

「資 料」

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

山 田 哲 郎
札幌市水道局 給水部
白川浄水場

尾 造 佑 香
大分市上下水道局
上下水道部 浄水課

古 川 頌 之
愛知中部水道企業団 配水課

杉 浦 幸 憲
盛岡市上下水道局 上下水道部
水道建設課

小 林 智 也
川崎市上下水道局 水道部
施設整備課

前 田 健 太
芦屋市上下水道部 水道管理課

桑 名 悠 司
香川県広域水道企業団 工務課

山 崎 樹
高知市上下水道局 水道整備課

要旨：本研修は日本水道協会と関係の深い海外の水道協会に研修の受入を要請し、当該国の水道事情を学ぶ研修である。令和 5 年度はアメリカ水道協会（AWWA：American Water Works Association）の全面的な協力のもと実施された。日本各地の水道事業者から研修生が参加し、本研修は 9 月 10 日から 9 月 17 日までの 1 週間、AWWA 本部があるアメリカ合衆国コロラド州デンバーにおいて行われた。

キーワード：国際交流、研修

1. 研修概要

(1) 研修目的

- ・ 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。
- ・ 英語能力の向上
英語による講義聴講、質疑応答により、英語のコミュニケーション能力が向上する。
- ・ 専門性の向上
英語の水道の専門用語等に触れること、海外の水道と自らの業務との比較、報告書作成過程における情報収集により、専門性を高めることができる。

(2) 研修先

渡航先：アメリカ合衆国コロラド州デンバー
研修会場：9 月 11 日 Embassy Suites by Hilton
Loveland Hotel Conference Center & Spa
9 月 12～14 日 AWWA 本部
9 月 15 日 Marston 浄水場

(3) 研修日程

月 日	時 間	日 程
9月10日 (日)	16:35	成田空港 発
	12:50	デンバー空港 着 (時差 - 15時間)
	14:30	Embassy Suites by Hilton Loveland Hotel Conference Center & Spa着
	17:30	AWWA Rocky Mountain Water Conference…Welcome Reception
9月11日 (月)	8:00	AWWA Rocky Mountain Water Conference…基調講演、研究発表、展示会等
	16:00	移動
	17:20	Hyatt House Denver/Lakewood at Belmar (宿泊先) 着
9月12日 (火)	8:50	AWWA本部 着
	9:00	開会挨拶 (Chi Ho Sham)
	9:15	研修生自己紹介、日本の水道の現状 (発表者: 渡部 英)
	10:15	講義: AWWAの紹介 講師: Chi Ho Sham
	11:00	講義: 水道業界の現状調査 講師: Dawn Flancher、Chi Ho Sham
	12:15	昼食
	13:00	講義: 水道事業のガバナンスモデル 講師: Ken Lykens
9月13日 (水)	14:45	グループディスカッション 講師: Chi Ho Sham、Ken Lykens
	8:50	AWWA本部 着
	9:00	講義: データとアセットマネジメント 講師: Colin Chung
	10:45	講義: 水道事業体の経営 講師: Angela Bricmont
	12:15	昼食
	13:00	講義: 水道料金設定 講師: Todd Cristiano
	14:45	講義: 広報 講師: Greg Kail
9月14日 (木)	16:15	グループディスカッション 講師: Barb Martin
	8:50	AWWA本部 着
	9:00	講義: 水源及び水源保護 講師: Chi Ho Sham
	10:00	講義: AWWA規格 (G300 水源保護) 講師: Paul Olson
	10:45	講義: 浄水処理 講師: Aaron Benko
	11:45	講義: AWWA規格 (G100 浄水場の運転管理) 講師: Paul Olson
	12:15	昼食
	13:00	講義: 配水と漏水 講師: Reinhard Sturm
	14:00	講義: AWWA規格 (G200 配水システムの運転管理) 講師: Paul Olson
	14:45	講義: 未来のトピック 講師: Chi Ho Sham、Colin Chung
16:15	閉会挨拶 (David LaFrance)	

9月15日 (金)	8 : 50	Marston浄水場 着
	9 : 00	水道施設視察…Marston浄水場
	12 : 00	デンバー市内視察
9月16日 (土)	7 : 00	Hyatt House Denver/Lakewood at Belmar (宿泊先) 発
	7 : 50	デンバー空港 着
	11 : 20	デンバー空港 発
9月17日 (日)	14 : 20	成田空港 着 (時差 + 15時間)

(4) 参加者 (所属部署・役職は研修当時)

・研修生

山田 哲郎(執筆代表) 札幌市水道局 給水部 白川浄水場 浄水係 技術職
 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(副団長) 愛知中部水道企業団 配水課 技師
 前田 健太 芦屋市上下水道部 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(団長) 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)



2. アメリカにおける水道事業の概要

(1) アメリカ合衆国の概要

アメリカ合衆国は50の州から成る連邦共和国で、国土面積は983.4万km²と日本の約26倍に相当する。人口は約3億3,500万人(2023年時点)であり*1、今後も増加傾向にあるとみられている。

本研修ではコロラド州デンバーを訪れた。コロラド州はほぼ西半分が米国西部山岳地帯、東半分が大平原地帯に位置し、全米50州中第8位の広さとなる面積26.9万km²(日本の総面積の約7割)と人口約581.1万人を有する*2。西部では冬に降水量が多く夏は乾燥しており、東部では年間を通して降水量が少なく湿度が低い。このため水源(雪)は西部に集中しているが、そのほとんどが東部に向けて給水されているという特徴がある。州都であるデンバーはロッキー山脈東麓に位置し(図-1)、人口約71.1万人の都市である。また標高1マイル(約1.6km)にあることから“Mile High City”と呼ばれ、日中と夜間の寒暖差が激しく1日のうちでも天候が変わりやすい高山性の気候となっている。研修期間中は日中20℃以上、夜間10℃以上であり、雨の日もあったが多くの晴天で非常に過ごしやすい環境であった。

(2) AWWA について

AWWAは1881年に設立された。現在の会員数は51,000人(そのうち4,000人がボランティア)となっており、61人の理事会、21人の執行委員会と6つの評議会から構成され(図-2)、その下にはさらに専門的な区分に分けられた169の委員会が存在する。また水問題のほとんどは地域の特徴が

強いため北米には43の支部が存在しており、メキシコやカナダにも支部が存在している。

AWWAは“知識を作り上げて共有すること”を大きな目標としており、調査研究、規格の策定、出版物の作成、年次会議やワークショップの実施など、水道界隈の内外で知識の創造・交換を促進するために様々な取り組みを行っている。この活動は米国内のみに留まらず、各国際機関とも協力し水道事業のリーダーシップを取っている。2015年にはAWWAインド支部を設立し、インドの水道事業を発展させるために活動を続けている。インドでは24時間自由に水道が利用できる状況ではないため、それを可能とすることが目下の目標だという。

水道事業という日本では上水道・下水道に分

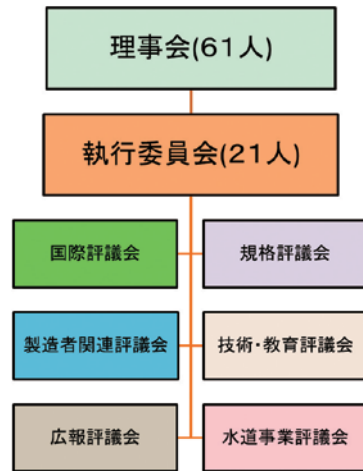


図-2 AWWA 組織図

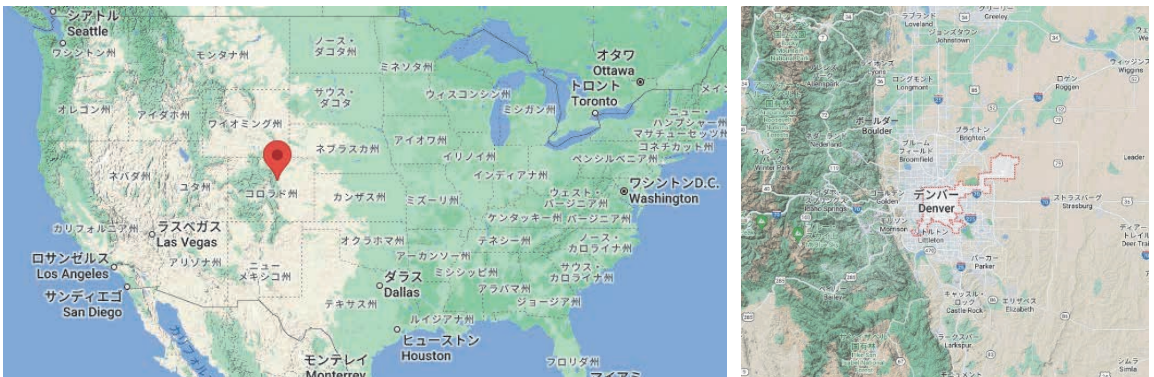


図-1 コロラド州デンバー位置図 (Google マップより)

