

令和6年度国別水道事業研修（アメリカ）報告書

研修期間：令和6年9月2日（月）～9月8日（日）

報告者：広島市水道局技術部設備課 島本浩司

作成日：令和6年10月31日

目次

1 研修概要.....	3
(1) 研修目的.....	3
(2) 研修対象者	3
(3) 研修参加者	3
(4) 研修日程と研修先	4
2 アメリカの水道事業の概要	5
(1) アメリカ合衆国の概要.....	5
(2) AWWA（アメリカ水道協会）について	5
(3) アメリカの水道事業の現状.....	6
(4) アメリカの水道事業のガバナンスモデル.....	6
(5) 南カリフォルニアの水道事業者について.....	7
3 アメリカの水道事業の規制	8
(1) 水質規制.....	8
(2) 水量規制.....	8
(3) 価格規制.....	8
4 アメリカの水道事業の資金調達	8
5 AWWA 規格	9
(1) G100 規格について.....	9
(2) G200 規格について.....	9
(3) G300 規格について.....	10
6 アメリカ水道事業のアセットマネジメント	10
(1) アセットマネジメントの考え方	10
(2) アセットマネジメントの実施手法.....	11
7 アメリカの水道事業の広報	12
8 Water 2050.....	13
9 施設視察.....	13
(1) Diemer 浄水場.....	13
(2) San Vicente ダム	19
(3) Pure Water San Diego /North City 水再生プラント	20
10 総括	23
(1) 研修を振り返って	23
(2) 謝辞.....	24

1 研修概要

(1) 研修目的

国別水道事業研修は日本水道協会（JWWA）と関係の深い他国の水道協会に研修の受入れを要請し、当該国の水道事情を学ぶ研修である。本研修の目的は、国際的視野を持つ人材の育成、英語能力の向上及び専門性の向上等である。令和6年度は令和5年度に続き、アメリカ水道協会（AWWA）に受入れを依頼し、アメリカ合衆国カリフォルニア州で実施された。

(2) 研修対象者

各地方支部より各1名（中国四国地方支部は2名）選出され、対象者は以下のとおりである。

- ・日本水道協会正会員の中堅職員
- ・令和6年4月1日時点で40歳未満
- ・水道の業務経験が5年以上
- ・英語を理解し、コミュニケーションを図ることが可能

(3) 研修参加者

ア 研修生

所属	職名	氏名
札幌市水道局総務部企画課技術研修担当係	技術職	遠藤美由紀
秋田市上下水道局浄水課設備係	主任	伊藤大河
草加市上下水道部水道工務課	技師	大森将希
豊田市上下水道局総務課	主査	高木翼
大阪市水道局工務部計画課	担当係長	北田聡
広島市水道局技術部設備課	技師	島本浩司
米子市水道局総務課	係長	山本健一
福岡市水道局計画部計画課	総括主任	森永拓典

イ 事務局・通訳

所属	職名	氏名
日本水道協会研修国際部国際課	主事	山田さくら
日本国際協力センター	通訳	山口唯観

※所属・職名・氏名は研修当時

(4) 研修日程と研修先

月日	時間	日程	所属/講師	場所 (図1)
9月2日(月)	16:45	羽田空港発		
	11:25	ロサンゼルス国際空港着 (時差-16時間)		1. LAX Int'l Airport
	夕方	研修関係者とウェルカムディナー		
9月3日(火)	午前	開会挨拶		2. The Metropolitan Water District
		MWD (南カリフォルニア都市圏水道局) の紹介	MWD/Noosha Razavian	
		研修生自己紹介		
		AWWA (アメリカ水道協会) の紹介	AWWA/Chi Ho	
		講義: 研修概要の説明		
	午後	講義: 日本の水道事業の現状	JWWA/山田さくら	
		講義: アメリカの水道事業の現状	AWWA/Chi Ho	
		講義: ガバナンス、政策、財務の健全性	AWWA/Chi Ho	3. Diemer in Yorba Linda facility
		グループディスカッション:	Liberty/Jim Elliott	
		Liberty: リバティ (民間水道会社)	CVWD/Robert Cheng	
		CVWD: コーチャラ・パレー水道局		
9月4日(水)	午前	視察: Diemer in Yorba Linda facility (ヨーバリンダのDiemer浄水場)	MWD/Anthony Tse(ほか)	
	午後	講義: 水資源と運用の最適化	AWWA/Chi Ho	4. San Diego County Authority
			MWD/John Shamma	
			MWD/Sylvia Perez	
			MWD/Mauricio Santos	
9月5日(木)	午前	講義: 施設の強靱化と安定性	AWWA/Chi Ho,	5. San Vicente Dam Raise
		Kayuga Solution: 民間コンサルタント会社	Kayuga Solution/Colin Chung	
		SDCWA: サンディエゴ水道局	SDCWA/Emily Novac	
	午後	視察: San Vicente Dam Raise (San Vicenteダム)		6. Pure Water San Diego / North City Water Reclamation Plant
9月6日(金)	午前	講義: 関係者とのコミュニケーション	SDCWA/DougCampbell	
			Louisville Water/Meet Kelley	
	午後	視察: Pure Water San Diego / North City Water Reclamation Plant		1. LAX Int'l Airport
9月7日(土)	10:00	ロサンゼルス国際空港発		
9月8日(日)	14:00	日本(羽田) 着 (時差+16時間)、解散		

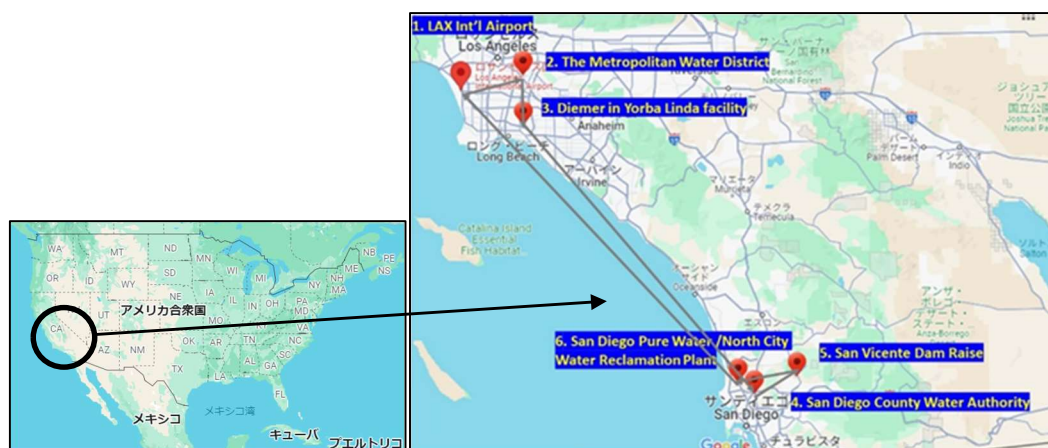


図 1 研修先の位置関係 (Google Map より)

2 アメリカの水道事業の概要

(1) アメリカ合衆国の概要

アメリカ合衆国（以下アメリカ）は、北アメリカ大陸中央部の48 州にアラスカとハワイを加えた50 州とコロンビア特別区からなる連邦共和国で、国土面積は日本の約26 倍に相当する約983万km² と世界第3位の広さを誇る。人口は米統計局推計推定によると2024年現在、約3億3,650万人である。西海岸は、温暖な気候で、夏は北からの海流の影響を受け、比較的涼しい。内陸部の夏は40度を超える日が多く、冬は日中暖かくても、夜は急激に冷え込み、空気が乾燥する。ロッキー山脈の東側には大平原が広がり、大陸性の乾燥した気候で雨が少なく、地域によっては4月～6月に竜巻が多く発生し、東海岸の北部の冬は厳しく、積雪がある。東南部やフロリダ半島では夏から秋にかけてハリケーンが襲来する。図2世界の年平均降水量（通年）1991-2020年世界の天候図表に示すように、アメリカの年平均降水量は東西で地域差がみられる。

カリフォルニア州はアメリカ西部、アメリカ西海岸地域に位置し、州都はサクラメント、最大の都市はロサンゼルス郡ロサンゼルスである。面積は約42万km²であり、全米第3位（面積は日本の約1.1倍）、2021年の人口は約3,947万人であり、全米第1位とアメリカで最大の州のひとつであり、気候は地域によって多様である。今回研修が実施された南カリフォルニアの気候は、年間を通して温暖であるが、少雨地域である。ロサンゼルスにおける年間平均気温は19.7℃、年間降水量は325.8mmである。近年の気候変動により、渇水の期間が長く、降雨時は豪雨となる傾向にあるようである。

