

テーマ4. 施設・設備の維持管理

目次

1. はじめに	T4-1
2. 維持管理の重要性.....	T4-4
(1) 水道を原因とした水系感染症.....	T4-5
(2) クロスコネクション.....	T4-7
(3) 管路事故と断水.....	T4-9
3. 水道法による維持管理の位置づけと関連指針.....	T4-12
4. 我が国の水道施設維持管理における考え方と取り組み.....	T4-14
(1) 事後保全と予防保全.....	T4-14
(2) 浄水場の維持管理.....	T4-15
(3) 管路の維持管理.....	T4-18
(4) 施工品質の管理.....	T4-23
5. 教訓	T4-25

1. はじめに

施設の拡張期には施設を整備することに注力するために、既にある施設の維持管理については十分な予算や対策がなされないことがある。我が国でも、水道事業の拡張期においては施設拡張を重視していたため、維持管理が十分には行われていなかったという側面があった。しかしながら、大きな事故等を契機として、維持管理が徹底されることで、安全で安定した給水サービスを実施できる体制が整えられてきた。

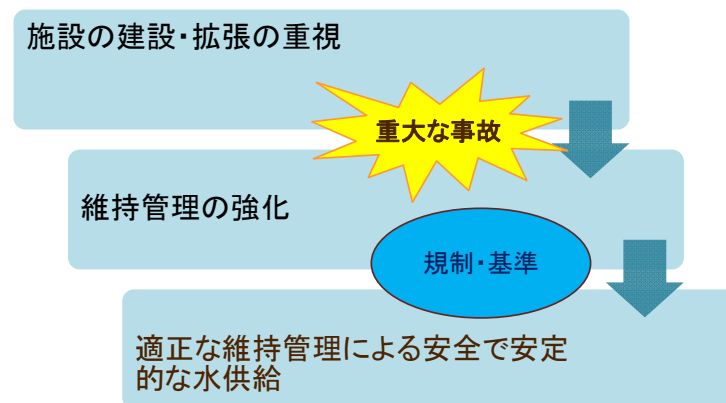


図1 維持管理が重視されることとなった経緯

一方で、現状稼働している施設に対して「壊れてからなおせばよい」という事後保全的な考え方に比べ、予防保全的な維持管理を実施するためには費用と労力が頻繁に発生する。しかしながら、事後保全型維持管理に終始した場合、短期的には経済的に優位であっても、結果として水道事業の信頼を損なうような事故や二次災害を引き起こしてしまい、大きな社会的損失が発生するリスクが高まる、ということを我が国の水道事業者は経験してきた。下図のように、長期的な時間軸では予防保全によってトータルコストが抑えられる。

維持管理（予防保全）には、時間計画保全（TBM：Time Based Maintenance）といわれる定期的保全と、状態監視保全（CBM：Condition Based Maintenance）といわれる劣化の状況に応じて対応を行う保全があり、その経過を定期点検や部品交換等の記録（台帳）として管理していくことが重要である。

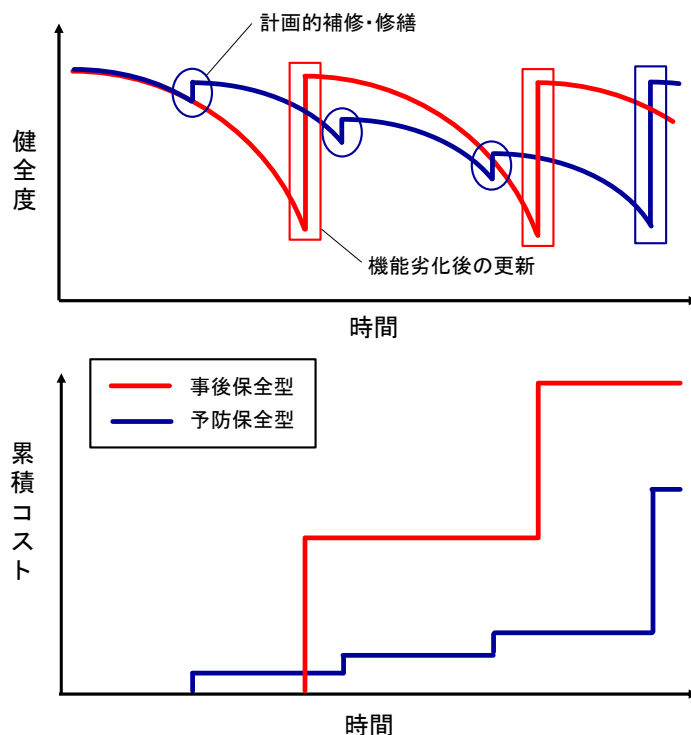


図2 事後保全と予防保全

本教材は、途上国からの水道分野に係る研修員からよく尋ねられる、以下のような質問についての回答を、我が国の水道事業の経験をもとにまとめたものである。

- (質問 1) 水道には、より多くの人々にサービスを提供することが特に求められているため、維持管理よりも新しい施設に予算や人員が優先的に配分されがちである。それにもかかわらず、日本で維持管理が適切に行われているのは、どうしてか。
- (質問 2) 各市町村で運営されている水道事業において、情報共有は容易でないし、技術者も不足しているはずである。全国レベルで維持管理の質を確保するための仕組みとしてはどのようなものがあるのか。技術者の数も限られる中小規模水道事業体も含めて、一定程度のノウハウの共有ができてきているのはなぜか。
- (質問 3) 維持管理のノウハウを技術移転してもらっても、人が入れ替わってしまいい次の世代に継承されない。どうすれば、個々の技術者に蓄積されがちなノウハウを組織全体・国全体に普及していただけるのか。

質問 1 については、「2. 維持管理が重要視されるに至った経緯」において、そのきっかけとなった事故と対応を通じて説明する。質問 2 と質問 3 については、「3. 水道法による維持管理の位置づけと関連指針」において、施設の維持管理の基礎となる我が国の基準についての説明を行った後で、「4. 我が国の水道施設維持管理における考え方と取り組み」

にて、我が国で実施されてきた具体的な対応についての説明を行う。

講師の方へ：途上国での維持管理の現状

途上国における水道施設の維持管理の現状は国、事業者によって様々ですが、以下のような課題が概ね共通して見られます。

- 予防保全の考え方が浸透しておらず、事後保全に終始している。あるいは故障しても放置される。
- 在庫管理がうまくなされていないことや予算不足に起因して予備の材料が不足している。
- 施設の状況、操作方法、点検方法や結果などについて記録が作成されていない、共有されていない、マニュアル等があっても活用されていない。