かれておりそれぞれは独立したイメージが強いが、アメリカでは飲料水、下水、雨水、地下水、再生水、海洋水や大気中の水に至るまで、あらゆる「水」に関する問題は関連しており、同列に解決すべきであるという考え方“Total Water Solution” (図-3) を持っていた。AWWA 会員の60%が上水事業だけでなく下水事業にも関わっており、先述したような活動内容は上水道(飲料水)に限ったものでなく、下水、雨水、再生水においても実施されている。

(3) アメリカ水道事業の課題

水道事業者や水道事業に携わっている人々を対象に AWWA が毎年実施しているアンケート調査の最新結果によると、アメリカ水道事業が直面している課題として表-1のようなものが挙げられた。

2番目に問題視されている“長期的な飲料水の供給”という課題に対して準備ができていのかどうかについても調査を実施しており、8割強の事業者が準備できていると回答している(図-4)。具体的には地下水の淡水化、飲料水の直接的・間

接的再利用、雨水の再生水利用などの技術を活用することで、既存の供給量を増強する取り組みを実施・検討している。また、アメリカ水道事業の課題上位10項目について、過去5年間のランキングの推移を示したグラフ(図-5)を併せて見てみると、水資源の価値や飲料水の再利用に対する関心が高まっているようである。COVID-19流行を機に水の価値を再認識し、水道利用者・事業者ともに意識変化があったと推察される。

アメリカ水道事業が直面している課題は日本でも同様に問題視されているが、アメリカは国(連邦政府)としての活動よりも州の活動が主要で、州毎の特色に合わせた対策を考えているという点は日本との違いに感じた。例えば、海に面しているフロリダ州は海面上昇の問題が深刻なため、なるべく排水せずに再利用することに注力しているという特色がある。このように地域差が激しい中でも、全米の水道事業者が利用できる統一規格が求められていることがAWWAにとっての大きな課題と言えるようだ。

(4) アメリカ水道事業のガバナンスモデル

アメリカでは50,000以上の上水道事業者と15,000以上の下水道事業者があり、1州あたりに平均すると1,000以上の事業者がそれぞれ5,000人以上に給水していることになる。給水人口の9割が公営、1割が民営の事業者によるサービスを受けており、事業者の運営形態は様々である。



図-3 Total Water Solution イメージ図

表-1 アメリカ水道事業が直面している課題ランキング (2023)

1位 老朽化した水道インフラの更新	11位 節水、効率性
2位 長期的な飲料水の供給	12位 人材誘致と確保
3位 資本整備のための資金調達	13位 サイバーセキュリティ問題
4位 水資源の価値に対する市民の理解	14位 干ばつ、定期的な水不足
5位 流域・水源の保護	15位 将来的な規制への対応
6位 労働力の高齢化	16位 コスト回収(サービスコストを正確に反映した水の価格設定)
7位 水道サービスの価値に対する市民の理解	17位 水損失のコントロール
8位 緊急事態への備え	18位 エネルギー使用・効率及びそのコスト
9位 地下水の管理	19位 顧客、有権者、地域社会との関係改善
10位 法規制の遵守	20位 資産管理

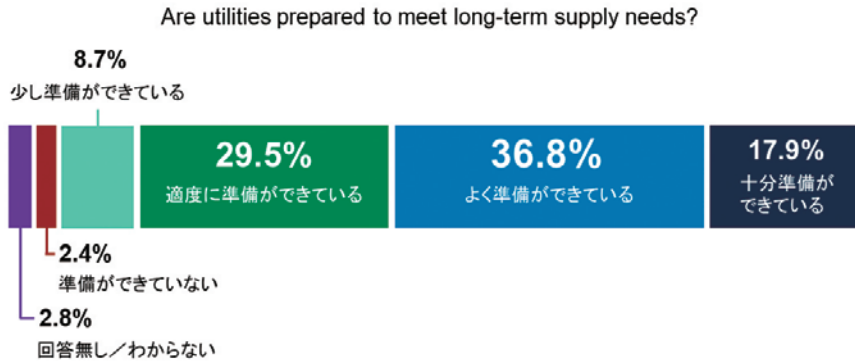


図-4 “長期的な飲料水の供給”という課題に対して準備ができてい

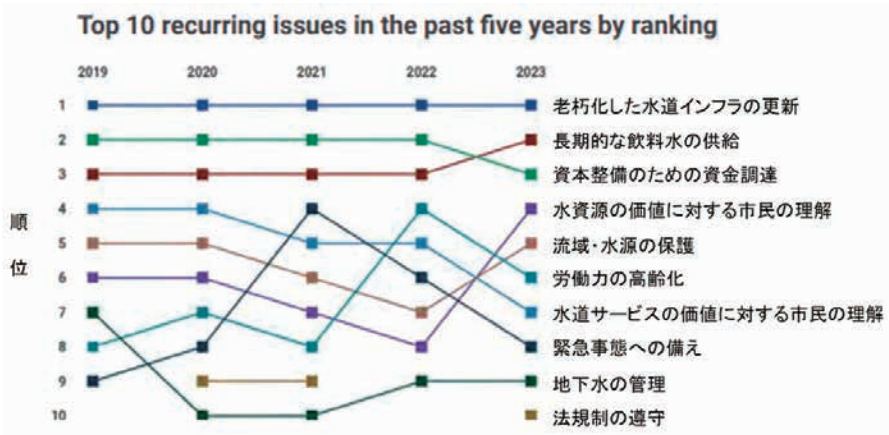


図-5 アメリカ水道事業の課題上位10個に関する回答の5年間の推移

運営形態によって資金調達に利用可能な債権に違いがあり、公営モデル向けの非課税債権としては一般財源保証債とレベニュー債が挙げられる。一般財源保証債は発行体の全信用力によってその元利償還が保証され、地方公共団体等が直接運用する事業に充てられる。一方、レベニュー債は事業から生じる利用料等を償還財源として発行され、公営企業の運転資金等に充てられる。レベニュー債は一般財源保証債に比べれば金利が高くなるものの、手続きの容易さから多く利用されている。

アメリカ水道事業で見られるガバナンスモデルのうち、特に一般的な5つを下記に示す。

① 地方自治体型 #1

水道事業者が市政府の一部門である、最も一般的なモデル。非課税債権を財源とすることが可能

であることや、市・行政の機能を事業者の運営に利用できるなどのメリットがある。一方で、市内他部局と人材・資金の取り合いになること、水道収入が市の他の事業に転用されることなどのデメリットがある。また選挙で選ばれる市長・市議会が組織の頭であるため、運営が政治的影響を受けることもあり、水道料金の値上げには消極的である。

② 地方自治体型 #2

①とよく似た形態だが、市長が市議会の一員であり、市の最高責任者であるシティマネージャーが間にいる点で異なっている。この形態のメリット・デメリットは①と同じだが、シティマネージャーが選挙で選ばれる人間ではないために、政治的影響は①よりも少ない。

③ 当局/理事会/委員会型 #1

水道事業等のために設置された当局、理事会、

Municipal Government #1 (地方自治体型#1)

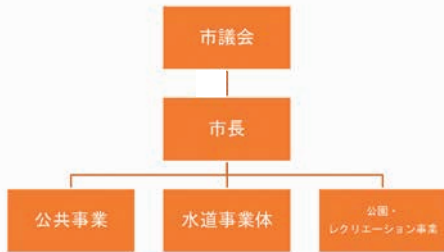


図-6-1 地方自治体型 #1の構造イメージ図

Municipal Government #2 (地方自治体型#2)

