

令和5年度日本水道協会国際研修
国別水道事業研修（アメリカ）報告書

報告者 : 大分市上下水道局 浄水部 浄水課 尾造 佑香
研修期間 : 令和5年9月10日～令和5年9月17日
作成日 : 令和5年11月13日

目次

1. 研修内容	1
(1) 日程	
(2) 参加者	
2. アメリカにおける水道事業の概要	2
(1) アメリカの地形と気候	
(2) アメリカの行政機構	
(3) アメリカ水道事業のガバナンスモデル	
(4) アメリカ水道事業の資金調達	
(5) アメリカ水道事業の課題	
(6) AWWA について	
3. アメリカにおけるアセットマネジメントについて	5
(1) アセットマネジメントの定義	
(2) アセットマネジメントの手法	
4. アメリカの水道料金の設定方法及び体系	7
(1) アメリカの水道料金設定	
(2) アメリカの水道料金体系	
5. デンバーウォーターの広報について	9
6. 水源	9
(1) 水源汚染による問題	
(2) 水源保護に関する取り組み	
7. アメリカの水質基準・配水管理	10
(1) 水質基準について	
(2) AWWA 規格について	
(3) PFAS の基準案について	
(4) アメリカの配水管理について	
8. 浄水場見学	13
(1) デンバーウォーターについて	
(2) マーストン浄水場について	
9. Rocky Mountain Water Conference	15
10. Water2050	16
11. 総括	16

1. 研修内容

(1) 日程

	午前	午後	宿泊
1日目	出発	現地着	
2日目	会議：AWWA Rocky Mountain Water Conference		
3日目	自己紹介、日本水道の現状 講義：AWWA の紹介、アメリカ水道事業、水道事業ガバナンスモデル		デンバー
4日目	講義：アセットマネジメント、水道事業経営（経営形態、料金等）等		
5日目	講義：水源保護、AWWA 規格、配水と漏水、未来のトピック		
6日目	視察：マーストン浄水場		
7日目	帰任		機中泊
8日目	日本着		

(2) 参加者

・研修生 8名

山田 哲郎	札幌市水道局 給水部 白川浄水場 浄水係
杉浦 幸憲	盛岡市上下水道局 上下水道部 水道建設課 主査
小林 智也	川崎市上下水道局 水道部 施設整備課 技術職
古川 頌之	愛知中部水道企業団 配水課 技師
前田 健太	芦屋市水道事業 上下水道部 水道管理課 主事
桑名 悠司	香川県広域水道企業団 工務課 主任主事
山崎 樹	高知市上下水道局 水道整備課 技査
尾造 佑香	大分市上下水道局 上下水道部 浄水課 主任

・事務局・通訳

渡部 英	日本水道協会研修国際部 国際課 課長補佐
山口 唯観	日本国際協力センター (JICE)



図 1-1 AWWA 玄関にて (参加者)



図 1-2 自己紹介の様子

2. アメリカにおける水道事業の概要

(1) アメリカの地形と気候

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り、国土面積は日本の約 26 倍に相当する 983 万km²と世界第 3 位の広さを誇る。西部にロッキー山脈、東部にアパラチア山脈が連なる。中央部に広がる平原は肥沃な土壌に恵まれ、アメリカ随一の農業地帯となっている。西経 100 度の経線を境に降水量が異なり、西部の乾燥地域と東部の湿潤地域に大きく分けられる。東部の多くは温帯で、北東部から中西部にかけては冷帯気候に属しており、針葉樹が広がる。一方、フロリダ半島の南端は亜熱帯気候で一年中温かい。ロッキー山脈の南側は乾燥気候に属する。コロラド川中流部には、大渓谷、グランドキャニオンが広がり、谷の深さが 1600m 以上に達するところもある。

(2) アメリカの行政機構

アメリカには 連邦政府、州政府、地方政府が存在する。連邦政府は州から成り立ち、その役割は限定列挙され、連邦憲法に明記された権限以外の機能については全て州政府に帰属する。一方地方政府は、各州の憲法などによって規定された地方自治制度に基づき統率を受けている。これにより地方政府は税金・料金・手数料などの徴収の制限や、起債に関する細かい管理も受ける。

地方政府には郡（カウンティ）、市町村（ミュニシパリティ・地方自治体）、特別区などといった区分があるが、それぞれ成り立ちは異なる（図 2-1）。郡は州の出先機関として地区ごとに設立されるが、市町村は、住民自ら州政府に対し要請を行い成立する小規模な団体である。特別区などは、上水道などの目的のためだけに設立される団体であり、既存の地方政府の境界にとらわれずに設置することができる。市町村と同様に課税権・起債権も持つため、州や市町村と財政を切り離して起債を行うのに便利とされている。水道事業体が「公営」と呼ばれる場合、地方政府の中でも市町村や特別区など（以下、「地方政府等」という。）が水道事業を行うが、上記の特徴の違いが水道事業にも影響を及ぼすこととなる。



図 2-1 アメリカの行政機構

(3) アメリカ水道事業のガバナンスモデル

アメリカでは、地方政府等に所有権及び運営権がある水道事業体と、民間事業者にも所有権及び運営権がある事業体、その両方の要素をもつ事業体が存在する。最も多く見られる形態としては、地方政府等が施設所有権を持ち、施設運営・管理は民間事業者に委託する形態（O&M方式）である（図 2-2）。民間委託の対象となる業務にはそのほか料金徴収、メーター読み取り・交換、資金調達などがあり、民間事業者の持つ技術により運営基盤の強化が期待できる。

市町村が水道事業を運営する場合、市政内の一部門としての位置づけとなることが多いため、他部門への人材・資金の流用が起こる場合がある。また、事業の決定権をもつ市長の再選戦略により政治的な影響を受けることなども欠点として挙げられるが、市政から独立性が高い機関となるにつれ、これらのデメリットを受けにくくなる。

しかし、民間委託による民間事業者の業務不履行のリスク、地方政府等による業務監視の必要性や責任の所在が複雑化するなどの問題がある。民間事業者は事故時に備え保険に加入するが、その保険料も水道料金に上乗せされることとなる。なお、水道事業者に免責上限がある場合には、事故時等に利用者に高額な負担が課せられることもあるため、このような事象に対応した水道利用者向けの保険も存在する。

