

# 2019年度 国別水道事業研修（アメリカ）報告書

研修生所属氏名：前橋市水道局 浄水課 副主幹 坂口 正人

研修実施期間：令和元年11月11日（月）から令和元年11月17日（日）

報告書作成日：令和2年 1月14日（火）

## 目次

1. はじめに
2. 研修概要
  - (1) 研修目的
  - (2) 研修日程
  - (3) 研修参加者
3. AWWA(米国水道協会)について
  - (1) コロラド州デンバーの概要
  - (2) AWWA の概要と活動
  - (3) 出版物・会議
  - (4) 企画・基準
  - (5) 人々のための水
4. 米国における水道業界の現状
  - (1) 米国の抱える問題について
  - (2) 鉛管の問題について
5. デンバー水道について
  - (1) デンバー水道の概要
  - (2) 水運用について
6. コミュニケーションについて
7. 管路設計・維持の注意点について
8. 水道管に使用されている管種、施設について
  - (1) 米国で使用されている管種について
  - (2) 施設について
9. 浄水場見学について
  - (1) 浄水場の配置について
  - (2) 浄水場の運用について
  - (3) モファット浄水場見学について
10. 総括

## 1. はじめに

本研修に参加するにあたり、日本水道協会研修国際部国際課の担当者の皆様、関東地方各支部の事務局の方々に推薦していただき感謝を申し上げます。

平成30年度の終わりにこの研修の話聞き、募集要件に自分が該当していることから、こんなチャンスはもう2度と無い、是非ともアメリカの水道事業を学んでみたいと思い、応募しました。私は土木技師で水道事業に携わり通算9年経過し、管路工事を7年間、浄水場などの施設を担当して2年目になります。ちょうど他の自治体の事業がどのような運用をしているのかなど、興味があり学びたいと考えていた矢先にこの話をいただき、日本の他の事業体でなく、外国の事業体を学ぶ事ができるというスケールの大きな研修となり、素晴らしい体験をさせていただきました。また、一緒に研修に参加した各地方支部の方とも交流を深める事ができ、大変素晴らしい時間を過ごすことができました。

研修を進めるにあたり、団長という任務を任せられ英語に自信の無い私には不安がありましたが、通訳の鳥山様、日水協の渡部様、他の研修参加者様のサポートもあり、無事に研修を終えることができました。このレポートは土木技師 (Civil engineer) の目線で報告をしたいと思います。

## 2. 研修概要

本研修は、本協会と関係の深い水道協会に研修の受入を要請し、当該国の水道事業を学ぶ研修。2019年度はアメリカ水道協会 (AWWA) に講義の受入を依頼し、協力の下で実施するものです。

本年度は令和元年1月11日 (月) から令和元年1月17日 (日) までの1週間、AWWA 本部のあるアメリカ合衆国コロラド州デンバーで実施。主なトピックとして、アメリカ水道の概要、最新トピック、水道事業経営、水道施設及びその視察。

### (1) 研修目的

#### ① 国際的視野を持つ人材の育成

海外の水道情報に触れる事により、国際的な視野を持つ人材を育成できる。

#### ② 英語能力の向上

通訳は介するが、英語による講義講習、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。

#### ③ 専門性の向上

英語の水道の専門用語等に触れる事、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、専門性を高める事ができる。

### (2) 研修日程

渡航先研修会場：アメリカ合衆国コロラド州デンバー AWWA オフィス

視察先浄水場：デンバー水道 モファット浄水場

宿泊先：Holiday Inn Denver Lakewood

2019年度 国別水道事業研修（アメリカ） 日程概要

月日	時間	日程	宿泊地
11月11日 (月)	15:15 17:45 12:00	空港第1ターミナル4F（出発ロビー）南ウィングAカウンター集合 成田発（UA142便） デンバー着（時差-16時間） 電車でユニオンステーションへ（約40分） タクシーでホテルへ（約25分、約20km） 夕食	デンバー
11月12日 (火)	8:40 9:00 12:00 13:00	朝食 ホテル発、バスでAWWAへ 開会挨拶：デビッド・ラフランス CEO 講義：日本の水道の現状、研修生自己紹介 講義：米国における水道業界の現状 昼食 講義：公益事業ガバナンスモデル 講義：施設・アセットの管理基準（アセットマネジメント） 夕食 AWWAとの夕食会	デンバー
11月13日 (水)	8:40 9:00 12:15 13:15	朝食 ホテル発、バスでAWWAへ 講義：水道事業体の経営 講義：料金設定 昼食 講義：スマートメーター／遠隔監視 講義：広報 夕食	デンバー
11月14日 (木)	8:40 9:00 12:15 13:15	朝食 ホテル発、バスでAWWAへ 講義：水源（地表、地面、再利用など） 講義：浄水処理（パートI） 昼食 講義：浄水処理（パートII） 講義：配水技術 夕食	デンバー
11月15日 (金)	8:40 9:00 12:00	朝食 ホテル発、バスで浄水場へ 水道施設視察 Moffat Water Treatment Plant フリータイム	デンバー
11月16日 (土)	7:10 7:30 8:40 11:45	朝食 ロビー集合、チェックアウト、 タクシーで空港へ 空港着 デンバー発（UA143便）	機中泊
11月17日 (日)	16:00	成田着（時差+16時間）、 解散	

## (3) 研修参加者

支部	研修員氏名	ふりがな	職名	備考
北海道	持館 香穂	もちだて かほ	苫小牧市上下水道部水道管理課 技師	副団長
東北	藤岡 昭彦	ふじおか あきひこ	弘前市上下水道部上水道施設課 技師	
関東	坂口 正人	さかぐち まさと	前橋市水道局浄水課 副主幹	団長
中部	十倉 崇行	とくら たかゆき	愛知県企業庁水道計画課 主査	
関西	前畑 登志夫	まえはた としお	大津市企業局技術部水道ガス整備課 主任	
中国四国	呉石 美穂	くれいし みほ	松山市公営企業局管理部経営管理課 主査	
中国四国	久米 祐介	くめ ゆうすけ	徳島市水道局浄水課 主査	
九州	石川 博章	いしかわ ひろあき	鹿児島市水道局配水管理課水質係 主任	
日水協	岡崎 篤	おかざき あつし	日本水道協会総務部経理課 主事	
日水協 (事務局)	渡部 英	わたなべ すぐる	日本水道協会研修国際部国際課 国際係長	
通訳	鳥山 恵美子	とりやま えみこ		

