

「資料」

令和元年度 日本水道協会国際研修
「国別水道事業研修 (アメリカ)」報告

坂口 正人 前橋市水道局浄水課	持館 香穂 苫小牧市上下水道部水道管理課
藤岡 昭彦 弘前市上下水道部上水道施設課	十倉 崇行 愛知県企業庁水道計画課
前畑 登志夫 大津市企業局 技術部水道ガス整備課	呉石 美穂 松山市公営企業局 管理部経営管理課
久米 祐介 徳島市水道局浄水課	石川 博章 鹿児島市水道局配水管理課
岡崎 篤 日本水道協会総務部経理課	

本研修は、日本水道協会（JWWA）が主催する水道事業者の中堅職員を対象とした国際研修であり、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。令和元年度は、アメリカ水道協会（AWWA）の全面的な協力のもと実施された。

日程は、令和元年11月11日から11月17日までの7日間で、日本各地の水道事業者から研修生が参加し、AWWA本部があるアメリカ合衆国（以下、「アメリカ」という）コロラド州デンバーにおいて行われた。

1. 研修概要

(1) 研修日程

月日	時間	プログラム
11月11日 (月)	17:45	成田空港発
	12:00	デンバー着 (時差-16時間)
	13:00-	宿泊先へ移動、ホテルチェックイン
11月12日 (火)	9:00-9:15	開会挨拶: David LaFrance 氏 (CEO, AWWA)
	9:15-9:45	講演: 日本の水道の現状、研修生自己紹介 講師: 渡部 英氏 (JWWA)
	9:45-10:15	講義①: AWWA の概要 講師: David LaFrance 氏 (CEO, AWWA)
	10:30-12:00	講義②: アメリカの水道産業の現状 講師: Barb Martin 氏 (AWWA)
	13:00-14:30	講義③: 水道事業のガバナンスモデル 講師: Patricia Wells 氏 (Denver Water)
	14:45-16:15	講義④: アセットマネジメント 講師: Colin Chung 氏 (Kayuga solution, Inc., International Relationship Manager, AWWA)
18:00-	ウェルカムディナー	
11月13日 (水)	9:00-10:30	講義⑤: 水の需要と供給の管理 講師: Lisa Darling 氏 (South Metro Water Supply Authority)

月日	時間	プログラム
11月13日 (水)	10:45-12:15	講義⑥: 料金設定 講師: Todd Cristiano 氏 (Raftelis Financial Consultants, Inc.)
	13:15-14:45	講義⑦: モバイルワークとアセットマネジメント 講師: Peter Kraft 氏 (Asset Management Practice Lead, Xylem Inc.)
	15:00-16:30	講義⑧: デジタル時代における広報 講師: Greg Kail 氏 (AWWA) Stacy Chesney 氏 (Denver Water)
11月14日 (木)	9:00-10:30	講義⑨: 給水と水資源の概要 講師: Elizabeth Carter 氏 (City of Aurora)
	10:45-12:15	講義⑩: 浄水処理 (パート I) 講師: Patricia Brubaker 氏 (Denver Water)
	13:15-14:45	講義⑪: 浄水処理 (パート II) 講師: Patricia Brubaker 氏 (Denver Water)
	15:00-16:30	講義⑫: 配水システム 講師: Todd Brewer 氏 (AWWA)
11月15日 (金)	9:00-11:30	施設見学: Moffat 浄水場
	12:00-	昼食、フリータイム
11月16日 (土)	11:45-	デンバー発
11月17日 (日)	16:00	成田空港着 (時差+16時間)、解散

(2) 参加者 (所属部署・役職は研修当時)

【研修生】

持館 香穂【副団長】	苫小牧市上下水道部水道管理課 技師
藤岡 昭彦	弘前市上下水道部上水道施設課 技師
坂口 正人【団長】	前橋市水道局浄水課 副主幹
十倉 崇行	愛知県企業庁水道計画課 主査
前畑 登志夫	大津市企業局技術部水道ガス整備課 主任
呉石 美穂	松山市公営企業局管理部経営管理課 主査
久米 祐介	徳島市水道局浄水課 主査
石川 博章	鹿児島市水道局配水管理課水質係 主任
岡崎 篤	日本水道協会総務部経理課 主事

【事務局・通訳】

渡部 英	日本水道協会研修国際部国際課 国際係長
鳥山 恵美子	通訳

2. アメリカにおける水道事業の概要

(1) アメリカの概要

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25倍に相当する962.8万 km²と世界第3位の広さを誇る。その広さ故に気候は実に多様で、東部が亜寒帯湿潤気候や温暖湿潤気候であるのに対し、中西部は乾燥帯ステップ気候や砂漠気候、西海岸沿いは地中海性気候と幅広く、そのことから水源状況も地域によって様々である。

今回訪れたコロラド州の州都であるデンバーは、アメリカ西部のロッキー山脈東麓に位置し、人口が約60万人の都市である (図-1)。標高が1マイル (約1,600m) あることから1マイルシティ



研修生集合写真



AWWA 本部



図-1 アメリカ合衆国

と呼ばれ、また、ステップ気候に属するため年間降水量は約400mmと少なく、晴天日は300日にもなる。デンバーの都市としての歴史は19世紀中頃のゴールドラッシュの時代に端を発した鉱山町から始まっており、現在では交通の要衝として発展し、陸路と空路の要になっている。

(2) AWWA について

AWWA は、水系感染症、特にコレラに対処することを目的に1881年に設立された。現在は、アメリカを始めとした世界中に51,000の会員がおり、うち4,000の会員はボランティアで成り立っている。これらの会員に支えられ、知識の収集・共有や研究活動を行うほか、教育プログラムを提供するとともに、数多くの規格やマニュアル、出版物を発行している。AWWA は戦略プランを掲げ、“より良い水を通じて世界をより良くする”というビジョンのもと、水を効果的に活用するソリューションの提供を目的として活動している。さらに最近では、「Total Water Solutions」もしくは「One Water」という言葉がよく使われるようになり、もともとは飲料水を活動の対象としてい

たが、水の保全といった課題を解決するために、下水や雨水、水の再利用も含めて活動を行うようになった(図-2)。国際協力の活動も盛んであり、日本水道協会など各国の協会とも連携している。加えて、2015年にはインドに初めてアメリカ本土以外の AWWA 支部を設立し、水道水質改善などの活動を行っている。

(3) アメリカ水道事業の課題

アメリカ水道事業の課題について、2015-2019年のトップ6を表-1に取りまとめた。アメリカでも日本と同様に、水道管の更新事業が1番の課題となっている。次に、資本改善のための資金調達挙げられる。長期的な水道事業の持続可能性も大きな課題であり、気候変動や干ばつなど極端な気象現象下においても、ライフラインとして確実に機能する必要がある。また、自然災害や有事の際に対応できる準備が必要であり、革新的な発想が求められている。

(4) アメリカ水道事業のガバナンスモデル

アメリカでは、ほとんどの水道事業を公営企業が運営しているが、その運営形態は様々であり、5つの運営モデルについて「財政(資金調達)・料金・説明責任・効率性」の4つの要素で比較したものを表-2に示す。この表では①から⑤に向かうにつれ民営の要素が強くなり、各モデルによって資金調達や料金の設定方法、責任の所在などに違いがある。例えば、資金の調達に債券を発行した場合、公営事業者が発行した債券を投資家に償還するときには非課税となる一方、民間事業



図-2 Total Water Solutions 促進用イメージ

表-1 水道事業が直面する課題 (2015-2019年)

Rank	2015	2016	2017	2018	2019
1	老朽化施設の更新・再構築	老朽化施設の更新・再構築	老朽化施設の更新・再構築	老朽化施設の更新・再構築	老朽化施設の更新・再構築
2	資本改善のための資金調達	資本改善のための資金調達	資本改善のための資金調達	資本改善のための資金調達	資本改善のための資金調達
3	長期的な水道事業の可用性	水と水道事業の価値に対する住民理解	長期的な水道事業の可用性	水と水道事業の価値に対する住民理解	長期的な水道事業の可用性
4	水と水道事業の価値に対する住民理解	長期的な水道事業の可用性	水と水道事業の価値に対する住民理解	長期的な水道事業の可用性	水と水道事業の価値に対する住民理解
5	水資源の価値に対する住民理解	水資源の価値に対する住民理解	水資源の価値に対する住民理解	水資源の価値に対する住民理解	集水域・水資源の保護
6	集水域・水資源の保護	集水域・水資源の保護	集水域・水資源の保護	集水域・水資源の保護	水資源の価値に対する住民理解

