



# 気候変動に対応した水道システム 「渇水に備える」



福岡県／福岡市／水道局／計画課／課長 **船木 肇**



## 1. はじめに

水道事業は、水資源という自然の恩恵の上に成り立っており、気候変動による降雨状況の変化を注視しつつその変化に適切に対応できるよう備えておくことが求められます。

本市はこれまで、増加する水需要と頻発する渇水に対応するため、「水の安定供給」と「節水型都市づくり」の推進に懸命に取り組んできました。その結果、将来の水需要に対して安定供給可能な水源を確保するとともに、異常渇水時にも一定の対応が可能な水道システムを構築することができたと考えています。今回、この取り組みについて紹介します。

## 2. 水源開発の取り組み

本市は地勢上背後を囲む山々のふところが浅く、政令指定都市の中で唯一市内に一級河川がないなど、水資源

に恵まれていません。したがって、人口の増加や都市化の進展に伴い増加する水需要や頻発する渇水に対応するため、実に19回にも及ぶ拡張事業、水源開発を行ってきました（表－1参照）。これは全国的にも例のないことで、正に本市の置かれた厳しい水事情を物語っていると言えます。

最初の水源開発は、大正12年に完成した室見川水系上流にある曲測ダムで、計画給水人口12万人、計画最大給水量1万5千 $m^3$ /日で事業を開始しました。

その後、急増する水需要に追われるように水源開発を重ね、昭和58年には念願であった九州最大の河川である筑後川水系からの導水が実現しました。また、農業用水路を管路に替え損失水量の減少分を水道水源とする「農業用水合理化」や、全国的にも珍しい揚水式ダムの建設、既存ダムの湖底掘削、下水処理水を工業用水として取水しその分を水道水源に振り替えるなど、工夫を凝らした様々な水源開発にも取り組みました。さらに、平成17年には気象条件に左右されることなく安定的に給水が可能となる海水淡水化施設（事業主体：福岡地区水道企業団）からの受水も実現しました。

本市の水源開発は現在試験湛水中の五ヶ山ダムが完成すると一区切りになり、施設能力は約78万 $m^3$ /日となります。この施設能力は、近年の不安定な降雨状況に起因する安定供給可能水量の低下も考慮し、その低下分も補えるように計画しています。これにより、本市が見込んでいる将来の最大水需要量約52万 $m^3$ /日に対して安定供給が確保できる計画としています。さらに、五ヶ山ダムの完成により、異常渇水への備えも確保できる計画です。この五ヶ山ダムの渇水対策の概要・効果については後述します。

## 3. 「節水型都市づくり」の取り組み

### ■取り組みの契機

本市はこれまで幾度となく渇水に見舞われてきました。中でも日本の水道史に残る昭和53年の大渇水は、給水制限日数が287日にも及び、最長で1日19時間もの断水を余儀なくされ、高台地区等では終日断水や出水不良が45,000世帯で発生するなど、市民生活や都市活動に甚

表－1 拡張事業の実績

事業	着工完工年		主な水源
創設	T5	T12	曲測ダム
第1回拡張	S6	S9	曲測ダム（嵩上げ）
第2回拡張	S13	S15	曲測ダム（導水・浄水施設増強）
第3回拡張	S22	S26	那珂川
第4回拡張	S23	S26	室見川
第5回拡張	S26	S31	多々良川
第6回拡張	S29	S31	室見川
第7回拡張	S31	S35	那珂川
第8回拡張	S35	S42	南畑ダム
第9回拡張	S42	S47	江川ダム
第10回拡張	S42	S44	農業用水合理化（那珂川）
第11回拡張	S43	S46	久原ダム（揚水式）
第12回拡張	S45	S52	脊振ダム
第13回拡張	S46	S53	瑞梅寺ダム
第14回拡張	S49	S58	受水（江川ダム、寺内ダム、合所ダム）
第15回拡張	S52	S55	農業用水合理化（那珂川）
第16回拡張	S54	S61	南畑ダム（湖底掘削）、農業用水転用（那珂川）
第17回拡張	S54	H14	長谷ダム（揚水式）、猪野ダム、受水（鳴淵ダム）
第18回拡張	S57	S62	下水処理水振替（那珂川）
第19回拡張	H13		受水（海水淡水化施設、大山ダム、五ヶ山ダム）



