



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	札幌水道における水質管理の変遷
Author(s)	堀尾, 豊; 阿部, 信樹; 立石, 彰
Description	第1回衛生工学シンポジウム (平成5年11月17日 (水) -18日 (木) 北海道大学学術交流会館) . 1 史的考察、国際協力 . 1-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 1, 1-6
Issue Date	1993-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7411
Type	departmental bulletin paper
File Information	1-1-1_p1-6.pdf



1 - 1

札幌水道における水質管理の変遷

○堀尾 豊（札幌市水道局）、阿部 信樹（札幌市水道局）
立石 彰（札幌市水道局）

1. はじめに

昭和12年の創設以来、半世紀以上を経過した本市水道は、平成4年度末の給水普及率が98.8%にまで達しているように今や市民生活や都市活動を支えるライフラインとして代替のきかない不可欠な施設となっている。

このため、本市では「止まらない」「濁らない」「凍らない」水道づくりを念頭に整備を進めてきたところである。

しかしながら、近年、全国的な水道水の異臭味に対する不満や有機化学物質検出に対する不安が社会問題化し水道水への信頼が揺らいできている。これらは、今般の水質基準改正の背景ともなっており、まさに、水質管理の重要性が問われる時代を迎えている。

このような状況下、本市においては新しい水質基準を充分クリアできる見通しであるが、これとても水源の大部分が国有林内にあり他都市と比べ恵まれた環境にあるようには見えても従来から全く問題がなかった訳でなく、先人たちが脈脈として築いてきた本市水質管理の延長線上にある結果とも言える。

ここでは創設以来の本市水道の水質管理の中でも特徴的な点をいくつか紹介し、今後の取り組みに対する参考としたい。

2. 水質検査体制について

水質検査業務が機構上に出てくるのは、昭和38年係長以下4名による水質試験係の誕生が最初である。それまでの試験は、残された日報等によると昭和19年頃までは1名程度であったと見られるが、試験は年を通して、原水、ろ過水、配水について日曜を含めて毎日行われ、項目も15～20に及び、更に週1回、市内3箇所の給水栓水質を調査するなど、かなりの激務であったと考えられる。表-1に創設時から現在までの試験項目を示したが、これを見ても当時の奮闘ぶりが窺える。濁度、pH、鉄の定量に使用されていたフォトメーターは分光プリズムとフィルターを用いたドイツ製分析装置で、当時、藻岩浄水場以外には北海道帝国大学しかないという貴重なものであり、昭和11年制定「協定上水試験法」の26項目程度には、充分対応しうる機器類が備えられていたようである。このことは、道内各地の市町村や工場、事業所等からの試験依頼にも現れており、本市の水質試験室は本道における水質センター的な役割を担っていたと見られる。こうした中、水質試験も世界情勢の激変によるエピソードが残されており、例えば、昭和19年6月末から3ヶ月間は、試験担当職員が臨時招集を受けたため、その間のデータが欠測していたり、終戦後、進駐軍の撤退まで毎日試験結果の内、週2～3日分を米軍に報告していたこと、また、昭和29年ビキニ環礁の水爆実験をきっかけに浄水プロセス水の放射能測定を開始したことなどが挙げられる。この頃までには検査も3名体制となっていたようである。

以降、水質試験係の発足後は、豊平町、手稲町との合併、事業拡張による業務量増大から定員増や機構改革が行われた。昭和46年には水質試験所（課）となり、白川浄水場通水に伴う増員も図った。昭和54年には藻岩浄水場構内に試験所を新築し、併せて2係体制とした。さらに、昭和62年には調査・研究部門強化のため調査係が新設され、3係体制となり現在に至っている。この間、試験項目も時代の流れとともに増加の一途をたどり、厚生省令

に定められた26項目の他、昭和53年セレン、56年トリハロメタン、59年トリクロロエチレン等、また、平成2年にはゴルフ場使用農薬の検査などが新たに加わった。これらに対応するための分析機器もGC、GC/MS、HPLCやICPなどが次々整備されていった。

しかし、水質試験所は分析専門の集団が求められている訳ではなく、水道システムを良く理解した上で問題をとらえていく姿勢が求められており、これが従来からの人事交流にも表われている。すなわち、計画、設計から維持管理部門までの幅広い異動が普通に行われており、トータルの水質管理に生かされているのが本市の特徴的でもある。

