震災等の非常時における水質試験方法」(日本水道協会)があるが、飲料

水の安全性を保障すべき観点に立って試験方法を取りまとめたものである。日本も台湾と同様、台風・地震災害が多いため、今後は災害時の基準値の取り扱いについて指針が出される可能性もあると思われる。

検査頻度は残留塩素や pH 値、色度、濁度等の基本項目は1日2回、68の飲料水水質基準項目は

2週間に1度実施し、日本と比較して短い間隔で水質の確認を行っている。

また、貯水池における水質管理事例も紹介され、台湾国内30箇所の貯水池のクロロフィル a 濃度、全リン濃度、透明度を定期的にモニタリングし、3項目から算出されるカールソン指数を用いて富栄養化の状態の評価し、浄水処理条件に反映させている。

(8) 水道水の飲用について

旅行会社による事前情報では「水道水は飲用不可」と伝えられていたため、このことについて研修講義中に伺ったところ、供給する水道水の水質自体は飲用に全く問題ないとの回答だった。ただし、台湾の建物は一般家庭を含め災害時の断水に備えて受水槽を使用しておりその管理が不十分なことが多いこと、加えて飲料としてはお茶・紅茶・コーヒーを好み、元々生の浄水を飲む習慣があまりないという文化的背景が影響しているそうである。しかし最近ではボトルドウォーターの普及に加え、受水槽が管理された学校施設などにおいては、蛇口の水道水が飲まれることも多いとのことである。

5. 台北市水道局 (Taipei Water Department : TWD)

(1) 事業概況

台北市水道局は台北市政府に属しており、台北市および新北市の一部を給水エリアに持つ、従業員数1,051人の事業体である。

(2) 料金設定

台北市水道局では2016年に料金改定を行った。これは実に22年ぶりの出来事だったが、これは2015年の台風による濁水課題により高まった「水道インフラ強化のための投資が必要である」という機運が後押しとなり実現したものである。以降、料金の平均単価は過去3年間の平均コストや平均水販売量に加え事業計画や資材単価の変化などの将来的なコストを考慮した上で4年ごとに見直しを行っている。

水道料金の改定により増加した収益約12億NT\$ (約53億円) は設備投資や顧客サービス向上、水源保護費用のほか、中央政府の水資源庁に支払う原水に関する費用に充てられている。この原水

使用料、年間1億1,500万NT\$ (約5億円) の支払いにおいては、以前はその殆どを台北市政府からの補助金に頼っていたが、料金改定による増収で自ら賄うことができるようになった。

(3) 料金体系

水道料金は、台湾水道公社と同様に基本料金と使用料金の組合せによる料金体系を採用している。

基本料金は口径13mmの料金を基準とし、その他の口径については管径換算値 (PDEV) で算出している。具体的には水圧や摩擦係数が同等と仮定した上で当該口径において13mmの何倍の水が流せるかを計算し、その倍率から料金を求める方法である (表-8)。基本料金による収入は、配水管やポンプ場などのインフラを含む配水システムの維持管理費等に充てられている。

従量料金は「単価×使用量-累進差額」の計算式で算定される。使用量の最大区分は台湾水道公

表-7 台北市水道局の概況

給水区域	台北市および新北市
給水区域内面積	434km ²
顧客数	374万人
世帯数	161万世帯
水道普及率	99.68%
年間売上高	約65億NT\$
年配水量	932百万m ³
日配水量	240万m ³ (うち65万m ³ は台湾水道公社へ供給)
管路延長	本管：3,984km、給水管：2,360km
浄水場数	5 (能力：454万m ³ /日)
配水池数	131
ポンプ場数	156
平均給水圧力	0.15Mpa

