

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）報告書

報告者：埼玉県企業局 行田浄水場 水質担当 北條 祐真

研修期間：令和5年2月20日（月）～令和5年2月25日（土）

本研修は、日本水道協会と関係の深い水道協会（MOU を締結している水道協会）に研修の受入を要請し、当該国の水道事情を学ぶ研修である。

令和元年度以降、新型コロナウイルス感染症の影響により開催が見送られていたが、令和4年度から研修が再開され、台湾水道協会（CTWWA）の受入により台湾の水道事情について学んだ。

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できる。

(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、英語コミュニケーション能力が向上する。

(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、専門性を高めることができる。

2. 研修概要

(1) 研修期間 令和5年2月20日（月）～25日（土）

月 日	時 間	プログラム
2月20日（月）	14：15	羽田空港発
	17：15	台北松山空港着
2月21日（火）	9：00	開講挨拶 CTWWA
	9：15	日本の水道の現状、研修生自己紹介 渡部 英 係長（日本水道協会）
	9：45	CTWWA の概要 Yang, Long Wu 氏（CTWWA）
	10：30	台湾の水道事情 Lin, Jia Huang 氏（TWC）
	13：00	水道事業のガバナンス Jin, Tieh-Shang 氏（TWC）
	14：45	施設基準（アセットマネジメント） Chang, Kai-Ping 氏（TWD） Wu, Cheng-Chen 氏（TWD）

月 日	時 間	プログラム
2月22日(水)	9:00	水源について Ou, Shang-Hsin 氏 (TWC)
	10:45	料金設定 Lin, Chia-Wen 氏 (TWD)
	13:15	カスタマーコミュニケーション Hsu, Chia-Hsuan 氏 (TWD) Hui-Ya Lin 氏 (TWD)
	15:00	最新の技術(スマートメーター等) Huang, Chin-Ling 氏 (TWD)
2月23日(木)	9:00	財政 Hsieh, Hsiu-Chun 氏 (TWC)
	10:45	水質管理 Sang, Ni Chang 氏 (TWC)
	13:15	配水システム(水融通) Huang, Yu-Tai 氏 (TWD)
	15:00	水供給システム(配管更新と漏水防止) Chang, Shih-Hsun 氏 (TWD)
2月24日(金)	9:00	施設見学(Zhitan 浄水場) Chang, Kuo-Hsin 氏 (TWD)
2月25日(土)	8:50	台北松山空港発
	12:30	羽田空港着

(2) 渡 航 先 台湾・台北市

(3) 参加者 各地方支部からの推薦者 7名、事務局1名

支部	氏名	所属・職名
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	埼玉県企業局行田浄水場水質担当 主任
中部	牧野 真輔	愛知県企業庁水道計画課 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
事務局	渡部 英	日本水道協会研修国際部国際課 国際係長

3. 台湾（台北）の概要

台湾は、東アジアに位置する島国であり、中国大陸の東海岸に位置している。人口は約2,370万人である。今回我々が研修を受講した台北市は、台湾の北部に位置する都市であり、台湾の政治、文化、経済の中心地となっている。

台湾の公用語は中国語（台湾語）であり、学校での英語教育が充実しているため、英語が話せる人も多くいる。

台北市内には数多くの飲食店があり、夕食は夜市で済ませるなど、外食文化が根強い。そのためもあってか、台湾には小籠包、牛肉麵、魯肉飯、臭豆腐、タピオカミルクティー、芋圓など魅力的なグルメが数多く存在している。

観光スポットも多く、台北 101、士林夜市、国立故宮博物院、中正記念堂公園、北投温泉などバラエティに富んでいる。

市内は公共交通機関が発達しており、MRT（地下鉄）、バスを利用すれば大抵のところに不便なく移動できる。また、タクシー料金も日本と比較して安価なため活用しやすい。その他にも自転車レンタルシステム「YouBike」が充実しており、市内の様々な所に駐輪場兼レンタル場が設置されていた。観光客であっても移動に不便しない都市であると言える。



図1 台湾の魅力的なグルメたち

4. 台湾における水道事業の概要

(1)CTWWA の概要

台湾における水道協会は 1950 年 6 月に、Water Works Association of The Republic of China(中華民国水道協会)という名称で設立された。そして、1967 年 11 月 17 日に、Chinese Taiwan Water Works Association (台湾水道協会)に改名された。通称はCTWWAである。

CTWWAには4つの水道事業体、4つの政府機関、給水に関する31の民間企業、計39の団体会員と、約6,000人の個人会員が加盟している。

上述のとおり、台湾には4つの水道事業体が存在している。

Taipei Water Department(TWD, 台北市水道局)は台北市内を給水エリアとした水道事業体である。Taiwan Water Corporation(TWC, 台湾水道公社)は台北市以外の台湾本島全域を給水エリアとした水道事業体である。Kinmen County Waterworks(KCW)及び Lien-chiang County Waterworks(LCW)はそれぞれ金門県、連江県を給水エリアとした水道事業体である。