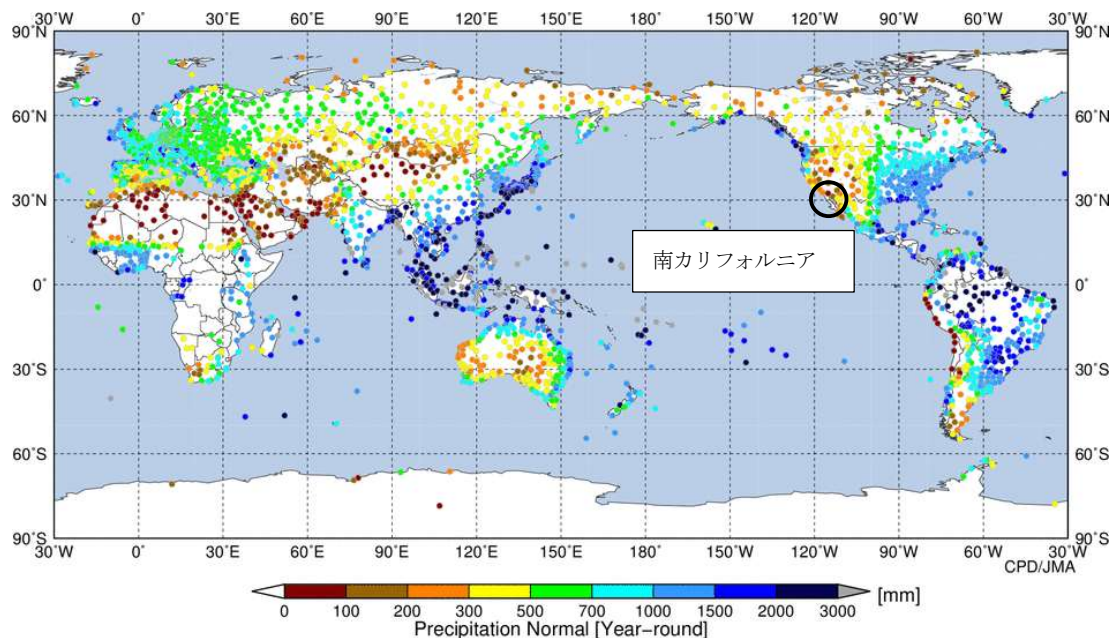


図 2 世界の年平均降水量（通年）1991-2020 年 出典：気象庁 世界の天候図表

(2) AWWA（アメリカ水道協会）について

AWWA（アメリカ水道協会）は 1881 年にワシントン大学で設立された非営利組織である。目的は「創造と交流」であり、43 の支部で構成され、約 51,000 名の会員、約 4,000 名のボランティア、約 160 名の職員によって支えられている。図3のAWWAの活動に示すように、以下のよう活動を行っている。

- ・水道指針
- ・標準規格
- ・定期刊行物の制作
- ・年次会議
- ・会議、ワークショップ

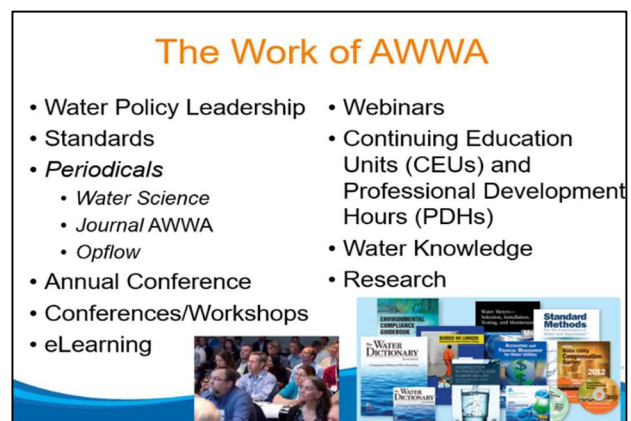


図 3 AWWA の活動について

- ・e ラーニング
- ・ウェビナー（オンラインセミナー）
- ・CEUs（継続教育単位）と PDHs（専門能力開発時間）※スキル取得・維持のための教育
- ・水に関する知識
- ・研究

194 の標準規格、60 の訓練マニュアルなど数多くの刊行物を制作しており、これらは水道事業者を含む関係者への標準規格として認められている。今回、研修に随行していただいた、Chi Ho Sham 氏と、Rebecca Wheeler 氏はそれぞれ AWWA の第 140 代会長（元会長）と国際課の職員である。

（3） アメリカの水道事業の現状

AWWAは水道事業における課題や動向把握を目的に、毎年水道関係者に対して調査を実施している。最新の調査は2024年に実施されており、調査内容の一つである、近年の水道事業の課題とトレンドを図4に示す。図中の上段からランキング上位であることを示し、2024年における課題の1位に「流域/水源保護」2位に「資本整備のための資金調達」3位に「老朽化した水道インフラの更新」が挙げられている。2024年の1位の「流域/水源保護」は2023年の第5位から上昇しており、非常に関心が高まっている。その理由の一つに近年日本においても問題となっているPFASが挙げられる。PFASは永遠の化学物質と呼ばれ、水処理が困難であることが知られており、その処理には多額の資金が必要である。規制上の懸念もあることから2024年の最も関心のある課題として認知された。また、3位に「老朽化した水道インフラの更新」が挙がっており、アメリカにおいても日本と同一の課題を抱えていることがわかる。

2024	Change	2023	2022	2021	2020	2019
Watershed/source water protection	↑	Renewal and replacement of aging water and wastewater	Renewal and replacement of aging water and wastewater	Renewal and replacement of aging water and wastewater	Renewal and replacement of aging water and wastewater	Renewal and replacement of aging water and wastewater
Financing for capital improvements	↑	Long-term water supply availability	Financing for capital improvements	Financing for capital improvements	Financing for capital improvements	Financing for capital improvements
Renewal and replacement of aging water and wastewater	↓	Financing for capital improvements	Long-term water supply availability	Long-term water supply availability	Long-term water supply availability	Long-term water supply availability
Long-term water supply availability	↓	Public understanding of the value of water systems and services	Aging workforce/anticipated retirements	Emergency preparedness	Public understanding of the value of water systems and services	Public understanding of the value of water systems and services
Financial sustainability	NEW in 2024	Watershed/source water protection	Public understanding of the value of water systems and services	Public understanding of the value of water systems and services	Watershed/source water protection	Watershed/source water protection
Public understanding of the value of water systems and services	↑	Aging workforce/anticipated retirements	Emergency preparedness	Watershed/source water protection	Public understanding of the value of water resources	Public understanding of the value of water resources
Workforce issues	↓	Public understanding of the value of water systems and services	Watershed/source water protection	Public understanding of the value of water resources	Aging workforce/anticipated retirements	Groundwater management and overuse
Groundwater management and overuse	↑	Emergency preparedness	Public understanding of the value of water resources	Aging workforce/anticipated retirements	Emergency preparedness	Aging workforce/anticipated retirements
Drought or periodic water shortages	↑	Groundwater management and overuse	Groundwater management and overuse	Compliance with current regulations	Compliance with current regulations	Emergency preparedness
Cybersecurity issues	↑	Compliance with current regulations	Cybersecurity issues	Groundwater management and overuse	Groundwater management and overuse	Cost recovery (pricing water to accurately reflect the cost of service)

図 4 2024 年調査の課題とトレンド

（4） アメリカの水道事業のガバナンスモデル

ガバナンスモデルとは組織の統治モデルや管理モデルを指し、日本の水道事業は原則として公営（Public）で組織管理されている。アメリカの水道事業におけるガバナンスモデルは、公営だけでなく、完全な民営（Private）も存在する。アメリカには5万以上の水道事業体があり、給水人口比率では約8割が公営により運営され、残りの約2割が民営により運営されている。歴史的にみると、古くから民間事業者が運営してきた経緯があるが、人口増加、公衆衛生などの観点から公営的な視点で水道事業を行う必要性が生じたことから、多くの地域で地方公共団体（公営）が水道事業を担うようになった。表1にアメリカの水道事業のガバナンスモデルの代表例を挙げる。モデル②については地方公共団体が民間企業に運営権を委託するもので、その中で最も多くみられる方式の一つに、施設運営・管理委託方式（Operation and Maintenance略してO&M）が挙げられる。この方式は地方公共団体が施設の所有権を有したまま、民間企業に施設の運営を委託し、費用を支払うものである。

モデル	①公営(Public)	②公営(Public)	③民営(Private)
所有権	地方公共団体	地方公共団体	民間事業者
運営権	地方公共団体	民間事業者	民間事業者

表 1 アメリカの水道事業のガバナンスモデルの代表例

(5) 南カリフォルニアの水道事業者について

本研修は南カリフォルニアの公営水道事業者である MWD(南カリフォルニア水道局)と SDCWA (サンディエゴ郡水道局) において主に実施されたため、これら水道組織についてその概要を述べる。

ア MWD (南カリフォルニア水道局) について

MWD(Metropolitan Water District of Southern California)は南カリフォルニア最大の水道事業者であり、サービスエリアはカリフォルニア州6の郡、13,500km²におよび、約1,860万人の人口をカバーしており、5つの主要浄水場を保有している。本研修では主要浄水場の1つであるDiemer浄水場の視察することができたので後述する。図5はカリフォルニアの主要導水施設を示しており、MWD水源の内訳は50%がローカル(ロサンゼルス導水路や地下水など)、30%が州の水プロジェクト、20%がコロラド川導水路である。南カリフォルニアは長年の水不足から、比較的雨量の多い北部地域やコロラド川からの水源を得るために、カリフォルニア州の水プロジェクトへの参画(カリフォルニア導水路など)やコロラド川導水路の建設などにより、対策を講じてきた。その延長は前者は約1,130km、後者は400kmにも及ぶ。導水路中には貯水池、ダム、ポンプ施設等も含まれる。州の水プロジェクトにおけるポンプ施設の一つにエドモントンポンププラントがある。その規模は4段8万馬力の遠心ポンプ(モーター定格約60,000kW)14台、全揚程は約600m、1台当たりの揚水量は約8.92m³/sである。