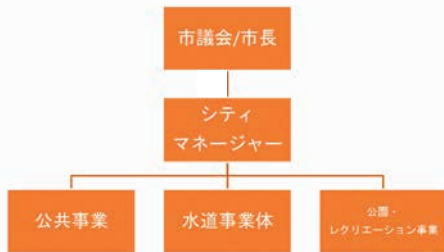


図-6-2 地方自治体型 #2の構造イメージ図

Municipal Authority/Board/Commission #1 (当局/理事会/委員会型 #1)



図-6-3 当局 / 理事会 / 委員会型 #1の構造イメージ図

Municipal Authority/Board/Commission #2 (当局/理事会/委員会型 #2)



図-6-4 当局 / 理事会 / 委員会型 #2の構造イメージ図

委員会等により運営されるモデル。これらの組織は市長・市議会と繋がっているが、その影響を受けにくい構造になっており（図-6-3で点線表記なのはそのため）、物品購入や人事を柔軟に行うことができるうえ、収入が他事業に使われることなく全て水道事業に還元できる。しかし、債権による資金調達にはレベニュー債に限られる。

④ 当局 / 理事会 / 委員会型 #2

③と似ているが、より独立性が高いモデル。比較的規模の小さい事業体はこの形態を取っていることが多い。メリット・デメリットは③と同様だが、事業の透明性が疑われやすい。

⑤ 民間事業体型

民間企業によって運営され、損益を基準に運営判断が行われるモデル。運営権だけでなく施設の所有権もすべて民間企業にある。政治と切り離されているため対応が柔軟というメリットはあるが、それと同時に事業の透明性が疑われやすくもあり、株主総会での報告が事業の透明性に繋がる。資本は株式となり非課税の資金調達ができない。また水道料金の設定については委員会による

Private Utility (民間事業体型)



図-6-5 民間事業体型の構造イメージ図

承認が必要となる（図-6-5点線）。

公営と民営で水道サービスに違いがあるかどうかという点について興味深い話があった。米国環境保護庁（EPA：Environmental Protection Agency）の定めた基準に則り、6ヵ月に1度、水道水質の試験結果を公表しなければならないため水質における大きな違いは無いのだが、水量については、緊急の事故や設備点検・改修にかかる時間を計算

し、年間何時間まで断水してよいかを事業体で決めるとのこと。デンバーウォーターでは5000時間を断水時間(サービス停止)の上限としているが、3つの浄水場で相互バックアップ可能なので実際に断水する機会はほとんど無いという。

デンバーウォーターは元々①の運営形態だったが、現在は③に変化している。運営形態の変更は昔ほどではないとはいえ現在でも起こっている。資金調達や柔軟な対応が難しいことから公営では不適切・非効率な運営になっており、民間事業体に運営させるようEPAから指導が入った例や、水で利益を得るといふこと自体に市民が強い違和感を持ち、民営から公営に戻ったという例もある。さらに近年、特に衝撃的な事件として挙げられるのが2015~16年のミシガン州フリント市の水道水鉛汚染である。フリント市は経営悪化が深刻で、水源の変更や薬品節約等のコスト削減を実施したことにより水道管(鉛管)の腐食が進み、多くの市民が鉛中毒となり死者も出ている。この事件から水道事業に対する信頼は下がり、今でも完全には回復していないと講師は語っていた。

3. 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であり、国際規格ISO55000~55002により定められている。EPAはそれらを以下の5つの質問に置き換え、また10のステップ(図-7)で枠組みを作ることでアセットマネジメントをわかりやすく

集約している。

- Q1. 現在の資産状況はどうなっているか?
- Q2. 必要なサービスレベルはどのくらいか?
- Q3. どのアセットが特に重要か?
- Q4. 維持管理及び継続的改善プロセスへの最適な投資要件はなにか?
- Q5. 長期的な資金調達戦略としてなにが最善か?

初めに保有資産の状態を確認し、運用していくうえで予測される故障や耐用年数、更新費用などを決定する(Q1:ステップ1~4)。現状の把握及び将来予測の目処が付いたら、提供するサービスレベルの目標を設定する(Q2:ステップ5)。その後アセットを評価し、何が最も重要かを定め(Q3:ステップ6)、適切な経営戦略や運転・維持管理計画を立てて(Q4:ステップ7~8)、財政面での計画を立てる(Q5:ステップ9~10)という流れである。

同じものを対象としてアセットマネジメントを実施する場合でも、維持管理の視点からすると設備1つ1つをアセット(維持管理、評価する対象)として把握する必要があるが、財務的な視点では施設全てで1つのアセットとされる(図-8)。したがって、一見最もシンプルに見えるQ1が実は一番複雑な質問だと言える。そして、マネジメントの優先順位を決定付けるQ3がアセットマネジメントにおける心臓部と考えられる。

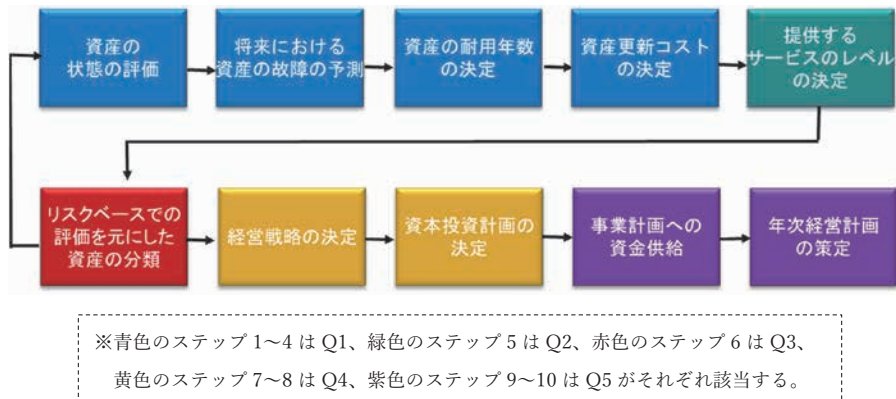


図-7 アセットマネジメントの枠組み10ステップ

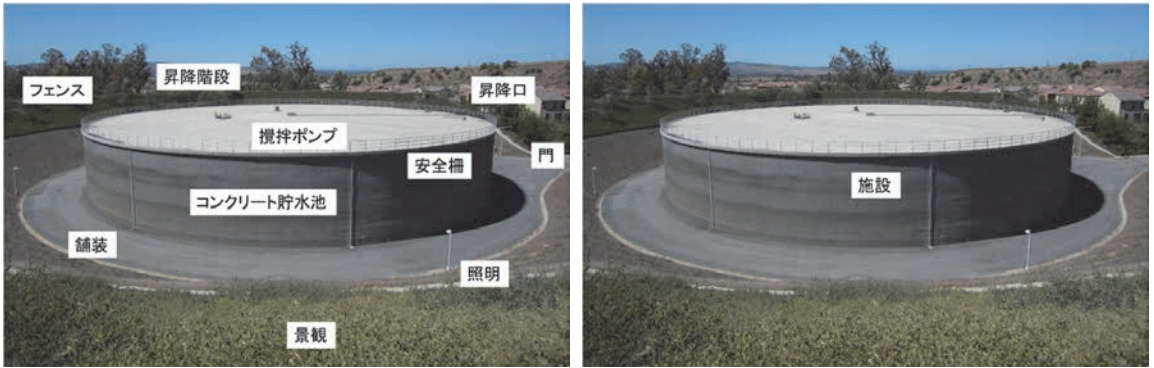


図-8 立場によるアセットの違い (左：維持管理の視点、右：財務の視点)

(2) アメリカ水道事業におけるアセットマネジメント

近年、インフラ業界の関心事は設備の新設から更新・維持管理へと変化している。全米に布設されている上水道管は総延長およそ220万マイル(約354万 km)にも及び、アメリカでは2019年までに年間平均1～4.8%の更新作業を進め、2020年だけでも12,000マイル(約19,300km)以上の更新が計画されていた*3。しかし、水道施設への投資額と維持管理費の推移(図-9)を見てみると、老朽化により増加していくはずの維持管理費が横這いかやや減少傾向にあることから、水道施設の維持管理が十分にできていないことがわかる。