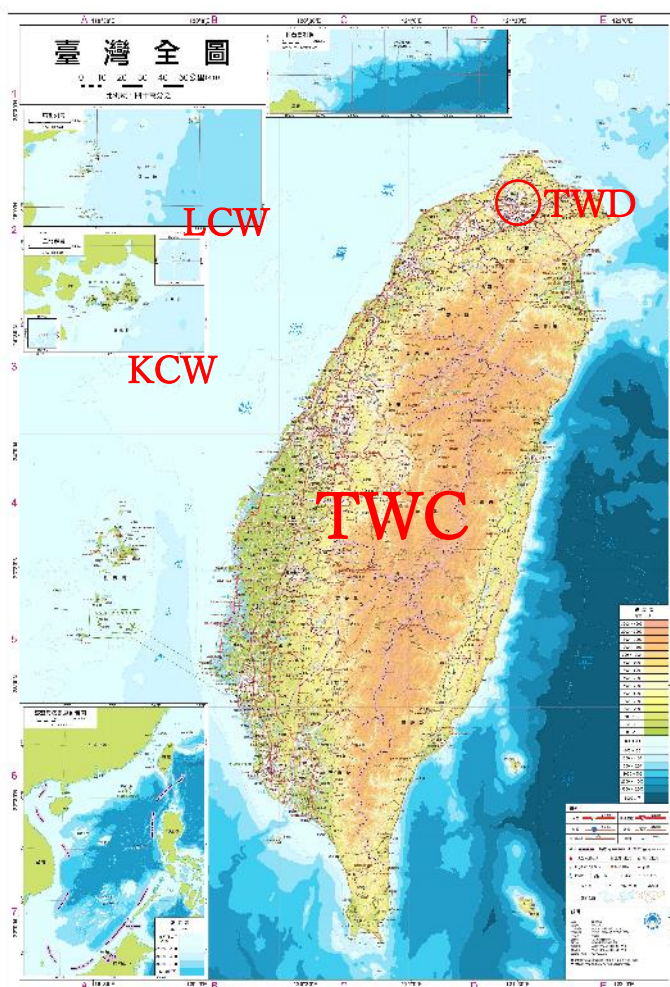


図2 台湾の4つの水道事業体の給水エリアの内訳

CTWWA の一番の役割として、企業から依頼を受けて実施する、製品の検査がある。この際に支払われる料金、いわゆる認定料が協会の主たる収入源となっている。

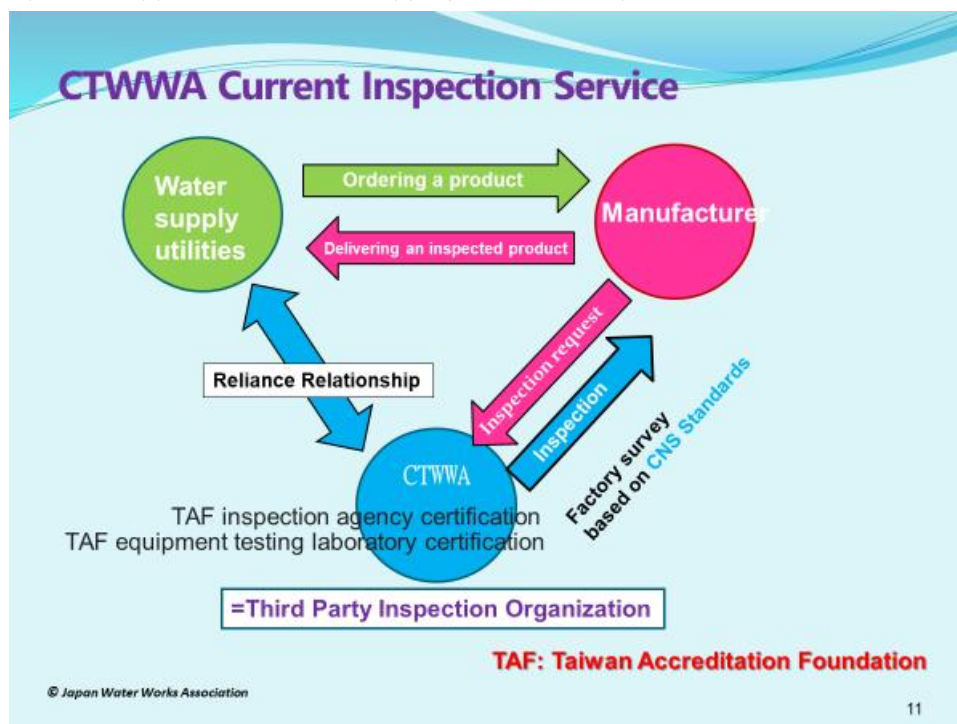


図3 CTWWA・水道事業体・企業の関係性

その他、CTWWA は主に以下のような業務を実施している。

○書籍部門

機関誌の発行、上水道の専門データベースを設立、水道に関する書籍の貸し出し、出版、販売、既存の書籍版の更新や配布、海外機関誌の翻訳など。

○研究ビジネス開発部門

協会会員の研究開発能力を強化すること、上水道に関連する研究機関となること、定期的および不定期の研究セミナーを開催すること、会員の研究成果を海外で論文発表できるよう奨励すること、関連機関から委託された研究を受け入れることなど。

○研修部門

委託業者の能力と品質を向上させること、管理職を育成し、認定すること、水の管理技術システム研修を設立すること、様々な職種に特化した研修を提供すること、様々なカリキュラム資料の編纂と教員の研修を行うことなど。

(2)TWC（台湾水道公社）について

TWC は、台湾における水道事業の近代化を目的に、1974 年に設立された公営企業である。当時、台湾における水道事業は各地の地方自治体によって 128 事業体に分かれて管理されていたため、質のばらつきが大きく、一部の地域では水不足や水質汚染の問題が深刻化していた。そこで政府は、水道事業の近代化と統合を図るため、台北を除く台湾全土の水道事業を統合することを目的に TWC を設立した。設立当初は台湾省の管轄であったが、現在は中央政府経済部の管轄となっている。

TWC は台湾全土を 13 の区域に分けて給水事業を行っている。13 という数字は縁起が良くないと考えられているため、第 13 管理区域は屏東区管理所と呼ばれている。また、大規模な施設整備は北部、中部、南部の 3 ヶ所に置かれた工事事務所が担当している。

TWC 管轄の浄水場は台湾全土であわせて 476 か所あり、合計の施設能力は 1,400 万 m³ である。476 か所のうち 353 か所が日量 1 万 m³ 以下の小規模浄水場である。

管理区域別にみると、台中がある第 4 管理所が最も給水量が多く、次いで高雄市がある 7 区、桃園市がある 2 区という順になっている。



図4 TWCの管轄する13の区域一覧

(3) TWD (台北市水道局) について

TWD は台湾政府直轄の水道事業者であり、台北市全域と新北市の一部区域を給水エリアとしている。374 万人、160 万世帯に水道水を供給しており、エリア内給水率は 99.68% となっている。1 日あたりの供給量は 240 万 m^3 で、うち 175 万 m^3 は TWD の給水エリアに、65 万 m^3 は TWC に供給している。幹線の長さは 3,938 キロメートル、幹線～各家庭の送水管網は 2,360 キロメートルあり、浄水場は 5 か所 (合計施設能力 454 万 m^3)、ポンプ場は 156 か所、配水池は 131 か所ある。

水源は 100% 表流水で、うち 97.5% が新店溪水系である。Zhitan 浄水場が最大の浄水場であり、施設能力は 340 万 m^3 である。

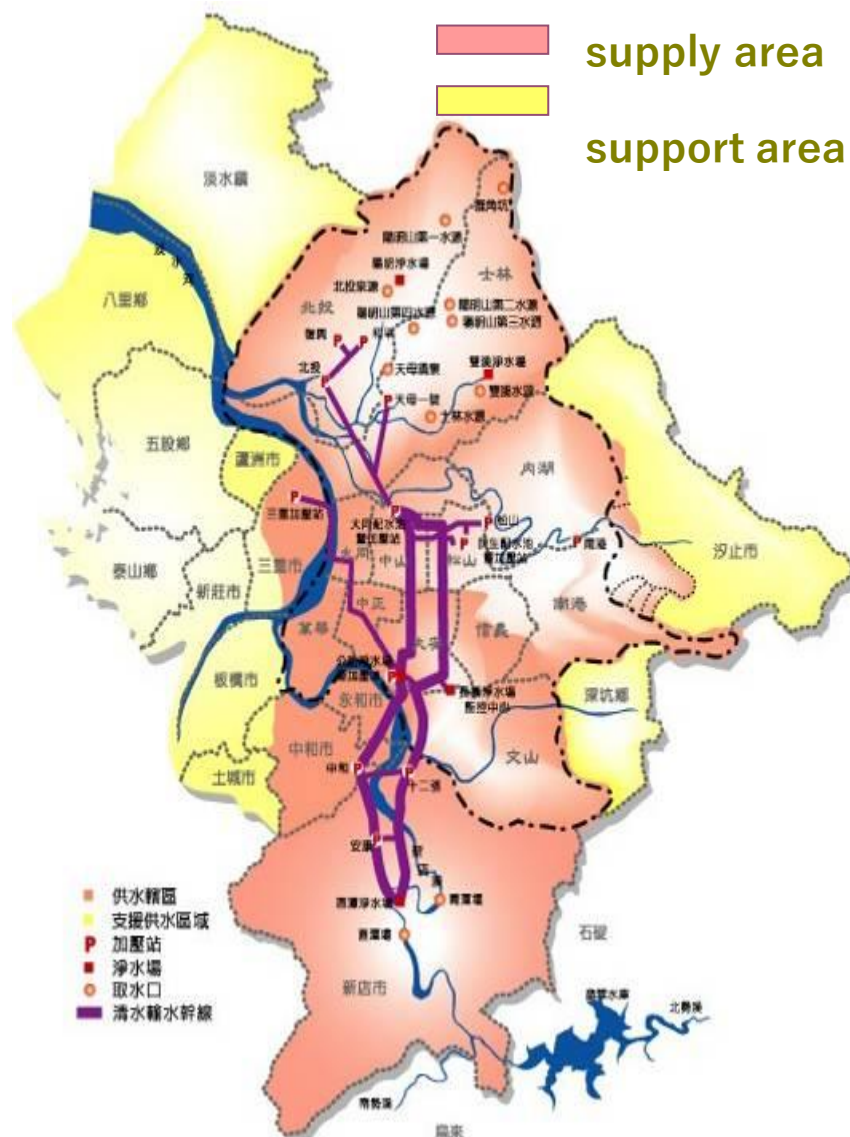


図5 TWD の管轄するエリア

(4)「愛水惜水」キャンペーン

「愛水惜水」とは、台湾で広く普及している環境保護のスローガンであり、水を愛し、節約することを呼びかけているものである。これは、使用量が多いことに加え、台湾が長年にわたり、水不足や干ばつに直面してきた歴史的な背景に基づいている。台湾の人々は、水を大切に扱い、無駄なく使うことが、自然との調和を保ち、環境を保護するために重要であると考えている。「愛水惜水」は、個人や企業、政府機関など、あらゆる人々に向けられており、水を節約するための具体的な方法や、水の重要性についての啓発を行うことで、持続可能な社会の実現を目指している。



図6 研修中に戴いた手提げにも愛水惜水のスローガンが掲げられている。

5. 水源について (TWC)

水資源の開発は、市民の生活の質を向上させ、持続可能な社会的・経済的成長を促進するために不可欠である。台湾における気候変動による異常な水文条件の影響を考慮し、持続可能な水資源の利用を実現するために努力している。

TWC が原水として利用している水源は、ダムが 52.12%、地表水 32.98%、地下水 14.65%、海水 0.25% となっている。地域別に分類すると、北部はダム、中南部は地下水、離島は海水が主要な水源となっている。

10 年ほど前から渇水状態が頻発しているため、原水のリザーブとして井戸の使用を申請していたが、なかなか許可が下りず、2 年前にようやく許可が下りた。深井戸の水質はとてよく、塩素消毒だけで十分なものが多いとのことであった。しかし、掘削水ではあまり水質が良くないとのことであった。台湾南側の平野部は岩盤層のため、水が地下に貯まりやすいようで、現在活用法を検討しているとのことであった。

