

札幌市水道局

牧 野 勝 幸

正会員 平 賀 岑 吾

正会員 西 條 肇 昌

1. はじめに

我が国における水道の普及率は昭和61年度末で93.6%に達し、健康で文化的な生活と都市や産業の諸活動を支える最も重要な基盤施設となっている。現在のような形態の水道、いわゆる近代水道が誕生したのは、明治20年（1887年）の横浜水道が最初である。本市の近代水道の誕生は、横浜に遅れること50年、昭和12年（1937年）である。その後50年を経過して、現在（昭和62年度末）では給水人口 154万人、給水普及率97.6%、給水能力78万5千 m^3 /日、配水管延長 4,030kmという我が国でも屈指の大水道に成長した。この間、地域の拡大、市勢の進展に対応して水資源の確保と施設の整備に努め、安全で安定した給水の確保を図ってきた。

急激な発展をみせた本市の実勢に合わせて、遅滞なく水道の拡充・整備を成し得、かつこれらの施設を適正に管理・運営し得ているのは「ものを作る考え方」、すなわち都市の成熟度にマッチした札幌水道の建設技術・テクノロジー・マネジメント＝「水道の技術哲学」を踏まえていたからに他ならない。以下に、本市における「ものを作る考え方」について、(1)ものの作り方である建設技術 (2)ものを動かす手段であるテクノロジー・マネジメント という観点から論述する。

2. 札幌水道の技術哲学～「ものを作る考え方」の体系化の試み

2-1 水道の建設技術 「ものの作り方」～都市の成熟度に合わせて

種々の都市施設は社会的要求によって作られてきた。この社会的要求は都市の成熟度に伴って変化していくことになる。技術者はこれらの要求によって施設を作ることになるが、このための建設技術と技術を具体化するための目標の設定が必要になり、この目標を達成するために建設を行うことになる。

以上のステップを水道について体系化を試みたのが図-1である。そもそも集落の発生は水のある所から始まった。これを都市と水道という概念の第1世代とする。次の段階では集落がある程度大きくなり、水を運搬する必要に迫られる。これにより、水を運搬する技術が開発され、この運搬プロセスにより量が充足される。これが第2世代である。量の充足がなされた後は、公衆衛生の認識の高まりから水質への要求が生まれ、水を処理する技術すなわち質変換プロセスが発達してきた。これが近代水道の発祥ともなった。次に大都市の出現により大量輸送とより安全な水が欲求されるようになった。この段階までを第3世代とする。