### 3. AWWA（米国水道協会）について

#### (1) コロラド州デンバーの概要

アメリカ合衆国コロラド州中北部に位置する。ロッキー山脈東麓、シカゴとサンフランシスコのほぼ中間に位置する。コロラド州の州都であり、同州の政治・経済・文化の中心であるのみならず、フロントレンジ都市回廊と呼ばれる地域の中心都市でもある。人口は**619,968人**（2011年）で、コロラド州では最大、山岳部ではフェニックスに次ぎ、全米でも**第26位**の都市であり、郡としてもエルパソ郡に次いで**州第2**で、コロラド州の北に隣接するワイオミング州全体の人口よりも多い。デンバー市郡を中心に、**10郡**にまたがる都市圏は**2,543,482人**、この都市圏にボールドー、グリーンリー両都市圏を加えた広域都市圏は**3,090,874人**（いずれも**2010年**国勢調査）の人口を抱えている。

デンバーは**19世紀**中盤、ゴールドラッシュの最中に創設された辺境の鉱山町から始まった。やがて馬車道、そして鉄道が開通すると、デンバーは交通の要衝、流通の拠点として発展した。**20世紀**後半以降には、市郡南部に大規模なハイテク企業団地の開発が進められ、また高地という地理的条件も相まって、通信産業が発展している。公式には、デンバーは標高**1マイル**（**5,280**フィート/**1,609m**）にあるとされ、**Mile High City**（標高1マイルの街）と呼ばれる。コロラド州会議事堂の正面玄関階段やクアーズ・フィールドでは、「標高1マイル」にあたる段や座席が区別されている。



ダウンタウンの中心にある  
ユニオンステーション



コロラドコンベンションセンター前にある  
ブルーベア

気候はステップ気候に属する。周辺環境としては背の高い樹木は少ない印象であり、ゴツゴツした岩肌が見える表土が多く見られた。一般には、デンバーは年間**300日**晴れると言われている程晴れの多い地域である。私たちが訪れた**11月中旬**は、空港に着いた日は雪が降った後で、非常に寒かった。その後はそれほど寒くなく、最終日の浄水場見学の日の日中は半袖でいられる程暖かった。

#### (2) AWWA の概要と活動

AWWAはコレラに対処するという事で**1881年**に創立された。最初はニューヨークにあったが、デンバー水道局と関係があったため、コロラド州デンバーへ移転した。協会の目的は水質と供給を改善するために設立された国際的な非営利の科学および教育団体である。全体で加盟者数は**51,000人**となり、そのうちの**4,000人**の加盟者はそのボランティアで、AWWAの活動に奉仕している。水道産業に関する知識を共有する形で作られており、たくさんの標準規格、マニュアル、出版も行っている。AWWAは**43**セクションからなる包括的な組織で、各セクションは特定の地域を担当している。アメリ

カには 37 の AWWA セクション、カナダには 5 つのセクション、メキシコとプエルトリコにはそれぞれ 1 つのセクションがある。43 の AWWA セクションの中で、アドボカシー、コミュニケーション、会議、教育とトレーニング、科学技術、および地域活動を通じて活動している。AWWA は 2015 年に最初の国際コミュニティである AWWAIndia を立ち上げた。AWWAIndia の本社はインドのムンバイにあり、インドに設立した理由は人口が非常に多い事、水の質が悪い事、水道の整備ができていないという事を考えるとニーズがあり、経済的にも非常に発達してきている。そうすると水の需要も必要であるという理由である。



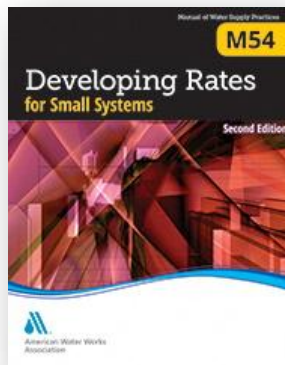
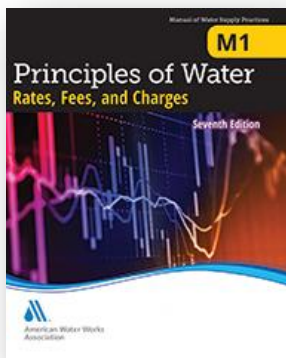
AWWA 本部入口



左側：AWWA,CEO デビッドラフランス氏

### (3) 出版物・会議

水と関連する主題に関する情報の配布を広げるために、AWWA は専門家などが使用するためのさまざまな書籍、トレーニングマニュアル、標準、レポート、およびビデオも公開している。協会はまた、毎年夏に北米で組織全体の年次会議と博覧会を開催している。北米のすべての地域でセクション会議も開催されており、水質、配水システム、ユーティリティ管理などのトピックに関する専門会議が年間を通じて開催されている。また、年次会議および専門会議の議事録は AWWA によって公開されている。安全な水のためのパートナーシップを通じ、AWWA は米国環境保護庁やその他の水組織とも協力し、水道事業者が既存の規制レベルを超えてシステムパフォーマンスを最適化できるように支援している。AWWA は、人々が国際レベル、国内レベル、およびセクションレベルで出会い、学び、ネットワーク化する機会を提供している。水の専門家向けの出版物や会議に加えて、AWWA はさまざまなワークショップ、シンポジウム、電話会議、水管理の特定の側面に焦点を当てたプログラムを開催している。加えて、他の専門団体とも協力し、水専門家の継続的な教育と開発もおこなっている。



大規模事業者向けと小規模事業者向け料金設定マニュアル

#### (4) 企画・基準

1908年、AWWAは製品、工法、最適な方法の業界指標の開発を開始した。AWWA規格プログラムは、水コミュニティの科学および管理の方法として国際的に認められている。現在ろ過材・水処理薬品水質の消毒方法・メーター・バルブ・ユーティリティ管理方法・貯蔵タンク・ポンプ・ダクトイル鋳鉄・鉄鋼・コンクリート・石綿セメント・プラスチック製パイプおよび継手を対象とする150を超えるAWWA規格があり、常設委員会は、必要に応じて規格を定期的に更新している。

#### (5) 人々のための水

1991年2月、AWWAは地元の持続可能な飲料水資源、衛生施設、健康と衛生の教育プログラムの開発を支援することにより、発展途上国の人々の生活の質の向上を支援する非営利の国際開発組織であるWater For Peopleを設立した。One teamならぬトータルウォーターソリューション=one waterで水事業を支えている。



