水を語る会

講演集（第６号）

（平成３０年度総会から第３５回会員集会まで）

２０２０年１０月

水を語る会　講演集（第６号）　目次

巻頭言

「水道が社会基盤施設の核心であり続けるために」

水を語る会 会長　眞柄　泰基・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１

講演記録・・・４

平成 30 年度 水を語る会総会　平成３０年７月２１日（土）

特別講演「膜沪過の動向」

茂庭　竹生 様（東海大学名誉教授）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５

第 31 回会員集会　平成３０年１１月１０日（土）

講演①「沖縄の本土復帰前後の水道の変遷について」

金城　義信 様（元沖縄県企業局技監）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２０

講演②「東京水道 1960～1980～2000 概観」

川北　和徳 様（元東京都水道局長）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２５

第 32 回会員集会　平成３１年２月９日（土）

講演①「学校教育における「水の学習」を通して「わたしたちのくらしと水」」

山本　惠美子 様（明星大学通信教育部客員教授）・・・・・・・・・・・・・・・３６

パネルディスカッション「日本の開発途上国水道技術協力の展望」

司　　会　山口　岳夫 様（水道技術経営パートナーズ株式会社）

パネリスト　木山　　聡 様（北九州市上下水道局）

下村　政裕 様（さいたま市水道局）

菅原　　繁 様（国際厚生事業団）

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４４

第 33 回会員集会　平成３１年４月２０日（土）

講演①「不断水工法について」

斎藤　喜久雄 様（株式会社大成機工 常務執行役員）・・・・・・・・・・・・・４７

講演②「水道用鋼管・水管橋の変遷」

今井　俊雄 様（ＪＦＥエンジニアリング株式会社 アクア事業部長）

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５４

令和元年度 水を語る会総会　令和元年７月２０日（土）
特別講演「“飲水思源”に思う～明治維新以降の上下水道の事業哲学を巡って～」
稲場　紀久雄 様 （大阪経済大学 名誉教授）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・６２

第 34 回会員集会　令和元年１１月１６日（土）
講演①「日本の水道・過去から未来へ」
杉戸　大作 様（元厚生省水道環境部長）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・７０

講演②「水道電気システムのあゆみ　－50 年の革新－」
依田　幹雄 様（株式会社日立製作所 水･環境ビジネスユニット
社会システム本部 技術主管）
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・８０

第 35 回会員集会　令和２年２月８日（土）
講演①「今後のコンサルタントの役割について」
間山　一典 様（株式会社日水コン 代表取締役社長）・・・・・・・・・・・・・８７

講演②「今後の水コンサルタントの展開」
村上　雅亮 様（株式会社ＮＪＳ 代表取締役社長）・・・・・・・・・・・・・・・９３

講演③「これからのコンサルタント」
片石　謹也 様（株式会社東京設計事務所 代表取締役副社長）
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１０２

あとがき
「ウェブでの発信を継続しつつ、本来の活動に回帰へ」
水を語る会 幹事長　長岡　裕・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１０７

付　録
水を語る会　役員名簿・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・付-１

水を語る会　会則・・付-２

水を語る会　会報（第３８号から第４５号）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・付-５

※講師の所属等は講演時のものです。

巻 頭 言

水道が社会基盤施設の核心であり続けるために

水を語る会 会長　眞柄 泰基

「水を語る会」の活動を、あっという間の 12 年重ねて来た。間もなく東京オリンピックの開会式を経て世界のアスリートが強く美しい姿をアピールしていたはずであった。しかし、世界は新型コロナウイルスの猛威に震え上がり、しばしば、人間社会の美しさや、慎ましやかさを殴り捨てるような行動に走ったり、自らの価値観に埋没している姿を、否応無しに見せられるようになるとは夢にも思わなかった。

わが国の水道は、経済成長や社会構造の亢進が高まる前から、疲弊した国民の健康を護るために整備されて来たこともあり、水道水の水質基準、衛生的な措置とそれを満たすための水道施設の基準は、世界各国のそれらの類を見ないほど厳格である。「菊と刀」に譬えられる人々の心情の共感を得て整備されて来た水道であるだけに、日頃の暮らしに欠かせない社会基盤施設として機能を果たして来ている。新型コロナウイルス対策として、何時でも、何処でも、手を洗える水は水道の蛇口から溢れ出るのである。それでも、鉄道の駅や公園等の公共施設の水栓は、いつの間にか、なぜかと思われるほど少なくなっている。

水道事業は、水道利用者が費用負担をすることで成り立つことになっており、まさに、独立採算で賄われるはずである。簡易水道であっても、他の公共施設と同じように建設費用には公的な支援があるものの、維持管理費用は総括原価に見合う水道料金で賄われることになっているはずである。新型コロナウイルス対策として、水道料金の減免措置を取る市町村が少なからずあり、あちらこちらと競うような感すらある。

公共水栓をもう一度設けるとか、小学校の児童が使う手洗いの水栓を、蛇口から汚れた手でも簡単に水道水を出せるレバー式の水栓に交換するとかのような、水道水を使いやすくするのに、力を注ぐほうに加担したい。あるいは、気候変動や震災・災害にも耐えられる強靭な水道へ向かう方にも加担したい。工業先進国の中で新型コロナウイルスへの罹患率が少ない理由に、日本人の暮らし方が衛生的であるからと巷間で語られている。水道も一役を買っているのだと、水道界の一人としては意を得た感である。

「水を語る会」で、先人が語られて来た 10 年の蓄積を「水道を語る−１０年間で紡いだ珠玉のエピソード」として、令和元年 11 月に出版した。まさに、わが国の水道の道程とそのための使命の重なりが紡がれている。間もなく絶版になろうとしている。この書を、「水を語る会」の会員はお近くの水道人に是非ご紹介いただきたい。なお、今回の講演集に盛り込まれた事柄も、何年か先の出版で重い役割をすると確信している。講演等をいただいた方々に改めて感謝するとともに、「水を語る会」会員の皆さんにはこの度の講演集の熟読と、次の出版まで大切に愛蔵されるよう祈念している。

最後に、「水を語る会」の開催に格段のご配慮を下さっている「公益社団法人日本水道協会」に感謝するとともに、「水を語る会」の幹事の皆さんの熱い志と日頃の活動に敬意を表します。

講演記録

平成 30 年 7 月 21 日(土)