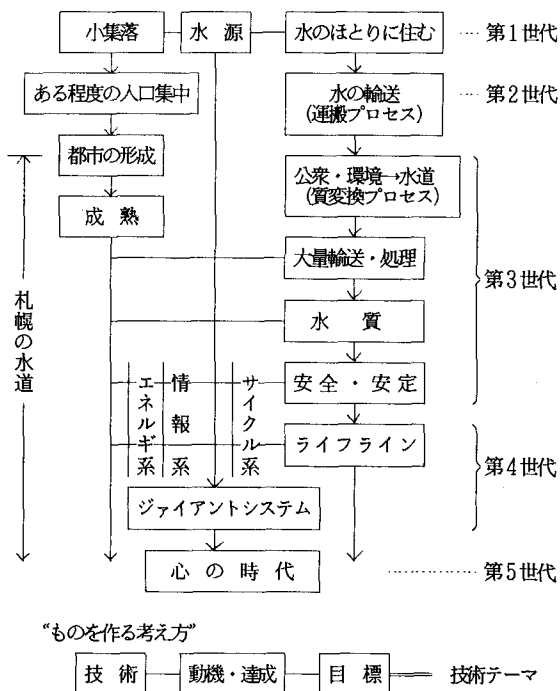


図-1 ものを作る考え方ー都市と水道ー

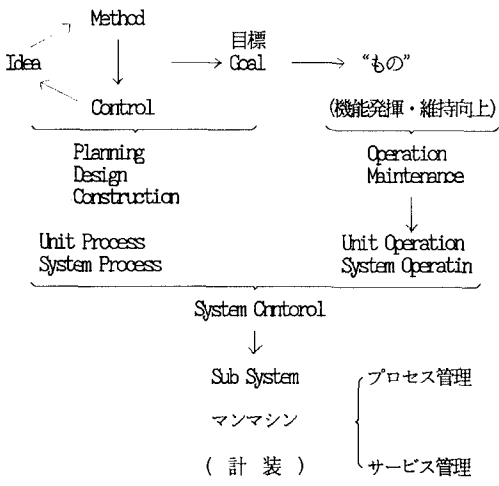
そして、今や第4世代を迎えており、ただ単に十分な量の水、清浄で安全な水があれば良いということではなく、高普及の下で断水や濁水等のない安全で安定した水道、すなわちライフラインとしての水道が求められている。加えて、水質に関しては安全性は無論のこと、おいしい水といった嗜好の面からの多面的な要望も現れてきている。さらには、便利で使いやすい装置を求めるようになってきている。また第4世代における近未来を考える場合、将来の都市をイメージして、これを静的なものではなく、動的なものとして捉え、水道も単なる縦列のライフラインとしてだけでなく、電力、ガス、熱供給などのエネルギー系、通信、郵便、マス・メディアなどの情報系、下水道、廃棄物などのサイクル系を有機的、総合的に構築することを志向しなければならないであろう。ここではこれらを「ジャイアントシステム」と呼ぶことにする。このジャイアントシステムが構築されることにより、水道もただ単に安全な水を安定して送るだけではなく、水利用形態に応じた種々の付加価値を創出することが可能となり、本来的な都市基盤施設として他の系とも補完し合って、十分に機能することができるようになるであろう。このことにより、これからのライフスタイルの変化や変遷、すなわち都市の成熟度合いに起因する必要度や要求内容であるニーズに、応えていくことが可能となる。この後にくる第5世代で、水道にもウォーターフロントに象徴されるような、潤いを基調とした「心の時代」、アメニティ水道が現れることになろう。これらのプロセスは都市の成熟度に伴って発生してきた、あるいはこれから出現してくるであろう必然的な流れである。

これら都市の要求とこれらを具体化する水道技術の関係は、図-1に示すとおり縦系、横系の関係があり、それらが絡み合っているものである。以上のような関係を踏まえた、ものを作る考え方の基本は、その時代の技術をバックボーンにした動機付けあるいは達成のための目標設定を必要とする。本市の場合、この目標が第3期拡張事業（昭和42年～46年）から現在実施している第1次施設整備事業までの「技術テーマ」となっている。

2-2 テクノロジーマネジメント「ものを動かす手段」システムコントロールと機能発揮・維持・向上

水道施設に限らず、ものを作れば有価物となり当然マネジメントが必要となる。マネジメントは技術だけに止まらないかなり広義なコンセプトであるが、技術に限定すればテクノロジーマネジメントという範疇になるであろう。このテクノロジーマネジメントについて水道の場合で考えると、図-2に示すように計画・設計・施工という建設の段階と、できあがったものの機能発揮・維持向上という段階とがある。

建設の段階では、全体のプロセスを見通した上で、個々のプロセスについて、①どのようなものを作り ②それをどのように動かすのか ③そのためにはどのようなことをしなければならないのか というサイクルの中で種々の検討を行い、各ユニットから構成されるシステム全体のプロセスが決定される。次に、できあがったものに対して、上記の①～③の考え方を反映させて、(1)それをどのように動かすか (2)そのためにはどのようにコントロールするか というオペレーションと、これを支援するためのメンテナンスを実施することになる。この二つの要素がうまく噛み合って、各ユニットのオペレーションそしてシステム全体の



※ テクノロジーマネジメントの説明

Idea	技術があって、ある考えで作ったもの	ものを作る考え方 作り方に共通 サイクルをえがく
Method	どう動かすか、どう操作するか	

図-2 テクノロジーマネジメントの概念

オペレーションが機能する。これが機能発揮・維持向上という段階である。以上の建設と維持・向上という二つの段階が有機的に連携することによって、初めてシステムコントロールが機能するまでのレベルに到達することになる。