多様化された水資源の利用を拡大することで、天然水資源への圧力を減らし、水供給リスクを最小限に抑え、水供給の安定性を高めることができる。

私が驚いたのは、緊急地下水くみ上げプロジェクト (Emergency Groundwater Pumping Project) という事業である。プロジェクトが行われている台中市は産業の成長著しい地域であり、市内では多くの工事が行われている。台中市は地下水が豊富にある地域であり、工事で掘削をすると湧き出てくるほどである。水質も良好であることから廃水として処理してしまうのはもったいないと考え、有効活用のために工事現場や付近のスペース (駐車場や道路の片側車線) に仮設プラントを組み上げてしまい、その場で浄水処理してしまうというものであった。仮設プラントは送水配管に接続されており、浄水処理された水は直接送水配管に送られて配水となっているとのことだった。もちろん水質検査をしたうえでの送水ではあるとはいえ、水質が本当に良好だからこその取り組みなんだろうな、ということと、そこに新たな水源を見出す発想力にとっても驚いた。



図7 緊急地下水くみ上げプロジェクトによって仮設されたプラントの一例

6. 水質管理について (TWC)

各水質基準は台湾政府が決定している。

原水水質基準は 10 項目 (大腸菌群、アンモニア態窒素、COD、TOC、ヒ素、鉛、カドミウム、クロム、水銀、セレン)、送水水質基準は 68 項目 (大腸菌群、一般細菌、臭気、濁度、色度、ヒ素、鉛、セレン、クロム、カドミウム、バリウム、アンチモン、ニッケル、水銀、シアン化物、亜硝酸対窒素、トリハロメタン、ハロ酢酸、塩素酸、臭素酸、VOC15 種、農薬類 13 種、ダイオキシン、フッ化物、硝酸態窒素、銀、モリブデン、インジウム、遊離残留塩素、鉄、マンガン、銅、亜鉛、硫酸イオン、フェノール、MBAS、塩化物イオン、アンモニア態窒素、総硬度、総溶解固形物、アルミニウム、pH)、浄水場からの排水基準は 4 項目 (懸濁物質、COD、全残留塩素、pH) が設定されている。基準は逐次見直され、改正されている。

TWC では、原水、送水、再利用水及び排水の内部基準として、国の定めた基準の 8 割 (割合で表すことが難しいものを除く) を超過しないように水質管理している。

水質検査結果の確かさは TAF と呼ばれる台湾の認定機関によって保証されている。

基本的な水質検査は天候、気温、水温、pH、残留塩素、濁度、色度、臭気について原水及び浄水で 1 日 2 回実施している。加えて、原水の COD を 1 日 1 回実施している。

浄水の 68 項目及び生物試験については 2 週間に 1 回実施している。

原水におけるアンモニア態窒素や TOC、COD が増加してくると、病原体の増殖を防ぐための監視措置として一般細菌及び大腸菌群の検査を増やしている。

自然災害等で普段通りの浄水処理が継続できなくなった際には、一部の水質基準を緩和して送水を継続している。例えば、台風による影響を受けた際は、浄水の濁度 4 NTU (通常 2)、色度 10 (通常 5)、鉄 0.5 mg/L (通常 0.03)、マンガン 0.1 mg/L (通常 0.05)、総硬度 400 mg/L (通常 300)、懸濁物質 800 mg/L (通常 500)、遊離残留塩素 0.2~3.0 mg/L (通常 1.0) としている。緩和して送水する際には事前にアナウンスをすることであった。

日本で問題となっているかび臭物質については水源水質が良好なためか、基準値として設定されていなかった。また、日本では話題にならない Cylindrospermopsin (シアノトキシンの一種) という物質が生物学的なモニタリング指標として挙げられているところに国ごとに抱える水質の問題の違いを実感することができた。

7. 水道の料金について

(1) 料金設定について (TWD)

IWAによると、台湾の水道料金は世界でも安価な部類である。(日本の4割程度)

TWDの水道料金は、①基本料金、②水の使用料金、③水資源保護・補償費、④下水道料金、⑤ポンプ設備の保守料金(使用地域に住んでいる場合)の合計で算出される。

基本料金は、水道メーターのサイズに基づいて計算される。水道メーターが大きいほど、基本料金も高くなる。これは、大型の水道メーターは通常、水をより多く消費し、水供給インフラにより大きな負荷をかける顧客に使用されるためである。

基本料金は、プラントの建設や修理などのインフラの維持及び更新の費用として使用される。大口徑の顧客に高い基本料金を請求することで、政府は顧客からインフラ整備費用の大部分を回収することができる仕組みになっている。

使用料金は、使用量に基づいて計算される。通常、段階的な料金設定システムが採用されており、異なる水使用レベルに対して異なる料金が適用される。このシステムは、「ブロックレート」システムとしても知られている。

例えば、最初の水使用ブロックレートは、次の水使用ブロックレートよりも低い。これは、使用量が増えるにつれて水の使用がより高価になることにより、節水の意識が生まれるように設計されている。最初のいくつかの水使用ブロックは、一般の顧客は手頃な価格で水道を利用できるように、低めの料金で請求されている。

水資源保護・補償費は、水の使用量×0.5元の料金が課され、水の節約を促進し、水資源の開発を支援することを目的としている。

下水道料金は、水の使用量×5元の料金が課され、市の下水処理システムの維持及び運営を支援することを目的としている。

ポンプ設備の保守料金は、水道水の供給に当たって揚水ポンプの使用が必要な地域に住んでいる場合に徴収される。5段階の料金設定がされており、段階が上がるほど料金も高くなる。台北市が補助金を出しているため、新北市よりも台北市のほうが料金が安価となっている。

表1 TWDにおける基本料金設定表

Diameter of Meter (mm)	13	20	25	40	50	75	100	150	200	250	More than 300
Monthly basic charge per household(NT\$)	17	68	126	374	680	1,836	3,638	10,098	20,060	35,428	55,590

表2 TWDにおける使用料金設定表

Vol. (cubic meter)	Accumulated Price Over Basal Degree				
	1-20	21-60	61-200	201-1,000	More than 1,000
Unit rate/m ³ (NT\$)	5	6.7	8.5	14	20
Progressive diff. (NT\$)	-	34	142	1,242	7,242

表3 TWDにおけるポンプ使用料金設定表

Pumping Facility Maintenance Charge					
Pumping Steps	1	2	3	4	5
Taipei City	NT\$2.5	NT\$5.5	NT\$8.5	NT\$11.5	NT\$14.5
New Taipei City	NT\$3.5	NT\$6.5	NT\$9.5	NT\$12.5	NT\$15.5

(2)水道料金の改定について

台北市の水道料金は過去に3回改定されている。最初の改定は1980年で、1単位当たりの平均水道料金が3元から5.6元に引き上げられた。

1994年には2回目の改定が行われ、1単位当たりの平均水道料金が7.5元に引き上げられた。加えて、現在のような基本料金+使用料金という料金体系に変更された。

そして、2016年に第3回目の改定が行われた。1単位当たりの平均水道料金を7.5元から11.25元に引き上げられた。この改定によって前述のブロックレート方式への変更が行われた。目的は収益の増大ではなく、節水意識を増やすことである。

水道料金の改定後、TWDは「節水ホームサービス」と呼ばれる新しいサービスを提供している。TWDのスタッフが顧客の家を訪問し、水道メーターの計測やトイレの漏水をチェックし、水を節約する蛇口の取り付けを手伝う、といったサービスである。

このサービスにより、顧客は水を節約して水道料金を削減できる。環境保護や節約に関心のある顧客にとって、非常に魅力的なサービスであるといえる。

また、このサービスは、水道メーターの計測やトイレの漏水などの問題を特定して修理することで、無駄や損失を減らすことができるため、無駄になってしまう水道水を減らすことにも一役買っている。

とはいえ、このサービスの最大の目的は、水道料金改定による顧客の不満を和らげることにある、と言える。このサービスは非常に好評で、実際に改定に関する苦情を減らすことができた、とのことであった。

(3)顧客とのコミュニケーションについて

水道料金改定の過程で、TWDは常に顧客や利害関係者と積極的にコミュニケーションをとるよう努めた。透明性と効果的なコミュニケーションが顧客との信頼関係と信憑性を築くための鍵であることを認識し、料金調整の背景やメリットを顧客に理解してもらうことが重要であると考えたためである。

2016年の改定にあたって、もっとも深刻な影響を受けたのは大口の顧客であった。月間使用量20 m³を下回るような一般の顧客は改定の影響をほとんど受けないが、大口の顧客、特に月間1,000 m³を超える顧客は水道料金が132%増加してしまうことになる。全体からすれば0.11%にも満たない層であるが、彼らの水消費量は全体の16.61%にもなるため、重要な少数派と言える。

一般の顧客向けの対応として、TWD は、水道料金調整プロセス中において、水道料金計算機などのオンラインツールを提供し、顧客がメーターの読み取りなどの消費情報を入力し、提案された水道料金変更が彼らの水道料金に与える影響を計算することができるようにした。これにより、顧客は提案された変更内容をより理解し、自分たちの財政上の影響を予測することができる。このツールにより、顧客は提案された水道料金変更後の見積もり水道料金を計算し、現在の水道料金と比較することができ、また、現在の消費率と見積もり消費率を比較することもできる。これらのツールにより、顧客は自分たちの水の消費を計画し調整することができた。