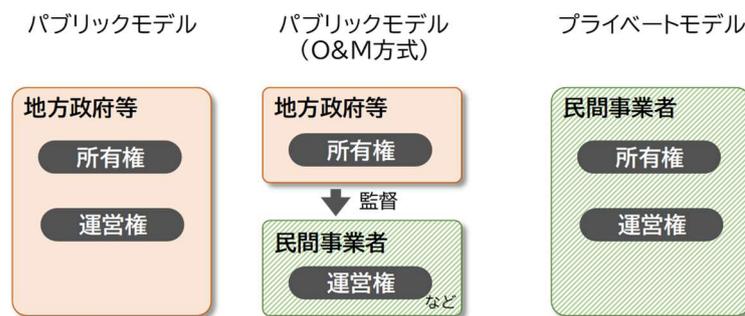


図 2-2 水道事業のガバナンスモデル等の例

(4) アメリカ水道事業の資金調達

水道事業に関して、地方政府等が所有権をもつ形態（パブリックモデル）と民間事業者が所有権をもつ形態（プライベートモデル）がある（図 2-2）。

地方政府等は地方債（収入引当債（レベニュー債）などの長期債）を発行することで資金調達をすることができる。地方債は連邦所得税が非課税となっており、民間事業者が株式を発行して資金調達をする場合と比べアドバンテージがある（図 2-3）。

	パブリックモデル	プライベートモデル
純利益	10000	10000
支払利息	- 4000 (4%)	- 6000 (6%)
課税(純所得に対し)	- 0	- 1200 (30%)
株主への配当金(課税後の金額に対し)	- 0	- 1680 (60%)
利益余剰金	\$ 6000	\$ 1120

図 2-3 各モデルのコストの例

またこの他、「水インフラ資金調達・技術革新法プログラム」では選定を受けたプロジェクトに融資が行われたり、「州水道整備基金（DWSRF）プログラム」では支援協定を通じて融資・支援が行われるといったような仕組みも存在する。

（５）アメリカ水道事業の課題

アメリカ水道事業の課題として第一に、老朽化したインフラの設備更新が挙げられる。AWWA(American Water Works Association)の調査では、2023年までの3年間に水道料金の値上げを検討している事業体は78%に上るにも関わらず、今後の水道事業にかかるコストを完全に、あるいはほとんど回収できると見込んでいる水道事業体は4割程度にとどまる（図2-4）。

約5万の水道事業体のうち、9割が給水人口1万人未満の規模であり、さらにそのうち半数以上が給水人口500人未満の小規模なものである。大規模な水道事業体においては資材の大量発注などによりコストの削減が望めるが、小規模な事業体の中にはコスト面の理由から水質基準の順守さえ難しいものもある。この問題への対処としては事業体の統合・広域化や、民営化などの方法が挙げられている。

また、水道水の持続的な供給に関しても不安視されており、淡水化した汽水や再利用水、雨水の利用などを実施や検討をしている事業体もある。例として、半乾燥地帯であるカリフォルニア州サンディエゴ市ではアメリカ最大となる海水淡水化施設を稼働している。しかしアメリカ国内の水道事業体のうち11%は、持続的に水道水を供給するための備えがほとんど、あるいは全くできていない状況にある（図2-5）。

加えて、多くの事業体が、水道水の価値に関する利用者の認識が不十分であることも問題であると感じている。水道料金の値上げに理解が得られにくく、2023年の調査では6割の市民が否定的な意見を持つ（図2-6）。中には、「雨などの水は無料で得られるのになぜ水道水は有料なのか、無

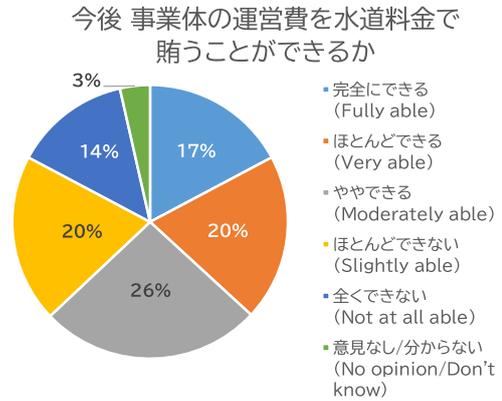


図2-4 水道事業体の経営陣、財務担当役員に対するアンケート結果

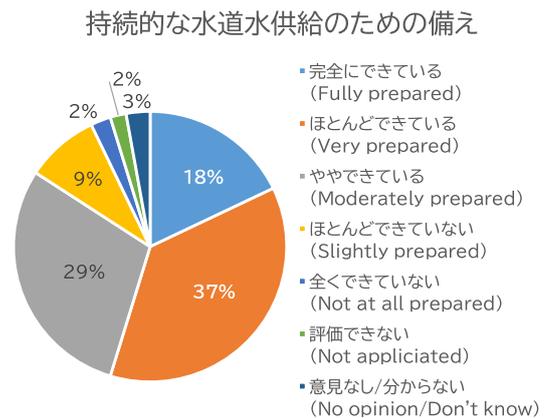


図2-5 水道事業体に対するアンケート結果

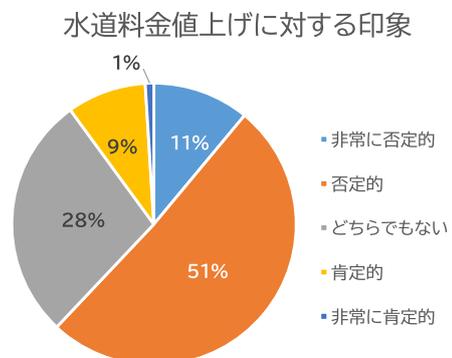


図2-6 市民に対するアンケート結果

料にするべきだ」という意見を持つ利用者もいるという。

(6) AWWA について

AWWA は、1881 年に設立された非営利の組織で、水道水の質や供給量を改善すること、もしくはそれらに関する知識を深め理解を進めることにより公衆の健康、安全、福祉を増進することを目的としている。会員は世界に 5 万人以上おり、そのうち 4000 人のボランティアが 6 つの評議会にて活動している。