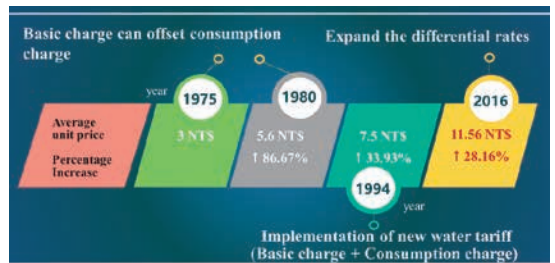


図-11 台北市水道局における料金改定の歴史

表-8 口径別基本料金表

口径	13mm	20mm	25mm	40mm	50mm	75mm
基本料金	17	68	126	374	680	1,836
口径	100mm	150mm	200mm	250mm	300mm以上	
基本料金	3,638	10,098	20,060	35,428	55,590	(NT\$)

表-9 従量料金表

段階	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th
使用量 (m³)	1~20	21~60	61~200	201~1,000	1,000以上
単価 (NT\$)	5	6.7	8.5	14	20
累進差額 (NT\$)	0	34	142	1,242	7,242

社の場合51m³以上だったところ、台北市水道局の場合は1,000m³以上となっている(表-9)。

台北市水道局では基本料金と従量料金のほかにポンプ設備維持費を徴収している。これは標高の高い場所や遠隔地などポンプを介して給水を受ける需要家に対して、追加の料金負担を求める料金制度であり、基本料金や従量料金の他にポンプの段数に応じて加算される仕組みとなっている(表-10)。日本の水道事業では考えられない料金制度であるが、受益者負担という観点では合理的とも言える。

台北市水道局ではこの他にも、水資源保全をはじめとする環境保護や公共福祉への還元等に適用される水資源保護料金や、台北市政府公共事業局から委託されている下水道料金の徴収を併せて行っている。

(4) カスタマーコミュニケーション

2001年に設立された台北市水道局カスタマーサービスセンターでは、24時間対応の相談、派遣サービス、電話によるオンライン申請など、あらゆる種類のカスタマーサービスを提供している。顧客からの電話相談には専任の担当者が対応し、オンラインによる解決率は約93%に及び、実際に派遣が必要になるケースは7%である。派遣の件数としては年間約16,000件で、その半分は漏水修理、もう半分は断水と苦情が占めている。

台北市では2015年以降スマート水道メーターを積極的に推進しており、それと同時にスマートフォンアプリの提供も行っている。このアプリは

表-10 ポンプ設備維持費

ポンプ段数	1段	2段	3段	4段	5段
台北市 (NT\$)	2.5	5.5	8.5	11.5	14.5
新北市 (NT\$)	3.5	6.5	9.5	12.5	15.5

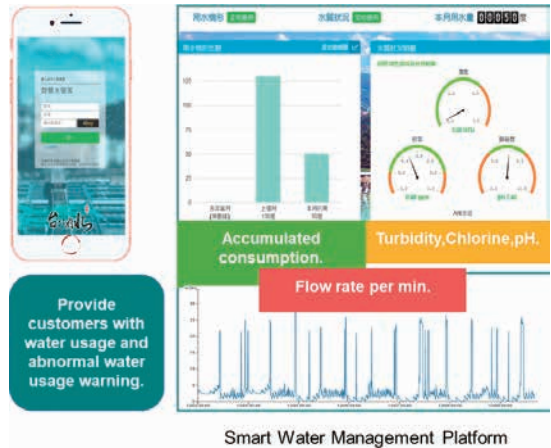


図-12 スマートメーターのアプリケーション

顧客が水の使用状況をモニターでき、流量異常の警告機能も備えるなど顧客の節水意識向上にも役立っている(図-12)。講師は「事前に顧客の期待を押し量り、その期待に沿う計画を立てることが重要」と述べていたが、このアプリの提供もその思想に基づいた取り組みであると言える。