また、ユーザーが許容できる水道料金改定の範囲を調査するオンラインアンケートを実施したり、水道料金改定情報についてニュースメディアを通じて公表したり、月間の水の使用量が 20 m³以下のユーザーの水道料金は改定されず、62%のユーザーが水道料金改定の影響を受けないことを強調した。

水道料金改定の決定プロセスにおいて透明性と責任を促進し、水道料金がどのように決定され、料金変更が消費者にどのように影響するかを明確かつアクセスしやすい情報として提供したことで、市民は改定の理由を理解し、評価することができたのではないだろうか。

大口利用者向けの対応として、水道料金の変更内容や顧客に及ぼす影響について説明する情報セッションも開催した。大口利用者会議を主催し、参加者からのフィードバックを積極的に聞くことは、双方にとって非常に価値がある。

大口利用者の代表からは、2つの質問や提案があった。

1つは、市民のために学校のトイレや洗面所が無料で開放されていたが、水道料金の変更により、トイレや洗面所には割引が適用されるべきであるか、別途のメーターを設置するべきであるか、それとも開放されなくなるべきかという問題が挙げられた。そこで、大口利用者の従来の水道メーターをスマート水道メーターに置き換えることで、ユーザーが漏水や異常な水の使用を早期に検出し、原因の調査を行うための人員を派遣することができるという解決策を提案した。

もう1つの問題は、各ブースの水使用量を合算して計測することにより、市場が大口利用者になったということであった。そこで、各ブースの水使用量に応じて請求書を発行することを約束した。これにより、市場の水道料金は、各ブースの水使用量を合算するのではなく、各ブースに対して個別に請求書を発行することになる。各ブースの個別請求に切り替えることで、市場全体の水消費量が 1,000 m³以下であれば、水道料金が低くなる場合がある。

このように料金改定に際してすべての方面が納得いくようにコミュニケーションを重ねたことが、改定への理解につながっていると感じた。

8. カスタマーセンターについて (TWD)

TWD カスタマーサービスセンターは、2001年に設立され、24時間の相談、ディスプレイサービス、電話やオンライン申請など、全般的なカスタマーサービスを提供している。同時に、カスタマーサービスセンターでは、電話でケースの状況を追跡し、顧客満足度を問い合わせ、適宜フィードバックを関連部署に提供して、サービス効率を向上させるための改善を行っている。情報システムの統合により、専任のカスタマーサービススペシャリストが一度の通話で顧客の問題を解決している。月間オンラインリアルタイム処理率は約93%、ディスプレイされたケースが7%である。

カスタマーサービスセンターは、本社の事業部の管轄で、人員は総勢28名である。

構成は、部長1名、行政管理職員3名、サービスデスクカスタマーサービススタッフ2名、コールセンタースタッフ22名となっている。コールセンタースタッフの内訳は、TWD採用の職員9名、外部委託職員13名である。その他、障害者採用のケースクロージングスタッフが2名いる。

サービスカウンターは平日の8:30-17:30で営業しており、水道料金の支払い、各種サービスの申請、水質検査の申請受付、小売水の販売(平日・営業時間内)を担当する。

コールセンターは年中無休で24時間営業しており、一般相談、調達・管理・制御、電話による申請、小売水の販売(夜間・休日)を担当している。

電子化を推進しており、サービスカウンターはペーパーレスで手続きが可能であったり、台湾電力とTWDと協力し、顧客情報変更、連絡先住所変更、水道料金支払い、水道e請求書申請、軍人の扶養家族に対する優遇水道料金といった内容の申請書を集約し、一括申請を可能にしたりと、顧客の利便性向上に努めている。また、Water Girlと呼ばれる顧客サービスシステムを2019年から導入し、コールセンターの代わりにAIとのチャットで相談や申請が可能になった。システムの返答率は98%と高水準であり、このAIシステムの導入により緊急時に大量の着信電話の負荷をコールセンターと共有することもできるようになった。

今後も、ラインを活用したサービスの導入を検討したり、2025年には新しい顧客サービスセンターの開設を予定したり、カスタマーサービスの増強を随時進めていくことを計画している。

9. アセットマネジメントについて (TWD)

第二次世界大戦後、台北市は急速に発展し、人口が増加した。それに応じて公共のニーズに応えるために5段階に分けて浄水施設を建設する計画を立て、計画に沿って進めていた。第4段階となる1991年までに人口増加は鈍化していたが、予備能力を得ることを目的として計画通り建設を続けた。2020年には、建設された施設を振り返り、老朽化が進んでいることなどから大規模なメンテナンス計画を立ち上げた。

(1)バックアッププランについて

台湾は台風によって深刻な被害を受けることが多く、大量の降雨によって原水濁度が大きく上昇してしまい、浄水処理に障害を引き起こすことがたびたび起きる。また、地震が多発する地域でもあり、たびたび大きな被害を受けている。

台湾は雨が多いものの、河川が短く急峻なために水資源の蓄積は困難であることから、世界で18番目の水不足国となっている。

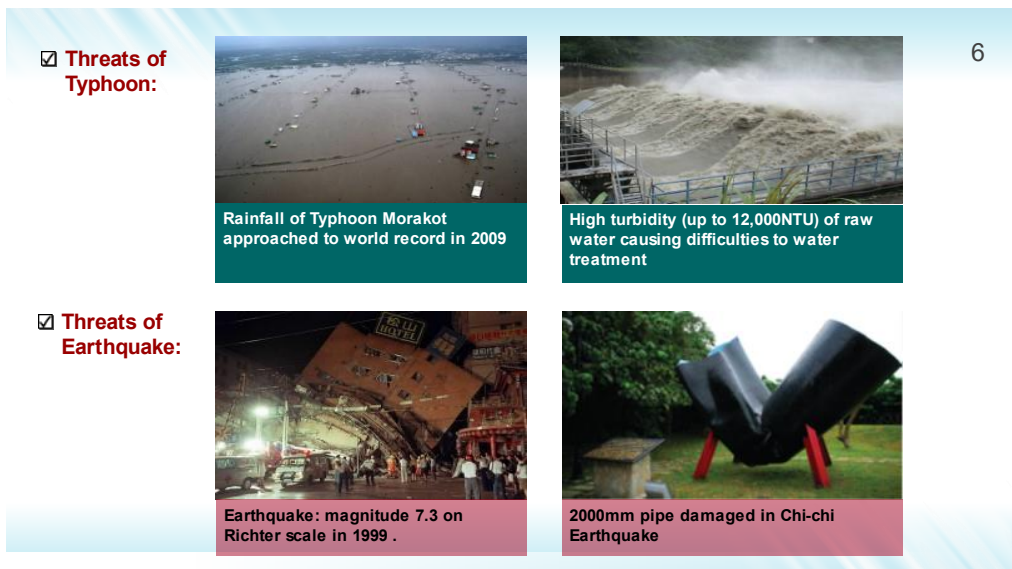


図8 台風や地震による被害状況

上述のことから、①台風に対する対策、②地震に対する対策、③緊急時の対策を目的にバックアップ計画を策定した。この計画は2007年から2021年までで実施され、予算は約7億3,000万米ドルであった。

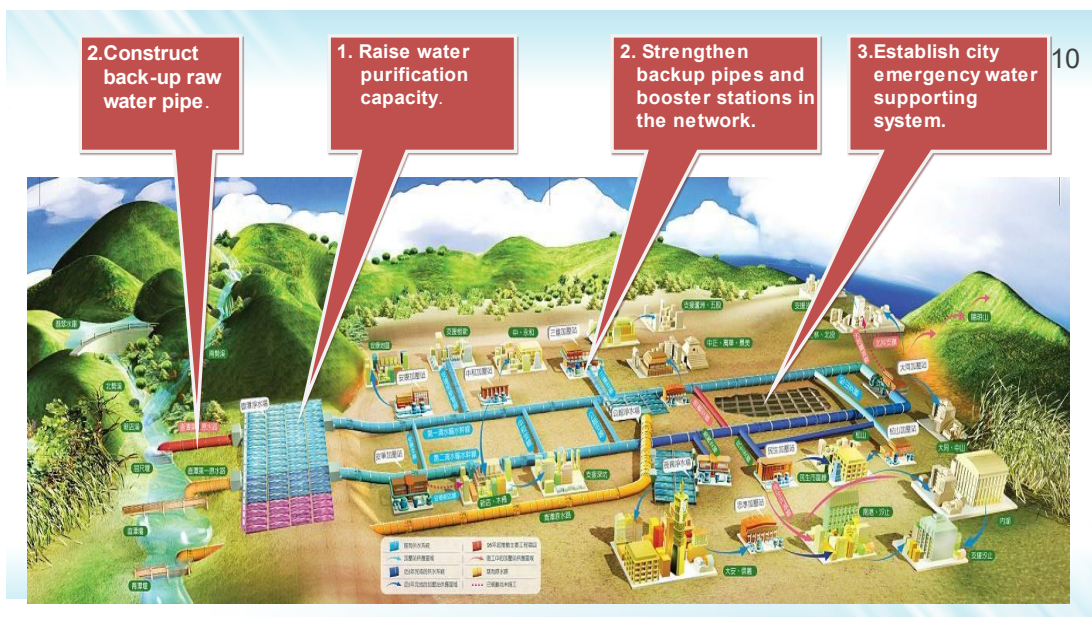


図9 バックアッププランのイメージ図

台風に対する対策として、高濁時の需要に対応するため、13.7 億円を投じて浄水施設の処理能力を増強した。この増強した能力は平常時には使用していないわけではなく、台北市近隣への供給として役立てている。