表-2 アメリカ水道産業のガバナンスモデル比較表

	モデル	財政	料金	説明責任	効率性
公 ↑ ↓ 民	① Direct Government	・税金非課税 ・財源は税、水道料金 ・市からの補助金あり	・市議会が設定 ・料金値上げが困難 ・低所得者救済措置	・説明責任が最も高い ・情報開示法適用	・面倒な購入や契約に関する規則あり ・効率性は低い
	② Board/Commission	・税金非課税 ・歳入担保債 ・市の財政からは独立	・委員会が設定 ・①より料金値上げは容易	・①より説明責任低い ・情報開示法適用	・①よりも柔軟性がある
	③ Corporatized Utility	・課税対象 ・より柔軟な資金調達可	・事業体が設定 ・料金を利益が含まれる	・情報開示法非適用	・規制は少ない ・①②より効率的
	④ Contracted Management	・施設は市所有のため非課税可能 ・請負契約に基づいて受託業者に委託料を支払う	・委託料を支払うことのできる料金設定に必要あり ・低所得者救済措置	・受託業者に説明責任なし ・市には説明責任あり	・比較的効率性は高い
	⑤ Direct Private	・課税対象 ・より柔軟な資金調達可 ・当局による規制はある	・会社が設定 ・規制当局による管理あり	・公聴会などでの説明責任あり	・民間としての効率性○ しかし公による規制もあり非効率な面もあり

者は課税対象になることが挙げられる。

日本の水道事業者のほとんどは、① Direct Government に該当するが、2019年10月に水道法が一部改正され、水道施設に関する公共施設等運営権を民間事業者に設定できる仕組みが導入された。このことは、水道の基盤強化のために多様な官民連携の選択肢を広げるものであり、今後アメリカのような事業形態を日本でも適用する日が訪れるかもしれない。

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

日本の水道事業は、人口減少などにより事業運営の貴重な財源である料金収入の増加が見込めない一方で、巨大地震に備えた震災対策や施設の老朽化により更新需要が増大するなど、厳しい事業環境に直面している。

そのような状況下でも、安定した事業運営を維持し、次世代に健全な水道を引き継いでいくため、平成20年(2008)年7月に改訂された水道ビジョンでは、「アセットマネジメント手法を導入しつつ、中長期的な視点に立った、技術的基盤に基づく計画的・効率的な水道施設の改築・更新や維持管理・運営、更新積立金等の資金確保方策を進めるとともに、改築・更新のために必要な負担について需要者の理解を得るための情報提供の在り方等について、具体的検討を推進する」と明記された。また、平成21年(2009年)7月に公表された「水道事業におけるアセットマネジメント(資産管理)に関する手引き」の中で、アセット

マネジメントとは「水道ビジョンに掲げる持続可能な水道事業を実現するために、中長期的な視点に立ち、水道施設のライフサイクルコスト全体にわたって効率的かつ効果的に水道施設を管理運営する体系化された実践活動」と定義された。

アメリカでは第二次世界大戦後に急速にインフラ整備が進み、1960年代をピークに徐々に投資額が下がってきており、拡張の時代から維持管理の時代へとインフラをめぐる環境が大きく変化してきている。図-3は水道施設の投資額と運用・維持管理費用の推移を示したものであるが、投資額の減少傾向に対して、運用・維持管理費用も横ばいから減少傾向となっている。本来であれば維持管理経費は増加に転じるはずであるが、維持管理



図-3 水道施設の投資額と運用・維持管理費用の推移

が追い付いていない現状があり、図-4のASCE (American Society of Civil Engineers: 米国土木学会) が4年ごとに発表しているインフラの状況を評価したレポート(2017年発表分)では、水道は5段階中4番目にあたる「D」という低評価となっている。このような状況から、より効率的・効果的な施設更新・維持管理を実施していくため、アセットマネジメントの重要性が以前にも増して高まってきている。

前述したのは日本におけるアセットマネジメン



図-4 ASCE のレポート



漏水による地盤沈下でバスが転落した様子

トの定義であるが、ISO (International Organization for Standardization: 国際標準化機構) やイギリスなど世界各国でそれは若干異なる。例えば ISO では、ライフサイクルコストを通じてコスト、リスク、パフォーマンスのバランスを保ちながら、最大の可用性と収益を確保することをアセットマネジメントとしている。講義の中で講師は、この実施によりリスクに対して予防措置ができるかどうかを重要視しており、「正しいデータを集める」、「データが根幹でありすべてである」ということを強調していた(図-5)。

どんなに優れたコンピューターやシステムがあっても、データに問題がある、あるいは不足していることになれば、導き出される結果は不完全なものとなる。また、それにより下される決断も不完全、あるいは誤ったものになる可能性すらある。それ故に、地道なデータの収集、正しいデータの共有・活用が重要となる。さらに、水道事業を経営していく上で活用している様々なシステム(マッピングシステム、設備保全管理システム、財務管理システム、人事管理システムなど)が分散し、それぞれが個々に情報を持っていることも問題になっており、統一されたシステムの構築も必要となっている。データを一元管理することで情報共有が図られ、設計部門、維持管理部門、財務部門など部署間でのコミュニケーションもスムーズになり、お客さまなどの関係者も巻き込んだ状況で正確かつ迅速に意思決定を行うことができる。

(2) アセットマネジメントの手法

次に、環境保護庁が示すアセットマネジメント10のステップについて図-6で紹介する。まず資産の状態を評価して、予測できる故障の内容、残りどれだけの期間使用できるのか、更新する場合

・ Achieving balance

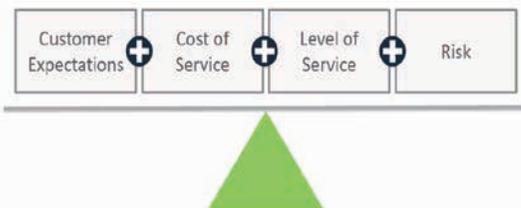


図-5 バランスを取るべき項目・データの重要性

にどれほどのコストがかかるのかを決定し、次にサービスの目標レベルを設定する。そしてリスク評価し、優先順位を付けた上で投資計画を策定し、財政面の戦略を立てる、といったステップである。

総務省より経営戦略の策定を求められた際に示された投資・財政計画策定までの流れ(図-7)が、図-6で示された10のステップと重なる部分が多いことに気づく。現状把握、目標設定した後に投資規模と財政事情を見極めながら収支の均衡を図り持続可能な戦略を策定するというプロセスは、

日米両国で変わりがないようである。

10のステップの中で最も重要な段階が「リスク評価、優先順位付け」で、リスク評価には「PoF (Probability of Failure : 故障の確率)」と「CoF (Consequence of Failure : 故障の結果)」の2つの要素がある(図-8)。PoFは、故障が発生するまでにどれほどの時間的猶予があるのか、使用可能な状態であっても古い状態で継続使用することで、維持管理費にどれだけ影響を及ぼすのかといった要素であり、CoFは、故障が発生した場合の経済面、環境面、社会面での影響に関する要素であ