平成 30 年度 水を語る会総会　特別講演「膜沪過の動向」

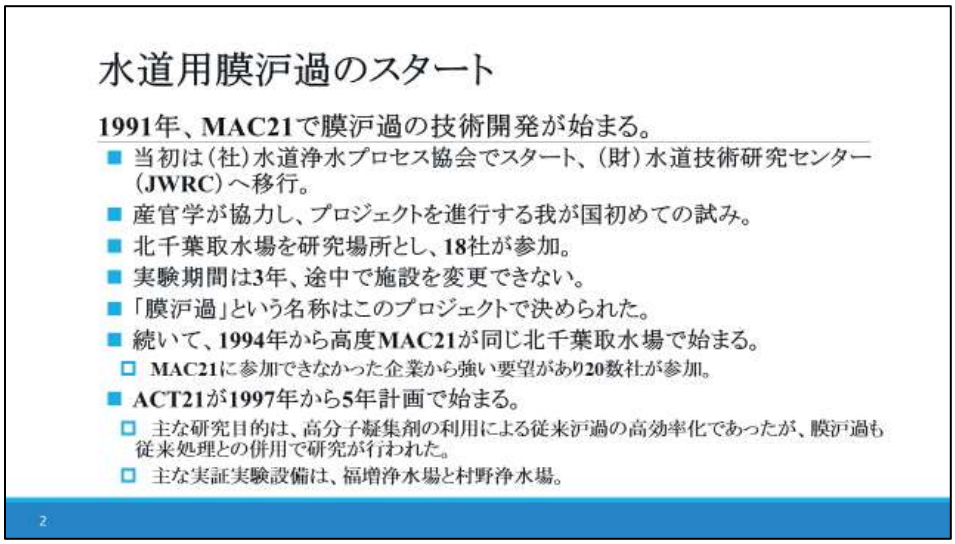
講師：茂庭　竹生 様（東海大学名誉教授）

（本編は、水を語る会事務局が講演内容を聞き取り編集したものです。）

１．膜沪過技術の開発経緯（資料１）

今日は膜沪過の動向です。四半世紀の間、膜沪過がどんな方向に動いてきたか、どんなことが問題点になってきたかをお話しいたします。

水道用の膜について本格的な技術開発がスタートしたのは平成３(1991)年のＭＡＣ21 からです。膜沪過そのものは水道分野以外、あるいは外国では使われていましたが、日本で従来の浄水処理技術の代替になるかという視点でスタートしております。



資料１

最初は水道浄水プロセス協会、後に水道技術研究センター（ＪＷＲＣ）に研究主体が移行しています。このプロジェクトの珍しい点は産官学が協力をしてプロジェクトを組んだことで、初めてのことでうまくいくか心配もありましたが、水道界の総力をあげたものになりました。

北千葉取水場を実験の研究場所とし、18 社の水処理メーカーが参加し、それぞれの会社が４ｔトラック程度のスペースで実験をしておりました。眞柄先生の発案だったと思いますが、平成６(1994)年までの実験期間３年間（最初は建設もあり実質２年）は、途中で膜や設備を変更ができないという条件で、途中で泣きが入ったところもありましたが手探りでこのプロジェクトが始まりました。

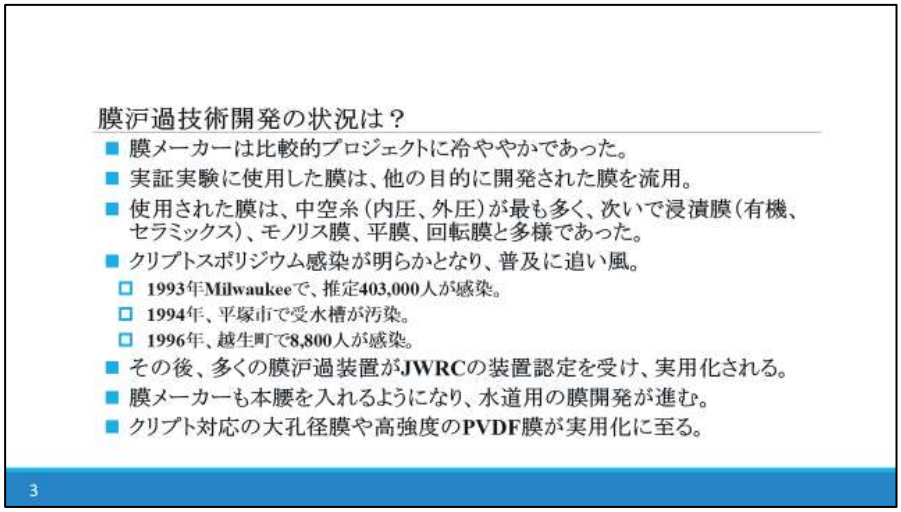
当時、し尿処理向けには膜処理がすでに入っていて、関連する会社は水道にも自信を持って入ってこられましたが逆に大変苦労されていました。水道の原水は有機物だけでなく無機物も入ってくることが膜にとって大きな負担になっていました。自信を持っていた会社が苦労し、手探りで始めた会社のほうがむしろうまくいったのが印象的でした。ちなみに、このときは膜沪過とい

う言葉はなく、委員会の中でこの膜沪過という名称をつけました。

次の平成６(1994)年から３年間は「高度処理ＭＡＣ21」でした。最初のプロジェクトに参加できなかった会社等も参加し、総勢二十数社が参加する大きなプロジェクトになり、膜沪過の実用化に目途がついたプロジェクトでした。

さらにその後は「ＡＣＴ21」が平成９(1997)年から５年計画で始まり、高分子凝集剤を使って高度化できないか、従来処理との併用の視点で膜を研究することとなり、２カ所の浄水場に実験施設を作り適用してみることとなりました。

次に膜沪過の技術開発の状況(**資料２**)は、膜は水処理メーカー自身が作るのではなく膜メーカーが作っていますが、水道用の膜は商売にならんと最初は冷ややかな状況でした。実証実験に使われた膜は他の目的に開発した膜を流用して使っていました。色々な膜が使われましたが、中空糸が最も多かったように思います。次いで浸漬膜、平膜、モノリス膜など多様な膜を試していました。



資料２

膜の普及に追い風になったのはクリプトスポリジウムの問題でした。平成５年（1993 年）にミルウォーキーで、翌年は平塚市で受水槽の汚染、平成８(1996)年には埼玉県越生町で 8,800 人が感染する集団感染が発生しました。クリプトスポリジウムは塩素剤が有効に働かないため物理的な分離除去が可能な膜が効果的でした。

多くの膜沪過装置がＪＷＲＣの装置認定を受けて実用化するようになると、膜メーカーも本腰をいれるようになりました。水道用にどんな膜が適しているか開発が進み始めました。それまでの膜は強度面や薬剤に弱い等の欠点がありましたが、これを克服するクリプト対応の大孔径膜の開発や、ＰＶＤＦ膜の実用化が大きな出来事でした。

２．膜沪過の種類と納入実績

さてここで膜の種類についてご紹介いたします(**資料３**)。ご存知のとおり、ＭＦ膜・ＵＦ膜の２種類が水道用の膜として使われています。膜の孔径によって除去性能や操作圧も全く違います。この他にはＮＦ、ＲＯ（海水淡水化膜）がありますが、現状では淡水