2. 維持管理の重要性

水道事業の普及期においては、我が国でも給水区域および施設能力の拡充を重視していたため、建設した施設の維持管理が十分には行われていなかった。しかし、管路事故や水質事故等を契機として、水道の安全性の確保と、事故による断水を回避するための対策（給水の連続性の確保）強化への機運が高まった。さらに、水質基準をはじめ規制が強化されたこと、事業体職員が削減される中で合理的な維持管理が求められたことが背景にある。

現在の日本の水道システムは、「どこの町村でも水が飲める」というように良好な維持管理状態にある。また、水道の維持管理は、全国共通の指針である水道維持管理指針と、事業体それぞれのマニュアル等によって守られている。しかしながら、このような状況は自然に起こったわけではない。

我が国の水道は、1945年（昭和20年）の第二次世界大戦終戦までは主に都市部を中心に普及したが、1950年代以降からは地方の5,000人以下の小規模水道（簡易水道）も普及し、1970年代までの間に全国で急速に拡張した。この結果として、水道普及率は1950年（昭和25年）の25.2%から1970年（昭和45年）には80.8%になり、目覚ましい改善を見せた。しかしながら、今日のように適正な維持管理がなされるまでには、水道水由来の水系感染症集団罹患などの深刻な事故を契機として、国・都道府県による再三の通知や巡回指導、および事業体による不断の努力があった。

具体的には、我が国における水道施設の維持管理強化には、以下のような契機となる出来事があった。まず、消毒の不徹底や機器の故障の放置、管路の負圧による汚染の吸い込みなどによる水道を原因とした感染症（赤痢・腸チフス）が問題となったことがあった。また、管路の老朽化による断水や事故（二次災害）も社会的な問題となった。さらに、クロスコネクション（誤接続）による事故も、給水工事品質の向上と施工後の維持管理に注目する重要な契機となった。

表1 維持管理が重視される経緯となった出来事

項目	契機となった出来事	過去の課題
浄水設備の維持管理	消毒の不徹底 (水道を原因とした感染症)	維持管理のマニュアルや標準的な作業手順の不在
	機器の故障と処理不全	
管路の維持管理	負圧による管路の汚染 (水道を原因とした感染症)	老朽化した配管、管路システムが把握できていない
	管路事故による二次災害	
	赤水・濁水による苦情の深刻化	
	クロスコネクションによる赤痢の発生	給水工事の質の向上

(1) 水道を原因とした水系感染症

近代水道の普及が進んでも、水系感染症の集団発生は頻発していた。そのような中、消毒と維持管理の重要性が認識され、厚生省¹による『水道維持管理指針』等の制定、また都道府県に対して水道事業の巡回指導の強化を促す毎年にもわたる通知等により、水系感染症の発生が抑制されるようになった。

1950年(昭和25年)以降、水道は各都市、地方村落に急速に普及し、コレラ等の予防に貢献した。一方、戦前から水道を媒介した赤痢の集団発生が少なくなかった。このような記録は1931年(昭和6年)前後から見られるが、終戦(1945年(昭和20年))以降も頻発していた。1950～1961年(昭和25～36年)の汚染例に関する厚生省の調査では、汚染原因のうち消毒設備を有さないか、有していても消毒を行っていなかったり故障していたりした事例が42%、断水時に汚水を吸引したと思われるものが27%であった。このように水系感染症が維持管理の不十分さによって引き起こされたことから、我が国においては、維持管理が重視されていくこととなった。このような状況を受けて、1953年(昭和28年)に厚生省は『水道維持管理指針』を制定し都道府県宛に通知した。

一方で、厚生省は1961年(昭和36年)には「水道および飲料水給水施設の維持管理の強化について」と「水道および飲料水供給施設の巡回要領」を通知して、消毒設備の整備・

¹ 旧厚生省は、平成13年(2001年)、労働省と統合されて厚生労働省となった。

点検、施設の改善を水道事業体に求めるとともに、都道府県、保健所職員による巡回指導を促した。このような対策も開始当初は目に見える改善につながらなかったものの、毎年のように同様の通知を繰り返すことにより効果を現し始め、1970年代には赤痢等伝染病の発生が急速に減少した。

【コラム】水道維持管理指針の成立と内容

戦前から水道の維持管理の不備を原因とした水道による消化器系伝染病の集団発生が各地で起こり、終戦後も収まることがなかった。このため、厚生省では適正な維持管理を促し、このような事故を防止することを目的として、1953年（昭和28年）に水道維持管理指針を作成した。本指針は、水道施設による伝染病の防止という観点から、既設水道の衛生管理に重点を置いたものであった。その後、水道法が1956年（昭和31年）に制定されたのに伴い、1959年（昭和34年）には第1次改訂版が発行された。

その後、約10年を目途として社会環境（水質汚濁、水需要の増加／減少等）や技術の変化（高度処理施設等の新技術の導入）を踏まえて改訂が行われてきている。最新の指針は、人口と水需要の減少や施設更新の必要性を踏まえた第5次改訂版（2006年（平成18年））である。

表2 『水道維持管理指針』の変遷

年	版	内容
1953 (昭和28)	初版	・適正な維持管理により、水道による伝染病の集団発生を防止することを目的とした。
1959 (昭和34)	第1次改訂	・浄水施設、送配水施設など水道のプロセスごとに項目を設けた。
1970 (昭和45)	第2次改訂	・水質管理の項目を施設ごとに記述した。 ・当時急速に普及し始めた計装設備の項目を設けた。 ・赤水等の対策を記述した。
1982 (昭和57)	第3次改訂	・高度処理など新技術に対応した記述を追加した。 ・広域的管理に言及した。 ・労働衛生安全管理や地震、濁水に備えた管理について記述した。
1998 (平成10)	第4次改訂	・リスク管理や情報処理技術など科学的な管理について詳述した。 ・海水淡水化やクリプトスポリジウムなど最新の情報を追加した。
2006 (平成18)	第5次改訂	・事業環境の変化に対応した記述を追加（水質基準の強化への対応、災害や事故等のリスク管理、環境保全、IT化、第三者委託制度への対応など）。 ・水道事業の多数を占める中小規模事業体における維持管理について詳述した。 ・実務を重視し、水道事業体へのアンケート結果を踏まえた実際の維持管理上のノウハウを充実させた。

今日の我が国の水道事業は、人口減少による料金収入の減少、団塊世代の技術職員の一斉退職による技術力の低下懸念、2011年（平成23年）の東日本大震災に代表される自然災害リスクなど、非常に厳しい環境に見舞われている。このような状況下においても安全・安心な水を絶え間なく供給するためには、施設の更新や強靱化を適正に行うことに加え、維持管理を適正に実施していく必要がある。具体的には、