3. マンガンとのたたかい

本市水道の水質管理について述べる時、マンガンの問題を避けて通ることはできない。

この問題は歴史が大変古く、水道創設前年には既に指摘されていた。すなわち、昭和11年、T鉱山の採掘許可申請した際、現地を調査した鉱山保安監督局は事業認可を受けて工事を着工していた本市水道の水源汚濁を憂慮し、鉱山排水が上水道水源を汚染しないように、沈澱池、ろ過池を設け排水処理に万全を期すことを採掘の条件とした。

また、昭和15年、当時の井口水道課長は水道協会雑誌投稿の中でT鉱山に対する不安を述べ、将来のマンガン被害を示唆している。

しかし、具体的に問題が現れたのは、昭和30年5月の藻岩浄水場第3配水池通水時であった。口径600mmの送水管内面に黒色ビロード状付着物が10～20mmの厚さで発見され、配給水施設においても同様な黒色付着物が発見されたことによる。分析したところ、いずれも20～25%（重量換算）の多量のマンガンを検出され、大きくクローズアップされることとなった。

これを契機に原因究明が始められ、昭和31～32年の豊平川本・支流の水質調査で支流の白井川が高濃度マンガンを含むことが判明し、さらに、上流に立地するT鉱山の坑内排水の河川放流によるものであることが確認された。

一方、市民からのいわゆる「黒い水」に関する苦情は昭和30年以降次第に増加し、特に昭和33年夏期の需要量ピーク時には全市にわたって「黒い水」の苦情が発生した。この昭和30年代には、他都市でもマンガン障害が問題となっていたが、本市のように鉱山が原因となる高濃度のマンガン障害例は稀なケースであった。

このような状況の中、本市では原因者であるT鉱山側の排水処理方法・対策の他、浄水場における原水の処理法について昭和31年以来種々の研究を行った結果、過マンガン酸カリウム法による処理方法が最適であるとの結論を得、藻岩浄水場において昭和33年12月より採り入れることとなった。

さらには、過マンガン酸カリウム法による処理で生成する微細な二酸化マンガンの沈殿効果を上げるため、凝集補助剤として活性珪酸を併用した。

昭和34年8月には、豊平川全体の水質保全を前提に「水道水水質保全対策専門委員会」を発足させ、昭和39年9月までの約5年間にわたり討議を重ねた。その結果、T鉱山マンガン障害対策として、第1に鉱山坑内水処理強化及び放流口の水源対策、第2に浄水工程における前述のマンガン除去対策、第3に配水管洗浄対策の3通りの施策を採用し実施した。

このため、第1の水源対策としては昭和37年7月、本市とT鉱山との間で鉱山排水中のマンガンを規制する協定を結び、さらに、昭和42年9月にはマンガン以外の鉱山排水の水質についても検討を行い、鉱山側と協定（覚書）を締結するなど、鉱山排水による河川汚濁対策を講じてきている。第2の浄水工程におけるマンガン除去対策は、過マンガン酸カリウ

ム注入量を原水マンガンイオン量の1.5～2.0倍とし、冬期における低水温・低濁度原水については凝集補助剤（活性珪酸）を併用することとした。この結果、昭和30年代初め給水栓水年平均0.2～0.3mg/ℓの総マンガンが、昭和36年に0.04mg/ℓ、昭和37年には、年平均溶存マンガんで0.01mg/ℓ未満となり、この処理の効果が証明された。第3の配水管洗浄対策については昭和34年から開始されたが、苦情が完全になくなるまでには約8年間を要した。

しかしながら、マンガンは微量であっても長期間経過することにより「黒い水」発生につながる恐れのあることが同委員会でも指摘されており、丹保委員（現北大工学部長）は「マンガンはゼロにならない限り、問題が起きると思う。」と明解に述べている。

このため、本市ではマンガンの完全な除去を目指し、各種実験を重ねながらマンガン砂による接触酸化法を選定し、まず、昭和55年に小規模浄水場である宮町浄水場に試験的に採用し、配水マンガン濃度を恒常的に0.002mg/ℓ未満とすることが可能であることを確認した。

その後、他浄水場でも試験的採用に踏み切り、さらに、実験規模を拡大し昭和58年2月から白川I系浄水場においても実験を開始した。これら一連の実験でマンガンの除去効果のほか腐食、ろ過砂、ろ過池洗浄等の維持管理面の問題も含めて検討を加えた結果、マンガン除去は安定して0.002mg/ℓ未満とすることが実証され、維持管理の面でも腐食、洗浄方法など今後も引き続き検討すべきいくつかの問題はあるにしてもほぼ解決した。しかも、この数値は新水質基準の中の快適水質項目目標値0.01mg/ℓ以下を十分にクリアするものである。