次に、システムコントロールを適切に実施するためには、これを動かすためのサブシステムが必要になる。この代表例がマンマシンコミュニケーションシステムとしての計装システムである。しかし、このシステムを十分に活用するためには、オペレーションとしてのプロセス管理とそれぞれの施設・設備類が機能を十分に発揮できるようにするためのサービス管理の両者が、互いに効果的・効率的に機能することが条件となる。これらを考え、実施していくのは「人間」である。この点からも、人材の育成と組織の活性化が車の両輪として重要なファクターとなる。

3. 技術テーマ

上記で試みた体系化の実
際例として、本市で実施し
てきた各拡張事業と第1次
施設整備事業の技術テーマ
について若干触れてみよう。
この技術テーマを見ると、
拡張事業や整備事業におけ
る技術思想や発想の転換を
伺うことができる。これは
都市の発展や成熟度を勘案
しながら、その時代の技術
の発展や動向、事業の性格
に合わせて目標を設定した
ものであり、この目標達成
のために拡張事業を進めて
きたといっても過言ではな
い。(表-1)

これらのテーマを逐次み
ていくと、技術の進歩と経
済性の調和、アーバンライ
フ都市とは何か、給水
サービスの充実、安全・安
定給水、ライフラインの確
保、といった各事業におけ
るメインテーマは、その時
々の都市の成長過程や成熟
度を表すキーワードでもあ
る。このメインテーマ、す
なわち基本的な技術目標の
下に、これらの目標を達成
すべく、具体的な事業内容

表-1 拡張事業等の技術テーマ

拡張事業	メインテーマ	サブテーマ
第3期 拡張事業 (S42-46)	技術の進歩と経済性の調和	①施設のコンパクト化 ②DDCシステムの導入 ③配水システムの整備 ④快適な労働環境の確保 ⑤合理的な建設管理と記録 ⑥冬期施工、急速施工
第4期 拡張事業 (S47-50)	アーバン・ライフ — 都市とは何か	①都市計画に近接する水道計画 ②市民生活における満足度の増進 ③市民皆水道のための配水管布設 ④高台地区への給水
第5期 拡張事業 (S51-54)	より充実した給水サービス — 明日への水の確保	①効率的な施設づくり ②合理的な送配水コントロール ③災害対策 ④簡易水道、専用水道の統合
第6期 拡張事業 (S55-58)	給水サービスの向上と 安全性の確保	①給水区域の拡張及びサービスの確保 ②効率的な配水システムの整備 ③災害等に強い施設の建設 ④市街化調整区域への給水
第7期 拡張事業 (S59-62)	水源の確保 安定・安全給水の確保 量的充実 質的向上	①定山溪ダムの早期完成・促進 ②当別ダムへの積極的参加・早期着工 ①浄水場・配水管等水道施設の拡充 ①原水水質調整用の原水池建設 ②配水池貯留量の増強 ③効率的配水システムの確立・ブロック配水・漏水防止 による有収率向上 ④老朽配水管の更生・更新 ⑤災害に強い水道施設作り
第1次 施設整備 事業 (S63-67)	ライフ・ラインの確保 将来水源の確保 給水サービスの充実 (1需要増に対応した計画 的な施設の拡充・整備 (2信頼性の高い水道シ ステムの構築 (3情報管理システムの確立 (4新しい水道技術に対応 する管理・運営体制の 確立	*昭和80年の給水需要をまかなう水の確保 ①需要の増加に対応する施設の拡充・整備の推進 ②市街化調整区域への給水普及 ①白川第1浄水場の改修による浄水処理の効率化と信頼 性の向上 ②老朽管の更新による配水管網の質的向上 ③浄水池、配水池ならびに高区配水施設の増強 ④浄水場の相互連絡 ⑤緊急貯水槽の設置による災害時の飲料水の確保と応急 給水体制の確立 ⑥有機的配水管ネットワークの形成による合理的水運用の確立 ⑦ブロック化による効率的配水システムの構築 ⑧地区の実情に応じて私道への適正な配水管布設 ①給配水管情報管理システムの構築 ②水質情報管理システムの構築 ①機能的、効果的な管理体制の確立 ②総合的な技術研修制度の検討