- ベテラン職員退職後も問題なく事業運営していくための技術・ノウハウの継承とマニュアル化
- 水道を個々の施設のみでなくシステムとしてとらえ、一部が故障・被災した場合でもシステムとして能力を損なわないような施設整備と維持管理手法の構築
- 水安全計画等にもとづく水源から給水までの各プロセスでの水質汚染リスク管理の強化
- アセットマネジメントによる長期的な施設の健全度と更新需要の見通しの確立、およびこれに対応するための財政基盤の確保
- 計画的維持管理にもとづく異常の早期検知と修繕による施設の長寿命化
- 膜処理など新技術を採用した施設の維持管理

などが求められており、維持管理指針もそれぞれの時代のニーズに合わせてその内容を変えていくこととなる。

（2）クロスコネクション

給水管の工業用水管や農業用水管とのクロスコネクションにより、健康被害の発生に至った代表的な事故が1960年代に発生し、注目を集めたことから対策が加速した。

クロスコネクション（誤接続）とは、水道管と農業用水、工業用水、排水管などの水道水以外の管とが誤って直接接続されてしまうことである。1960年代になると、水道施設の急速な拡張により、日本各地で、工業用水や農業用水とのクロスコネクション（誤接続）が報告され、社会問題となった。水道事業者は、施工監理の強化、建設に係る正確な記録の保管、建設後の水質検査の実施など、クロスコネクションを防止する対策を行った。

【事例】横浜市におけるクロスコネクションとその後の対策²

横浜市では 1969 年（昭和 44 年）に幼稚園での集団赤痢の発生を受け、水道水の水質検査を行ったところ、残留塩素が検出されなかったことから調査が行われ、給水管が工業用水道管と誤って接続されていたことが判明した。発見のきっかけとなった赤痢発生の原因は水道水ではなかったが、住民が工業用水を飲用していたという事実は、市民と横浜市水道局に大きな衝撃を与えた。

もともと、この給水管は 200mm の配水管に接続されていたが、この配水管は 1959 年（昭和 34 年）から 9 年間の間に 13 回にもおよぶ改良移設工事が行われ、この間に 200mm の工業用水道管も布設されていた。1968 年（昭和 43 年）に下水道管路の布設工事に伴い、一部の水道管の移設が必要となり、緊急工事が実施された。その際、取付替工事で現場と図面の確認が不十分なまま、誤って隣接している工業用水道管に接続してしまった。この工業用水道は当時稼働まもなく、上水道と全く同一水源であり、水質的にも上水道に劣らない良好なものであった。また使用水量も少なかった。しかしながら、このことが誤接続の発見を遅らせる一因ともなった。

この事件を受けて、厚生省は、同年（1969 年）「水道施設の工事監督の強化並びに施設管理及び水質管理の徹底について」の通知を発し、資格を有する監督者が工事監督を実施すること、工事に関する記録と報告、図面等の整備の徹底、工事後の残留塩素確認を含む水質検査の徹底についての注意喚起を行った。

横浜市水道局では、組織と経営上の問題点と工事上の問題点の両面からの改善を進めた。まず、夜間や休日の管理体制の手薄い時間帯の緊急措置の体制を強化した。工事の施工管理体制については、技術管理補助者を指定して強化を図った。配管図についても、誰でも現状を正確に確認できるように、詳細な配管台帳図を 1971 年（昭和 46 年）から 12 年の歳月と 7 億 2,500 万円をかけて完成させた。さらに、完成した図面の加除修正を適切に行い、実態と図面が一致するように図面管理の徹底に全力を注いできた。同時に、1971 年（昭和 46 年）には、水質試験車を配備し、市民からの問い合わせや水源異常にも直ちに対応できるようにした。

² 横浜市水道局『横浜水道百年の歩み』（1987 年）pp.623-626

(3) 管路事故と断水

日本でもかつて、管路事故、水圧低下、水道管への汚濁水の引き込みが頻繁に発生した。管路事故の反省から、計画的な管路更新、管材や施工の品質向上、ノウハウの共有等により対策が進められてきた。また、事故を防ぐための国の支援も行われている。

管路事故は、負圧によって、水圧の低下や汚濁水の引き込みを引き起こす。大規模管路事故の場合には、一日以上の断水、道路の陥没や冠水等による大規模な交通障害、家屋浸水等が発生させるなど、市民の日常生活に大きな影響を与える。我が国においても、管路の老朽化や、施工不良、自然災害等により、管路事故が発生していることから、現在では、計画的な管路の更新、施工の改善、耐震化への対応等が進められている。

【事例】大阪市における配水幹線事故とその対策³

大阪市では、1937年（昭和12年）頃から幹線管路の事故が頻繁に起こり始め、1895年（明治28年）の水道事業創設後100年の間に15幹線で70件の事故が発生した。その中でも特に多かったのが1933~1943年（昭和8~18年）に布設した幹線の事故であった。この頃布設した鑄鉄管の内面はコールタール焼き付け塗装が施されていたため、布設後まもなく内部に錆が発生し、鑄鉄の黒鉛化による管体強度の低下と有効断面の減少、そして外面からの腐食といった要因が重なったことによる事故であった。

1951年（昭和26年）に発生した幹線（口径1,500mm）の事故では、事故発生と同時に噴水と道路陥没で交通が遮断され、家屋浸水被害が120戸、断水も広範囲に及び、水圧低下も断水区域周辺のさらに広い地域で発生した。この復旧には多大な労力、コスト、時間を要した。事故後の対応として、破裂事故の起こった幹線に対し、管体に補強バンドの取付けなどの補強工事を行ったが、根本的な解決にはならなかった。そのため、以降の整備事業では当時の新工法であった内管挿入（パイプインパイプ）工法などによる経年管の更新を積極的に実施することで、事故の発生を減少させた。

³ 大阪市水道局『大阪市水道百年史』（1996年）pp.537-538

【コラム】日本水道協会を通じた事例の共有

日本水道協会は、活動の一環としての一連の定例会議や委員会を通して、全国の水道事業体間の情報共有の役割を担ってきた。また各地で発生した事故について、協会誌や研修等で取り上げるとともに、事例集（『実務に活かす上水道の事故事例集 — 事故防止と技術の継承に向けて —』（2008年））を発行し、事故の教訓の共有と再発防止のための取り組みを各水道事業体に促す活動も行っている。

他方で、日本水道協会の主催により、年 1 回各支部の輪番で開催される全国的な水道関係者の発表の場である全国水道研究発表会では、水道事業体の維持管理を含む実務の工夫やノウハウ、技術研究成果の共有も行われてきた。

全国水道研究発表会の参加者は水道事業体職員を始め、大学、研究機関、民間企業の研究者等である。1950年（昭和25年）に第1回が開催されてから、毎年行われており、2016年（平成28年）現在で66回目を迎えている。回数を経るごとに、発表件数も増加しており、発足当初は、事務、上水、下水、衛生の4部門であったのが、現在では、事務、計画、水源・取水、浄水、導・送・配水、給水装置、機械・電気・計装、水質、リスク管理、災害対策、英語の11部門になっている。