図 5 カリフォルニアの主要導水施設

イ SDCWA (サンディエゴ郡水道局) について

SDCWA (San Diego County Water Authority) はサンディエゴ郡の水道事業者であり、MWDの会員組織の一つである。サービスエリアはサンディエゴ郡であり、約330万人の人口をカバーしている。図6に示すように、1991年には約95%をMWDからの水源に頼っていたが2023年には様々な水源により供給されている。このポートフォリオの変化は1990年代の渇水の経験から供給信頼性を高めるために戦略的な投資を行ったものである。2000年までの投資先は図7に示すように海水淡水化施設の建設やダムの嵩上げ工事により貯水量を増強させたSan Vicenteダムなどである。またサンディエゴ市としての新たなプロジェクトとして他エリアからの水依存を減らす「Pure Water San Diego」が挙げられる。本研修ではこれらの施設の視察をすることができたので後述する。

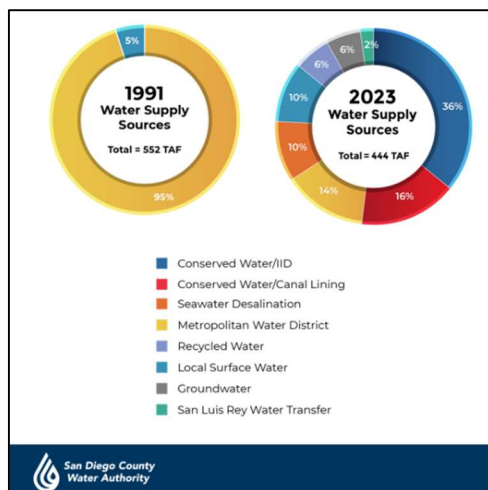


図 6 1991 年と 2023 年の水源



図 7 2000 年までの新規投資先

3 アメリカの水道事業の規制

アメリカの水道事業の規制は水質規制、水量規制、価格規制に分かれている。

(1) 水質規制

水質規制は1914年にアメリカ公衆衛生局（PHS）により正式な飲料水の水質基準が定められ、1974年にアメリカ環境保護庁（EPA）により制定された連邦法のセーフドリンキングウォーター法（SDWA: Safe Drinking Water Act）が中心となっている。これは公営民営を問わず全ての水道事業者に課せられた水質基準であり、水道中の有害物質などの含有量の上限值などが定められている。実際の規制監視については各州の規制庁が行っており、州によっては独自の規制値を設けることも可能となっている。

(2) 水量規制

水量規制は各州によって管理されることが一般的であり、水道事業者は州などから水利権を獲得し、負担金を支払っている。

(3) 価格規制

民営の水道事業者には価格規制が課せられているが公営の水道事業者には課せられていない。規制機関は各州のPUC（Public Utility Commissions）/PUD（Public Utility Department）である。

本研修で講師をしていただいた、Liberty Utilities（民営水道事業）のJim Elliott氏によると、民営は営利企業であるため水道料金改定に積極的であるが、水道料金の値上げは容易にできるものではなく、カリフォルニア州はCPUC（California Public Utilities Commission）によって、その透明性やコストについて厳しい審査が実施され、過去の事例では料金の値上げ改定をしようとしたところ、値下げ改定を勧告されたことがあるとのことであった。公営は政治の影響を受けるため水道料金の改定には消極的であるとのことであった。

4 アメリカの水道事業の資金調達

アメリカの水道事業の資金調達は公営と民営では異なっており、図8に公営と民営の資金調達についての概要を示す。

◆ Tax-Exempt Debt Securities for Public Utility Systems

Features	General Obligation Bonds	Revenue Bonds
Form of Security	Debt	Debt
Buyers	Individuals and Institutions	Individuals and Institutions
Pledged Revenues	Full Faith and Credit of the Issuer	Utility Revenues
Typical Term	20-30 years	20-30 years
Interest Rates	Lower	Higher
Tax Status	Exempt from Federal Taxes	Exempt from Federal Taxes

◆ Corporate Bonds for Private Utilities

Features	Secured Debt	Debentures Debt
Form of Security	Debt	Debt
Buyers	Individuals and Institutions	Individuals and Institutions
Pledged Revenues	Secured with Specifically Pledged Corporate Assets	Unsecured
Typical Term	1 to 30 years	1 to 30 years
Interest Rates	Lower	Higher
Tax Status	Not Tax Exempt	Not Tax Exempt

図 8 公営と民営の資金調達について

公営の資金調達方法は公債の発行、連邦政府からの融資、州からの融資に大別される。公債は償還原資によって一般財源保証債とレベニュー債に分けられており、一般財源保証債は信用を担保に発行されるのに対し、レベニュー債は水道料金等の収入を担保として発行される。金利については前者の方が低く設定されている。連邦政府からの融資については、WIFIA（Water Infrastructure Finance and Innovation Act）と呼ばれる。上記の公債と比べて低い金利で借り入れることができ、最低融資額（2000万ドル）やプロジェクトに対する最大の融資率（49%）などが定められており、アメリカ財務省の金利が適用される。州からの融資については、SRF（Drinking Water State Revolving Fund）と呼ばれる。SDWAの改正によって設立されたもので、EPAと州のパートナーシップにより提供されている。上記の公債と比べて低い金利で借り入れることができる。プロジェクトに対する融資率は最大100%まで借入れが可能であり、最低融資額は州によって決定され、金利は無利子を含む市場金利以下が適用される。

民営の資金調達方法は主に社債や株式の発行による。社債の発行形式については担保の有無により分かれており、無担保社債の金利はより高く設定される。公営の資金調達方法に州からの融資SRFについて述べたが、州によって形態は様々であり、民営にも適用できる州もある。

カリフォルニア州の水道事業体においては財産税（Property tax）からの歳入もあるとの説明があった。財産税の一部は公営民営問わず、水道事業者に分配される。その思想は「水不足では経済発展できない、そのため税金が水道事業に分配される」とのことであった。CVWD（コーチャラ・バレー水道局）の Robert Cheng氏の講義において、CVWDの財務について説明があった。図9にCVWDの財務（予算ベース）について示す。図中の左から、revenues（歳入）、O&M expenses（運用維持費）、capital（資本的支出）の全体額（Million \$）と各内訳を示している。歳入内訳の①SWP財産税（SWP：州の水プロジェクト）が18.6%、②水道料金が18.4%③一般財産税が11.2%であり、財産税による歳入が水道料金を超える割合であった。

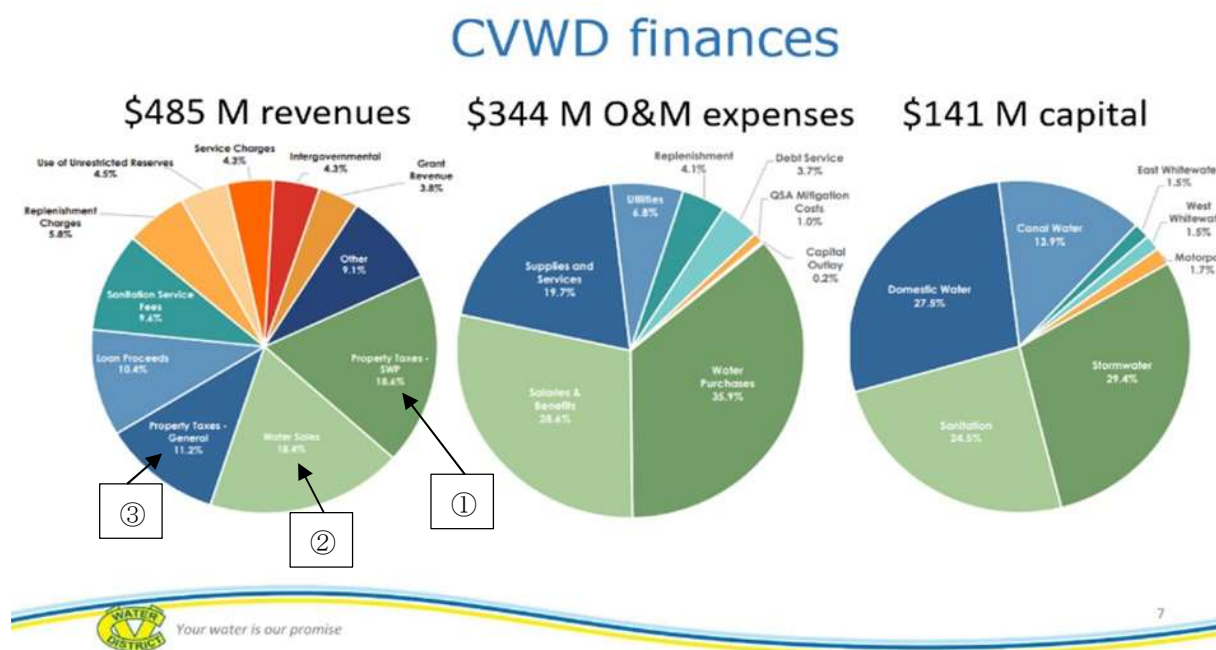


図 9 CVWD の財務

5 AWWA 規格

AWWA規格は水道業界のガイドラインとして機能している規格であり、米国国家規格協会（ANSI：American National Standards Institute）から認定を受けている。規格数は194存在し、その区分はA：水源、B：浄水処理、C：配水管等、D：貯水、E：ポンプ、F：浄水場設備、G：水道事業体の運営となっている。規格については随時更新されており、陳腐化したものは廃止されるため、194という規格の数については常に変動している。

