

II-42 札幌市における緊急貯水槽 — ライフ・ライン確保の一例 —

札幌市水道局 正会員 室田 保男
札幌市水道局 正会員 辻口 宏紀
札幌市水道局 正会員 五十嵐 寛
札幌市水道局 原田 政明

1. はじめに

我が国に近代水道が創設されてから 100年が経過したが、水道は当初、水因性の伝染病予防という公的使命の達成を目的とした衛生施設として整備され、その後、利便施設として家事労働の軽減、生活環境の改善等とともに都市の諸活動や産業の基盤として、我が国の高度成長を支え発展を遂げてきた。高普及の到来といわれる今日、水道は他の都市基盤施設とともに国民の生活や都市の諸活動に密着した基盤施設として社会に定着し、国民生活全般にわたり多様な機能を果たすに至っている。

札幌市水道は、昭和12年創設以来50年を経過したが、給水人口は戦争混乱期を除き着実に増加し、昭和62年10月には、給水人口 154万人、普及率97.8%となった。これらの給水需要の増大に対処するため、これまでに7期にわたる拡張事業を実施しており、現在第7期拡張事業を施行中である。この事業では 高普及時代に相応しいライフ・ラインの確保をはかるべく、これまでにない施策を盛り込んだ原水調整池の建設、浄水場相互連絡管の布設、配水池容量の増強、ブロック配水システムの整備、緊急貯水槽等種々の事業を実施してきたところである。なかでも特徴的なのは、災害にも強い水道施設づくりの一環として緊急用貯水槽を水道局本庁舎と併せて建設したことである。

本稿では、この緊急用貯水槽の基本的な考え方とその概要について報告するものである。

2. 緊急貯水槽の基本理念

(1) ストック機能の充実

水道は一般的にフローの施設体系であり、従来ストックという概念はわずかであった。しかしながら水道が高普及を達成し、飲料水確保のための唯一の手段となり、都市におけるライフラインとして位置づけられるに至った今日、安全な水を安定して供給するためには、水道システムにストック機能を持ったプロセスを充実することが不可欠である。

従来の水道システムでは、浄水施設の浄水池や配水施設の配水池等にストック機能を持たせているが、これらは需要量と生産量との時間変動差を吸収することが主な目的であり、安定給水を目的とした供給予備力については多くを持たされていない。このため、施設の点検・補修、管路の洗管等の定常業務で減断水を伴うことが多く、さらに事故・災害等の非常時には、長時間の断水を余儀なくされる場合がみられる。

一般に現行の水道システムは、給水栓での水圧の確保を配水池の高さによって与えている。したがって、本市のように市街地が比較的平坦な地域に展開している場合には、配水池は市街地から離れた高地に設置されるのが通常であり、市街地にはストック機能を期待できないのが実情である。

今回本市が建設した緊急貯水槽は、平坦市街地におけるストックの確保を目的とした施設で、配水システム内にストック機能を有するプロセスを付加して通常時の安定給水機能を高めるとともに、災害等の非常時においても市民生活上欠くことのできない飲料水を確保しようとするものである。

(2) 災害対策機能の充実

水道施設における災害には、地震・濁水・水源汚染等があげられるが、発生頻度の比較的高い風水害に対

しては、土砂崩れ等による二次災害を除き、水道は比較的強靱である一方、発生頻度は低いものの、地震に対しては脆弱な施設である。特に、地震発生時には、浄水場や配水池等の施設よりも、配給水管に被害が集中し、水量・水圧の低下や濁水の発生等が広範囲に及ぶことが特徴である。昭和53年 6月に発生した宮城県沖地震による水道施設の被害としては、宮城県下74市町村のうち浄・配水施設での被害が38ヶ所に対し、導・送・配水管の被害が1,600ヶ所に及び、折損等による断水が広くみられた。

このようなことから、震災対策として、施設の耐震化や老朽管の更新さらにブロック配水システムの導入等が積極的に図られている。ブロック配水とは配水管網をいくつかのブロックに分割し、適正な流量・水圧のコントロールを行うとともに、管網における事故の影響範囲を最小限に止めることを企図した配水方式であり、本市では最終的には平坦市街部を約100ヶ所の配水ブロックに分割する計画を進めている。