水道事業の普及期において、日本では施設拡張を重視していたため、維持管理が十分には行われていなかったという面があった。しかし、大きな事故等を契機として、水道の安全性の確保と、事故による断水を回避するための対策（24時間給水）強化への機運が高まった。この背景には、中央政府・都道府県の指導強化もあった。このような水道事業体内、監督官庁や規制行政など幅広い枠組みでの支援や政策づくりが維持管理の重要性認識を高めるうえで効果的であった。

【コラム】適正な管路の管理と漏水率の低減

1950年代は戦前に建設された管路の経年化が進み、また、戦時中に不適切な材質の資材が使われたことや戦災を受けたことから、管路の劣化が進んでいた。そこに、重車輛の増加が加わり、老朽化・劣化した管路に対して過酷な条件となってきた。水道の面的拡大期であったこの時代は、急速な建設、拡張のため、十分な維持管理が水道の拡張速度に伴わなかったという面があった。その結果、東京や大阪といった大都市においても漏水率が30%近い状況であった。そこで、厚生省から1960年（昭和35年）に「水道の漏水防止対策について」が全国に通知された。また、老朽化した鑄鉄管の内面が錆びて給水栓から赤い水が出る事例が多くなってきたため、1970年（昭和45年）に「赤水等対策の強化について」の通知もされた。こうした国の指導もあり、各地の水道事業者では、管路の補修や布設替えが精力的に行われ、漏水が減少した結果、上水道事業における無効水量で1980年には平均16.4%程度減少した。

表3 管路管理と漏水低減に関連する我が国の出来事

1945年（昭和20年）	終戦（戦災による管路の損壊）
1946年（昭和21年）9月	漏水防止対策要綱（厚生省、日本水道協会）
1950年代	戦前に建設されたパイプは経年化、戦時中に材質の不良な資材が使われたことによる劣化
1960年（昭和35年）	漏水防止対策要綱改定（東京都水道局漏水防止対策委員会） 厚生省通知：水道の漏水防止対策について（漏水防止対策要綱）
1970年頃	赤水がメディア等で取り上げられ社会問題化する。
1970年（昭和45年）	厚生省通知：赤水等対策の強化について（管路の補修・布設替えの強化）
1977年（昭和52年）	漏水防止対策指針の発刊

出典：「近代水道百年の歩み」編集委員会『近代水道百年の歩み』日本水道新聞社（1988年）を元に作成

3. 水道法による維持管理の位置づけと関連指針

日本では、水道整備の際の維持管理への配慮が水道法に規定されている。また、施設基準と、施設設計や維持管理のための指針が制定され、全国の事業者はこの指針等にもとづき施設の設計および維持管理を実施している。これらにより、水道施設およびその維持管理は全国で一定の質を保つことができている。

我が国では、水道法第5条（施設基準）において「水道施設の位置及び配列を定めるにあたっては、その布設及び維持管理ができるだけ経済的で、かつ、容易になるようにするとともに、給水の確実性をも考慮しなければならない」と規定されている。

また、水道法第19条では、必要な資格を有する水道技術管理者が、管路等の水道施設が施設基準に適合しているかどうかの検査に従事、監督しなければならないこととされている。この「施設基準を順守すること」が「適正な維持管理を行うこと」に他ならない。水道法の施設基準をより具体的に示した指針としては『水道施設設計指針』があり、事業認可の際には、『水道施設設計指針』に沿った方式であるかが確認されている。さらに、維持管理の指針としては上述の『水道維持管理指針』がある。

施設の基準と維持管理の基準は密接に関連している。まず、両者が共通した方針、たとえば「一定以上の圧力で連続して供給する」といった目標を持っていることで、水道水供給のための施設および施設管理の在り方が定まる。また、維持管理を標準化することができ、また詳細な維持管理のノウハウやトラブルへの対応などの知識も共有しやすくなる。

水道法

（施設基準）

第5条 水道は、原水の質及び量、地理的条件、当該水道の形態等に応じ、取水施設、貯水施設、導水施設、浄水施設、送水施設及び配水施設の全部又は一部を有すべきものとし、その各施設は、次の各号に掲げる要件を備えるものでなければならない。

五 送水施設は、必要量の浄水を送るのに必要なポンプ、送水管その他の設備を有すること。

六 配水施設は、必要量の浄水を一定以上の圧力で連続して供給するのに必要な配水池、ポンプ、配水管その他の設備を有すること。

2 水道施設の位置及び配列を定めるにあたっては、その布設及び維持管理ができるだけ

経済的で、かつ、容易になるようにするとともに、給水の確実性をも考慮しなければならない。

3 水道施設の構造及び材質は、水圧、土圧、地震力その他の荷重に対して十分な耐力を有し、かつ、水が汚染され、又は漏れるおそれがないものでなければならない。

4. 我が国の水道施設維持管理における考え方と取り組み

我が国の水道の維持管理においては、①予防保全の重視、②良好な資機材の品質や施工品質を維持するための標準化や制度化、③指針の制定、④水道事業体内外での情報共有、⑤ノウハウの標準化・マニュアル化などが行われており、効果を上げている。また、長期的な視点から水道施設のライフサイクルにわたって健全な機能維持とそのための方政基盤の確保を図る「アセットマネジメント」の取り組みが進んでいる。

本項では、我が国で実際に取り組まれている水道施設維持管理の現状と、その根本にある考え方について事例を交えつつ紹介する。大きな潮流としては、我が国においても当初は「壊れてからなおす」という事後対応的な管理が行われていたが、様々な事故等を経験して「事故が起こる前に予防する」という考え方にシフトしてきた。また、水道施設のなかでも管路については、破裂や漏水等により有収率に大きく影響するものの、布設範囲が広範にわたりさらに地下埋設物であるため維持管理が難しいという特性がある。我が国の水道事業体の無収水率の低さも良質な管路の維持管理に起因するところが多い。このため、本教材でも送配水管および給水管の維持管理について重点的に説明する。

今日の維持管理の在り方は、国や都道府県による規制、行政指導などのいわゆる「トップダウン」と、個々の水道事業体の経験とノウハウの蓄積、およびそれらを共有するための努力などの「ボトムアップ」が組み合わさってたどり着いたものである。加えて、日本水道協会という存在も各種指針の制定やノウハウの共有など、タテとヨコのつながりを醸成するのに重要な役割を担ってきた。

さらに、人口減少社会を迎えている我が国においては水道料金収入も減少していくことが確実であり、このような状況で適正な維持管理を確保するために「アセットマネジメント」の考え方が主流になってきている。すなわち、長期の人口・水需要予測および施設の健全性の予測にもとづく更新・維持管理計画と、これを実現するための財政基盤を確保することが求められている。