AWWA の主な取り組みとして、水道に関する会議・ウェビナーの開催、教育訓練、設備や水質等の規格の制定などに加え、「Total Water Solutions」という取り組みも行っている。持続可能な水資源を確保するといった規模の大きい問題を解決するためには、細分化・専門化された知識を統合することが必要となる。そのため水道分野のみならず、豪雨対策、資金調達、再利用水の使用等も含め、包括的な水資源の管理を目指す。また、国際活動としては、日本、韓国等とパートナーシップを築く他、インドにおいては 2015 年に AWWA の事務所を設置し、インフラに関する規格等を整備・導入することなどにより安定した水道水の供給を目指している。そのほか Community Engineer Corps という慈善プログラムでは、教育奨学金や社会的に支援が必要な方へのサポート等も行っている。

3. アメリカにおけるアセットマネジメントについて

(1) アセットマネジメントの定義

アセットマネジメントとは、組織の資産（アセット）を、効果的に運営・管理する方法のことをいう。コスト、リスク、パフォーマンスのバランスを保ちながら、費用の縮減ではなく、価値を最大化することが目的とされている。

アメリカでは、1920 年代のニューディール政策以降、大規模にインフラの開発、整備が進められてきた。整備後数十年が経過し、1980 年代よりインフラの老朽化問題が深刻化しているものの、更新及び修繕に要する財源確保に苦慮している。さらに、今後の人口の増減等を考慮し財政の節約や効率性、有効性の観点から、サービス供給の規模及び施設配置についても積極的に見直していく必要がある。2021 年米国土木学会のレポート（ASCE2021）では、アメリカ国内の水道インフラに対する評価は C-となっており、未だに課題が多く残る状況が指摘されている。



図 3-1 インフラの老朽化による被害事例

(2) アセットマネジメントの手法

アセットマネジメントの基盤となるのがアセットデータベースである。作成したアセットデータベースを踏まえてアセットごとに更新の優先度等を決定する。必要とされる水道サービスのレベルの把握も併せて行い、計画的な維持管理を行う。

1) アセットデータベースの作成

維持管理の観点でみると、アセットには、例えば送液ポンプに関してはポンプ本体のみならず、モーター、アクチュエータ、各種バルブなども含まれる (図 3-2)。アセットマネジメントは、このような観点で何がアセットなのか、事業者としてどんなアセットを所有しているのか把握することに始まる。タイプ別・サイズ別の分類や、材料費・人件費の情報などを用いてアセットの価値の試算も併せて行う。また、設置後の経過年数は劣化の主因とならないことも多く、それぞれの現状を確認する必要もある (図 3-3)。

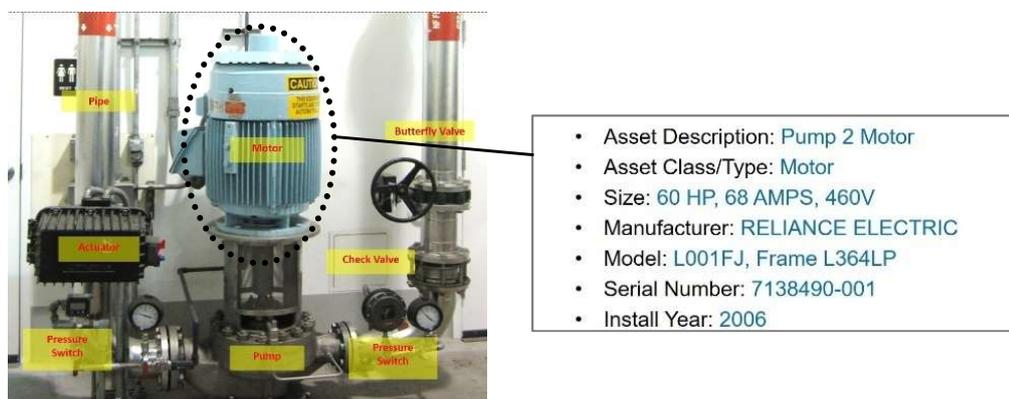


図 3-2 各種アセットの例 (左) とモーターに関するアセットデータベース (右)



図 3-3 1883 年製の鑄鉄管 (左) と 1975 年製のダクタイル鑄鉄管 (右)

2) アセットごとに更新の優先度等を決定する

PoF (故障頻度) × CoF (故障による影響) でリスクを算出する。CoF は経済、社会、自然環境などへの影響の程度が指標となる。アセットを (場合によってはグループごと

に) 高・中・低リスクに分類、重要性の高いアセット (図 3-4 “HIGH RISK ZONE” に分類されるもの) から優先的に管理、補修を進めていく。リスクが高いアセットのマネジメントについては、これまでの対処法的な対応でなく、先手を打つ必要がある。これらの取り組みにより透明性や一貫性のある維持管理が可能になる。

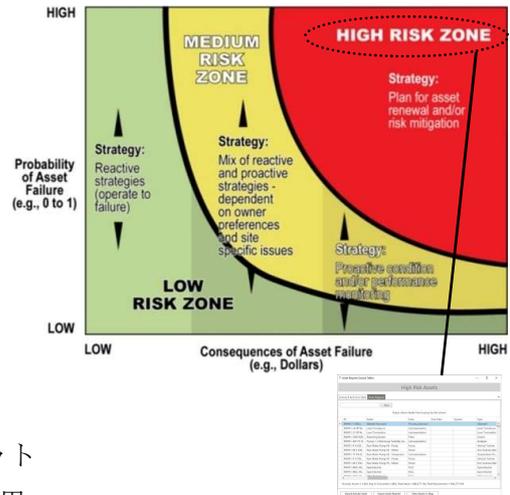


図 3-4 リスクベースでのアセットの分類とデータベースとの紐づけ

3) 必要とされる水道サービスのレベルの把握

現状のサービスのレベルや、該当するアセットが故障した際の社会的影響などを図るため、利用者からの苦情のデータを用いる方法がある。苦情内容として割合が大きいものを利用者からの要求事項として把握したり、苦情内容の分類別に「△に関する苦情は月間〇件以下、年間〇件以下」といった目標を定め、それに対する評価を行うという方法や、同様に単位距離当たりの漏水率の評価を行うなどといった方法をとることで評価することができる。

4. アメリカの水道料金の設定方法及び体系

(1) アメリカの水道料金設定

水道料金を設定する上で、財政の安定化を図ることと、必要財としての水道水が低所得者にも手軽に利用できるような公平性を持たせるなどという相反する要素のバランスをとることが重要となる。