膜の種類

名 称	略 号	除去性能				操作圧力 (MPa)
		濁度	細菌	ウィルス	NaCl	
大孔径膜	MF膜	△	×	×	－	≦0.1
精密ろ過膜		○	○	×	－	≦0.3
限外ろ過膜	UF膜	○	○	△	－	≦0.3
ナノろ過膜	NF膜	－	○	○	5～93%	0.3～1.5
逆浸透膜	RO膜				≧93%	0.5～3
	海水淡水化RO膜	－	○	○	≧99%	5～10

4

資料３

を水源とする水道用には利用されておりません。

膜の特徴について説明いたします。有機膜は無機膜より一般に安価であり、充填密度も高くコンパクトというメリットがありますが、寿命は設計上５～10 年程度なので膜の交換費用が高くなるというデメリットがあります。有機膜の材質はいろいろありますが、最近はＰＶＤＦが多い印象です。

一方で無機膜は寿命が長く、メーカー側は 25～30 年大丈夫といっております。耐薬品、強度が高いのがメリットです。ただし充填密度が上がらないので設備がやや大きくなることと、高価格がデメリットとして挙げられます。

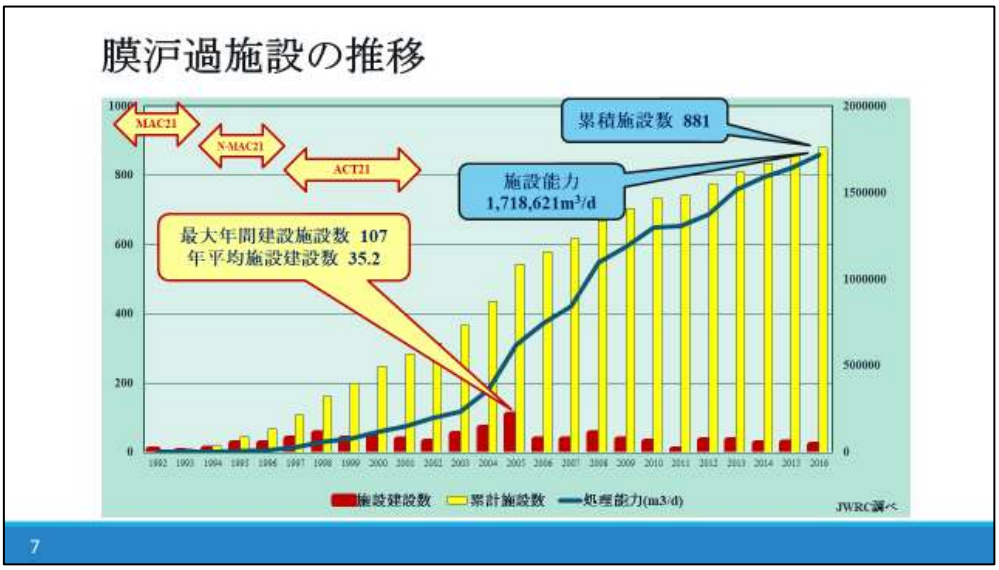
続いて沪過方法についてもご紹介します(**資料４**)。平膜、スパイラル型、筒状の膜、モノリス（れんこんのような形状)、中空糸、メーカーによってそれぞれです。

クロスフローと全量沪過（デッドエンド沪過)、浸漬型と呼ぶ膜を池につけて吸引により沪過をする方法などもあります。

逆流洗浄もエアスクラビングを伴うものと水だけで洗浄するなど様々な方式があります。

資料４

資料５はこれまでの膜沪過施設の推移を示しています。ＭＡＣ21 等の研究期間から現状では累積の施設数が 881 施設、施設能力は 171 万㎥、まだまだ全体ではマイナーですが施設が多くなってきています。平成 17(2005)年に 107 施設が計画されたのがピークとなっています。



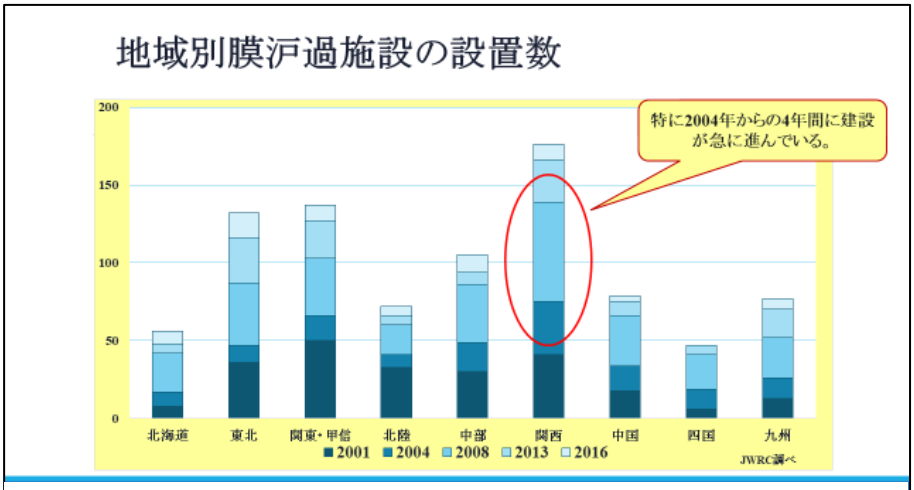
資料５

資料６は地域別の施設数です。これを見ると関西エリアが一番多くなっており、平成 16(2004)年からの４年間に施設を急速に増やしています。

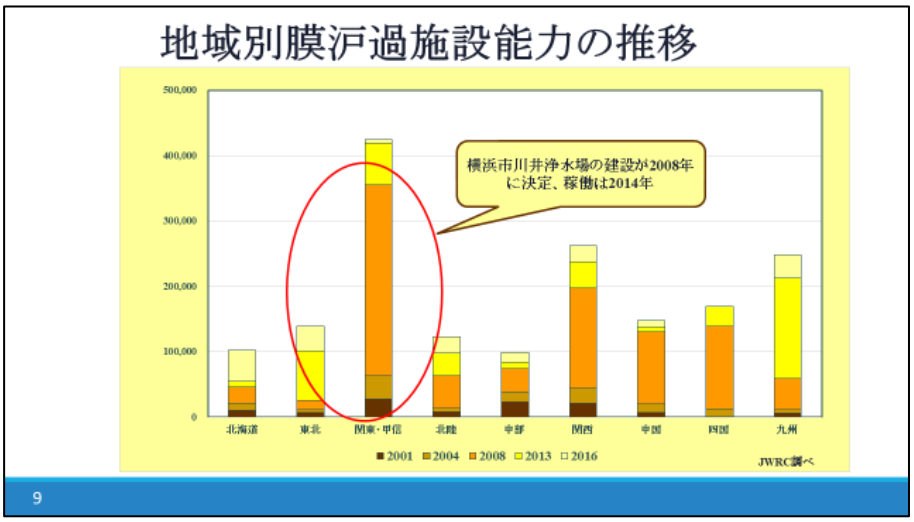
一方で施設能力を見てみると関東エリアが逆転して大きくなります。17 万㎥/日の能力を持つ川井浄水場が平成 20（2008）年に建設が決定した影響です（稼働したのは平成 26〈2014〉年）（資料７）。