であるサブテーマを設定し、これらをベースに本市水道の技術を琢磨し、建設と維持管理に係わった技術職員の共通認識をも培ったのである。

4. 札幌水道の沿革

4-1 札幌市の沿革

本市の歴史は明治2年に札幌本府建設が決定し、明治4年に開拓使庁が設置された時から始まる。当時の札幌の面積は5km²、定住者は211戸に過ぎない。開拓使は北海道開拓の革新を図る必要から、外国人技師や教師を数多く招聘し、先進国の知識や技術を積極的に導入した。これと同時に、屯田兵制度も制定され、札幌周辺に数多くの村ができてくる。やがて、徐々にではあるが人口も増加していく。函館、小樽とともに区制が施行された明治32年には面積15km²、人口4万人となり、市制が施行された大正11年には面積24km²、人口13万人に達した。昭和15年の国勢調査では面積29km²、人口20万人を突破し、函館市を抜いて全道一の都市となった。その後も次々と近隣の町村を合併して、市域の拡大とともに人口も著しく増加していくことになる。特に、昭和30年代後半からは大型合併による市域と人口の増加に加え、他市町村からの流入による社会増が顕著となり、昭和47年には百万人都市に、そして現在は市域の面積が1,118km²、人口162万人と、創建後わずか120年にして我が国でも有数の大都市に発展した。本市は今なお成長過程にあり、今後とも市勢の発展と人口の増加は継続していくことになろう。

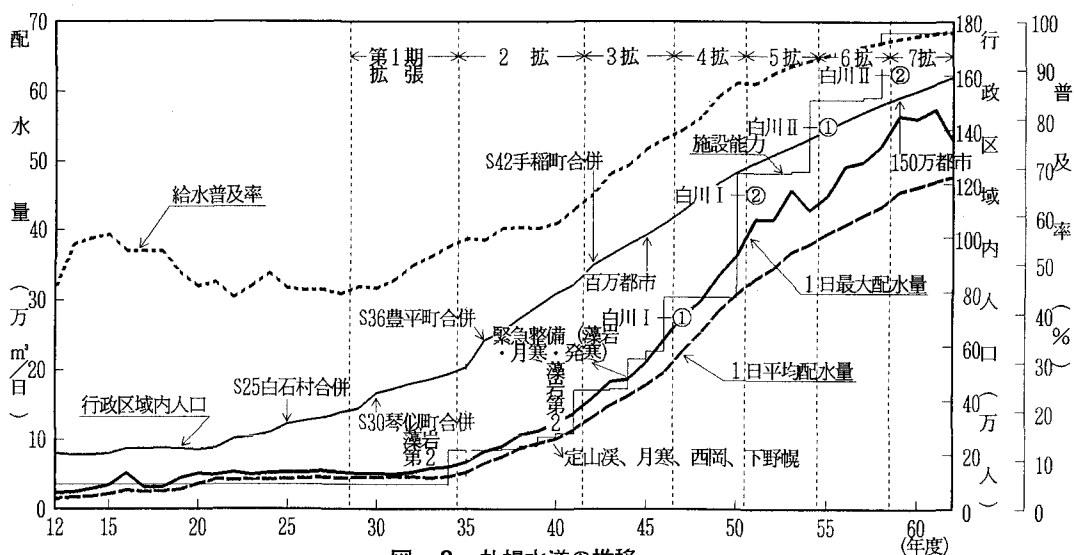
地形的にはもともとが豊平川扇状地に拓けた街であるが、この扇状地の南西部は山岳地、北東部は低地帯、そして東南部は丘陵・台地となっている。そして、札幌の母なる川豊平川が扇状地の手前まで東西に、その後北東に貫流して石狩川に注いでいる。本市の地形は南西部の山岳地から扇状地の扇頂を経て北に緩やかに傾いており、この地形は本市水道のプロトタイプを創り、現在の水道技術にまで継承されている。

4-2 水道の沿革

本市の水道が後発であったという事実は、豊平川扇状地に拓けた立地条件が挙げられている。確かに、市内の至る所で比較的容易に豊富な地下水が得られたという事実はあるものの、水道創設の動きはこの地下水、特に浅井戸や打ち込みポンプの水質悪化が端緒となっている。むしろ、地下水が豊富であったが故に、いったん排水等により汚染されてしまえば、もう取り返しのない事態になってしまう。明治期がまさにこれにあたり、この地下水の水質ゆえにコレラ、腸チフス、赤痢等の水系伝染病が毎年のように発生し、また火災も数多く、公衆衛生、消防水利といった観点から、上水道設置の気運が盛り上がってきた。

