

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：小樽市水道局 水質管理課 谷 佳典

研修期間：令和5年2月20日（月）～2月25日（土）

報告書作成日：令和5年3月31日（金）

目次

1 はじめに

2 研修概要

- (1) 研修目的
- (2) 研修日程
- (3) 参加者
- (4) 台湾の概要

3 研修報告

- (1) 台湾水道協会について
- (2) 台湾における水道事業の概要
- (3) 水道事業における企業統治
- (4) 料金設定・利用者とのコミュニケーション
- (5) 災害対策・アセットマネジメント
- (6) 水源・浄水処理・水質基準・水質管理
- (7) 配水・給水システム
- (8) 導入されている水道関連の最新技術
- (9) 直潭浄水場見学

4 研修総括

- (1) 研修を受講した成果と目標の達成度
- (2) おわりに

参考文献

1 はじめに

令和 2 年 1 月に令和 2 年度国別水道事業研修の参加者募集の連絡を受けた際、英語は苦手だが海外の水事情を学びたいと思い、すぐ上司に相談し、推薦の依頼を行った。結果的に新型コロナウイルスの影響により 2 年連続で中止となったが、日本水道協会（JWWA）と台湾水道協会（CTWWA）の関係者の方の尽力により、3 度目の正直で研修に参加することができた。この場を借りて感謝を申し上げる。

私自身は水質管理業務に携わり 9 年が経過し、日々新たな発見がある現在の業務に満足している一方、水質管理以外の水道事業の知識を習得し、専門性の面でさらに幅を広げたい、と思ったことも本研修の参加を希望した動機の一つである。本研修は全国各地の水道事業体から様々な職種の方が集うため、参加者が担当する業務内容や各事業体の置かれている状況を聞くことは、自らの糧になると考えた。

今回研修に参加して、日本の水道事業と考え方が異なる点及び同様な点の両方を学ぶことができた。さらに、台湾の文化・生活習慣を理解することで、台湾国民が持っている水道に対するイメージの一部を知ることができた。また、両国の研修参加者との親睦を深めることで、専門性だけでなく、コミュニケーションスキルや人間性の面でも成長できたと感じている。

以下、本研修の内容について報告するが、講義内容及び資料はほぼ全て英語である。通訳の鳥山氏をはじめとして、研修参加者のサポートもあり、可能な限り正確に把握するよう努めたが、誤りがある場合、全ての文責は私自身にあることをご了承願いたい。

2 研修概要

本研修は JWWA が主催する、水道事業体の中堅職員を対象とした国際研修である。今年度は令和 5 年 2 月 20 日から 2 月 25 日までの日程で、台湾・台北市に本部がある CTWWA を訪問した。日本からは 10 名が参加し、台湾の水事情に携わる講師の解説により、企業統治や料金設定、災害対策、水源、配水システム等、幅広い分野の講義を受講した。

(1) 研修目的

JWWA の国際研修実施要領に掲げられている、本研修の目的は以下の 3 点である。

- ① 国際的視野を持つ人材の育成
- ② 英語能力の向上
- ③ 専門性の向上

上記はいずれも水道技術者として求められる資質であるが、研修をより主体的な姿勢で受講するため、以下の 3 点を個人的な目的として設定し、研修に臨んだ。

- ① 台湾の水事情・文化を学ぶこと
- ② 自身の英語能力の確認及び向上
- ③ 水道事業に関する幅広い知識の習得

(2) 研修日程

月日	時間	プログラム
2月20日(月)	14:15	羽田空港発(CI221便)
	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: Wu Yang-Long 氏 (CTWWA)
	9:15-9:45	講義: 日本の水道の現状、研修生自己紹介 講師: 渡部 英 氏 (JWWA)
	9:45-10:15	講義: CTWWA 及び台湾の概要 講師: Wu Yang-Long 氏 (CTWWA)
	10:30-12:00	講義: 台湾の水道の現状 講師: Lin Jia-Huang 氏 (TWC)
	13:00-14:30	講義: 企業統治 講師: Jin Tieh-Shang 氏 (TWC)
	14:45-16:15	講義: 水道施設のバックアップ計画及びメンテナンス 講師: Chang Kai-Ping 氏、Wu Cheng-Chen 氏 (TWD)
2月22日(水)	9:00-10:15	講義: 水源について 講師: Ou Shang-Hsin 氏 (TWC)
	10:30-12:15	講義: 料金設定 講師: Lin Chia-Wen 氏 (TWD)
	13:15-14:45	講義: 利用者とのコミュニケーション 講師: Lin Hui-Ya 氏、Hsu Chia-Hsuan 氏 (TWD)
	15:00-16:30	講演: 台北市における最新技術 講師: Huang Chin-Ling 氏 (TWD)
2月23日(木)	9:00-10:15	講義: 台湾水道公社の財務状況 講師: Lai Yu-Jou 氏 (TWC)
	10:30-12:15	講義: 台湾水道公社の水質管理及び研究 講師: Chang Sang-Ni 氏 (TWC)
	13:15-14:45	講義: 配水システム 講師: Huang Yu-Tai 氏 (TWD)
	15:00-16:30	講義: 台北市における給排水システム 講師: Chang Shin-Hsun 氏 (TWD)
	16:30-17:00	閉会挨拶: Wu Yang-Long 氏 (CTWWA)、 渡部 英 氏 (JWWA)
	17:30-	懇親会

2月24日(金)	9:00-11:30	直潭浄水場見学 講師：Chang Kou-Hsin 氏 (TWD)
	13:00-	フリータイム
2月25日(土)	8:50	台北松山空港発 (CI220 便)
	12:30	羽田空港着 (時差+1 時間)、解散

*TWD：台北市水道局、TWC：台湾水道公社

(3) 参加者 (所属部署及び役職は研修当時)

【研修生】

谷 佳典	小樽市水道局水質管理課 主任
小原 富太 【団長】	岩手中部水道企業団工務課 主任
北條 祐真	埼玉県企業局埼玉県行田浄水場水質担当 主任
牧野 真補	愛知県企業庁水道計画課 主査
田中 勇毅	京都市上下水道局水道部新山科浄水場 係員
小林 隆之	岡山市水道局配水部東管路整備課 技師
柳楽 拓也 【副団長】	出雲市上下水道局水道施設課 主任技師
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・通訳】

渡部 英	日本水道協会研修国際部国際課 国際係長
鳥山 恵美子	通訳



写真 1. 参加者集合写真 (台湾水道協会前にて)

(4) 台湾の概要

台湾は、面積が約 3 万 6 千平方キロメートルと九州よりやや小さい島国である*1。人口が約 2,326 万人、主要産業が半導体をはじめとする電子製品、化学品、鉄鋼金属、機械等の製造業である。気候は亜熱帯および熱帯であるものの、訪問した 2 月は冬季に位置付けられ、雨が多く降る。実際、滞在していた期間も大雨ではないものの、連日雨が降っており、最高気温も 15～20℃程度と肌寒かった。