都道府県別で見ると兵庫県が一番多く、二番目が北海道、三番目が岐阜県と続きます。設置が少ないのは茨城県、まだ一つも膜沪過施設が決定していません。香川県も一施設のみ、沖縄も三つです。

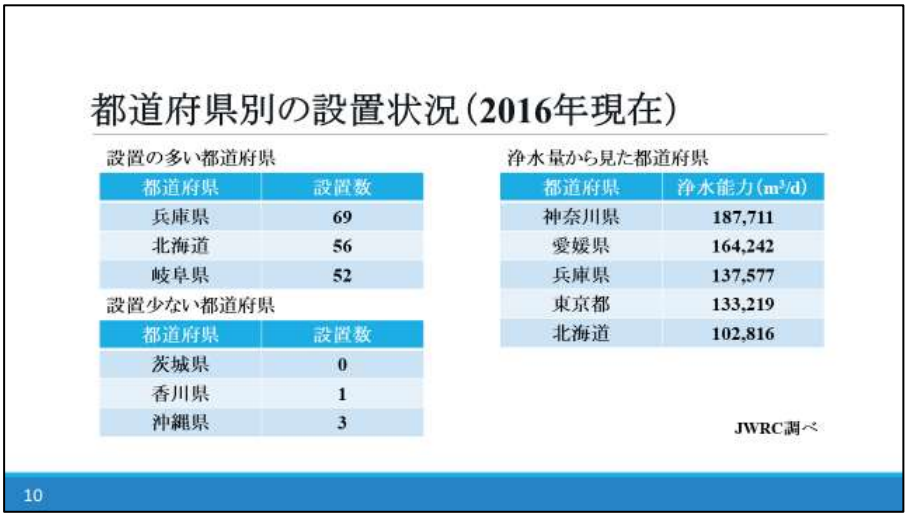
また浄水量で見ると川井浄水場の分が大きく神奈川県、他に愛媛県、兵庫県等と続いています(資料８)。



資料６



資料７



都道府県別の設置状況（2016年現在）

設置の多い都道府県

都道府県	設置数
兵庫県	69
北海道	56
岐阜県	52

設置少ない都道府県

都道府県	設置数
茨城県	0
香川県	1
沖縄県	3

浄水量から見た都道府県

都道府県	浄水能力(m³/d)
神奈川県	187,711
愛媛県	164,242
兵庫県	137,577
東京都	133,219
北海道	102,816

JWRC調べ

10

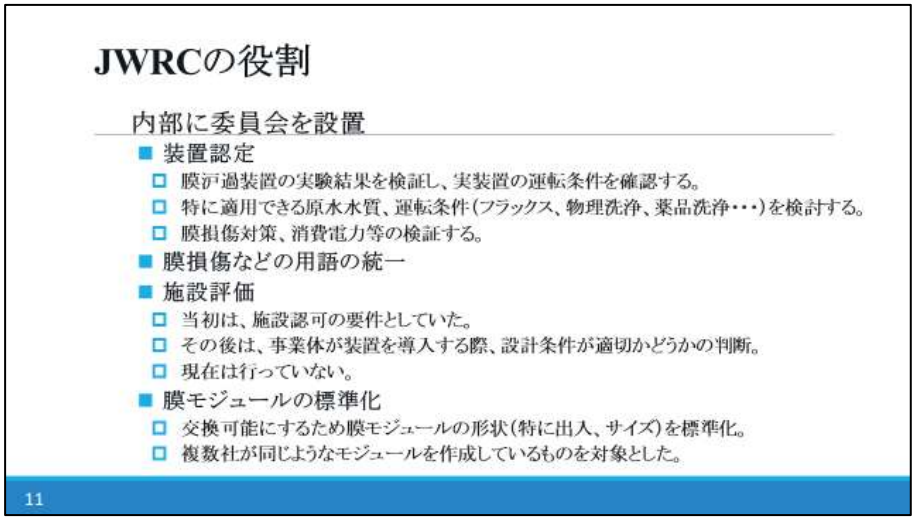
資料８

ここまでＪＷＲＣのデータで話をしましたが、プロジェクトを進行する以外にどんな役割を果してきたかについてです(資料９)。主に４つあり、①装置認定、②用語の統一、③施設評価、④膜モジュールの標準化です。

内部に施設評価委員会を設置して装置認定を行いました。どのような原水でどのような運転をしたのかの実験データを示していただき、この沪過方法ならば大丈夫等などの評価・認定を行いました。

特に原水の水質、フラックス、洗浄の間隔や方法が適正か、膜は無人で運転することが多いので膜損傷対策や消費電力も評価項目になりました。

用語の統一も仕事の一つで、膜は最初膜破断という言葉が使われていましたが実際に切れるわけではありませんので、「膜損傷という言葉を広めよう」ということも委員会の仕事としていました。

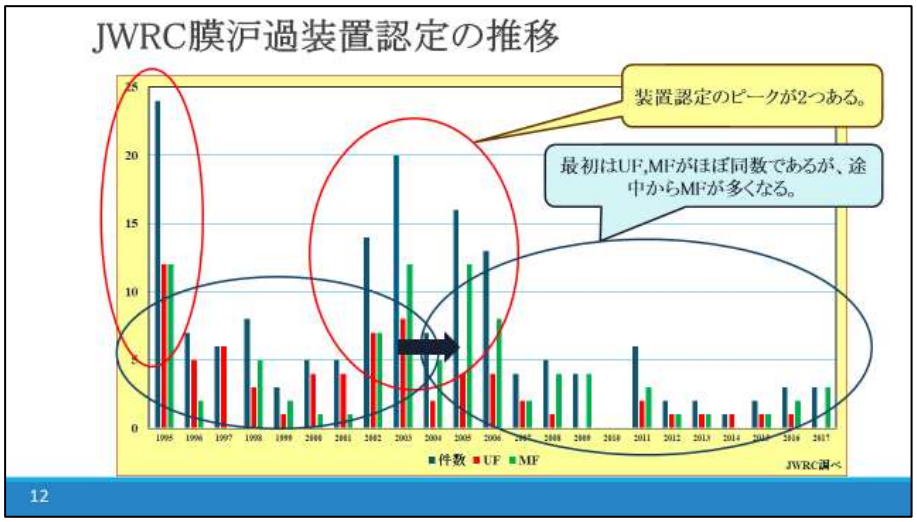


資料９

施設評価は水道事業体が膜を導入するときに補助金の申請をしますが、それには認可が必要です。小さな施設であれば都道府県の認可ですが、特に水道事業をやっていない都道府県だと審査ができない、判断できないという問題がありました。そこで、当初は委員会（藤田先生が委員長）が認めれば認可の要件とすることとしていました。しかし現在ではその方法はとっていません。