写真-1 昭和53年渇水（湖底が露呈した南畑ダム）

大きな影響を与えました。この苦難の経験を教訓として、「水は限りある貴重な資源」であることを強く認識し、これまでの水源開発に加え「節水型都市づくり」を基本方針として定め、様々な施策に着手しました。

### ■福岡市節水推進条例

「節水型都市づくり」については、まず、昭和54年に全国に先駆け「福岡市節水型水利用等に関する措置要綱」を制定し、さらに平成15年には要綱を強化した「福岡市節水推進条例」を制定しました。この中で、市民・事業者・市それぞれの責務（表-2参照）を定めるとともに、雑用水道の設置や節水機器の使用奨励等の規定を整備し、水の有効利用及び節水の推進に取り組みました。

また、水の安定供給と健全な水循環が確保されたまちづくりを推進するため、水源地域・流域との連携、水源かん養機能の向上、雨水の貯留利用の拡大、地下水のかん養、下水処理水の利用拡大等の関連施策を一体的に推進しました。

表-2 市民・事業者・市の責務

市民	・水の有効利用及び節水に常に努める
事業者	・水の有効利用及び節水に関し必要な措置を講じるよう努める ・特に渇水時には、生活用水を確保するため、市に協力して節水の推進に努める
市	・漏水防止、配水調整、節水意識の啓発、情報提供等の必要な施策を総合的に実施 ・渇水の恐れのある時は、水の確保に努め、状況に応じて必要な組織を設置し、情報の提供、節水の協力要請等を行う

### ■配水調整システム

水の有効利用の一環として、昭和56年に配水調整システムを導入し、水管理センターにおいて運用を開始しました。

このシステムは、21ブロックに区分した市内全域の配水管網を、流量計・水圧計によって24時間体制で監視し、電動弁を遠隔操作することで、常に変動している流量や

水圧をリアルタイムに集中制御するものです。

このシステムの導入により、配水管水圧を常時適正に維持し漏水を抑制するとともに、流量や水圧の異常を検知し漏水を早期に発見するなど、水の有効利用に大きな効果を発揮しています。なお、この水圧調整による漏水抑制効果は、1日当たり4,000m<sup>3</sup>~5,000m<sup>3</sup>と試算しています（図-1参照）。

また、水源状況等に応じた浄水場間の流量調整（相互融通）も目的としており、1つの浄水場の水源が減少した場合、水源に余裕がある別の浄水場の配水エリアを調整することで、スムーズに不足分を補うことが可能となっています。

平成21年に大雨による土砂流入で乙金浄水場が一時全面停止となる事故が発生しましたが、この際も本システムにより他の浄水場の配水エリアを広げカバーすることで平常どおりの配水が確保できました。

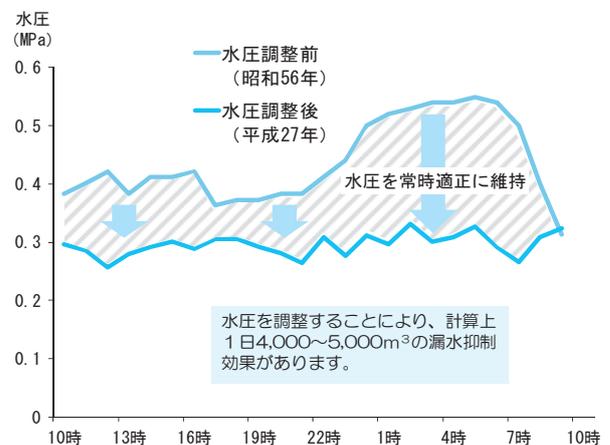


図-1 水圧調整による漏水抑制

### ■取り組みの成果

水の有効利用については、配水調整システムの導入と併せて、漏水の早期発見と防止を目的とした「漏水防止事業」や、老朽化した配水管の更新等を行う「配水管整備事業」等を計画的に推進しました。その結果、これらの相乗効果で漏水率は年々低下し、近年は世界的にもトップクラスの2%前後を維持しています。