（1） G100 規格について

G100規格は浄水場に係る規格であり、その刊行物もいただいた。G100規格は浄水場の運用管理に関して重要な要件を定義しており、①水質の維持、②システムマネジメントプログラム、③施設の運用と維持について示されている。ただし具体的な数値等は示さず、浄水場の運用に関する必要最小限の条件を規定することとしている。また、本規格内のチェックリストを使用することで、浄水場を効率的に運用管理するに当たり、重要な要件をどの程度満たしているか、評価することもできる。

G100規格では4.2.4「Housekeeping Procedures and Cleanliness」にプラント内の整理整頓について定められているが、後述するDiemer浄水場の視察において、浄水場の施設内は管廊等を含め、清掃が行き届いており、整理整頓がなされていた。また、同規格4.2.16「Human Resources」に人材の教育や訓練について定められているが、Diemer浄水場の運転員は教育や訓練を受けている者が浄水場の運転を行っている」と説明を受けた。

（2） G200 規格について

G200 規格は配水システムに係る規格である。G200 規格は配水システムの運用と管理に関する重要な要件について定義しており、①水質の維持、②システム管理における実施計画、③施設の運用と維持について示されている。具体的に①は配水管の水質の維持についてなど、②は水圧監視や防蝕・量水器についてなど、③はポンプ所や調整池などの運用と維持や配水管の更新などについて取り扱っている。

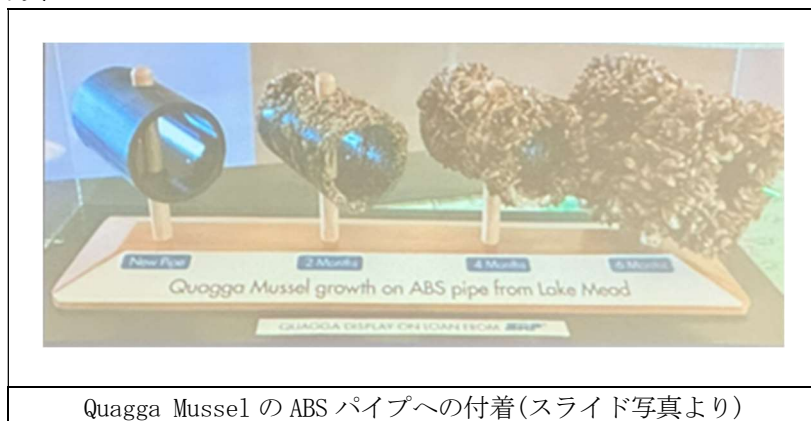
G200 規格を使用し成果を得るためには、「実現可能な目標を設定すること」「達成度を測るシステムを導入すること」「最適な戦略を作成し実行すること」「一貫性を持って運用すること」などが重要であると説明を受けた。

(3) G300 規格について

G300 規格は水源保護に係る規格である。G300 規格は水源保護プログラムの重要な要件を定義しており、①水源保護プログラムのビジョン、②水源の特性評価 ③水源保護の目標、④水源保護行動計画、⑤行動計画の実施、⑥プログラムの定期的な評価と見直しについて示されている。これらは水源の利害関係者の継続的な関与が必須である。

水源保護に関して、MWD においては各水源で異なる問題を抱えている。これらは自然由来によるもののほか都市活動や農場から発生する人工由来のものに分類される。自然由来である水源の有機物や臭化物などの成分は浄水場の塩素処理やオゾン処理により有害な物質を生成し、人工由来である山火事による消火剤、火薬、農薬などによる汚染はより高度な浄水処理が必要になる。場合によっては、水源放棄などの可能性が出てくる。そのため、MWD では G300 規格とそのガイドラインに基づき、州や地方水道機関と連携して保護プログラムを実施している。北部地域からの水源（州の水プロジェクトの水源）問題の一つに 2007 年に水源の Mead 湖で最初に発見された、Quagga Mussel と呼ばれる貝による配管やポンプの閉塞問題がある。対策として配管を乾燥させ、貝の除去作業を実施し、水源の湖に塩素注入施設を建設することにより、塩素管理を行い、貝の繁殖コントロールに成功している。また、コロラド川の水質問題の一つとして土着物などによる水源の塩分濃度問題がある。水路のライニング・灌漑システムの改良・塩分を含む水源の水を深井戸に注入するなどの対策により塩分濃度の低減に成功したとのことである。

写真



6 アメリカ水道事業のアセットマネジメント

(1) アセットマネジメントの考え方

アセットマネジメントは直訳すると資産管理であるが、EPAにおいては「顧客が望むサービスレベルを提供する一方で、インフラの資本資産を所有・運用するための総コストを最小化するように管理することである。この管理の枠組みは、持続可能なインフラを追求・実現する手段として、水道事業で広く採用されている。」と定義している。本研修では以下の事項が強調されていた。

- ①事後対応ではなく予防保全であること。
- ②顧客の期待値・サービスレベル・リスクのバランスがとれていること。
- ③適切な根拠により決定すること。
- ④インフラの現状を理解し、将来計画を立てること。
- ⑤個人ではなく組織として全員が取り組むこと。

昨今の日本の水道法においても水道施設台帳などの取組により適切な資産管理の推進が挙げられており、上記の項目は日本におけるアセットマネジメントを理解する上でも基本的に共通の考え方である。

アメリカにおいても2 アメリカの水道事業の概要
 (3) アメリカの水道事業の現状で述べたとおり、日本と同様にインフラの老朽化が問題となっている。ロサンゼルスにおいては約10,800kmの本管のうち700kmの老朽管の更新が必要である。インフラのライフサイクルから更新のピークは2030年に迎えるとされており、新規開発から維持管理へ移行する時期となっている。しかし、図10の交通と水インフラに対するアメリカの公共支出の推移グラフから、投資額（GDP比）は年々減少しており、運用維持費（Operation and Maintenance）についても増加傾向が見られない。これはインフラの適切な補修がなされていないことを意味する。これからは限られた資源（資金や労働力）を有効活用するためには、道路工事や下水道の工事などと同時に水道の工事をするなどの各組織の統合や協調も重要であると説明があった。

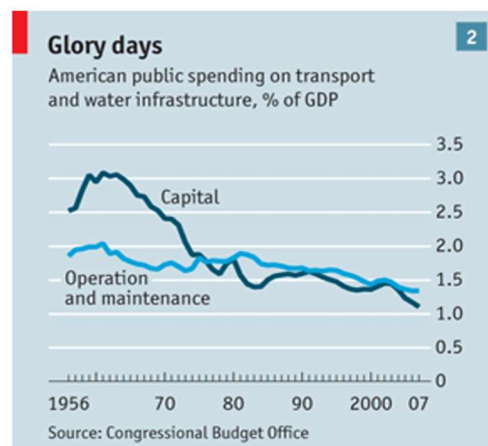


図 10 公共支出の推移

(2) アセットマネジメントの実施手法

アセットマネジメントの実施において重要なことは最初に所有している全ての資産をデータベース化（資産台帳化）することである。データベース化するに当たり、施設ごとに分類後、設備を細分化し、さらに個々の機器の情報を登録し、データベース化していく。例えば図11に示すポンプ設備の場合、モーター・ポンプ・バルブ・配管・圧力スイッチなどに細分化し、各機器の製造者・モデル・シリアルナンバー・定格・製造年月日などを登録し、設備全体を階層化し、整理する。これらをデータベース化することにより、資産の統計情報なども簡単に得ることができるようになる。また、従来はマッピングシステム、会計システム、資産システム、水質情報、工事情報、事務システム、など様々なシステムが単独で存在し、それらのデータは関連付けされていないことが多い。各システムを関連付けすることで意思決定や投資計画の作成がよりスムーズになり、部門間の意思疎通が容易になる。アセットマネジメントにはデータベース化とこれらシステムの関連付けが不可欠である。



図 11 ポンプ設備の細分化

また、各システムの関連付けと本研修で紹介されたアセットマネジメント支援システムを組み合わせることで、図12のようなリスクマトリクスと管路のリスクマップを生成できる。図中左のリスクマトリクスは縦軸に推定事故率、横軸に事故による結果（損失）を示している。右上の赤いエリアが最もリスク（推定事故率×事故による結果）が高く、更新又は改修の必要性が高い資産を意味する。図中右のリスクマップとは、リスクマトリクスによる色分けをマッピングシステムと関連付けされた結果、地図上に可視化できたものあり、どの地区の管路資産のリスクが高いかなどを把握できる。このシステムを効果的に使うには、詳細で正確な管路データをシステムに入力することが重要となる。