膜モジュールの標準化についてはメーカー各社がそれぞれ独自の設計で作っているために、膜を交換しようとするとそのメーカーの膜でしか交換できないということが生じます。その間に、より優秀な膜が開発されたとしても使えないのはまずいと考えたことが理由です。複数の膜が使えるよう、出入口関係、スペースのサイズを標準化しました。ただし各メーカーの独自性が薄れるため抵抗があり実現するまで大変でした。最初は複数メーカーが同じようなものを使用しているところから標準化していきました。

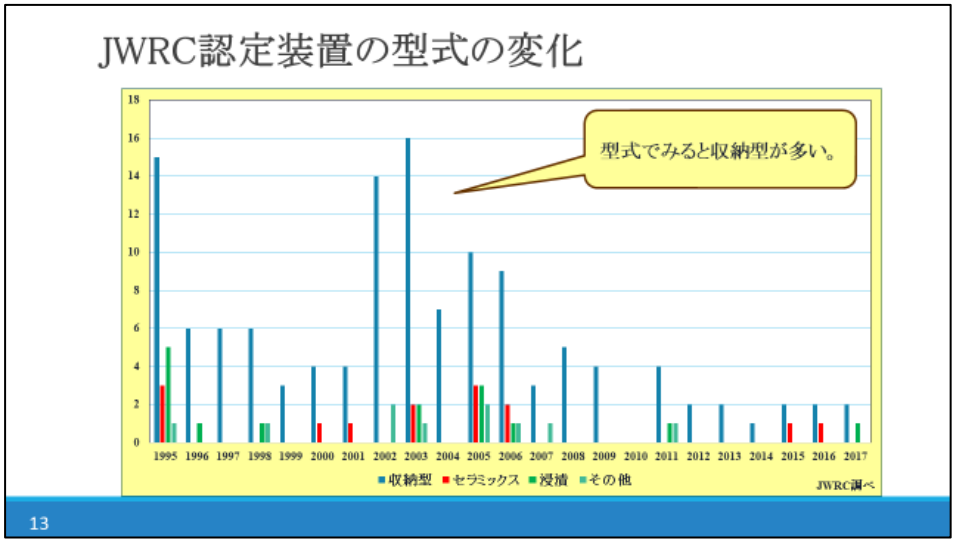
資料 10 は膜沪過装置認定の推移です。緑がＭＦ、赤がＵＦです。昔はほぼ同数でしたが平成 16（2004）年頃からＭＦが多くなってきています。最初はＵＦの方がウィルスも除去できるために導入が進んだと考えられます。しかしその後、両方大して能力的に変わらなくなり、少しでも操作圧が低いＭＦの方が多くなっていきました。



資料 10

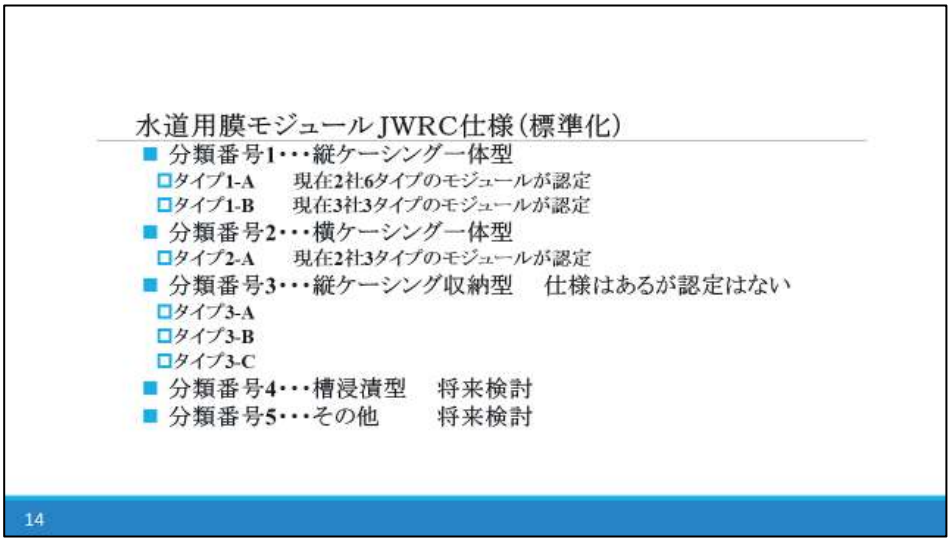
装置認定のピークが２つあります。一つはＭＡＣ21 が終わったタイミングで参加していた 18 社、もう一つは平成 16(2004)年頃、開発が一段落して装置認定が多くなりました。

ＪＷＲＣの装置認定の型式変化で見ると青が収納型、赤がセラミックス、緑が浸漬　収納型が多い状況です(**資料 11**)。



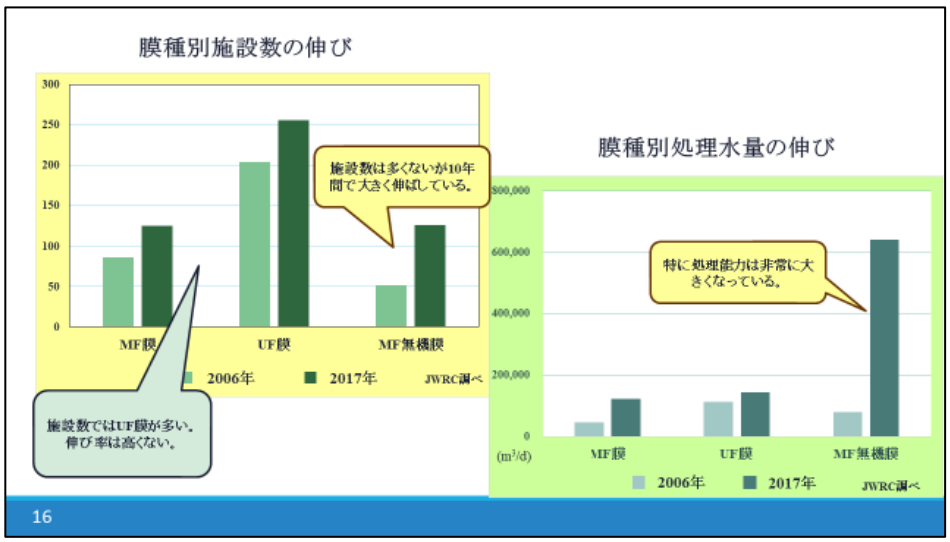
資料 11

水道用膜モジュールの標準化は５つに分類をしました。現在はタイプ１、２だけが認定を受けている状況です(**資料 12**)。



資料 12

では膜の種類がどう変化して来たかについてです(**資料 13**)。先ほどの装置認定と同じように、当初はＵＦ膜が多く導入されましたが、平成 29(2017) 年になるとＭＦ膜、特に無機膜が非常に多く導入されるようになってきています。