また、お客様アンケートでは約9割が「節水に心がけている」という結果となっており、市民の皆様の節水努力の成果として、1人1日当たりの家事用使用水量は平成30年度で198リットルと、全国大都市の中で最も低い水準となっています。仮に福岡市民全員が1人1日10リットルの節水をする、1年間に約570万m<sup>3</sup>の節約となり、その水量は南畑ダムの容量に匹敵します。節水の心がけは「市民ダム」となって貴重な水源となっていると言えます。

### ■平成6年渇水との比較

平成6年には、年間降水量が福岡管区気象台の観測史

上最も少なく、昭和53年を上回る厳しい気象状況に見舞われ、再び給水制限日数が295日にも及ぶ大渇水となりました。しかし、1日平均給水制限時間は昭和53年に比べ短く、また、給水車の出動もありませんでした(表-3参照)。

これは、筑後川からの導水をはじめとする水源開発の推進とともに、行政・市民・事業者が一体となって取り組んできた「節水型都市づくり」の推進が大きな効果を発揮したものとと言えます。

表-3 渇水の比較

渇水年	昭和53年	平成6年
給水人口	1,028千人	1,250千人
下水道普及率	37.3%	96.3%
給水能力	478,000m <sup>3</sup> /日	704,800m <sup>3</sup> /日
年降水量	1,138mm	891mm
給水制限期間	S53.5.20~S54.3.24	H6.8.4~H7.5.31
給水制限日数	287日	295日
1日平均給水制限時間	14時間	8時間
弁操作動員人数	32,434人	14,157人
給水車出動台数	13,433台	0台
苦情・問合せ	47,902件	9,515件

#### 4. 五ヶ山ダムの渇水対策の概要と効果

##### ■渇水対策の概要

五ヶ山ダムは、昭和53年の大渇水を契機に、全国初の渇水対策容量を有するダムとして計画されました。福岡県営の多目的ダムで、渇水対策容量は1,660万m<sup>3</sup>、そのうち本市分が1,310万m<sup>3</sup>確保されています。現在、全国の多目的ダムの中で、水道用特定の渇水対策容量を有するのは五ヶ山ダムだけです。これにより、昭和53年や平成6年のような異常渇水時にも市民生活等への影響を大幅に軽減できる計画です。

建設事業は平成29年度末に完了し、現在、試験湛水中ですが、この間にも既に大きな効果を発揮しました。

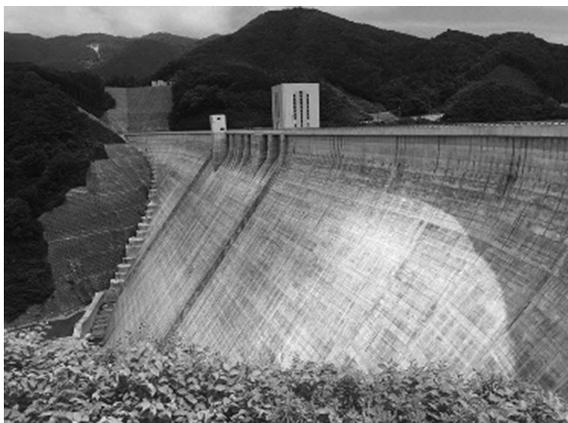


写真-2 五ヶ山ダム(二級河川那珂川上流)