上記手法により、リスクベースで資産の状態把握→調査→計画→予算編成→工事→状態把握のサイクルを確立することで、より効率的なアセットマネジメントを実施することができる。そして、受動的な管理手法（昨年ベースの予算編成、事後保全、予算ありきの工事、小リスク資産の更新）から能動的な管理手法（将来ベースの予算編成、高リスク資産の更新、リスク優先の投資、高い費用便益比率）へ移行できると説明があった。

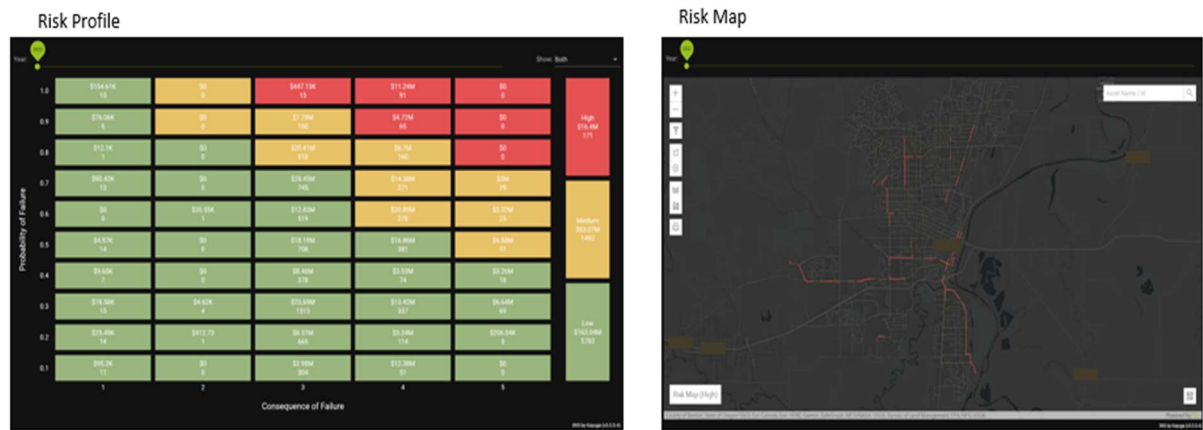


図 12 リスクマトリクス（縦軸：事故率 横軸：事故による損失）とリスクマップ

7 アメリカの水道事業の広報

アメリカの水道事業の広報について、主にリスクコミュニケーションに着眼点をおいて実施された。お客様である住民と直接話をする場面は事故が起きた場合や水道料金を値上げする場合などが多くなりがちである。水は蛇口から出て当たり前で、住民は水道事業者とコミュニケーションをとる必要があまりない。すなわち、水道事業者が積極的に情報発信をしなければ、お客様が情報を得る機会はほとんどない。一方通行のコミュニケーションでは伝わりにくいため、ソーシャルメディアなどを活用してより積極的に情報発信することが重要で、それは事故時にも備えることができる。そして発信する情報は常にお客様の立場で考えることが重要である。

リスクコミュニケーションにおいて、CAPと呼ばれる手法が紹介された。Cは「Caring Message」Aは「Action Message」、Pは「Perspective Message」である。コミュニケーションをするときはCAP（懸念・行動・視点）を意識し、伝えることが重要である。Cの懸念とはまずは感情などのケアをし、問題を持っていることを伝える、Aの行動はどのような対応をとっているかを伝える、Pの視点とは情報の視点（着目点）を伝えることを意味する。水道事業における具体例について以下に示す。

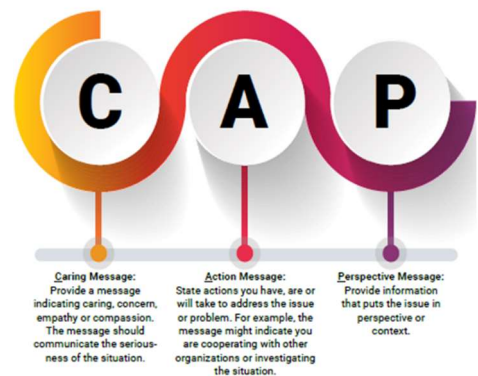


図 13 CAP のロゴ

配水本管の破裂事故が起きた場合の地域社会に対してのコミュニケーション例	
C	今回の水道管破裂事故による断水により、御迷惑をおかけしております。
A	既に通行止めか所の交通整理を実施し、職員が補修計画を検討しています。補修中は仮設の水道管により配水します。
P	想定外の断水であることは承知しています。補修完了後、破損の原因を調査し、再発防止策を検討します。

上記の例のように、CAPを意識することで住民とより円滑なコミュニケーションをとることができる。さらに27語、9秒、3つの情報にまとめることで、より効果的に要点を伝えることができる。水道料金の値上げを実施する場合において「水道局では安心安全な水をつくり、皆様のお宅まで届ける責務があります。そのため、水質検査やインフラへの投資、人材育成などを継続的に行っています。水道局では技術職員を雇用し、老朽管の更新や日々の水質検査を実施しています。」という例が紹介された。コミュニケーションの初期段階では細かい情報を伝える必要はないということを意識すべきである。

8 Water 2050

AWWAは持続可能な水部門の道筋を示すために、「水の未来」の長期的なビジョンを描くWater2050を掲げている。日本における「新水道ビジョン」と類似しているが、Water2050はグローバルで広い視野でそのビジョンを描いている。2050年には世界人口は約98億人に達すると予想され、うち31億人には深刻な水不足が発生する見込みである。将来にわたり持続可能であるためには、水コミュニティだけでなく、様々な部門が相互利益と全体の利益のために協力をしながら進めていく必要がある。このためWater2050では水コミュニティ内外の有識者が集まり、表2に示す5つのテーマにより「水の未来」へのビジョンを描いている。AWWAはテーマごとに会合を開催し、それらテーマの横断的な連携も行っている。また、若手の専門家の意見を積極的に取り入れることで世代間の協働を重要視している。今後は水に関する知見を深め、情報を広めることで「安全な水」「人類の健康」「持続的な地球」という水コミュニティの重要な使命に向けてサポートしていくことを目標としている。講義の最後に講師のChi Ho Sham 氏からWater2050は北米の目線になりがちであるため、よりグローバルな目線で一緒になって解決していきたいという言葉をいただいた。



図 14 Water2050 のロゴ

1 持続可能性	水資源、水源保護、インフラ、ネット・ゼロ・エミッション、水の再利用、気候変動
2 テクノロジー	イノベーションの加速、AI、IoTの活用、サイバーセキュリティ、他分野からの応用
3 経済	循環型社会、水への資金提供、地域化、分散型、サプライチェーン
4 ガバナンス	規制と規制構造、連邦・州・地方行政機関の役割、目的に適した規則、世界への影響
5 社会・人口統計	国民の信頼、水の公平性、人口増加や移動のトレンド、都市化、水道労働者、水使用量

表 2 Water2050 の 5 つのテーマ

9 施設視察

(1) Diemer 浄水場

Diemer浄水場はMWDの保有する主要浄水場5施設の内の一つである。本浄水場は1963年に通水を開始し、オレンジ郡ヨーバリンダの丘の上に位置している。浄水場入口には5.1MWの水力発電が設置されており、自然流下でロサンゼルス沿岸部とオレンジ郡に水を供給している。本浄水場の浄水は2022年の「32nd Berkeley Springs International Water Tasting」（水道水のテイスティング世界大会）にて銀賞を受賞するほど良好な飲料水である。図15にMWD主要浄水場、図表1にDiemer浄水場と本市の高陽浄水場の概要を示し、その内容について述べる。



図 15 MWD 主要浄水場



①	オゾン処理施設
②	沈でん池
③	ろ過池
④	洗淨水槽
⑤	管理本館
⑥	薬品貯留設備
⑦	浄水池
⑧	排水処理

	Diemer浄水場	広島市水道局高陽浄水場
施設能力	1,968,200m ³ /日	200,000m ³ /日
導水路名（水系）	①北部地域からの導水路（州の水プロジェクト） ②コロラド川導水路	①太田川
導水路延長	①1,130km ②400km	①4.89km（導水管）
前処理設備	Ozone（オゾン処理施設） Hydrogen Peroxide（過酸化水素） Sulfuric Acid（硫酸） Chlorine（塩素ガス） Caustic Soda（水酸化ナトリウム）	粉末活性炭 次亜塩素酸ナトリウム
薬品注入設備	Alum（硫酸アルミニウム） Polymer（高分子凝集剤） Chlorine（塩素ガス）/ Sodium Hypochlorite（次亜塩素酸ナトリウム）	硫酸アルミニウム /ポリ塩化アルミニウム 水酸化ナトリウム 次亜塩素酸ナトリウム
中処理設備	Polymer（高分子凝集剤） Sodium Hypochlorite（次亜塩素酸ナトリウム）	次亜塩素酸ナトリウム
後処理設備	Caustic Soda（水酸化ナトリウム） Chlorine（次亜塩素酸ナトリウム） Ammonia（アンモニア） Fluorosilicic Acid（ヘキサフルオロケイ酸）	水酸化ナトリウム 次亜塩素酸ナトリウム
沈でん池方式	横流式沈でん池	横流式沈でん池+傾斜板
ろ過池方式	急速濾過（重力式）	急速濾過（重力式）
ろ過池砂層	アンスラサイト ろ過砂 砂利	マンガン砂 ろ過砂 砂利
ろ過池洗淨方式	逆洗+表洗	逆洗+表洗
浄水池（配水池）	90,840m ³	68,000m ³
受電電圧	66,000V（2回線）	6,600V
電気料金	平均約70,000ドル/月（10,150,000円）	3,500,000円/月平均
管理室勤務体制	5直2交代（直営）計15人（専任）	8直2交代（直営）計16人（非専任）
職員数	59人	29人
職員構成	機械技師・電気技師・制御技師・運転員	機械技師・電気技師