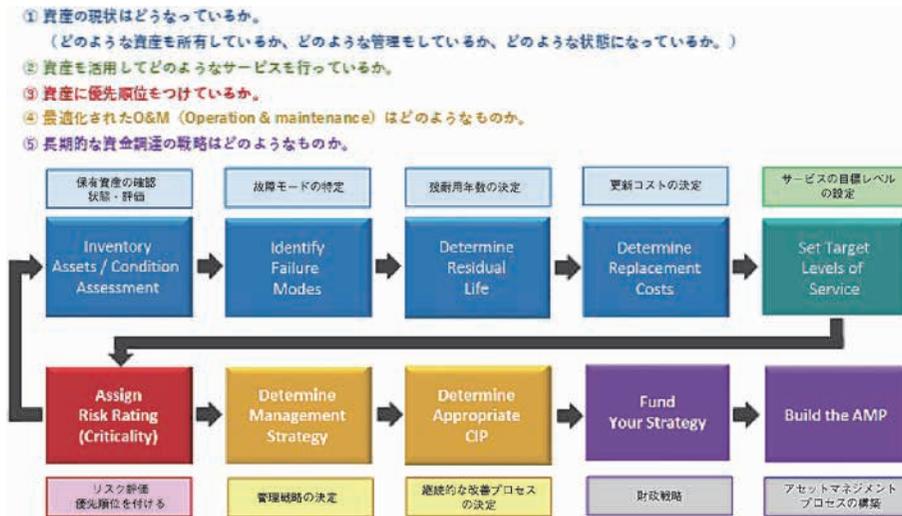


図-6 アセットマネジメント10のステップと5つの質問

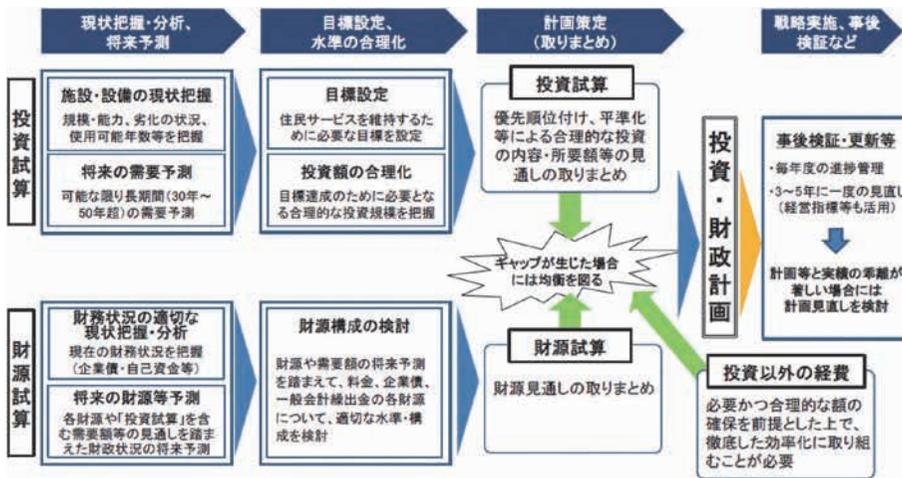


図-7 投資・財政計画策定までの流れ

(出典：「総務省公営企業の経営に当たっての留意事項について(平成26年8月29日付通知)の概要」より)



図-8 リスク評価

る。これらの要素から総合的なリスク評価を行うことで、故障の確率が高く、かつ経済的、環境的、社会的な影響が大きい施設の優先順位が高くなる。

日本においても、構造物と水道管のどちらを優先するのか、水道管の中でも基幹管路と配水支管についてどのようなバランスで耐震化・更新していくのか、配水支管の中での優先順位（病院など重要給水施設につながる配水支管や継ぎ手の耐震性など）はどうするのかなど、限られた財源の中で効果的かつ効率的に事業を推進するために優先的かつ重点的に配分すべき予算を判断する際に、これらのリスク評価データは極めて重要な材料になると考える。

4. アメリカの水道料金の設定方法及び体系

(1) 水道料金設定

アメリカの水道事業は、日本と同様に独立採算であることが原則となっている。水道事業者への調査結果では、「水道料金についてどのような考えを持っているか」という問いに対し、ほとんどの事業者が「水道事業は独立採算制で運営されており、水道料金のみですべての費用を賄えることが望ましい」と回答している。

一方で、「水道料金で全ての運営費が賄えているか」との問いに対する回答を示したものが図-9（左側が現在、右側が将来）であるが、「完全にできている」の割合は現在が約20%、それが将来的には15%に落ち込む見込みとなっており、「全くできていない」の割合は現在約10%であるが、将来的には17.6%に上昇する見込みとなっている。次の図-10は、「お客さまが水の価値を理解しているか」との問いに対する回答である。お客さまが水道事業の価値を正しく理解していないと認識している水道事業者が多いことがわかる。

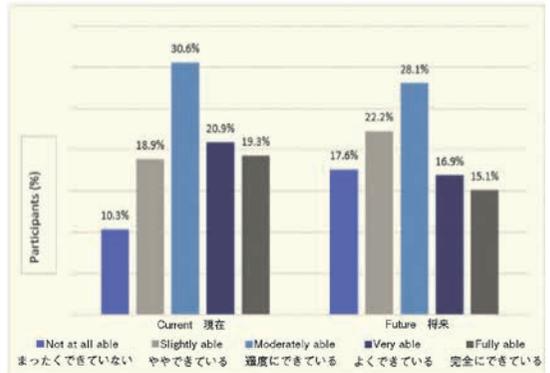


図-9 水道料金で全ての運営費が賄えているか (水道事業者の回答)

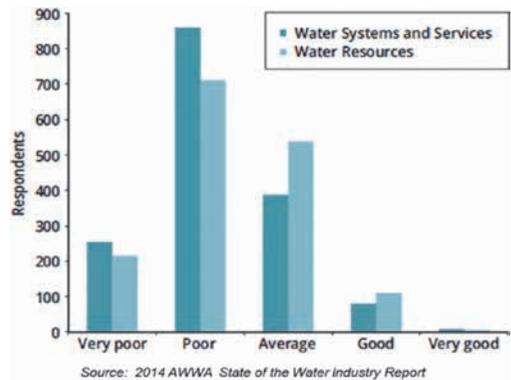


図-10 お客さまが水の価値を理解しているか (水道事業者の回答)

水道事業者としては、現在の料金水準では老朽施設の更新や再構築など将来必要となってくる費用を賄えないと考えている。一方で、水の価値、つまり水を作ることと水道事業を運営することについて、どれだけのコストがかかるのかということについてお客さまから十分な理解を得られていないため、認識に大きなギャップが生じている。このことから、実際の値上げ時にはお客さまから相当な反発を受けることが容易に予測できるため、日頃から良い情報も悪い情報も含めて正確な情報をお客さまに提供し、地域の実情、事業者の経営状況に応じた料金設定を行うことが重要である。

アメリカでは、料金設定に影響を与える5つの傾向がある (表-3)。

具体的には、老朽化した施設の更新や修繕に費用がかかることに加えて、人口減少や節水機器の

表-3 料金設定に影響する5つの傾向とその要因・対処法

傾 向	問題点の要因	対処法
①更新・再構築に関する資金調達	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経済的要因 ・ 政治的要因 ・ アセットマネジメントの未実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現状を把握する ・ 長期的な財政計画の策定 ・ 修繕、更新に係る費用の算出 ・ 市民への料金値上げの必要性の説明
②水使用量の低下	<ul style="list-style-type: none"> ・ 場所 ・ 人口減少 ・ 節水製品の普及 ・ 地域の経済状況の低下 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 減少する使用水量予測値の組入れ ・ 安定した収入を得るための財政計画の確立
③適正な価格設定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 近年になり謳われるようになった概念 ・ この概念を用いることによる水道使用者からの低廉性の主張 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水道事業は独立採算性であるということの説明 ・ 1か月の収入に対する水道料金の割合を適正料金とする
④水道使用者からの抵抗		
⑤干ばつなどの緊急事態	<ul style="list-style-type: none"> ・ 異常気象 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用水量を抑えるための料金値上げ

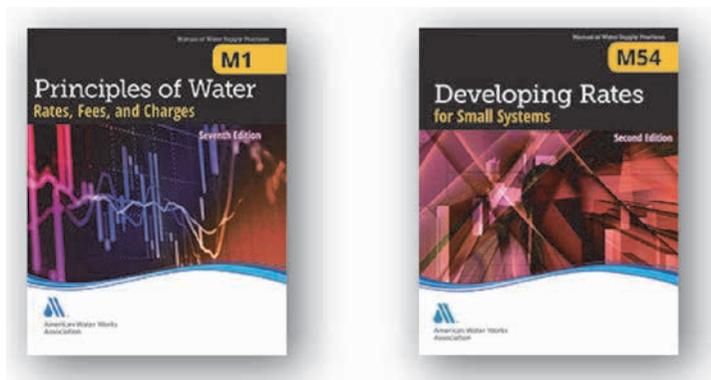


図-11 AWWA 発行のマニュアル (左：大規模事業者向け 右：中小規模事業者向け)