(1) 事後保全と予防保全

かつての維持管理においては、管路の漏水や設備機器の故障等を発見してから必要な交換・修繕を行う事後保全的な対応が行われていた。しかしながら、このような対応を続けた場合、水道事業そのものの信頼性を損なう大事故につながるおそれがある。このため、各事業体では計画的点検や更新により事故を未然に防ぐ、という予防保全の考え方が主流になってきている。

我が国では当初、漏水対策や赤水対策としての管路更新（事後保全）が行われていた。その後、漏水が起こってから対応するのではなく未然に防止することの重要性への認識から、計画的更新を行う事業者が増えてきた。特に事故の多い铸铁管、石綿管、鉛製給水管を計画的に更新してきている。また石綿や鉛については、人体に取り込まれた場合の健康影響が懸念されることも更新へのインセンティブとなっている。一定年数を経過した老朽管や、石綿管の更新には国庫補助が一部適用されることもあり、各事業者では更新計画を作成し、これにもとづく更新事業を実施している。また、管路以外の施設においても、耐用年数が短く、故障した場合に水供給に大きな影響をもたらす機械電気設備を中心に、計画的更新が取り組まれている。

しかしながらこれらの事業を実施するための予算は限られているため、水道施設全体の更新時期および更新費用を長期的に試算し、優先順位を検討しながら効率的な更新を行っていくための「アセットマネジメント」の考え方が普及しつつある。

（2）浄水場の維持管理

全国の浄水場で適切な維持管理を行うために、日本水道協会の『水道施設設計指針』や『水道維持管理指針』が統一的な指針として役割を果たしている。また、機械電気設備等の専門分野から始まった民間企業への維持管理委託は、浄水場全体などさらに範囲を拡大させた第三者委託へと広がっている。

浄水場の適切な運用のためには、浄水処理の原理に関する基礎知識、適切な日常管理や調達管理、維持管理等の一連の活動を適切にマネジメントすることが重要である。我が国では設計指針や維持管理指針といった「指針」を中心とした体系と OJT によってこれを伝承してきた。自国の自然環境や施設の状況に応じた運転管理ノウハウを「指針」という形で形式知にして共有し、中央省庁・高等教育機関・協会等が、その普及を主導することが全国的な施設整備および維持管理推進の原動力となった。各浄水場では、水道施設維持管理指針を参考に、運転マニュアル等の整備や、施設の稼働状況の記録、設備の定期的な点検を実施している。

なお、専門性の高い機械電気設備に関しては、水道事業者において不足するノウハウや維持管理の一部を民間企業が担った。例えば、設備の故障・不具合が発生した場合には、電話一本で設備を販売した会社が浄水場に赴き、修理を行うというような体制が整えられており、機器の操作指導、定期点検、メンテナンス、アフターサービス等も民間企業により行われた。

現在は、上述のような民間企業への委託がさらに拡大される傾向にある。技術職員の退

職や費用削減への必要性などに迫られている状況に加え、水道業界全体で民間活力の導入への機運が高まっていることもあり、これまで直営でやってきた部分の維持管理も含めて民間企業に委託する例が増えてきている。

【事例】浄水場維持管理の事例と業務委託

札幌市水道局は給水区域内に5箇所の浄水場を有しており、そのうち2箇所の浄水場運転管理業務及び2箇所の設備点検などの維持管理業務を一般財団法人である札幌市水道サービス協会に委託している。維持管理にあたっては写真1に示すような点検作業計画を作成し、これにもとづいた定期点検を行っている。

平成21年 (7月) 設備I班作業予定表

日・曜日	平成21年 (7月) 設備I班作業予定表																															備 考		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
作業項目	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金			
毎週・月の点検作業	I・II系CVCDF点検	○						○																								I系-II系		
	I系手動洗浄																																取水ポンプ・洗浄ポンプ・魚鱗ポンプ	
	I系手動洗浄																																深洗ポンプ試運転	
	7.5kg容量電池点検																																全セル測定	
	5.1kg容量電池点検																																	導水ポンプ場
	換水配管エアリング	○																																I系-ろ過水・浄水
	濁度計清掃																																	I系-原水・沈殿水(3班-4班)
濁度計定期点検	○																																原水・沈水(3班-4班)ろ過水(3班-4班)	
導水ポンプ試運転																																	No1・No2(小ポンプ)の運転	
月別点検	原水層・排水層点検							○	○	○	○																						ろ過池清掃後 手動洗浄	
	コントロールバルブ点検							○	○	○	○																						ろ過池清掃後 手動洗浄	
	ろ過池濁度計・濁度計点検							○	○	○	○																						ろ過池清掃後 手動洗浄	
	クラリファイヤ定期点検																																	I系-3班・4班(1号~8号)
換気扇定期点検	○	○	○																														I系-3班・4班 ろ過池	
その他	作業予定書作成																																随時	
	次砂池維持放流																																随時	
	点検表改訂																																随時	
	在庫調査																																随時	

出典：札幌市 (JICA 2015年課題別研修資料)

写真1 施設の点検作業計画表

札幌市の場合の委託先は財団法人であるが、全国の事例では民間企業への委託がよく見られる。また委託の形態としては、当初は検針業務や専門知識を要する設備系の維持管理など単体での「個別業務委託」が主であった。この場合、水道法上の責務は委託者である水道事業体にすべて残ることになる。近年では、委託範囲をさらに広げ、水道法上の責務

も含めて技術上の管理を委託する「第三者委託」の形態や、設計から建設、運転維持管理までを請け負わせる DBO (Design Build Operation) 等が増えてきている。この場合においても、委託者である水道事業体は受託者の業務執行状況を適切にモニタリングする必要がある。このため各事業体では、日本水道協会が発行する「水道施設管理業務委託評価マニュアル案」等をもとに定期的に委託先の業務評価を実施したうえでその結果を公表し、民間企業にすべてを任せるのではなく事業体自らも水道施設の維持管理を適切に監督していることを示している。

また、日常の補修・修繕や地震被災時の応急復旧時に備え、適切な量の薬品やスペアパーツを適切なタイミングで調達・管理することが重要であり、水道事業体では日常の点検結果等にもとづいて計画的な在庫管理を実施している。高度成長期には水道事業体は自ら資機材の貯蔵品管理と定数管理を徹底することで無駄のない調達を行うとともに、緊急の補修や修繕に迅速に対応してきた。ただし、近年では、物流網が発達し、市場在庫が整備されたことにより、ここからの調達が主となっている。