トータルウォーターソリューション  
全ての水の保全イメージ図



AWWA エントランスにて  
研修生全員で



左から講師のコリン・チャン氏  
AWWA 研修担当レベッカ氏  
JWWA 研修係長渡部氏



#### 4. 米国における水道業界の現状

##### (1) 米国抱える課題について

米国で抱える問題点で代表的な事例のトップ10が以下のとおり

Top 10 Water Industry Challenges (2019) 水事業の抱える課題	
1. Renewal and replacement of aging water and wastewater infrastructure (63% critical)	老朽化したインフラの更新・交換
2. Financing for capital improvement projects	資本改善プロジェクトと資金調達
3. Long-term water supply availability	長期的な給水の可用性
4. Public understanding of the value of water systems and services	水道事業のシステムと水道供給サービスの価値に対する一般の理解
5. Watershed/source water protection	流域/水源の保護
6. Public understanding of the value of water resources	水資源の価値に対する一般の理解
7. Groundwater management and overuse	地下水の管理と乱用
8. Aging workforce/anticipated retirements	高齢化する労働力/予想される退職
9. Emergency preparedness	緊急時の準備
10. Cost recovery (pricing water to accurately reflect the cost of services)	コストの回収 (サービスのコストを正確に反映するための価格設定)

私が勤務する前橋市でもインフラの更新が1番の問題点となっており、老朽化した管路の更新は年間0.5%程度の更新率となっております。このままではすべての管路を更新するためには200年かかるということになります。また、管路の更新と同様に施設の更新も問題となっております。前橋市では保有管路延長約2500km。水道施設は48の水系・73の水源・36の浄水場・12の受水場・83の配水池・10の減圧槽を保有しており、全国的に見ても非常に施設数が多い事業者となっております。これらを更新するためには、更新のスピードをあげなければならない事が問題であり、他の事業者の現状を知ることで、自分の事業者の運営の参考になると考えます。

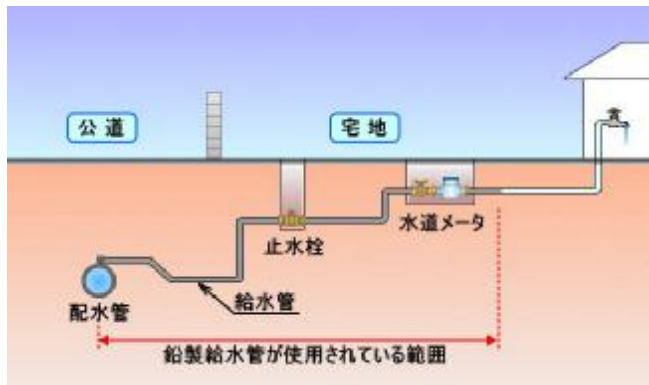
アメリカのインフラの老朽化について、ASEC (American Society Of Civil Engineers (米国土木学会)) が発行している報告書によると上水道の施設についての健全度はAからDまでの評価中D判定となっており、非常に悪い評価となっております(下水道の施設についてはD+となっております)。管路については年間24万ものメイン管が破裂したという状況です。また、160万kmもの水道管が総延長としてあります。毎日2,300万m<sup>3</sup>の漏水が起きていて、今後の更新には25年間で1兆ドル、

40年で1.7兆ドルの投資が必要だということです。

なお、米国では地震があまり無いため（カリフォルニアは沿岸部付近のため除く）耐震化というキーワードはあまり重要視していないと感じました。

## （2）鉛管問題について

鉛製給水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から、日本では古くより全国的に使用されてきましたが、鉛給水管からの鉛の溶出が問題とされ、鉛製給水管を新たに使用することは禁止されました。



鉛管使用範囲図

米国でも日本と同様、給水管に鉛管を使用しており、その鉛管の溶出が問題とされています。鉛には毒性があり、一定量以上体内に蓄積すると疲労・頭痛・関節痛・胃腸障害等の症状が現れるため、鉛製給水管を使用している家庭での対策としては、朝一番の使い始めの水は、水道管に滞留していた時間が長いため、普段より鉛の濃度が高くなることがあります。そのため、使い初めの水は、バケツ一杯程度飲用水以外に使用することを進めています。

AWWAでは、鉛管をゼロにするという目標があります。現在米国には610万箇所もの鉛管があり、それらをすべて取り換えるのに約300億ドルかかるということです。インフラの更新を語るうえで非常に大きな問題になります。各事業体が自分の事業体でいったいどれくらいの鉛管が残っているのか把握しているかということが重要になり、米国の事業体に「みなさんのところで鉛管の位置を特定しているか」という集計をとったところ、34パーセントの事業体が「特定している」との回答があり、集計をみると大規模事業体よりも中小事業体のほうが多く鉛管の位置を特定していました。原因としては、お客様が多いとそれだけ管延長が長くなるため、中小事業体のほうが事情を分かっているのだと予想されます。

また、デンバー水道では鉛低減化のため、浄水場でpH調整（pH7.5）をおこない、2020年3月より鉛溶出抑制剤としてオルトリン酸等を浄水段階で添加することにより、鉛の低減を図ることとなりました。

オルトリン酸塩を添加するにあたり、5年程前から市民の方々に理解していただくような啓蒙活動をずっと行ってきました。添加について、市民のコメントを聞くと中にはマイナスな話も出るものの、必要性和重要性を訴え続けてきました。また、市民が一番懸念しているのは、添加物を増やすことにより水道料金が値上がるということです。添加への理解を得る活動をする、料金が上がるということを市民は知っています。それも踏まえたうえでの必要性和重要性を理解してもらうのが難しいですが、公衆衛生が一番大事だということを前面に出し、理解を得ているとのこと。オルトリン酸を添加する事と並行し、デンバー水道では鉛管を使用している市民に対して、すべてデンバー水道の負担で鉛管を取り換える事を決定しました。今まで、補助金を交付して鉛管取り換え工事を推進してきたものの、鉛管を使用している給水者は低所得者が多く、補助金制度では取り

換えに応じる者が多くありません。長期的な将来を考えると早急に鉛管問題を解決することにより、環境的・公衆衛生にもいいということや、子供、乳幼児にも影響がないということ、デンバー水道が費用を支払い取り換えるということは、国全体にとってもメリットでもあるということ、それは将来的にも公平性を保ち、みんなのためでもあること、これらを忍耐強く啓蒙し取り組むとのことです。また、随時取り換え工事をおこなうものの、取り換えが数年後になる給水者については、蛇口につけるフィルター配布により対応をし、すべての鉛管を撤去し終わった後にオルトリン酸塩の添加を終了するとのことです。なお、交換費用については鉛管取り換え NGO を設立し、その基金から出資する予定とのことです。