普及、地域経済の低下などによる水使用量の減少、干ばつなど自然災害への対処、適正な価格設定 (Affordability: 手頃な価格、値頃感) への対応などが求められる。これらの傾向には様々な要因・背景があり、そのすべてを踏まえた「適正な価格」を導き出すことは非常に難しい作業となる。そこで AWWA では、日本と同様に料金設定の原則を記したマニュアルを作成しており、法的根拠としても用いることのできる内容となっている (図-11)。

AWWA では、①水資源、②資金調達メカニズム、③適正価格、④公平性、⑤管理の5つの項目で適正価格を見定めることにしており、それぞれの項目について評価し、地域や事業者の実情に応じてそれらのバランスを取りながら料金を設定している (表-4)。

表-4 5つの項目

項目	項目の細分化
①水資源	①-1 年間総需要の削減
	①-2 水の無駄の削減
	①-3 ピーク需要の削減
	①-4 屋外の水の使用量の削減
②資金調達メカニズム	②-1 収益の安定性の向上
	②-2 財政的十分性の確保
	②-3 代替給水、保全プログラムのための資金調達メカニズムの提供
③適正価格	③-1 水道使用者への影響を抑制
	③-2 低所得者に対する配慮
④公平性	④-1 均等に給水する
	④-2 干ばつ管理ツールの提供
	④-3 資本コストの公平な割当て
	④-4 政府の規制とガイドラインの遵守
⑤管理	⑤-1 費用対効果の高い管理の可能性
	⑤-2 簡単な実装の可能性
	⑤-3 顧客理解度の上昇

(2) 水道料金体系

次に、アメリカの水道料金体系について紹介する。水道料金は図-12の Fixed charge (定額料金)と図-13の Volume charge (従量料金)の2つの要素で構成されている。

Fixed charge (定額料金)は、使用水量に関わらず一定の額を料金として徴収するもので、Customer charge (水道利用者一律定額料金)、Meter charge (口径別による定額料金)、Minimum charge (最低料金)、Readiness to service charge (特定目的のために追加で徴収する定額料金)に分類される。Volume charge (従量料金)は、使用水量に応じて料金を徴収するものである。

Volume charge (従量料金)の料金制度の比較を表-5に示す。Flat rate (定額制)は、一か月あたりの水道料金を固定して使用水量に関係なく定額とするものである。料金算定が容易で将来収入を見込みやすいというメリットがあるが、公平性に欠けるほか、どれだけ使用しても定額であること

から、節水意識が働かず水資源保護の意識も低くなるというデメリットがある。

Uniform (均一料金制)は、口径など使用要件に差があっても使用水量に一律の単価を乗じて料金を算定するもので、こちらも Flat rate (定額制)と同様のメリットとデメリットがある。

Seasonal (季節変動制)は季節によって料金を変動させるもので、例えば使用量が減る冬場は低く、使用量が増える夏場は高く設定することでピーク時の水使用量を抑制できるメリットがある。しかし、夏場に想定以上に降水量が多く散水等による水使用量が減ると料金収入が減少してしまうなど、気候によって左右され収入が安定しないというデメリットがある。

Increasing Block (逓増料金制)は日本でもよく採用されている制度である。節水意識が高まり水資源保護にもつながるほか、公平性も確保できるなどのメリットがあるが、節水意識の高まりが水使用量と収入の減少につながるなど、こちらも取

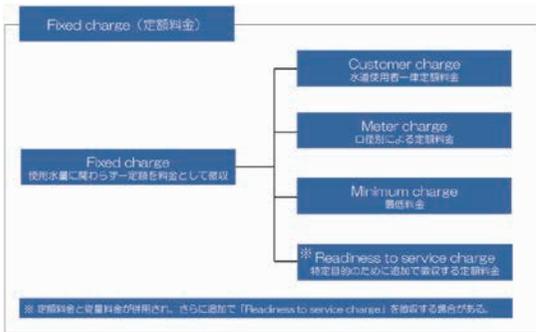


図-12 Fixed charge (定額料金)

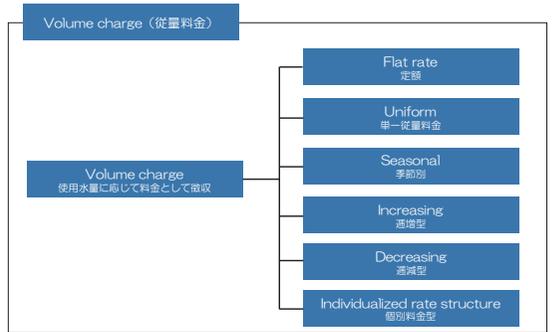


図-13 Volume charge (従量料金)

表-5 Volume charge (従量料金)の料金制度の比較 (講義資料より作成)

	Flat rate (定額制)	Uniform (均一料金制)	Seasonal (季節変動制)	Increasing Block (逓増料金制)	Decreasing Block (逓減料金制)
イメージ図					
制度説明	水使用量の多少に関わらず、定額を料金とするもの。例えば20ドル/月と定めればどれだけ使用しても20ドルという形。	口径など使用要件に差があっても、一律の単価で料金を算定するもの。	季節によって料金を変動させるもの。例えば使用量が減る冬場は低く、逆に増える夏場は高く設定するなど。	使用量が増えれば増えるほど単価が高くなるもの。	使用量が増えれば増えるほど単価が低くなるもの。
メリット	収入額の算定が容易	収入額の算定が容易	ピーク時の使用量を抑制できる	水資源保護の意識が上昇 公平性を確保できる	水を多く売りたいとき、特に大口顧客に向いている
デメリット	公平性に欠ける 水資源保護の意識が低下	公平性に欠ける 水資源保護の意識が低下	気候変動に左右され、収入が安定しない	節水意識や気候変動に左右され、収入が安定しない	水資源保護の意識が低下

入が安定しないというデメリットがある。

Decreasing Block (通減料金制) は、できるだけ水を使ってほしいときや水を売りたいときに、特に大口顧客に対して採用される制度である。使えば使うほど単価が低くなるため、水資源保護の意識は低くなる傾向にある。

アメリカは広大な面積を有し、気候条件や水源状況も様々であるため、料金体系は各地域によって特徴が見られる。例えば、家庭用の料金体系では南部や乾燥地帯である西部では通増制が多く、北東部は通減制が多い (図-14)。また、新しい料金体系としてウォーターバジェットという手法があり、これは個々の利用者の使用水量などの条件に応じて料金システムが変わるというものであるが、お客さまにとっても事業者にとっても管理が難しい料金体系である (図-15)。

講師から「料金設定は科学である」との発言があったが、様々な要素を考慮し適切な水準を導く過程は、まさにそうであると感じた。日本においては、JWWA による水道料金算定要領に基づいて料金算定を行う事業者が多いが、将来必要となる資金の算定、基本料金と従量料金のバランス、通増制の場合は通増度をどのように設定するのかなど、課題は多い。料金体系・料金設定の目的を明確にし、公平性・透明性を意識して利用者の方に納得していただける確かな根拠を用意し、そして丁寧に説明することが重要であると改めて感じた。

5. デンバーウォーターの広報について

アメリカでは、日本と同様に情報発信の方法が

大きく変化し、新聞やテレビ、情報誌などから、近年は SNS などインターネットを介して、個人が情報の発信源となることが可能となった。その一方で、誤った情報や歪んだ情報によって本来の内容とは違うニュアンスへ独り歩きしてしまう問題も発生している。このような場合、自分たちの立場を守ろうとしたり、誤った情報を無理に正しい方向へ戻したりするのではなく、心配されていることをしっかりと受け止めた上でお客さまから信頼されるよう活動し、正確な情報を伝え、最終的にはお客さまに判断を委ねることが大切である。

