

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・台北市）報告書

報告者：岡山市水道局 配水部 東管路整備課 技師 小林 隆之
研修期間：令和5年2月20日（月）～令和5年2月25日（土）

目 次

1. 研修について	2
1) 研修の概要	
2) 研修の目的	
3) 研修の日程	
4) 参加者一覧	
2. 日本の水道事業について	5
1) 日本の水道事業の概要	
2) 日本の水道事業の強み	
3) 日本の水道事業の課題	
3. CTWWAについて	8
1) CTWWAの概要	
2) 台北市の紹介	
4. TWCについて	12
1) TWCの概要	
2) TWCの課題	
3) TWCの施策	
5. TWDについて	17
1) TWDの概要	
2) TWDの課題	
① 台風・渇水	
② 地震	
③ 漏水	
3) TWDの施策	
① 災害対策	
② 漏水対策（給水管）	
③ 漏水対策（配水管）	
④ 漏水対策（探知方法）	
6. サービスについて	27
1) 水道料金	
2) お客様サービス	
7. 現地視察（直潭浄水場）	30
1) 直潭浄水場の概要	
2) 緊急時の対策	
8. 総括	33
9. 最後に	33

1. 研修について

1) 研修の概要

本研修は、日本水道協会（JWWA：Japan Water works Association 以下、JWWA）が主催で、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。（なお、令和2年度、令和3年度については、新型コロナウイルス感染拡大に伴い、中止となった）

本年度は、日本の各地方支部から8名の研修生が参加し、中国台湾水道協会（CTWWA：Chinese Taiwan Water works Association 以下、CTWWA）の本部がある台北市にて、開催された。

研修期間：令和5年2月20日（月）から2月25日（土）の6日間（移動日含む）

実施場所：CTWWA 中華民国自來水協會

10491 台北市 中山區 長安東路二段 106 號 7 樓

2) 研修の目的

(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、英語の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。

※研修生資格

- ・水道勤続年数5年以上であること
- ・年齢45歳までであること
- ・相当期間水道に従事する見込みがあること
- ・簡単な日常会話ができること
- ・心身とも健康であること
- ・その他、本部及び地方支部の推薦基準を厳守する

なお、上記とは別に付帯義務を伴う。

3) 研修の日程

月日	時間	日程
2月21日(月)	12:00-	-羽田空港内集合
	14:15-	-羽田発
	17:15-	-台北(松山)着(時差-1時間) -ホテルへ移動

22日(火)	9:00- 9:15	○開会式 話者:吳陽龍(CTWWA 事務局長)
	9:15- 9:45	○講義:日本の水道の現状 講師:渡辺 英 様(JWWA) ○研修生による自己紹介(15分)
	9:45-10.15	○講義:CTWWA・台北市の紹介 講師:吳陽龍 様(CTWWA 事務局長)
	10:30-12:00	○講義:台湾の水事情 講師:林家煌 様(TWC)
	13:00-14:30	○講義:水道事業のガバナンス 講師:金鐵珊 様(TWC)
	14:45-16:15	○講義:施設標準及び資産管理 講師:張凱評 様(TWD) 吳政貞 様(TWD)
23日(水)	9:00-10:45	○講義:水源 講師:歐尚鑫 様(TWC)
	10:45-12:15	○講義:水道料金について 講師:林珈琲 様(TWD)
	13:15-14:45	○講義:カスタマーコミュニケーション 講師:許嘉軒 様(TWD) ○講義:カスタマーサービスセンター 講師:林慧雅 様(TWD)
	15:00-16:30	○講義:最新のテクノロジー 講師:黃欽稜 様(TWD)
24日(木)	9:00-10:45	○講義:公益事業金融 講師:賴語柔 様(TWC)
	10:45-12:15	○講義:水処理 講師:張桑妮 様(TWC)
	13:15-14:45	○講義:配水システム 講師:黃裕泰 様(TWD)
	15:00-16:30	○講義:給水システム 講師:張世勳 様(TWD)
	16:30-17:00	○閉会式
	17:30-20:00	○懇親会
25日(金)	9:00-12:00	○講義:水道施設見学(直潭浄水場) 講師:歐尚鑫 様(TWC)

4) 参加者一覧

〈研修生〉

谷 佳典	小樽市水道局 水質管理課 主任
小原 富太	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	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〉

渡部 英 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



※研修の様子



※参加者集合写真



※懇親会の様子



※懇親会の様子

2. 日本の水道事業について（講師：JWWA-渡辺 英 様）

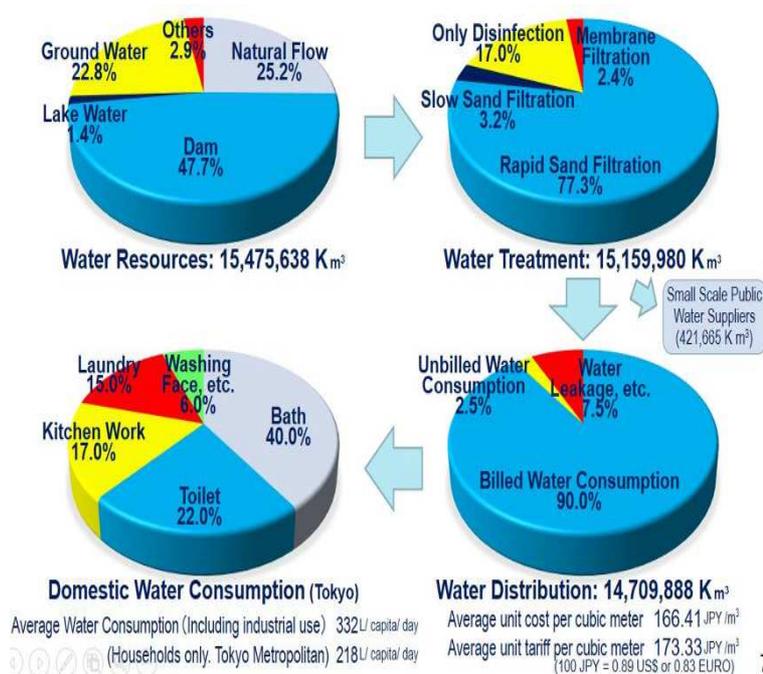
今回の研修会は、まず日本の水道事情の講義から始まりました。講師は、今回の国際出張の担当者である日本水道協会の渡部様です。

1) 日本の水道事業の概要

日本は土地面積約 378,000 km²、人口は約 1 億 2600 万人 (2017 年現在) の島国です。

日本の水道事業は、高い技術力と充実した設備、安定した水質管理により、世界的にも高い評価を受けています。また、自治体との協力体制が整備されており、公共性を重視しつつも、民間企業との連携により、より効率的かつ経済的な水道事業を実現しており、水道普及率も 98% という非常に高い水準を維持しています。

日本では、厚生労働省、総務省、国土交通省、環境省等が水道事業に関する基準や規制、認可に関する取決めを管理し、それを基に、都道府県や市町村によって、水道事業が運営されています。公共水道事業体だけでも 1300 を超える事業体があり、その他にも、山間部や限界集落などに給水する数多くの小規模給水設備なども運営されています。主に取水に利用される水源としては、全体のおよそ半分がダムなどの貯水、およそ 25% がそれぞれ表流水と伏流水で、残りの数% を湖水やその他の水源に頼っています。



※日本の水の流れ (2017年)

2) 日本の水道事業の強み

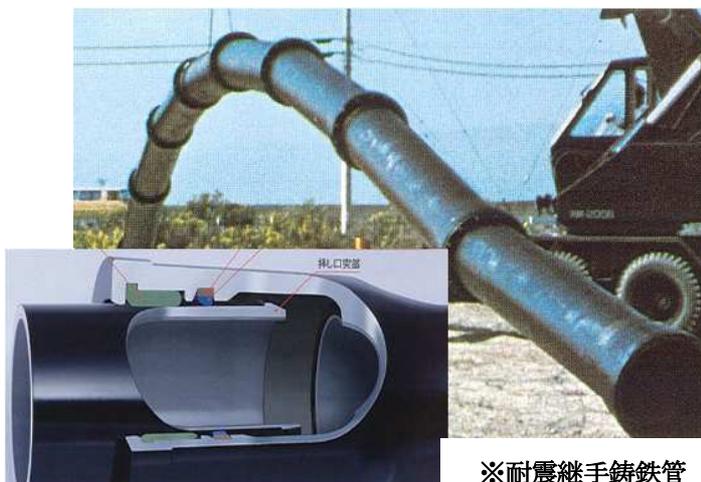
日本の水道の強みは、以下のようになります。

・高品質な水の供給

高度な浄水技術を用いて、安全で高品質な水の供給を実現しています。また、水質の監視体制も整備されており、水の品質に対する信頼性が高いことが特徴です。水道水を飲用水として利用する人も多いです。

・技術力の高さ

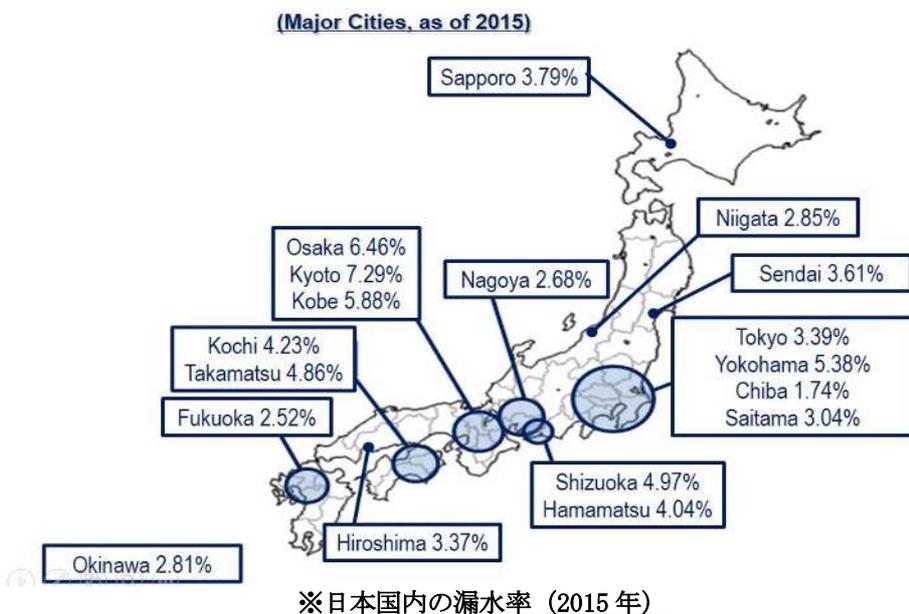
日本の水道事業は、耐震性能や浄水技術の開発・維持に関する技術力が高いことが特徴です。海外への技術移転も行われています。特に、地震の多い日本では、耐震性能において、厳格な基準や検査によって保障され、過去の経験から得られた知見を基に改善が行われてきました。地盤の変動に対し、柔軟に変形・伸縮することで、破