これら災害に強い水道システムの再構築が積極的に行われているものの、大地震発生場合には、配給水管にある程度の被害が及ぶものと見込まれている。そこで、このような場合においても、飲料水供給のライフラインとしての機能を維持するための災害対策施設として、緊急貯水槽が位置づけられる。札幌市では市域にかかわる防災に関して、災害対策基本法第42条の規定に基づき、災害予防、災害応急及び災害復旧等の災害対策活動の円滑な実施を図るため「札幌市地域防災計画」を策定している。このなかで、想定地震は本市及びその周辺に発生した過去の地震の状況等から、本市域に影響を及ぼす地震として、次の2つのケース地震を想定している。

①十勝沖地震（海洋型巨大地震）M8級 震央距離300Km

②石狩湾地震（直下型中級地震）M7級 震央距離70Km

この想定地震による本市域の各地盤型（36種）における地表面最大加速度は、弾性地震応答計算の結果、①の十勝沖地震では52～186gal（震度4～5）、②の石狩湾地震では83～220gal（震度5）である。

水道ではこの計画を受け「札幌市水道局震災対策計画」を策定しており、想定地震発生時の被害については、取水・導水・浄水施設及び送水管・配水池に多少の被害はあるものの施設の機能に支障を及ぼすような被害は発生しないと考えられるが、配・給水管には折損や継手部からの漏水が相当数あるものと見込んでいる。

この際、管路の復旧までの間、飲料水の確保が必要となるが、昭和70年給水人口184万人に対し、第1段階として必要最小限の飲料水3ℓ／人／日を3日間、第2段階としてある程度の生活用水を加えた20～25ℓ／人／日を3日間、合計6日間で79ℓ／人を必要水量として、総量145,440㎡の緊急用水源を確保する計画としている。このうち第2段階の緊急用水には浄水場・配水池・ポンプ場等の貯留水を充てるものとし、地震発生時にはこれらストック施設の流出弁を閉止して、管網からの漏水を防止する。第1段階の初期3日間における飲料水の確保を、緊急貯水槽が受け持つこととしており、平坦市街地の配水ブロックに、おおむね1ヶ所づつ合計約100ヶ所設置する計画である。

（3） 水質保持機能の確保

水道システム内のストック機能を充実し、量的安定化を図る際には、同時に水質保持機能を充実させて質的安全性を確保することが肝要である。

配水池における残留塩素の低下にみられるように、滞留に由来する水質の劣化はストック機能の向上に付随して派生する問題点である。

このような水質劣化に対処する方策として、滞留時間を極力短縮するよう、配水管網での設置場所・容量構造等を決定する必要がある。

そこで、緊急貯水槽は通常時は配水管として使用することで滞留水の発生を防止する構造とし、設置場所をできるだけ配水ブロック注入点に近づけ、配水幹線もしくは準幹線に直結することで対処することとした。

また、今後残留塩素計等の水質測定計器を設置することで、水質劣化のチェックが可能となり、ブロック

配水における水量・水圧の適正管理と合わせて配水システム内の水質管理の強化が図られる。

3. 本庁舎緊急貯水槽の概要

(1) 建設位置

本市水道は、昨年50周年を迎え、これを契機として独自本庁舎を札幌市のほぼ中央に位置した大通り東11丁目に、地上四階、地下二階、塔屋二階の鉄骨鉄筋コンクリート造りで建設した。

この庁舎の建設に併せて、緊急用貯水槽を同一敷地内に建設したが、これは、今後建設予定の緊急貯水槽のモデルケースになるもので、非常時に市民が徒歩で参集可能な、庁舎を中心とした半径2km圏内の人口12万人の飲料水を確保するものである。

(2) 必要容量

地震等の被害によって、水道施設が被害を受けた場合には、過去の他都市の事例から、機能回復までに6日間程度は要すると推測され、この間応急給水体制で臨まざるをえず、本市水道の震災対策計画では前述のとおりこれを2段階に分けて考えている。この本庁舎緊急貯水槽は、第1段階の必要最小限の飲料水を確保しようとするもので、12万人に対し3日間で1人当たり9ℓ必要なことから、緊急貯水槽容量を1000 m^3 に決定した。

(3) 構造

本庁舎緊急貯水槽は、屋外地中に埋設した大口径ダクタイル鋳鉄管による圧力方式緊急貯水槽 700 m^3 と、屋内地下2階に設置した庁舎受水槽と兼用のRC造自由水面方式緊急貯水槽 300 m^3 とからなっている。屋外の管路による貯水槽は、布設スペースの制約からコンパクトに配列するため、90度曲管折り返し4列並列とし、流入・流出部は1ヶ所の弁室に集約した。