##### ■渇水対策の効果

平成30年7月中旬以降の少雨により、本市の既存8ダ

ムの貯水量が急激に減少し、平成31年2月中旬には貯水率が平年値の半分の約32%まで低下しました(図-2参照)。過去30年間の同時期では平成6年渇水に次ぐ2番目に低い水準で、このまま減少が続くと給水制限の検討も必要となる大変厳しい状況となりました。しかし、今回は市民への節水を呼びかけつつ試験湛水中の五ヶ山ダムの貯留水を緊急避難的に活用することにより、過去の大渇水時のような厳しい対策を回避することができました。

その後も梅雨入りが昭和26年の統計開始以降最も遅れるなど少雨が長期化したため、貯留水の活用は結果的に平成31年2月14日から約5か月間断続的に行うことになり、その間1,000万m<sup>3</sup>を超える貯留水が放流されました。既存8ダムの貯水量は最も厳しい時で残り約940万m<sup>3</sup>(貯水率約21%)まで減少しましたので、仮に五ヶ山ダムの貯留水の活用がなければ、市民生活等に甚大な影響が生じていたものと推測されます。

近年、気候変動の影響と考えられる多雨と少雨の極端化が指摘されており、今後さらに拡大することも懸念されています。このような中で、異常渇水に備えた五ヶ山ダムの役割は今後ますます重要になってくると思われます。今回の実績で、五ヶ山ダムの渇水対策の効果、重要性を強く再認識することになりました。

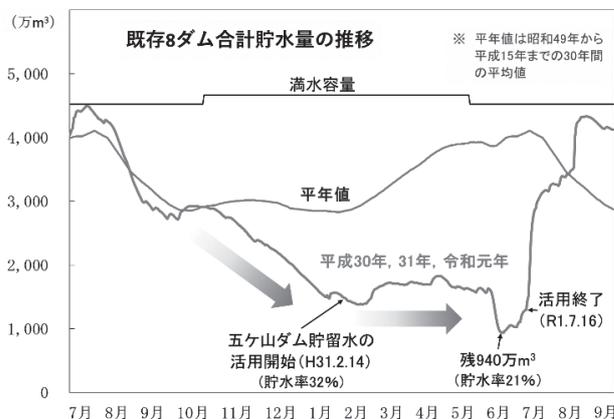


図-2 既存8ダム合計貯水量の推移

#### 5. おわりに

本市が長年取り組んできた水源開発も五ヶ山ダムの完成を以って一区切りとなります。これまで水源開発を推進できたのは、水源地域・流域の皆様をはじめ多くの関係者のご理解・ご協力、さらに先人の絶え間ない努力のおかげです。

この貴重な水源をはじめ、これまで築き上げてきた水道システムを今後とも適切に維持管理していくとともに、より効率的・効果的な運用に努め、さらに水の有効利用等を引き続き推進していくことで、「安全で良質な水道水の安定供給」を将来にわたり確保していきたいと考えています。



# 北広島市の取組

## ～ブラックアウトを乗り越えて～

北海道／北広島市／水道部／水道部長 藤縄憲通



### 1. はじめに

北広島市は、札幌市と北海道の玄関口である新千歳空港の間に広がるなだらかな丘陵地帯に位置しており（図-1）、交通の利便性が良く昭和40年代から人口が急増し、平成8年9月には市制施行しました。その後も順調に人口は増加しましたが平成19年の61,199人をピークに近年は少子高齢化の影響などから緩やかな減少傾向が続き、平成30年度末現在は58,462人となっています。

一方、札幌農学校（北海道大学の前身）のクラーク博士が「Boys, be ambitious」という言葉を残したゆかりの地でもあり、政令市以外で初となるプロ野球球団（北海道日本ハムファイターズ）の新球場建設の誘致に成功し、現在、令和5年の開業に向けて道路や上下水道などインフラ整備を急速に進めているフロンティア精神に溢れたまちです。