損しにくい構造の配管も開発されています。また、緊急時には、自治体や水道局がすばやく対応し、迅速な復旧作業が行われるため、水の供給において信頼性が高いです。

・効率的で経済的な水運用

水道の運用は、公共事業体が主体となって運営されており、民間企業との連携も強化されています。これにより、地域特性に応じた整備が進められ、無駄のない水運用が心掛けられています。2017年現在での漏水率は日本平均で7.5%に抑えられており、その結果、世界的にも安価な水道料金を維持しつつ、安定的な水の供給が行われています。



3) 日本の水道事業の課題

それに比べ、日本では以下のような課題もあります。

・老朽管の更新

日本の水道インフラは、多くが昭和時代に整備されたものであり、老朽化が進んでいます。そのため、水道管や浄水場の更新が急務となっており、大規模なインフラ投資が必要とされています。



※老朽管内の鉄錆

・人口減少に伴う需要減少

日本の人口は減少傾向にあり、水道事業における需要の変化が予測されています。特に、地方都市や農村地域では、高齢化が進み、需要量が減少する可能性があります。そのため、需要の変化に対応した事業戦略が求められています。また、それに伴い、水使用量の減少もあるため、財政状況の悪化にも留意しなければなりません。

・自然災害に対する対策の強化

日本は地震や台風などの自然災害が多い国であり、水道事業においても、その影響を受けやすい状況にあります。技術の発展もあり耐震化も進められていますが、今後も自然災害に対する対策の強化が求められています。

・持続可能な運営の実現

水道事業は、地域住民の生活に欠かせない社会基盤であり、長期的な持続可能性が求められます。しかし、それを支える職員数は20年間で30%以上も減少しています。そのため、コスト削減やエネルギー効率化など、経営の効率化に取り組むことが必要です。

3. CTWWAについて（講師：CTWWA－吳陽龍 様）

初めに、歓迎の挨拶と併せて、CTWWAと台北市について、CTWWA事務局長の吳陽龍様にお話しいただいた。

なお、吳陽龍様は今回の全ての研修の司会進行を担当していただいた。

1) CTWWAの概要

まず、中国台湾水道協会（CTWWA）について説明いたします。

本協会は、1950年に設立され、当時の名称は「Water Works Association of The Republic of China」日本語で「中華民國水道協会」でしたが、1947年に中国との協議により、Chinese Taiwan Water Works Association（以下、CTWWA）和名「中国台湾水道協会」に名称変更となりました。名称は変更となりましたが、協会の業務等に変化があったわけではありません。

現在、CTWWAは、39の組織と6000人の個人会員によって構成されています。

39の組織については、以下になります。

- ・4つの国営組織

Taiwan Water Corporation
（以下、TWC）

Taipei Water Department
（以下、TWD）

Kinmen County Waterworks
（以下、KCW）

Lien-chiang County Waterworks
（以下、LCW）

- ・4つの政府関係機関

- ・31の民間機関



※吳陽龍様（CTWWA事務局長）



※台湾の水道組織

国営組織の詳細は、次の通りである。

・ TWC

台湾全体のおよそ 90%の給水を担っており、最も大きな組織です。

・ TWD

台北市内のみ給水を行う組織となります。

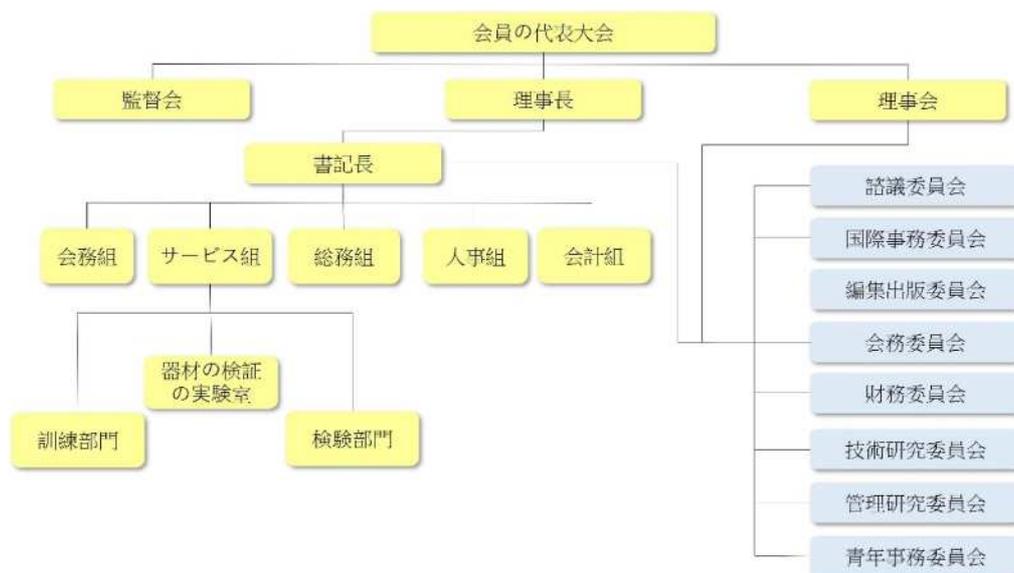
面積は狭いですが、人口の集中する地域の給水を担っています。

・ KCW、LCW

小さな組織であり、小さな島内の給水を行っています。

CTWWAは、下図のような組織図になります。

理事会（理事 31 人）、監督会（監督 9 人）、会長・事務局長（今回の講義の講師）・職員（14 人）で運営されています。



※CTWWA 組織図

次の 4 つが主な業務です。

・ 配管材料などの検査・認証を行う検査事業

（TAF（Taiwan Accreditation Foundation）という関連組織と協同で取り組んでいます。TAFは、ISO17025 の認証を受けている公的な第三者機関です。）

・ 水道技術者や製造メーカー向け教材の作成や講師の育成を行う研修事業

・ 所属組織の研究開発の支援や研究会の開催などを行う研究事業

・ 国内外での新しい技術や事例などの提供を行う専門誌の出版事業

収益の多くを占めるのは、検査・認証の手数料、所属会員の会費、広告料です。

また、支出は、人件費が 50%を占め、残りの大半は業務上の経費です。

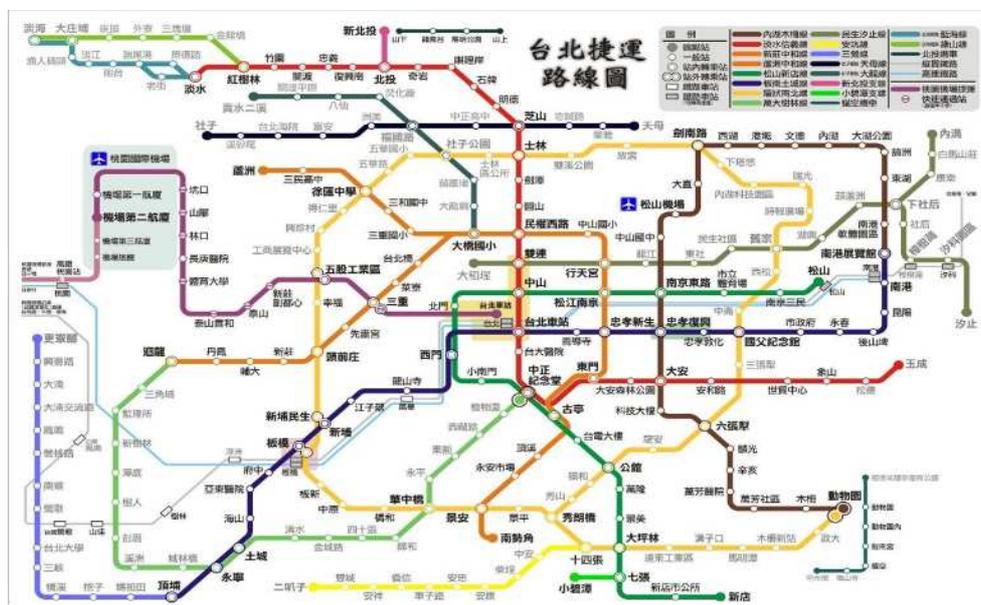
2) 台北市の紹介

また、この講義では、台北観光についても紹介がありました。

本研修の主題とは、少し外れますが、紹介いただいた内容について簡単に、記載いたします。

台北は、台湾の首都で、人口は約 290 万人です。台湾の政治、経済、文化、観光の中心地として知られています。台湾の北部に位置し、海と山に囲まれた地形で、日本と同様に、四季がはっきりとしています。

公共交通機関が充実しており、MRT（地下鉄）やバス、タクシー、自転車などが利用できます。安全性が高く、衛生面も整備されているため、安心して旅行を楽しむことができますので、旅行者にも親しみやすい街です。特に、日本からの観光客は多く、お店によっては日本語が通じる場所も多いです。



※MRT 地下鉄路線図

台北には多くの観光名所があります。代表的な観光地について紹介します。

・淡水

台北市内から、MRT で約 40 分程度でアクセスできる港町で、夕日の美しさが有名な観光スポットです。淡水老街には、昔ながらのお土産店やレストランが立ち並び、食文化に触れることができます。また、淡水駅からは、淡水漁港に向かう定期船が運行されており、海上から淡水の景色を楽しむこともできます。年齢層や性別に関係なく、夕日を見に行くのがおすすめです。



※淡水老街

・九份

台北市から車で約1時間程度の場所にある小さな山の町で、昔ながらの風景や食文化が残る観光スポットです。九份老街には、伝統的なお土産店や食堂があり、鉄道模型博物館や茶の博物館もあります。また、夕暮れ時には、緑の山々に包まれた風景や夜景を楽しむことができます。年齢層や性別に関係なく、昔ながらの台湾の雰囲気や夜景を楽しむのがおすすめです。



※九份

・十份

台北市から MRT とバスを乗り継いで約1時間半程度の場所にある溪谷の町で、自然が豊かな観光スポットです。有名な観光地としては、滝や温泉、お茶畑があります。滝では、水しぶきが飛び散る迫力ある景色を楽しむことができます。また、お茶畑では、美しい景色を眺めながらお茶をいただくことができます。年齢層や性別に関係なく、自然の中でリフレッシュしたい方におすすめです。

・北投温泉

台湾北部にある温泉地で、台北市内から、MRT で約30分程度でアクセスできます。北投温泉は、台湾最古の温泉地のひとつで、硫黄泉、鉄泉、炭酸泉などの種類があります。北投温泉には、数多くの温泉施設やホテルがあり、日帰りで楽しむことができます。



※北投温泉

・台北 101

高さ508メートルの超高層ビルで、展望台からの眺望が絶景です。また、国立故宮博物院には、中国の歴史や文化に関する数千年にわたる貴重な収蔵品が展示されています。さらに、夜市や食べ物の屋台も有名で、台湾の伝統的な料理を味わうことができます。