今回訪問した台湾の首都である台北市は人口約 248 万人、宮古島とはほぼ同じ緯度に位置する。近年の高度成長により、商業や経済貿易、そして政治、文化、教育等さまざまな都市インフラが整備された、台湾における政治経済の中心であるとともに、アジア太平洋における交通の要衝となっている*2。また、歴史的建造物と現代建築が共存する街並みも魅力の一つであり、海外から多くの観光客が訪れている（写真 2）。

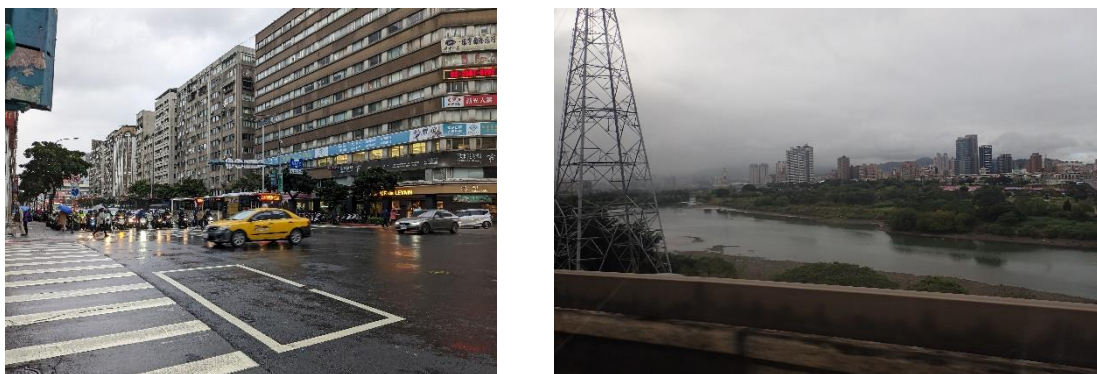


写真 2. 台北市街中心部の風景（左）、台北市郊外の風景（右）

3 研修報告

(1) 台湾水道協会について

台湾水道協会（CTWWA）の前身は 1950 年 6 月に設立された中華民国水道協会であり、1967 年 11 月に改名し、現在に至っている。CTWWA には 4 つの水道事業体と水源管理を管轄する中央政府の 4 官庁、そして 31 社の民間企業が加盟している。人口規模の割に民間企業の加盟数が少ない印象を受けるが、さらに 6,000 近くの自営業者が加盟しており、水道の現場を支えている。

組織体制は JWWA と似ており、理事長をトップとして 5 つの課と 8 の委員会から構成されている（図 1）。課は協会事務課、サービス課、総務課、人事課、会計課があり、サービス課の下には研修部門、試験所、検査部門がある。一方、委員会は諮問委員会、国際委員会、編集・発行委員会、会員事務委員会、財務委員会、技術調査委員会、経営調査委員会、青年委員会から構成されている。

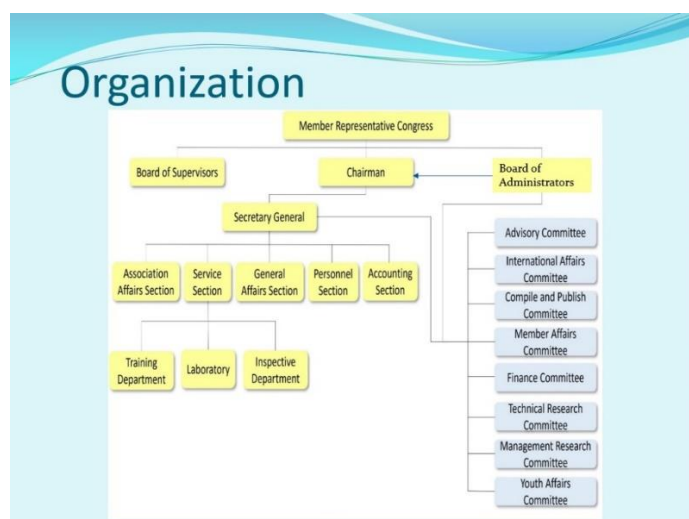


図 1. CTWWA の組織体制

直近 5 年間は 2018 年度を除き繰越金があり、財務状況は良好である。主な収入源は設備検査料であり、2021 年度における収入の 70%弱程度を占める。一方、支出は人件費と事業費をあわせて 90%弱を占め、事業費には学会参加費や大学との共同研究費、研修費用が含まれる。

検査部門は 2002 年台南に設立され、検査員は ISO/IEC 17025 の認証を、検査機関と機器試験所は台湾認定財団の認証を取得している。CTWWA における検査の信頼性を担保する仕組みは JWWA と似ており、JWWA は JWWA 規格もしくは JIS 規格に基づいて企業の工場を検査・認証を行うのに対し、CTWWA は経済部標準検験局が管轄する CNS (Chinese National Standards) 規格に基づいて行う。今述べた 3 つの規格はいずれも第三者検査機関として水道事業者から信頼されており、認証を得た製品を使用する義務は法律上ないが、日本同様、台湾の水道事業者は CNS 認証を取得した製品を選択して使用する。講師の Wu Yang-Long 氏（事務局長、写真 3）は「CTWWA が行う検査・認証は、法律上の規制に代わるものかもしれない」、と述べていた。



写真 3. 説明する Wu Yang-Long 氏（左）、研修受講風景（右）

(2) 台湾における水道事業（台北市水道局と台湾水道公社）の概要

先に述べたように、台湾には4つの水道事業者があるが、それらは1974年に再編されて誕生した。台湾本土は台北市と一部周辺地区の水道事業を担う台北市水道局（TWD）とそれ以外の台湾本土地域の水道事業を担う台湾水道公社（TWC）の2つの水道事業者で構成されており（図2）、TWCが台湾本土における給水区域面積の90%を賄っている。4つの水道事業者は株式会社の形態で運営されているものの、構成株主は全て中央政府や自治体政府であるため、実質国営企業といえる。

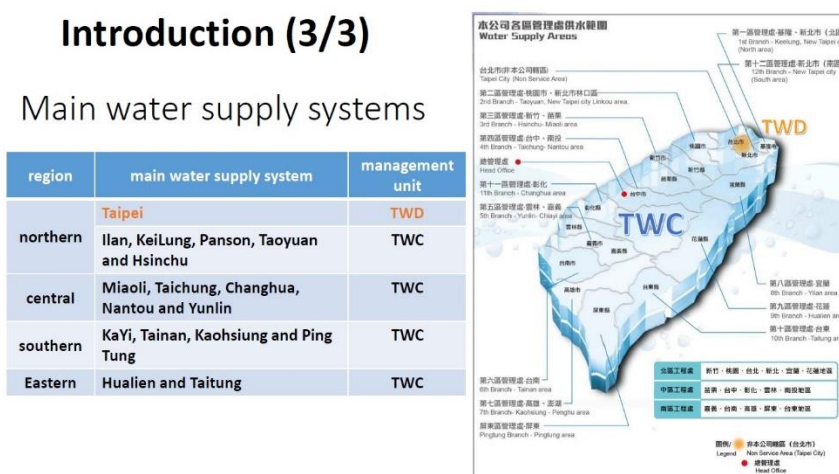


図2. TWD と TWC の給水区域図

TWD は台北市政府が筆頭株主であり、2022年時点で給水人口は約370万人、普及率99.6%、給水区域面積434km²、1日平均給水量250万m³であり、うち65万m³はTWCへ供給している。水道本管の総延長は3,938km、給水管の総延長は2,359km、5つの浄水場と156のポンプ場を所有し、職員数は約1,000人と台湾国内ではTWCに次ぐ大規模事業者である。