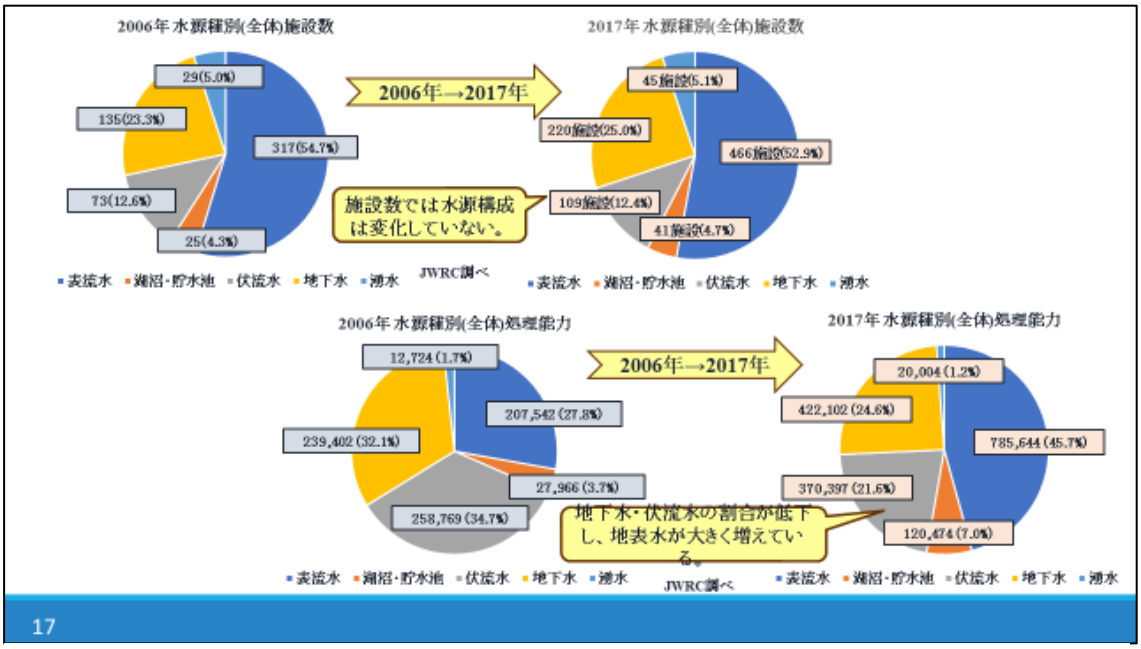
資料 13

次は水源別で見てみましょう(**資料 14**)。平成 18(2006) 年は施設数の約 55%が表流水、約 23%が地下水です。

水量別で見ると施設数

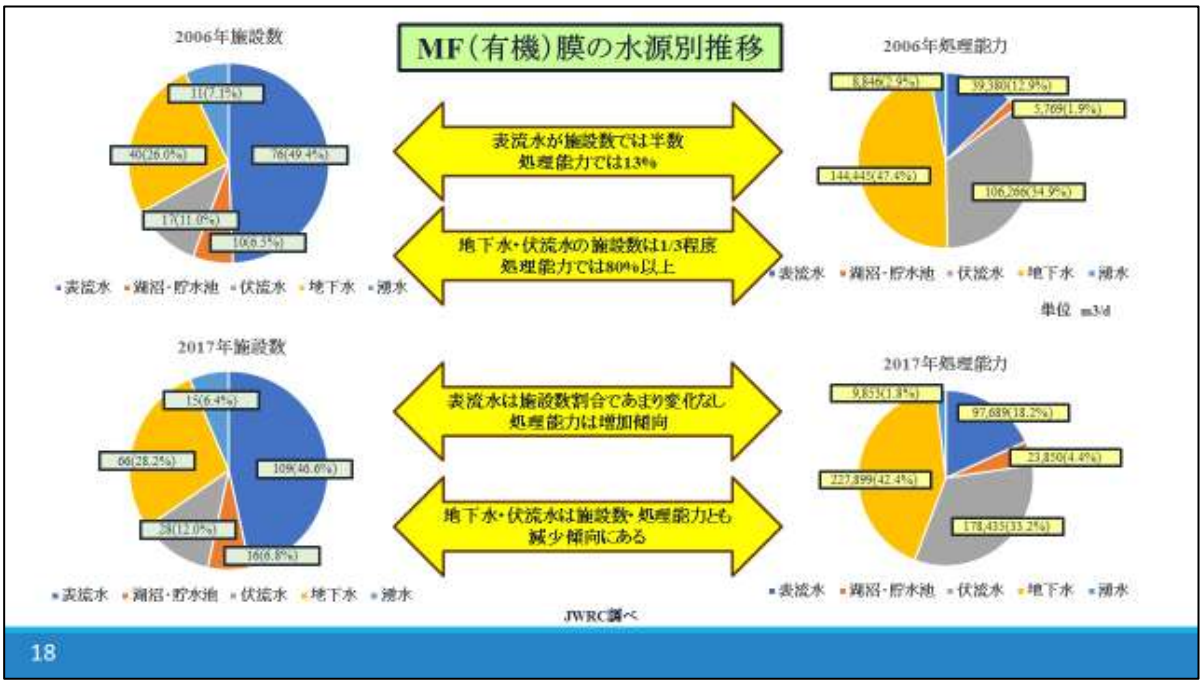
の約 32%が地下水、約 28%が表流水となっており、伏流水が多くなっています。

これが平成 29(2017)年になると施設数ではそんなに変わりませんが、水量構成では半分近くが表流水になっています。当初は伏流水や地下水を対象としていたものが、その後水質のやっかいな表流水に移行していったことがわかります。