## 5. デンバー水道について

### (1) デンバー水道の概要

AWWA の本部があるコロラド州デンバー。その水道事業体であるデンバー水道はコロラド州で最も古い水資源を管理し、設立して約 100 年もの最も歴史があり、最も大きな水道事業体です。職員は 1,100 人ほどいて、公営企業として運営しており、給水人口はメトロエリアにおいて 140 万人の方がいます。デンバー水道における重要な使命は、お客様に良質な水を届けることです。デンバー水道はデンバー市から独立していて、公営非営利の事業体で運営に携わる、理事会の委員はデンバー市長が任命することとなっています。給水はデンバー市と郡、および周辺郊外に住む人々に給水しており、コロラド州の約 25% に達するものです。

(参考：コロラド州面積：269,837 km<sup>2</sup> 人口：5,116,796 人 (2011 年) 群馬県面積 6,362 km<sup>2</sup> 人口 1,937,626 人 (2019 年) 面積約 42 倍 人口 2.6 倍)。

デンバー水道には全米で最も良い水道を供給するというビジョンがあります。

水源は融雪水を主に使用していて、ロッキー山脈から流れてきています。設立 100 年記念では、下水道の水を再生水として飲めるまで処理し、その水で記念にビールを作りました。私は現地で飲むことはできなかったのですが、機会があれば飲んでみたいと思いました。



再利用水から作られたビール

### (2) 水運用について

デンバー水道では、主にサウス・プラット川とコロラド川の表流水を使用し、水運用をおこなっています。

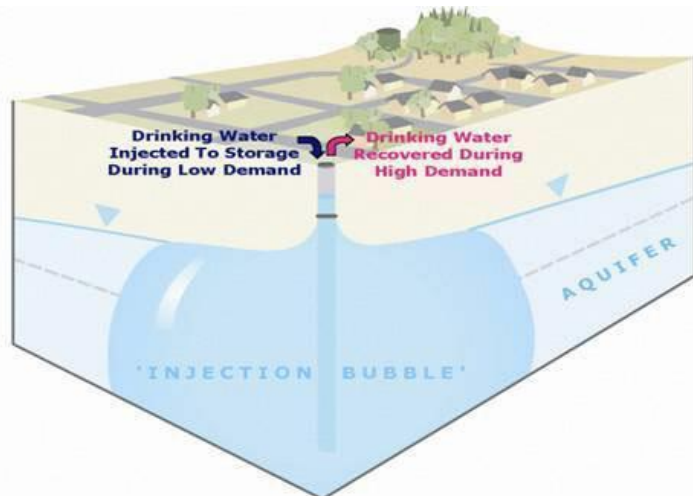
川の水はロッキー山脈からの融雪水が川となって流れてくるものが水源となっています。アメリカ大陸の内陸部で年間 300 日近く晴れの日がある地域のため、雨水があまり期待できず、水を取水するということは非常に苦労があるようです。取水は川からの表流水を利用するものの、融雪水が水

源であることから、常に河川の水が安定して流れていません。そこで、表流水を貯留する貯水池が必要となるため、州内には数多く建設されています。そのため、川から貯水池まで隧道を建設し、そこに導いています。実際に私たちが訪れた AWWA 本部の敷地前方にもマーストン貯水池という巨大な貯水池があり、何も知らない人が見れば、湖かと思うような広大な貯水池でした。地元では隧道を「地平線の向こうまで続く隧道」と表現しており、スケールの違いを感じました。



マーストン貯水池：まるで地平線の先にまで続くかのような貯水池であった。奥に見える山脈はロッキー山脈。

また、隣の事業体であるオーロラ水道では地下水の利用の仕方が非常に興味深く、地下 500m から汲み上げて取水しています。日本では深井戸の定義を地下 40m 以上としていて、深くても地下 200m 付近の井戸が多いです。しかし、オーロラ水道では、地下 500m の箇所から汲み上げています。オーロラには地下 500m に帯水層が存在しているためです。しかし、無限に取水できる訳ではなく、長年の歳月を経て貯水された太古からの資源であるため、使ったら元に戻すことはありません。この地下水の水質は非常に良く、殺菌コストがかからない水源ですが、使い続けられれば限りある滞水層の水は無くなってしまうため、使用せずに余った水を、元の水質と同じくらいまでに処理してから再び返し、滞水層が枯渇しないように心がけています。この様に運用することで自然の浄水池のような運用をすることができます。



地下帯水池イメージ図

地下水は工業地帯などの土壌汚染が懸念されますが、この滞水層までの間に粘土層があるため、この層に汚染物質を留める事が可能です。地表の水がこの滞水層まで浸透する事が不可能のように、汚染物質も滞水層まで浸透する恐れはありません。

AWWA に滞在中の講習をしていただいた講師の方々からは「水を1滴も無駄にしない」というキーワードを何度も聞きました。日本と違い水資源が乏しいため、なんとか水源の確保に努力しているようでありました。また、水源周辺の環境活動にも力を入れている様で、水源が良質であれば水処理にコストがかからないという調査結果があります。流域の環境保護を行った場合と行わなかった場合のコスト比較をしたところ、流域の環境保護を行った場合の方が約1/8のコストで済むことがわかりました。数十億ドルの水処理施設を建設するよりも、自然ろ過の森林を保護する方が、はるかに費用対効果が高いことが報告されています。

また、ロッキー山脈の雪解け水を水源とするコロラド川は、16の州を経て最後はメキシコまで流れていきます。自分の事業体だけが取水できれば良いという考えでなく、下流の事業体の事を考え長期的なパートナーシップを目指して、州間、規制当局、環境活動家及び市民と良い関係を築いています。そのため、水を無駄にしない・水源の環境保護活動などを重点的に行っています。

## 6. コミュニケーションについて

技術の進歩と同じように、コミュニケーションも進化しています。デンバー水道では情報発信に特に力を入れています。近年SNS、インターネット、またはYouTubeなどがでてきたことで、いかにお客様とコミュニケーションをとっていくかという方法も変わってきました。例えば昔であれば、情報元は新聞やテレビであり、特に水道の詳しい情報であれば、水道局に行かないと得られないというようなものでした。しかし今は、いろいろなツール、ソースを使って発信がされています。例えばパソコンやスマホ一つで、私達自身が情報の元となる事が可能となりました。

2つ目の観点として、SNSを使用することによって、いろいろな情報が極端に分かれることがあります。一方でものすごく情報過多になる、また一方でまったく情報が届かないといったことがあるかもしれません。情報の偏りの中にもいろいろな形があり、ある情報が炎上するという形で拡散することもあるれば、まったく周知・浸透しないということもあります。