本庁舎緊急貯水槽の諸元は次のとおりである。

- ・圧力方式緊急貯水槽：有圧密閉型 $\phi 2600\text{mm}$ UF型ダクタイル鋳鉄管 $L=133\text{m}$ cap700 m^3
- ・自由水面方式緊急貯水槽：水面開放型 RC造水槽 cap300 m^3
($L 12.9 \times B 5.2 \times H 2.5$)



写真-1 札幌市水道局庁舎

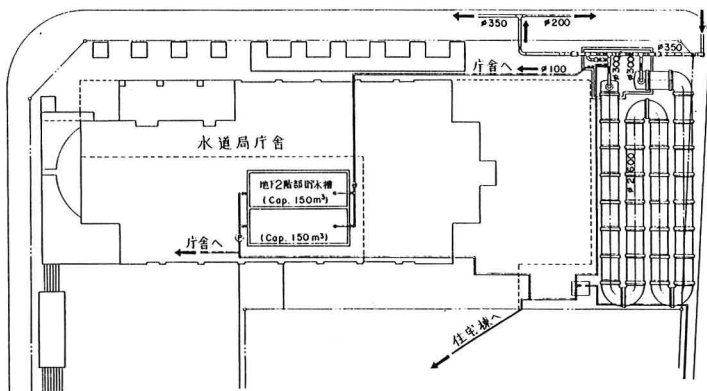
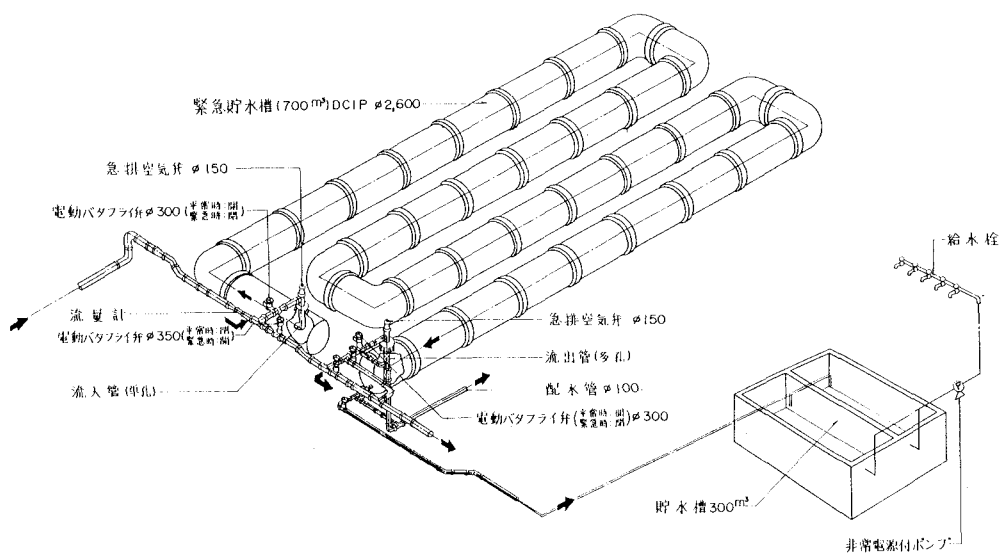


図-1 緊急貯水槽平面図



図－２ 緊急貯水槽構造図

４． 本庁舎緊急貯水槽の特徴

(１) 運転及び維持管理

本庁舎緊急貯水槽は、水道局本庁舎に設置されている。このような庁舎併設型の緊急貯水槽は、以降に建設を予定している単独設置型の緊急貯水槽のように原則として無人であるため、異常を自己検知し自動でバルブの開閉操作を行う運転方式とは異なった条件を持っている。

一つは、災害時における水道局の対策本部が本庁舎におかれ、技術職員等水道専門技術者が多数この緊急貯水槽の近辺に集合するということである。緊急貯水槽に関与する管路の流量異常時には警報は作動するものの、緊急貯水槽貯留水を確保するための流入・流出弁の操作は人間が状況を判断してから操作することにしており、この判断情報としては、対策本部がおかれる場所に緊急貯水槽の状況が一目で把握できるパネルが設置されている。また、地震が夜間等職員がいない時間帯に発生した場合は状況を判断できる人間が指示を出すことにしている。

二つには、災害時等に本庁舎機能を確保するために自家発電設備を設置しており、これを緊急貯水槽の流入・流出弁等の開閉動力とすることによって、本市で通常使用し操作方法に慣れ、また、信頼性にも実績のある電動弁とすることができたことである。