X.Zhang らの文献 (2022 年) に、統計解析により水道料金の増大・減少に関連するいくつかの要因が挙げられている (表 4-1)。中でも、最も水道料金を増大させる要因が「水道事業体が民営であること」であり、民営水道を利用する場合には、水道料金は平均年間 70000 円と、公営と比べ年間水道料金が約 2 万円高額となることが分かった。

現在、低所得者に対する適正費用負担 (アフォードビリティ) が非常に重要視されており、COVID-19 のパンデミックの際には、公営の水道事業体を中心に各地で低所得者の停水を避けるため水道料金の支払いの猶予を認める取り組みなどが行われた。しかし、低所得者が民営水道を利用する場合、民間事業体がこうした取り組みに積極的でないことや、計算上収入の約 4% を水道料金に費やしているような状況から、水道水が低所得者にとって手が届きづらいものとなっていることが分かる。また、老朽化したインフラ更新に対する財源確保が困難なことから、公営の水道事業が民間企業に売却される場合があるが、この場合にも同様に、民営化された後に水道料金が上がる傾向にあるという。これらのことから、十分な顧客支援や適正費用負担のためには、地方政府等による民営の水道事業体への十分な規制なども重要と考えられている。

表 4-1 水道料金の傾向とその要因

料金の傾向	要因	主な理由
増大	民営であること	<ul style="list-style-type: none"> ・ 公営と比べ利益を追求する傾向にある ・ 公営と比べ税金、株主配当等の面でコストがかかるため、より利益を上げる必要がある
	干ばつが起りやすい地域であること	塩害などの影響で処理コストがかかる
	古いインフラを多く所有すること	インフラ更新のための財源確保
	政府の規制が緩いこと（民営の事業体に関して）	—
減少	地下水が水源であること	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地表水と比べ汚染される頻度が低いため平均すると浄水処理コストが低い ・ 干ばつ期でも安定した取水が可能

(2) アメリカの水道料金体系

アメリカでは、基本料金と従量料金とを合わせて徴収する料金体系が一般的である。基本料金とは、水道水の利用の有無に関わらず水道メーターの口径に応じて徴収される料金であり、従量料金とは、水道水利用量が増加するに伴い課金される料金のことをいう。従量料金には一般家庭への負担軽減を目的とするものなどいくつかの分類があり（表 4-2）、事業体の事情に合わせて設定されている（表 4-3）。なお、水道料金は表 4-2 に挙げられた全ての水道事業体で年間数%の増加傾向となっている。

表 4-2 従量料金設定の種類の特徴

従量料金設定の種類	特徴等
均一の単価	料金算定がシンプルである
逓増型 (利用量が増加するに従い段階的に単価も増額する方式)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 節水の効果がある ・ 比較的水道使用量の少ない一般家庭への負担軽減が期待できる
利用用途別に単価設定 (一般家庭用とその他用など)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一般家庭への負担軽減が期待できる ・ 料金算出が複雑となる ・ 単価の差について利用者の理解が得られにくい場合がある

表 4-3 公営の水道事業体による各配水区域における水道料金体系例

配水区域	水道料金体系、特徴等
ニューヨーク州 ニューヨーク市	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基本料金＋従量料金^{注)}
ワシントン州 シアトル市	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基本料金＋従量料金（一般家庭用と事業用とで異なる） ・ 夏季には単価が上がる
カリフォルニア州 サンディエゴ市	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基本料金＋従量料金（戸建て住宅と集合住宅とで異なる） ・ 半乾燥地域に位置し、地表水水源に乏しいため水の再利用も行う
フロリダ州 マイアミ・デイド郡	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基本料金＋従量料金（家庭用と事業用などで異なる） ・ 地下水を水源とする ・ 全米の中で極めて安価な料金設定

注) 従量料金 表中の事業体では、ニューヨーク市では均一の単価、それ以外は基本的に逓増型をとる。

5. デンバーウォーターの広報について

近年、多くの人々が情報の発信源となり、さらに誰もが容易に様々な情報にアクセスできる状況にある。事実とは異なる情報が多く見られることなども相まって、以前と比べAWWAに対する不信感も高まってきている傾向にあるという。

水道水に関して正確でない情報が利用された例として、あるインフルエンサーが浄水処理されていない原水を飲むことを奨励し、それに関する事業で利益を得ていた事例や、水道水の安全性を訝しむ内容の広告とともに浄水器が販売されている事例などがある。

AWWA の調査では、「水道事業者が自ら水質の検査を行っている」という内容を周知された場合、「水の安全性が向上した」と報告する利用者数は 3 倍に上昇した。また、水質検査の内容を承知している利用者は、そうでない利用者とは比べ 30%以上が「水質が優れている、もしくは良好」と評価することが分かった。

AWWA の広報評議会議長のケリー・ディアン・スミス氏は「水道事業者が利用者に対しアプローチするのは、問題が起こった時やお金が必要になった時だけだ」と話す。利用者の信頼が得られるには時間がかかり、普段からコミュニケーションを取ることが必要であるとされる。地方自治体は従来の方法だけではなく、より早い段階で、親しみやすい形式で周知を行うことや、現代の多くの人々が利用する SNS などのプラットフォームで情報を発信することなども必要となる。このようにして得られる利用者の信頼は、適正な水道料金調査に基づく水道料金の値上げに対する理解にもつながる。

AWWA では、ニュースレターの定期配信、提携するインフルエンサー（図 5-1）に情報共有を依頼するなどの取り組みを行っている。また、水質基準項目等には含まれない未知の汚染物質についても情報があれば発信し、水道事業者へ注意喚起を行っている。



図 5-1 AWWA が提携するインフルエンサーの例

6. 水源

(1) 水源汚染による問題

水源の種類としては地表水、地下水等がある。アメリカにおける水源汚染等は、鉱山廃水の流入による重金属の高濃度化（2014 年 1 月、数日間の配水停止）、有機フッ素化合物 PFAS による汚染、ミクロキスチン（アオコの一因として知られる *Microcystis* 属の産生する毒素）などの高濃度化（2018 年 5 月、17 万人に対し 1 か月間の水道水の飲用禁止など）が主な問題となっている。