公式HP、TwitterやFacebook、InstagramやYouTubeもあります。



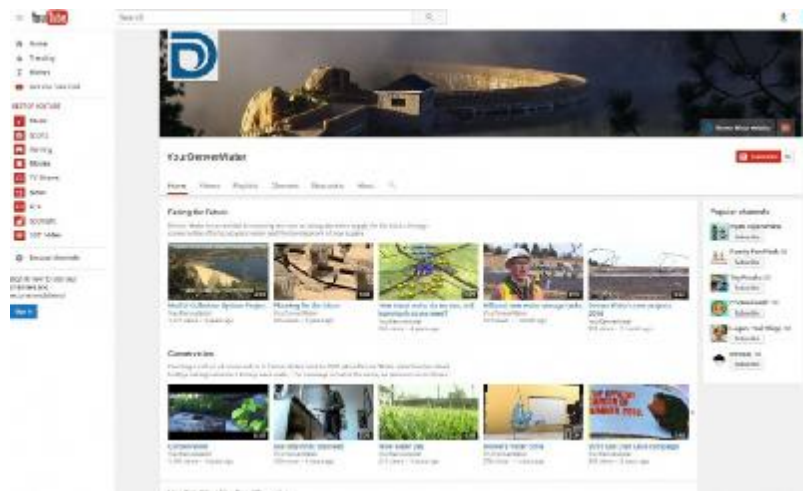
デンバー水道ホームページ



デンバー水道 Face book



デンバー水道 Instagram



デンバー水道 YouTube

広報活動を行うにあたり、クリエイティブに広報することが重要で、水とは関係ないような項目を使用することもあります。しかしながら、全く関係性のない内容になってしまっているといけないので、とにかく何らかの形で“水”にこじつけるということを大事にしています。

できるだけ“面白くする”ということが大事で、そうでないとお客さまに観てもらえないためと考えています。また、水はたくさんの人の手を経て、皆様の家庭の蛇口まで届いているという事をアピールし、水の信頼を得る事を大切にしています。お客さまは、水の価値をきちんと理解しているかどうか？多くのお客さまは、水の価値を理解していなく、水は蛇口をひねるだけで当たり前のように出てくると思っている、その何気なく使っている水道というものはどのように事業が運営されているか？ということがわかっていないというデータがあります。水道料金の必要性を理解してもらえていないということなので、これでは、将来的に事業者が水道料金を上げようとしたところで、反発を受けるのは当たり前です。このような事を事前に避けるため、水道局職員が重要な作業を行っているということをインターネットや SNS で発信しお客様へ訴えていくことを大事にしています。

また、SNS では新しいコンテンツを増やしたことにより、閲覧数が増えたということが数字に表れています。

前橋市でも将来の施設更新の資金確保のため、水道料金の値上げが迫っております。その時期が来た時に更新の必要性を理解してもらえよう、事前に水道料金値上げの必要性をより一層周知し、対応したいと思います。そのためにはインターネット、SNS を積極的に発信し、できるだけ多くの方に、我々の発信を閲覧してもらえよう発信し続けたいと思います。

## 7. 管路設計・維持の注意点について

米国では日本の事業者と同じことを注意しながら事業を運営していると感じましたが、特に気を付けている点については、

- ・クロスコネクション（異種管交差接続）
  - ・滞流水（管末の **water age**）
  - ・漏水・管の破裂
  - ・バルブ操作によるウォーターハンマー
- が特に印象に残りました。

クロスコネクションについてですが、商業・工業地帯は特に注意していて、日本でも工業用水を給水として接続してしまったという事件が過去にあり、特に注意しなければなりません。



滞流水については、アメリカの広大な国土に布設してある水道管を考えると、浄水場から給水を始めて、末端の受給者まで行きわたるまでに、日本とは比べ物にならない時間がかかります。広大な国土に配水をおこなうために特に塩素濃度について気を付けている印象でした。（**Water age**＝水年齢。飲料水を製造してから塩素が消えるまでの期間）配管設計で管末を作らずにループ型にする設計をすることで、水が循環し滞流水を作らないようにしています。ループ型にすることにより管網システムを強靱化し、滞流水・断水を避けることが可能となります。残留塩素の低下を防ぎ、結果として浄水場での塩素注入のコストを下げることにつながります。それが出来ない場合は消火栓でフラッシング（洗管）をおこない、滞流水を排水します。水が貴重なため、フラッシングは極力避けたいですが、消火栓のチェックも兼ねておこなっているそうです。私の事業者は雨水の側溝にフラッシング水を流しますが、デンバー水道では塩素が混入した水は河川に流さず、環境にも配慮しています。フラッシング方法についてですが、国内の他の事業者は塩素を中和する「還元剤」を添加して雨水へ流す事業者もありました。

浄水場で処理する消毒の方法もあり、遊離塩素処理と結合塩素処理（クロラミン処理）を使用しています。遊離塩素処理は次亜塩素酸ナトリウムを使用していて酸化に非常に強いが、期間が長く続きません。そして結合塩素処理というものは逆に酸化に弱いが、期間が長く効果が続きます。その結合塩素処理として次亜塩素酸ナトリウムにアンモニアを添加しています。リスクは、アンモニアは生物形成というものを起こします。硝化作用であるが、これがそのバクテリアの原因になります。では、どうやってこの硝化作用を管理することができるか？なるべく夏は残留塩素の濃度を上げる、そのタンクの中の滞留水というものをなるべく早く使いきるようにサイクルを早めています。

漏水・管の破裂についても老朽化したインフラの漏水、破裂が問題となっています。国土を見ても高低差のある地形より水圧制御が困難な事が予想されました。

バルブ操作についてもきちんと扱わないといけません。上記で話をした管末でのバルブ操作でバルブを操作するケースが多く、例えば急激に開閉したりするとウォーターハンマーが起こるので気をつけなければなりません。ウォーターハンマーをおこすと、管に衝撃がつたわり、管の破損につながり漏水・破裂の危険性も増えます。

8. 水道管に使用されている管種、施設について

(1) 米国で使用されている管種について

- Ductile Iron (ダクタイル鋳鉄管)
- PVC (ポリ塩化ビニル管)
- HDPE (高密度ポリエチレン管)
- Asbestos cement (アスベストセメント管)
- Cast iron (鋳鉄管)
- Galvanized (亜鉛メッキ管)



基本的にすべて AWWA 規格を採用しています。現在主に使用されている管は上から 3 つまでの管種であり、地震の無い地域であるため耐震については特に触れられませんでした。