第二次世界大戦後、台北市は経済発展により人口が急速に増加し、公共のニーズを満たすため、1958年から2005年までで5期の拡張事業が実施されているが、2020年からは水道施設の更新期に入っており、アセットマネジメントと並行して災害に強い水道システムの構築に注力している（詳細は後述）。

一方、TWCは現在13の地区管理事務所、27の給水所、96の営業所、大規模な施設整備を担当する3つの工事事務所で構成されている。株式の85%は中央政府の経済部が所有している他、128の水道事業者を統合して設立された経緯から、自治体政府も株主となっており、資本金は1,475億NT\$（2023年2月時点のレートで約6,500億円）と日本のトヨタ自動車株式会社（2022年3月末時点で6,354億円）とほぼ同規模である。

2021年時点における給水戸数は745万戸、普及率94%、1日平均給水量約1,200万m³となっており、1974年の設立以降、いずれの項目も増加傾向ではあるが、近年はその速度

が鈍化している。管路も年々延長され、この 10 年で約 8,000km 延長されている。送配水管の材料はダクティル鑄鉄管と樹脂管が主流となっており、ダクティル鑄鉄管は主に 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。

(3) 水道事業における企業統治

台湾には中央政府や自治体政府による出資（株主）が 100%の国営企業は 3 業種ある（電気・石油・水道）。これら 3 国営企業の職員は日本の公務員と同様の身分であり、企業価値を上げることよりも健全な経営を持続させることを優先して運営されている。企業統治の狙いは一般的に、①企業の経営陣、取締役会、株主、及びその他全ての利害関係者一連の関係を明確に定義すること、②企業の目標設定・達成状況を監視するシステムを構築すること、③法令順守の徹底、不正や違反行為を防ぐことで企業の持続的な成長を促すことにある。台湾の水道事業は公社という性質上、台湾国民のために運営されているため、通常の民間企業より厳しい監視が必要となる。

企業統治が求められる理由として、①外部から獲得した資金を活用することに対して責任を果たすため、②獲得した資金を可能な限り低いコストで活用するため、③企業業績を改善させ、持続可能な経営を行うため、④企業及び株式の価値を向上させるため、⑤企業の危機や不祥事を避けるため、が挙げられる。公社の場合、③及び⑤の優先順位が比較的高く、④は低い、全て健全な経営を永続的に行うために必要な項目である。

企業統治の手法として、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決められたルールを遵守、⑤株主の権利を保護、⑥利害関係者の権利を認識、⑦適切なタイミングで正確な情報開示、⑧取締役会の責任を明確にすることである。日本でも、これらを実施している民間企業は年々増加しており、企業の信頼性に影響を与える。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。



写真 4. 企業統治について説明する Jin Tieh-Shang 氏

(4) 料金設定・利用者とのコミュニケーション（台北市水道局における事例）

台湾における水道料金は基本料金と水道使用量に応じた従量料金、水源保護料金、下水道使用料金等の合算によって算出される。

基本料金は減価償却費や運用保守費、設備のメンテナンス等の固定費の一部を賄うために徴収される。ただし、基本料金に基本水量が含まれていない点が小樽市の水道料金設定と異なる点である（小樽市における一般家庭の場合、 20m^3 までの使用は基本料金に含まれる）。1994年までは基本水量を含んだ料金設定であったが、TWD 史上2度目の料金改定を機に、現在の料金体系となっている。従量料金は日本と同様、使用量に応じて料金単価が上昇する段階的料金体系を採用している。これは節水を促す仕組みになっており、多く使用する利用者に負担を求めるものである。

水源保護料金は水資源保全をはじめとする環境保護、生体保全に関するインフラ整備、公共福祉への還元、水源開発に適用される。この料金は中央政府の水源庁から徴収を委託されており、利用者の単価は $0.5 \text{ NT\$/m}^3$ （日本円で約 2 円/m^3 ）となっている。下水道料金は下水処理システムの維持・運用を支援するため、 $5 \text{ NT\$/m}^3$ 徴収される。この料金も台北市政府公共事業局の下水道システム事務所から水道料金と合わせて徴収するよう委託されている。これらの料金は最終的に請求書に加算され、使用量に基づいて計算される。

これらに加え、使用場所によってはポンプ施設維持費が加算される。つまり、同じ台北市に住んでいても、標高が高い山岳地域や配水池から遠隔地に住んでいる場合は送水ポンプの必要数が増加するため、ポンプ施設メンテナンス費用として追加で水道料金に加算されるものである。日本の水道事業ではありえない料金設定であるが、受益者負担という観点では合理的とも考える。

台湾の水道法では、水道料金を決定するための条文が以下のように規定されている。

水道料金は、水質と、収入から費用を差し引いた合理的な利益を考慮して決定する。計算式及び詳細項目は所管官庁が定めるものとする。市、県、または市の担当機関が規定したものは、承認のために中央政府の担当機関に提出するものとする。水道事業者が提案する水道の詳細な価格設定または水道料金の調整は、担当当局の承認を受けなければならない。（後略）

水道料金は運用コスト、設備投資、技術革新、環境対策、将来的な物価変動等様々な要因を考慮した水道料金計算式に従う必要がある。水道料金改定を行う場合、以下の手順で進められる（図3左）。

①：水道料金改定計画書を作成する。水道事業者は変更理由や予想される利用者への影響等、料金改定の概要を示す計画を作成する必要がある

②：専門家、学者、消費者保護団体関係者等から構成される水道料金審査委員会へ計画書を提出し、意見に応じて内容を修正し、承認を得る

- ③：修正された水道料金改定計画書は台北市政府へ提出し、承認を得る
- ④：台北市議会に審議をかけ、承認を得る
- ⑤：市議会の承認後、中央政府経済部へ新しい水道料金体系を報告し、承認を得る
- ⑥：台北市政府によって新しい水道料金が発表され、正式に実施される

非常に煩雑なプロセスを通過しなければならないことに加え、政治的な影響も受けるため、TWD では過去 3 度しか料金改定を行っていない（1980 年、1994 年、2016 年）。2016 年時は、人々の基本的な生活を守る、水使用の格差率を拡大する、給水コストを合理的に反映し徐々に水道料金を上げる、の 3 点を方針として掲げ、改定作業を行ったとのことである（図 3 右）。

