

II-31

白川第3浄水場の建設計画

札幌市水道局 小田 直正
 札幌市水道局 正会員 金谷 敬一
 札幌市水道局 立石 彰

1. はじめに

水道は健康で文化的な市民生活と都市の諸活動を支える基幹施設であり、普及率が93.6%（昭和61年度末全国平均）という高普及を達成した今日では、市民の生活用水を供給する手段として、電気・ガス・電話などとともに都市における「ライフライン」の一つとなっている。

水道法によると、水道の目的は「清浄にして豊富低廉な飲用水を安全・安定的に供給すること」であり、水道を「導管及びその他の工作物により、水を人の飲用に適する水として供給する施設の総体」と定義している。すなわち、水道は飲用水の生産プロセス（質変換プロセス）と、その供給プロセス（輸送プロセス）の複合システムであり、一般的には水源、取水、導水、浄水、送水、配水施設及び給水装置によって構成される。このうち、浄水施設（浄水場）は、原料である表流水等（原水）を飲用に適する水（水道水）に変換する過程であり、水道システムにおける生産プロセスの中核として位置づけられ、高い信頼性と安全性が要求される施設である。

白川浄水場は、現在給水人口150万人を超える札幌市水道の現有5浄水場のうちで、最大規模の中核的浄水場である。昭和46年に第1浄水場の運転を開始して以来、給水需要の増加に応じて施設能力を段階的に拡張し、昭和63年の第3浄水場の通水により、白川浄水場は本市全体給水能力78万5千 m^3 /日の75%以上を賄うこととなった。この第3浄水場の建設計画にあたっては、既存の第1及び第2浄水場の建設と運転管理の実績を踏まえ、「安全・安定給水の確保」を目標に、さらなる信頼性と安全性の向上策が計画された。

そこで本論では、白川浄水場の創設からの経緯をたどるとともに、第3浄水場の建設計画における基本的な考え方と、その具体策を技術的な観点から報告する。

2. 白川浄水場の概要

白川浄水場は図-1のとおり、取水施設、導水施設、浄水施設、排水処理施設とこれらを総合的に管理する管理施設からなる浄水場である。

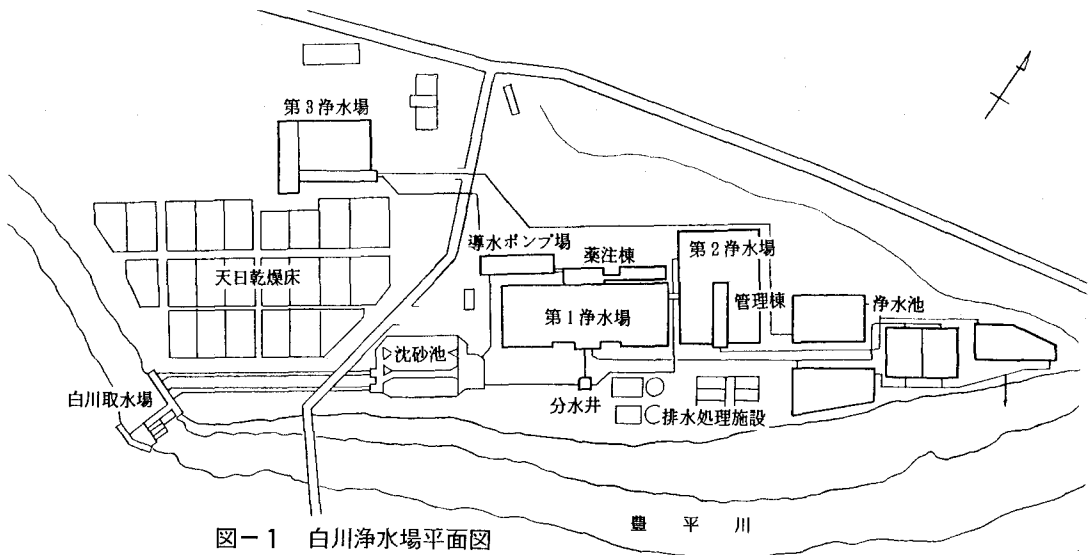


図-1 白川浄水場平面図

その概要は次のとおりである。

(取水施設)