講師の方へ：在庫管理について

途上国においては「計画的に在庫を管理する」という考え方が浸透していないだけでなく、先進諸国の援助をもとに建設された施設では必然的に当該国以外の市場で調達された物品が多用されているという性質上、スペアパーツを国内市場で調達することがそもそも困難であるという状況が珍しくありません⁴。このような状況を踏まえると、非常時対応も含めた適切な在庫管理のためにはまず日常の点検維持管理が重要であること、その結果にもとづき主要なパーツについては確実な調達ルートを確保しておくことの重要性を水道事業体が認識し、これと同時に、製品の仕様や規格の統一等によりメーカー・サプライヤーの健全な競争を促し、適正な価格で入手できるようにするなど長い目でみた段階的な展望が必要となります。

この根底にあるのが、本項の前後で議論されている「予防保全」の考え方、また「全国統一的な規格を制定し普及させる」ことの重要性であると言えます。

⁴ 山本敬子氏

(3) 管路の維持管理

1) 送配水管の材質と維持管理

水道施設の送配水管路は、近代水道黎明期の施設設計者が外国人だったこともあり、輸入品が多くを占めていたが、国産資材の利用を求める世論を受けた導入試行や技術・生産拠点開発が進んだこと、また日本水道協会の規格も整ったことで、国産化が進められた。

我が国では、黎明期においては、管材のほとんどを輸入に頼っていたが、海外製品は高価でもあった。世論や議会方面からも国産資材の使用を求める声は大きかったが、生産技術が未熟だったこともあり初期の導入試行はことごとく失敗に終わった。1890年代後半になると全国主要都市に水道が普及し始め、これに合わせてメーカーの技術開発や生産拠点の増強なども進み、次第に国産品が主流になっていった。その後規格を整備するとともに、高度経済成長期に産業を育成したことで、国内の管路生産技術が発達していった。

現在では水道用にダクタイル鋳鉄管、鋼管、硬質塩化ビニル管、ポリエチレン管などが国内で生産され、それぞれの事業体における埋設環境、使用用途やコストによって使い分けられている。

講師の方へ：

途上国における送配水管の材質については、程度の違いはあるものの、これまでの我が国や先進国の使用経緯と同様に改善されてきたと考えて差し支えないケースが多くあります。すなわち、過去に整備された管網においては石綿セメント管、亜鉛メッキ鋼管、硬質塩化ビニル管、普通鋳鉄管などが多用され、更新の際には、大口径の場合はダクタイル鋳鉄管、中小口径ではポリエチレン管や硬質塩化ビニル管が使用されています。おおまかには、施工性やコストと品質のバランスが良いことから、新設・更新時にはポリエチレン管が好まれていると言えます。ただし、ポリエチレン管の製品規格や接合方法については、多くの場合我が国のものと異なるため注意が必要です⁵。

なお製品規格については、その国に技術基準がなかったり、あっても ISO 等を準用した技術基準を事業体内で定めているか、援助等によるガイドラインなどを技術基準として運用したりしているケースが多くみられます。しかしながら、実際の調達においては、(1) 認証制度がないため実際に要求を満たした製品が納入されているかどうか確認できていない、(2) 技術的要求を理解していないために質の悪いものを排除することができない、(3)

⁵ 山本敬子氏

技術基準に準拠している製品でも質が悪い（漏水・故障が多いなど）製品が多く経験的な判断でメーカー指定となっている、といったケースがよく見られます。また、過去に様々なドナーによる整備が並行して行われた結果、同じ給水区域内でも異なる規格の製品が使用されてしまっている事例もあります。

【事例】管材料の変遷

日本の多くの事業者では、技術発展に合わせて様々な管材料を使ってきた。その歴史的背景と変遷について事例を交えて紹介する。

京都市水道事業⁶は1912年（明治45年）に給水を開始した。創設期は、他都市と同様に普通铸铁管が主に使用されていた。その後1923年（大正12年）に水道管の破裂事故を経験したことや、同年発生した関東大震災において被災事業者の水道施設の甚大な被害が報告されたことから、管路事故に対する懸念が高まった。当時の対策として、管をより深い位置に埋設すること、あるいは管の厚みを増すことなどが考えられたが、財政的な理由により実施は困難とされた。こういったことが市議会で議論されていたという事実からも、早期から管路の強靱化が重視されていたことがわかる。

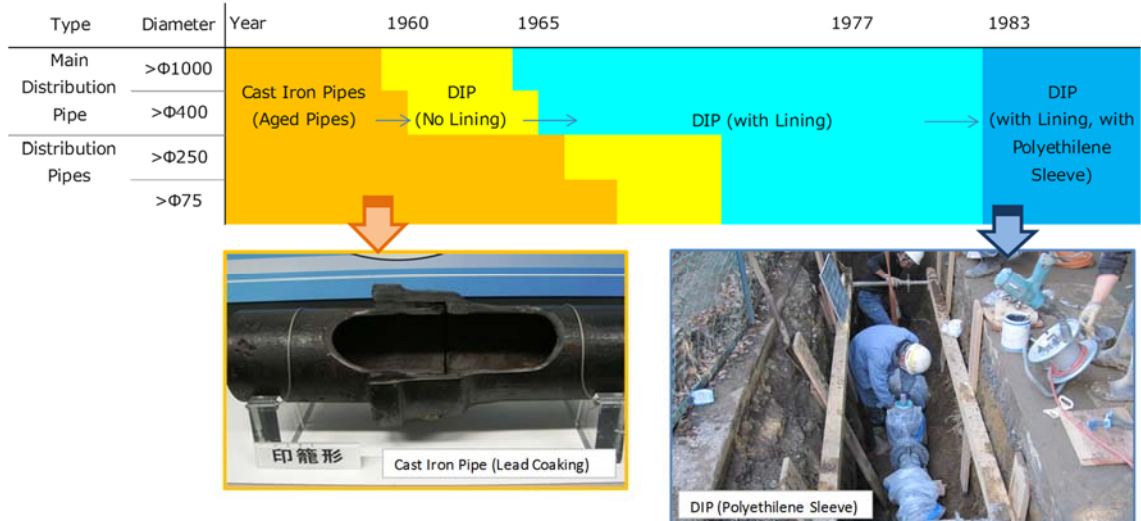
その後、普通铸铁管の後継として高級铸铁管が採用され、国際情勢の緊迫により铸铁管の調達が困難になり、安価な代替として石綿セメント管が使用され始めたという経緯は他の事業者と同様である。

1940～50年代には配水管を中心に漏水防止対策工事が実施された。この成果として、有収率にして20%以上の改善が見られた。またこの頃のエピソードとして、GHQ統治下の水質管理において末端での残留塩素濃度を高くする（0.4ppm）ことが求められた結果、鋼管の腐食が5年早まってしまい、大阪市と神戸市と共同で占領軍に規定残留塩素濃度を低下するよう陳情した、というものがある。一方、この時期から、アメリカ発祥のダクタイル铸铁管が日本国内においても生産され始めた。京都市におけるダクタイル铸铁管の初採用は1959年（昭和34年）となっている。