前述の通り(表-1)、アメリカでは水道施設の老朽化が問題視されている。4年に1度アメリカ

土木学会(ASCE: American Society of Civil Engineers)が全米の各インフラを評価しており、2021年度における飲料水(上水道)事業の評価はC-と、前回(D)よりも評価は上がっていたものの高いとは言えない評価であった。ASCEのレポートではシステムの老朽化や資金不足について言及されており、「アメリカでは毎日2分毎に水道本管が壊れ、推定60億ガロン(約2,270万 m³)の水道水が失われている。しかし、連邦政府の補助金制度が拡大し、水道事業者が料金を引き上げて事業に再投資するようになるなど、進展の兆しも見えている。」と書かれている*3。問題解決に向けた取り組みには明確なゴールとそこに辿り着くまでの綿密な計画が必要であり、その手法のひとつがアセットマネジメントである。

4. アメリカの水道料金の設定方法及び体系

(1) アメリカ水道事業の財務

アメリカの水道事業者は運営形態と同様、財政モデルに関しても公営・民営で大別される。住民の選挙によって選ばれた役人が方針を決める公営モデル(図-10-1)と、株主によって選ばれた取締役会で方針が決められる民営モデル(図10-2)である。アメリカ人口の約88%が公営モデルの事業者からサービスを受けており、民営モデルの水道サービスを利用しているのは人口の約12%である。

公営モデルにおいては政府が所有することで公共の利益が保護され、政治的な力によって水道料金が制限される。一方で、民営モデルにおいては政府の監督によって公共の利益が保護され、法律



図-9 水道施設への投資額と維持管理費の推移

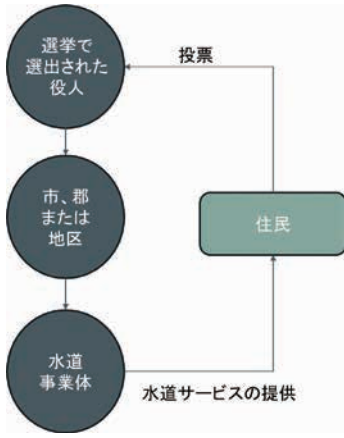


図-10-1 公営モデル

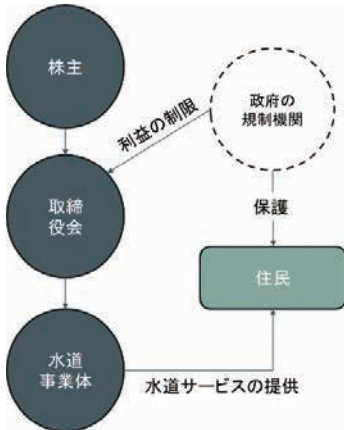


図-10-2 民営モデル

によって水道料金が制限される。公営の場合税金はほとんど免除されているが、民営では様々なものに税金が課せられる。

2(4)で述べたとおり、公営モデルには資金調達に利用しやすい非課税債権が用意されている一方で、民営モデルが利用できる債券は免税対象ではなく金利が高いうえに株主への配当等も必要である。このような資金繰りの難しさから公営モデルが圧倒的に多く、民営モデルのものは多くは小規模である。

(2) アメリカ水道事業の料金設定

ガス・電気・インターネット等と比べて、上下水道料金は年々上昇傾向にある(図-11)。2(3)で述べた AWWA が実施している調査において、翌年料金を値上げすると回答した事業体の割合は年々増加しており、2023年には78%が値上げすると回答した。水道事業における一番の課題は施設の老朽化であり(表-1)、更新にかかる資金の調達は急務である。

資金調達(値上げ)のためには、市民の理解を得られるかどうか重要であり、そのためには水の価値を正しく伝えることが必要となる。しかし、様々な商品について50ドルで購入できる量を比べた時、コカ・コーラは8ガロン(約30L)、牛乳は15ガロン(約57L)に対して水は20,000ガロン(約75,700L)となっており、このような市場価格の差から水は安価なものであるという認識

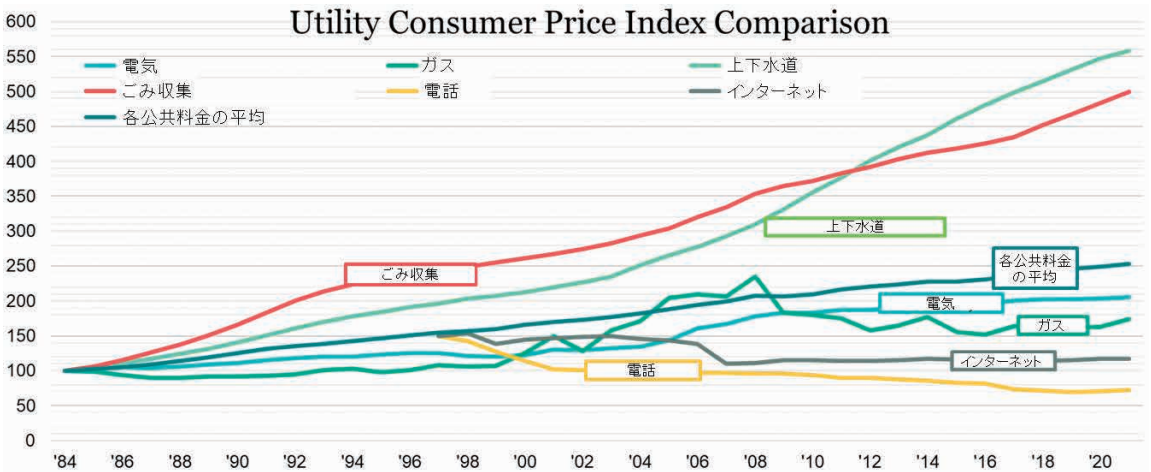


図-11 公共料金の変動の比較

を強く持たれてしまっている。水道料金の値上げに関する意見調査の結果は62%が否定的な意見を持っており、肯定的な意見は10%程度しかなかった (図 -12)。

財務の健全性維持や将来的な財政負担軽減、そして顧客間の公平性確保などのためにも適切な料金設定が求められ、AWWA は料金設定に関するマニュアル (書名: Manual M-1, Principles of Rates, Fees, and Charges) を発行している。このマニュアルの中には裁判の判例を参照しているものもあり、過去の判例が現在の料金設定に繋がっている。料金設定の目標には「市民が理解しやすい」「事業者が管理しやすい」「公平である」「解釈の余地が無く明確である」などが挙げられる。

安定した収益を得るという事業運営の目標と、手頃な価格設定にする・顧客の理解を得るというサービスの目標は相反するものであり、また水源の保全という観点からは節水の意識も重要なので、これらうまくバランスを取る必要がある。アメリカでは基本料金と従量料金の2つを組み合わせることで適切な料金設定に努めている。基本料金は水道利用者に一律で課す料金、メーター口径毎に定められた料金、サービス提供のために必要な資本として徴収する料金など、使用水量とは無関係に定めている料金である。従量料金は使用水量に焦点を当てた料金設定で、以下のような5

つの種類が存在する (図 -13-1~13-5)。

① Flat rate (定額)

使用量に関わらず月々の料金が一定の体系。収入が安定し、利用者にとってわかりやすく、事業者にとっても管理しやすい料金設定ではあるが、使用量の違いで不公平感が生まれ、また節水意識の低下が懸念される。

② Uniform (均一単価)

一律の水道単価を設定し、使用量によってのみ料金が変動する体系。①と同様に安定した収入が見込まれ、管理が容易で、利用者にとってわかりやすいが、水道の利用が必須で減量を図れない顧客にとっては負担が大きい。

③ Seasonal (季節変動)

季節によって水道単価が変動する体系。水道単価は冬期よりも夏期の方が高く設定される。使用量の多い夏期の節水意識が高まり、管理が比較的容易であるという点では優れているが、夏期に多くの水道利用をする顧客の負担が多いため不公平感が生まれる。また天候 (降水量) によって水需要が左右されるため、収入の不安定さが顕著である。

④ Inclining (増増)

使用量増加に応じて水道単価を段階的に上げていく体系。多くの場合において公平な料金設定 (特に大口の利用者にとって適切な設定) になるが、極めて少量・多量の利用者にとっては適切な料金設定にならない場合も考えられる。この体系は節水意識の高まりが期待でき、水源保護の観点からはメリットと考えられるが、水が売れない・安定しないという点で財政面ではデメリットとなる。

⑤ Declining (減減)

使用量増加に反して水道単価を段階的に下げていく体系。多量の水を少ない変動で利用する顧客にとっては最も効率的な料金設定となるので大口の顧客向けの体系であり、水を多く売りたい場合には相応しいが、節水意識が薄れ、使用量が少ない顧客にとっては最も非効率的な料金設定となる。