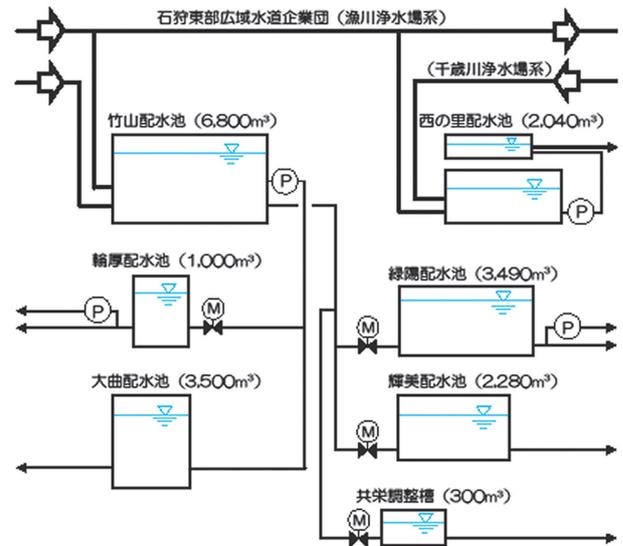


図-2 配水系統図

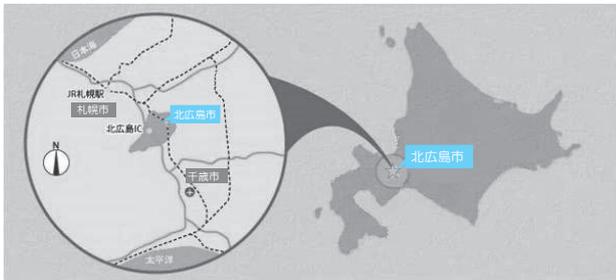


図-1 北広島の位置

本稿では、「水坤」（2018年夏号）に本市の災害対策について掲載された直後の平成30年9月に北海道胆振東部地震により被災した経験から、当時の災害対応及び被災後の取組についてご紹介いたします。

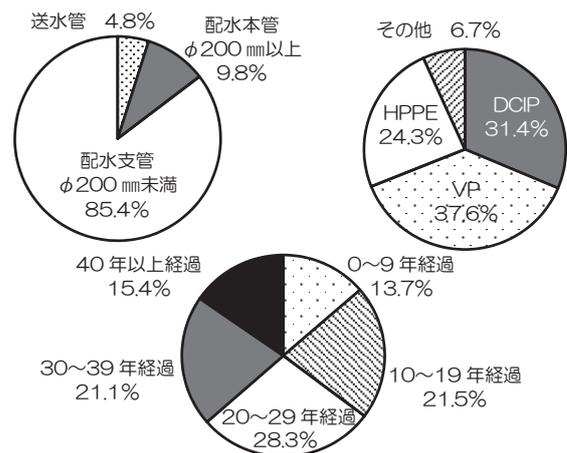


図-3 管種、口径及び経過年数の割合

### 2. 水道事業の現況

本市の水道事業は、昭和38年に広島村簡易水道事業として創設され、人口増加に合わせ5度の事業認可変更を重ね、計画給水人口69,530人、一日最大給水量26,800m<sup>3</sup>、職員数は技術系10人、事務系5人となっています。水源は、本市及び近隣団体により構成される石狩東部広域水道企業団から全量受水しており、漁川水系と千歳川水系

の異なる2水系からそれぞれ受水（図-2）した後、7箇所の配水池へ送水しており、総配水池容量は19,410m<sup>3</sup>となっています。

市内の配水管は、高度成長期の急激な民間宅地開発により市街地がスプロール状に拡大されたため、幹線配水管が不明瞭な「クモの巣」状態管網となり、φ200mm以

下の配水支管が85.4%を占めています。送配水管の総延長は、平成30年度末で約443km、管種、口径及び経過年数の割合は図-3のとおりであり、非耐震の硬質塩化ビニル管（VP）が37.6%を占めています。