地震に対する対策としては、ポンプ所の耐震診断及び補強として 1.05 億円、Zhitan 浄水場の原水導水管の複線化 (図 10) として 46.2 億円を投じ、供給システムの二重化 (図 11) には 560 億円を投じた。

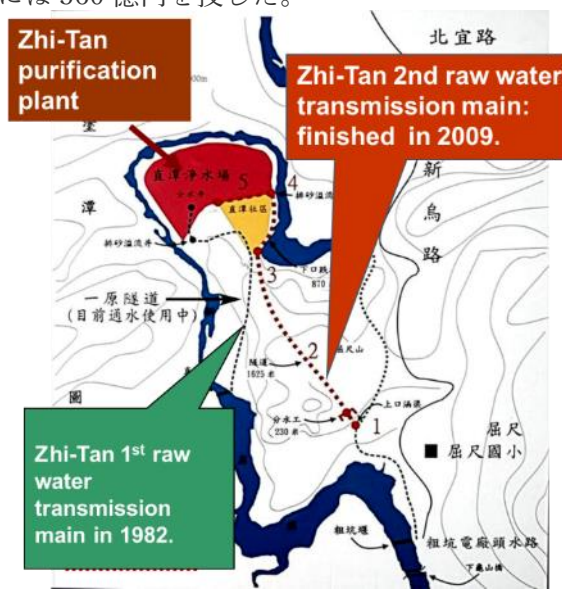


図 10 導水管複線化イメージ図

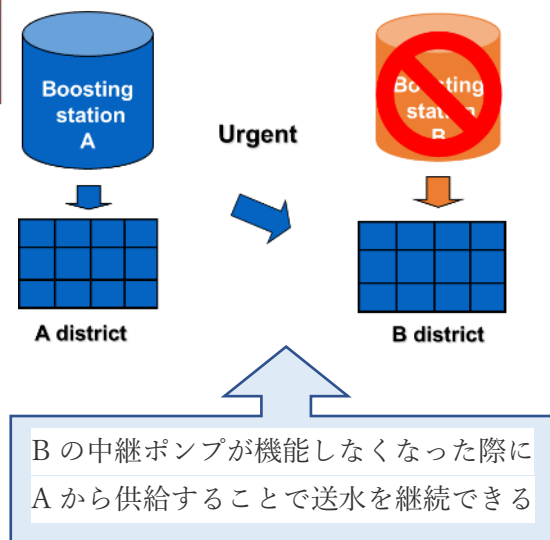


図 11 二重供給システムイメージ図

緊急時の対策としては、5.18 億円を投じて台北市全体に応急給水ステーションを設置した。地震が主要な供給システムを襲い、一時的な断水を引き起こす可能性を考慮し、1人あたり1日3リットルの生活用水を28日提供できるよう配置した。この施設により応急給水を行うことで、復旧対応に十分な時間を確保できる。

(2) 配管のメンテナンスについて

台北の水道供給システムは、1907 年以来開発されてきた。

台北の水道サービスエリアは、434k m²で、配管の総延長は約 3,762km となっている。メンテナンスを計画するにあたって、TWD は直径が 500mm 以上の配管に注目した。これは、メインとなる大きな配管のどの部分が破損しても、システム全体が機能しなくなる可能性があるためである。しかし、直径が 500mm 以上の配管は全長 472km にも及び、開発された都市にとって、修理や交換が重荷となる。そのため、同配管の中でも交換の優先度を順位付けして、配管更新作業の利益を最大化することにした。

下図は既存の主要な配管メンテナンスの方法決定論を示している。

まず、優先度の高い 100km の配管に関するデータ収集を実施した。

データ収集は、流量、作動圧力、修理頻度、及びパイプ材料/ジョイントの脆弱性について行われた。次に、標準化されたスコアリングによるデータの作成を行い、これを用いて配管データを更新することで100kmのスクリーニング結果が得られる。

次の段階としてはメンテナンス状況の水文解析である。配管のオープンカット施工の実行可能性を検討し、難しい場合は水力解析モデルでの検証を実施する。設定には、断水テストとバックアップ配管の計画が含まれる。

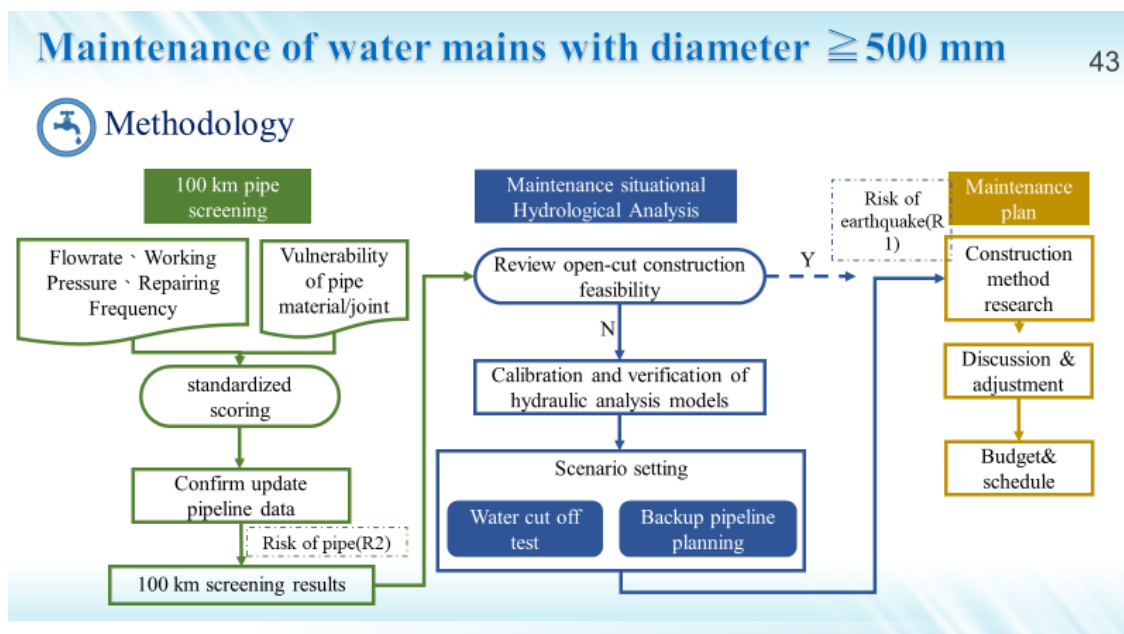


図 12 配管メンテナンス方法の決定論

得られたデータの評価は GIS データベースに基づいて行われた。まず、EPAnet によって水力モデルを構築するためにネットワークデータを抽出し、モデリングの結果、配管の重要性が示された。重要な因子は、ArcGIS によって配管のリスクスコアを計算するために統合された。ただし、データベースの配管は、部分的に修理や交換作業が完了したために断片化される場合があるため、評価をより代表的にするために、これらの断片は 700~1,400m の長さの評価単位に統合された。

計算結果を地図上に落とし込むことにより、リスク評価地図が作成された。

そして、台北都市圏内の 472km の水道メイン配管に優先順位をつけることができた。台北都市圏の水道メイン配管は 1.95 から 3.60 までの評価がつけられた。2.43 未満の評価がついた配管は早急に更新するべきで、2.43 から 2.80 の評価がついたものはできる限り交換するべきとなった。2.80 以上の評価がついた配管は対策を講じる必要はないという評価になった。ハイリスクな配管は主に市内中心部に位置しており、初期に開発された地域であるため、人口密度が高く、他の地域よりも重要性が高くなっていることがわかった。

10. 最新技術の導入について (TWD)