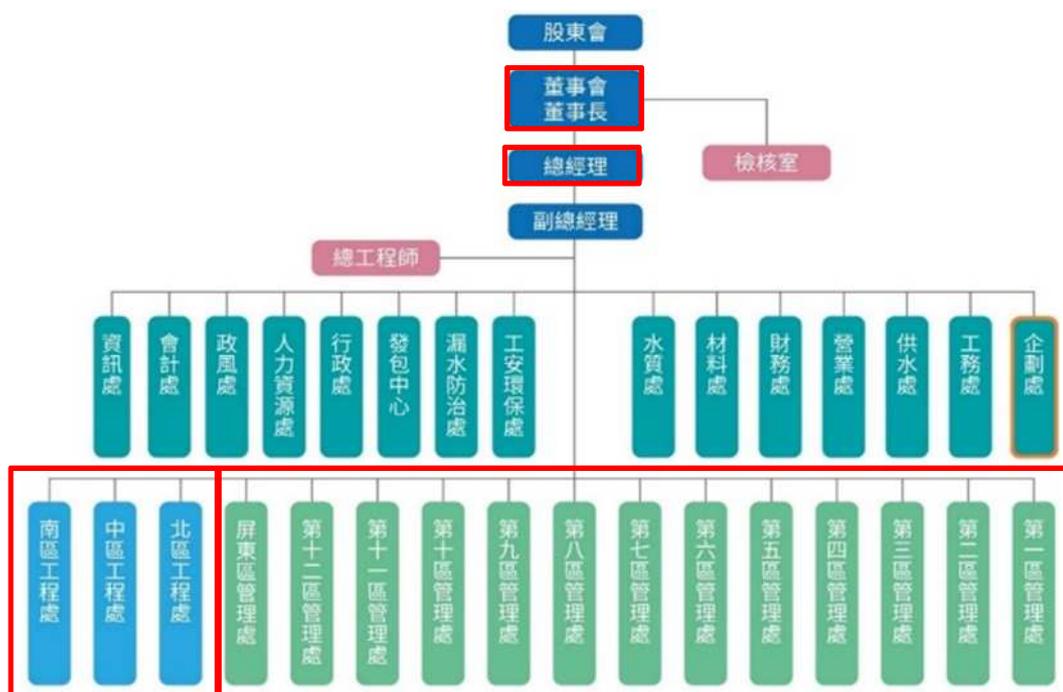
※台北 101

4. TWCについて(講師：TWCから5名)

1) TWCの概要

TWCは、1947年に台北以外の台湾全島の128の水道事業を統合して成立しました。当時の名称は「台湾省自来水公司」でしたが、1999年に管轄部署が台湾省から中央政府の經濟部に変更されたことで、2007年に「台湾自来水公司」に名称変更しています。

運営は、株式会社の形態で、株式の85%は經濟部が所有しています。その他の株式については、統合時の地方や自治体が所有しており、資本金は台湾ドルで1475億元、日本円では、およそ6000億円となります。



※TWD 組織図

上図は、TWCの組織図です。

台湾全島に13箇所の管理所と3箇所の工事事務所を設置しています。経営上の責任者は董事長であり、業務執行の責任者は總經理となります。

大規模な施設整備は、北部、中部、南部の3箇所に置かれた工事事務所が担当しています。

給水区域は、TWD（台北水道公社）が給水を行っている台北市の市内及び周辺郊外を除く、台湾全島と澎湖諸島などの付近の離島です。

TWCでは、13 箇所の管理所が給水事業を行っており、27 箇所の給水場と21 箇所の貯水池を管理しており、96 箇所の営業所がおかれています。貯水池については、大きな河川の少ない台湾北部、地表水量が安定しない台湾南部、慢性的な水源不足が課題となっている離島の澎湖諸島に集中しています。約140の給水システムを運用しており、給水戸数は745 万戸あります。水源は50%がダムの貯水、30%強が地表水であり、近年は地下水や海水、再生水などの利用も増えています。

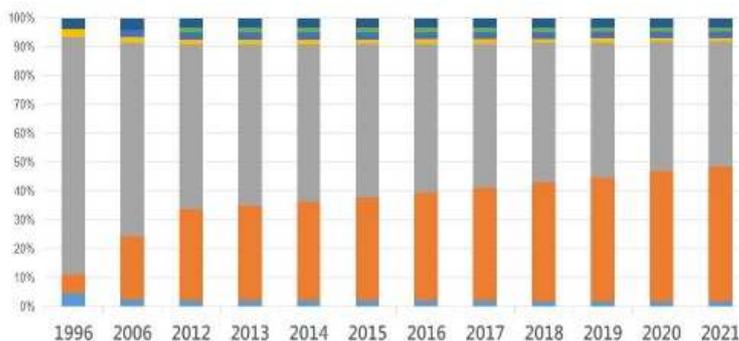


※TWD 給水区域

また、稼働している浄水場は476 箇所あり、日量1400 万トンの出水をしています。出水量が多いのは、4 区の台中市、7 区の高雄市、桃園市の2 区などの人口の多い都市です。水道水の利用は、一般の利用が約70%、工業用水としての利用が約25%となっており、工業用水の利用は近年増え続けています。

TWCの管路延長は、2021 年現在、約66000 kmあります。(10 年で約8000 km延伸) 送配水管の材料は、ダクタイル鋳鉄管とビニル管が主流となっています。大口径用のコンクリート管も過去には使用されていました。ダクタイル鋳鉄管は、主にK形が採用されていますが、近年地震の発生した台南地区と花蓮地区で試験的に耐震継手のNS 形を採用されています。

※TWD 管路延長

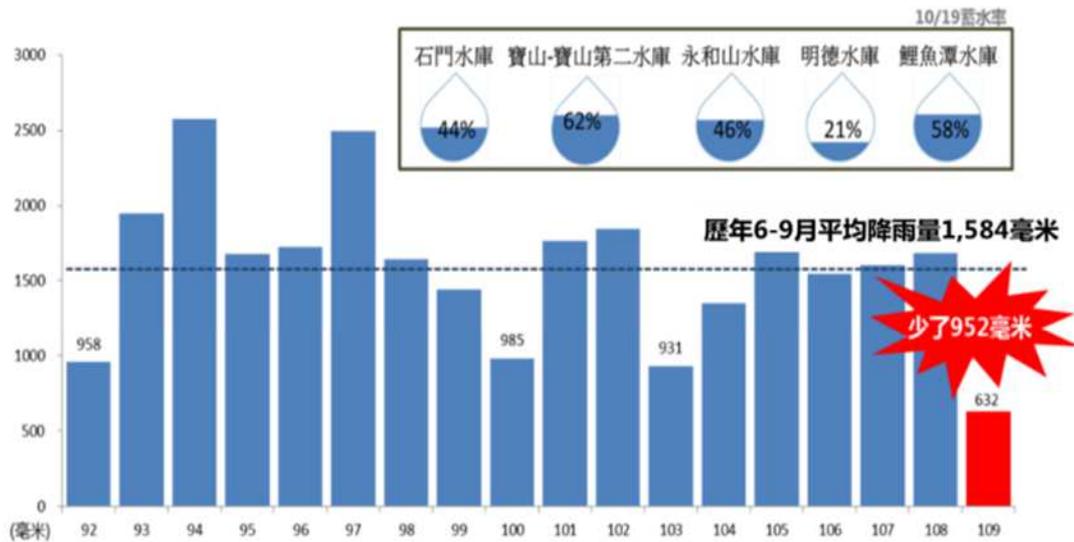


2) TWCの課題

TWCは現在、様々な課題を抱えています。以下はその一例です。

- ・浄水設備の老朽化
- ・水源水質悪化
- ・管路の老朽化による漏水多発
- ・水源開発の困難
- ・降水量の不均等化
- ・料金の据置きによる財務状況悪化
- ・人材不足と技術や経験の断絶
- ・貯水池の堆積

その中でも、近年特に重要視されている課題が「降水量の不均等化」による水不足です。台湾の本島は年間降水量が多いですが、河川が短く急勾配であるため、取水が困難であり、年間に利用できる水資源は非常に限られています。そんな台湾にとって、気候変動による極端な降雨増減は、深刻な水不足を招きます。台中など地下水が豊富な土地も存在しますが、大部分の地域が限られた水資源に頼っているのが現状です。

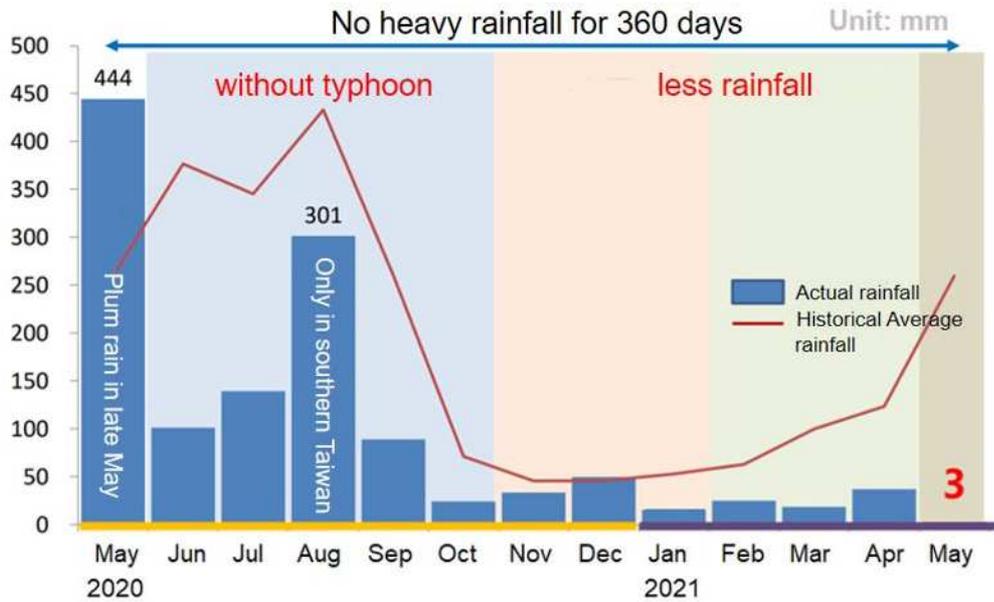


資料來源：經濟部水利署・http://epaper.wra.gov.tw/Article_Detail.aspx?s=E8FC405C714287BF

※毎年6月～9月の貯水池の集水区の平均降水量（民国109年=西暦2020年）

上のグラフは、台湾での水需要の多い6月～9月について、貯水池のある各集水区でも平均降水量を年別に示したものです。グラフの横軸は「年」縦軸は「降水量(mm)」を表しています。（民国元年は西暦1912年であり、民国109年は西暦2020年）

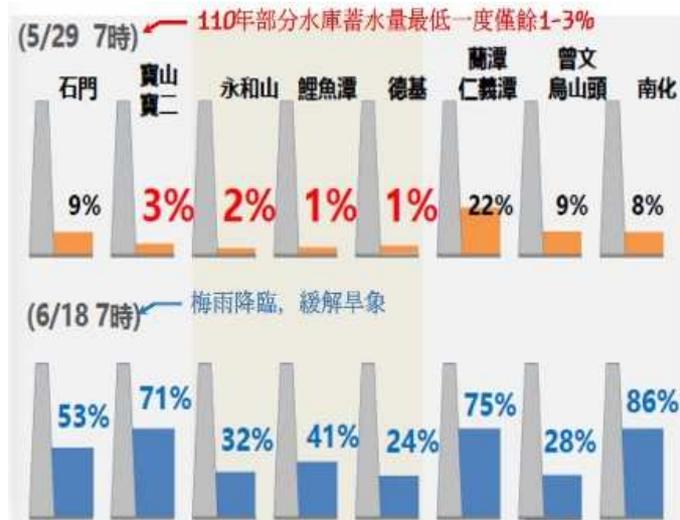
年ごとのバラつきが大きく、特に2020年は、年別の平均値が1584mmである中、632mmという数値であり、平均値の半分以下と異常に降水量の少ない年でした。実際、梅雨の降雨が少ないだけでなく、夏も記録史上初めて、台風が一つも上陸しない年でした。