研修を行った地元の水道事業者であるデンバーウォーターでも、ホームページや Twitter、Instagram、YouTube、広報誌などを用いて、お客さまとのコミュニケーションについて取り組みを行っている。また、職員向けのチラシを作成するほか、従来からの紙媒体も定期的に発行し、若者から高齢者まで幅広い世代に向けて情報発信している。その他にも、断水時の呼びかけにグンビのキャラクターを使用する、創立100周年事業として再利用水を使いビールを作るなど、お客さまの興味を引くような工夫がされている (図-16、図-17)。

デンバーウォーターでは、まずは親しみやすいテーマで水道事業を見て、知ってもらい、関心を持ってもらう。最終的には、当たり前のように飲んでいる水道は、水源から蛇口までの全てに職員が関わっており、人々の生活に欠かせない重要なものであると伝えることを心がけている。

このように様々なコンテンツを用いて情報を積

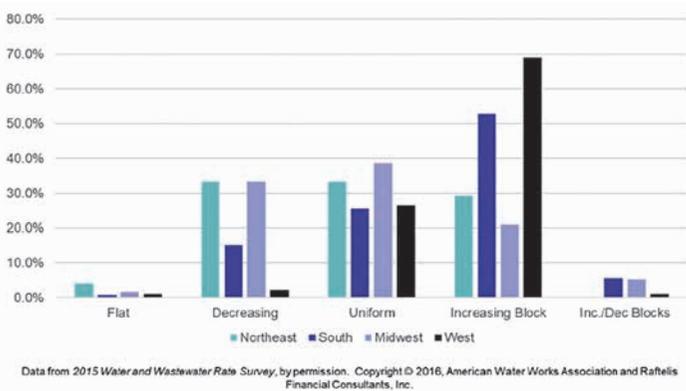


図-14 家庭用料金体系の地域別割合

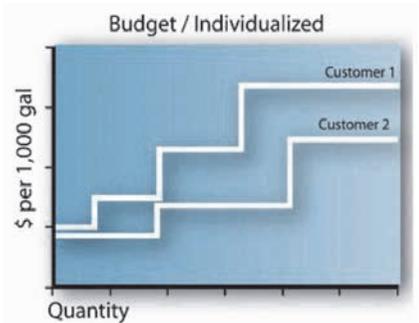


図-15 ウォーターバジェットの一例



図-16 ゾンビのキャラクターを使用した断水時の呼びかけ



図-17 デンバーウォーター創立100周年時に企画した再利用水から作った記念ビール

極的に発信することで、水道事業者の考えを理解してもらい、水道がお客さまにとってより身近なものであることを認識してもらおうデンバーウォーターの広報戦略は、今後の水道事業の運営を円滑にするための非常に重要なきっかけ作りになると思われる。

6. コロラド州の水利権

コロラド州の水利権は「First in Time is First in Right」、つまり早いもの勝ちとなっており、先に入植し水を確保したものが最上位の水利権者となる「先占用の原則」に基づいている (図-18)。例えば、渇水時には、水利権順位が高い者 (senior rights) が使った余りを次の順位の者 (junior rights) が使い、その余ったものを次に、といった水の分配が行われる。また、余剰分については販売することもできる。

水利権の紛争が起こった場合、水裁判所 (Water Court) と呼ばれる機関が調停を行う。コロラド州には7つの流域があるため、7つの水裁判所が設置されており、水に関する専門家も配置されている。「Colorado Water Law」という法律に基づいて水源の場所や使用量、使用目的など水利権についての調停を行っている。使用目的を変更する際 (農業用水から上水道への変更) は水裁判所に申

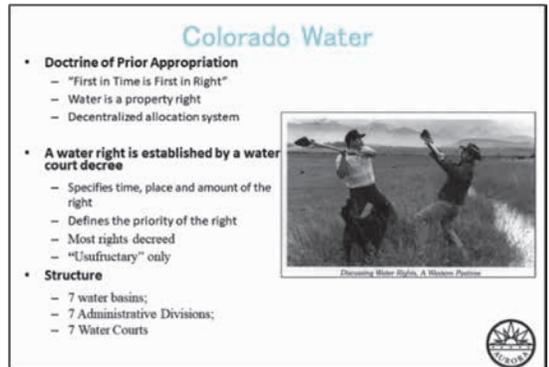


図-18 コロラド州における水利権

し出て許可を得なければならないが、申請時には専門性の高い書類の作成や交渉をしなければならないため、弁護士を雇って対応することになる。

7. 水源～3つの水道事業体における事例と広域連携～

(1) デンバーウォーター

デンバー市郡及び郊外約140万人に給水を行うデンバーウォーターの水源は表流水 (主にロッキー山脈からの融雪水) に依存している。降水量が少ないため多くの貯水池を建設し、導水管や隧道を通して集水し浄水場で処理している。集水域において北部と南部で水源が偏っており (北部

10%、南部90%)、その解消のため北部では貯水池の拡張や浄水場の更新が行われている。浄水場は北部流域の水を処理する Moffat 浄水場、南部流域の水を処理する Foothills 浄水場、Marston 浄水場の3つであり、季節によって水需要が大きく異なるため、冬季には一部の施設を停止して供給量を調整し、メンテナンスを行っている。浄水場での水処理については、研修最終日に Moffat 浄水場の視察を行ったので後述する。

集水域では、これまでに何度か大きな山火事が発生しており、中でも2002年に起こった Hayman Fire はコロラド州で最も広範囲に及ぶ山火事であった。約560km²の森林を焼き払い、直後に降った大雨によって大量の木くずや泥が拠点となっている貯水池に流入し、2か月もの間、給水に大きな影響を与えた(図-19)。なお、この貯水池を復旧させるために2,700万ドル(約29億円)以上を費やしたとのことである。この経験から、森林局や環境保護団体と協力して、森の保護活動を通じて水源を良好に保つ活動を行っている。また、フライフィッシングの愛好家に人気があるトラウト(マスの仲間)の生息地でもあり、生態系を保護する活動も行っている。水源の水質を良好に保つことで水処理にかかる費用も抑えることができる。

(2) オーロラウォーター

オーロラ市はデンバーの東隣に位置し、コロラド州で3番目に大きな都市である(人口37万4千人)。オーロラウォーターの水源は、デンバーウォーターが先に取水しており、水量の確保が難しい。水源の95%は融雪水であり、デンバーと同様多くの貯水池を所有している。オーロラ市から100km以上離れた場所にも貯水池があり、3つの



図-19 最近起きた山火事(左)と貯水池への影響(右)

河川流域(コロラド川、アーカンサス川及びサウスプラット川)から集水している。たびたび起こる干ばつや人口増加に対応するため、貯水池の拡張や「Prairie Waters Project(以下、PWP)」によって安定した水源の確保に取り組んでいる(図-20)。

PWPは、川に放流した下水処理水を高度処理し飲料水として利用するプロジェクトであり、下水処理水を川に放流→河岸汚過(Riverbank Filtration)→地下涵養→取水→60km離れた貯水池までポンプで圧送→Peter D. Binney 浄水場で浄水処理、という流れとなっている。河岸汚過は、川の近くに浅井戸を掘り、10日間ほどかけてゆつ

