

配水池改修工事に伴う配水能力低下時の 給水サービス維持について

日本水工設計(株) 山本 純平

S 市の 0 配水場では、老朽化から配水池の改修工事が予定されている。工事を実施するには 2 池のうち 1 池を空水とし、1 池単独で運用する必要があり、配水場全体の配水能力が大幅に低下するが、S 市において、0 配水場は重要な配水拠点であるため、従来通りの給水サービスを維持する必要がある。

そこで本稿では、工事に伴って配水能力が低下した場合でも、従来通りの配水量を確保し、給水サービスを維持するための水運用方法を提案した事例を紹介する。

今後、本検討をモデルケースに同様の課題を抱える事業者への展開及び応用に繋げたい。

Key Words : 配水池、配水能力、バックアップ、給水サービス、管網解析

1. はじめに

水道の基幹施設である配水池は、浄水を貯留する機能だけでなく、送水量と配水量との時間変動調整機能、非常時に一定の時間、所定の水量・水圧を確保する非常時対応機能、他の配水池との相互融通機能等を有しており、極めて重要な役割を担っている。

一方で、我が国における配水池等の水道施設の多くは高度経済成長期に集中的に整備されたため、50年以上経過した現在、多くの施設の老朽化が進行しており、計画的な施設の更新・改修が必要となっている。

本稿で対象とするS市の0配水場においても、老朽化対策として配水池の内面防水塗装工事（改修・塗替え）等が予定されている。工事を実施するには2池のうち1池を空水とし、1池単独で運用する必要があるため、配水場全体の配水能力が大幅に低下する。

一方で、S市において、0配水場は重要な配水拠点であるため、従来通りの配水量を確保することが求められる。

ここでは、工事に伴って配水能力が低下した場合でも、従来通りの配水量を確保し、給水サービスを維持するために検討した事例について紹介する。

2. 対象施設の概要

0配水場は、1号配水池（5,000m³）及び2号配水池（15,000m³）の2池で構成されており、現在、竣工から40年以上が経過している。

水源は受水している県営水道（以下、県水）及び地下水（自己水源）となっており、地下水を浄水処理するための急速ろ過機が2機設置されている。0配水場の概要を表1に示す。

表 1. 対象施設の概要

	竣工年	構造	配水方式	配水池容量	計画一日最大給水量	有効水深
1号配水池	1981年	PC (円形)	ポンプ加圧	5,000m ³	49,600m ³ /日	10.5m
2号配水池				15,000m ³		

3. 配水池改修工事とその影響

3. 1 配水池改修工事の概要

現在の2号配水池の内面防水塗装は、タールエポキシ樹脂が使用されており、塗装後41年が経過している。タールエポキシ樹脂は防食性及び経済性に優れることから、配水池の内面防水塗装として広く使用されてきた。

一方で、近年、タールエポキシ樹脂に含まれるタールが特定化学物質（体内に取り込むと健康障害を起こす可能性が高い化学物質）に指定されたことから、現在では水に接する面への新規使用が禁止されている。現在塗装されている施設を継続して使用することは、問題ないとされているが、塗装の更新は早期に行うことが望ましいことから、2号配水池において、内面防水塗装工事が予定されている。

また、2号配水池では今後、耐震診断を実施する予定であり、診断結果によっては、耐震補強工事を行う必要がある。

3. 2 配水池改修工事による影響

内面防水塗装工事は配水池を空水にして行う必要がある。工事期間中は2号配水池（15,000m³）と比べて規模の小さい1号配水池（5,000m³）単独での運用となるため、配水池の運用下限値を下回り、現状と同様の配水量を確保することは困難となることが想定される。そこで、現状と同様の給水サービスを提供するために、1号配水池が運用水位を維持できるような配水場の運用方法の変更が必要となる。

3. 3 1号配水池単独での給水サービス維持の可否

2号配水池の工事中に1号配水池単独で従来通りの配水場の運用が可能かを検討するにあたって、0配水場の配水量実績を整理した。ここでは、運用上最も厳しい条件となる一日最大配水量を記録した日において、給水サービスの維持が可能かを検討した。

3. 3. 1 一日最大配水量の抽出

平成30年度～令和2年度における0配水場の月別一日最大配水量を表2に示す。この期間における一日最大配水量は46,360m³（令和2年7月12日）であることから、この日の実績水量を配水場運用検討における対象水量とした。