※貯水池流域の月間降水量マップ

そのため、2020年～2022年は、毎年、渇水になっています。特に2021年の水不足は深刻でした。2020年5月の梅雨明けから、台風の上陸がないだけでなく、その後も大きな降雨がなく、2021年は梅雨も遅れたこともあり、約1年間もの間、十分な降雨がなかったため、100年に一度という大渇水に見舞われました。台湾全島で、給水が逼迫しました。5月末にはいくつかの貯水池での貯水率が一桁台になり、台湾中部では3%以下の箇所もありました。その為、一部地域では、地区ごとの給水制限などが実施され、それが2か月間も続いたほどです。幸いにも、6月以降に梅雨が始まったことで夏になる頃には渇水は解消することができました。(なお、台湾での梅雨は、日本より早く5月頃です。)

しかし、翌年の2022年も台風の上陸がなく、8月までの降雨量が平均年降雨量の4割程度にとどまり、台湾北部にて水源の水量低下が起り、給水制限が起こるなどの事態となっています。



※主要貯水池の貯水率

3) TWCの施策

厳しい環境に対応するため、TWCでは水道改善計画を策定し、実施しています。主な内容は以下の7つです。

- | | |
|----------------|---------------|
| 1. バックアップ施設の拡充 | 5. 漏水防止 |
| 2. 浄水場設備の改善 | 6. 渇水時用深井戸の増設 |
| 3. 伏流水源の開発 | 7. 海水淡水化 |
| 4. 水道普及率の向上 | |

多くの改善計画には「バックアップ施設の拡充」「伏流水源の開発」「渇水時用深井戸の増設」「海水淡水化」など水不足の対策や、発生時の対策として効果を発揮するも多く盛り込まれており、TWCが少ない水資源を最大限活用し、水道サービスの向上を目指していることが伺えます。

・バックアップ施設の拡充…

台湾の南北をつなぐ導水管・送水管を整備しています。施工箇所は、北部で5件、中部で5件、南部で7件であり、2021年から開始しており、2026年に完了予定です。予算は台湾ドル200億元を投じています。

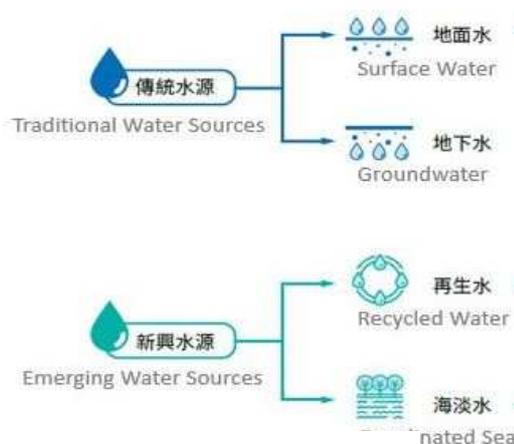
これらの配管整備が完了すると、各地の水源が接続されることで、広域的な水の融通が可能となります。台中市周辺などは地下水源に頼る地域も多く、また、貯水池が分散している地域でもあるため、各水源との水を融通しやすく、安定した給水を実現させることができます。



※バックアップ給水

・伏流水源の開発・渇水時用深井戸の増設・ 海水淡水化…

台湾では、取水できる原水に限りがあり、また近年の降雨の増減に対応できない事態を避けるため、渇水時用の物も含めて、伏流水源の開発を進めています。伏流水の過度な利用は地盤沈下等のリスクもあるため、取水量の監視にも注意しています。また、排水からの再生水の活用や、海洋水を淡水化によっても水を確保できるように整備が進められています。



※多様な水源

5. TWDについて(講師：TWDから8名)

1) TWDの概要

台北市は、第二次世界大戦後、発展を始め、急速に人口が増えた都市です。人口が増えるにしたがって、公共のニーズを満たすため、水道施設の建築が進められてきました。

台北市政府に属しており、約 1050 人の従業員を雇用しています。年間売上高は約 65 億台湾ドルです。現在、TWDは台北市の供給だけでなく、周辺地域(TWC内)である新北市に三重、中和、永和、新店の4区と西直の7つの区にも水を支援しており、給水面積は434 km²です。5つの浄水場と156箇所のポンプ場を運用しています。

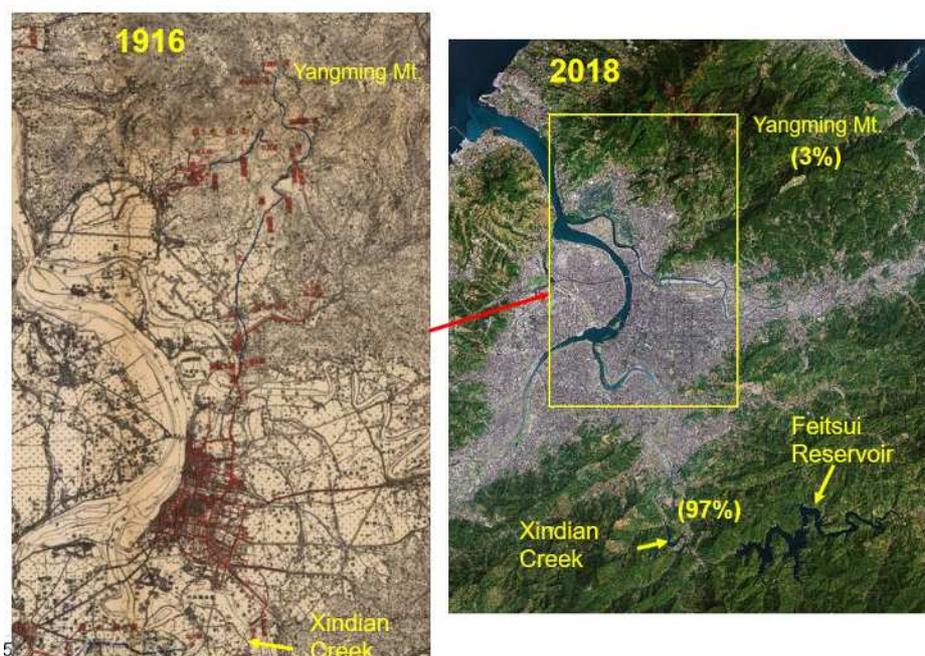
総給水人口は534万人(TWD内：374万人、支援区域：160万人)です。

給水率は99.6%以上であり、総給水量は日量240万トン(内、約65万トンはTWCへの支援)、水道管網の総延長は6300km(内、送配水管3938km、給水管2360km)となっています。

1991年頃までは人口の増加が大きく、その後は鈍化しましたが、人口の増加に伴い、水道施設が建造されてきました。2020年頃からは、高い給水率を維持しつつ、老朽化した施設のメンテナンスや更新事業に重点を置き、計画を進めています。

水源としては、地表水を100%利用し、その約97%が新店溪、その他が陽明山や内双溪から取水しています。水源のほぼ全てを新店溪としており、これは一世紀前から変わっていません。

台湾は雨の多い国ですが、河川が短く急勾配であるため、決して水資源が確保しやすい土地ではないのです。(新店溪：台湾北部を流れる川であり、淡水河の三大支流のひとつ。陽明山：台北市郊外に位置する山)



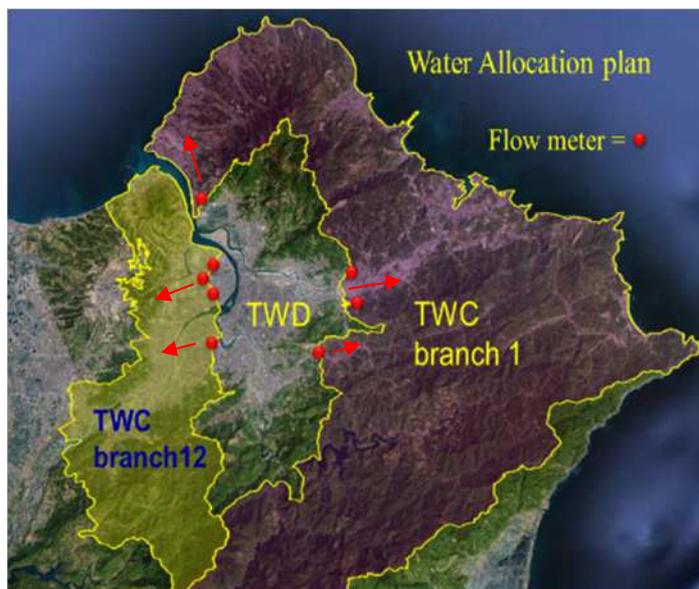
※TWDの全景

2) TWDの課題

①台風・渇水

水源に限られるため、必然的に集水域も少なく、集水域付近での降雨が少ない場合、台北で干ばつが発生する可能性があります。たとえば、2002年には降雨が非常に少なく、最悪の干ばつが発生しました。河川の水量が不十分となり、同様に貯水池の水も枯渇する懸念まであったため、台北市は約二カ月間にわたって地域の水を制限することを余儀なくされました。また、近年では、2020年にも、梅雨時期の降雨が少なく、台風の上陸が全くなかったことで、大干ばつが発生し、水不足を引き起こすこととなりました。その際も、TWC区域への給水支援も行う必要があるため、非常に苦しい時期でした。

このように、水源の少ない台湾では、台風による降雨は非常に重要な水資源です。しかし、台風は、台湾で頻発する自然災害の一つでもあり、対策が必要とされています。特に、懸念していることは、台風による大雨の影響で、原水が濁り、浄水処理に影響が出ることです。実際に、上記の水不足とは対照的に、2015年8月には、台風（Soudelor）が台北に直撃し、壊滅的な大雨が降りました。新店溪では土砂崩れが発生し、原水が激しく濁った結果、瞬間濁度が40000NTU近くまで急上昇しました。これは過去最高の数値でした。これまで濁度が上昇することは多くあり、10000NTU未満の濁度等にも対応したことはありましたが、この時は、処理後にも濁りが除去できず、配水区域内にて濁水が発生する事態となりました。そのため、12時間以上の長時間にわたり、取水を停止する処置がとられました。



※TWCへの給水支援箇所



※平常時(上)と豪雨時(下)の河川の比較

②地震

台北は、日本と同様に、地震の多い国でもあります。

右図のように、台北を縦断するようにシャンチャオ断層という活断層があります。また、台北市は、300年前は湖であり、現在の地盤もとても柔らかいとのことで、地震の影響で液状化した際には、大規模な断水となる可能性が高いです。台湾では20世紀で一番大きな地震である、台湾大震災（921 大地震）では、多くの