全米50州とプエルトリコ、カナダを代表する296の水道事業者における地域別の家庭用水道料金制度の割合は、南部・西部で増増制が多く、北東・

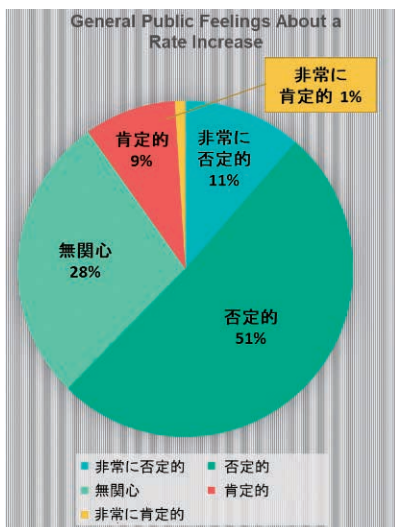


図 -12 水道料金値上げに対する市民の感情

定額 (Flat rate)



図 -13-1 定額制のイメージ図

逓減 (declining)

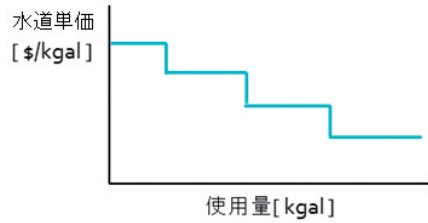


図 -13-5 逓減制のイメージ図

均一単価 (Uniform)

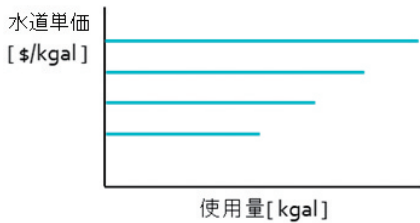


図 -13-2 均一単価制のイメージ図

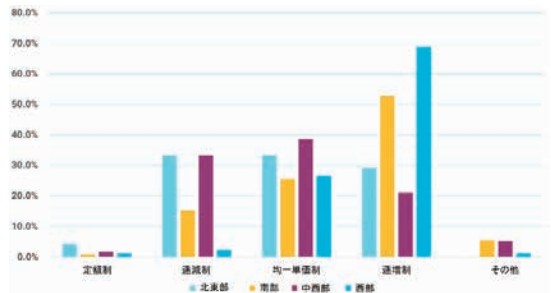


図 -14 地域別の家庭用水道料金制度

季節変動 (Seasonal)

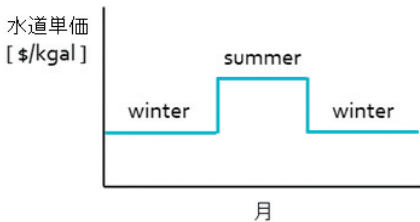


図 -13-3 季節変動制のイメージ図

逓増 (Inclining)

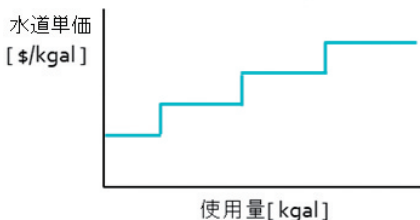


図 -13-4 逓増制のイメージ図

中西部では逓減制や均一単価制が多く採用されている (図-14)。地域によって水利用の特色が異なっているということが、料金体系の違いからも推察できる。

公平性を保ち、全ての顧客に対して適切な料金設定を実施するためにはこれらの料金体系を複雑に組み合わせることが求められるが、運営の立場からすると現実的とは言えない。完全に公平と言える料金体系の運営が困難である以上、水道事業の財政面における健全性を維持するためには、明確な目標に基づいて水道料金を設定することが重要である。

5. デンバーウォーターの広報について

SNSを始めとするインターネットの普及により広報は大きく変わった。市民が水道のことを知りたければ事業体に直接聞きに行っていた昔とは違い、今ではネットで検索すれば専門学者の意見までも簡単に手に入れることができる。市民が情報を求めに来るのを待っている余裕は無く、事業体の方から積極的に交流を図りに行くことが必要である。

AWWA が毎年実施している一般消費者の意識調査結果が7月に出ており、水道事業者から最近連絡を受けたという消費者は、そうでない消費者に比べて「水の安全性が向上した」と回答する可能性が3倍以上高いという結果になっている。また、水道事業者に義務付けられた水質検査のことを知っている市民は、それを知らない市民よりも「水質が良い」と回答する可能性が30%ほど上がるとの調査結果もある。水道事業の取り組みを利用者に伝えることは、水道サービスの満足度を高めることに直結していることがわかる。

情報へのアクセスが容易になったことは喜ばしいが、水道事業者以外でも水道に関する情報・意見を発信することが可能になったことで、間違った情報が流れたり誤解を与えたりする可能性も増したと言える。多くの人が影響を受け、そして与える今の世の中では、“誰が” どのような意見を主張するのか、“誰を” 信用するかが最も重要である。水道事業者が市民に対して積極的な広報（コミュニケーション）を実施し、信頼を高めることができれば、プロジェクトに対する支援や料金の値上げに対する理解を得られるようになり円滑な水道運営に繋がる。

AWWA 広報部門では「水道事業の中核として広報活動を促進する」「水道業界内で情報・手法を共有する」「AWWA をより広い舞台で思想的リーダーとして位置付ける」の3つを戦略の柱と

しており、市民に対してだけでなく、水道事業者に向けても積極的に広報を実施している。具体的な活動としては、事業者向けのガイドブックを発行して市民とのコミュニケーション方法を提示することや、会員向けにEメールで情報発信を行うなどが挙げられる。広報（コミュニケーション）は事故が発生した時や水道料金を値上げする時など、有事の際に行うだけでは絶対的に不足しており、コミュニケーションを取り続けることが何よりも重要である。

AWWA は市民・事業者向けに様々な広報活動を実施しているが、近年の新しい取り組みとしてインフルエンサーと協力した事例がある。狼犬の血を引くミックス犬 Loki と環境活動家 Leah Thomas (図-15) とのコラボレーションを実施したことで、今まで情報提供が行き届いていなかった層の人々にも水源保全についてアピールすることができたという。

6. 水源

(1) デンバーウォーターの水源

AWWA によると“水源”は「現在または将来、飲料水として使用される可能性のある未処理の水」と定義され、河川・湖沼・貯水池などの地表水と地下水のことを指す。デンバーウォーターの水源はロッキー山脈東部から流れるサウスプラット川流域の表流水（雪解け水）である。

集水システムの80%が流域南部に集中してお



図-15 Loki (左)、Leah Thomas (右) の Instagram 投稿画像

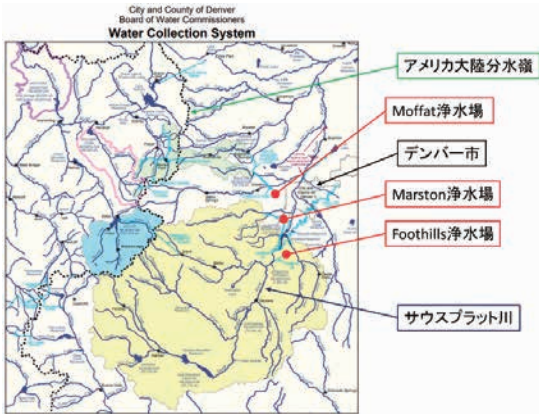


図-16 デンバーウォーターの集水システム

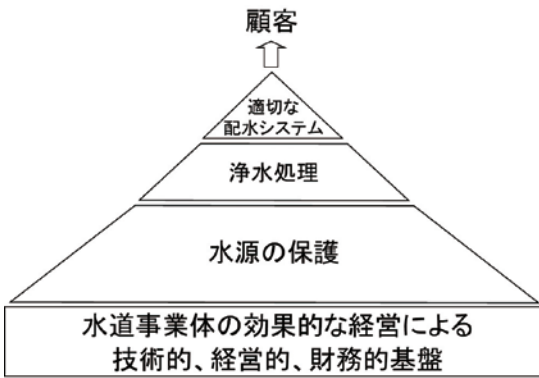


図-17 飲料水の多重保護構造

り、多くの水が Foothills 浄水場と Marston 浄水場で処理され、残りの20%は流域北部にて集水され Moffat 浄水場で処理される (図-16)^{*5}。集水域の偏りやアメリカ大陸分水嶺 (図-16: 破線) の位置からもわかる通り、水源が豊富な南西部から人口が集中する東部へと水を送らなければならないというアンバランスな地理的特徴を抱えている。