図 6-1 注意喚起の看板

水源異常・汚染により起こる問題として、健康被害、緊急対応にかかる人件費等の直接

的なものだけでなく、訴訟、経済発展の機会の損失、消火活動の妨害、観光業における収入減少、水道水に対する信頼回復が困難などといった副次的なものも挙げられ、これらを含め問題に対処するためのコストは、予防にかかるものと比べ 30～40 倍、最大で 200 倍かかるという研究結果もある。ウィスコンシン州ミルウォーキーでは、病原微生物であるクリプトスポリジウムにより数百人に被害が及び、対応するための費用が 8900 万ドルに上ったという。また、ミネソタ州の 5 つの都市では、地下水汚染による不動産価値の下落で合わせて 800 万ドル以上の税収を失っているという調査結果もある。なお、2016 年の調査では、森林被覆と浄水処理コストとの間にはいくつかの関連性が見られており、水源保護によるコストメリットが示唆されている（表 6-2）。

表 6-2 各種項目と浄水処理コストの関連性

項目	コスト等への影響
森林の開拓	<ul style="list-style-type: none"> ・土地利用が 1%変化することにより濁度が 6.3%変化 ・化学薬品による汚染・対処リスクの潜在的な増加 ・10%流域の森林開拓により処理水 1mL あたりの化学物質の処理コストが\$2.56 から\$20.48 に増加
濁度の変動	<ul style="list-style-type: none"> ・1%増加することにより浄水処理コストが 0.19%増加
TOC の変動	<ul style="list-style-type: none"> ・1%増加することにより浄水処理コストが 0.46%増加 ・1%増加することにより処理水 1mL あたりの化学物質の処理コストが\$0.28 から\$0.68 に増加

（2）水源保護に関する取り組み

水源保護の最初のステップは、水源の評価である。1996 年の安全飲料水法（Safe Drinking Water Act: SDWA）改正に伴い水源評価の義務が州に課され、水源周辺の地域の基本情報として汚染源となる可能性のある排出源の把握、その結果の公表等が実施された。

水源の保護に関しては、コストが低いものには公的教育プログラムの実施、高いものには水源周辺の土地や地役権を買収・管理することで土地利用の規制を行うなどの方法がある。さらにここに計画立案、実施、清掃、継続にかかる費用が含まれる。ニューヨークでは、20～30 億ドルをかけ徹底して水源保護が実施されているため、ほとんどの事業体が浄水処理に余裕を必要としない状況となっている。

その他関係法令等として水質汚濁防止法や農業法、国家汚染物質排出防止システム等による排出規制、総量規制（TMDL）、土地利用規制、農業水資源保護プログラムが進められている。

7. アメリカの水質基準・配水管理

（1）水質基準について

1890 年代、アメリカでは産業の発達とともに環境汚染も進んでいた。シカゴ川南支流の「バブリー（腐敗ガスによる泡立ちを意味する）クリーク」は流域の食肉工場からの廃棄物や下水により汚染が進み（図 7-1）、その河川水は飲料水の水源であるミシガン湖に流入

していた。こうした劣悪な衛生状態から腸チフス、コレラなどの病原菌による死亡率も非常に高い状況となっていたが、このバブリークリークの河川水を用いたテストにより、ろ過と塩素消毒という処理が病原菌を減らし、水道水として十分な水質を確保するために有効であることが判明した。その後1910年ごろから浄水処理としても塩素消毒が開始され、感染症による死亡者数が大きく減少することとなった（図7-2）。

現在では、米国環境保護庁（EPA）が安全飲料水法に基づき連邦水質基準を制定している。連邦水質基準には大きく分けて2種類あり、健康項目である第一種飲料水規則（NPDWA）と、生活項目であり法的拘束力のない第二種飲料水規則（NSDWA）がある。また、6年に一度既存の第一種飲料水規則の見直しや、汚染物質候補リスト（CCL）上の物質について規制対象とするか否かの検討を定期的に行っている。水質基準値案の公表後、パブリックコメントを審査・検討ののち、最終的なFR通知を発行するという手順が取られる。

日本においては水道法に基づき全国一律に水質基準が適用されているが、アメリカでは、各州が連邦水質基準以上の基準を独自に定めているほか、実際の規制活動も州飲料水監督庁（DWPA）が行う。

（2）AWWA規格について

AWWAで定める規格については、AWWA規格評議会において科学的根拠に基づき定められている。規格の区分としては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多岐にわたり、その中でG100は浄水処理、G200は配水方法、G300は水源保護の規格が制定されている。これらはボランティア会員により制定され、現在194の規格が存在する。

（3）PFASの基準案について

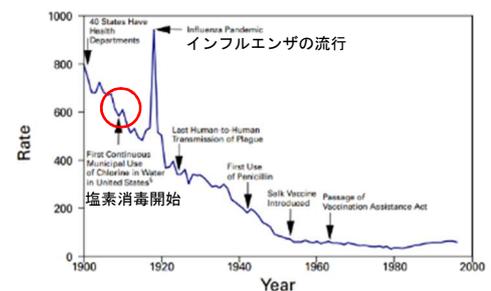
有機フッ素化合物PFASが水道水中に含まれることが近年問題となっている。PFASは極めて安定性が高い物質で、身近なものでは使用感の向上のためフライパンなどにも用いられてきたが、環境中への蓄積、人体への毒性が指摘されている。

2023年3月14日、EPAはPFASのうち6種類に関する水質基準値（第一種飲料水規則）の案をPFOS、PFOAについてそれぞれ4 ng/Lなどとすることを発表した（現在日本



図7-1 食肉工場から廃棄された死骸などが滞留するバブリークリーク

FIGURE 1. Crude death rate* for infectious diseases — United States, 1900-1998†



*Per 100,000 population per year.
†Adapted from Armstrong GL, Conn LA, Pinner RW. Trends in infectious disease mortality in the United States during the 20th century. JAMA 1999;281:61-6.
‡American Water Works Association. Water chlorination principles and practices: AWWA manual M20. Denver, Colorado: American Water Works Association, 1973.