※導水路の延長は総延長であり、浄水場への延長ではない（導水路から様々な施設が取水している。）。

※電気料金は145円/ドルにて換算している。

図表1 Diemer 浄水場（案内看板と現地説明による）と高陽浄水場の概要

ア 施設能力

高陽浄水場と比較して約10倍の給水能力を備えており、視察時には、約100万m³/日の水量を処理していた。また、視察した沈でん池の一部が干池状態であったが、Diemer浄水場においては、必要処理水量に応じて沈でん池を干池する運用をしている。

イ 導水路

高陽浄水場は1水系から導水しているが、Diemer浄水場では2水系から導水可能となっている。これは渇水対策や信頼性向上を目的としている。原水は2水系の混合水であり、渇水時はコロラド川導水路からの導水量が増え、水資源に余裕があるときは北部地域からの導水路（州の水プロジェクト）からの導水量が増えるとのことであった（写真内のプラントフロー図から浄水場入口は導水路と接続されたDiemerトンネルと低地区供給路により導水され、前者は残圧が高いため、水力発電機経由となっている。）。

ウ 前処理設備

高陽浄水場は水源が良好な水質であることから、主に水源のダムの水質変化（カビ臭の除去）を目的に前処理として粉末活性炭の注入設備を設置している。それに対して、Diemer浄水場は消毒副生成物等の削減や水質規制強化への対応等を目的とした前オゾン処理を実施している。制御方式は溶存オゾン制御方式であり、日本においても一般的な方式であった。日本におけるオゾン処理は、中オゾン処理、後オゾン処理を採用している浄水場が多いが、Diemer浄水場では前オゾン処理を採用している。理由として、浄水場新設であれば後オゾン処理を採用するが、稼働中のDiemer浄水場にオゾン処理の追加検討した結果、後オゾン処理を追加するための敷地が限られていることや浄水場の稼働停止期間が限られていることなどにより前オゾン処理を採用したとのことであった。また、Hydrogen Peroxide（過酸化水素）を注入することで促進酸化処理（有機物の酸化分解）させ、さらに残オゾンを消費させている。

エ 薬品注入設備

Diemer浄水場は高陽浄水場では注入していない、高分子凝集剤（PolyDADMAC）が注入可能となっている。目的は凝集であることは変わらないが、二次凝集により濁質除去を可能としている。

オ 中処理設備

中処理に高分子凝集剤が注入可能となっているが、視察時は注入されていなかった。

カ 後処理設備

Diemer浄水場はクロラミン（結合残留塩素）で管理するため、アンモニアの注入を行っていた。高陽浄水場は遊離残留塩素で管理しているため、アンモニアの注入は行っていない。クロラミンは、残留塩素を長く持続させる必要がある場合や色度の上昇、異臭味の発生の発生防止に有効である。参考までに、MWD2018年水質レポート（2017年実績）によると、配水システム内における総残留塩素値は約1.1-3.1ppmで推移している。また、虫歯予防のためヘキサフルオロケイ酸（いわゆるフッ素）が注入可能となっている。

キ 沈でん池方式

Diemer浄水場沈でん池（8池）は高陽浄水場沈でん池（4池）と同様の横流式沈でん池であったが、傾斜板は設置されていなかった。高陽浄水場は沈でん池の処理能力を高めることを目的に実質沈降面積を増加させることができる傾斜板を設置している。

ク ろ過方式

急速ろ過方式であり、ろ過砂層の表層にアンスラサイトがある、多層ろ過化池であった。本市の牛田浄水場2系ろ過池の一部においても試行的にアンスラサイトを採用している。通常時のろ過速度は約180m/d（11.4L/min/ft²）で運転している。

ろ過池の洗浄は中央制御により自動化しており、48池全ての池にろ坑計とろ過水濁度計が設置されているため、ろ坑とろ過水濁度のどちらかが規定値に達した時点で自動洗浄となり、通常は20時間から50

時間の洗浄間隔である。高陽浄水場はタイマー制御を実施している。ろ過池の逆洗方式はサイフォンではなく、洗浄水槽+逆洗弁を採用している。本方式は本市牛田浄水場の1系ろ過池に採用している。

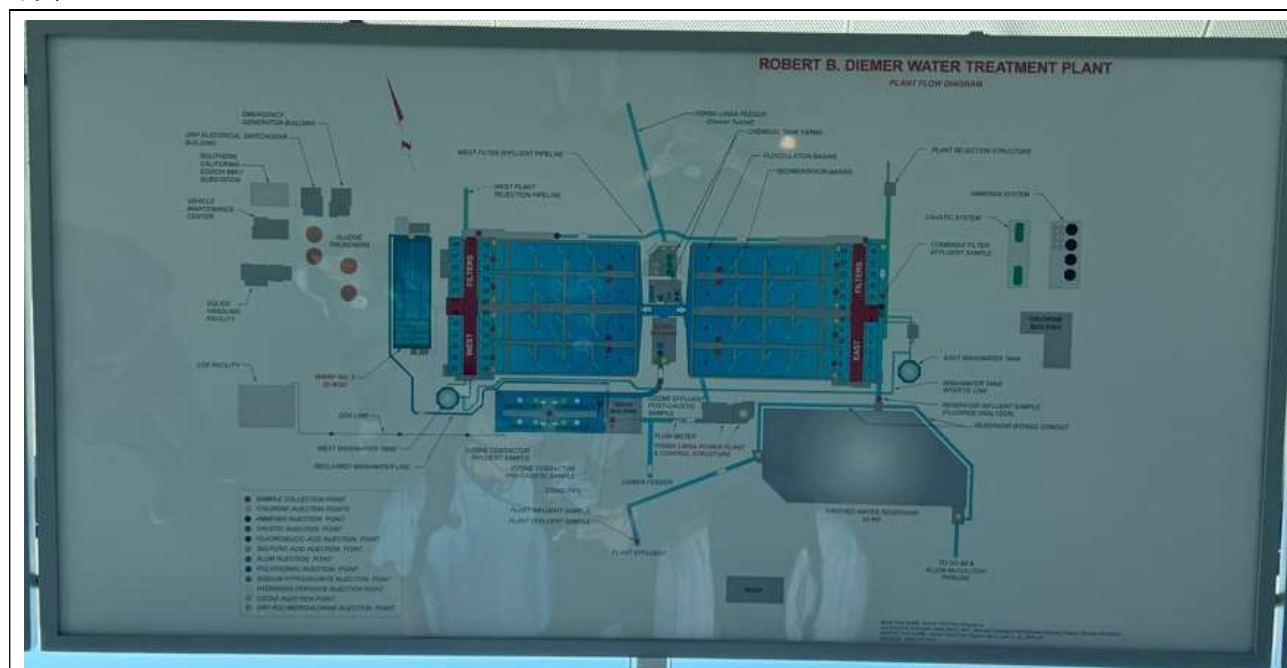
ケ 浄水場運転管理等

Diemer浄水場の運転管理は直営であった。AWWA基準においても述べたとおり、教育と訓練を受けた運転員が運転管理をしている。MWDホームページJobs List項に運転員（Water Treatment Plant Operator）において、詳細に仕事内容と待遇が記載されている。参考までに、Operator I（Ⅰ～Ⅲまであり、下位職）の最低給料と最高給料はSalary Low \$68,744(約9,967,880円)Salary High \$90,314（約13,095,530円）とされている。（145円/ドルにて換算）

コ その他

Diemer 浄水場の薬品使用場所には NFPA704 と呼ばれる全米防災協会が策定した化学薬品の危険性を示す規格表示が各場所に表示されていた。写真内のオゾン処理施設の入り口にも同表示が掲げられていた。赤は可燃性レベル、青は有害性レベル、黄色は不安定性レベル、（各レベルは 0～4 の 5 段階で表示）白色は特記事項が記載されており、オゾン施設の表示レベルは可燃性 0：通常着火しない、有害性 4：死傷性有、不安定性レベルは 3：衝撃や加熱などにより爆発、特記事項は OX：酸化性を意味している。

写真



Diemer浄水場プラントフロー図



浄水場施設写真



浄水場管理本館入口



水道水テイスティング大会銀賞受賞(管理本館に掲示)