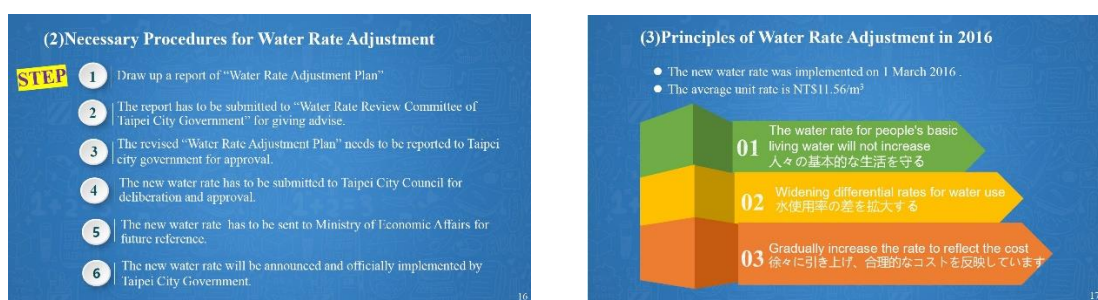


図 3. TWD における料金改定の手順（左）、料金改定方針（右）

水道料金の値上げで得られた収入は、水インフラプロジェクトと利用者サービスの向上のために活用している。前者の例として、水源開発や浄水場の処理能力向上のための投資であり、後者の例として、スマートメーターの導入や宅内の漏水調査、節水設備の設置サービス等である。特に漏水調査は修理を促すため、費用の半額を負担している。

TWD では、2001 年にカスタマーサービスセンターを設立し、使用者からの問い合わせを一括して受け付けている。受付方法は電話とオンラインの 2 種類あり、主に水道料金に関することや漏水判定（年間 500～600 件程度）の依頼を受け付けているとのことである（水質苦情の受付はあるか質問したところ、受付実績はないとの回答であった）。電話もしくはオンラインでの処理率は約 93%であり、現地へ職員を派遣するケースは 7%を占めている。カスタマーサービスセンターは総勢 28 名の職員で構成され、そのうち直営職員 9 名と外部職員 13 名で 24 時間の電話対応を担当している。経験豊富な直営職員と若く熱心な外部職員が協力し、効率的な運営を行っている。

一方、窓口サービスも対応しており、平日朝 8 時 30 分から 17 時 30 分まで料金の支払いや各種サービス申し込み、ペットボトル水の販売を行っている。窓口サービスは 2016 年からペーパーレス化を進めており、PC 上で情報の自動読み込み、身分証明書のデジタル化、電子署名の導入により、紙媒体の申請書を廃止し、年間 30,000 件を超える対応で、紙の使用枚数が 16 万枚以上削減された。2014 年から TWD は TWC 及び台湾電力と申請書を共通化し、一つの窓口で全ての申請書をまとめて提出できるようになった。

利用者からの問い合わせに対して現地へ職員を派遣する場合、担当部署へ問い合わせ内容を直接送信し、その後の対応状況を含め情報共有を行うとともに、事後の満足度調査も実施し、一貫した工程管理を行っている。カスタマーサービスセンターの職員は直接利用者となり取りすることが他職員よりも多いため、要望をいち早く理解することを心掛けているとのことであった。

(5) 災害対策・アセットマネジメント（台北市水道局における事例）

台湾は日本と同様、台風と地震による被災が多い。2009年に台湾を襲ったモラコット台風では世界最高の降雨量を記録し、洪水や土砂崩れが発生したことに加え、原水の最大濁度が12,000度に達したため、給水区域の7割を受け持つ直潭浄水場が取水停止に追い込まれている。また、1999年に発生したマグニチュード7.3の地震では2,000mmの大口径の鋼管が激しく変曲し、多大な被害を受けた（図4左）。

この経験から、①台風対策、②地震対策、③非常時の給水システムの確立し、自然災害に対して強靱な水道事業体制を構築する計画を策定した。2007年から2021年までの期間で総額750億円の予算を充て整備を行ったとのことである（図4右）。

台風に対しては直潭浄水場の浄水処理能力を向上させるため、ろ過池の増設を行った。地震に対しては①重要施設の耐震性能評価及び必要な補強の実施、②直潭浄水場へ2本目の導水管の導入、③増圧送水ポンプ場の能力向上と基幹管路の延長を行い、台北市内で11に分割される給水区域全てを複線化、の3つの対策を実行した。最後に、台北市内各地に緊急給水所を設置し、災害時の水道施設破損による断水に備え、全市民に1人1日3リットルの水を28日間（施設復旧に必要な期間を想定して設定）提供できるよう整備した。

これらの施策の結果、浄水処理能力は1日当たり360万m³から530万m³へ増強され、2013年の台風時には原水濁度が7,800度まで上昇したが、濁度0.08度の浄水へ処理ができ、水道用水の供給契約を結んでいるTWCへも問題なく供給することができた。また、全ての給水区域を複線化することで、送水ポンプ等施設の保守点検時も断水することなく作業を行うことができるようになった。さらに、2021年の渇水時は給水区域の輪番制を実施することができ、利用者の負担軽減につながった。



図4. 台湾の被災事例（左）、TWDが実施した災害対策図（右）

日本では、高度経済成長期（1970年代）に整備された施設が耐用年数を超過し、近年大規模な更新ピークを迎えている。しかし、人口減少による給水収益の増加が見込めないことから、更新需要が投資費用を上回ると予測され、計画的かつ優先順位をつけた施設更新が求められている。台湾も日本同様、出生数が死亡数を下回る少子高齢化が徐々に進行しており、限られた予算から更新を実行する必要がある。

TWD では、2020 年から大規模な更新計画を策定し、①設計基準が改正される 1988 年以前に建設された施設、②1フロアの面積が 100m²以上の施設もしくは給水量が 20,000m³以上の増圧送水ポンプ場、③容量が 1,000m³以上の配水池、の条件で絞り込んだ結果、62 の施設が該当し、耐震性能評価を行った。予備評価をはじめに実施し、リスク有と判定された場合、より詳細な評価を行うこととしている。

浄水場を更新する場合、地質の安全性や土木構造物、浄水処理性能、設備点検を現地で査定した後、工事期間中のバックアップ給水計画を策定し、最適な予算や日程で整備計画を組むこととしている。土木構造物の査定は目視確認、リバウンドハンマーテストによるコンクリート強度と耐久性の評価、鉄筋の露出状態の確認を行っており、浄水処理性能の査定はユニット処理性能の評価、運用及び保守データ分析、パラメータの確認、各種統計データ分析を行う。さらに、ろ過池現場でろ材の表面検査、逆洗検査、ろ過速度試験、ろ材膨張試験の測定作業を行っている。具体例として双溪浄水場の更新事例が紹介され、沈砂池のみを更新するプラン A と浄水場全体の更新を行うプラン B を費用、工期、整備効果の 3 点で検討した結果、費用と工期の面ではプラン A が有利であったが、浄水処理プロセス全体を最適化できるプラン B を選定した、と説明していた（図 5）。