(2) 水源保護について

アメリカでは安全な飲料水を顧客に届けるために、水源から蛇口までの各過程で汚染を防ぐという考え方をしている (図-17)。水源の保護、浄水処理、水質監視、適切な配水システムといった各過程の取り組みは、水道事業体の効果的な経営という技術的、経営的、財務的基盤の上に成り立っている。

水源保護活動は大きく分けると保護区域の設定、汚染源の特定、リスク評価、調査結果の一般

公開という4つの要素から成る。当然これらの活動にはコストがかかるが、EPAは1994～2003年にかけて飲料水州回転基金 (DWSRF: Drinking Water State Revolving Fund) として96億ドルを予算計上し、安全な飲料水供給の支援を実施した。多くの州はこの補助金を活用し、水源保護地域の画定と評価を行っている。

飲料水の質を高めるといふと、利用者までの距離が近い配水管・給水管の更新や浄水処理改善のイメージが強いかもしれない。勿論それらも重要であるが、水源は施設と違い簡単に替えが効かず、汚染されてしまった際の対処として必要になるコストが膨大である。水源が汚染された場合にかかる費用と、水源が汚染されないよう保護することにかかる費用を比較すると、前者は後者の平均30～40倍 (最大200倍) も費用がかかるということが過去の調査から判明している。また水源保護とは、すなわち生態系・景観などの環境保護と同義であり、それにより土地の価値が上昇し周辺の人口・観光客が増加したり、雇用の機会が増えたりするという経済効果の高まりも期待される。水源保護により得られる利益は経済的な側面だけでなく環境的・社会的な側面においても大きなものであるため、周辺住民の信頼・満足度が増すことで水道事業に必要な予算が集まりやすくなり、水道サービスの質が向上するという好循環が生まれる。

水源保護は飲料水に限らず環境全体の質を向上させることに繋がり、健康被害、経済発展の機会損失、顧客の信頼喪失といった定量化が難しいリスクの回避を可能とする。上述のようなコスト削減効果も大きく、事後の対処よりも事前の予防が重要と言える。

7. アメリカの水質基準・配水管理

(1) 水質基準の歴史

アメリカ水道事業において、塩素消毒が実施されたのは1908年ニュージャージー州ジャージー市の Boonton 貯水池が最初であった。デンバーウォーターが塩素消毒を始めたのは1911年のことで、1890年には人口10万人当たり約275人であったデンバーの腸チフス死亡率が、1940年には0人に減少した (図-18)。飲料水に関わる規制は1914

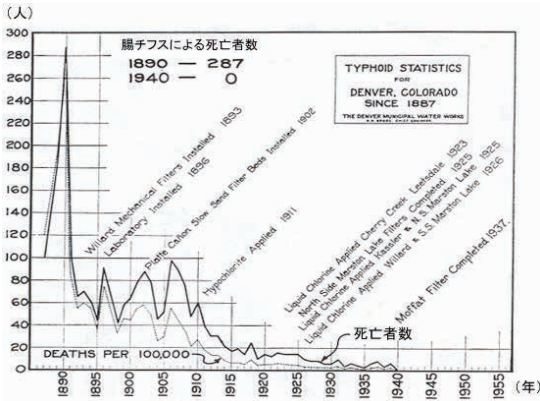


図-18 デンバー市における腸チフスの死亡者数推移

年にアメリカ公衆衛生局（USPHS：United States Public Health Service）によって定められた法律に始まり、1974年にEPAが安全飲料水法（SDWA：Safe Drinking Water Act）を制定し、その後幾度かの改正を経て現在に至る。

アメリカでは1987年に水道管として新規の鉛管の使用を禁止する法律が施行され、鉛管の交換が進められると共に、鉛管対策のためのプログラムが推進されている。具体的には、鉛の溶出を抑えるためのオルトリン酸の添加やpH調整の実施、飲料水中の鉛除去用のフィルター配布などである。

(2) 配水システム

3(2)でも述べた通り、アメリカでも日本と同様に配水管の老朽化が深刻化している。アメリカの配水システムにおける深刻な課題は鉛の漏出と配水管の老朽化、そしてそれらの対策として必要な

資金が不足していることである。EPAによると今後20年間で3,380億ドルのインフラ資金格差（IFG：Infrastructure Funding Gap）が見積もられている。

配水管は必ずしも布設年度の古い物が老朽化しているとは限らず、布設年度だけでリスク評価をすることができない（図-19）。米国科学アカデミー（NAS：National Academy of Sciences）の2006年報告書によると、飲料水配水システムは物理的保全（破損・漏水）、水力的保全（水圧管理）、水質保全（残留塩素）という3つの項目からリスク評価でき、配水システムの最適化に向けてそれぞれ目標が定められている。物理的保全の目標は年間100マイルあたりの漏水件数を15件にすることである（現状20～30件）。水力的保全においては通常の水圧が35～100psi（約0.24～0.69MPa）、ピーク時や火災時でも20psi（約0.14MPa）以上などの数値目標が設定されている。水力的保全はあまり注目されていなかったが、デジタルシステムを活用しての監視が近年増えているという。水質保全の目標としては95%の検査地点で遊離残留塩素が0.2mg/L以上、または総残留塩素が0.5mg/L以上であること、同検査地点で残留塩素が2ヵ月連続で不検出となってはならないことなどが挙げられる。

8. 施設見学

(1) Marston 浄水場について

デンバーウォーターには3つの浄水場（Marston、Moffat、Foothills）があり、本研修ではMarston



図-19 1883年製の鋳鉄管（左）と1975年製のダクタイル鋳鉄管（右）

浄水場を見学した。Marston 浄水場は AWWA 本部から約1km 東に位置しており (図-20)、Marston 湖から取水している。Marston 湖はサウスプラット川から25マイル (約40km) のサイフォン管渠によって導水している貯水池であり、その水は飲料水用としてのみ活用されている。Marston 浄水場は1890年代に湖南側に最初の施設が完成し、1920年代に現在も使用している湖北側に移された。当時の施設は今なお保存されており、一部は改修しながら再利用している (図-21)。

3つの浄水場の処理能力は Marston 浄水場が2億ガロン/日 (約76万 m³/日)、Moffat 浄水場が1.2億ガロン/日 (約45万 m³/日)、Foothills 浄水場が2.8億ガロン/日 (約106万 m³/日) である*4。これらの浄水場は相互にバックアップが可能であり、

各浄水場が年に一度処理を停止してオーバーホールを実施しているとのことであった。また Marston 浄水場の取水口改修工事の際には約3ヵ月間処理を停止していたが、他浄水場からのバックアップを実施することで市民には影響が無かったという。

Marston 浄水場における浄水処理工程は“取水→凝集→フロック形成→沈澱→ろ過→塩素消毒→配水”となっている (図-22-1)*6が、アメリカにはオゾンや紫外線を活用した高度浄水処理を行っている浄水場も存在する。各工程については後述の通りである。

① 取水

Marston 浄水場では2014~2015年に様々な施設の改修工事を実施しており、高さの異なる3つの



図-20 Marston 浄水場位置図 (Google map より)

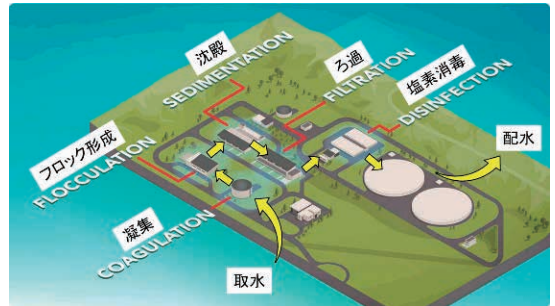


図-22-1 浄水処理工程全容



図-21 Marston 浄水場の過去・現在比較 (上段：建設当初、下段：現在)