※損傷した鋼管 φ 2000

死者が出るなど、多くの被害が出ました。もちろん水道だけでなく、ライフラインを含む様々な施設が破壊され、被害を受けました。自然災害による被害は凄まじく、大口径の鋼管でされ、変形・損傷してしまうほどです。近年でも、台湾国内では、2015年に台南、2017年に花蓮で大規模な地震がありましたが、同規模の地震が台北市で発生した場合、被害は想像を絶するものになると思われま

③漏水

また、台湾では自然災害ばかりが懸念されているわけではありません。特に上記の2002年の干ばつによる水不足の原因は、降雨の減少だけではないと考えられています。その要因は台北市内の高い漏水率にあります。2002年の漏水率は、30%前後もあったと記録されています。なぜここまで高い漏水率であったのか、という原因として、台湾が地震地帯にあることと漏水対策が全く考慮されていなかった事が挙げられます。当時は、台北が都市経済の成長に伴う水需要に追いつくために、水道の給水エリアの拡充に全ての資金が投資されていたのです。この間、漏水を防止・管理する余裕はなく、地中管網の老朽化が長期化し、地震を含む様々な要因で、漏水が増えていたのです。

3) TWDの施策

①災害対策

このように、台湾では、様々な自然災害が起こりますが、特に頻発する台風と地震の対策は最重要とされています。

しかし、これらの施策には、膨大な資金が必要です。限られた資金で効率的に対策を実行するために様々な計画を模索しました。(2012年のIWA世界会議データによると、飲料水料金をGDP比にて他国と比べると、台湾の水道料金は最も安価とのことです。)

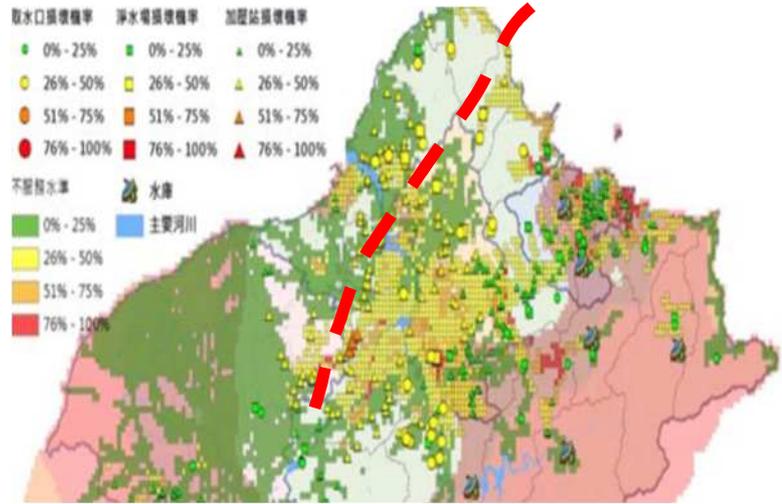
計画は、大きく分けると、台風対策、地震対策、非常用水支援施設対策です。

・台風対策

原水濁度が高くなると浄水処理効率が悪くなります。この20年間、台風に伴う濁度上昇のピークは高くなり続けています。そのため、浄水処理施設の増設や水処理運用の見直しを実施し、原水の状態が悪い場合でも浄水処理が効率よく行えるよう改善しました。

・地震対策

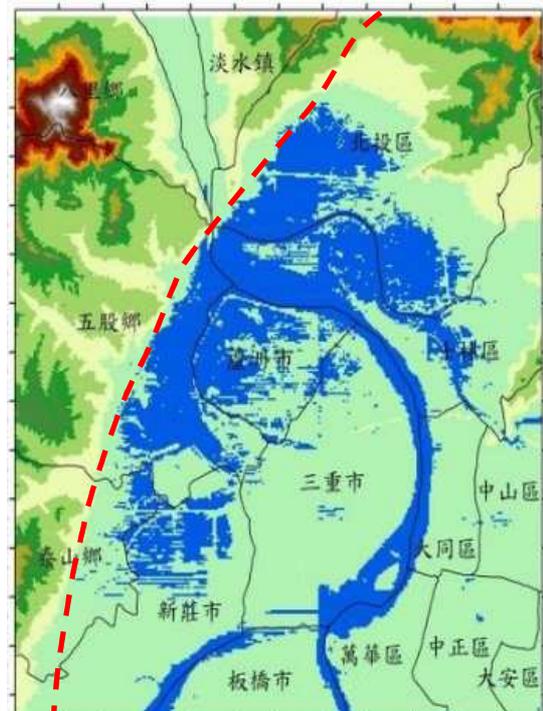
直潭浄水場は東アジアで最も大きな浄水場です。TWDの全給水の70%を担っています。こちらの浄水場の原水の送水管は1本でしたが、2009年に2本目を導入し、より確実に取水できるようになりました。また、給水についても、配水池等からの給水ができないエリアが発生した際も、異なるシステムの配水池から給水できるように給水区域内の配管を整え、全給水エリアにて対応ができるように整備しました。



※台北市近辺の断層

・非常用水支援施設対策

災害時には予想外の事態で給水が止まることが考えられます。そのため、地震等により断水が発生した際に飲料水を提供できるように、市内各地に緊急給水所を設置しました。容量としては、1人当たり1日30を確保し、一カ月間供給できるように設計しております。そのため、万が一の時も、事態に対応する時間を十分に確保できます。



※300年前の台北市

②漏水対策(給水管)

上記対策と並行して、老朽化した管路を更新し、漏水対策をする必要もあります。

2002年の干ばつの際、水不足への対策を考慮する中で、漏水対策の重要性が浮き彫りになりました。そのため、2006年から2025年までの20年の長期計画を作成し、実施することとしました。予算は230億NTDとし、2025年の計画完了時の漏水率を10%未満とすることを目標に決めました。計画は4つの段階で管理して進められ、2022年での漏水率は11.2%と着実に施策が実行されています。

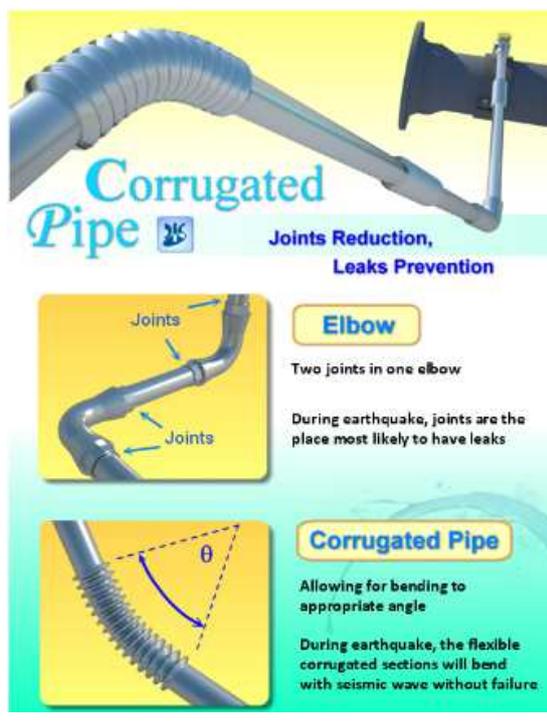
様々な対策がありますが、まずは給水管への漏水対策について紹介いたします。

・給水管の交換

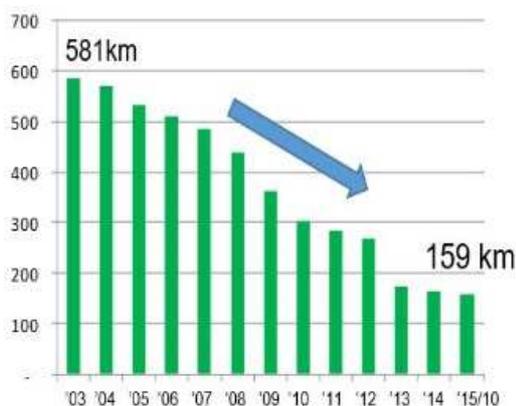
台北での漏水事例を分析すると96%が給水管からの漏水であることが分かりました。

特に、給水管の漏水の内訳でも、PVC管(VP管)やPB管の漏水率は98%と非常に高く、TWDの漏水の主な原因となっています。その為、台北では、老朽化した給水管を無料でステンレス管に交換しました。中でも2008年から使用しているコルゲートステンレス管は優れており、任意の方向に曲げることができる柔軟性のある管です。この管が優れているのは、配管が難しい箇所でも作業しやすい施工性の良さだけでなく、エルボやジョイントを大きく減らすことが可能で、施工箇所によっては、継ぎ目部分を80%も削減することができる点です。これにより、漏水のリスクを格段に下げることができます。

また、給水管交換については、漏水以外の原因でも取替が必要な理由がありました。2015年10月に給水管に使用されている鉛管が人体に

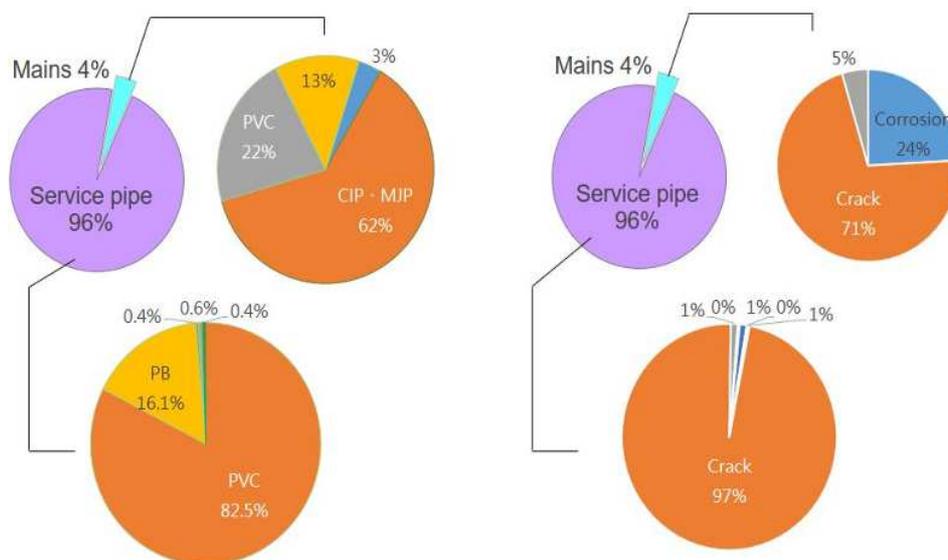


※コルゲートパイプ



※鉛管の残延長の推移

悪影響がある報道がされ、それにより、TWDは政府より、迅速な鉛管の除去を求められました。TWDでは1979年に鉛管の使用は中止されており、徐々に交換されてきましたが、2015年時点でも約159kmが残存していましたが、すでに進んでいた漏水対策としての給水管の取替と併せて、鉛管の除去を進めた結果、予定より1年早い2017年9月には台北市内の鉛管のほぼ全てが解消されました。