オゾン発生器



オゾン接触池



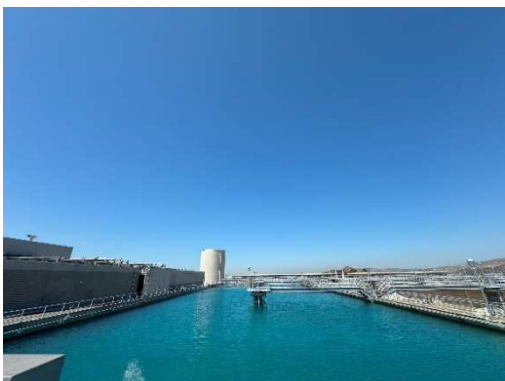
オゾン操作パネル



オゾン施設薬品注入管



硫酸アルミニウム輸送タンク車



沈でん池



干池中の沈でん池 (フロック形成池)



干池中の沈でん池



集水ロング



ろ過池



ろ過池現場操作盤



ろ過水濁度計（単位NTU）



薬品等配管（スぺアもみられる）



オゾン処理施設入口



NFPA704

(2) San Vicente ダム

San Vicenteダムはサンディエゴ市とSDCWAが共同保有しているダムである。河川はSan Vicente川であり、目的は水供給、レクリエーション、洪水調整である。本ダムは1941年から1943年に建設されたダムであるが、緊急貯水プロジェクトの一環として、2009年から2013年に貯水量を増強するために堰の嵩上げ工事がSDCWAにおいて実施された。工事により貯水量は約2.7倍に増強された。ダム下流側は河川ではなく、パイプラインでポンプ施設（7,000馬力のポンプ3台）と接続されており調圧井に揚水後、San Vicenteパイプラインを通して第二導水路と呼ばれる導水路と接続されている。表3と図16にダムの概要とダム断面図を示す。また、南カリフォルニアはサンアンドレアス断層などいくつかの断層が縦断しているが、それらの地震力にも対応できる設計となっている。図17に南カリフォルニアの導水路と断層図を示す。視察時気温は約42℃であり、以前はダム周辺がこれほど暑くなることはなく、気候変動による影響を感じているとのことであった。

San Vicenteダム	既設（嵩上げ前）	増設後（嵩上げ後）
ダム型式	重力式コンクリートダム	重力式コンクリートダム
堰高	220feet (67m)	337feet (103m)
堰長	963feet (294m)	1430feet (436m)
貯水量	90,000acre-feet (約110,000,000m ³)	247,000acre-feet (約304,551,000m ³)
本体工事費	資料に記載なし	140,200,000 US\$ (約200億円)
施工	資料に記載なし	シミックー大林JV
工法	ブロック工法	RCC工法

表 3 San Vicente ダムの概要

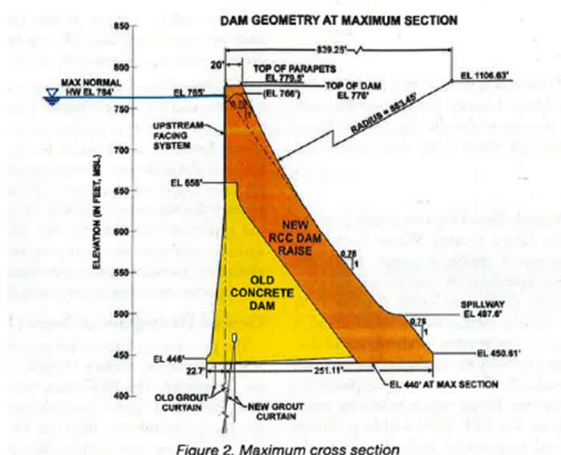


Figure 2. Maximum cross section

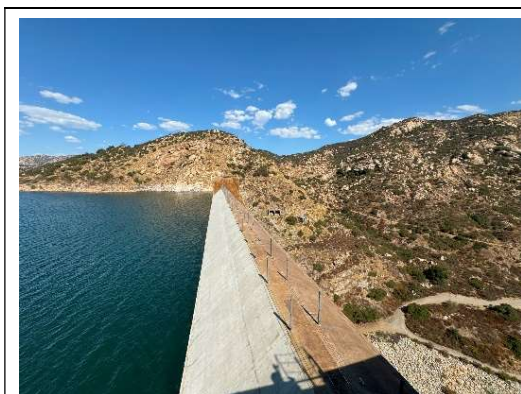
図 17 ダムの断面図(黄:既設 橙:増設)



Figure 3. Water supply aqueducts cross major faults in Southern California

図 16 南カリフォルニアの導水路と断層

写真



ダム堰堤より

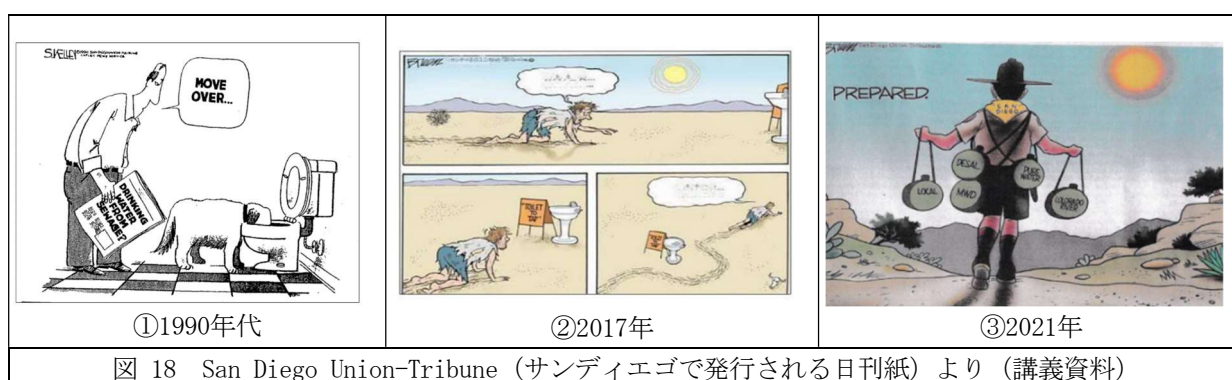


ダム堰堤より下流側を望む

(3) Pure Water San Diego /North City 水再生プラント

Pure Water San Diegoとはサンディエゴ市の他エリアからの水依存を減らすことを目的とするプロジェクトであり、現在フェーズ1が進行中である。その一環として下水（再生水）から飲料水(Pure Water)を生成する施設の建設がある。今回の視察ではそのデモプラントの視察を行うことができた。

初めにその歴史を紹介する。図18に各年代の下水から飲料水を生成することに対する風刺画を示す。①は90年代に下水から浄水を生成するプロジェクトが開始されたころの風刺画である。②は2017年に掲載された風刺画である。2017年になってもなお、下水から飲料水を生成することに対してのイメージが悪いことを示している。デモプラントが建設された経緯はこれらの懸念を払拭することも理由の一つであり、信頼性、安全性、費用対効果などを検証・実証するための施設である。デモプラントは研究のほか、市民見学や教育などにも利用されている。これらの成果によりPure Waterに対するイメージは年々改善してきており、③の2021年の絵にはサンディエゴで様々な水源を準備していることを表現しており、「Pure Water」が含まれていることが確認できる。また、視察の終わりに処理された飲料水（Pure Water）を試飲したが、普通の水道水であり、また、モニター値からも安全性がある程度確認でき、私自身の安全性への懸念は払拭された。



本デモプラントはNorth City水再生プラント内に建設され、2011年から稼働しており、処理能力は公称約3785m³/日(1MG/D)であり、原水は下水処理した再生水である。各処理の概要を以下に示す。また、図表2にデモプラントの処理フロー画面(写真)とモニター値を示す。

ア オゾン処理

オゾン処理はオゾンの酸化力を使用して有機物の分解、異臭味や色度等の除去を行う。

イ 生物活性炭処理

生物活性炭処理は残オゾンの除去を目的とする。また、オゾン処理と生物活性炭処理の処理(BAC)によって、有機物の除去、膜処理設備延命化、逆浸透設備の排水量削減などにも寄与している。

ウ 膜処理

膜処理は主に前処理ろ過(濁質除去)を目的とする。UF膜とMF膜を並列に接続しており、視察時は均等に通水していた。モニター値から濁質は膜処理にてほぼ処理できていることが読み取れる。本施設がデモプラントであることから、処理水質や経済性などの検証をしており、現在のところUF膜が総合的に優位と考えられている。実際のプラントではUF膜を採用予定とのことである。