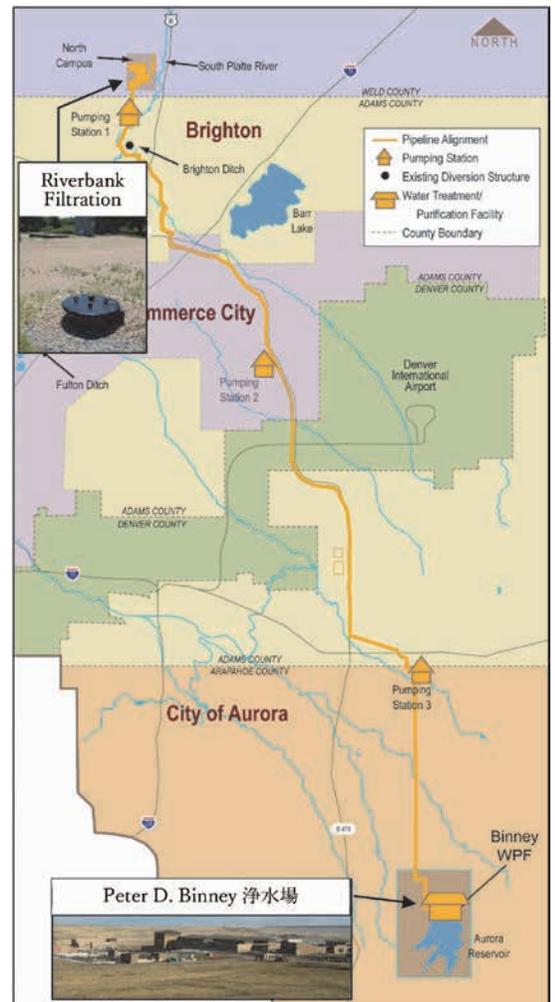


図-20 Prairie Waters Project Map

くり河岸で汜過をするもので、土壌の浄化作用により安定した水質の水が得られるとのことである。Peter D. Binney 浄水場では、軟水化・促進酸化処理 (UV+H₂O₂) と粒状活性炭 (GAC) 処理を組み合わせた高度処理を行っており、原水中に含まれる農薬類、PPCPs などの化学物質の除去も可能となっている。現在の4.5万 m³/日の処理量を将来的に19万 m³/日まで拡張する計画である。

このように、下水処理水を環境バッファ (表流水や地下水) で希釈し、高度処理を経て飲料水とする方法は Indirect Potable Reuse (IPR) と呼ばれ、アメリカではカルフォルニア州など水資源の少ない地域において採用されている。降水量の少ないコロラド州においても下水処理水は貴重な水資源であり、飲用だけでなく非飲用 (灌漑、工業、商業用) としても積極的に再利用されている。

(3) サウスメトロウォーター (SMWSA: South Metro Water Supply Authority)

デンバー、オーロラ市の南部にある小規模な水道事業者 (13メンバー) が集まり、サウスメトロウォーター (以下、SMWSA) が2004年に結成された。SMWSA は現在30万人に給水しているが、デンバーなどと同様、人口増加が見込まれており、2050年にはほぼ倍となる55万人になると予想されている。

この地域では当初、水源の57%を再生不可能な地下水 (500m 以深の深井戸、降雨等で水位が簡単には回復しない) に頼ってきたが、地下水位の低下により、持続的な供給が難しくなってきた。そこで、地下水以外の水源を確保するため、メンバーが共同で貯水池と浄水場の建設や水融通を行い、2010年には地下水への依存を22%まで減らすことができた。SMWSA のマスタープランでは、2065年までに15%まで減らすことを目標としている。また、節水の啓発などで、一人当たりの水使用量を大きく減らすことにも成功している (2000年: 814L/人/日→2014年: 454L/人/日)。

このように小規模な水道事業者が互いに協力して水源の確保や浄水処理を行うパートナーシップは、問題となっている背景は異なるものの、日本が進めようとしている広域連携の参考にもなり得る。また、このような事業者間のパートナーシッ

プは SMWSA メンバー内だけでなく、さらに外部の事業者とも実施しており、それがデンバーウォーター、オーロラウォーターとの「WISE (Water Infrastructure and Supply Efficiency) パートナーシップ」である。

(4) 事業者間の水道水供給連携 (WISE パートナーシップ)

WISE パートナーシップは、デンバーウォーター、オーロラウォーター、SMWSA (13メンバーのうち10メンバー) が2009年に合意した事業者間での水道水供給プロジェクトであり、共有される水道水はオーロラウォーターの PWP の水である。各事業者の配水管の一部を連結し、Peter D. Binney 浄水場で作られた水をそれぞれの事業者に送ることができる (図-21)。各事業者におけるメリットは次のとおりである。

- ・デンバー: 干ばつなどの非常時におけるバックアップ水源の確保
- ・オーロラ: 安定的な水源の確保、PWP 整備コストの回収 (年間約1,000万ド

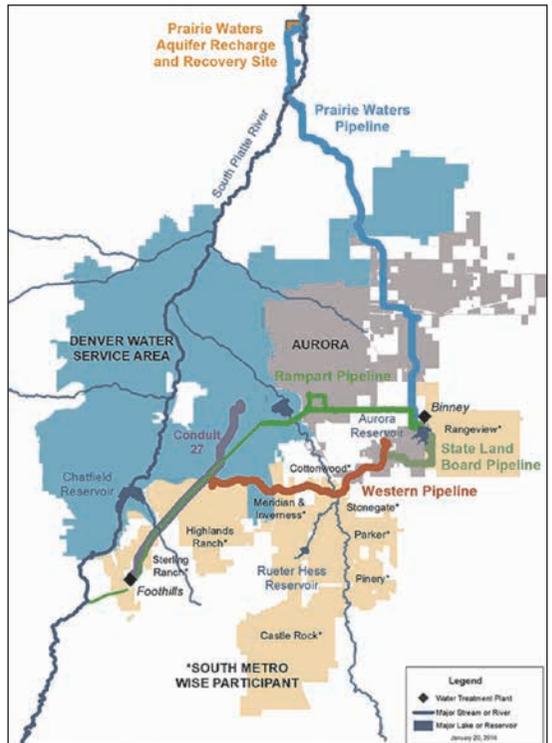


図-21 WISE における水の供給

ル (約11億円)

・SMWSA：地下水への依存低減

水源で問題を抱えるそれぞれの事業者が協力して実施されたこのパートナーシップは、参加事業者全てが利益を享受できる仕組みであり、水裁判所も一切関わることがなかった成功事例となっている。

8. アメリカの水質基準・配水管理

(1) 水質基準

アメリカは、世界でも水道水を直接飲むことができる数少ない国のひとつである。アメリカにおける飲料水に関する法律は、1914年にアメリカ公衆衛生局 (United States Public Health Service: USPHS) によって制定されたのが始まりである。また、水質汚染に関する規制として、1948年に連邦水質汚染防止法 (Federal Water Pollution Control Act: FWPCA) が整備された。その後、1970年にアメリカ環境保護庁 (United States Environmental Protection Agency: USEPA) が発足し、1972年にはFWPCA が改定される形で水質汚染防止法 (Clean Water Act: CWA) が、1974年には飲料水安全法 (The Safe Drinking Water Act: SDWA) が、飲料水とその水源、川、湖、貯水池、湧水及び地下水の保護を目的として制定され、改定を受けながら現在に至っている。

SDWA には、健康の保護に関する項目に係る第一種飲料水規制と生活利用上障害となる項目に係る第二種飲料水規制があり、現在100を超える飲料水汚染物質が規制されている (表-6)。

第一種飲料水規制においては、公衆衛生上、維持することが望ましい最大許容濃度目標及び最大残留消毒剤濃度目標と法的拘束力がある最大許容濃度及び最大残留消毒剤濃度があり、微生物7項目、消毒剤3項目、消毒副生成物4項目、無機化学物質16項目、有機化学物質53項目、放射性核種

4項目が設定されている。特に、微生物、無機化学物質及び有機化学物質の一部の項目については、処理技術要件が設定されている。

第二種飲料水規制においては、目標値として最大許容濃度が15項目設定されている。さらに、州は、独自の項目やさらに厳しい基準を設けることができ、コロラド州においては、コロラド州公衆衛生環境局 (Colorado Department of Public Health and Environment: CDPHE) が、各項目の測定回数や規制値を超えた時の措置、規制値を満たすための浄水技術の要件などの具体的な内容を規定している。デンバーウォーターにおいては、これらの規制よりもさらに厳しい独自の基準を設けて厳格に管理している。

(2) 配水管理

配水システムにおいて大切なことは、配水池、配水管、貯水タンク、バルブ、消火栓などの施設や設備を最適に保つことにより、飲料水の水質を向上させ、お客さまに美味しい水を届けることである。現在、アメリカで主に使用されている水道管は、ダクタイル鑄鉄管、ポリ塩化ビニル管、高密度ポリエチレン管の3種類である。石綿セメント管、鑄鉄管については、現在も残っているが、1970年代に使用を中止している。アメリカにおける配水管理の主要な要素は、残留塩素、水圧及び水道管の管理であり、いずれも水系感染症の予防や消毒副生成物の抑制、水道管の破裂防止、適切な維持管理といった点で重要である。AWWA と姉妹関係にある The Water Research Foundation (WRF) が、それぞれの要素において管理基準を設けている (表-7)。