取水施設は、原水である豊平川河川水（ダム放流水）を取り入れるための施設で、簾舞注水口、白川取水場、沈砂池からなる。簾舞注水口は藻岩ダムで堰止められた河川水を、白川浄水場で必要とする量を下流に放流する。簾舞注水口の約1 km下流に位置する白川取水場は、固定堰で河川水を堰あげて取水口から取り入れ、自然流下で取水路を通り沈砂池を経由して導水施設にいたる。

(導水施設)

第1及び第2浄水場の原水は、分水井で分配後自然流下でそれぞれの混和池に導水される。一方、第3浄水場の原水は、導水ポンプ場を経由して着水井へ導水される。

(浄水施設)

浄水施設は、第1、第2、第3浄水場と薬注棟か

らなる。浄水処理方法は、図-2で示すフローのとおり、凝集・フロック形成・沈でん・急速ろ過・塩素消毒のプロセスを連ねた標準的な急速ろ過方式である。生産された浄水は、浄水池に貯留された後、市内にある配水池へ送水される。浄水処理用薬品の貯蔵・調整・注入設備は薬注棟に集約されている。

(排水処理施設)

浄水処理過程から出る排水は、主としてろ過池の洗浄排水と沈でん池の堆積スラッジである。ろ過池洗浄排水は排水池で固液分離後、上澄水を原水に返送する。スラッジは排泥池を経由して濃縮槽で固液分離され天日乾燥床で脱水された後、最終処分場で埋め立て処分される。

(管理施設)

集中管理・制御機能の中核である管理室および事務室、会議室などの管理施設は、第2浄水場の2階に管理棟として集約されている。

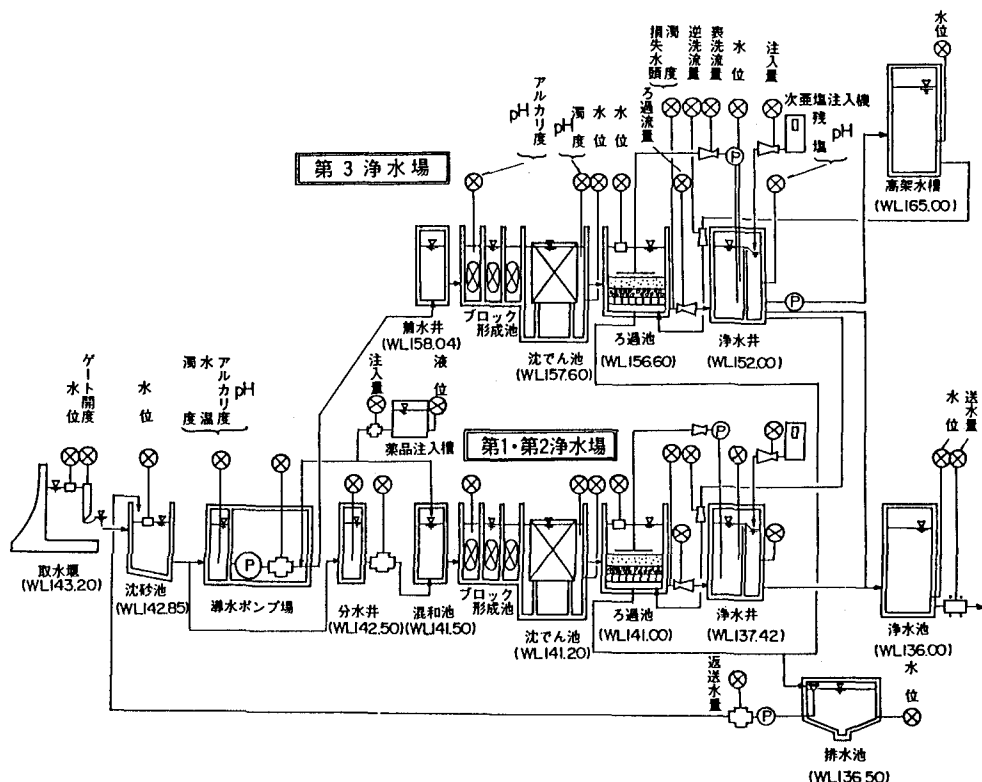


図-2 白川浄水場フローチャート

3. 既存浄水場の建設と運転管理

白川浄水場は豊平峡ダムを水源とする浄水場として、昭和46年に第1浄水場が運転を開始した。その後数次に及ぶ拡張により、昭和58年には第2浄水場が完成し、給水能力50万 m^3 /日となり、豊平峡ダムの水利権に対応する浄水場が完成した。