表 2. 月別の一日最大配水量一覧

	0配水場 総給水実績 (m ³)											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
平成30年度	8日	31日	15日	17日	1日	27日	30日	28日	24日	30日	13日	5日
	41,360	41,330	42,900	42,430	40,910	40,890	41,080	42,300	41,680	41,450	41,000	41,120
令和元年度	22日	6日	27日	30日	1日	25日	28日	12日	26日	27日	12日	1日
	42,070	42,820	42,200	42,940	41,750	42,790	43,010	44,160	44,330	43,320	43,340	42,550
令和2年度	2日	3日	8日	12日	21日	3日	20日	16日	31日	10日	21日	24日
	44,110	44,100	44,540	46,360	46,110	44,690	44,660	45,490	45,790	44,650	44,910	44,270

3. 3. 2 1号配水池単独での給水サービス維持の可否の検討

「水道施設設計指針」に準拠し、一日最大配水量を記録した日における配水量の変動実績を用いて、時間変動調整容量（送水量と配水量の調整に必要な容量）を図1のように算定した。

配水池への流入量を一定とした場合、時間変動調整容量は時間平均配水量（図中の黄線）を超えた部分の面積（図中の斜線部分）で表され、10,180m³となった。時間変動調整容量10,180m³が1号配水池容量5,000m³を上回るため、改修工事に伴い、2号配水池を空水とした場合、配水量が不足し、現状と同様の給水サービスの提供は困難であることが明らかとなった。

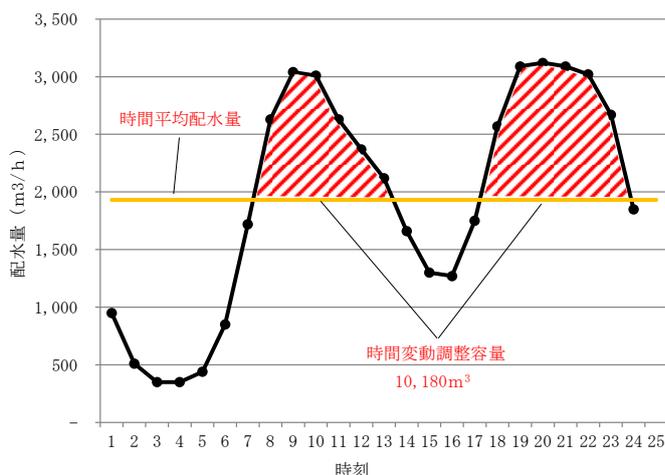


図 1. 時間変動調整容量の算出結果

4. 給水サービス維持方法の検討

4. 1 1号配水池単独での配水可能量の算出

4. 1. 1 配水可能量の検討条件

0配水場では、極端な水位の上昇、低下による断水を回避するため、有効水深10.3mのうち3.8m~8.9mの水位で運転しており、工事期間中においてもこの水位を満足する必要がある。近年の水運用状況等から、1号配水池単独で運用する場合の条件を表3に整理した。

表 3. 検討条件一覧

No	項目	検討条件の内容
①	1時間あたりの配水量	1日最大給水量の実績最大値である令和2年7月12日の配水量を基準とし、最小配水量は400m ³ /hとする。
②	1号配水池	底版面積は、476.19m ² とする。
③		有効水深は平成27年度の耐震補強工事を考慮し、10.5m-0.2m（底版補強厚）=10.3mとする。
④		運用水位はL.W.Lから3.8m以上8.9m以下とする。なお、検討開始水位は4.0mとする。
⑤	泉水受水量	1) 検討開始受水量は0配水場の計画一日最大給水量の90%を原則とする。
⑥		2) 水位条件に該当しない場合は、84%まで減少させ、24時間で除したものを検討開始受水量とする。
⑦		1) 検討開始受水量に対して必要に応じ1時間あたりで増減させ、その増減幅は200m ³ /hとする。
⑧		2) 泉水受水量は24時から1時の間においても変動幅±200m ³ となるようにする。
⑨	地下水取水量	泉水受水量の変動量の合計は、1日の中で±0m ³ とする。
⑩		1時間当たりの泉水受水量は、800~1,800m ³ /h程度とする。
⑨	地下水取水量	1) 地下水取水量は、ろ過の最大値を420m ³ /h（210m ³ /h×2台）とする。
⑩		2) 運用時間は、近隣住民への騒音等を考慮し、6時から22時までとする。
⑩	地下水取水量	最大取水量は、近年の実績最大値である8,900m ³ /日とする。

4. 1. 2 検討結果

県水受水量の変動を考慮しない場合、配水量の多い時間帯に対応するため、多くの量を一定受水しなければならない。一方で、多くの量を一定受水すると配水量が少ない時間帯にオーバーフローが発生する。前項の検討条件を考慮した上で、配水量の増減に合わせて県水受水量を1時間ごとに変動させることで、1号配水池単独での配水可能量は、一日最大給水量の実績最大値の84.1% (39,000m³/日) であることが明らかとなった。検討結果を図2に示す。