また送配水管理は、水道管理センターにおいてNTT専用回線を通じ、各配水施設の流入量や配水圧力を24時間体制で集中監視・制御しています。

### 3. これまでの災害対策

本市の水道事業では自然災害に対し、①貯水機能の強化、②配水施設の耐震化、③応急給水体制の確保を対策の柱としています。

貯水機能の強化では、総配水池容量として計画一日最大給水量の17時間分、平成30年度の実績一日最大給水量（17,583 m<sup>3</sup>）の26時間分の配水池容量を有し、運用面においても日常的に配水池の水位を高く維持する管理により最低でも有効水深の73%を確保しています。また、各配水池は2池以上の構成となっており、被災時でも確実に水を貯留できるよう、内1池には流量異常検知型の緊急遮断弁を設置しています。

配水施設の耐震化の取組では、配水池7箇所の内6箇所が耐震化済であり、残る1箇所も令和3年度までに実施する計画です。

平成30年度末の送配水管老朽化率は15.4%、耐震化率は送水管55%、φ200mm以上の配水本管13%、φ200mm未満の配水支管は27%となっています。本市はこれまで地震による水道施設への大きな被害を受けた経験がなく、市内に明確な活断層も存在しないことから、送配水管耐震化計画によらず、老朽管更新時に耐震管を採用することにより合理的に耐震化を進めています。

応急給水体制の確保については、災害用貯水槽（1 m<sup>3</sup>、10基）、給水タンク（0.5～2 m<sup>3</sup>、4基）並びに給水タンク車（1.7 m<sup>3</sup>、1台）を備えるとともに、北広島市管工事事業協同組合と災害時の応急給水及び復旧工事の協力に関する協定を締結し、公益社団法人日本水道協会北海道支部とは災害時相互応援に関する協定を締結するなど関係機関との連携体制を整えています。

### 4. 北海道胆振東部地震での対応

平成30年9月6日午前3時7分に発生した北海道胆振東部地震の規模はM 6.7、震源の深さ37km、厚真町では震度7を観測した北海道観測史上最大の地震であり、本市も過去最大の震度5弱を観測しました。

地震発生後の対応は表-1のとおりですが、今回の災害は地震発生直後に北海道全域がブラックアウトとなる地震と停電の複合災害でした。また、基幹配水池である竹山配水池が定期清掃中で、通常より貯水能力が18%少

なくなっていました。災害対応は創造力と決断力が試される状況の連続でしたが、停電に加えての断水は何としても避けなければとの強い決意が職員全員にあり、結果、給水を維持することができました。以下に、発災から収束までを詳述します。

表-1 地震発生後の対応概略

<b>【9月6日】</b>	
3:07	地震発生
3:08頃～	配水池停電（全7箇所） →自家発電機起動（全4箇所）
3:09	給水量に異常なし確認 緊急遮断弁作動（2箇所）
3:30頃	市内全域で停電 水道事業職員の安否確認
4:00頃	配水池・送水管路の点検に出動
5:24頃～	配水池UPS電源喪失（2箇所）
7:03	配水池等に被害のないことを確認 （全7箇所）
7:52	緊急遮断弁を解除（2箇所）
8:03	漏水修理を依頼
9:20頃～	受水量増量を要望
10:35頃	仮設発電機（100V）設置（3箇所）
14:00	受水量追加増量を要望
19:31	配水池停電復旧（1箇所） →自家発電機停止
22:57	監視システム通信停止（5箇所）
<b>【9月7日】</b>	
9:01	配水池停電復旧（1箇所） →自家発電機停止
16:56	監視システム通信復旧（5箇所） →中央監視の再開
21:45頃～	配水池停電復旧（5箇所） →自家発電機停止
22:21頃	市内全域の停電復旧
<b>【9月8日】</b>	
17:00	各配水池水位が平常に復帰