(5) 検針業務のシステム化

台北市では、現在87名の検針員を使用し年間1,000万件の検針をこなしているが、重労働・低賃金のため担い手の確保も容易ではなく、業者も

請負をやめてしまうケースがあるという。

そのためスマートメーターによる自動検針システムである AMR (Automatic Meter Reading) を推進している。AMR の実現のためにはメーターが生成する大量のデータを収集、処理するためにネットワーク、プラットフォーム、アプリケーションの各チェーンをひとつのパッケージに統合する必要があるが、それまで台湾にはそのような仕組みが存在しなかったことから、台北市水道局の主導により各産業の共同チームを結成しシステムの立ち上げを実現させた。

またスマートメーター自体は2015年に初めて公営住宅が試験導入して以降、公共の建物に設置されているほか、2020年からは台北のすべての新築の民間建物に1メーターあたり1,870NT\$ (約8,200円) の追加料金でスマートメーターを設置しており、10年後には全戸へのスマートメーターの設置を完了させる計画である。

(6) 施設計画

図-13は施設能力と日配水量の関係を表したグラフである。これによると2000年以降配水量が減少している一方で施設能力は上昇を続けていることが分かるが、これは給水に対するあらゆるリスクを低減するための投資を行っていることによるものである。

投資の内容には、全体配水量の約7割を供給する Zhitan 浄水場の導水管や送水管の二重化が含まれる。二重化は非常に重要であり、例えば2004年に第1送水管の破損が起きた際は、第2送水管によって台北全体に供給を継続することができた。また平常時においても点検・整備も可能になるというメリットも得られる。二系統バックアップ率は2006年時点で37%だったところ2018年

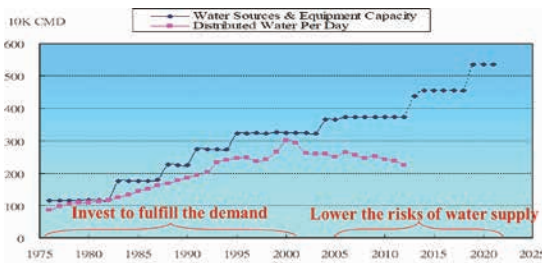


図-13 施設能力と日配水量の推移

には100%を達成した。

他にも台風などによる高濁原水への対策として浄水場の供給能力の増強を行った。これは高濁時の処理能力低下に備えるものであり、6系統目の追加により供給能力を日量70万 m³増やし、運転予備力を56%まで高めた。

(7) 水源に関する課題

台北市水道局の原水は100%表流水であり、そのことから異常降雨による濁度上昇のリスクを抱えている。Zhitan 浄水場の水源である Xindian Creek (新店川) は平時10NTU 程度の濁度であるが、豪雨により濁度が大きく上昇する河川である。2015年8月には台風の影響により39,300NTU の高濁度を記録し、この影響で12時間に渡り取水を停止する事態となった (図-14)。

そのような状況に対応するため、現在では原水濁度の事前警報システムを導入している。これは上流の集水域から下流の取水口まで監視センサーを設置し、上流の降雨量と流量信号によって濁度の事前警告を6時間前に得ることができるものである。

その他にも濁水を避けるための対策として、より上流からの取水を行うため延長2.8km、日取水量270万 m³の Feitsui 原水トンネルを建設中である。トンネルの建設期間は7年で2023年に完成、2024年6月に供用を開始する。建設期間から逆算すると2015年の高濁の事件後すぐに計画がスタートしていることになり意思決定の迅速さが窺える。