さらに、受水槽に貯留した飲料水を非常給水する場合の方法として、通常時には庁舎の給水に使用しているポンプを非常給水用ポンプとして利用し、地下二階の受水槽からポンプ揚水して非常給水をスムーズに行えるようにしている。

三つには、本庁舎緊急貯水槽の維持管理は、水道局勤務経験者等で構成される水道サービス協会が24時間体制で行っており、通常時・災害時を問わず極めて高い維持管理能力が期待できることである。

(２) 貯水方式

緊急貯水槽の貯水方式には、圧力式と自由水面式とがあり、両者それぞれに特徴を有している。本庁舎緊急貯水槽は飲料の水質保持とメンテナンスフリーを基本とし、この両者の特徴を有効に活用することとした。

圧力方式では、貯水管を配水管と直結し、常時は配水管として使用することにより、管内滞留を短時間に留め水質への影響を小さくしている。また、圧力管として配水管網の一部に組み込んだため、配水管に逆送

する加圧ポンプ等が不要となり、付帯設備も最小限にして維持管理性の向上を図っている。

自由水面方式では、貯水槽は通常時には本庁舎の受水槽として使用するが、災害時には緊急貯水槽として非常給水を行うポンプ井としての機能をも兼ね備えた施設とした。また、滞留による水質への影響を最小限にし、かつ、特殊な構造物としないことによって維持管理性の向上を図っている。

さらに、この2方式を組み合わせた本庁舎緊急貯水槽システムの特徴としては、災害時には配水管路の一部である圧力方式の緊急貯水槽から、受水槽を兼用した自由水面方式の緊急貯水槽に自然流下で送水されるように考慮し、システムの簡素化を図っていることである。

(3) 異常感知機能

配水管網に特に重大な影響を与えると考えられる震度5以上の地震の場合、24時間連続監視している配水センターやサービス協会職員が感知でき、各種報道機関からも速やかに地震情報は得られる。緊急貯水槽では管路の被害状況が必要な情報であることから、地震の震度はとくに計測しないこととした。

地震により管路が折損・抜け出し等の被害を受けた場合、流量・流速には必ず影響を及ぼす。このため、流量を配水管路異常に対する必要情報と考え、流量計を設置し、通常と異なる値を示した場合を異常とする警報システムを採用した。流量のみとしたのは、現段階では本庁舎緊急貯水槽に至る配水管の系統が比較的新しく、また、毎年配水管網の濁水を予防するため洗管等を実施しており、流量異常による高流速が直ちに濁水等の発生につながることはなく、この際にも良好な水質を確保できると考えたからである。

しかし、緊急貯水槽においては量の確保と同時に質の確保が不可欠である。このため、将来は濁度計・残塩計等の水質計器を設置してよりきめの細かい管理体制の確立を図る必要がある。さらには、現段階ではプロセス管理である浄水管理システム、配水管理システム等に加えて水質管理システムをも組み込んだトータルシステム管理も必要になると考えている。

(4) 防食対策

水道施設は、本来半永久的に稼働しなければならない性格のものであり、特に、災害対策用施設には、より大きい耐久性が要求される。本庁舎緊急貯水槽においては、この観点から防食対策に配慮している。

弁室内は、常時結露が発生するなど一般に環境が悪いことから、管・弁類に発錆・腐食がおきる。また、管内部は、一般的にはモルタルライニング等のライニング材によって被覆されているので問題はないが、大口径管内部継手部はその構造上発錆はさけられず、錆こぶがはく離して赤水の原因となる恐れがある。

これらの対策として、弁室内の管・弁類の外面には亜酸化鉛フェノール系塗装、内面にはエポキシ樹脂粉体塗装、大口径管内部継手部には防食用樹脂モルタルを充填し、防食対策とした。また、結露、発錆・腐食による酸欠等、弁室内環境の悪化を改善し、防食効果をあげるため弁室内に斜流ダクトファン2基を設置し、十分な換気が行なえるよう配慮している。

(5) 水質の安全性

大口径管路による圧力方式の緊急貯水槽は、“ブロック配水”の注入点に設置することで、水質の安全性を確保するようにした。しかし、それでもなお配水管との口径差が大きく、配水管内の流速に比べて大口径管の流速が低下することによる水質変化を引招く恐れがあったため、