#### (1) 地震発生後からの4時間

発災から約30分後に水道事業職員全員の安否を確認、1時間後には全員が市役所に集合しました。

発災直後の停電により配水池4箇所の自家発電機が全て自動起動し2箇所の緊急遮断弁が作動しました。配水管の破損状況は不明でしたが、大規模な漏水を疑うべき給水量の異常は認められなかったため、信号機も停止した未明の時間帯に市内全域を巡回することは危険かつ非効率と判断し、配水池と送水管路を対象を絞り確認点検を行うとともに、管工事事業協同組合に対し出動態勢を整えるよう要請しました。

また、停電の範囲は北海道全域に及び長期化の恐れもあるとの報道から、災害時協定を締結しているガソリンスタンドへ自家発電用の燃料確保を依頼しました。

2時間半後には配水池のUPS電源が喪失して配水池の

計装監視が途絶えたため、現地に職員を配置しマニュアルに沿って池水位の確認、流入バルブの手動操作による配水池の運転管理を行いました。そして約4時間後の午前7時過ぎに全7箇所の配水池に異常がないことを確認できました。

## (2) 地震発生後からの21時間

発災から5時間を経過し、住宅地の一部が崩落する大きな被害(図-4)も判明する中、水道施設への被害は市民からの通報により明らかとなった小規模な漏水数件に止まっていました。

この段階で、大規模漏水と思われる水量異常は水道管理センターで確認されず、市民からの断水通報もなかったことから送配水管に大規模な損傷はないものと判断し、2箇所の緊急遮断弁を解除するとともに、待機中の管工事協同組合へ漏水修理を依頼しました。並行して自家発電機のない配水池へ100Vの可搬式発電機を設置し、全ての計装監視機能を復旧しました。

発災から約16時間半後の19時31分に配水池1箇所の電力が回復したものの、22時57分に通信会社の非常用電源枯渇により通信機能が停止しました。これにより遠方監視・制御が不可能となり、職員は地震前日の台風対応からの勤務で疲労が蓄積していましたが、再び配水池に人員を配置し、電話回線によらず防災無線による情報伝達を行うこととなりました。



図-4 住宅地の被害状況

## (3) 地震発生後からの43時間

発災から2日目を迎えた時点で7箇所の配水池の内6箇所が停電、通信網が機能しない状況下で、自家発電用の燃料確保は避難所や病院などのニーズも増加して入手が非常に難しい状況の中、綱渡りの状態で給水を維持していました。そして2日目の16時56分から通信網が、21時45分からは電力が徐々に回復を始め、22時21分頃に市内全域の停電が復旧し、監視制御機能が回復しました。発災から約43時間後のことでした。

## (4) 発災後の配水量推移

図-5は被災時と平常時の給水量比較です。特徴的なのは、発災直後から給水量が平常時の4倍に急増しました。これは断水に備え多くの市民が汲み置きを行ったためと思われる、その後も「断水」や「余震」のデマ拡散により昨年の日最大給水量を上回る勢いで給水量は増加を続けました。このため一部区域で配水池の貯水枯渇により断水を余儀なくされる恐れもありましたが、石狩東部水道企業団からの受水量を増量して給水を継続しました。急増した給水量も21時頃には累加給水量が平常時を下回るまで減少し、配水池水位を多少回復できました。

発災から2日目に停電が復旧してからは、風呂や洗濯用と思われる給水量の増加が続き、通常の給水量に戻ったのは発災から3日目の夕方でした。

## 5. 被災による教訓

### (1) 貯水機能強化及びリスク管理の重要性

これまで進めてきた貯水機能の強化により、発災時の水需要の急増に対応することができ、また、水道施設の被害を最小限に止め断水を回避できた要因は、管種と老朽化度を組み合わせた被災リスク想定から優先順位付けを行い、管路更新を実施してきた結果であると考えています。今後は今回の地震で注目された盛土造成地の被災リスクを考慮した更新計画へ見直す予定です。