第1浄水場の建設にあたっては、「技術の進歩と経済性の調和」を技術テーマに掲げ、新しい技術の導入と同時に経済性の追求が図られ、「施設のコンパクト化」にポイントが置かれた。第2浄水場の建設にあたっては、基本的には第1浄水場の考え方を踏襲しながらも、運転実績からの評価を建設計画にフィード・バックし、施設・設備の改善を実施した。一方、運転管理については、水量・水質管理を主体とするオペレーションと、施設・設備の機能を維持するメンテナンスとに業務機能を分離し、効率的で機能的な管理体制をめざした。以下に、その具体例を述べる。

浄水施設

浄水施設では、沈でん池に沈降傾斜板を採用して水面積を最小限にとどめ、ろ過池は従来の標準的なろ速である120 m^3 /日から200 m^3 /日にアップしてろ過池面積の縮小を図った。

浄水処理薬品の選定に際しては、同じ豊平川を水源とする藻岩浄水場の運転実績から、凝集剤に液体硫酸アルミニウム、アルカリ助剤として消石灰、凝集補助剤として活性珪酸、消毒剤として液体塩素を採用した。また、原水中の溶存マンガンを引き起こす、いわゆる「黒い水」障害の防止策として、過マンガン酸カリウム法によるマンガ処理を実施した。さらに、油等の混入による水源汚染事故対策として、粉末活性炭注入設備を設置した。

計装システム

運転管理面では、白川浄水場の施設規模が将来に向けて拡大し、これに伴う設備・機器数の増大とともに監視・制御の量が膨大となることから、当時の藻岩浄水場で行っていたアナログ計装による集中管理方式での運転には限界があるものと判断された。そこで、オペレーションを行う管理員の負担を軽減するとともに、操作の均一性と確実性を高めるため、制御用計算機による直接制御方式（DDC＝

Direct Digital Control方式）を、浄水場としては全国で初めて導入した。この結果、取水、薬注、ろ過池管理等を計算機を核とする計装システムに行わせることにより、管理員の負担を軽減させた。しかし、マン・マシン・システムの主体は人間であることを基本とし、薬注率・ろ過持続時間の設定などの判断業務と設備・機器の故障発生時の処理を管理員に委ねた。また、特に重要な施設・設備である取水場と電気室にはITVを設置し、管理室から常時監視できるようにした。第2浄水場の通水時には、より信頼性・安全性の高いDDC方式への改善を行い、マイクロプロセッサ内蔵型の分散型計算機による、集中監視・分散制御方式を採用した。また、現場の機器操作用のバックアップ盤を管理室にも設けるとともに、薬品注入機やろ過池洗浄ポンプなど、重要な機器には予備機自動切替システムを取り入れ、万一これらの機器に故障が発生しても自動的に予備機が起動するなどのバックアップ機能を充実した。このような対策により、管理員が緊急事故時以外は現場に出向く必要がなくなった。

水質管理

原水水質及び各浄水プロセスにおける処理状況の監視は、濁度・pH・アルカリ度などの項目を自動計器で連続測定するとともに、管理員の手分析によっても確認することとした。また、フロック形成池に水中カメラを設置し、フロックの形成状況をプロセス管理員の目視によってもチェックすることとした。さらに、原水の汚染をいち早く発見するため、連続臭気監視装置（オーダモニター）と、ヤマベなどの魚を原水で飼育し、有害物質への忌避反応により原水水質の異常を検知するバイオアッセイを設置した。薬品の注入率は、処理方法を基準化した「浄水処理要領」にもとづいて設定することとし、個人差の解消を図った。