計画一日最大給水量 (49,600m³/日) に対し、10,600m³/日不足するため、不足水量のカバー方法を検討する必要がある。

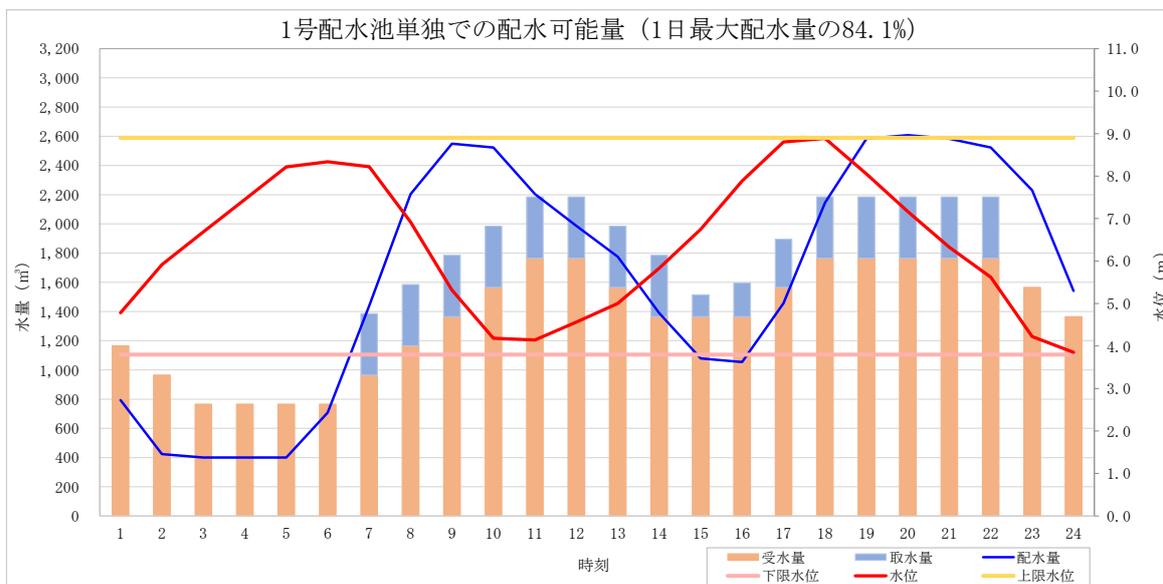


図 2. 配水可能量の検討結果

4. 2 不足水量のカバー方法について

不足水量のカバー方法として、仮設タンクの設置や他の配水場からのバックアップが考えられる。仮設タンクについては、容量が大きく、コストを要することや、配水場内での設置スペースの確保が困難なことから、現実的ではないと判断した。

一方で、S市では、配水本管が配水場間で接続されており、水の相互融通が行えることから、他の配水場からのバックアップが可能である。そこで、他の配水場からのバックアップによる給水サービスの維持について検討した。

4. 3 バックアップによる給水サービス維持の検討

4. 3. 1 バックアップ方法の検討条件

バックアップ方法を検討するにあたっての検討条件を表4に示す。

表 4. バックアップ方法の検討条件

No	検討条件の内容
①	給水量が最大となる令和10年度における、S市全体の計画一日最大給水量426,000m ³ /日を用いる。
②	0配水場の計画一日最大給水量49,600m ³ /日に対し、設定した配水可能量からの不足水量10,600m ³ /日を他の配水場でバックアップし、水量は配水量の比率に応じて按分する。

4. 3. 2 バックアップ方法の検討条件

S 市全体に対する 0 配水場の受持水量と、2 号配水池の停止期間中における 0 配水場の配水可能量を表 5 に整理した。なお、時間最大配水量算出時の時間係数は $K=1.8$ としている。

表 5. 0 配水場における水量の整理

	受持水量	配水可能量	不足水量
1日最大配水量 (m ³ /日)	49,600	39,000	10,600
時間最大配水量 (m ³ /h)	3,720	2,925	795

4. 3. 3 バックアップする配水場及び水量の設定

0配水場へバックアップする配水場は配水ポンプの能力に余裕があり、施設配置的にも有効であると考えられるT配水場・N配水場を選定した。

0配水場へのバックアップ水量は時間最大配水量に着目して設定し、それぞれの配水場で配水可能量の範囲内であることを確認した。また、バックアップ時の各配水場のバランスを可能な限り変更しないように、0配水場における時間最大時の不足水量をT・N配水場の受持水量に基づき按分した。