※漏水の発生件数(左)と原因(右)の比率

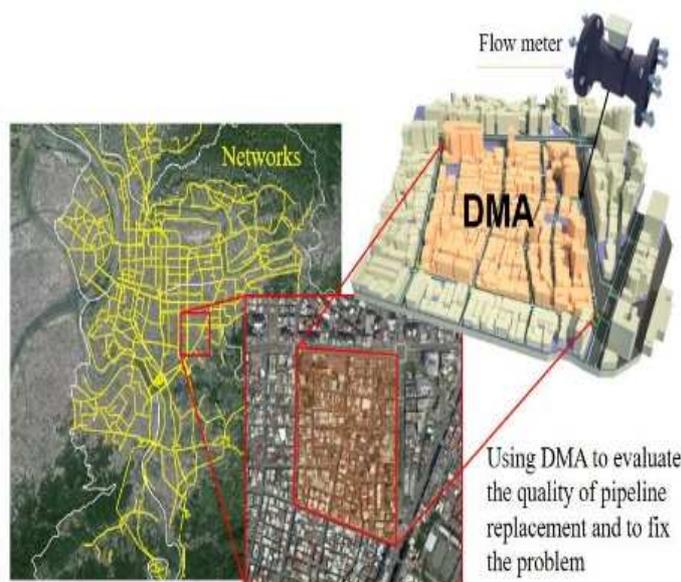
③漏水対策 (配水管)

次に、配水管の漏水対策について紹介いたします。

- ・漏水地区の特定、修繕作業

台北は非常に漏水の多い都市でした。そのため、より効率良く漏水を減らすために、漏水箇所の特特定は重要な業務でした。そこで、TWDでは、DMA (District Metered Area) (以下、DMA) という手法を用いました。

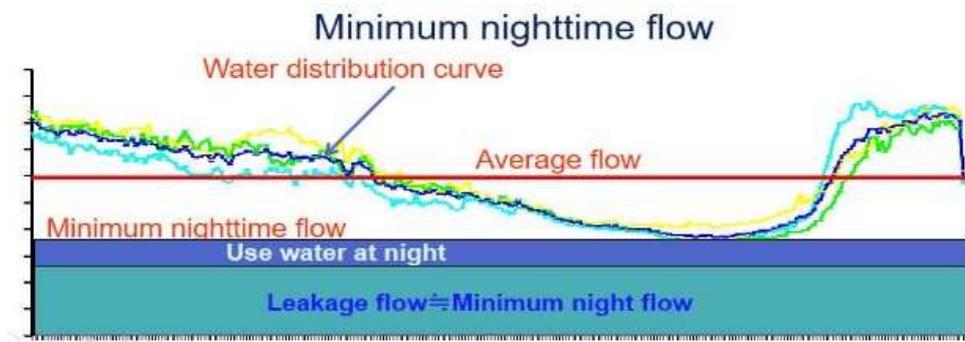
DMAとは、広大な給水エリアを地区単位の小エリアに分け、そのエリアごとに漏水管理や配水管更新をする考え方です。エリア毎に流入および流出箇所に流量計を設置することで、各エリア内の水供給を監視・制御することができます。



※DMA (District Metered Area)

DMAには、まず収益率という評価方法があります。

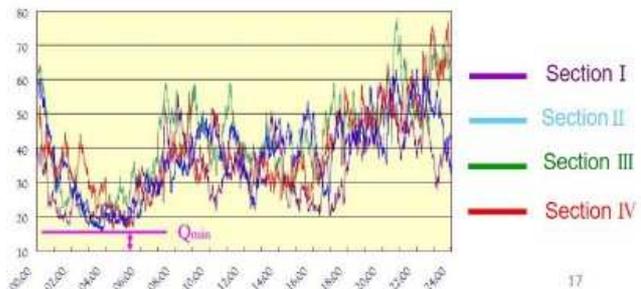
これは、各エリア内の平均水消費量と、地区内の漏水量から算出するものです。水の消費量は、TWDの管理する使用量の数値を用いる間接法と現地の水道メーターの数値を読み取る直接法があります。漏水量の特定等には通常、間接法を利用します。直接法は相当な人件費を伴うため、管路交換後の検査などで用いる程度です。次に漏水量は、エリア内の流量分布を7日間記録し、その期間内での最も少ない夜間流量の数値を利用します。この算出方法は、夜間には誰も水を使っていない時間が存在し、その流量がエリア内の漏水量と一致する、という考え方に基づいているため、やや過大な数値になる可能性もあります。以下に、DMAを用いた漏水探索方法を紹介いたします。



※夜間最小流量

・夜間最小流量法

まず、エリア内の配管をバルブなどで区切ります。右図の例では、4 つに区分されています。エリア内の流入箇所は1箇所とし、そこに流量計を設置しています。流量を監視しつつ、section 1 のみに水が流入する状態までバルブを閉め、そこから順に section2~4 に水が流入するようバルブを開けていきます。今回の場合は、section1 で得られた最小流量が section2~4 に流入した後も流量計に変化がなかったため、このエリア内では、section1 の配管部分に、漏水が発生していると特定されました。

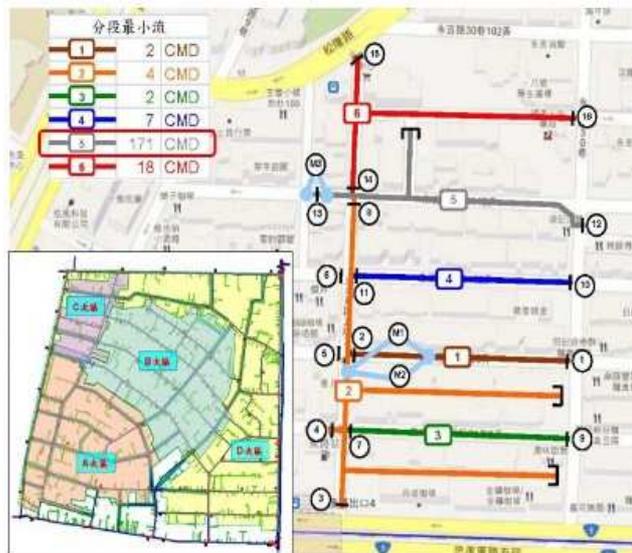


※夜間最小流量法

・直接検針法

この方法は、初めに調査する区間への水の流入および流出をバルブ操作により停止した状態にします。家庭用の止水栓も閉止します。その後、停止区間の内外の消火栓を接続し、そこに水道メーターを設置します。漏水が全くない場合は、メーターの指示値に変化はありません。

漏水がある場合はメーターの数値によって、それぞれの区間の漏水量が調べられます。右図のような場合、全区間で漏水が起きている可能性があります。なかでも No. 5 の区間で最も深刻な漏水が起きていることが分かります。

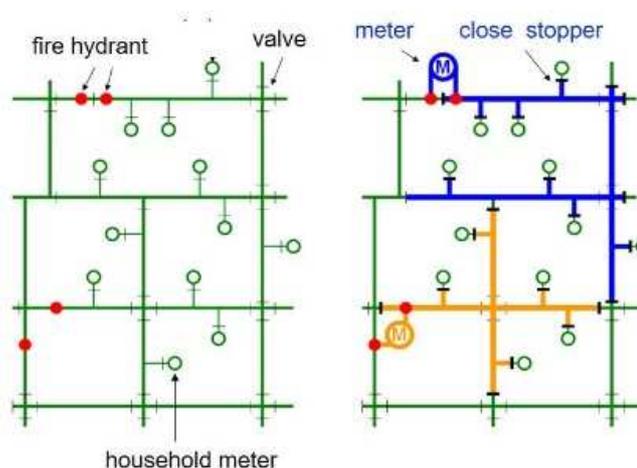


※直接検針法

・現地査定

この方法は、上記2つの様に、既設の配管を調査するものではありません。目的は、配管更新後の施工不良を早期に発見することで、漏水を減らす試みです。

まず、施工後の配管への流入および流出を停止します。家庭用の止水栓も同様です。その後、新設の配管の内外を消火栓にて接続し、そこに流量計を設置します。消火栓を開き、流量計の数値がゼロであれば、管路が正常であることが分かります。



※現地査定

・老朽した管路、漏水の多い材質の管の更新

TWDは、これまで給水エリア拡大に力を注いできましたが、老朽化した管路の更新は欠かせません。30年前に採用されたダクタイル鋳鉄管では、耐震性が上昇し、漏水の発生は少ないです。特に、現在採用されている日本製のNS形ダクタイル鋳鉄管では、水漏れや配管の離脱等はほぼ発生していません。しかし、給水管と同様に、古い水道管には材質として優れていない物もあり、PVC管（VP管）の他、CIP管も漏水が多くあり、配水管の漏水の84%を占めています。

そのため、DMAで算出した収益率の低いエリアを優先して、管路の交換を進めていきました。例えば、2017年10月にNS形ダクタイル鋳鉄管を導入した後に、液状化リスクが高く漏水の多い地区の施工を実施した際には、2018年末に4.11kmの布設替えが完了した時点で、収益率は布設替前の33%から96.2%まで改善しました。

④漏水対策（探知方法）

ここまでの手法で、漏水の発生区間を特定したら、次は区間内の漏水調査を行い、漏水箇所を詳細に特定する必要があります。漏水が発生している箇所では、断続的に漏水による音や振動が発生しています。これらを探知することで、場所の特定を行います。TWDでの主な探査方法には、以下の方法があります。

・漏水聴診棒…

聴診棒の一端を当てた箇所の音を増幅して聞くことのできる器具です。配水管や弁体に押し当て、周辺の管からの漏水音を聞き取ります。非常に単純な構造で、広く普及していますが、漏水探知の正確さを高めるには、多くの経験が必要です。

※漏水聴診棒→



※漏水探知機↓

・漏水探知機

付属のマイクによって、地面内部の漏水の音を拾い上げます。最近では、聞き取る周波数を絞り込んだり、外部のノイズを遮断する機能なども増えてきており、探知精度が上がっています。漏水聴診棒と同様に経験のある技術者が使用することで、探知精度が上がります。



・漏水検出器

この機械では、相関法によって、漏水を探知します。探知したい配管の両端に機器を接続し、発生した振動波の反射や錯乱等を検出することで、管体を伝播する振動波の相互関係から漏水位置を特定する調査手法である。管水路を伝播してくる振動波を、漏水箇所を挟むセンサーでとらえ、漏水箇所から各センサーまで伝播する振動波の時間差から漏水地点を特定する方法である。

※漏水検知器→



・ノイズロガー

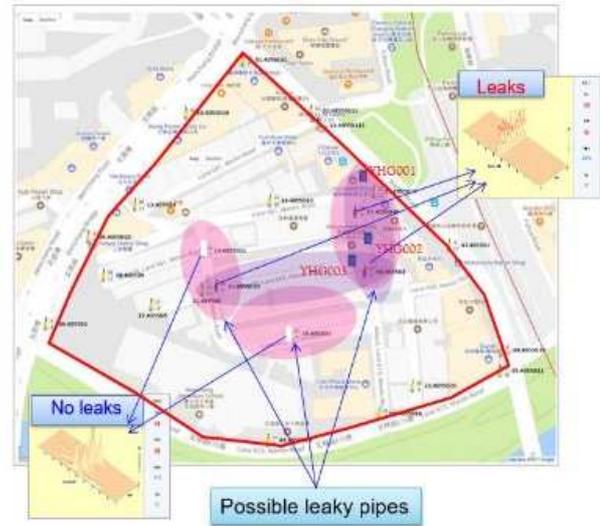
こちらは、漏水の疑わしい箇所に設置し、管路の音を記録することで、漏水箇所を特定する方法です。TWDで使用されている機器は、機器底面に磁石がついており、簡単にバルブや消火栓に設置することができます。