運転管理体制

水量・水質管理を主体とするオペレーションをプロセス管理と呼び、1班2名の交代制勤務により24時間運転体制をとった。一方、施設・設備の点検・整備、ケミカル・ハンドリング、排水処理等の業務をサービス管理と呼び、プロセス管理と業務内容を分離して効果的な維持管理体制の確立をめざした。

サービス管理における点検・整備の方法は、「チェックリスト」とその「判断基準」を作成して点検方法を基準化するとともに、「整備マニュアル」、「管理指針」を作成して整備業務の効率化と管理レベルの向上を図った。

4. 第3浄水場の建設計画

第3浄水場は、現在建設中の定山溪ダムの新規水源32万 m^3 /日に対応し、完成後は白川浄水場全体の給水能力を80万 m^3 /日とする拡張事業として計画された。施設建設においては、需要増に応じた段階的な拡張を実施することとし、今回第1期分として給水能力10万 m^3 /日の建設を計画した。ただし、取水施設は、河川工作物であることから、新規水利権32万 m^3 /日に対応する施設を一括して建設することとした。また、第3浄水場の建設場所は、既存浄水施設の隣地が面積的に狭隘であり、地下埋設物等の制約を受けることから、将来の拡張に向けて余裕があり、施工面でも有利な天日乾燥床側の敷地とした。この結果、既存の第1及び第2浄水場から距離で約500m離れ、沈砂池より約15m高所に位置することから、導水ポンプ場の建設が必要となった。このことから、ポンプ導水という新たなプロセスの付加と、浄水施設の遠隔分散化に対応しうる建設計画が課題となった。

以上の条件のもとに、第3浄水場建設計画では、単に給水能力30万 m^3 /日の浄水施設の拡張にとどまらず、完成後は本市給水量の80%以上を賄う、他に代替のきかない浄水場の完成を期す重要な計画との位置づけから、「安全・安定給水の確保」に沿った施設づくりをめざし、基本構想として「安定処理」「信頼性の向上」「総合管理」を設定した。また、計画の策定においては、運転管理の実績を踏まえ、既存施設の評価を行い、それを第3浄水場の施設建設に反映させるとともに、第1及び第2浄水場の更新・改良を含めた総合的な白川浄水場建設計画とした。次にその具体策を述べる。

(I) 安定処理の追求

従来白川浄水場では、DDCシステムの導入や浄水処理方法の基準化によって効率的な処理をめざし

てきたが、施設規模の拡大に対応する、より安定した水量・水質管理への改善が検討された。また、需要者の水質に対する要求の高度化にも応えうる、水質管理の強化が必要となった。そこで、水量・水質管理の安定化と処理効果の改善を課題に、浄水池容量の確保、PAC（ポリ塩化アルミニウム）の採用、微量マンガン処理の導入を図る他、既存施設の改善として、第1浄水場の混和池・沈でん池の改修、スラッジ機械脱水設備の導入等を実施することとした。

浄水池容量の確保

浄水池の機能は、送水量の変動を吸収して水量管理を安定化することであるが、白川浄水場では送水管の途中から高区配水施設へのアットランダムな引抜きがあり、送水量の変動が大きい。このため、その変動を浄水池で吸収できず、取水量を頻繁に変更することで対処せざるをえなく、浄水池容量の増強が不可欠な状況であった。そこで、第3浄水場のろ過池下部の他、第2浄水場の隣地に浄水池を建設し、従来計画1日最大給水量の1時間分であった浄水池容量を2.5時間分にまで増強し、ストック機能の充実を図ることとした。これにより、水量管理を安定化するとともに、施設・設備の事故、水源汚染事故等の緊急時の対応、高濁時のピークカット等を可能とし、浄水システムの安定・安全性の向上を図った。

PACの採用

凝集処理については、従来凝集剤の硫酸アルミニウムを使用するとともに、凝集補助剤として活性珪酸を併用していたが、降雨時の高濁原水や冬期の低温・低濁原水に対しては、沈でん水濁度の上昇やろ過持続時間の短縮がみられた。そこで、小規模浄水場において使用実績のあったPACの注入実験を昭和58年から開始して凝集効果の改善を確認し、かつ供給体制が整ったことから、凝集剤をLASからPACへ全面的に切り替えた。