図7-2 アメリカにおける感染症による死亡者数の推移

での PFOS と PFOA 含量の暫定目標値は 50 ng/L)。しかし AWWA としては必要以上に厳しすぎる基準値ではないかとの見解から、パブリックコメントにて、本基準値が適用されることによる PFAS 処理コストの増加に伴い、すでに公共料金の支払いが困難な低所得世帯への負担がさらに増加することに懸念を示している。併せて、徹底したコスト分析や、水道事業体への適切な資金配分、地域主導のプロジェクト等によって低所得者層に最大の利益をもたらす取り組み等を EPA に求めている。

(4) アメリカの配水管理について

1) 鉛製配管について

鉛製配管は管内に錆が発生せず、可とう性、柔軟性に富み、加工・修繕が容易であるという特性を持ったため古くから給水管として使用されてきた。鉛による慢性毒性は古くから認識され、各国の水道水や飲料水でも有害物質としての水質基準が設定されていたが、より厳しい規制が必要と考えられ始めたのは近年になってからである。1986年に鉛製の配管が禁止されたが、アメリカには現在でも最大 600 万本の鉛製配管が残存しているとみられている。配管に含まれる鉛の溶出を防ぐため、水道事業体ごとに配水時の pH の調整やオルトリン酸塩の添加、そのほか水道水中の鉛対策として各家庭への鉛除去フィルターの配布などによる対策が取られている。

近年大きな問題となったのが 2014 年にミシガン州フリント市で起こった水道水の鉛汚染である。当自治体は財政的に苦しく、あらゆる予算削減に取り組む中で pH 調整剤の注入を中止したことにより水道水が酸性に傾き、鉛製水道管から鉛が溶出しやすい条件となっていた。加えて、コストの低い水源に変更した際に腐食性を持つ硫化物イオンや塩化物イオンが水道水中に含まれるようになり、さらに水道管の腐食が促進されることとなった。高濃度の鉛を含む水道水が 2 年間配水され続け、水を飲んだ住民が死亡するなど 10 万人に被害が及んだ。調査では、配水区域の末端地点にて鉛イオンが 1 万 3200 µg/L (連邦水質基準 15 µg/L) が検出された箇所もあった。この件をきっかけに、所有する全ての鉛製配管の交換を決定した事業体もあるという。

2) 残留塩素について

残留塩素については、水質検査時に 95% の以上のサンプルで遊離残留塩素が 0.2 mg/L 以上 (全塩素の場合は 0.5 mg/L 以上) 検出されることが求められる。残留塩素は浄水場での処理後、利用者へ配水される過程において水道水の消毒効果を保つ役割を持つが、上記のように残留塩素の基準については全ての地点で満たすことが規定されていないため、ある地点において残留塩素が検出されないことも起こりうることや、日本のように給水栓における残留塩素の基準がないこと、たびたび水道水に含まれる病原微生物 (多くは塩素による殺菌が可能) による感染症が発生していることから、残留塩素濃度の管理が懸念される。

ただし、塩素剤は水中に含まれる有機物と反応し有害な消毒副生成物を生成するとい

う側面や、塩素剤自身に刺激性があることからむやみに高濃度とするのは好ましくないため上限値が定められている。さらに、残留塩素の殺菌効果の残存・消失の程度は原水水質や水温の変動等に影響されやすく、また、各利用者へ配水する距離も大きく異なることから添加する塩素剤の濃度設定は容易ではない。そこで現在、配水過程において残留塩素濃度を維持するため、濃度を効果的に監視できる地点の検討が行なわれている。

3) 漏水について

2021年、アメリカ全土で漏水は年間34万回起こり、平均すると約160km（100マイル）あたり20～30回、時間に直すと2分に1回漏水していることになる。また、漏水は圧力が徐々に高まる夜間に発生しやすいとされる。

漏水に関する問題を解決するため「スマートウォータースystem」の研究を17の水道事業者と9の民間事業者とで行っている。水

圧の変化を検出することにより漏水の有無を感知したり、複数のセンサーを用いることで、目視にて確認ができない漏水箇所（図7-3）の特定をすることができるという実績や、配水量の減少につながった事例もあるため、圧力管理をする範囲を拡大させることで漏水に対処する効果が得られると考えられている。

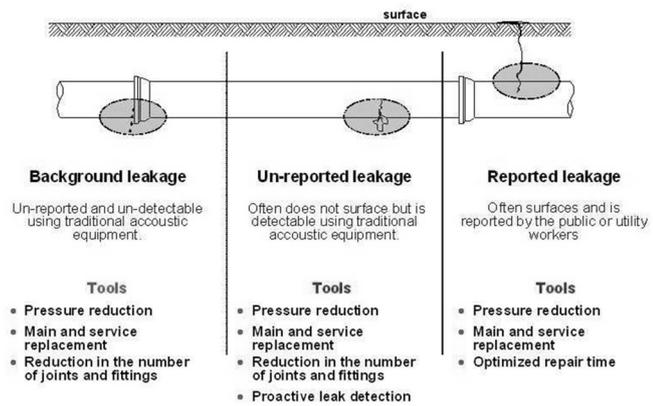


図 7-3 漏水の種類

8. 浄水場見学

(1) デンバーウォーターについて

1918年に設立し、コロラド州の人口の約25%に当たる150万人に給水している。年間5万以上の検体について20万項目以上の水質検査を行っている。20のダム、12の貯水池、4浄水場、約5000km（3000マイル）の配水管を所有する。

この地域では元来複数の民間企業により水道事業が運営されていたが、1917年に発生した大規模火災の際に十分な水が確保できず被害が拡大したことをきっかけに公営化された。

(2) マーストン浄水場について

デンバーウォーターが所有する浄水場の一つ。当浄水場設立当初は配水人口増加が見込まれていたが、想定とは異なる状況となっていることや、節水の取



図 8-1 マーストン浄水場全景

り組みなどもあり現在は施設能力と比べ余裕のある浄水処理を行っている。

1) 浄水処理フロー

取水 → 凝集 → フロック形成 → 沈殿 → ろ過（急速ろ過方式） → 消毒 → 配水

2) 水源、原水、取水

ロッキー山脈から供給される雪解け水を水源とし、河川から人工的に設置された配管によりマーストン湖（図 8-2）に貯水された後、当浄水場に導水される（図 8-3）。山火事等が起こった際には地殻由来の高濃度の重金属やマンガンが混入する可能性があるため他の原水を利用するなどの対応が必要となる場合がある。酸化剤としては塩素ガスのほか、過マンガン酸カリウムも用いられる。