アスベストセメント管と鋳鉄管については現在新設の管ではないとのことです。埋設はされているものの、1970 年代に使用を中止したとのことです。HDPE と HPPE の違いは下記の表のとおりです。

ポリエチレン管 種別表

HDPE	高密度ポリエチレン	一般用ポリエチレン管	剛性、強度が大きく管厚設計で有利な樹脂管。 HDPE/PE80 相当・第二世代高密度ポリエチレン管
HPPE	高性能ポリエチレン	一般用高密度ポリエチレン管 水道配水用ポリエチレン管	高強度とともに、従来の高密度の弱点とされた耐クリープ性や耐環境応力き裂性を大幅に向上させた HPPE/PE100。第三世代ポリエチレン管

亜鉛メッキ管は給水管の口径の小さい物に使用しています。



デンバー水道の 1 号弁篋。  
サイズは日本と同じであった。



デンバー水道のメーターの蓋。  
φ600 の人孔と同じサイズであった。





デンバーの雨水マンホール蓋。  
右側：街中に設置されていた蓋。魚の絵がデザインされていた。



地上式消火栓とビルの壁に設置された消火栓。  
地下式消火栓は見られなかった。

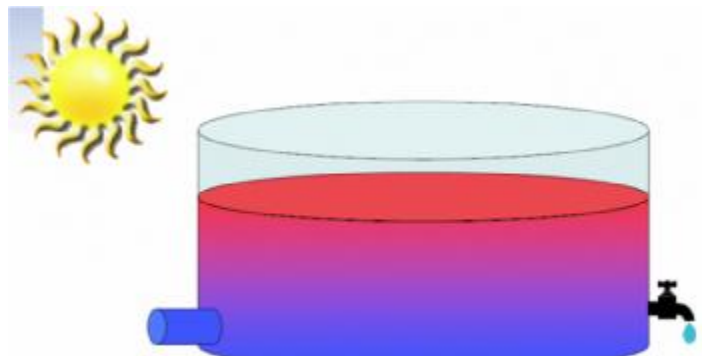
## (2) 施設について

米国では浄水池、配水池内の塩素濃度低下を非常に懸念していました。

最初に温度について、貯水施設内で長い時間貯水していると温度が上がってきます。すると、低い温度の水は下にたまり、温かい水は上について層化します。上の温かい水のところは残留塩素が消えていき、バクテリア・細菌が繁殖したりします。層化することで塩素の混和・混合も問題になります。

次に、施設内の外部からの汚染について、この中には鳥や虫、外部からの汚染物質の侵入があつたりします。人為的なミスとして、きちんとタンクの蓋がしまっていないというケースもあります。その蓋の閉まっていないところに、鳥や小動物、虫が入ってしまったりします。

日本でも貯水槽の中にゴムボートが浮かんでいたという事件は水道事業に関わるものとするれば記憶



配水池内 水温イメージ図

に新しいと思われます。これはカギが壊されていたケースであります。また、タンクの壁にクラックがあり、そのひびから外部からの侵入があります。これについては漏水や施設の健全度という問題もつながってきます。3~5年くらいの周期で、施設・タンク自身を綺麗に洗浄するという事で早期発見をすることができます。

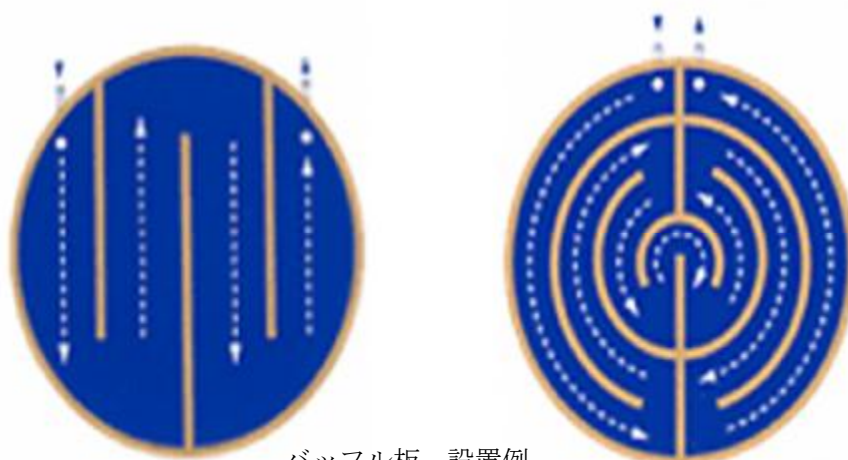
以上の問題をどうやって維持していくか？また水質を改良していくか？は非常に大きな課題です。施設内の帯流水を防ぐ、少なくするにはどのような方法があるか？例を挙げるとミックスします。温かいものが下に行き、冷たいものが上にいく様になります。

それから残留塩素が薄くなるということであれば、またもう一度どこかで注入します。

滞留に関しAWWAは、「7日間以内に使い切るということ」を推奨しています。しかし、事業体の規模によって違いますが、およそ5日間程度で使い切るように工夫しています。

その他滞留水を管理する方法については、ポンプ稼働のスケジュール。いつポンプを稼働させ施設内へ水を強制的に流入させミックスするかということなのです。

また、貯水タンクの設計を変えることにより、バッフル板のバツフル板を使うところはこういったバツフル板をタンクの中に入れて、水の流れをうまく活用することで滞留水が減ってそして水の中の安定を保つことができます。施設内できちんと水がまわって、うまく混ぜることができます。もしバツ



バッフル板 設置例

フル板がなかったら、水が片方から入ってきて、それが出口の方へ真っすぐ出ていくだけです。そうするとサイドのところはデッドスポットになって滞留水が溜まりやすくなります。

常に新しい水だけが出口へ出ていくだけになってしまうため、特に浄水場の最後のところで、このようなバツフル板を作ることで、滞留水をなくすことができます。

この設置方法をWC（ダブルC）と言います。

これによって水の滞留時間というものが、非常に少なくなってスムーズに水が出ていくことができます。そうすることで水質を保つことが可能となります。

写真の配水塔ですが、米国では入れるのと抜くのは同じパイプを使っています。新しく建設したものは流入・流出の管路は2本ある設計になっていますが、古い設計は1本です。新しい水をいれると下から押し上げます。これについては管理が非常に難しく、基本的にまず注入する前に、一旦水位が下がってこないと注入ができません。

これには濁りなどのリスクが伴います。水位が低くならないと注入できないということは、もし何か災害とか、水が必要になった時にそれだけしか予備がないという事なので、それもリスクになります。こういった装置を持っているところでは非常に注意しながら運用しなければいけません。