また台北では集水域で数か月間雨が降らない場合、干ばつが発生する可能性がある。過去2002年には深刻な干ばつにより Feitsui 貯水池がほぼ底

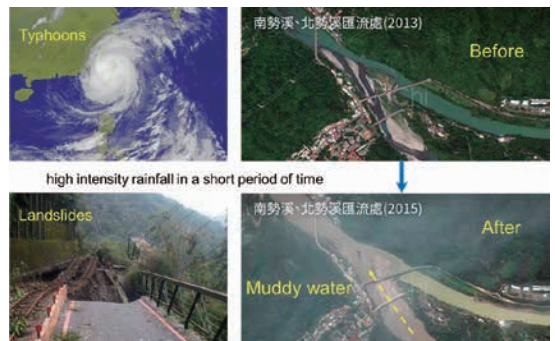


図-14 2015年台風による濁水の様子

をつき、二か月間給水車等による応急給水を強い
られた。

(8) 給水圧力

冒頭の概況にも挙げたとおり、台北の平均給水
圧力は0.15Mpa と非常に低い水準にある。これは
最大浄水場の Zhitan 浄水場と台北市街地の標高
差が小さいことによるものと推察される。この低
水圧の影響もあってか全体配水量における自然流
下の割合は51%に止まり、その他はポンプによる
圧送が必要な状況となっている。

水圧に関しては229箇所に配置した RTU (Remote
Terminal Unit) (図 -15) により遠方監視している
が、ポンプ場からの加圧給水においては VFD
(Variable Frequency Drive) と呼ばれる所謂イン
バータ制御を導入し、ポンプ直近ではなく管路末
端での水圧を一定にする取り組みを行っている
(図 -16)。これによりエネルギー消費の低減、
ピーク時とオフピーク時の圧力平準化による漏水



図 -15 RTU

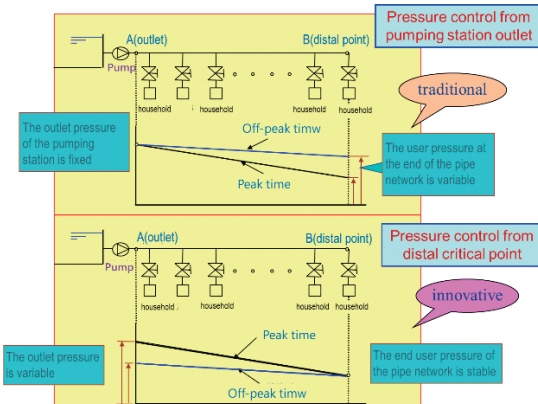


図 -16 VFD による圧力制御

リスクの低減、ポンプの長寿命化などの効果が得
られている。

(9) 漏水の改善

漏水事例の分析によると、漏水の96%が給水
管、4%が配水本管で発生している。ただしこれ
は漏水件数の割合であり、水量的には配水本管が
漏水の30%を占めている。

台北市水道局では「2025年における漏水率
10%」を目標に掲げており、その実現のために管
更新、漏水検査、漏水修理、圧力管理の4つの軸
に基づいて活動している。

漏水状態の評価にあたっては給水区を430個に
細分化し、そのエリア間に設置したバルブや流量
計により制御および監視を行っている。台北市水
道局ではこの手法を DMA (District Metered Area)
と呼んでいる。

漏水調査においては夜間最小流量の確認の他、
バルブ操作で路線を区切り、区切った路線間の消
火栓同士をホースで接続、その中間にメーターを
挿入するという手法を採っている。図 -18で確認
できるとおり日中に作業を行っているが、台湾で
は殆どの需要家が受水槽を備えており、その状況
があるからこそ実行できる方法である。

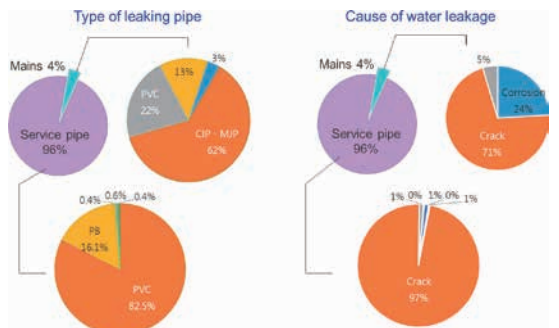


図 -17 管種別の漏水率と漏水原因



図 -18 漏水調査手法とその様子

管更新においてはDMAごとに管路の材質、経年、漏水回数などから管路の潜在的な漏水リスクを数値化し、更新の優先度を決定している。更新率は2006年以降、IWAの推奨する1.5%を常に上回っており、数値が最も高かったのは2014年の2.85%、その年の更新延長は177kmだった。これら取り組みの成果により、2005年には26.99%あった漏水率は2022年には11.2%まで低下し、目標10%の実現に向けて着実に成果を上げている(図-19)。