配水システムにおけるリスクには、水の滞留、クロスコネクション、バルブ操作、外部からの汚染、配管の腐食及び破損事故などがある。これらは、配水管のループ化、貯水施設の滞留防止、放

表-6 アメリカと日本の水道水質基準の比較 ※下線は法的拘束力あり

	アメリカ		日本
第一種飲料水規制	87項目	水質基準項目	51項目
第二種飲料水規制	15項目	水質管理目標 設定項目	26項目 (「農薬類」対象農薬リスト 掲載農薬類として114項目)
州による追加基準	上乘せ又は追加により設定される	要検討項目	47項目

表-7 配水システムの管理基準

要素	項目	管理基準
残留塩素	遊離残留塩素	0.20~4.0mg/L
	全残留塩素	0.50~4.0mg/L
	二酸化塩素	0.20~0.80mg/L
水圧	最低水圧	20psi 以上
	最高水圧	事業者ごとに定める
	圧力変動	事業者ごとに定める
水道管の管理	年間水道管破損事故件数	15件未満/100マイル (約160km)

水作業、定期的な点検及び洗浄など、適切な維持管理により改善することが可能である。また、配水システムの健全性の指標として pH、残留塩素、水温、従属栄養細菌、味、臭気などの水質項目を管理し、適切な運転管理や滞留しにくい施設設計により、滞留時間を7日間以内にすることが推奨されている。

(3) 鉛製給水管

鉛製給水管は、可とう性、柔軟性に富み、加工・修繕が容易という特性があるため、古くから使用されてきたが、鉛の溶出が問題とされ、現在は使用が禁止されている。

1991年、アメリカ環境保護庁 (USEPA) は飲料水中の鉛及び銅の規則 (Lead and Copper Rule: LCR) を制定した。以来、LCR は改定を受けながら現在に至っている。LCR は、鉛製給水管を使用している給水栓で水道水をサンプリングし、その10%以上で鉛濃度が0.015mg/L 又は銅濃度が1.3mg/L を超える場合、顧客に対する水道水中の鉛のリスクについての啓発、腐食を制御するための対策や鉛製給水管の取り替えなどの対策を講じなければならないことを規定している。

しかし、ミシガン州のフリント市やニュージャージー州のニューアーク市で近年発生した水道水の大規模な鉛汚染を背景として、国内に約600万件残存するとされる鉛製給水管への規制強化を求める声が高まっており、2019年11月13日に LCR 改正案が発表された。改正案は、新たに0.010mg/L のトリガーレベルを設けたことに加え、蛇口からの採水方法の厳格化、鉛製給水管のデータベースの作成などを義務づけた包括的な内容となっている。

デンバーウォーターでは、2016年に鉛削減プログラムを立ち上げ、鉛製給水管の取り換えを進め

てきたが、なかなか進展しないという状況であった。2018年、CDPHE は、2020年3月20日までにオルトリン酸塩処理を開始することを提案した。これは、配管内に皮膜を形成して腐食を最小限に抑え、鉛の溶出量を削減するという方法であり、既にニューヨークやフィラデルフィア、ワシントン DC、フリントなどの都市で鉛削減プログラムとして使用されている。しかし、一度入れ始めると、皮膜の維持のために入れ続けなければならないうえ、衝撃により剥離し高濃度の鉛が放出されるリスクがある。また、最も効果的な pH 範囲は7.4~7.8であり、安定した pH を維持することが重要となる。

このようなことから、デンバーウォーターは、長期間にわたってオルトリン酸塩処理を継続するよりも、水道水の pH コントロールと浄水フィルターの配布を行いながら、費用を全額負担して取り換えを推進する方が、早期撤廃及び経費節減に効果的であるという研究結果とともに、USEPA にオルトリン酸塩処理の代替案を提案した (図-22)。この案は、2019年12月16日付けで承認され、現在5年以内の鉛製給水管解消を目指しているとのことである。

9. 浄水場見学・浄水処理

(1) Moffat 浄水場について

本研修の現場視察として、デンバー郊外に位置する Moffat 浄水場の見学を行った。デンバーには3つの浄水場があり、施設能力は、基幹となる Foothills 浄水場が約130万 m³/日、Marston 浄水場が約110万 m³/日、Moffat 浄水場が約80万 m³/日である。Marston 浄水場は、AWWA 本部の隣であっ

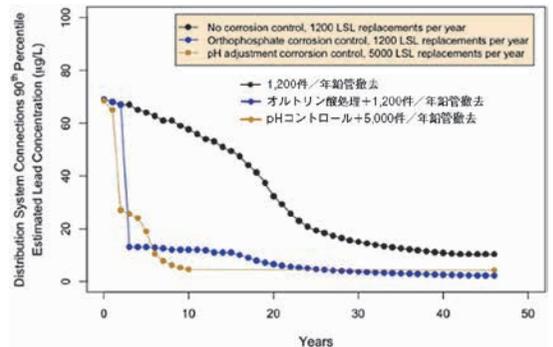


図-22 対策別鉛濃度比較調査結果

たが、鉛削減プログラムが承認されなかったときのためのオルトリン酸塩処理施設の工事中であり、残念ながら見学することはできなかった。

Moffat 浄水場は1936年に建設され、現在、更新時期を迎えている (図-23)。Ralston 貯水池から導水管を通して原水を引き込んで処理を行っているが、老朽化と北部流域と南部流域の浄水量の不均衡を解消するため、浄水場の更新計画である North System Renewal Water Treatment Plant Project (NSRWTP) が進行している。このプロジェクトでは、新たに Northwater 浄水場を Ralston 貯水池の側に建設し、既存の Moffat 浄水場は処理能力を落として運転し、貯水池・配水池としても利用するとのことであった。それに伴い、Northwater 浄水場から Moffat 浄水場までの約13.7km のパイプライン新設工事も進行中である。NSRWTP は6億ドル (約648億円) をかけた事業で、2017年にすでに始まっており、全ての工事が完了するのは2024年の予定となっている。

Northwater 浄水場の処理方式は、促進酸化処理 (AOP、過酸化水素 + オゾンもしくは UV)、GAC 処理 (活性炭の吸着作用) か膜処理 (MF もしくは UF) を組み合わせた浄水処理や、複層汙過、クリプトスポリジウム等の不活化のための紫外線処理設備を計画しているようである。

(2) 浄水処理について

Moffat 浄水場では、融雪水と雨水からなる表流水を取水しており、浄水処理の方式は凝集沈澱急速汙過 (単層汙過) である。取水→凝集沈澱→汙過・塩素消毒という大まかな流れは日本とほぼ同

じだが、炭酸ガス及び消石灰の注入、高分子凝集剤の使用、残留塩素保持のためのアンモニアの注入 (二次消毒)、虫歯予防のためのフッ素の添加 (約0.7mg/L)、鉛対策のための pH 調整 (pH 値7.5以上) 等が特徴的であった (図-24)。

最初に、原水のアルカリ度が約20mg/L と低いため、凝集効果を改善するために炭酸ガス及び消石灰の注入を行っている。表流水のような、カルシウム硬度が低く、遊離炭酸の含有量が少ない水に消石灰を注入すると、pH だけが上昇して水質基準の上限値を超えてしまうことがある。このような水質の場合には、消石灰と炭酸ガスを併用注入することによって、pH、アルカリ度、カルシウム硬度、ランゲリア指数を改善することができる。さらに、消石灰は、炭酸との反応により水道管内面に酸化皮膜を形成するため、水道管の腐食防止や管内での塩素の消費量低下による塩素注入量の低減などの効果が期待できる。