結果を表6に示す。バックアップ水量を加算した配水量は配水能力の範囲内であり、バックアップ水量の確保は可能である。

表 6. 0 配水場へのバックアップ水量設定表

配水場	配水可能量 (m ³ /h)	配水量過不足 (m ³ /h)		バックアップ時の配水量 (m ³ /h)		
		受持水量	過不足	受持水量	バックアップ水量	配水量
0配水場	2,925	3,720	-795	3,720	-795	2,925
T配水場	6,750	3,923	2,827	3,923	591	4,514
N配水場	3,120	1,350	1,770	1,350	204	1,554

4. 3. 4 管網解析及びその結果

他の配水場からのバックアップ水量の確保は可能であることが明らかとなったが、S市全域で所定の有効水頭が確保できるかを確認する必要がある。ここでは、バックアップ水量を考慮した管網解析を実施し、S市全域への配水が可能かを確認した。なお、S市では全域で有効水頭20m以上を確保しなければならない。

管網解析の結果、有効水頭 20m未達の管路が発生した。ただし、配水ポンプに余裕がある T 配水場のポンプ圧力を 3m上昇させることで、S 市全体での有効水頭を 20m以上確保することが可能となることが明らかとなった。

0配水場へのバックアップ時に平常時と流向が逆転し、一定以上の流速となった場合に、管内面の錆が剥離し、赤水等の濁水が発生することがある。そこで、バックアップによる濁水の影響を把握するために、流向が逆転する管路を抽出した。

口径の大きな管において逆流が確認されたが、流速が遅いため、濁水のリスクは低いと考えられる。一方で、口径が比較的小さな管においても逆流が確認され、濁水のリスクが高くなる流速0.3m/s (表7参照) を超える管路が確認された。対策として「当該管路に対して、事前排水による洗管作業の実施が必要である」という提案を行った。

表 7. 管内流速と夾雑物の挙動及び移動速度

流速 (m/s)	砂	錆	赤水	塗膜片
0.05	-	-	管内の流れに応じ、スムーズに流れる	ほとんど動かず
0.1	動かず	動かず		少しずつ管底を流れる 【約0.05m/s】
0.2	同上	わずかに動くものもあるがほとんど動かず		管底を流れる 【約0.15m/s】
0.3	少しずつ動く (止→流れる→止の繰り返し)	少しずつ動く (止→流れる→止の繰り返し)		管底付近を多く流れる 【約0.25m/s】
0.4	ほとんどが絶えず流れる (管底を流れる感じ) 【約0.2m/s】	ほとんどが絶えず流れる (管底を流れる感じ) 【約0.18m/s】		-
0.5	同上 【約0.27m/s】	同上 【約0.26m/s】		管底から管中央付近を多く流れる
1.0	管底を流れる 【約0.64m/s】	管底を流れる 【約0.71m/s】		管底付近も比較的多く流れるが均一な分布状態ではない
1.5	同上	同上		
2.0	ほとんどが管底を流れる	ほとんどが管底を流れる		管底から管頂までほぼ均一な分布状態で流れる
3.0	管中央部付近も浮いた状態で流れる	管中央部付近も浮いた状態で流れる		同上

(出典：水道維持管理指針 2016 p. 454)

5. まとめ

水は人間が生きていく上で欠かすことのできないものであり、配水池は、その水を人々に供給するための極めて重要な基幹施設である。

今回対象とした0配水場2号配水池に関しても、改修工事によりその運転を停止した際には、数万人もの人々への給水に影響を及ぼすリスクを抱えた状態であった。

しかし、改修工事中に運用できる1号配水池を最大限活用しながら、不足する水量を他の配水場からバックアップする方法を提案し、2号配水池の改修工事に伴う配水能力低下時においても給水サービスを維持しなければならないという課題に対する解決策を示すことができた。一方で、他の配水場からバックアップすることによって、一部の管路で濁水が発生する可能性があることが明らかとなり、一部の利用者への給水サービス低下のリスクが懸念されたが、管網解析により当該管路を明らかにし、事前に洗管作業を実施するという、給水サービス低下へのリスク低減対策を提案できた。

複数の大規模な配水池で構成された配水場は、全国的にも散見されるが、本稿で対象とした0配水場のように容量の大きく異なる2つの配水池の小さい方単独での運用で給水サービスの維持方法を検討した事例は少ない。今後、本検討事例をモデルケースとして、同様の課題を抱える事業者へ展開・応用し、適切な提案を行うことが期待できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 水道施設設計指針 2012 (日本水道協会)
- 2) 水道維持管理指針 2016 (日本水道協会)