微量マンガン処理法の導入

マンガン処理については、従来過マンガン酸カリウム法を採用し、「黒い水」の発生を防止してきた。しかし、近年浄水池や配水池の壁面、送配水管の内面等に黒褐色のマンガン酸化物が観測されるようになり、局所的ではあるが濁水の発生も見られるようになった。そこで、より完全なマンガン処理法とし

て、小規模浄水場で使用実績のあったマンガン砂による接触酸化法について処理実験を行い、微量マンガンの除去効果を確認し、全面採用を決定した。なお、マンガン砂の活性化には次亜塩素酸ナトリウムを採用し、中間塩素注入方式によることとした。

第1 浄水場の改修

第1 浄水場の混和池は、構造的に短絡流が発生しやすく、そのため混和効果が劣ることが指摘されていたことから、第2 浄水場と同様のタイプに改修することとした。また、第1 浄水場の沈でん池は、流出トラフがもぐりオリフィス構造となっていることから、ろ過池と水位が連動して流況が変動し、沈でん効果に悪影響がみられていた。そこで、流出トラフを第2 浄水場と同様の堰落としタイプに改修し、沈でん効果の改善を図ることとした。

機械脱水設備の導入

従来本市のスラッジ処理は、天日乾燥方式を基本としていたが、冬期間の乾燥効率が低いなど、運転管理上に問題点がみられた。そこで、機械脱水設備を導入し、天日乾燥床と併用することで、年間を通じ効率的で安定した排水処理を行うこととした。

(2) 信頼性の向上

大規模浄水場である白川浄水場の機能を維持し、安全・安定給水を達成するための信頼性・安全性の向上策として、施設・設備を二重化するとともに、シンプルでメンテナンス・フリーの設備を導入し、安全性を高めることとした。

施設・設備の二重化

次のような施設・設備の複数化を実施し、浄水システムの信頼性・安全性の確保を図ることとした。

取水施設の拡張にあたり、新規水量に対応する取水口と取水路を既設に並設して互換性を持たせるとともに、導水施設においては、各浄水場への導水管を二重化する。この結果、取水から送水まで水量管理面でのダブルウェイ化が達成されることとなった。

設備に関しては、受電設備、導水ポンプ設備等を複数化するとともに、計装設備では計算機の二重化と現場機器操作のバックアップ設備の充実により、集中管理・分散制御方式の信頼性を向上させる。このような、施設・設備の二重化に加え、白川浄水場

全体では、第1 から第3 浄水場まで、浄水施設の複数化がなされることとなり、保全作業や事故発生に対応できるシステムが構築されることとなった。

施設・設備のシンプル化

第3 浄水場は、既存の管理棟から離れた場所に建設され、運転管理の面で既設と大きく異なる条件が生じた。そこで、浄水施設については、基本的には従来のプロセス構成を踏襲するものの、可能な限りシンプルで安全性の高い設備を導入し、信頼性の向上と保全業務の改善を図った。

薬品混和では、導水ポンプ場の着水井で消石灰を注入し、流出管でPACを圧入して導水管内での乱流による薬品混和を行うこととした。これにより、導水ポンプのエネルギーを有効利用するとともに、第3 浄水場の混和池と急速攪拌ポンプが不要となった。また、LASからPACへの切り替えに伴う活性珪酸の廃止と、液体塩素から次亜塩素酸ナトリウムの切り替えによって、設備・機器の簡素化、ケミカル・ハンドリングにおける作業の軽減と安全性の向上を図った。消石灰注入設備については、従来故障が多発していたドライフィーダー方式を、よりシンプルで故障の少ないスラリー注入方式とした。

第3 浄水場の沈でん池については、既存沈でん池における機械排泥方式から、堆積スラッジが自重で排出されるホッパー方式に改めた。

ろ過池洗浄設備では、バルブ・ゲート・ポンプ等多くの機器が動作するため、トラブルが多発していた。そこで、第3 浄水場のろ過池の逆流洗浄については、高架水槽を新設し、自然流下方式で行うこととした。また、既存の第1 及び第2 浄水場の逆流洗浄についても、第3 浄水場の位置エネルギーに着目し、従来ポンプ圧力方式から、第3 浄水場浄水池からの自然流下方式に切り換えた。これらのろ過池洗浄方式の改善により、洗浄ポンプ設備関係の機器数を半減し、トラブル発生頻度の低減化を図った。