このような状況から、本市がまだ区制時代であった明治43年、当時の区予算に上・下水道調査費が計上され、その後27年間もの歳月を経た昭和12年に至ってようやく水道がその産声をあげることになる。このように長期間を要することになったのは、水道事業の他に電気事業をも併設しようとしたためで、当時はこれが受け入れられず、時間だけが経過し、結局は電気事業を断念することによって、ようやく水道も日の目を見ることになったという経緯があったためである。

創設水道は給水区域1,400ha、給水人口9万2千人で給水普及率45%、給水能力3万5千m³/日、配水管延長196kmでスタートした。その後、人口の増加に伴って給水人口、給水量、配水管延長等も増加していくことになる。このような状況を踏まえて、本市水道が本格的に拡張事業を推進するようになったのは、昭和29年から始まった第1期拡張事業が最初である。昭和30年代以降は、相次ぐ近隣町村の合併と人口の急増により、水道もこれに追いつき、追い越すべく拡張事業を継続して実施することになった。この拡張事業は昭和62年度を最終年度とした第7期拡張事業をもって終了した。これらの拡張事業では水資源の確保、人口の増加に対応した施設の整備・拡充はもとより、水道システムの質の向上を実施してきた。これら7期34年間に及ぶ拡張事業の結果、昭和62年度末では給水区域26,200ha、給水人口154万人、給水普及率97.8%、年間配水量1億7,400万m³、給水能力78万5千m³/日、配水管延長4,030kmとなり、我が国でも屈指の大水道に成長した。(図-3)



図－3 札幌水道の推移

このように、給水区域の拡大と高普及を達成した水道は、もはや普及率に代表される拡張事業だけに止まらないうで、より広範な事業に積極的に取り組んでいく必要がある。このような状況を踏まえて、従来の施設の拡充・整備はもとより、システムの質の向上、給水サービスの充実等の事業を目指すことを目的に、昭和63年度からは拡張事業から第1次施設整備事業という名称に変更して事業を実施している。

5. ライフラインの確保 ～ 安全・安定給水を目指して ―具体的な事例―

5-1 建設技術

本市の水道は創設水道をプロトタイプとし、その後7回の拡張事業を実施してきた。これは前述の技術テーマを技術目標とし、この目標の達成を目指した事業でもあった。ここで、本市水道の技術テーマの中から、現在実施している第1次施設整備事業の「ライフラインの確保」を例にとって、説明することとする。

水道は都市における最重要基盤施設の一つであり、市民生活や都市活動に欠かすことのできないものである。加えて、高普及を達成した現在、代替のきかない唯一無二のものであることも論を待たない。このような背景からライフライン構想が生まれる必然性がある。従来本市では、増え続ける給水需要に追いつき追いつくべく施設の新增設を実施してきた。このため、どちらかというと水道システムの質の向上といった面で、多少立ち遅れがあったことは否定できない。このため、昭和59年から62年の間で実施した第7期拡張事業からは、本格的に質の向上のための施策を実施した。具体例を挙げると、配水のブロック化、配水管の更新・更生、緊急貯水槽等震害対策、原水池の建設、配水池容量の増強等々である。

これらの事業は第1次施設整備事業にも受け継がれており、「将来水源の確保」と「給水サービスの向上」を図るべく、『ライフラインの確保』を大きな目標に掲げた事業である。「将来水源の確保」では、現在建設中の定山溪ダムを平成元年度に完成して、21世紀の水を確保する。「給水サービスの向上」では、(1)今後の需要増に対応した計画的な施設の拡充・整備 (2)信頼性の高い水道システムの構築 (3)情報管理システムの確立 そして(4)新しい水道技術に対応する管理・運営体制の確立 を目指し、具体的には表－1のような事業を推進していく考えである。今後ともこの種の事業や新しい観点にたった事業を継続していくことによって、本当の意味での水道システムの質の向上すなわちライフラインの確保が図られ、給水サービスの充実に大きく寄与できると確信している。