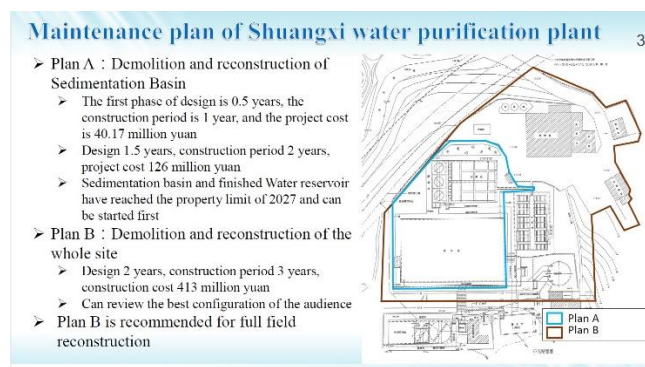


図 5. 浄水場更新における検討事例

老朽化した基幹管路(口径が 500mm 以上)の更新方法についても紹介された。使用圧力、修理頻度、およびパイプ材料/ジョイントの脆弱性を考慮してリスク評価し、更新の優先順位をつける。更新する本管に対し、開削工事の実現可能性を検討し、必要に応じて水理解析モデルの校正と検証を実施する。その際、断水の可能性とそれに対応するバックアップ計画を策定する。最後に整備計画として、工法研究を行い、関係機関との調整、費用・工期の決定後、更新工事の実行となる。

この講義を受けて、災害対策とアセットマネジメントは両輪の関係であると感じた。被災はしないに越したことはないが、それをきっかけとして施設の整備や複線化等のバックアップシステムの構築を行うことで、資産の保守点検を行うこともできる。一方、所有施設の維持管理を定期的に行うことで、耐震性能等を確認するきっかけとなり、その対応を行うことが災害対策となる。

(6) 水源・浄水処理・水質基準・水質管理（台湾水道公社における事例）

TWC における水源の利用割合はダム貯水が約 52.12%、表流水が約 32.98%、地下水が約 14.65%、海水が約 0.25%だが、地域によって利用している水源の種類と浄水場の規模が異なる（図 6）。台湾本島北部は 99%以上がダム貯水を占めており、6つの大規模浄水場で1日平均給水量が136万 m³であるのに対し、台湾本島中部は100%地下水を水源として利用しており、34の小規模浄水場で1日平均給水量が59.8万 m³となっている。一方、離島ではダム貯水と地下水に加え、海水が水源の73%を占め、1浄水場・4淡水化処理プラントで1日平均給水量が3.6万 m³となっている。

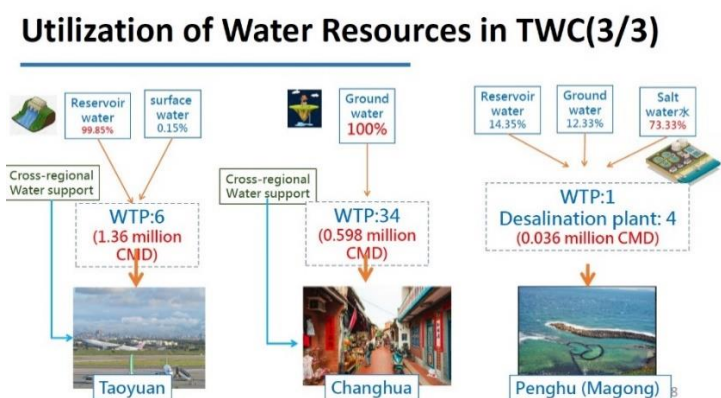


図 6. TWC における水源の利用割合

台湾本島は東側に山脈が連なる地形的事情により、河川が短く急勾配であることに加え、貯水池を設置するスペースがあまりない。さらに、近年は降雨量が不均化する傾向があり、台風による大雨時は原水の高濁度化が発生する一方、雨が降らない期間が長期化し、渇水に悩まされ、水資源に恵まれた環境とは言えない。また、水質基準が強化された場合に対応できるよう、良好な水質の水源を確保するとともに、災害時のバックアップ体制を整える必要がある。

これらの背景から、限られた水資源を有効活用するため、管理面と実務面で戦略を立てた（図 7）。

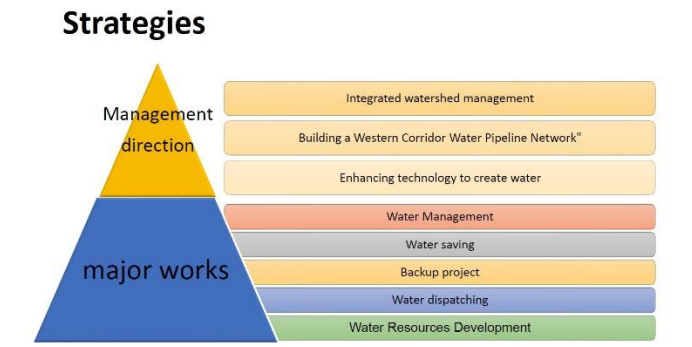


図 7. 水資源を有効活用するための戦略

管理面では「流域管理の統合化」、「西回廊水道管網の構築」、「新技術を導入による給水量増加」である。「流域管理の統合化」では中央政府の官庁と連携し、集水能力を向上させるため水源上流に植林、中流では貯水能力の向上を目的としたダム開発、下流では工業団地における節水・再生水の利用を促す活動を行っている。「西回廊水道管網の構築」は 50 年後の完成を目指しているが、台湾本島西側における北部・中部・南部の配水管を互いに接続し、水の融通ができるよう現在整備を進めている。「新技術の導入による給水量増加」の事例は、主に離島で使用する海水淡水化処理について説明された。淡水化の生産コストは他の浄水処理と比較すると非常に高く、光熱費が 60%、薬品費が 20%を占めている。海水は塩化ナトリウムの含有量が 3.5%程度だが、河口付近の水だと 1.5%まで低減され、膜処理のコストがほぼ半減すると試算されており、取水するポイントを河口付近へ変更し、コストダウンを狙うものである。河口付近の水質は有機物がやや高いのが難点だが、従来の浄水処理でも有機物の除去が求められるため、処理プロセスに支障は無いと考えている。

実務面では「水道事業に関する管理強化」、「節水に関する啓蒙活動」、「緊急時のバックアップ体制の整備」、「施設整備による給水能力の強化」、「新しい水源の開発」の事例が述べられていた。「水道事業に関する管理強化」では老朽化した浄水場を更新する際、膜処理を導入し浄水効率を向上させたほか、水道料金を改定する際、試算した更新費用を確保するため、大口顧客に関して水道料金を上昇させた。また、少しでも水を無駄にしないため、細かく区域ごとに水道メーターを設置して使用水量の経時変化をモニタリングし、漏水調査に役立てている。

「節水に関する啓蒙活動」を実施する理由は、農業で水需要が多い時期に渇水等で供給できない場合、保証金を支払わなければならないためである。そのため、農業分野においては水の使用量が多い稲作からの転換を継続して推奨している。「緊急時のバックアップ体制の整備」では、掘削して得られた伏流水を既存の配水管へ接続し水量を確保する事例や、山間部における断水や一時的に大量の給水が必要となった際、移動式膜処理設備を活用し、配水を行っている事例が紹介された。「施設整備による給水能力の強化」では淡水化処理施設を