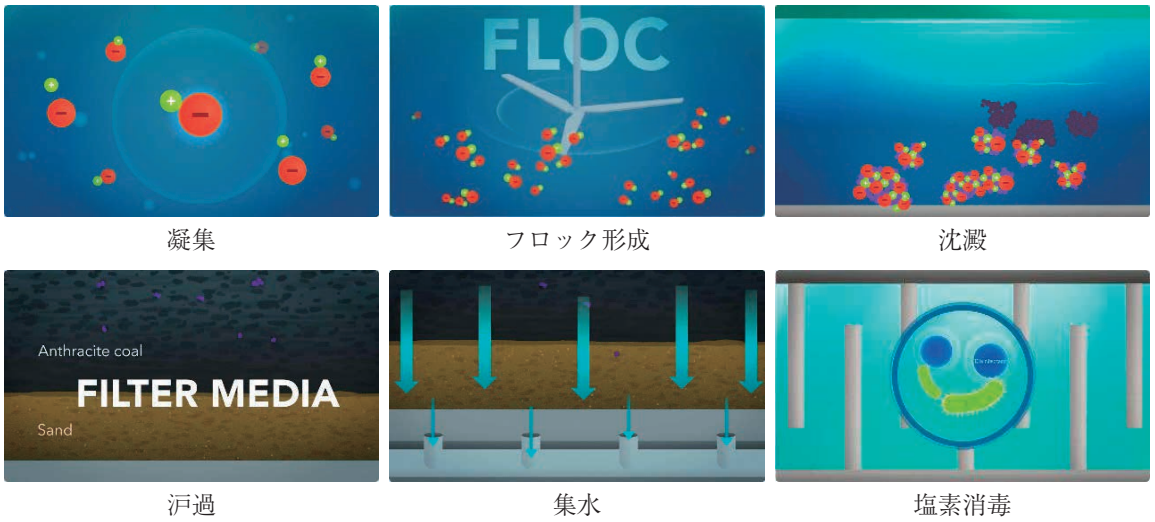


図 -22-2 浄水処理工程

取水口を取り付けている (図 -23)。水質状況に合わせて取水口の高さを変更することで浄水処理の負担を軽減できる。さらには干ばつの影響で貯水池の水位が低くても、取水深度を低くすることで取水を継続することが可能となった。また池底は嫌気性であるため、貯水池全体をバブリングするような設備を新設する工事を予定しており、2、3年後には完成予定との話もあった。

② 凝集・フロック形成

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中和、反発しにくくした後、水を穏やかに攪拌し衝突・結合させてフロックと呼ばれる大きな粒子を形成させる。Marston

浄水場では凝集剤として硫酸アルミニウム、高分子ポリマーを使用している。

③ 沈澱

結合し大きくなったフロックは重力により沈澱池の底に沈んでいく。蓄積されたそれらの汚泥は沈澱池底部で掻き寄せられ、排泥される。そうしてある程度の濁質が除去された沈澱池の上澄み水が汙過池に流れていく。日本では省スペースで効率的にフロックを沈澱させるため沈降傾斜板が設置されていることも多いが、Marston 浄水場では最大12時間の滞留時間が確保されているため、整流板はあるものの沈降傾斜板は設置されていない。

④ 汙過

沈澱処理水が汙過池を流れる際、沈澱池で取り除かれなかった微小な粒子は汙材表面に付着・補足されることで取り除かれる。Marston 浄水場の汙過池はアンスラサイト (有効径1.0mm) と汙過砂 (有効径0.65mm) を組み合わせており、汙過池洗浄は表面洗浄を行わず逆流洗浄のみであるという。

⑤ 塩素消毒

塩素を用いて水中の細菌やウイルスといった微生物を不活化することにより消毒を行う。Marston 浄水場では塩素ガスを注入している。



図 -23 Multi-Level Outwork Project

(2) 施設写真



Marston 浄水場全景



浄水場正面玄関



管理室

9. AWWA Rocky Mountain Section Water Conference

研修初日には Embassy Suites by Hilton Loveland Hotel Conference Center & Spa で開催された AWWA Rocky Mountain Section Water Conference (以下、「本会議」という) に参加した。本会議はアメリカ水道協会ロッキー山脈支部 (RMAWWA: Rocky Mountain Section of American Water Works Association) とロッキー山脈水環境協会 (RMWEA: Rocky Mountain Water Environment Association) の年次合同会議であり、基調講演や研究発表等のほか展示会が行われた (図 -24)。

講演のテーマは配水システム、事業計画、飲料用の水再利用、デジタルソリューション等があり、研修生は各自興味のある講演に赴いた。また展示会では上水・下水・工業用水の分野における100以上の技術 (水質計器、流量計、膜ろ過装置、消火栓、バルブ、貯水タンク、潜水点検 etc...) が展示されており、午後からは Water Taste Test



図 -24 講演、展示会の様子



図-25 審査員が使用していた評価項目の表

Competition というイベントが開催された。ワイオミング州、ニューメキシコ州、コロラド州の水道事業者を対象に、それぞれの処理水について味・外観・香りなどを審査していた (図-25)。優勝者は AWWA ACE24 Best of the Best Taste Test に RMSAWWA 代表として招待され、再び処理水の質を競い合う。

10. Water2050

(1) アメリカ水道事業の将来ビジョン

1900年に水不足に瀕していた人々はおおよそ3,200万人であったが、その数は2050年には31億人まで増加するという。さらには2億4,000万人が適切な処理水を利用することができなくなり、14億人が普通の水洗トイレを使えなくなると予測されている。このような未来に向けて準備すべく、AWWA は持続可能な水道の未来への道筋を描く共同イニシアチブ “Water2050” を掲げている。この構想は講師 Chi Ho Sham と友人の会話が発端であったという。

Water2050は「水に関する長期的なビジョンの確立」「長期計画に焦点を当てた水道コミュニティの発展」「水道コミュニティの思考的リー

ダーシップの確立」「水道事業の枠組みを超えた協力関係の促進」の4つを目標としている。目標実現の為に、水道事業者、学術機関、民間企業、非営利団体等々、様々な戦略的パートナーと協力し、また水道業界内外のオピニオンリーダーが集い議論を重ねることが必要である。様々な機関・人々と議論することで新たな知見や多様な視点を手にし、水社会の将来的な在り方に関して包括的な見解を得ることができる。AWWA は年次会議 (ACE : Annual Conference and Exposition) を毎年開催している。多くの知識を収集・共有することで水道コミュニティの発展を支援しており、Water2050の目標実現に向けて着実に歩みを進めている。このような長期的な計画を進めていくうえで、若い世代のリーダーシップ確立は非常に重要な鍵を握っており、世代を超えて責任感を育むことも求められる。

(2) Water2050のシンクタンクレポート

Water2050において重要な要素が5つあり、未来への影響力・推進力という意味で講師 Chi Ho Sham は Drivers と称していた。5つの Drivers とは「持続可能性」「技術」「経済」「ガバナンス」「社会・人口統計」である。ACEのような大規模な活動の他にも、これらのテーマに関して専門家たちが集い議論し合う会合 (シンクタンク) が行われており、それぞれにおいて重点的に取り組むべき分野 (Focus Area) と勧告 (Recommendation) が定められた。これらの詳細を以下に示す。また、このシンクタンクによりまとめられたレポート



図-26 Water2050ロゴ

(図 -27) は AWWA ホームページ (<https://www.awwa.org/Resources-Tools/Water-2050/Water-2050-Reports#water2050>) にてダウンロード可能である。



図 -27 Water2050 Report

① 持続可能性

重点的に取り組むべき分野		
2050年以降における回復力を持った水資源計画	トリプルボトムラインを持続可能に変化させる	ネットゼロに向けた水コミュニティのロードマップ
勧告		
<ul style="list-style-type: none"> ・ 飲料水、下水、再利用、エネルギー事業の統合管理。 ・ 農業やその他主要な水利用者との新たな組織的パートナーシップの構築。 ・ 市町村ごとではなく、流域ベースに考え方を転換する。 ・ 順応的管理を通じて、水コミュニティが気候変動に与える影響を軽減する。 ・ 将来のシステムのための資金調達構造と資金源を迅速に特定する。 ・ 持続可能な未来における水の必要性を反映し、水の価値を見直す。 ・ 水インフラと資源への投資を考える際、公平性と手頃な価格を重視する。 ・ 運営の統合と効率化を通して、水システムの規模を検討する。 ・ ネットゼロの水社会を定義し、定量化する。 ・ 再利用、節約、他部門との協力拡大を通じて、最大限に効率化する。 		