(10) Zhitan 浄水場見学

本研修最終日に、施設能力340万 m³/日を誇る台北市水道局の基幹浄水場である Zhitan (直潭) 浄水場の視察を行った。

当浄水場は台北市の南方、新北市に位置している。原水は Xindian Creek (新店川) から取水しており、沈砂池などの前処理を経て急速汜過方式(横流式沈澱池、急速汜過池)による浄水処理を行った後、自然流下により給水区域内に点在するポンプ場へ送水している。

監視操作室ではグラフィックパネルや液晶ディスプレイにより浄水場内及びポンプ場等場外施設の監視操作が行われており、日本の浄水場と同様の設備構成であった(図-22)。

340万 m³/日という日本では見られない規模の

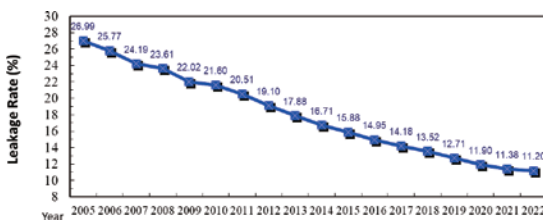


図-19 漏水率の推移



図-20 浄水場全景

表-11 浄水場諸元

施設能力	340万 m ³ /日
平均処理量	200万 m ³ /日
処理方法	急速汜過 原水濁度6,000度まで処理可能
系統数	6系統
第1導水管 (図-23青線)	完成：1983年 延長：2.2km 口径：4,000mm 能力：270万 m ³ /日
第2導水管 (図-23赤線)	完成：2009年 延長：3.1km 口径：4,000mm 能力：270万 m ³ /日

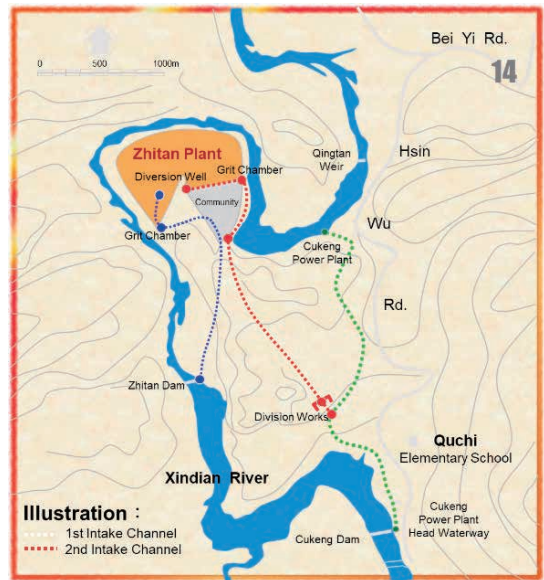


図-21 浄水場と導水管



図-22 中央監視装置

巨大浄水場であり、敷地も広大なものであったが、横流式沈澱池には傾斜管が設置され、必要面積を小さくする工夫がみられた(図-23)。

Zhitan 浄水場では浄水場敷地内の維持管理、設備操作だけでなく、Xindian Creek 上流の巡視や水質検査などにより水源地保全取り組みも行っている(図-24)。大腸菌などの測定結果やゴミの投棄履歴、釣り人の有無などの情報を集積・分析。QGIS を活用して地図上に情報を落とし込み、管理の参考としている。また水源上流において水質に影響を与えうる工場等を設置することは法律上規制されており、水資源の保全への対策が図られている。