台湾本島にも建設中である。特に台中・台南地域は半導体関連の企業が集積しており、水質面の理由からも淡水化処理設備の需要が高いとのことである。「新しい水源の開発」では、南勢溪集水池及び蘭陽溪集水池から石門ダムへ導水管を 2 本増設し、石門ダムの貯水量を増加させ、供給水量を安定化させるプロジェクトが紹介された。事業費は総額 6,300 億円になるが、降雨量が少ない時期の渇水対策として有効と考えているとのことである。

水源の水質についても説明され、近年開発を進めている地下水は、マグネシウム濃度が安定しない場所もあるため、海水や再生水の利用も並行して検討している。海水は有機銅が含まれるため、銅の検出値に気を配っているとのことである。浄水処理方法は原水水質が良好の場合は塩素添加のみのこともあるが、凝集沈殿処理・急速濾過、場合によっては活性炭処理を追加することもある（図 8）。今回見学した、台湾最大の浄水場である直潭浄水場は高分子凝集剤を用いた凝集沈殿処理・急速濾過による浄水処理を行っており、塩素添加を行うポイントは着水井（前塩素処理）もしくはろ過池通過後（後塩素処理）であった。

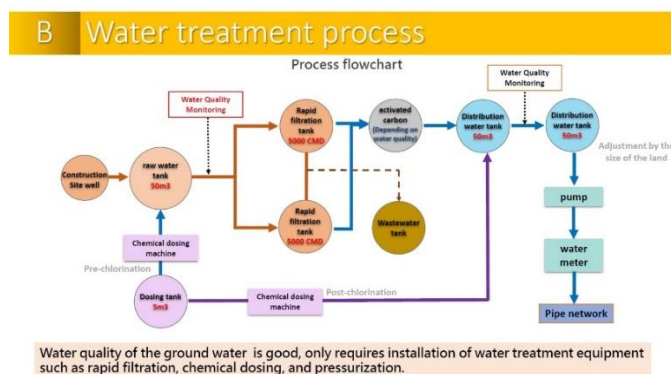


図 8. 地下水における浄水処理フローの一例

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。日本の規制もあわせ、それぞれの項目数を表 1 に示す。

表 1. 台湾と日本における水道水質関連の規制とその項目数

*は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

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*

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なく、対応する規制を敢えて挙げるなら環境基準が該当するが、台湾と項目数・基準値が大きく異なる（表2）。

表2. 台湾の原水水質基準項目と日本の環境基準項目

台湾の原水水質基準		日本の河川水道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	25 mg/L	化学的酸素要求量	3 mg/L
アンモニア態窒素	1 mg/L	pH	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	0.05 mg/L	溶存酸素濃度	7.5 mg/L 以上
鉛及びその化合物	0.05 mg/L		
カドミウム及びその化合物	0.01 mg/L		
六価クロム化合物	0.05 mg/L		
水銀及びその化合物	0.002 mg/L		
セレン及びその化合物	0.05 mg/L		

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は一部あるが、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。飲料水水質基準は生物学的な基準、物理学的な基準、化学的な基準に分類され、さらに化学的な基準は健康へ影響を与える物質、健康へ影響を与える可能性のある物質、臭味へ影響を与える物質、遊離残留塩素、pHの5つに分類される。飲料水水質基準は台湾人が飲料水に求める品質を考慮して制定されており、その算出根拠データは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（その一例として、国際がん研究機関の発がん性判定情報が説明されていた）である。これらを総合的に勘案したうえで、2017年1月に一部項目の基準値を改正、2021年に項目数を68に増加し、現在の飲料水水質基準となっている。

ただし、自然災害時は、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9）。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*³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*4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はあると思われる。



図 9. 災害時の飲料水水質基準の緩和項目

正しい判断を行うためには、正しいデータが必要である。水質検査結果も同様で、例えば測定装置の状態が不安定、もしくは適切な前処理で検査を行わなかった場合、その測定値に信頼性があるとは言えず、最悪の場合、誤った測定値から間違った評価や結論を導き出し、浄水処理や水道水の安全性に重大な影響を及ぼす可能性がある。台湾における検査結果の品質保証/品質管理方法は、ISO/IEC17025 に準じた Taiwan Accreditation Foundation の認定を受けており、日常の検査ではブランク試料や差し込み試料等コントロールサンプルによる確認を行うとともに、X-管理図や R-管理図による検証も行っている。検査員の教育も充実しており、化学分野の基本的な知識や新規技術について講習会を開催するほか、先輩検査員と技術的な議論を行うことで、問題解決能力の養成を図っている。検査頻度は残留塩素や pH、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。

コントロールサンプルを含めた全ての検査結果は「検査情報管理システム」(LIMS) に集約された後、LAN 回線を通じてデータが共有され、水質管理に利用される。TWC では、全ての項目において基準値の 80%を内部管理基準としているが、一部の項目を除いて管理基準を満たしている。管理基準を超過した場合、警報レポートが発出され、対策を講じる流れとなっている。原水における大腸菌群や全有機炭素の濃度が内部基準を超過した場合は、原水混合比の調整や凝集剤の添加量増加で対応している。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 か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 (図 10)。

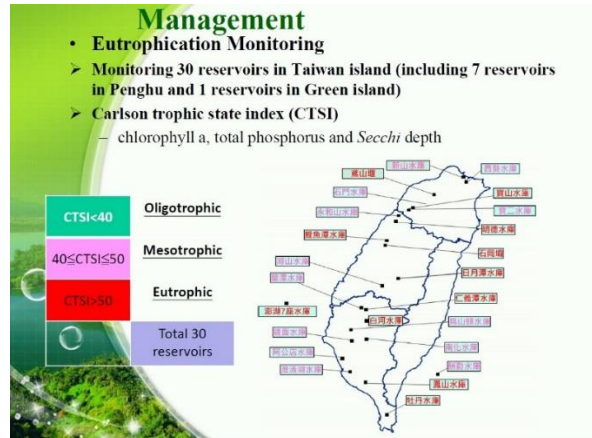


図 10. 貯水池における水質管理の一例

(7) 配水・給水システム（台北市水道局における事例）

台北市内の給水量の大部分は直潭浄水場によって賄われていることを先に述べたが、浄水場出口から先は 1 号浄水本管及び 2 号浄水本管を通じて自然流下で下流のポンプ場へ送水され、それぞれのポンプ場を通じて給水区域全体へ供給される。1 号浄水本管の全長は 17.3km、管径は 3,400-2,000mm、供給能力は 193 万 m³ であり、2 号浄水本管の全長は 17.8km、管径は 3,800-2,000mm、供給能力は 248 万 m³ であるが、2 つの浄水本管の間には、複数の接続ブランチがあり、互いに融通できるようになっている（図 11）。