このように、本市におけるマンガン問題は潜在的には水道創設時から約60年間にわたっており、また、具体的な障害が現れてからでも約40年にわたる大きな課題であった。

4. 塩素消毒の歩み

次に、消毒剤としての塩素がどのような歴史をたどってきたのか述べてみたい。

水道水の消毒は欧米と同じくコレラ・腸チフス等の水系伝染病の流行によるその対策として普及していった。大正12年頃までに大阪市、名古屋市、東京市、広島市、京都市などの大都市では続々と塩素消毒を実施したが、当時、消毒は常時行うという思想ではなく、伝染病の流行時またはその恐れのある時期に限られていた。さらに、塩素臭に対する配慮から塩素注入率は低く、第2次世界大戦中に常時消毒思想が定着するようになってからも、0.1～0.3mg/ℓ程度であり、給水栓での残留塩素測定は行われなかったようである。当時はむしろ、臭味の苦情を避けるため残留殺菌効果をほとんど期待していなかったという背景もある。

昭和12年4月通水の藻岩浄水場は、当時としては最先端の急速ろ過方式採用の浄水場であり消毒設備も備えていたが、この時採用された消毒法はクロラミン法と呼ばれる方法であった。この方法は、塩素とアンモニアの反応で生ずるクロラミン（結合残留塩素）を消毒剤として使用するもので、塩素に比べ殺菌力は劣るが、いわゆるカルキ臭を発生しない特徴を持っている。このように、本市でクロラミン法を組み入れたことは当時、「塩素臭の問題」がいかに大きなウェイトを占めていたかを物語っている。

「水道の水は塩素が入っているからまずい」という水道創設の反対論者を納得させ、かつ、消毒の必要性を満足させる手段としてこのクロラミン法が採用されたと考えられる。昭和10年代後半に入ると、戦争による物資不足のため水道資材や薬品などが手に入りづらくなっていった。塩素についても同様であり、本市では徐々に塩素注入率を下げざるをえず、昭

和18年から20年までの2年間は全く無注入となっている。

終戦後は、進駐軍による塩素注入に関する指令もあり、厚生省も残塩が0.1～0.4 mg/ℓとなるように奨励した。本市においても、昭和25年には進駐軍が0.7 mg/ℓという高い残塩濃度を要求したのであるが、当時の黒地水道課建設係長は、「塩素が入手難であり、それだけ高率の塩素注入は不可能であり、もしできてもそのような水は臭くて市民は飲めない」と要求をかわした。しかしながら、昭和25年度には0.86 mg/ℓ、昭和27年度には1.43 mg/ℓというように、わずかずつでも注入率を上げざるを得ない状況ではあったものと思われる。

以上のような高濃度の塩素注入はその後次第に落ち着きをみせ、昭和32年に水道法が制定されると「給水栓水における遊離残留塩素は0.1 mg/ℓ以上、結合残留塩素は0.4 mg/ℓ以上」というように、残留塩素濃度は進駐軍から求められた考え方に移行し、公のものとして定着して行ったと考えられる。

最近の本市の塩素注入率は創設時の注入率0.2 mg/ℓの5倍程度であるが、他の大都市と比べるとかなりの低率である。これは、他の都市が戦後の経済成長と人口の都市集中による産業廃水や生活廃水から水源の水質悪化が進み、この結果、塩素注入を増強せざるを得なかったのに対し、本市は清浄な水源に恵まれ、塩素消費の少ない水道水質が得られていることに加え、配水幹線の適正配置や管網のブロック化を押し進める他、施設の適正な運用により残塩濃度の平準化を図ってきたこと、また、次節に述べるように、水源監視に多大の努力を払ってきた結果と考えられる。

しかし、水道水は安全・清浄に加え「おいしさ」までも要求される現在、塩素は一層きめ細かな管理が求められており、水源保全から浄水プロセス、配給水プロセスまでのトータルについて具体的な方策を明らかにしていくことが緊急の課題となっている。

5. 水源監視への取り組み

安全な水を供給することは水道の基本的要件であるが、どんな水質の原水でも浄水処理のみで安全性が確保できるというものではなく、良好な水道水質を得るためには良質な水源が不可欠であり、このための水源の監視・保全を疎かにしてはならない。