図 8-2 マーストン湖

当浄水場では、現段階では PFAS は問題となっていないが、対策が必要となった場合には粒状活性炭やイオン交換による除去を行う予定となっている。



図 8-3 導水管（写真中央）

マーストン湖には深さ順に、表層付近、中間層、底層付近の3つの水深の選択取水設備が存在するが、*Microcystis* 属が浮遊性を持ち、表層部分に多く存在することから、基本的に中間層から取水されている。これは主に、*Microcystis* 属の産生する毒素であるミクロキスチン対策のためである。なお、ミクロキスチンは連邦水質基準値が定められており、日本では要検討項目として暫定目標値が定められている。



図 8-4 種類別に色分けされた配管

一般にダムや湖などでは水流が滞留し底層は酸素の少ない嫌気状態となる。これにより腐敗が進み臭気が発生したり、底層に沈殿している泥からの金属の溶出が起こりやすい。こういった理由から、来年マーストン湖の底層部分にはエアレーション装置が設置される予定である。

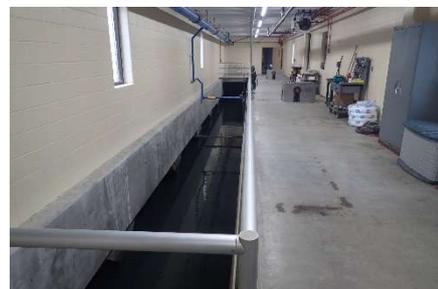


図 8-5 沈殿池の中間部分（写真中央）

また、マーストン浄水場にて問題となりやすいのはかび臭物質の一つであるジェオスミンの濃度上昇である。ジェオスミンには毒性はないとされるが、土のような臭気がする物質であり、当浄水場ではシアノバクテリアである *Anabaena* 属が増殖・産生することが主因となっている。

ジェオスミンは高濃度時には 20 ng/L、さらに上昇した時には 100 ng/L になり、このような場合は粒状活性炭を用いて臭気物質を除去する。通常時、水道水中のジェオスミン濃度は 5 ng/L ほどであるが、利用者からの苦情等は特にないとのこと。なお、ジェオスミンの連邦水質基準は定められていない。



図 8-6 浄水処理運転管理室

4) 凝集、フロック形成、沈殿

原水中の濁質は基本的に負の電荷を持つため、正に荷電した凝集剤を注入し荷電中和し、反発しにくくした後、水を穏やかに攪拌し衝突・結合させ、フロック形成を促す。凝集剤としては、硫酸アルミニウム、高分子ポリマーが使用されている。沈殿池は地下部分に設置されており、大部分は目視できない状態となっている（図 8-5）。また、日本では限られたスペースでフロックを効率的に沈殿させるため、沈殿池に傾斜板等が設置されていることも多いが、当浄水場の沈殿池では施設建設当初から用いられていない。



図 8-7 水質試験室

5) ろ過

アンスラサイトにより単層ろ過が行われている。水中に含まれるマンガンは、酸化されると黒色に着色することがあり、苦情に繋がる場合があるほか、基準項目である色度にも関わっている。マンガン除去のため、「マンガン砂」もアンスラサイトと併せて利用し複層ろ過とする場合があるが、当浄水場ではマンガン砂は用いられていない。

6) 消毒

塩素ガスにて行われている。新しい浄水場には耐塩素性微生物（クリプトスポリジウム、ジアルジア等）の不活化に効果のある紫外線照射処理施設が導入される予定である。

9. Rocky Mountain Water Conference

Rocky Mountain Section of the American Water Works Association（RMSAWWA）と Rocky Mountain Water Environment Association（RMWEA）の年次合同会議であり、基調講演や研究発表の他、展示会が令和 5 年 9 月 11 日～令和 5 年 9 月 13 日の 3 日間で開催された。その内、開催前日のウェルカムレセプションと、9 月 11 日の一部に参加した。研究発表については複数の会議室にて同時



図 9-1 開会式の様子

に行われたため、各自聴講した。音声変化や専門用語によって英語を聞き取ることが大変難しく、内容が理解できたところはかなり少なかった。

また、展示会場ではインフラ設備に関わる民間企業の展示のほか、水道水のおいしさのテストが開催された（図 9-2）。5名の審査員が各事業体の水道水をテイastingし、審査基準に沿って臭味の評価を行い、その順位を競うものであった。



図 9-2 各事業体の水道水のおいしさのテストの様子

10. Water2050

2023年、世界の人口は80億人を突破した。2050年には世界の人口は98億人に達し、人口増加に伴う水需要の急増により31億人（1900年には3200万人であった）が深刻な水不足に直面すると予測されている。AWWAでは、



図 10-1 Water2050 のロゴ

「Water2050」という気候変動や人口増加に伴う地球規模で起こる水問題に関して、持続可能な水資源の確保を目指した取り組みを行っている。約30年という長期の視点で、水環境がどのように変化し、管理、利用されているかを調査し、それらに対する戦略を立てる必要があるとしている。

持続可能性（限られた水資源を管理し水インフラを強固で回復力のあるものにする）、テクノロジー（デジタルソリューションを活用し複雑な問題の解決を行う）、経済（循環型経済モデル、水道料金体系の検討により経営基盤の強化を行う）、ガバナンス（水道事業体の運営に深くかかわる州、地方政府の在り方を検討する）、ソーシャル／人口動態（利用者とのコミュニケーションや利用者の人口動態を研究する）という5分野に関して、AWWAがリーダーシップをとり、それぞれコミュニティを形成する。これまで水問題に取り組んでいなかった各種専門家や利害関係者のグループや将来を担う世代など、従来の枠を超え水コミュニティを拡大させることにより、多様な視点、新鮮な洞察を得ることが主な目的である。また、ある組織でなされた決定が別の組織で役立つこともあれば支障になることもあるように、最終的な成功のためには関係組織が互いに協力することが必須であるとされる。

11. 総括

受けた講義の内容は水道事業全般に渡り、範囲が広く、大半が専門分野ではなかったため理解するのに大変苦慮し知識不足を痛感したが、本報告書の作成が少しずつ知識を広げるきっかけとなった。今回の研修で印象的であったのは、AWWAには多くのボランティア会員が所属し、本来、正式な職員が行うような非常に重要な業務を行っていることである。AWWAのHPを拝見したところ、AWWAのボランティア会員となるメリットとして「業界の優秀な専門家とネットワークを築くことができる、知識を深め経験を積むことによる