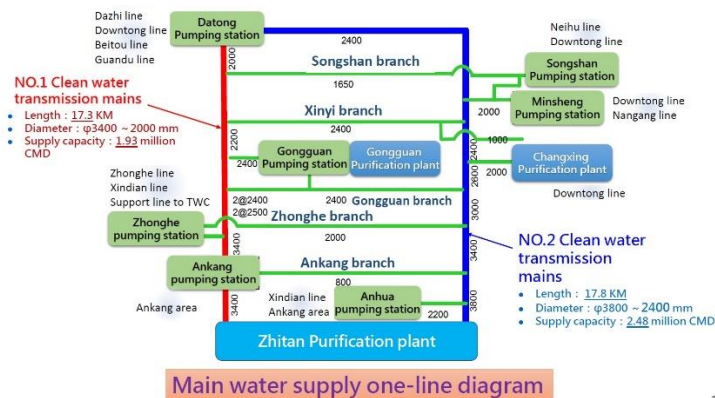


図 11. 直潭浄水場出口から先の配水概要図

TWD における配水方法は 3 つのタイプがあり、最もエネルギー効率が良い自然流下での配水が全体の 51% を占め、そのほかに、配水管内の増圧ポンプによる配水、配水池からの増圧ポンプによる配水がある。増圧ポンプを導入した当初は、一定の速度で運転されていたため、使用量が少ない時に過度の圧力がかかり、漏水の増加や無駄な電力消費が発生していた。現在は可変周波数駆動（VFD）を用いることで給水圧力の最適・平準化を行い、エネルギーロスを低減させている（図 12 左）。さらに、従来の VFD はポンプ場の出口における圧

力を感知して制御していたが、末端給水栓付近に設置した、遠位臨界点 (RTU、リモートターミナルユニット) における圧力を感知して制御する方式へ変更することで、騒音や振動の低減、末端給水栓における水圧安定化、ポンプ動作の効率化によりポンプ耐用年数の延長化といった改善がなされた (図 12 右)。

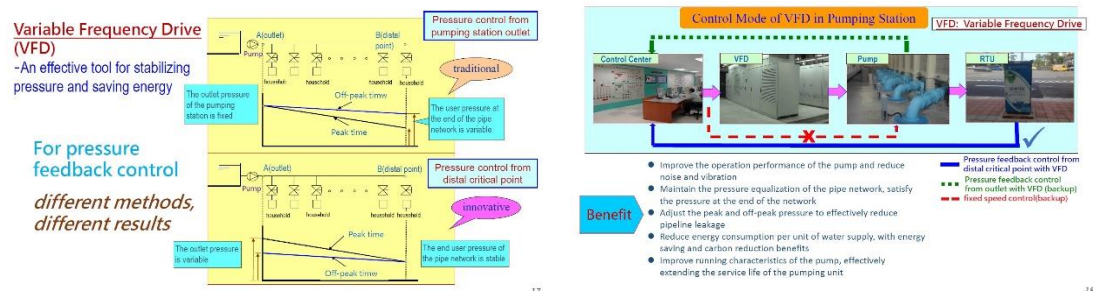


図 12. VFD 及び RTU を用いた改善事例

台湾では日本同様、水道管以外に通信線や電力線等の他のインフララインが地中に埋設されているが、十分管理されているとはいえ、互いに重なりあっている場所もある。TWD では、水道管路網システムの改修を行うとともに、漏水率低減のための計画を策定した。総額約 230 億 NT\$ (約 1,010 億円) を投資し、配水管の更新のみならず、利用者の給水管をステンレス鋼管に無料で交換、調査・修理・圧力管理を行っている。漏水調査の事例として、深夜に特定のエリアの配管網を遮断し、水道メーターの変動をモニタリングしながら、面→線→点の流れで漏水箇所を絞り込んでいく手法が紹介された。2025 年までに漏水率を 10% 未満にすることを目標としており、2022 年時点で 11.2% と進捗状況は順調である (図 13)。

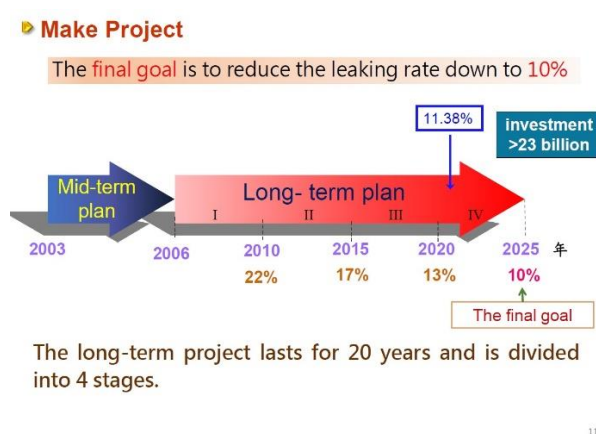


図 13. 漏水率の変遷

漏水事例の分析を行うと、96%が給水管、4%が配水管で発生している。給水管の材質では PVC や PB が 98.6%を占め、給水管の漏水原因は亀裂が 97%を占める。配水管の材質では CIP や MJP が 62%、漏水原因は給水管と同様、亀裂が 71%となっている。給水管を

更新する際にはコルゲートステンレス鋼管等、高品質の管を採用している。コルゲート管は従来のステンレス鋼管と比較し接合部が 1/5 へ減るため、接合部からの漏水を減らすことが可能となる。また、1979 年に鉛管の使用を停止し、解消作業を進めていたが、2015 年 10 月に台北市政府から市内の鉛管を全て交換するよう要請があり、その時点で全長 159km あった鉛管は、2017 年 9 月までに全ての交換を完了させている。台北市外の TWD が供給している地域では鉛管の交換を拒否する利用者がごく一部いるため、今後も交換の働きかけを続けると話していた（図 14）。

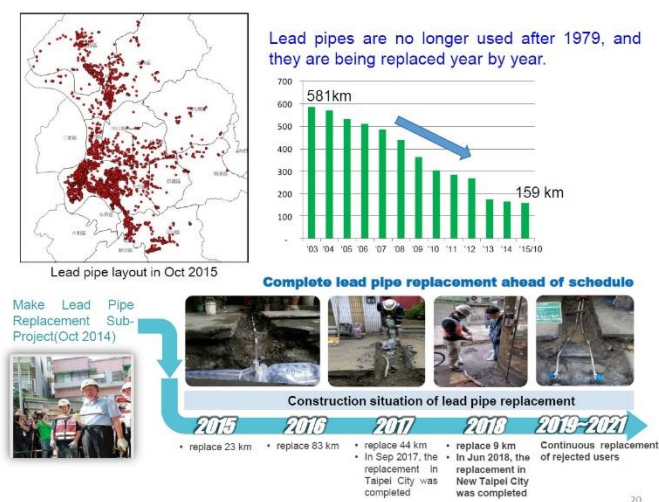


図 14. 鉛管の解消記録

(8) 導入されている水道関連の最新技術（台北市水道局における事例）

TWD ではスマートメーターの導入を進めており、今後 10 年で台北市全域に設置が完了し、検針員の業務を廃止する方針である。スマートメーターを設置した利用者はスマートフォンアプリを通じて水道使用量や水圧・水質の把握が可能となり、節水の参考材料になるとともに、それらの情報が漏水を発見するきっかけとなることもあり、サービス向上につながっている。スマートメーターに付随して IoT 技術（図 15）を導入することで、遠隔操作による施設制御や水質のモニタリングが可能となり、業務の効率化・経費削減・漏水率削減による収益増加の効果が得られている。中央政府にとってはエネルギーや水資源の消費量を監視ができるため、政策の策定の判断材料となり、台湾の産業界にとっては IoT 技術やメーター関連企業の技術レベル・国際競争力が向上するメリットがある。最新技術の導入によって水道事業者と利用者のみならず、政府と企業にも好影響が波及する良い事例と感じた。導入には多額の費用と労力がかかることに加え、IoT 関連システムは 1 つのパッケージに統合しないと機能不全に陥るため、企業と連携して社会実証実験の実施・評価を行い、最適な設備を整備したとのことである。