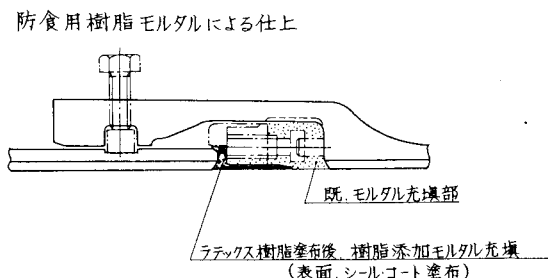


図-3 ジョイント部断面図

この対策として流入・流出管の構造をモデルを用いた実験により検討し、水の停滞・水の入れ替わり状況を確認した。実験の結果、流入・流出管を図-4の構造とすることで、貯水槽容量の5回分約3,500m³水の入れ替わりによって、管内停滞を防止できることがわかった。

さらに、実際の大口径管路においても、通常時及び緊急時の水質変化と現状流量での水の入れ替わり状況を実験したが、この結果は図-5の通り、モデル実験とはほぼ同様の結果であった。また、3日間の応急給水時の槽内貯留水の水質変化については、残留塩素を0.1ppm以上確保するには十分な日数であり、消毒剤を再注入することなく、飲用に適した水質を保証できることも明らかとなった。

上記モデル実験、及び実際の貯水槽を用いた調査結果から、今回建設した緊急貯水槽の機能が、通常の使用状態即ち配水管として、また文字通り緊急時のストック施設として、水質的安全性に裏付けられたものと思料される。

5. おわりに

現在、札幌市水道では、来るべき21世紀へ向け長期的水源の確保・給水サービスの充実をテーマに高普及時代に伴う質の向上を図っていきたいと考えている。

以上述べてきたように、今回建設した緊急貯水槽をモデルケースとして、順次各地に大口径管路タイプの緊急貯水槽を建設していく計画であるが、今回の緊急貯水槽は勿論、今後建設していく貯水槽も、災害時においても平常時と同様清浄な飲料水を市民に供給できるものでなくてはならず、それらが実現されて初めてテーマにある「給水サービスの充実」につながると確信している。

そのためには、ストック機能をより充実させ、ブロック配水システムとの調和を図りつつ適正な配水管としての管理をしていくことが必要であると考えている。

また、災害時における管路異常等の検知機能と、緊急貯水槽を含めた水道施設全般のトータル管理システムの構築を今後の課題として捉え、ライフラインの確保を図っていく計画である。

参考文献

1. 野島廣紀, 相原貞雄, 五十嵐 寛; 既存配水池の機能向上策について
土木学会北海道支部研究発表会論文報告集, 1986
2. 平賀岑吾, 工藤仁臣, 中村幸夫, 菅原伸二; 原水の貯留による水質調整について
土木学会北海道支部研究発表会論文報告集, 1986
3. 清水洋勝, 高梨和男, 長利秀則; 定山溪浄水場の原水貯留池
第38回全国水道研究発表会講演集, 1986

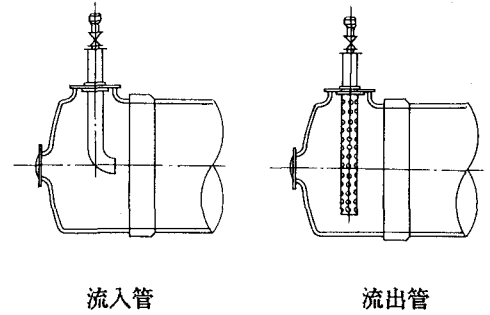


図-4 流入管断面図

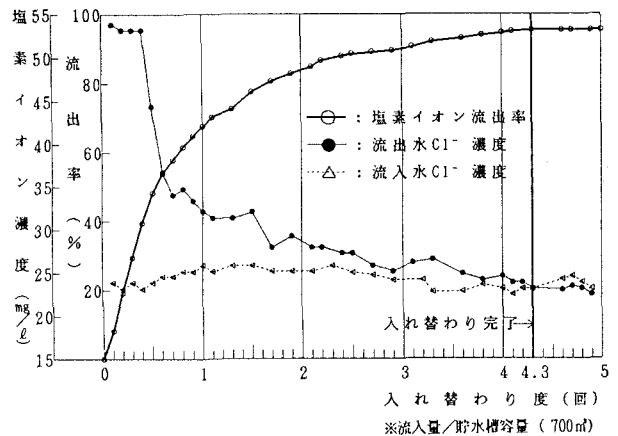


図-5 流出パターン