1960年代の高度経済成長期には石綿セメント管が盛んに埋設されたが、劣化が早いことが判明し、1968年（昭和43年）には新規埋設が中止された。その後は、老朽管更新の際のダクタイル铸铁管の採用、防食のためのポリエチレンスリーブの採用、および耐震型継手の採用など、水道産業の発展や自然災害の発生等、事業環境の変化に対応する形で管路の使用状況も変わっていった。

⁶ 京都市については京都市上下水道局『京都市水道百年史』（2013年）を参考に記載。

東京都水道局では、1960年（昭和35年）以降布設の配水管にダクタイル鋳鉄管を使用しており、腐食を防ぐための内面ライニング管の採用やポリエチレンスリーブの採用、耐震継手の採用を順に行っている。また、経年化した普通鋳鉄管の漏水が多いので、計画的にダクタイル鋳鉄管に取り換えている（図3）。



出典：JICA 技術協力プロジェクト研修資料（東京都水道局提供資料による基づき作成）

（写真）左側：水道技術経営パートナーズ、右側：（一般社団法人）日本ダクタイル鋳鉄管協会

図3 東京都水道局における鋳鉄管技術の変遷

2) 給水管の材質と維持管理

水道創設期・普及期の給水管には、加工性の良い純鉛管や亜鉛メッキ鋼管、銅管などが使われていた。その後、鉛管については、溶出した鉛の人体への影響が懸念されるに至り、塩化ビニル管等の他の材質による給水管が使用されるようになった。また、水道法では「給水装置の構造及び材質」について規定されている。

一方、2004年（平成16年）に日本水道協会により『給水用具の維持管理指針』が出版され、これまでおさなりにされがちだった給水装置の維持管理について、国から需要者に至るまでの果たすべき責任が明記されている。

当初、我が国では、水道の給水管は鉛や銅を用いていた。当時はまだ鉛管以外に施工性のよい小口径管が作れなかったためであるが、鉛が溶出した場合に健康被害が懸念されることから、現在では鉛管は交換すべき対象と位置づけられている。現在では、ステンレス

管、硬質塩化ビニル管、さらにポリエチレン管等が用いられている。

一方、給水管は送配水管等と違い、需要者が所有者及び使用者となる。このため、給水装置の交換や維持管理について水道事業体の指導・管理の徹底が困難な部分がある。かつては国や水道事業体、給水装置の製造者や認証機関、工事業者、需要者ともに維持管理に対する意識が必ずしも高くなく、これに起因して、給水装置の誤接続による水質事故が発生していた。また、我が国では漏水の多くは給水管で起こっている。このような状況を鑑み、2004年（平成16年）に日本水道協会により『給水用具の維持管理指針』が編纂された。本指針ではこれまでの給水装置の維持管理における課題と、今後適正な維持管理を進めていくための、国から需要者に至るまでの責任が明確に記述されている。

管材など資機材の規格については、日本水道協会が中心となり、事業体と民間企業も巻き込んで日本独自の規格を発展させ、日本水道協会内で検査体制を確立していった。この体制を多くの事業体が支持することで、全国どこでも優良な資材が調達できるようになり、かつ水道分野の産業育成にもつながった。品質を確保する上での資機材規格の確立は重要である。

【コラム】日本における鉛製給水管規制の経緯

我が国における鉛製給水管に対する規制の始まりは、1989年（平成元年）に厚生省給水衛生問題検討会の報告を受けて発出された「給水管に係る衛生対策について」の厚生省通知である。この通知の概要は、

- ①新設の給水管には、鉛溶出のない管を使用すること
- ②現在布設されている鉛管について、配水管の更新を行う場合等には、それに付随する鉛管を鉛の溶出のないものに布設替の努力をすること
- ③pHの低い水道は、その改善に努めること
- ④鉛溶出が問題となる開栓初期の水は、飲用以外に用いることが望ましく、その旨の広報活動を行うこと

の4点である。

その後、WHOの飲料水水質ガイドライン改正の動きや、近年の科学的知見の向上等を背景に、1992年（平成4年）12月には、鉛の水質基準は それまでの0.1mg/lから0.05mg/lに、2002年（平成14年）3月には0.05mg/lから0.01mg/lへと基準が強化された。

このような通知や水質基準の改正を背景に、我が国においても鉛製給水管の布設替えが推進されているものの、前述のように「量水器以降の給水装置は需要者の財産」であることや、事業体においては送配水管の耐震化等が優先されがちなことから、思うように更新は進んでいない。特に、中小規模事業体を中心に鉛製給水管の残存件数は依然として多い（2010年（平成22年）の全国値として400万件前後）。2012年（平成24年）には厚生労働省から「鉛製給水管布設替えの手引き」が公表され、技術面や政策面で一定の方向性が示されているが、個々の水道事業体におけるより一層の努力が求められている。

2016年（平成28年）1月に発生したアメリカ北部ミシガン州フリント市での水道水の鉛汚染事故では、鉛の毒性と、水道水中に溶出した場合の影響の深刻さが改めて浮き彫りになった。

3) 管路情報の管理

水道管路情報は紙媒体で保存されていたが、最近ではマッピングシステムへの移行および情報の共有化が進んでいる。

従来の管路情報は紙の図面や台帳によって保管されていた。その他には、携帯性の向上のためマイクロフィルム等で保存・整理されるケースもあった。一方、紙やフィルムの媒体のみでは災害時のデータ喪失等のリスクがあり、また電子データと比較して情報共有をしにくいというマイナス面がある。2011年（平成23年）の東日本大震災においても、津波により管路台帳の大部分が失われてしまった事業体があった。このことから、現在では電子データ及びマッピングシステムによる情報管理へ移行する事業体が増えはじめている。このようなデータベースは水理計算モデルの構築等にも活用され、さらに近年ではアセットマネジメントへの活用が検討されている。

紙であるか電子データであるかに関わらず、情報が整理されることで個人に属していた情報が共有されるようになり、水運用の切替え、断水工事などを適切に計画し、スムーズに行うことができるようになるというメリットがある。管路情報の整理方法は事業体によって違ってくるが、データ化を通して「個人が把握している暗黙知を形式知にする」ということが効果的である。

また、極めて重要なのが、工事を行った後の図面の更新である。新たに施設を建設した時や補修を行った時などに、得られた情報を適時に図面に反映することが大切であり、そのための専門の部署があったり、外部委託を行ったりしている水道事業体もある。

講師の方へ：

途上国では、管路工事後の図面が整理されていないことが多く、実際に掘り返してみないとわからないということがよくあります。また、管路の移設工事の図面も残っておらず、その工事に携わった職員だけが知っているという状況で、その職員の記憶に頼っているというような場面にもよく遭遇します。このような図面の未整備は、管路の更新や漏水対策といった維持管理において大きな障害になっています。一度、管路図面を整備すれば終わりということではなく、継続的な更新と共有が、途上国の重要な課題となっています。