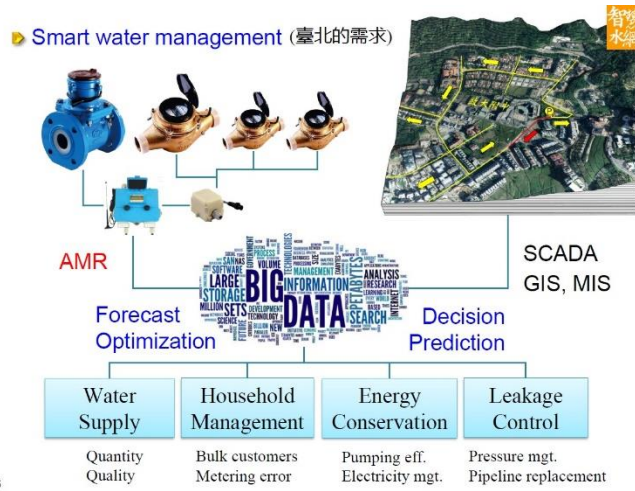


図 15. スマートメーターを軸とした TWD が導入している最新技術

(9) 直潭浄水場見学

研修最終日には台湾最大の浄水場である直潭浄水場の見学を行った。水源付近に温泉街があるため、原水の大腸菌やアンモニア態窒素の検出値に気を配っているが、処理が困難な物質は原水に含まれていない。また、水源の安全を保つため、パトロールの実施や近隣事業者・住民と定期的な話し合いの場を設けるとともに、工場や酪農場等水質汚染源となりうる施設を水源上流に設置することは法律で禁止されているため、水源周辺の水質は良好な状況である。唯一懸念があるとすれば、台風時の濁水であり、台湾では 2015 年の台風により、原水濁度が 39,000 度まで上昇した経験があった。当時の浄水場の最大処理濁度は約 12,000 度であったため、その時は取水停止で対応し、水量の確保に苦労したとのことである。



写真 5. 直潭浄水場正門 (左)、場内風景 (右)



写真 6. 浄水場概要について説明する Chang Kou-Hsin 氏（左）、水質試験室風景（右）

4 研修総括

(1) 研修を受講した成果と目標の達成度

滞在期間 5 泊 6 日の中で、台湾の水道事情・文化の一端を垣間見ることができた。旅行会社からの事前情報では、水道水は飲料不可、と伝えられていたが、その理由は、台湾の一般家庭を含めた建物は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ため、ということが研修講義中に判明し、納得がいった。ご存知の通り、台湾は凍頂烏龍茶等のお茶が有名で、現地の方はコーヒーや紅茶も良く飲む。そういった文化的背景から、生の浄水を飲む習慣はあまりない。ただし、最近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小学校において、蛇口の水道水が飲まれることも多いとのことである。直潭浄水場見学では、浄水場出口の浄水を試飲する機会があり、最初は恐る恐る手を伸ばしたが、飲んでみると日本の水道水と遜色のない味・安全性であった。



写真 7. 浄水の試飲

英語については、観光程度（飲食店の注文や両替、買い物等）の簡易なやり取りであれば問題ないと感じたが、詳細な議論になると、特にヒアリングの部分で苦勞した。また、自分が理解している水質分野の話題は比較的自力でコミュニケーションを取れたが、専門外の内容は単語を含めた語彙力のなさを痛感した。今回の経験で感じたのは、語学は慣れ（と度

胸)の部分も大きく、初日は失敗を恐れて積極的に話せずにはいたが、終盤になると、「通じなくても通訳の鳥山氏もいるし、何とかなるだろう」、と開き直って話すことができた。今後プライベート以外で海外へ行く機会があるか不明だが、研修に参加して、英語を学ぶ意欲が刺激されたと思う。

今回は CTWWA のセッティングにより、幅広い分野の話題を受講することができた。特に利用者とのコミュニケーションをはじめとしたサービス向上の取り組みは新鮮に感じた。水道を身近に感じてもらう工夫が随所にされており、特に節水方法のプロモーションは参考になった。水質以外の技術的なことはもちろんの事、料金設定の考え方や資本・不動産管理の手法等、普段の業務では接することが無い内容について理解を深めることができ、非常に有意義な研修であったと言える。

(2) おわりに

台湾は親日国ということもあり、良い印象を持っていたが、実際に現地の方と接すると皆親切で、丁寧に対応してくれた。台北市街の雰囲気は、近代的で東京に似ているな、と思った一方、歴史的な建物やそこで生活している人々の景色から懐かしく感じる一面もあり、心地よい場所であった。

懇親会時に講師の方々と話をすると、自らの仕事にプライドを持って向き合っており、現在は日本や欧米から技術を吸収して発展させているが、将来的には台湾独自の水道技術・文化を構築したいと皆述べていた。日本と台湾の文化・食事や自らの家族のこと等、水道の話以外でもコミュニケーションをとることができ、楽しい時間であった。



写真 8. 懇親会開始前の集合写真 (左)、歓談中 (右)

このコロナ禍の中、国別水道事業研修を実施するために調整していただいた、JWWA と CTWWA の関係者の方、業務多忙の中講師を引き受けていただいた TWC と TWD の皆様、事務局として引率していただいた JWWA の渡部氏、わかりやすい通訳をしていただいた鳥山氏、そして困った時にフォローしていただいた参加者の皆様に感謝を申し上げたい。全国各地で水道事業を担う仲間として、今後も末永く付き合えたら幸いである。そして、快く送

り出してくれた、小樽市水道局水質管理課の皆様、家族にも感謝の意を表す。

この 6 日間は非常に濃い経験であり、大きな財産になったと確信している。日本の水道事業は、人口減少等により事業運営の貴重な財源である料金収入の増加が見込めない中、施設老朽化や災害対策により更新需要が増大するなど、厳しい事業環境に直面しているが、その課題に向き合うためのヒントを得ることができたと思う。水道事業の健全な経営とともに、安全安心な水を安定的に供給するという日本の水道文化を守るため、今後も努力していきたい。



写真 9. 参加者と Wu Yang-Long 氏の集合写真（直潭浄水場事務所前にて）

参考文献

*1：外務省ホームページ

*2：松山市公式ホームページ

*3：「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）

*4：「震災等の非常時における水質試験方法」（日本水道協会）