最後に材質について、米国において新設する配水池などの施設の材質についてはコンクリート製、ステンレス製供に使用していますが、近年はステンレス製の方が需要は高まってきています。



配水塔：我が前橋市の物と非常に似ている。

私の勤務する前橋市でも更新施設については、ステンレス製の採用を推進しています。コンクリート製は躯体にクラックが入り、漏水の恐れがあります。またコンクリート製の施設を採用した場合は内側の壁面の内面防水を施工する工法を前橋市では採用しています。この内面防水も約 **20** 年程度で塗り直しの必要があり、維持管理に費用と人員が必要になります。比べてステンレス製は壁面のクラックの心配もなく、仮に漏水などがあった場合は溶接にて対応が可能です。内面防水も施工する必要がありません。初期投資費用はステンレス製の方がかかるものの、将来の維持管理はステンレスが勝ると思われます。

現在、私が担当としてステンレス製の配水塔（有効容量 **1,000m<sup>3</sup>**、全体容量 **3,600m<sup>3</sup>**）を建設しています。施工理由としましては、昭和初期に建設された配水塔が老朽化しており、更新の必要性があるため、新配水塔を築造しています。こちらの工事の様子を前橋市水道局敷島浄水場の公式インスタグラムに公開しています。先述のコミュニケーションでもありました **SNS**、こちらをを使わずに配水塔築造という土木工事のカテゴリから、水道事業について近隣住民・水道受給者の方々に理解してもらうため発信していきたいと思います。



敷島浄水場 新配水塔完成予想図

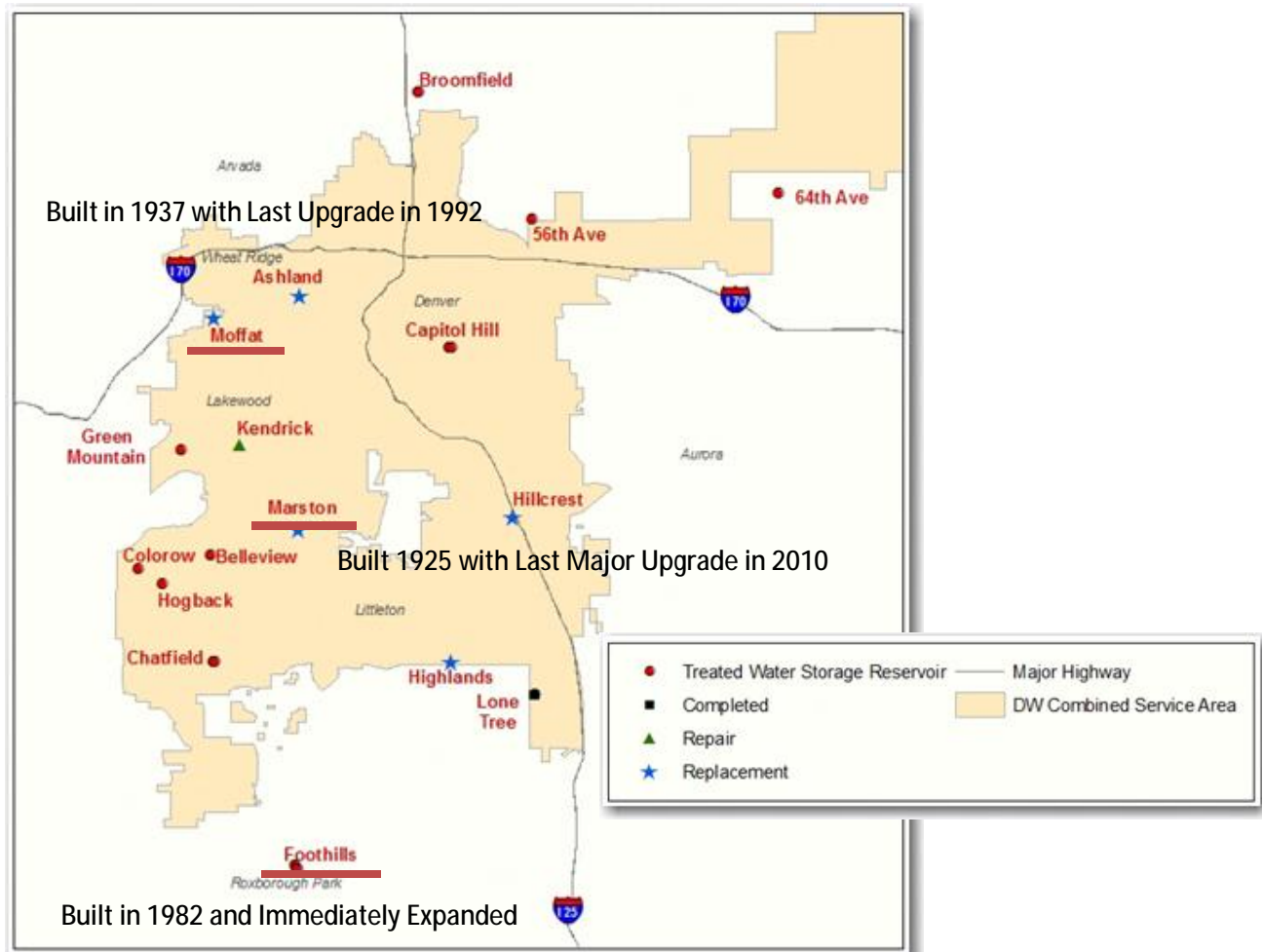


敷島浄水場公式インスタグラムのQRコード

## 9. 浄水場見学について

### (1) 浄水場の配置について

デンバー水道は3つの浄水場を有している。



3か所の浄水場の位置図 中央のマーストン浄水場がAWWA本部の所在地

### (2) 浄水場の運用について

浄水場の運用方法について、夏はすべての浄水場を稼働します。使用量の少なくなる冬になるとそのうちの1つはシャットダウンし、メンテナンスを行います。実は、容量が大きすぎるため元々の設計値と比較すると季節や時期によって運転を抑えています。春と秋は中間のシーズンのため気温の動向が読みにくく運転が難しいとのこと。

現在ノースシステムの拡張を行っています。容量が大きすぎるため、将来的にはフットヒル浄水場を2系統化し、水需要によって稼働を調整できるようにする計画です。マーストン浄水場も同様に稼働を抑えるような計画を考えています。モファット浄水場は、新たに系統を追加して合計67万m<sup>3</sup>/日の処理ができるようにします。