TWD は「スマートウォーター」を導入している。スマートウォーターは、SCADA、スマートメーター、デジタルデータの応用で構成されている。

SCADA システムは、水供給制御やネットワークシステムの監視に重要な役割を果たすオンライン・リアルタイムシステムである。

TWD では大規模なシステムを6つのサブ SCADA に分割し、それぞれも独自に制御できるようにしている。制御を中央と現場で切り替えることもできる。

UI パネルにより、すべての情報を見ながら意思決定を容易にすることができる。

TWD では、VFD を使用したフィードバック制御を行っている。ネットワーク内の圧力が高すぎる場合は、ポンプの速度を低下させ、圧力が低下すると速度を上げる。

TWD は水の品質に非常に自信があることから、水質センサーの情報を市民向けのウェブサイトで公開しているとのことであった。

また、TWD は台風が襲来する際に、濁水が流れてくることを事前に知るために予警システムを構築している。上流集水域から下流の取水口まで感知するこのモニタリングシステムにより、6時間前に濁度の予警を事前に得ることができるようになっている。

しかし、単に濁度の予知を可能にするだけで、高濁度の原水を避けることはできない。そこで、TWD は比較的濁質の低い原水を直接取り入れるための導水管延伸を計画している。ただ、この計画には追加の200億円の費用がかかり、完成するまでに7年かかる見込みである。

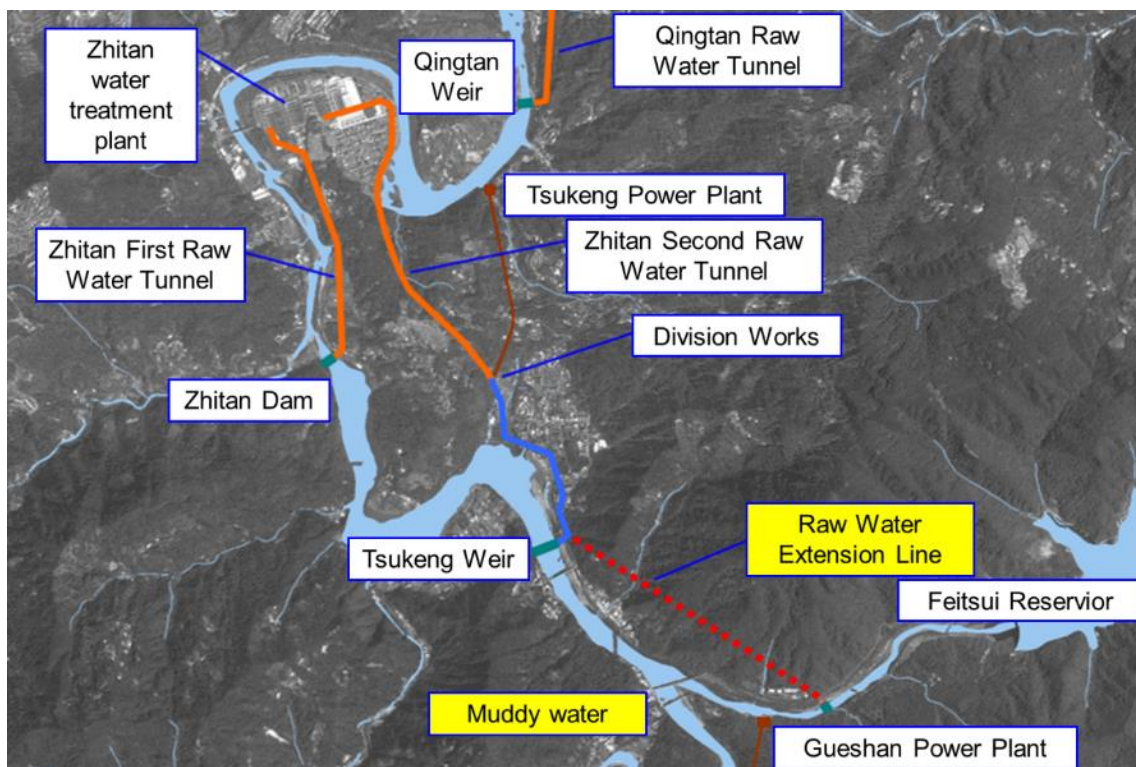


図 13 導水管延伸計画概要

TWD の最終的な目標は台北市でスマートウォーターマネジメントを実現することである。SCADA、IoT、AMR の信号はすべて、ビッグデータに収束され、その後、最適化、予測にデータマイニングを適用し、経営・意思決定の支援に役立てることができる。AMR は最後のジグソーパズルのピースであり、現在はスマートメーターの設置を進めている段階である。設置には時間がかかるため、10 年後にはスマートメーターの設置が完了する段取りで進めている。

▶ Smart water management (臺北的需求)

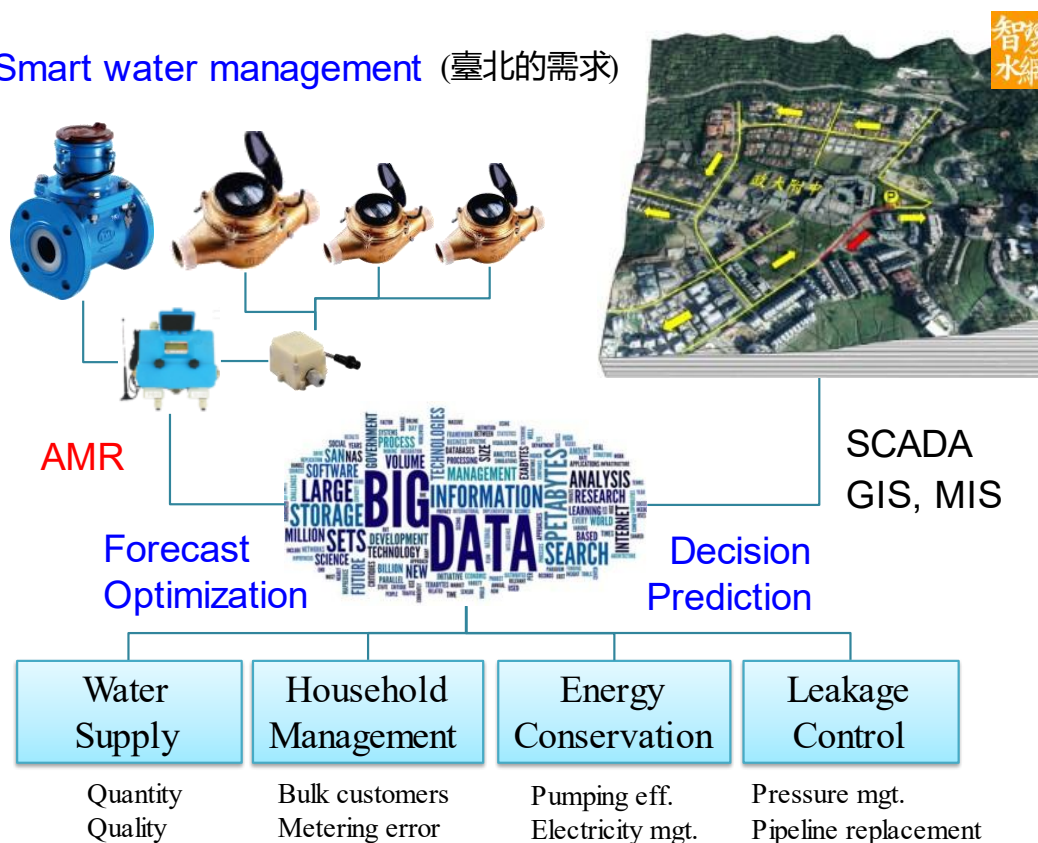


図 14 台北市におけるスマートウォーター計画

AMR とは Automatic Meter Reading の略称で、自動的にメーターの読み取りを行うシステムである。AMR システムが導入されることにより、例えば、水道料金の自動計測が可能になる。スマートメーターからデータを収集し、収集されたデータを解析することで、水道システムの管理と効率化が可能になる。

これらの最新技術を導入することで、台湾水道の供給効率や水質が向上し、住民の健康や生活環境の改善につながると考えている。

11. 財政状況について (TWC)

TWCにおける2021年の負債比率は42.46%である。これは企業の自己資金が不十分であることを示しており、全ての資本支出が債務資金に依存していることを意味している。自己資金が不十分である要因は4つある。

1つ目は原水/浄水の高コストを割く必要があることである。水資源局や灌漑局から購入している原水及びTWDから購入している浄水の割合が全体の6割となっている。

2つ目は減価償却費の増加である。過去10年間の技術的な建設により、固定資産の価値が増加し、減価償却費用も増加し、水道供給コストの最も大きな割合を占めている。これがTWCの収益に最も大きな影響を与えている。

3つ目は膨大な利子費用である。巨額の利子費用が収益を食いつぶしている状況である。

4つ目は凍結された水道料金である。TWCは改定の要望はしているものの、水道料金を29年間改定できていないとのことであった。これら4つが運営費用を圧迫して収益赤字となっている主な要因である。