キャリアアップの絶好の機会となる」と記載されていた。私が想像していたよりも、ビジネスにおいて人脈を築くことに伴うメリットは重要なこととして認識されているようで、社会貢献の意味合いにとどまらず、自分にも相手にもメリットとなるような有意義な人間関係を形成したい方や自身のビジネスチャンスにつなげる目的の方も多くいるために組織が成り立っているのだろうと推測した。AWWA 元会長の Chi Ho 氏らも、「JWWA とはお互いの利益のためにコラボレーションが必要である」ということをおっしゃっていた。

また、どの分野の取り組み・問題の話題の時にもコストについて述べられていたことが印象的であった。AWWA の取り組みに様々な経営・経済の考え方が適用されていることが分かり、水に関する問題にはビジネスとして解決しなければならないものが多くあることを改めて感じた。私は水質分析の業務な

どを主に行っており、利用者の健康に直結する水道水質の安全性を確認することに関しての責任や、分析業務の正確性を追求する必要性は感じていたが、事業体の全体の流れを普段意識することはなかった。専門でない分野の取り組みも含め事業体の中での業務や資金のバランスを意識することも非常に重要であるのだろうと感じた。

AWWA では、水コミュニティの中でリーダーシップを自ら取り、世界的な問題の解決に向け取り組みを行っているという内容の話があったが、アメリカでは積極的にリーダーになる意向をもつ方が比較的多いことも影響しているのかもしれないと感じた。

学生時代は英語が特に苦手で、社会人になって以降使うことはないだろうと考えていた。しかし、世界の中での日本の立ち位置や、国による文化の違いについて記述された本を読む機会があり、異なる環境に身を置く方の考え方や文化などを学び自身の視野を広げたいと考えるようになった。また、子育てをする中で、興味を持ったことにチャレンジすることへの必要性を感じたことや、これまでは対話することができなかった英語話者の方と一対一で話しているイメージがモチベーションとなり、英語にもう一度取り組んでみようと考え勉強を始めた。本研修の募集があった段階でもまだ理想には程遠い英語力ではあったが、様々な経験ができるまたとない機会であると考え、参加を希望した。

参加者の皆さんや AWWA の皆さんはとても明るく接して下さり、非常に交流が持ちやすい雰囲気であった。英語に関しても、最初は不安や恥ずかしさがあったが、皆さんからアドバイスをいただいたり励ましていただいたおかげでポジティブな気持ちで臨むことができた。今回主に交流のあった AWWA の方は中国や韓国などアジア出身の方が多く、



図 11-1 講義の様子



図 11-2 Rebecca 氏との交流の様子

少しではあったもののそれぞれの国の文化の話などもすることができ、非常に興味深かった。しかし、英語での表現に迷ったら無意識のうちに口にするのを諦めていたことに後から気づいた。有意義な交流を持つため、よりスムーズに、より多くの表現ができるよう、今後も継続して勉強に取り組みたい。

日本水道協会の渡辺氏、AWWAのChi Ho Sham氏、Rebecca Wheeler氏、講師の方々、通訳の山口氏、研修生の方々、職場の方々に多くのサポートをいただき、このような非常に貴重な経験をすることができたことをこの場を借りて心からお礼申し上げる。

【参照】

アメリカの国土と自然

https://www2.nhk.or.jp/school/watch/clip/?das_id=D0005403148_00000

米国における水道事業の概要

https://www.clair.or.jp/j/forum/c_report/pdf/297.pdf

National Water Information System

<https://maps.waterdata.usgs.gov/mapper/index.html>

アメリカの地方税財政制度

<https://www.mof.go.jp/pri/research/conference/zk050h.pdf>

米国地方債の概要とその活用事例

https://www.clair.or.jp/j/forum/c_report/pdf/287.pdf

米国の統治の仕組み

<https://americancenterjapan.com/aboutusa/translations/3180/>

米国の地方自治体における組織体制と人事制度

https://www.clair.or.jp/j/forum/c_report/pdf/293.pdf

公営水道と民営水道における水道料金と適正費用負担（水道協会雑誌第 91 巻第 12 号 pp.22-）

アセットマネジメントシステム（AMS）認証（ISO 55001）

https://www.jab.or.jp/iso/iso_55001/

PPP/PFI 手法におけるアセットマネジメントのためのインセンティブ評価

https://www.jstage.jst.go.jp/article/gbj/6/1/6_20/pdf-char/ja

英国地方自治体のアセットマネジメント

https://iba.kwansei.ac.jp/iba/journals/studies/studies_in_BandA_2019_p31-42.pdf

海外の水道事業における水道料金

http://www.jwrc-net.or.jp/chousa-kenkyuu/comparison/abroad01_all.pdf

National Primary Drinking Water Regulations

<https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations#one>

Drinking Water Regulations

<https://www.epa.gov/dwreginfo/drinking-water-regulations>

DWA Evaluation and Rulemaking Process

<https://www.epa.gov/sdwa/sdwa-evaluation-and-rulemaking-process>

How EPA Regulates Drinking Water Contaminants

<https://www.epa.gov/sdwa/how-epa-regulates-drinking-water-contaminants>

日本と先進国の水道水質基準等一覧表

https://www.jwrc-net.or.jp/chousa-kenkyuu/comparison/abroad04_03.pdf

MORBIDITY AND MORTALITY WEEKLY REPORT

<https://www.cdc.gov/mmwr/PDF/wk/mm4829.pdf>

Biden-Harris Administration Proposes First-Ever National Standard to Protect Communities from PFAS in Drinking Water

<https://www.epa.gov/newsreleases/biden-harris-administration-proposes-first-ever-national-standard-protect-communities>

EPA の PFAS 基準案に対する AWWA のパブリックコメント

file:///C:/Users/mlish/Downloads/EPA-HQ-OW-2022-0114-0022_attachment_1.pdf

日本と先進国との水質基準の比較に関する考察

http://www.jwrc-net.or.jp/chousa-kenkyuu/comparison/abroad04_02.pdf

ミシガン州フリント市の水道水鉛汚染

<https://gwaterjapan.com/writings/160206uwn.pdf>

Water 2050 Reports

<https://www.awwa.org/Resources-Tools/Water-2050/Water-2050-Reports#summary-water2050>