Treatment Plant 浄水場	Operational Capacity (MGD) 運用能力 (m3/日)	Winter Capacity (MGD) 冬の容量 (m3/日)	New Proposed Winter 新提案(冬) (m3/日)	Completion 完成年
Foothills フットヒル	280 126万	220 100万	2@140 2@63万	1982
Marston マーстон	250 113万	180 81万	140 63万	1925 2010(更新済)
Moffat モファット	180 81万	160 72万	80-100 36万-45万	1937
North Water ノースウォーター			75-150 34万-68万	建設予定
Total 合計	715 320万	600 253万	500 225万	

各浄水場集計表

### (3) モファット浄水場の見学

研修最終日に、デンバー水道モファット浄水場を見学させていただきました。

モファット浄水場の水源は表流水を利用して、その表流水をグロス貯水池という貯水池に貯めて（グロス貯水池は 5,148 万 m<sup>3</sup> 諏訪湖より若干少ない）、一旦川へ流し、ラルストン貯水池という貯水池に貯めて（1,325 万 m<sup>3</sup>）から隧道を経て浄水場へ導水しています。デンバー水道所有の最大の貯水池はディロン貯水池という貯水池で容量は 25,000 万 m<sup>3</sup> です。

この浄水場は 90 年経っていることもあり、更新を予定している施設です。

浄水処理についてはいくつかの薬品を入れており、「硫酸アルミニウム」、「過マンガン酸カリウム（現在使用中止）」、「水酸化カルシウム」、「二酸化炭素」、「カチオン性ポリマー（ポリアクリルアミド）」になります。

原水のアルカリ度が低いため水酸化カルシウム、二酸化炭素を入れて pH の調整をおこなっています。また、フッ化物も添加しています。これは子供の歯の虫歯予防のためです。元々デンバーに住んでいる子供と、移民の子供の歯の健康度を比べると明らかに差がでることがわかっているらしいです。ポリアクリルアミドについては、フロックを作る前と、沈殿池の前、ろ過池に入る前で添加しています。

日本のポリマーに関して、ポリマーの規格が日本水道協会から新しく出たということがあります。その事から、今後日本でポリマーが凝集補助剤として使われる可能性があります。

#### 日本水道協会引用

##### 水道用ポリアクリルアミド (JWA K 163 2019)

日本の水道では、ポリアクリルアミドの使用に制約があったが、平成 12 年 4 月 1 日“水道施設の技術的基準を定める省令”の施行に伴い浄水処理への使用が可能となった。浄水処理工程では、凝集補助剤、フロック形成助剤、ろ過助剤として使用され、急速ろ過処理のろ過速度を改善し、ろ過池面積を減少させることができる。こうした背景により、日本水道協会に浄水用ポリアクリルアミドの規格制定の要望が寄せられ、日本水道協会では、水道用薬品及び資機材の衛生性調査専門委員会で調査・検討を行い、衛生常設調査委員会の了承を得て、平成 31 年 3 月 31 日付で制定を行った。



見学の様子



監視室



水質検査室

## 10. 総括

本研修を受け、あつという間の4日間の研修でした。可能であればもっと滞在して、もっと勉強したいと思いました。AWWAのレベッカ氏はじめ、とても親切にいただき、ありがたく感じました。英語に不安のあった私ですが、通訳の鳥山さんより「幼稚園生に伝えるくらいの片言の単語で英語を考えればよい」と教えていただき、ちょうど私の子供が幼稚園生であり、自分の子供と話すイメージで話せばよいと思い、すごく気が楽になりました。研修中に何度かスピーチを行う場面もありましたが、Google翻訳を駆使し、なんとか文章まで作ることができ、英語に接する自信ができました。今まで英語に対して、わからないし必要ないからと避けてきましたが、今後は英文を積極的に声に出して読んだり、内容を調べたいと思います。

研修初日にAWWAのみなさんより、夕食会に招待していただいた、

場所はThe fortという、レストランで1800年代に入植した「ワイルドフロンティア」で新しい場所・開拓された場所で当時の入植した時代、西部のカーボーイや、金鉱で働く人の様子の感じられる店でした。

料理については「バッファロー」や「キジ」の丸焼きなど、日本では馴染みのない料理が運ばれてきました。



THE FORT



キジ肉とバッファロー肉。  
バッファローはくせの無い赤身肉でした。



ウェルカムパーティーの様子

ホテル滞在中は、近所に買い物をする店がなく不便でしたが、ウーバーというアプリを教えてもらい、買い物へ出かけることができました。ウーバーの特徴としては、一般的なタクシーの配車に加え、一般人が自分の空き時間と自家用車を使って他人を運ぶ仕組みを構築しています。日本では馴染みのない事業ですが、ウーバーイーツを考えてもらえれば良いと思います。料理ではなく、人を運びます。



使い方としては、アプリをダウンロードして、クレジットカード登録をし、GPS をセ  
ットしアプリを立ち上げます。アプリ内で自分の居場所と行きたい場所を入れると、  
近くにいるウーバーのドライバーが表示され、行先までいくらで連れて行ってくれるかの金額表示  
が出ます。タクシーとは違い、あらかじめアプリ上で行先を指定しているため、英語が話せなくて  
も目的地に連れて行ってもらえます。支払いもクレジットカードからの決済となるため、現金の受け  
渡しも無い。初めから金額も表示されているため、ぼったくりや、遠回りもありません。このア  
プリを活用し、買い物に出かけたり行きたい所へ行くことができ、非常に助かりました。

最後に、研修を通してアメリカの水道事業を学ぶという素晴らしい体験をさせていただきありが  
とうございました。この研修を受けて思った事は「日本もアメリカも抱えている問題は同じ」とい  
うことです。研修に参加するために、アメリカの水道事業や AWWA について調べましたが、やはり本  
やインターネットでは調べるとは違い、直接現地の方に話を聞き現地を見学させていただき、自分  
で経験する事で一生記憶に残る知識となりました。また、研修生同士でも毎晩話をし、話が尽きる  
ことはありませんでした。アメリカの水道事業もさることながら、参加した研修生同士の事業体の  
話も聞け、大変貴重な体験となりました。同じ水道事業を運営するものとして、共通の話も多く、  
こちらでも各事業体が抱えている問題は同じであることがわかりました。研修生同士でも「水道一  
家」というキーワードが出ました。まさに全国共通語である事を再確認し、もしかしたら全世界  
にも通じる言葉なのではないか？と感じました。この研修のおかげで、今後の役所生活・自分の仕事  
への取り組み方が変わることができました。この経験を活かし、今後の水道事業の推進に私も役に  
立てる様に一層努力したいと思います。非常に有意義な研修でありました。



研修最終日・  
研修終了証とともに AWWA エントランスにて