見学で特に印象に残ったのはマンガンの常時監視を行っていたことである。これは2021年初頭に起きたマンガンによる着色課題に端を発したもので、複数の顧客から水の色に関する通報を受け調査したところ、原水中のマンガン濃度が上昇していることが判明した。原因としては、強い寒波により貯水池内での水流が変化し、下層に堆積した

溶解マンガンが舞い上がったためと断定され、以降マンガンの測定器を導入し常時監視を行っているほか(図-25)、マンガン除去のために前塩素の注入量を高めたそうである。

一般的に、マンガンを含む水に塩素を加えて汙過すると自然とマンガン砂になり、水中のマンガン除去能力が高まることが知られている。ただし汙過池の逆洗を見学した限りでは砂の色は黒くなく、まだマンガン砂には変化していないように見受けられた(図-26)。マンガン砂となるためにはマンガン含有量によって数ヶ月から数年かかることもあるとされているが、汙過池の状況から2021年の事象は例外的なもので平常時のマンガン流入量はさほど多くないものと思われる。

また資料による説明のみで現地の見学はなかったが、取水口沈砂池における濁度低減の取り組み



図-23 傾斜管式沈澱池



図-24 水源保全パトロールの様子



図-25 マンガン監視装置



図-26 汙過池逆洗の様子



図 -27 重機による泥の除去 (施設改造前)

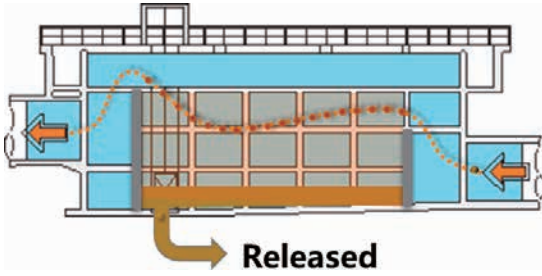


図 -28 施設改造後の予備凝集と排泥の模式図

を行っているそうである。これは高濁の際、貯水池や取水口において泥の堆積が著しく、重機による除去が必要になる場合があることから課題となっていたが (図 -27)、その対策として取水口沈砂池にバッフル板を設置し、高分子系の凝集剤を注入することで凝集沈澱を行えるよう改造を施したものである。ちなみにそこで発生する汚泥についても自動で排出される仕組みとなっている (図 -28)。

6. おわりに

今回参加した研修生は一同英語には苦手意識を持っていたものの、通訳の鳥山氏の助けを借りながら、苦手な技術分野については研修生同士で互いに補い合い、無事研修を終えることが出来た。

本研修の内容は事務的分野から技術的分野まで多岐にわたり、違った視点から自身の知識を見つめ直す良い機会となった。期間としてはわずか一週間だったものの、知識や考え方の幅が広がったことを感じており、非常に有意義な時間であった。



Zhitan 浄水場管理棟前にて

同様に、今回参加した全国の水道技術者から各事業体における話を伺えたこともまた有意義だった。本研修を通して築いた繋がりは我々の水道人生において大きな財産になるものと確信している。

国別水道事業研修についてはコロナ禍により本年も開催が危ぶまれていたものの、開催に向けて尽力された両国の水道協会関係者の皆様、業務多忙の中講義を引き受けて頂いた台湾水道公社および台北市水道局の講師の皆様、事務局として引率していただいた日本水道協会の渡部氏、水道用語を熟知し明朗な通訳で研修生を支えて頂いた鳥山氏に、この場を借りて感謝申し上げる。

本研修が今後も継続して行われ、これからの水道界を担う若い世代の職員が日本の水道を別の視点から俯瞰できる機会になることを願っている。我々も今回の研修で学んだことを一つでも多く業務に活かすことができるよう、日々研鑽・努力していきたい。

参 考 文 献

1) 「水質異常時における接種制限を伴う給水継続の考え方について」(平成28年3月31日生食水発0331号第2～4号)