【事例】道路調整協議会（東京都の例）

道路上で行われる工事には、道路を維持・補修する工事のほかにも、水道、下水道、ガス、電気、通信事業者が道路に管や線を新設する工事や、古くなったものを更新する工事がある。

日本では、これらの工事がいつどこで行われるか、情報を共有するため、道路調整会議が開催されている。相互の工事計画を把握し工事時期を調整することで、無駄な掘返しを防止、経費の削減、交通渋滞の防止、他埋設物の損壊等の事故防止を図っている。

例えば、東京都では、建設局が事務局となり、道路調整会議が年数回開催されている。会議の構成メンバーは、東京都建設局、国土交通省、警視庁、首都高速道路株式会社、水道局、下水道局、交通局、NTT、東京電力、東京ガス、東京メトロ、JR などとなっている。調整部会、保安部会、改善部会に分かれており、調整部会で路上工事の調整、路上工事の工期の縮減の調整が主に行われる。

（４）施工品質の管理

適正な施工品質を確保することは、布設された施設や管路がそのライフサイクルを全うすることにつながり、また施工後の維持管理を容易にすることにもなる。我が国では、適切な技術者の監督の下に水道工事が行われるよう制度化されている。また、指定給水装置工事事業者制度が水道法に規定されるなど、民間工事業者の施工品質を確保するための対策も行われている。

我が国では、水道法（第 12 条）によって適切な技術者の監督の下での水道布設が義務付けられている。高度成長期には粗雑なサドル分水工事、クロスコネクション（誤接続）や粗悪な給水装置施工による配水管汚染などの事例があり、厚生省通知等による国の指導が多く行われるとともに、工事の標準化や事業者による指定給水装置工事事業者制度導入等が行われた。このように、施工の品質を確保するには、行政指導、法や制度運用などさまざまな方法がある。

【コラム】指定給水装置工事事業者の果たしてきた役割

我が国の給水工事は、当初は水道事業者自らが施工していた。これは、需要者や他の業者に任意に給水工事を行わせると、不適切な材料を使用されたり、盗水を目的とした工事が行われたりといった管理上の不都合を生じさせる可能性があること、また保健衛生上の問題を引き起こす懸念があったためである。ただし、黎明期の横浜、東京、大阪では、水道事業者の承認・検査等を受けることを条件として、需要者が自己の材料および職工を利用して施工を行うことを例外的に認めていた⁷。また、震災や第二次世界大戦後の復興に伴う給水工事件数の増加により、多くの都市では施工者を特定する給水工事の指定工事店制度を導入し、給水装置の構造・材質や施工について必要な水準を確保するとともに、その緊急補修等を円滑に実施してきた。

指定工事店制度が全国の事業者で普及した結果、指定水道工事業者の団体として 1960 年（昭和 35 年）に全国管工事協同組合連合が発足した。管工事組合は、指定水道工事業者の連盟としてのみならず、震災時には、加盟している全国の工事業者が現場に駆けつけ、給水管を中心とする応急復旧工事を行う等、率先した支援活動を実施している。

近年は、直営による給水工事は僅少となった。各都市において合理化のため、指導監督面を強化して請負化を拡大させている。また、1996 年（平成 8 年）の水道法の改正により、これまで市町村ごとに定められていた給水装置工事事業者の指定要件と技術者の資格要件が全国で統一された。給水装置工事主任技術者は、水道法に基づく国家資格となり、全国統一試験で与えられることとなった。

⁷ 中島工学博士記念事業会編『日本水道史』（1927 年）土木学会附属土木図書館
http://library.jsce.or.jp/Image_DB/s_book/jsce100/htm/086.htm

5. 教訓

以上に述べた我が国の経験から、他国の参考となる以下の教訓が得られた。

- **（予防保全の重視）** 水道事業の拡張期においては、施設拡張のため維持管理が十分には行われていなかった。しかし、大きな事故等を契機として、水質事故や断水を回避するための対策強化への機運が高まった。さらに、予防保全によって施設を維持管理していくことが、結果としてサービスの質を維持しライフサイクルコストを下げることにもつながるといった教訓となった。
- **（ガイドライン・技術標準）** 我が国全体の維持管理の強化は、法の整備、中央政府・都道府県の指導強化を中心に行われた。全国的には、上記知見を基本として、『水道施設設計指針』と『水道施設維持管理指針』という二つの標準図書を日本水道協会の活動を通じてとりまとめた。技術を標準化したことで全国どこでも一定レベル以上の知見を共有し、人材育成が加速された。このように、全国レベルで維持管理の質を保つためには、監督官庁による支援や政策、事業者間での技術の標準化、人材育成等が効果的であった。
- **（維持管理のための概念とツール）** 我が国の水道の維持管理においては、①予防保全の重視、②良好な資機材の品質や施工品質を維持するための標準化や制度化、③指針の制定、④水道事業体内での情報共有などの取り組みが行われており、効果を上げている。アセットマネジメントや管路のマッピングの取り組みは、水道施設を計画的に更新するという点において予防保全の考え方に沿ったものである。
- **（浄水場の維持管理）** 各事業者や浄水施設では、各施設特有の手順書の整理や、引き継ぎのルールを定め、ノウハウの共有を図っている。それらのノウハウは、水道協会の研究発表会等を通じて他の事業者に対しても公表されている。このように、日本の事業者では個々の職員の枠に収まりがちで属人的だった維持管理を、計画的にかつ組織的に行っていくように改善することで安定給水を実現することが可能となった。維持管理を民間企業に委託する事例も増えているが、委託先のパフォーマンスを適切にモニタリングすることが不可欠となるため、日本水道協会によって評価マニュアルが作成されている。維持管理に必要なスペアパーツや薬品などの調達先を確保し、在庫を適切に管理することも重要であった。
- **（質の管理）** 管路の維持管理においては、過去に埋設された耐久性の低い管路や施工品質の低さに起因する事故等を契機として、より強靱な管材や施工品質の向上が求められるようになった。新たな管材の採用は民間のメーカーによる技術開発と並行して進み、同時に日本水道協会による規格の制定と検査が、全国一定水準の品質を確保することに貢献した。一方、給水工事においては水道法で指定給水装置工事

事業者制度が定められ、水道事業者が認定した工事業者のみが施工できるようにすることで施工品質の向上が図られた。施工後の管路の情報は現場に集約されることが多かったが、管路台帳や工事記録等のデータが作成され整理されるにともなって事業体内での情報共有が進んだ。このように、官民が連携しながら、管路の材質、施工、施工後の情報共有・管理まで一定の品質を確保することが、適切な管路の維持管理に貢献した。