※トリプルボトムライン…組織の活動を財務パフォーマンスだけでなく環境的側面、社会的側面、経済的側面の3つの側面から評価すること。

※ネットゼロ…温室効果ガスの排出が正味ゼロであること。カーボンニュートラルと概ね同義。

② 技術

重点的に取り組むべき分野		
水コミュニティの改革を加速する	2050年以降の持続可能な水の未来を支える改革	技術の進歩により発生する新たなリスクの管理
勧告		
<ul style="list-style-type: none"> ・ 技術革新と実験への投資を奨励する。 ・ 技術に精通した水分野の人材を育成する。 ・ 人工知能 (AI) や機械学習 (ML) などのデジタルソリューションを採用し、効率性、運営や施設の運転、水質を最適化する。 ・ リアルタイム監視、予測分析、物質科学を応用して「永遠のインフラ」を構築し、回復力のある資源をサポートする。 ・ 目的に応じた処理技術の拡大を通じて、水管理を変化させていく。 ・ 公平で持続可能な結果をもたらす技術の迅速な導入に努める。 ・ 消費者が十分な情報に基づいた意思決定を行えるよう、リアルタイムの情報を提供する。 ・ サイバーリスクに積極的かつ統一的に対処する水コミュニティ及び文化を確立する。 ・ 強固なデータ保護により、社会からの信頼を高める。 		

③ 経済

重点的に取り組むべき分野		
19世紀のビジネスモデルを 21世紀の循環型経済に適応させる	規模の経済について 我々が目指すべきものを考える	顧客の支払い能力に 対する新たな取り組み
勧告		

- ・水にかかるコスト全てをカバーする水道料金モデルを確立する。
- ・水を価値財として認識する。
- ・循環型水経済による効率の最適化。
- ・気候への影響と回復力を経済・財務モデルに組み込む。
- ・すべての水インフラを支える革新的な資金調達モデルと技術の採用。
- ・事業者が配水技術と配水システムに投資できるようにする。
- ・経済的利益の共有に基づく戦略的パートナーシップの促進。
- ・持続的な教育を通じて、市民の行動を変えていく。
- ・水道業界への人材誘致と育成に投資する。

※規模の経済…企業の業務拡大に伴う生産、流通、業務コストの低下、すなわちスケールメリットを指す表現。
 ※価値財…自由市場経済において消費不足（及び生産不足）になる財であり、消費者の生活を矯正することを目的として政府が消費者の生活に介入するという形で提供する財のこと。医療サービスや義務教育などがこれにあたる。

④ ガバナンス

重点的に取り組むべき分野		
明日の世界のために 今日の規制を進化させる	水道サービスの質を高めるために ガバナンスを再形成する	水に関する問題は、国を越えた 世界中の問題であるという意識
勧告		

- ・ One Water に焦点を当てたガバナンスと、多様な利害関係者を含む規制の枠組みを奨励する。
- ・ 広く受け入れられる目的に応じた基準を確立する。
- ・ 流域を基礎とした水道事業の地域化。
- ・ 水関連の事業者を統合し、他の事業者と協力して循環型経済に貢献する。
- ・ サービスの全コストを反映した水道料金を設定しながらも、それが手頃な料金だと考えてもらえるように、水の必要性を認識してもらう活動を行う。
- ・ 水資源とシステムの回復力を高める柔軟なガバナンスの枠組みを作り上げる。
- ・ 事業者にとってより良い技術的、経営的、財務的慣行を支える実施基準の統合を促進する。
- ・ 変化と革新の文化を推進するため、組織の垣根を越えて調査結果やデータを統合する。
- ・ 水道ガバナンスに対して多国間かつ協力的なアプローチをとる。

※ One Water…Total Water Solution のひとつ。水源や流域ベースで水の問題を捉える考え方。

⑤ 社会・人口統計

重点的に取り組むべき分野		
人口変動が水の未来に与える影響	公平な水の未来にむけて社会的信頼・透明性を高める	国連が定める持続可能な開発目標 (SDG6: 全ての人に清潔な水と衛生を) の達成
勧告		
<ul style="list-style-type: none"> ・誰もが水と個人的なつながりを持ち、水に対する責任を共有する文化を作る。 ・水道事業者が地域社会の中核機関として認知されるよう、市民の信頼を高める。 ・水政策の意思決定とサービス提供に、より広範な地域社会を関与させる。 ・地域社会の多様性を反映し、コミュニケーション能力と技術力の両方に優れた人材を育成する。 ・業界を超えた協力関係を利用し、水が作られ配られるまでの過程の全てにおいて協力的かつ持続可能なサービスを提供する。 ・都市部と農村部の地域社会全体で、水資源管理のための意思決定を統合する。 ・地域社会の水需要に、手頃な価格で、公平に、効率的に、かつ透明性をもって応える。 ・移住する人々のニーズに対応するための水コミュニティを準備する。 ・事業体の持続可能性計画と経済成長計画を調節する。 		

2050年においても全ての人々に安全で良質な水を手頃な価格で届けるためには、水道に限らず様々な業界と協力し合い、さらには市町村という政治的境界も越えて総合的な取り組みが必要となる。それらの壁となる財政的な課題に対しては、利用者に水の価値を認識してもらうことが解決の糸口となるため、コミュニケーションをとり続け、透明性の高い運営をすることで信頼を高めていく必要がある。また、今後発展していく技術を積極的に活用して業務の効率化を図ったり、地域特性に応じた組織体系を構築したりすることも有効な手段である。予測の難しい人口動態や気候変動などにも柔軟に対応するため、世代を超えたリーダーシップの確立は必須であり、人材育成にも注力しなければならない。

11. 総括

全国各地から一定年数の水道業務経験を持つ中堅職員が研修生として集まったが、従事している仕事の分野は様々であり、英語に対する自信も各々異なっていた。英語に自信がある者もそうでない者も、周囲の助けを借りながら自分にできる精一杯の会話を繰り返し、結果として納得のいく会話ができなかったとしても、現地の方々と英語でコミュニケーションを取ったという事実は大きな自信となった。また講義の内容は規制・枠組みの整備や計画的な話から技術的な話、財政的な

話、さらには水道業界の将来ビジョンに至るまで、非常に多岐に渡っていた。研修生それぞれが得意とする分野において積極的に質問をすることで、自分一人では想像もできない切り口から話を聞くことができた。英語力・得意分野の異なるこのメンバーだからこそ生まれた状況や、それにより得ることのできた経験が数えきれないほどあると感じる。

アメリカの水道事業について学び得た知見は、日本の水道事業・自身の所属する自治体と比較し



で参考になる点が多くあり、今後の水道業務に大いに役立つだろう。研修期間だけにとどまらず、事前準備や報告書作成を通して水道事業全般に対する知識が深まったことも、本研修の成果と言える。また講義を通して異国の文化や考え方を知り、講師の方々の熱意溢れる講義、温かい人柄に直接触れ、研修前と比べて視野が広がった。さらには自分自身の日頃の業務態度やものの考え方・姿勢を見返す機会にもなり、大変有意義な一週間であった。

出国前は不安や緊張を覚えたものの、日本水道協会・AWWA の入念な研修計画により一切不自由を感じることなく研修に集中することができた。本研修の企画調整を務めてくださった日本水道協会の皆様、講義以外の場でも滞在中のサポートをくださった Chi Ho Sham 氏と Rebecca Wheeler 氏、我々を快く受け入れてくれた AWWA の皆様、滞在期間中様々な場面で通訳としてご協力いただいた山口氏に、この場を借りて感謝申し上げます。本研修で得られた知識や経験は勿論のこと、共に時間を過ごした研修生同士の繋がりも大事にし、今後の業務に尽力したい。

12. 引用・出典

- ※ 1 外務省ホームページ
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/usa/data.html#section1>
- ※ 2 在デンバー日本国総領事館ホームページ
https://www.denver.us.emb-japan.go.jp/itpr_ja/bilateralCO.html
- ※ 3 ASCE2021InfrastructureReportCard
<https://infrastructurereportcard.org/cat-item/drinking-water-infrastructure/>
- ※ 4 DenverWater ホームページ
<https://www.denverwater.org/about-us/how-we-operate/key-facts>
- ※ 5 DenverWater ホームページ
<https://www.denverwater.org/your-water/water-supply-and-planning/collection-system>
<https://www.denverwater.org/sites/default/files/2017-05/map-collection-system.pdf>
- ※ 6 DenverWaterYoutube チャンネル
<https://www.youtube.com/watch?v=5w93Mb4EIVM>