次に、凝集剤として注入する硫酸アルミニウムと同時に、凝集促進剤としてカチオン系高分子凝集剤 (DADMAC) を注入し、非イオン性高分子凝集剤 (ポリアクリルアミド) をフロック形成池前 (①)・沈澱池前 (②) では凝集助剤として、汙過池前 (③) では汙過助剤として注入している。2種類の高分子凝集剤は希釈して注入しており、見学時はカチオン系高分子凝集剤を2mg/L、非イオン性高分子凝集剤を①0.04mg/L、②0.35mg/L、③0.35mg/L の注入率としていた。日本では、JWWA 規格として平成31年3月31日付で水道用ポリアクリルアミドの規格 (JWWA K 163 2019)



図-23 設立当時の Moffat 浄水場と汙過池回廊

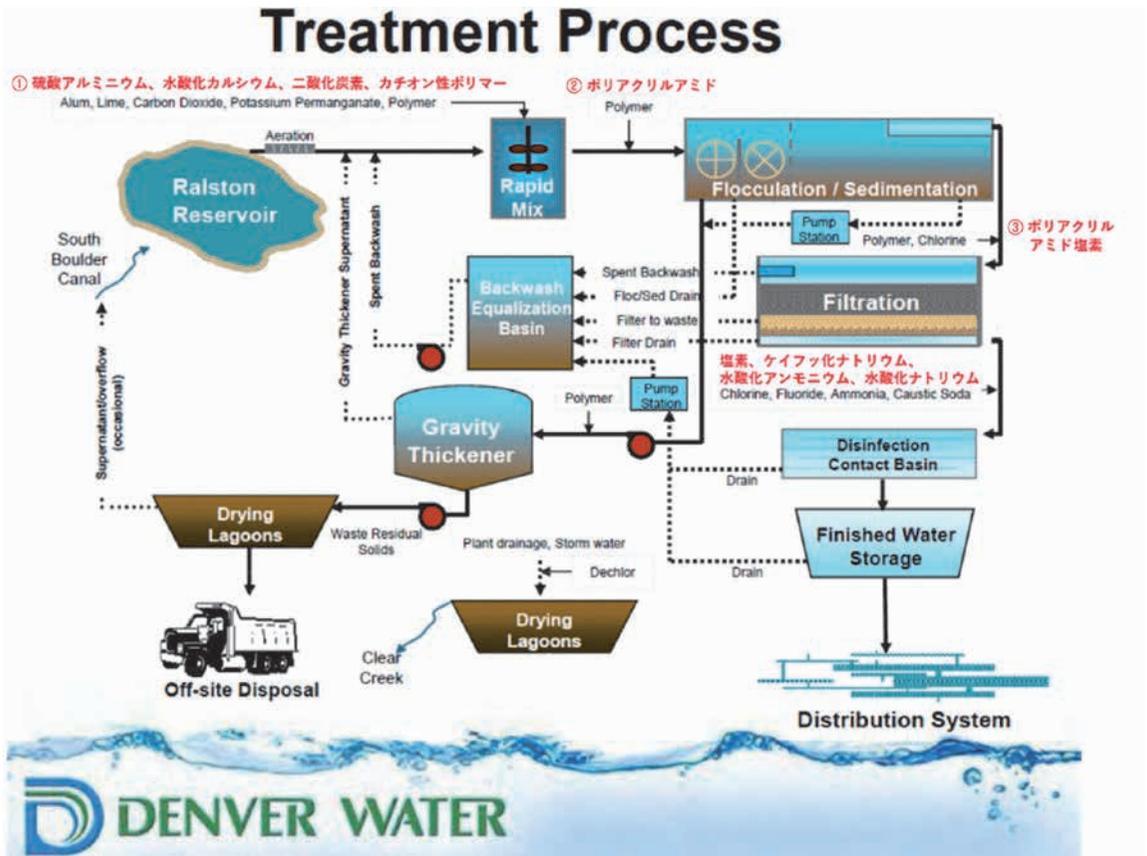


図-24 Moffat 浄水場の浄水処理フロー

が制定されている。高分子凝集剤は、浄水処理工程において急速汙過処理の汙過速度を改善し、汙過池面積を減少させる効果が期待できる。ただし、アクリルアミドモノマーは有害物質であり、最大注入率は 1 mg/L 以下、製品のアクリルアミド含有量は 50mg/kg 以下と規定されている。なお単純に浄水場での凝集が早ければ良いともいえず、水質面での優位性やコストメリットも検討する必要があるが、今後、日本でも高分子凝集剤の使用が進む可能性がある。

汙過の前後で塩素を注入しているが、広大な国土を有するアメリカでは、配水エリアが広範囲に及ぶため、まず遊離塩素によって殺菌した後、水酸化アンモニウム (アンモニア水) を加えて結合塩素 (モノクロラミン) として配水するという浄水処理を行っている。これは、殺菌力は強いが効果は短いという遊離塩素の特性と、殺菌力は弱い



Moffat 浄水場全景

が効果は持続するという結合塩素の特性を利用した残留塩素の管理方法である。モノクロラミンは、アルカリ条件下、次亜塩素酸ナトリウムとアンモニアの反応によって得られる ($\text{NH}_3 + \text{HClO} \rightarrow \text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$)。ただし、アンモニアの不足や pH が酸性側に傾くと、モノクロラミンから臭気の原因となるジクロラミン ($\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \rightarrow \text{NHCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$)、トリクロラミン (NHCl_2

+ HOCl → NCl₃ + H₂O) が生成する恐れがあるので注意を要する。また、アンモニアの添加は、細菌の増殖と硝化作用のリスクがあるため、夏期はなるべく残留塩素の濃度を上げ (4 mg/L 程度)、できる限り滞留水を少なくする必要がある。見学

時は塩素とアンモニアの比は 4 : 1 に、水酸化ナトリウム (苛性ソーダ) を注入して pH が 7.5 以上になるように設定されており、最終的な浄水の残留塩素は 1.69mg/L (total)、0.028mg/L (遊離) となっていた。



着水井及び凝集剤注入施設



汙過池棟



沈澱池 (地下)



汙過池操作盤



汙過池



汙過池回廊



高分子凝集剤薬品室



炭酸ガス注入設備



高分子凝集剤注入及び攪拌



運転管理室



運転監視画面



水質検査室

浄水処理の最後には、フッ素を0.7mg/L 程度になるように添加するとのことであった。アメリカにおけるフッ素の第一種飲料水規制は4.0mg/L 以下、第二種飲料水規制は2.0mg/L 以下、日本の水道水質基準は0.8mg/L 以下となっている。フッ素の添加については、斑状歯が発生するリスク等もあるため賛否はあるが、アメリカでは肯定的な意見が多いということであった。日本では、水道水は不特定多数の人に多様な用途で利用されており、必要以上の薬剤は加えるべきではないとの考えもあり、現在フッ素を水道水へ添加している水道事業者はない。また、事故等でフッ素が大量に水道水に添加されてしまった場合、通常の浄水場ではそれを取り除く方法はないため、注入設備や監視装置に大きなコストがかかることも考慮する必要がある。

10. 総括

今回参加した研修生は、職種や経験・携わる業務も違う中、「水道事業を運営する」という共通の業務を行う者として全国から集まった。研修生

は全員英語力に不安を感じていたが、研修生同士で互いに苦手な分野を補い合うことで、無事に研修を終えることができ、非常に濃い内容の1週間となった。全国より集まった研修生との会話はとても勉強になり、同じ日本の水道事業者でも全く違う個性を感じ、非常に新鮮な時間を過ごせたことは忘れられない思い出になった。小さなハプニングもあったが、これもよい思い出となった。

最後に、現地で我々を温かく迎え入れていただいた David LaFrance CEO をはじめとする AWWA 職員の皆様、Rebecca Wheeler シニアマネージャー、貴重な講義をしていただいた講師の皆様、講義の通訳だけでなくアメリカの文化などをわかりやすく教えていただいた鳥山氏、全日程における行程を調整していただいた日本水道協会の渡部氏に、この場をお借りして感謝を申し上げます。今回の研修で得られた経験と仲間を大切に、現地で学んだことを忘れずに、これからの業務に積極的に携わっていきたいと思う。



Moffat 浄水場 沱過池回廊にて



AWWA エントランスにて
研修修了証とともに