(1) 水源監視の強化

本市の水道水源である豊平川、琴似発寒川及び星置川水系の大部分は前述のとおり清浄に保たれているが、一方では、前述の鉱山を初め、温泉、採石場、養豚養鶏場等が存在することや近年の宅地開発、河川工事等が進められてきたことによる突発的の事故を含めた水質への不安を抱えていることも事実である。

このことから、本市では、従来より水源汚染の早期発見のためのパトロールや取水口上流にある主要な施設の排水試験を実施してきたが、昭和60年には財団法人「水道サービス協会」に水源監視を業務委託し監視の強化を図った。

この成果は受託前後における事故発見数の差異に大きく現れており、監視強化による浄水場への影響の未然防止や事故率の低減化に大きく寄与している。

(2) 浄水場における原水モニタリングの強化

本市では、原水水質の異常時への対応を強化するため、各浄水場にバイオアッセイ装置とオーダモニタ装置を設置している。

バイオアッセイは、我が国では故桑原北大教授が紹介し、昭和46年日本水道協会制定の上水試験方法（改訂版）に採用されて全国に普及した。本市では、昭和54年白川浄水場で魚類の忌避行動を光電スイッチを用いて自動的に検知し警報を発生する装置を開発・実用化

し、その後改良を加えすべての浄水場に設置した。

一方、オーダモニタ装置は、浄水場の原水から浄水までの各段階の検水をポンプにより取水・加圧・加温してガラス鐘に噴霧することにより、水中に混入した臭気物質を気化し臭気試験を容易にしたものである。本市のオーダモニタ装置は昭和40年、当時の岡本拡張課長が日本水道協会の海外特派視察員としてアメリカを視察中にシカゴ南部浄水場で使用されていた装置を見、帰国後シカゴ水道局から資料提供を受けて本市が研究開発したものである。

原理的には、上水試験方法に示されている臭気試験方法と同じであるが、検水をリアルタイムに監視できるようにした本市独自の装置である。この装置は、昭和46年白川浄水場に設置されてから、順次、設置が進み昭和56年の定山溪浄水場を最後にすべての浄水場に設置した。

しかし、これらのみでは未だ十分な監視体制とは言えず、現在、シアン、アンモニア、電気伝導率等の自動分析装置導入による連続監視の強化を検討している。

6. おわりに

以上、本市水道創設以来の水質管理の一端を紹介したが、単に水質検査を行うだけでなく水源から配給水までのトータルの水質管理に積極的に取り組んできた点が特徴である。

今般の水質基準改正に象徴されるように新水質時代を迎えた今、先人の思想を継承しながら水質管理のさらなる向上をめざすことが、我々に課せられた課題と考える。

参考文献：札幌市水道五十年史（札幌市水道局 昭和63年）

(表-1) 水質検査項目の変遷

区分	年度	昭12	昭31	昭32	昭33	昭38	昭42	昭44	昭47	昭53	昭55	昭56	昭59	平2
	項目名	昭30			昭37	昭41	昭43	昭46	昭52	昭54		昭58	平1	
水質基準	濁度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	色度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	pH値	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	臭気	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	味	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	硝酸性・亜硝酸性窒素	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	カルシウム、マグネシウム等(硬度)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	有機物等(KMnO4消費量)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	塩素付	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	蒸発残留物	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	鉄	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	マンガン		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	亜鉛			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	銅	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	鉛	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	六価クロム						○	○	○	○	○	○	○	○
	トリウム								○	○	○	○	○	○
	水銀						○	○	○	○	○	○	○	○
	ヒ素						○	○	○	○	○	○	○	○
	フッ素						○	○	○	○	○	○	○	○
	陰イオン界面活性剤								○	○	○	○	○	○
アンモニア						○	○	○	○	○	○	○	○	
有機リン						○	○	○	○	○	○	○	○	
フェノール類						○	○	○	○	○	○	○	○	
一般細菌	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
大腸菌群	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
残留塩素	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
セレン											○	○	○	
通知	総トリハロメタン											○	○	
	トリクロエチレン等(3項目)												○	
	ゴルフ場農薬(21+9項目)													
基準外	水温	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	アンモニア性窒素	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	総アルカリ度		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	電気伝導率						○	○	○	○	○	○	○	○
	硫酸イオン		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	溶性ケイ酸						○	○	○	○	○	○	○	○
	溶存マンガン						○	○	○	○	○	○	○	○
	総クロム									○	○	○	○	○
	総酸度		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	生物試験												○	○
	*リン酸イオン				○								○	○
	*溶存酸素				○								○	○
*BOD						○	○	○	○	○	○	○	○	

*は原水のみ試験