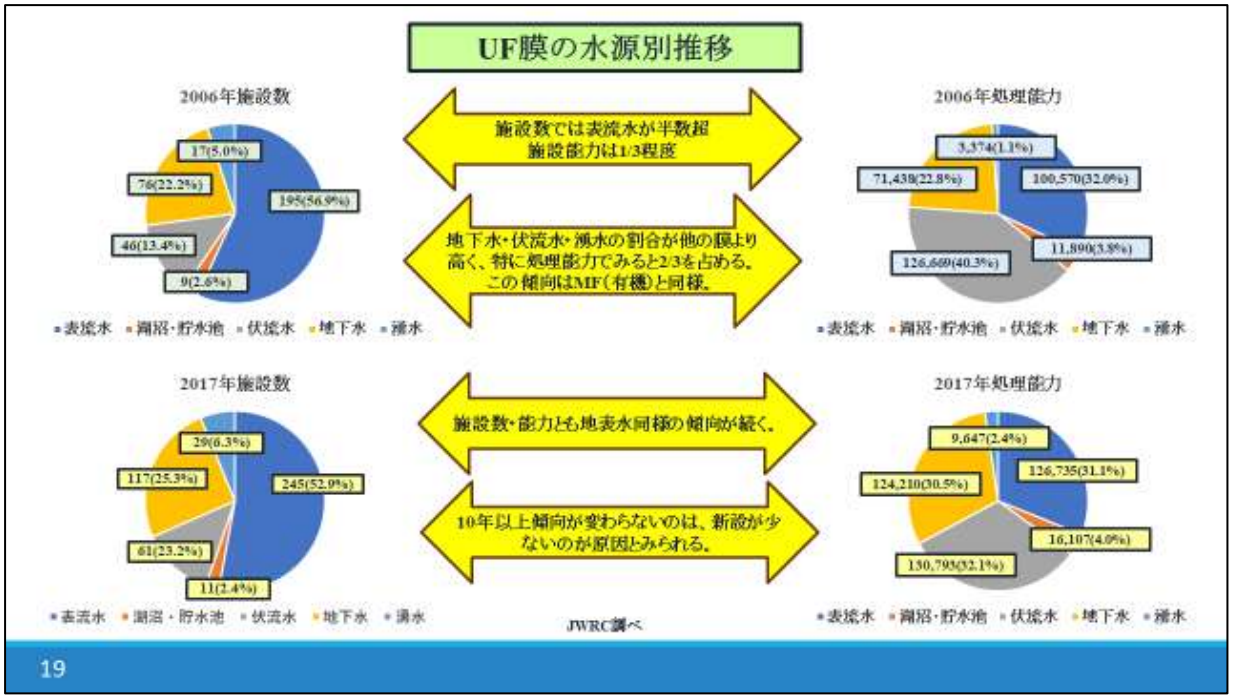
資料 14

資料 15 はＭＦ有機膜の水源別の推移です。平成 18(2006)年では表流水が施設数で約半数を占め、施設数の 1/3 程度しか地下水・伏流水はありませんが、処理能力としては約８割を占めています。それが平成 29(2017)年になると表流水が施設数割合に変化はないものの処理能力が増加傾向にあるようです。



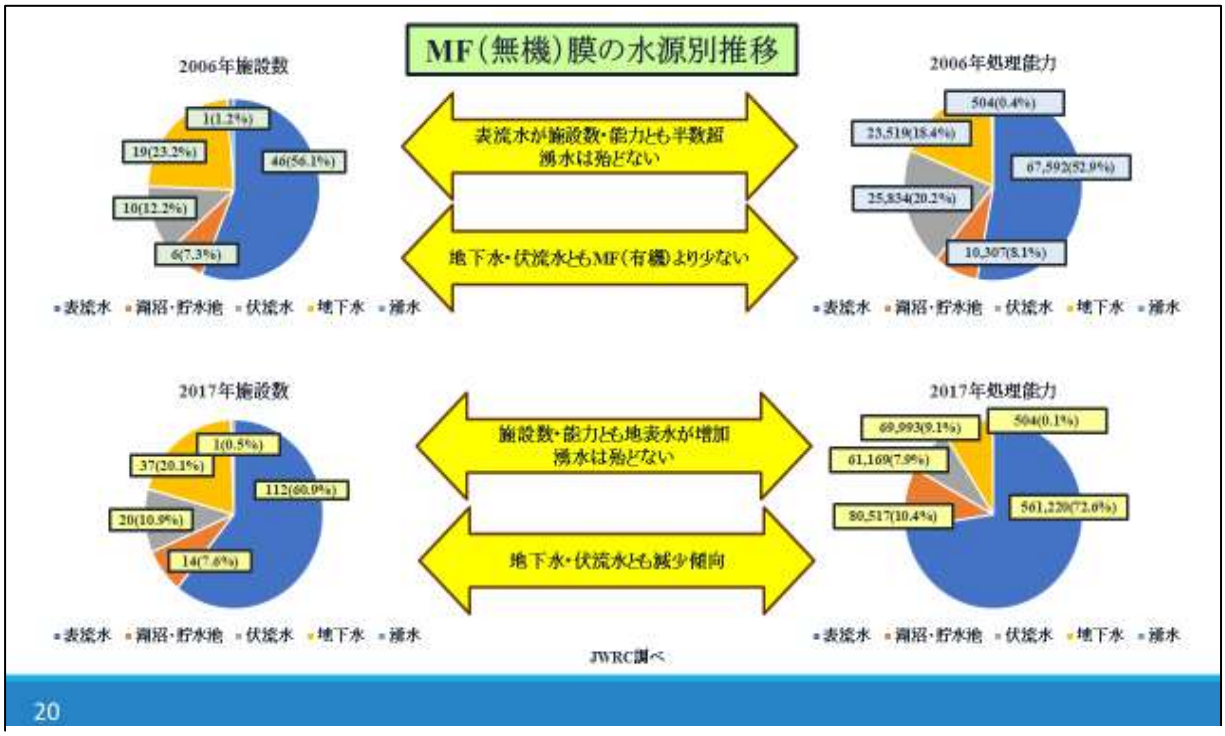
資料 15

ＵＦ膜についてはどうでしょうか。おおよそ施設数、能力とも地下水と傾向が同じです。また平成18(2006)年と平成29(2017)年で割合変化が少ないのは相対的に新設機場が少ないためであると考えられます(**資料16**)。



資料16

続いてＭＦ無機膜についての推移ですが、施設数、能力とも表流水中心になっていった傾向が読み取れます(**資料17**)。



資料17

資料 18 は今まで整備された施設の能力の順にまとめたものです。圧倒的に大きいのは横浜市・川井浄水場（ＭＦ無機膜）の 17 万㎥／日で、　次が鳥取市・江山浄水場（ＵＦ膜）の８万㎥／日、その他日野川、佐世保市・北部浄水場等の数万㎥／日クラスが続きます。

規模の大きな施設はＭＦの膜が圧倒的に多く、材質的には無機、有機の場合はＰＶＤＦが多いことが分かります。

	事業体	施設名	稼働年	水源	計画水量	膜 種
1	横浜市	川井浄水場	2014	表流水	171,070	MF無機
2	鳥取市	江山浄水場	2008	伏流水	80,000	UF(PES)
3	日野川地区水道	日野川浄水場	2011	表流水	51,900	MF無機
4	佐世保市	北部浄水場	2013	表流水	50,600	MF無機
5	東京都	砧浄水場	2007	伏流水	43,956	MF(PVDF)
6	東京都	砧下浄水所	2007	伏流水	43,956	MF(PVDF)
7	松山市	かさつばた浄水場	2008	地下水	38,900	MF(PVDF)
8	松山市	高井神田浄水場	2008	地下水	32,600	MF(PVDF)
9	釜岡市	佐野浄水場	2009	地下水	[illegible]	MF(PE)浸漬
10	羽村市	羽村市浄水場	2004	地下水	27,500	大孔径(PS)
11	[illegible]	[illegible]原浄水場	2009	地下水	27,100	大孔径(PS)
12	会津若松市	滝沢浄水場	2018	表流水	27,000	MF無機
13	[illegible]	[illegible]浄水場	2016	伏流水	26,100	MF(PVDF)
14	大牟田市・荒尾市	ありあけ浄水場	2012	表流水	26,100	MF無機
15	春日那珂川企業団	東部浄水場	2018	表流水	25,100	MF(PVDF)浸漬
16	今治市	馬越浄水場	2009	伏流水	23,600	MF無機
17	伊万里市	有田川浄水場	2017	表流水	22,000	MF無機
18	加賀市	山中浄水場	2013	表流水	20,000	MF無機
19	柏原市	玉手浄水場	2009	伏流水	17,900	MF(PVDF)
20	宇佐市	山本浄水場	2011	表流水	15,300	MF無機