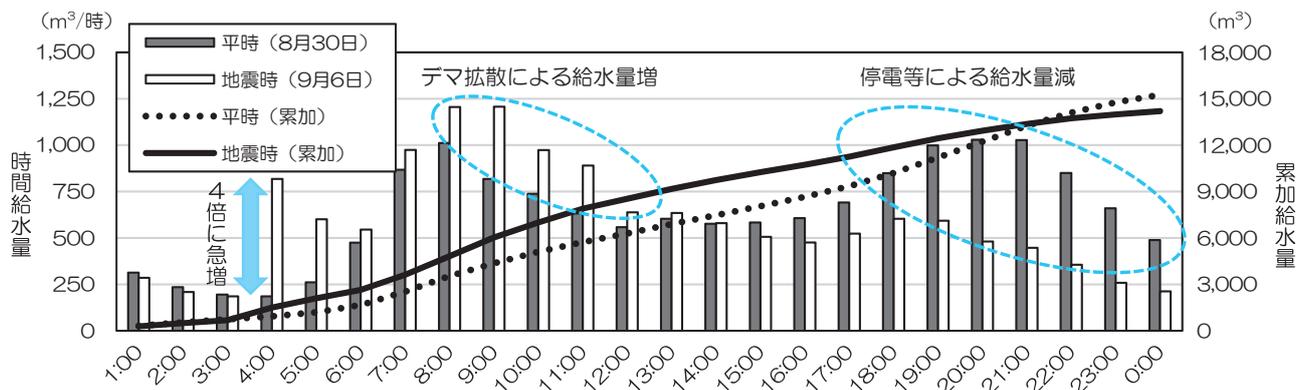


図-5 被災時と平常時の給水量比較

## (2) 停電対策充実の必要性

今回の災害対応は停電との戦いでした。自家発電装置を備えていても動力用燃料を確保できなければ給水を維持できません。停電時には一般のガソリンスタンドで給油できなくなることから、今後に向けて、新たな燃料供給事業者との協定締結を予定しています。備蓄燃料の増量については、燃料の劣化による定期的入れ替えが不経済との判断から非常時に燃料を備蓄できる保管容器の購入を検討しています。

## (3) 情報の管理・発信手段の構築

今回の被災による新たな課題は情報管理でした。発災後、直ちに広報車や市ホームページで情報発信に努めましたが、図-6のようにSNSで「断水する」というデマが拡散され、給水量の急増に加え電話での問い合わせが殺到しました。

今後は、災害時の情報管理及び効果的な情報発信手段などについて関係部署と連携し、状況に応じた多様な対応策を検討・構築していきたいと考えています。

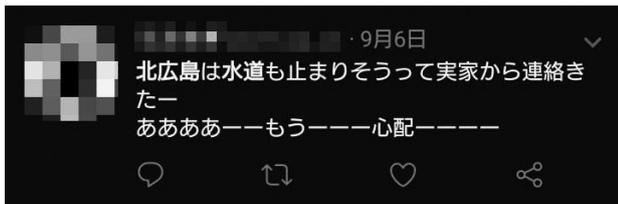


図-6 SNS上のデマ拡散の様子

## (4) 関係機関との連携及び訓練の推進

今回の被災を受け、平成31年3月に北海道内の事業者

では初めて全国上下水道コンサルタント協会北海道支部と「(災害時における)技術支援に関する協定」を締結し(図-7)、令和元年7月には、公益社団法人日本水道協会北海道支部との協定に基づく災害時相互応援訓練を実施しました。

今後も災害対応力を強化するため、多様な連携と実践に即した訓練を実施していきます。



図-7 技術支援に関する協定締結

## 6. おわりに

北海道胆振東部地震では、北海道全域停電という過去にない経験をしましたが、今後の水道事業の災害対応は想定外を想定し、それに備えることが求められる時代となりました。

本市では、これまで地震や停電など単独災害について対策を講じてきましたが、今後は複合災害についても対策を進めていきたいと思っています。