5-2 テクノロジー・マネジメント

既に述べたシステムコントロールのためのサブシステムである計装を例に挙げてみよう。本市の水道計装は、施設規模による情報量の多寡、施設・設備の発展・改良の度合、管理する人間の資質の向上、コンピュータを含む検出端・操作端の性能等、計装技術の発展とマンマシンシステムとの調和を図りながら進めてきた。特に、最小限に限定した情報数とこれに伴う計装機器の最小化、安全性、信頼性を目指した自動化、人間の能力開発を目指した計装システム等については、最も留意してきているところである。

ここで具体的な例を挙げてみよう。本市の創設浄水場である藻岩浄水場（35,000m³/日）は、2回にわたる拡張（現在 155,000m³/日）に応じて、昭和33年には当時の電子管機器を用いた集中管理方式を採用し、さらに昭和42年には薬品注入設備を始めとする設備関係等の集約化、またそれまでの集中管理方式による運転経験等ノウハウの集積、トランジスタの実用化による電子式計装機器の採用等により、集中管理方式をさらに徹底した。昭和46年に通水を開始した白川浄水場は、将来に向けて大規模化していくこと、藻岩浄水場における浄水処理方式の確立、検出端・操作端等手足となる計装機器の信頼性向上と維持管理の経験、水道界で既に実用化されていたコンピュータによる運転実績、さらには将来に向けて技術力の伸長を期すこと等を踏まえて、我が国の水道では初めてのコンピュータによる直接制御（DDC）を採用した。DDCシステムは、当初の期待どおりの成果を挙げ、この実績から昭和56年度には藻岩浄水場にも導入された。このような管理方式の採用と変更は、それまでの運転実績の経験と積み重ねが、後のシステムの新規採用あるいは改良に深く結びついており、テクノロジーマネジメントにおけるサイクルをえがくパターンとなっている。

小規模浄水場については情報量、情報相互の関連性、管理密度、管理の範囲等が大規模浄水場とは異なり、比較的単純化が可能であることから、マンパワーの活用を図ることとした。水道における計装化は、施設の規模や管理すべき情報量によって、どのような管理形態が妥当であるかという選択の検討は技術的にも経済的にも必要であり、この点から種々検討した結果であり、さらには現在までの運転実績に照らし合わせても、妥当な管理方式であったといえよう。これは、テクノロジーマネジメントの一例であり、このような考え方は前述の体系化に則っており、他の設備等についても同様であることはいふまでもない。

6. おわりに

本市の水道を例に、技術の体系化とその実践の方法について述べてきた。しかしながら、本来あるべき体系化に至るにはまだまだ不十分であり、検討課題は今後に残されている。このような状況の中で、敢えてこの課題を提示したのは、将来ともに水道は都市における最重要基盤施設の一つとして、その果たさなければならない役割はますます高まっていくという認識からである。

本市の場合、今後は隣接市町村を包含した、広域的都市構想をさらに具体的に導かなければならない時期に至っている。これに伴って水道としても、何らかの対応が必要になるであろう。このような状況を考慮して、これからの都市の変貌、ライフスタイルの変化等に合致した水道を作り上げていくためには、技術の体系化が是非とも不可欠である。このためには、過去における都市と水道の関係はどうであったのか、また今はどうなのか。そして、これらを踏まえて、都市の発展や変革に伴って、今後水道は何を行わなければならないのか、またこのためにはどのようにしなければならないのか、そして、何が重要なのか、またそれを判断する方法は何なのか、ということをしかりと認識あるいは判断することを求められている。このためには、新しい発想で利用者のニーズに応え、上記の課題を僅かずつでも解決し、克服していくことがこれからの我々水道技術者に課せられた大きな使命であり、都市の要求すなわち利用者に対するサービスの最終目標として目指さなければならない課題でもある。

（参考文献等）

岡本成之：さっぽろ文庫24 「札幌と水」 札幌市教育委員会編 （昭和53年3月）

岡本成之：「ライフライン思想を超えてジャイアントシステムへ」日本水道新聞 第2828号（63.4.18）