※ノイズロガー 機器と設置例

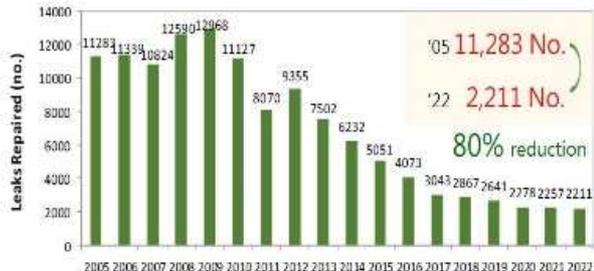
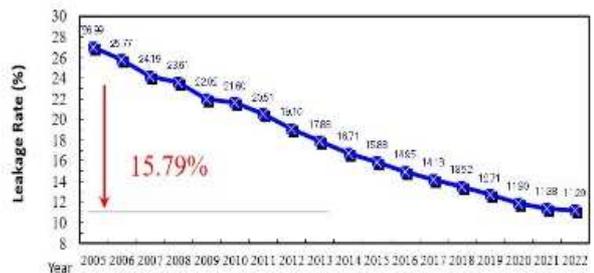
使用例として、あるエリアでの調査例を挙げます。

まず漏水調査の優先順位が高いエリアを選定します。選定にはDMAによる収益率を参考にします。今回の調査エリアは収益率71.48%でした。



※漏水調査例

エリア内にて約60～80m毎に機器を設置し、約7日間の漏水音を記録しました。漏水音は継続的に鳴り続けているので、容易に記録できました。音が強く、集中している箇所で漏水が発生している可能性が高いと判断します。右図の紫の楕円の箇所で漏水音が強くあり、その内でも5箇所の測定箇所にて、音量が大きく、漏水の疑いが強くありました。該当のノイズについて周波数を分析すると、5箇所の内3箇所にて漏水の疑いが高いと判断されました。結果、該当3箇所にて漏水を確認でき、修繕をすることができました。修繕完了後は収益率が71.48%から90.12%に改善することができました。



※漏水率と修繕件数の推移

これらの漏水対策に長年取り組んできたことで、確実に改善されてきています。漏水率は2005年～2022年の期間で15%以上も改善し、漏水に伴う工事も2005年の11283件に対し2022年は2211件と確実に減ってきています。

6. サービスについて

1) 水道料金

TWDの料金体系について紹介いたします。

台北の水道料金の構成は、大きく分けて、以下で構成されます。

・基本料金

水道メーターの大きさにより決定され、水道メーターが大きいほど基本料金は高くなります。これは、通常より多くの水を消費し、水道設備に負担をかける商業および産業の顧客が大型の水道メーターを使用することが多いためです。基本料金は、浄水場や配水管の建設・修繕、インフラの維持・更新にかかる費用を賄うために使用されます。

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

※水道基本料金

・使用料金

水の使用量に応じて計算されます。これは通常、水の使用量に応じて異なる料金が適用される段階的な料金システムを使用して計算されています。

そのため、水道の使用量が多いほど、1 m³当たりの水の料金は割高になるため、使用者の方々に節水を促すように設計されています。基本的な使用者である市民の方々が、より手ごろな料金で使用できるシステムとなっています。

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

※水道使用料金

・水資源保全手数料

節水を促進し、水資源の開発を支援することを目的としています。

使用量 1 m³あたり 0.5 NT\$の追加手数料としています。

・下水道使用料金

下水道事務局からTWDが委託を受け水道料金と併せて下水道の使用料金を徴収しています。この料金は、下水道の設備維持と運営に使用されます。

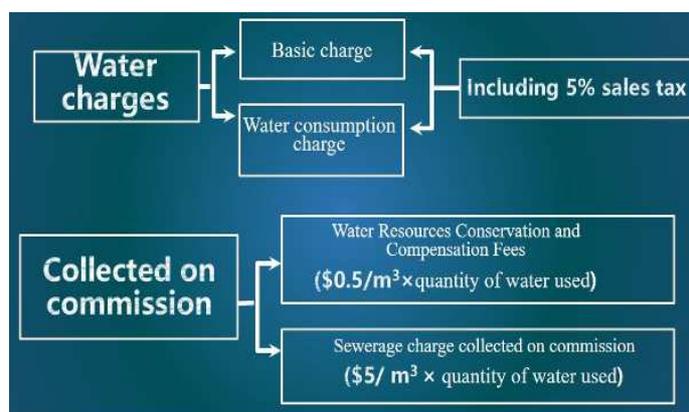
使用量 1 m³あたり 5.0 NT\$の追加手数料としています。

上記の4つの料金の内、基本料金と使用料金には、営業税5%（台湾での消費税）が課税される。

そこに水保全手数料と下水道使用料金を加えたものが、水道料金となり、水道使用者に請求されている。

なお、請求は2カ月に1度です。

水道料金は、適正な利益率を維持するため、主に水処理や配水コスト、運営管理費、税金など様々な要素に基づいて料金改定をする必要があります。



※水道料金の構成

最近では、2016年に改定がされましたが、以下の3点には留意しました。

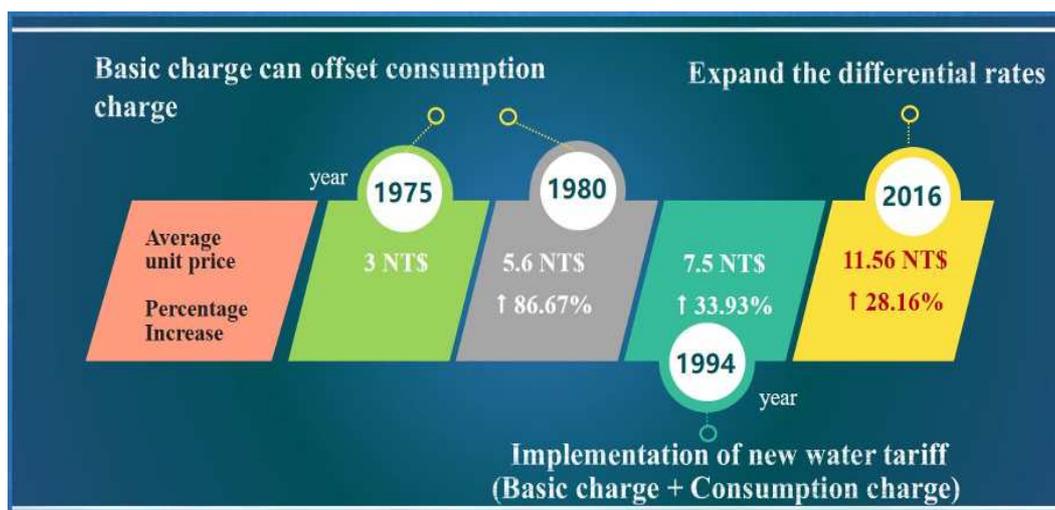
- ・毎月の使用料が20 m³以下の顧客の料金を上げすぎないこと。

なお、台北での使用料が20 m³以下の顧客の割合は62%である。

- ・使用量の多い顧客には節水意識を持ってもらうため、使用量の少ない顧客よりも料金の上昇を拡大すること。
- ・使用者が受け入れやすい様、1度の価格改定で調整を大きくしないこと。

このように、TWDでは価格改定に慎重な姿勢を取っています。

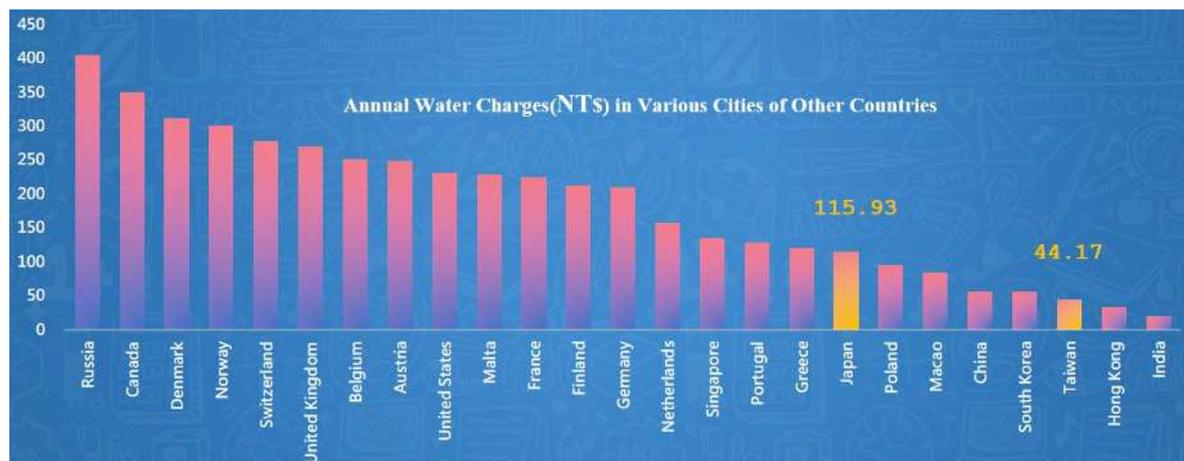
それでもなお、これまでに3度の料金改定が行われました。改定されたのは、それぞれ1980年、1994年、2016年です。これら3度の改定により、1 m³当たりの平均水道料金は3.5 NT\$→5.6 NT\$→7.5 NT\$→11.56 NT\$と上昇しています。



※水道料金の推移

これらの改定では、1994年に水道料金を基本料金と使用料金で決定する新体系が導入されています。台湾の水道料金は、諸外国に比べ、非常に安価であり、比較した25都市の中では3番目に安いです。

しかし、それでも水道料金に関する苦情はあります。大きく分けて、水道料金が安いこと、料金の値上げに関すること、基本料金の撤廃要望などです。これらの苦情などを少しでも減らし顧客満足度を高めるため、サービスの向上に努めています。



※世界の水道料金 (2021年：IWA調べ)

2) お客様サービス

サービスの向上のための取り組みについて紹介いたします。

水道や料金についてのお客様の不安を軽減するため、TWDでは2001年にカスタマーサービスセンターを設置しました。

電話による申し込みや、業者の派遣サービス、相談を引き受けるコールセンターなどがあり、特にコールセンターについては24時間・年中無休でサービスを提供しています。

また、家庭での漏水時の対策マニュアルの提供や家庭内の漏水調査サービスなどを行い、家庭内での漏水を減らすことで、節水、水道料金の削減を実施し、顧客満足度を向上する取り組みもしています。

水道料金についての広報や地域での水道イベントの開催、水道事業に関する動画をYouTubeで配信するなど、市民により身近に触れてもらうことで水道事業への理解を促進できる様、様々な手法で広報活動を行っているようです。