この財政状況を少しでも改善するために、TWCでは収入を増やすための戦略を考えた。

それは、使用予定の無くなったオフィスを賃貸物件として貸し出すというものである。貸し出しにあたって、建物の改装等も積極的に認めているようであった。また、87の配水池と浄水池の上に太陽光発電システムを設置しているとのことだった。

太陽光パネルの設置は私の所属する事業体でも実施しているが、賃貸物件にするという柔軟な発想はなかなかできなそうだな、と感心した。



図15 貸出前(左)と後(右)の施設外観

12. 配管更新と漏水防止について (TWD)

過去 60 年間、TWD は、水資源需要の増加に追いつくため、より多くの地域に水の供給を拡大することに焦点を当ててきた。そのため、市内の配管が約 10 平方キロメートルの地域に集中してしまっている。

台北は、何ヶ月も雨が降らないと、渇水に陥る可能性がある。2002 年には、最も深刻な干ばつ災害が発生している。南勢溪の流量が不足し、翡翠ダムの水位が急速に低下し、台北市は 53 日間にわたり部分的な断水となった。断水期間は人々が水を取るために並ばなければならなかった。その後、台風が来て水位が急上昇し、制限措置が解除されたが、それぞれの家庭は断水に備えて多くのバケツを用意している。

TWC は、水道管網の品質を改善し、漏水率を低下させ、2002 年に発生した水の配給制限の再発を防止するために、2003 年に供給管網システムの改修を加速することを決定し、漏水改善の中長期計画を推進している。23 億元を投資し、大口径のメイン配管の更新だけでなく、各家庭への分岐配水管を最先端のステンレス製のパイプに無料で交換することも実施している。現在の 20 年間の長期計画では、2025 年までに漏水率を 10%以下に低下させることを目指しており、2022 年の漏水率は 11.2%となっている。(2005 年は 27%)

水源が不安定な状況が常態化していることから、漏水率の低減は TWD にとって重要な課題となる。TWD は、管線の交換、漏水検査、漏水修理、圧力管理といった 4 つの漏水管理の軸に基づいて、漏水管理を行っている。TWD は DMA という考え方を使用して、管線の漏水状態を評価している。DMA (District Metered Area) は、大きな水供給エリアをより小さなエリアに細分化することを指し、各エリアの入口と出口にバルブ、フローメーターなどの設備を設置することで、そのエリアの水供給を常に監視及び制御できるようにする。監視により漏水が深刻な DMA を発見・選択し、配管の更新を行うことで、管網漏水を大幅に減らすことができる。TWC はこの考えに基づいて 16 年間で 4 3 0 の DMA で配管を更新し、これらの地域で収益率が上昇した。すなわち、漏水率の低減に成功したということである。

DMA の使い方として、最少夜間流量を使用して水漏れが発生しているセクションを特定する方法、深刻な水漏れがある可能性がある配管を直接的な方法を使用して特定する方法、建設欠陥の検査として利用する方法等がある。これらの方法等により発見した漏水箇所配管を更新するにあたっては、本管からの取出管については高価な波形ステンレス管を採用し、再度の水漏れが発生しないようにした。本管については日本の NS 耐震管を採用している。具体的な漏水場所は音聴棒や各種機器を用いて検知している。

以上の方法で漏水検知、配管更新を実施しており、配管交換率は IWA が示す 1.5%という基準を 2005 年から継続して超えている。

1 3. 施設見学 (Zhitan 浄水場)

Zhitan 浄水場は、新店溪を水源とする、TWD の給水量の 97.5%を請け負っている浄水場である。

施設能力は 340 万 m³/日で、一日あたり平均処理水量は 200 万 m³/日である。処理方式はオーソドックスな凝集沈殿—急速濾過方式である。水源水質が良好なことからか、活性炭設備は無いようであった。水処理において原水水質で日頃から気にしている項目はアンモニア態窒素であるとのことだった。

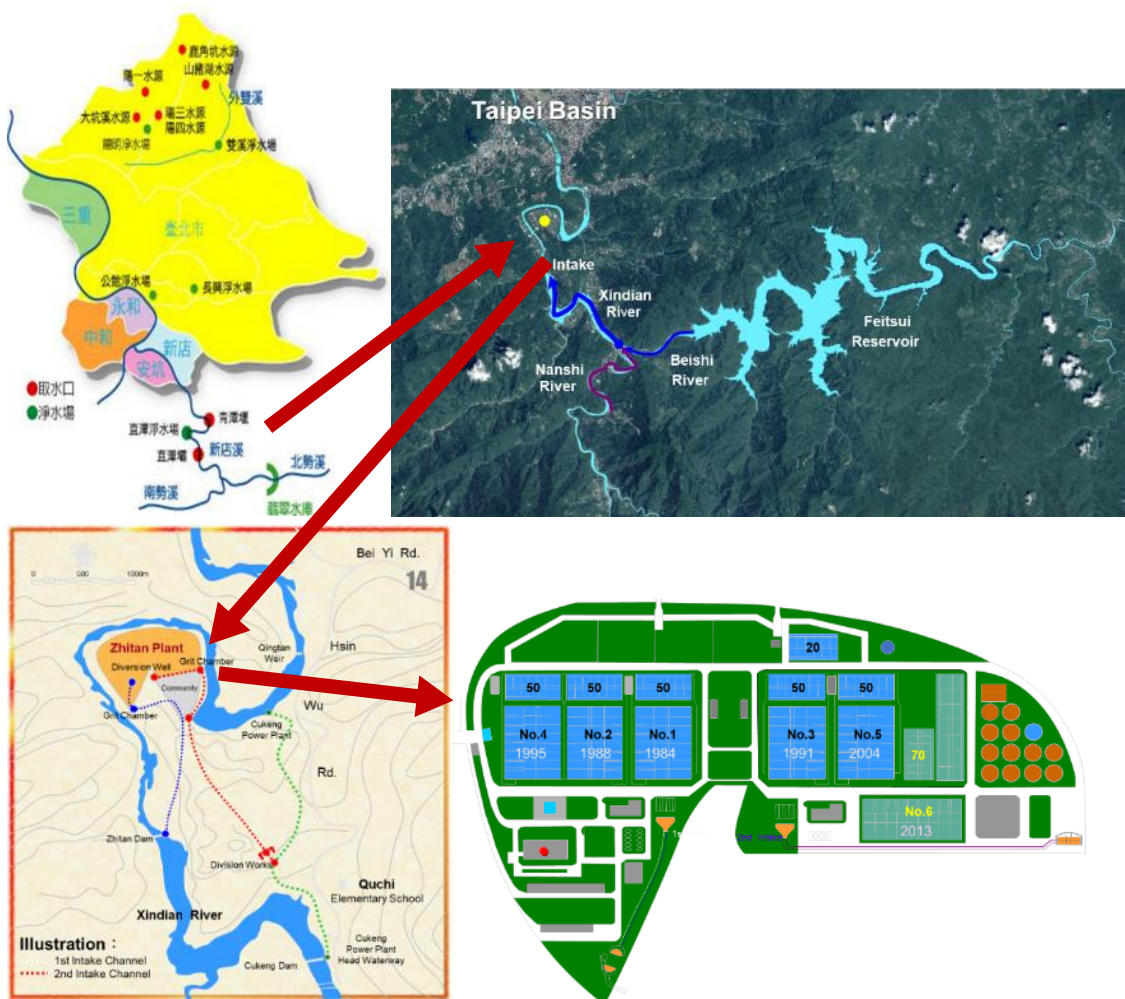


図 16 Zhitan 浄水場の所在置と場内施設図

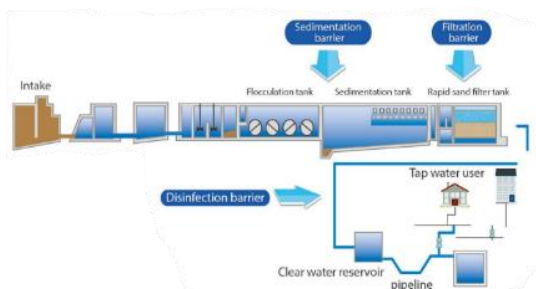


図 17 Zhitan 浄水場の浄水処理方式

台湾の水道は、当時猛威を振るっていた伝染病の撲滅のため、イギリス人ウィリアム・K・バルトン (William K. Burton, 1856-1899) を迎えたことにより始動した。バルトンは最初に淡水での水道施設を設計し、1899年に台湾で最初の近代的水道施設を完成させた。バルトン自身は1899年に病死することになったが、その意思は日本人技師でバルトンの教え子であった濱野彌四郎に引き継がれた。そして、バルトンの構想を元として1909年に台北に初の水道施設が完成し、その後台湾全土で水道施設の建設・稼働が進んだ。