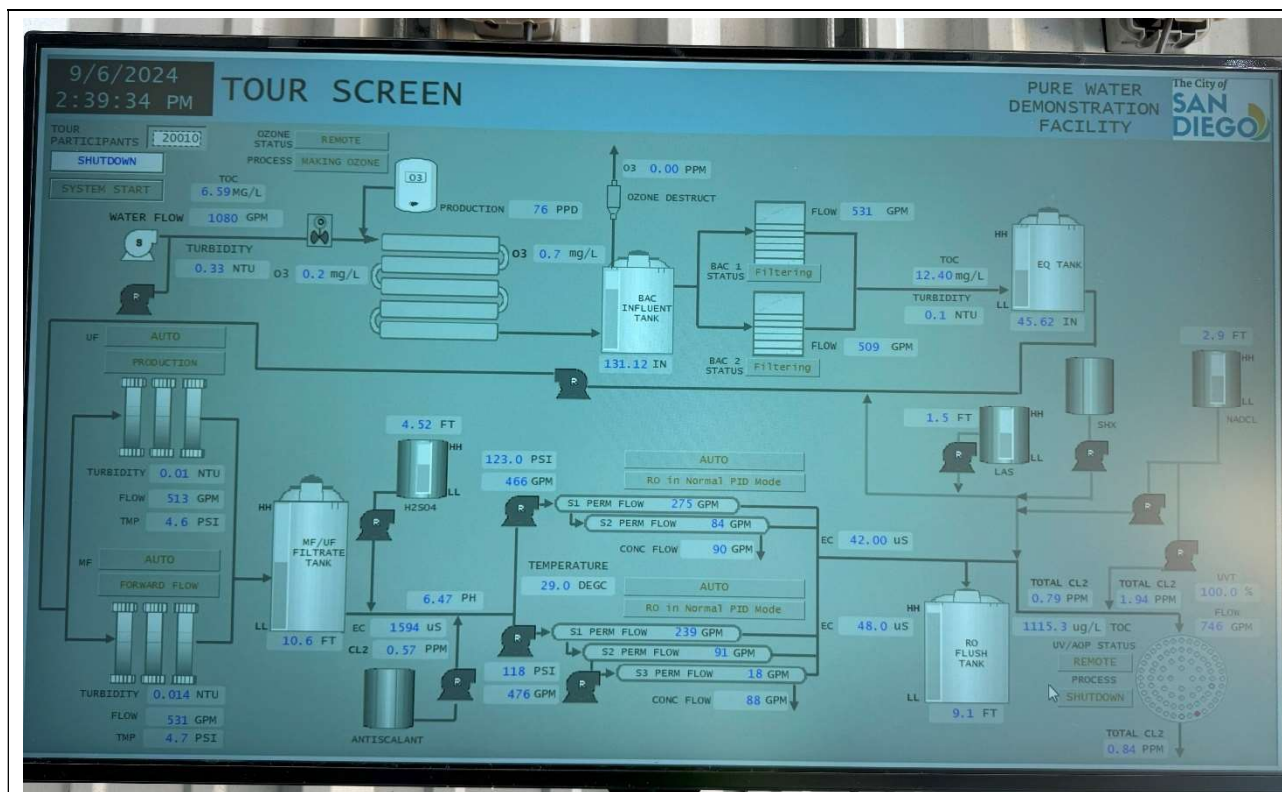
エ 逆浸透設備(RO)

逆浸透設備は主に後処理ろ過(不純物等除去)を目的とする。RO膜は2段又は3段で構成されており、圧力が100psi、回収率が85%であると説明を受けた。モニター値計算は平均約81%の回収率(逆浸透設備排水量/逆浸透膜設備入口流量)である。モニター値から、電気伝導率が大きく下がっており、不純物等を除去できていることが確認できる。高陽浄水場の浄水の電気伝導率の平均は85μS/cm(2022年実績)であり、同等以上であることが確認できる。電気伝導率値は2段(RO出口伝導率(1))と3段(RO出口伝導率(2))に優位な差は見られない。回収率が高いほど排水を減らすことが可能となるため、エネル

ギーコストを変えずに90%の回収率を目指している。

オ 紫外線処理/酸化処理

紫外線処理/酸化処理は促進酸化処理とも呼ばれ、紫外線（270nm UV）照射+過酸化水素によりヒドロキシラジカルを発生させ、有機物を酸化分解させる。モニター値から、処理後のTOCは大きく減少していることがわかる。



計測	原水TOC	原水濁度	原水流量	BAC後TOC	BAC後濁度
値	6.59mg/L	0.33NTU	1050G/min	12.4mg/L	0.1NTU
換算値	-	約0.54度	約240m ³ /h	-	0.07度
計測	UF膜流量	MF膜流量	UF膜濁度	MF膜濁度	UF膜膜間圧力差
値	513G/min	531G/min	0.01NTU	0.014NTU	4.6psi
換算値	116m ³ /h	120m ³ /h	約0.007度	約0.0098度	-
計測	MF膜膜間圧力差	膜出口残留塩素	膜出口PH	膜出口伝導率	RO入口水温
値	4.7psi	0.57ppm	6.47	1594μS	29度
換算値	-	-	-	-	-
計測	RO入口(1)水圧	RO入口(1)流量	RO入口(2)水圧	RO入口(2)流量	RO排水(1)流量
値	123psi	466G/min	118psi	476G/min	90G/min
換算値	-	105m ³ /h	-	108m ³ /h	約20m ³ /h
計測	RO(2)排水流量	回収率平均(計算)	RO出口(1)伝導率	RO出口(2)伝導率	RO出口総残留塩素
値	88G/min	約81%	42μS	48μS	0.79ppm
換算値	約20m ³ /h	-	-	-	-
計測	UV入口総残留塩素	UV入口TOC	UV入口流量	UV出口総残留塩素	
値	1.94ppm	1115.3μg/L	746G/min	0.84ppm	
換算値	-	1.115mg/L	169m ³ /h	-	

図表 2 デモプラントの処理フロー画面（写真）とモニター値

写真



デモプラント入口



オゾン処理+活性炭処理



膜処理設備



トーレ製UF水道用膜モジュール (PVDF)



旭化成製水道用MF膜モジュール (PVDF)



逆浸透設備

	
RO膜モジュールの構造	紫外線処理設備
	
計測機器類	Pure Waterの試飲

10 総括

(1) 研修を振り返って

今回の国別水道事業研修では綿密な研修日程を組んでいただき、日本では経験できない様々なことを経験させていただいた。研修に参加する前はアメリカと日本の浄水場の違いに関する知識を学び、規模の大きな水道施設の視察をしてみたいと考えていた。実際、アメリカと日本の水道施設の違いやその先進性について多くのことを学ぶことができ、規模の大きな水道施設の視察もとてもよい経験になった。それにも増して、水を確保するための努力や投資を継続する姿勢にとっても感銘を受けた。

座学研修においては、民間水道事業者と公営水道事業者のマネージャークラスの方を講師として招聘していただいております。両者からその運営形態などについて講義を受けるとともに、ディスカッション形式で質疑や討論できたのはとても貴重な経験であった。また、双方のガバナンスモデルにメリット・デメリットが存在することが確認できた。日本における水道事業の「民間委託化や民営化」についての動向も注視していきたい。

現地視察においては浄水場の処理施設（前オゾン施設）や再生水の飲料水化のデモプラントなど日本や広島市にはない施設の視察はとても興味深かった。帰国後に、関連する情報の収集を行うことで、「水処理」に関する知識を深めることができた。また、アメリカの水道事業においても日本のゼネコン、水処理メーカー、機器メーカーが多数関わっていることが分かった。日本のゼネコンやメーカーのプラント工事や水処理に関する技術力はとても高く評価されている。日本においても、工事の発注やメンテナンスの実施において重要なパートナーである。水道事業の持続性やアセットマネジメントの観点からも、各日本企業の協力が不可欠であり、継続した工事や点検の発注が重要であると感じた。

現地での言語の違いについては、山口氏の素晴らしい通訳に助けられ、研修内容をよりスムーズに理解することができた。また、研修前にはオンライン英会話を受講していたことで、AWWAの随行員の方や講師の方と直接コミュニケーションをとる手助けになった。

本研修で得た多くの知識や経験をこれからの自身の職務に役立て、今後の広島市の水道事業の発展に貢献していきたい。

(2) 謝辞

今回の素晴らしい研修をコーディネートしていただいた、AWWA のChi Ho Sham 氏、Rebecca Wheeler 氏、日本水道協会の山田氏、通訳の山口氏や有意義な時間を共に過ごすことができた研修生の方々に感謝を申し上げます。また、研修を開催していただきました日本水道協会、研修に派遣していただきました広島市水道局、業務の調整などフォローしていただきました職場の方々、研修の参加のためにサポートをしてくれた家族に感謝申し上げます。



MWD理事室にて集合写真

引用・出典

FORTH（厚生労働省検疫所）ホームページ

<https://www.forth.go.jp/destinations/country/usa.html>

外務省ホームページ

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/usa/data.html>

気象庁ホームページ

<https://www.data.jma.go.jp/cpd/monitor/climfig/?tm=normal&el=tn>

在ロサンゼルス日本国総領事館ホームページ

https://www.la.us.emb-japan.go.jp/itpr_ja/m07_03.htm

MWDホームページ

<https://www.mwdh2o.com/>

CVWDホームページ

<https://www.cvwd.org/>

EPAホームページ

<https://www.epa.gov/dwcapacity/about-asset-management>

オルガノホームページ

<https://puric.organo.co.jp/>

AWWAカリフォルニア－ネバダ支部ホームページ

<https://www.ca-nv-awwa.org/>

NFPAホームページ

<https://www.nfpa.org/>

三菱ケミカルホームページ（促進酸化法）

<https://www.mcas.co.jp/products/products-589/>

サンディエゴ市ホームページ（Pure Water San Diego）

<https://www.sandiego.gov/public-utilities/sustainability/pure-water-sd>

水道施設設計指針2012（日本水道協会）

研修講義資料・配付パンフレット