※コールセンター

7. 現地視察（直潭浄水場）（講師：TWC－歐尚鑫 様）

1) 直潭浄水場の概要

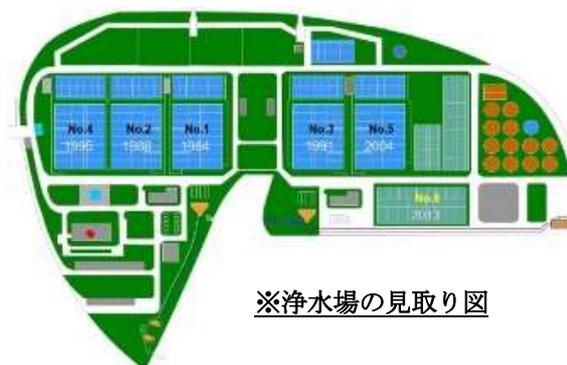
施設見学では、TWDの直潭浄水場を視察いたしました。

直潭浄水場は台北市南部に位置する浄水場で、台北市内の給水の大半の浄水処理を担っています。約30年の歴史があります。新店溪の地表水を100%利用しており、1日当たり240トンの給水を行っています。

これまで増え続ける水の需要に伴って、浄水場の処理施設を増設し、現在では、6つの処理系統を運用しています。浄水能力は、最大340万トンです。



※浄水場と貯水池の位置



※浄水場の見取り図

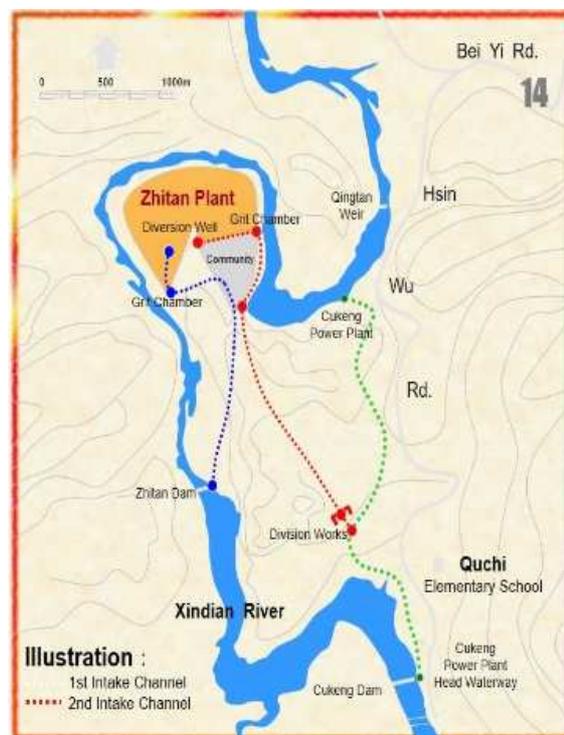
取水は、2つの経路から行われており、図の青と赤のラインがそれぞれの取水経路です。

第1 取水配管（青）

完成：1983年 容量：270t
口径：4000mm 長さ：2.2km

第2 取水配管（赤）

完成：2009年 容量：270t
口径：4000mm 長さ：3.1km



※取水配管経路

直潭浄水場では、浄水の処理方法は、急速濾過法を用いており、処理された浄水については、とても精練であり、飲水用として問題ない水質である。

平常時の原水は、濁度 10 前後と低濁度でとても処理しやすい上質な水です。しかし、台風などの災害時において、原水が高濁度になることが少なくなく、様々な対策を取ってきました。以下は一例です。

- ・高濁度時用の水処理運用の作成

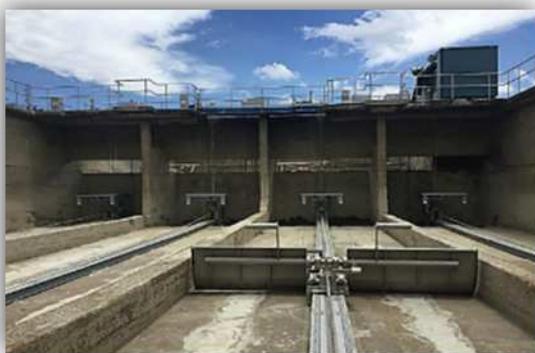
原水濁度を監視し、高濁度時には迅速に運用を切替ることで効率の良い浄水処理を行う。

- ・汚泥掻き取り機の追加

沈殿池へ汚泥掻き取り機を追加することで、一定以上の処理能力を確保することができる。

- ・凝集剤のタンクの増設

原水濁度が高い場合でも凝集剤の連続投与能力を確保するために凝集剤貯蔵量を増加。



※増設された掻き取り機



※凝集剤の貯蔵タンク

2) 緊急時の対策

浄水場視察では、緊急時の対策についても伺いました。給水箇所は、各家庭から 1km 以内の箇所に設置するよう定め、以下のような施設を台北市内各地に設置しています。

- ・緊急時給水所

46 箇所の給水所があり、12000 人に 2 週間毎日 30 の給水ができます。容量は、344000 トンです。

- ・学校給水所

最も多く、124 箇所の学校にて給水を受けることができます。

- ・防災地下水井戸

防災公園や学校など、73 箇所にて、給水を受



※緊急給水マップ

けることができます。1日当たり12000トンの給水をすることができますが、この給水については、飲用水としての利用はできません。同様に設置されている移動式浄水器を用いることで、飲用可能な水を給水可能です。移動式浄水器を2台設置してある玉泉公園などでは、1日あたり30トンの飲用水を給水できます。



Established from 2006 to 2019

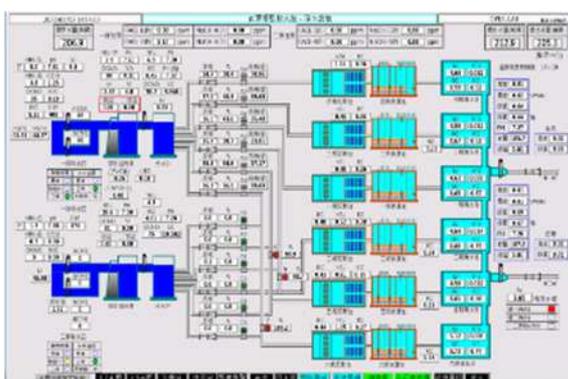


Established in 2016



Established from 2018 to 2019

※緊急給水施設（緊急時給水所・学校給水所・防水地下水井戸）



※浄水処理監視モニター



※監視室



※浄水場内風景



※検査室内観

8. 総括

今回の研修は、CTWWA本部での講義と施設見学という内容でした。

講義は、水質・水源の管理、配水システムなどの技術面だけでなく、水道料金や広報、カスタマーサービス、アセットマネジメントやガバナンスについて等、幅広い項目について各担当者からお話を伺うことができた。

日本と台湾は、国土や文化など異なる部分もあるが、地震や異常気象などの対策に苦慮している点では、共通点も多くあった。特に、多くの講義で説明のあった渇水や台風時の河川の濁水などの対応については、過去の経験や最新技術等も取り入れながら、対策が練られており、日本でも参考になる部分もあった。

また、老朽化した管路の漏水対策や管路の更新についても、共通点が多くあったように思う。個人的に感じたのは、日本と台湾で国民の水道事業への理解のあり方に差があるように感じた。一例を挙げると、漏水調査の講義にて、仕切弁操作や断水を伴う作業の説明があったが、講義内での質疑応答にて、その作業に伴う断水や濁水への市民の反応について訪ねたが、日本のような苦情等はほとんど無いとのことだった。これは台湾では受水槽のある建物が多い事など理由は多々あると考えられるが、台湾国民の水道事業への理解が進んでいることも一因であると感じた。

その他にも、安心して安全な水道水を安定してお客様に供給するという、水道事業における基本理念ももちろん一緒である。水道が貴重なインフラであることを認識し、職員が情熱をもって仕事をしている事、市民の皆様は、より良い水を供給するために日々努力している点など、同じ水道事業に携わるものとして感銘を受けた。

しかし、日本も台湾も共に、今後人口が減少する見込みであり、水道施設の維持・管理、人材確保及び技術継承において、課題が山積している。重要なライフラインである水道事業を持続可能なものとするため、今後も長期的な視点で水道事業を把握し、より効率的に予防・対策を行っていく必要がある。本研修で得られた経験を今後の仕事に反映させ、広い視野で問題と向き合い、より良い水道事業を継続、発展していけるよう努力したい。

9. 最後に

本研修は、新型コロナウイルス感染症の影響もあり、3年ぶりに開催された。実際に、研修の日程調整や開催の可否なども世界的な情勢を観察しながらの判断となり、調整の結果、2月下旬の開催となりました。非常に難しい情勢の中で、開催元の日本水道協会の担当者様については調整に苦慮されたことと思われまます。大変お世話になりました。

本研修は、移動日を除く4日間の日程で、内3日間は講義であり、各講義はおよそ90分間という構成でした。日常の業務等でも講義を数日間かけて受ける機会は少ないため、新鮮な思いでした。また、講義については、概ね英語で行われるため、通訳者の日本語訳も併せて聞きながらであっても、講義内で理解できない部分も多々あり、研修後にも時間をかけて内容を理解する必要がありました。こんなにも水道事業について考える1週間というのは今後の水道キャリアでも多くない貴重な経験となりました。

講義については、内容はもちろんのこと、講師の方々の各分野への知識、講義資料の質の高さ、プレゼンテーション及び英会話の能力の高さに驚きを受けました。特に英会話については、日本からの研修生はあまり英語を話せない中、講師の方々は、通訳者とも流暢に英語で会話をされており、また、講義外で交流した現地の方々には、英語を話せる方も多く、非常に驚きました。それと同時に、自らの英語力の低さを痛感し、今後英語について学びたいと考えるようになり、水道に関する講義内容以外の部分でもいい刺激を受けたように感じます。今回の体験を無駄にしない様、努力していきたいと思えます。

本研修では、日本を出国する研修初日まで直接の顔合わせの機会がなかったこともあり、不安を感じながら集合場所に向かいましたが、他でもない研修参加者の皆様の人柄に恵まれ、研修時だけでなく現地での生活面にいたるまで、研修参加者同士でフォローし合い、楽しみながら乗り越えることができました。普段では経験できない素晴らしい時間を過ごすことができ、感謝しています。今後も、皆様が各職場において、より一層ご活躍されることを願いますとともに、この国別水道事業研修が引き続き開催され、各自治体の職員同士の交流と知識の研鑽が続くことを祈っております。大変ありがとうございました

最後に、本研修を企画・調整していただいた日本水道協会の皆様、同行して下さった渡部様及び通訳の鳥山様、研修の司会進行役をして下さったCTWWA事務局長の吳陽龍様、私たちが快く迎え入れてくれたCTWWAの職員の皆様、素晴らしい講義をして下さったTWC・TWDの講師の皆様、本研修に私を送り出して下さった職場の皆様、今回の研修に関わったすべての皆様に、改めて感謝申し上げます。



※講義終了後の集合写真

(CTWWA 吳陽龍様・職員の皆様、TWD 黃裕泰様・張世勳様、研修参加者)

※報告書内の資料・写真等は、講義資料及び研修生撮影の物を使用させていただいた。