そして、1958-1965年に第1期の Zhitan 浄水場建設が完成し、日量 30 万 m³ の施設能力の浄水場として稼働し始めた。その後、追加の建設を重ね、現在の超大規模浄水場が出来上がっていった。



Chang Kuo-Hsin 氏による台湾水道の成り立ちの説明

パネルによる説明の後には、浄水場全体の構造や池の内部構造がわかるような模型を見せていただいたきながら説明を受けた。処理系統は大きく分けて6系統あること、急速攪拌池はフラッシュミキサー、フロック形成池はフロキュレーター、沈澱池は傾斜管を採用していることなど説明していただいた。

その後は管理室を見学した。CRTが複数台並べられ、直員が常に監視しているという、親近感のある形式だった。壁に貼ってあった交代勤務表によると、1つの直は8人で構成されており、全部で4直あるようだった。そして、0-8時、8-20時、20-24時、非番の4交代制であるようだった。また、管理室での見学の最後には Zhitan 浄水場で作られた浄水を試飲した。海外の水ということでレストラン等では口にしていなかったが、いざ飲んでみると、美味しさに驚いた。



模型による説明の様子。内部構造までわかる模型で、理解しやすかった。



管理室の様子。手前にパソコンを用いたモニタリングシステム、壁面には制御盤流量や水質計器の計測値などが取水～給水先まで系統立ててわかるようになっている制御パネル。

淨水科直潭淨水場112年2月輪值排(代)班表

班別	甲班	乙班	丙班	丁班
中央控制室	郭望琴	蘇立平	張新豪	蔡文章
電氣控制室	葉振雄	朱家烈	張學華	盧祖森
加煤室	李金宗	林文雄	張智政	蘇澤成
二、三、六期	吳文龍	許崇輝	阮福孝	林祐廷
一、二、四期	朱遠志	林柏亦	高子義	吳大亮
直潭淨水	劉勇民	李國煌	王建奇	周明輝
黃埔橋入口	林宜佑	朱家茂	魏文聖	謝華新
黃埔橋出口	梁錦廷	陳志垣	高得榮	潘記龍

日期	甲	乙	丙	丁
09-08	丁	甲	乙	丙
08-23	乙	丙	丁	甲
20-24	甲	乙	丙	丁
輪值	黃	丁	甲	乙

日期	甲	乙	丙	丁
2月				
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				

日期	甲	乙	丙	丁
01-01	郭望琴	蘇立平	張新豪	蔡文章
01-02	葉振雄	朱家烈	張學華	盧祖森
01-03	李金宗	林文雄	張智政	蘇澤成
01-04	吳文龍	許崇輝	阮福孝	林祐廷
01-05	朱遠志	林柏亦	高子義	吳大亮
01-06	劉勇民	李國煌	王建奇	周明輝
01-07	林宜佑	朱家茂	魏文聖	謝華新
01-08	梁錦廷	陳志垣	高得榮	潘記龍

收班人員表

日期	甲	乙	丙	丁
01-01	郭望琴	蘇立平	張新豪	蔡文章
01-02	葉振雄	朱家烈	張學華	盧祖森
01-03	李金宗	林文雄	張智政	蘇澤成
01-04	吳文龍	許崇輝	阮福孝	林祐廷
01-05	朱遠志	林柏亦	高子義	吳大亮
01-06	劉勇民	李國煌	王建奇	周明輝
01-07	林宜佑	朱家茂	魏文聖	謝華新
01-08	梁錦廷	陳志垣	高得榮	潘記龍

附註說明

- 一、輪班人員應於換班及四時前進入或換班均應準時。
- 二、如遇急事請向直潭淨水場主任或主任代理人請假。
- 三、如遇急事請向直潭淨水場主任或主任代理人請假。
- 四、如遇急事請向直潭淨水場主任或主任代理人請假。
- 五、如遇急事請向直潭淨水場主任或主任代理人請假。
- 六、如遇急事請向直潭淨水場主任或主任代理人請假。
- 七、如遇急事請向直潭淨水場主任或主任代理人請假。
- 八、如遇急事請向直潭淨水場主任或主任代理人請假。
- 九、如遇急事請向直潭淨水場主任或主任代理人請假。
- 十、如遇急事請向直潭淨水場主任或主任代理人請假。

製表：[簽名] 場長：[簽名] 科長：[簽名]

直勤務表



Zhitan 淨水場で作られた水道水を試飲している様子

最後に、実際の池を見学した。実際に歩き出してみると、改めて Zhitan 浄水場の規模の大きさに驚かされた。また、初めて傾斜管を見ることができた。

また、我々の見学にあわせてろ過池の洗浄をしていただいたようで、貴重な経験をさせてもらうことができた。



フロック形成池



沈澱池の傾斜管



洗浄中のろ過池



運用状態のろ過池

浄水場の見学としては以上だったが、休憩時間に試験室も見せていただくことができた。試験室には各処理工程の水がサンプリングされており、現場に行かずとも採水分析ができるようになっている。機器としては濁度計、ジャーテスター等の基本的な理化学機器が置いてあったものの、GC-MS等の分析機器は1台も設置されていなかった。こういったところからも水質の良さが伺える。珍しいところでは、私の事業体では見たことのないマンガン濃度計が設置されていた。



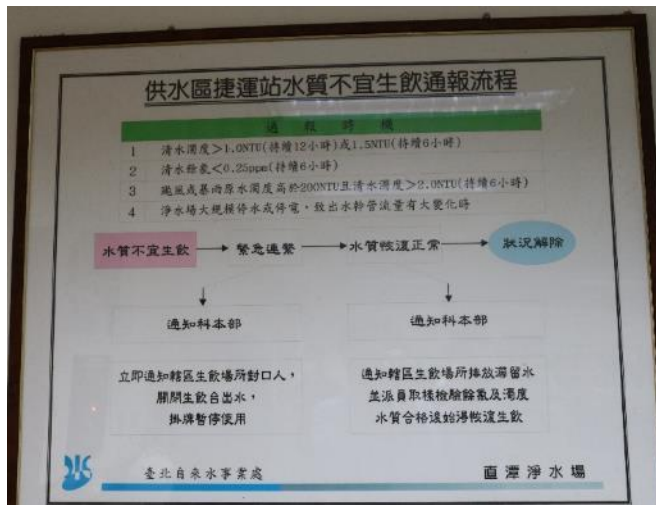
サンプリングができる流し



試験室全体像



マンガン濃度計



水質が不適当な際の連絡基準

おわりに

私は入庁1年目だった平成27年の8月に大学時代の友人たちと台湾旅行をした経験があった。当時の旅行はとても楽しく、またいつか台湾に行きたいと考えていた。そんな中で、台湾の水道事情を台湾で学ぶという研修への参加募集があったことから、以前旅行に行った際は考えてもいなかった視点で台湾を見てみたい、と強く感じ、手を挙げさせていただいた。

最初に手を挙げたときは令和元年度末だったが、新型コロナウイルスの状況もあり、実際に研修が開催されたのは3年後だった。今年度も延期になってしまうかな、と少し諦め

ていたが、無事研修ができるような状況にまで新型コロナウイルスの感染状況が落ち着いてきて、本当に良かったと思う。

今回の研修に際して、自身の中で唯一不安だったことは、やはり英語でのコミュニケーションだった。あまり喋れないことを直前になって焦ったが、英語のコミュニケーション能力向上が目的なのだからと割り切って挑戦してみることにした。

研修が始まってからは、移動も含めて1週間足らずという短い期間ではあったが、非常に充実した毎日であった。心配していたコミュニケーションについても、うまい英語を話すことができなかつたと思うが、きちんとやり取りができたと思う。特に、浄水場見学や講師の方々との食事会では、自ら英語で質問でき、だんだんと会話を楽しんでいたと感じる。研修で最も刺激を受けたことは、台湾の水道マンはみな仕事に対する誇りと情熱を持っているというところである。現状をより良くしようと、様々な分野で新しいことに挑戦しようとし、良いものはどんどん取り入れていこうという姿勢、それを大変と思わずに楽しめているのだろうか、というところに、非常に熱いものを感じた。

共に学んだ研修生の仲間も、研修中は真剣で積極的な姿に刺激を受け、研修以外の時間は賑やかに楽しく過ごせる、非常に気のいい方々だった。とても充実した時間を共に過ごすことができたと思う。

日本では経験できないような貴重な時間を共に過ごすことができたことについて、研修参加者の皆様に感謝申し上げるとともに、今後皆様が一層ご活躍されることを祈念する。最後に、本研修を企画していただいた渡部様をはじめとした日本水道協会の皆様、通訳の鳥山様、我々を快く迎え入れてくれた CTWWA,TWC,TWD の皆様、私を送り出してくれた職場の皆様、今回の研修に関わったすべての皆様に改めて感謝の意を表したい。



Zhitan 浄水場管理本館前での記念撮影。下段中央は Yang, Long Wu 氏 (CTWWA)