(3) 総合管理の発展

白川浄水場は、本市最大の浄水場にとどまらず、我が国でも有数の大規模浄水場である。そこで、施設規模の増大、これに伴う機器数・情報量の増加、システムの高度化・複雑化、管理業務の拡大等に対

応するため、運転管理の充実と総合管理システムの確立を図ることとした。

運転管理の充実

白川浄水場では従来維持管理業務をその機能からプロセス管理とサービス管理に分け、効率的な運転管理方法を確立してきた。しかし、第3浄水場の建設による業務量の増大と、浄水施設の遠隔分散化の条件を克服する運転管理の強化・充実が要求された。

プロセス管理は、第1から第3までの浄水場を一つの管理室から総合管理するとともに、従来のデジタル計装設備による集中管理・分散制御方式を踏襲・発展させ、管理員が現場に出る必要のない運転管理システムを構築し、管理員2名体制を継続した。

サービス管理では、従来の業務内容を2つに分け、施設・設備の点検・整備を担当する係と、排水処理、薬品・資材の在庫管理を担当する係の2係体制とし、管理機能の分化を図った。サービス管理では、保全業務の技術レベルの向上を図るとともに、システム点検、故障・事故データの解析に比重を置き、機器の故障・事故の発生を未然防止することによって、設備・機器数の増大に対処することとした。

また、効果的な保全業務と迅速な事故対応を確保するため、3つの浄水場の中心に位置する導水ポンプ場の上に中央管理棟を建設することとした。

総合管理システムの確立

確実で安定したプロセス管理の実現には、水源状況や配水状況を的確に把握し、合理的な水運用を可能とするシステムづくりが重要である。また、サービス管理においては、各機器の事故分析及び各種データ解析、薬品の在庫管理等の迅速で的確な情報処理が必要となってきた。このため、水源水質監視システムや配水センターとの通信システムを完成させるとともに、サービス管理情報のデータ・ベース化など、管理用計算機による総合的な管理システムの構築を図ることとしている。

4. おわりに

白川第3浄水場の建設計画の基本的な考え方と、その具体的施策について述べてきたが、白川浄水場の建設・拡張にあたっては、常に既設の施設・設備や運転管理について評価するとともに、施設規模に

応じた適切な技術を導入することによって、浄水場の信頼性と安全性を確保してきた。本論で述べた白川第3浄水場の建設計画にもとづき、昭和61年に第一期工事が着工し、昭和63年7月に導水施設と浄水施設（給水能力10万 m^3 /日）が通水した。さらに今後の施設拡張においても、このような運転実績の評価を建設計画にフィードバックする手法を用いて、白川浄水場の完成をめざしていく考えである。

参考文献

- 1) 岡本成之、平賀岑吾、佐々木春代「札幌市の水道施設における計装について」土木学会北海道支部論文報告集 昭和59年
- 2) 平賀岑吾、牧野勝幸、金谷敬一「浄水場の相互連絡について」土木学会北海道支部論文報告集 昭和61年
- 3) 岡本成之、野島廣紀、平賀岑吾他「技術の進歩と経済性の調和」水道公論 昭和49年
- 4) 平賀岑吾、牧野勝幸「白川浄水場におけるDDCシステム運転管理の問題点」第27回全国水道研究発表会講演集 昭和51年
- 5) 平賀岑吾、若狭信一、岡田忠「白川浄水場の計装システム」第31回全国水道研究発表会講演集 昭和55年
- 6) 高坂恒、橋谷豊、萩原民雄、真宮守「白川浄水場における薬注設備の自動化」第32回全国水道研究発表会講演集 昭和56年
- 7) 若狭信一、金子俊裕、丹代知孝「白川浄水場におけるマイクロプロセッサの運転実績」第36回全国水道研究発表会講演集 昭和60年