規模の大きな施設は、MF膜が多い

セラミックス膜と有機膜はPVDFがほとんど

21　JWRC調べ

資料 18

３．膜沪過普及の問題点（資料 19）

膜沪過普及が始まってから 25 年の間で明らかになってきた問題点に、ノウハウが一般化されにくいということがあります。

もともと膜沪過の整備目的は小規模浄水場向けでした。当時の中小規模の水道事業体では運転に必要な人員確保が難しい状況であったため、少人数・無人でも確実な浄水処理ができることがメリットになったためです。

膜沪過普及の問題点

開発当初から予想されたこと

- 膜沪過は小規模浄水処理を目的として開発された。
  - 中小規模の浄水場では運転に必要な人員の確保が困難になっていた。
  - できれば、自動でも確実な処理が可能な施設が求められていた。
  - 確実な浄水処理に加えて、異常を感知する信頼性の高い管理システムを構築する必要があった。
  - 膜沪過は浄水処理以外では実績があったが、浄水処理に応用するのは未知であった。
- 開発は進んでも、ノウハウが一般化されにくい。
  - 膜沪過は小規模設備で開発が進み、ノウハウが中規模・大規模設備へと従来とは逆の流れで伝わることとなる。
  - 装置の開発はメーカが担うため、そこにはノウハウの蓄積が進むが、事業体から見るとどの装置が適切なのか判断できない。
  - 従来システムでは「施設指針」があり、それに沿って設計すれば間違いなく施設がつくれたが、膜沪過にはこの手法が適用できない。
  - 認可を行う都道府県も選定の適否判断ができない。

22

資料 19

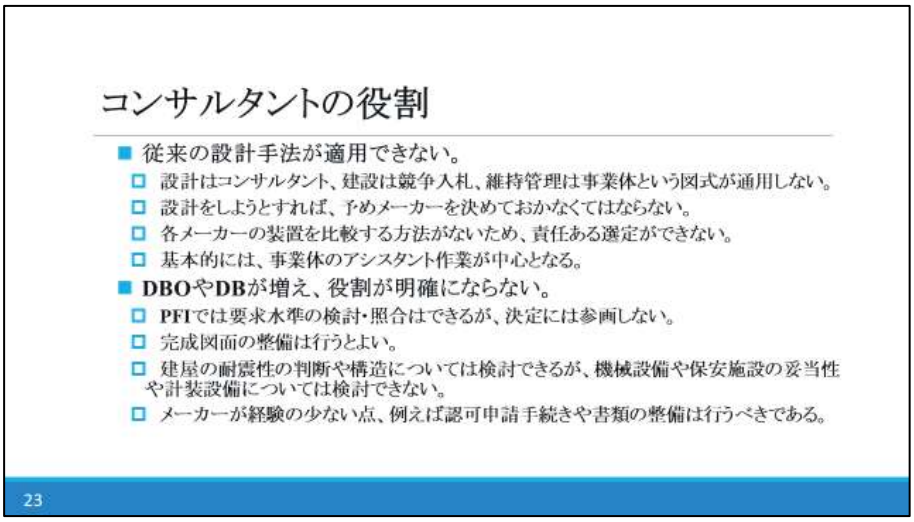
自動化かつ確実に浄水処理することが求められ、異常を検知する信頼性の高いシステムとする必要がありました。

そういった技術は小規模浄水場ではなかなかノウハウが蓄積されにくく一般化されにくかったのです。そして小規模から中規模、大規模へと膜沪過技術の適用が進むものの、従来の大きい浄水場でのノウハウを小さな浄水場に展開するというこれまでのノウハウ伝達が逆だったため、一般化が進まずメーカーが開発する過程でノウハウを貯めることになりました。

そうなると従来型であれば水道施設設計指針がありますが、膜沪過にはこれが適用できず、事業体から見るとどの膜を自分の浄水場へ適用すればよいかが分かりにくく、判断できません。ま

た認可を行う都道府県も判断できないということが生じました。

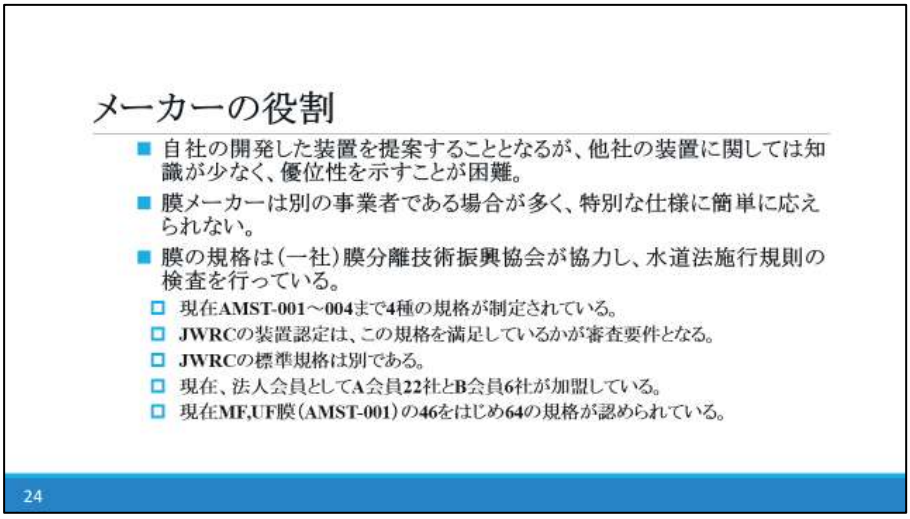
膜沪過技術の導入に際し、コンサルタントにも大きな戸惑いがみられました。設計しようとすると、あらかじめ膜メーカーを決めないと設計できない、メーカーを選定しようとしても装置を比較する方法がないなど、コンサルにとっても責任ある選定ができないため、どうしても事業体のアシスタント作業が中心になりました。その結果、膜沪過施設の発注はＤＢやＤＢＯが中心になり、コンサルの役割がはっきりしなくなりました。どういう要求水準にすればよいのかノウハウが少なく、メーカーの決定に関わる事が難しく、機械や計装の検討も難しいのが実情です。



資料 20

ただ、メーカーが経験することの少ない認可申請等はコンサルの役割として残りました(**資料 20**)。

一方、メーカーは、自社の装置はわかりますが他社のものはわからないため、技術的優位性をどう示すかも課題です。膜メーカーの方も、膜は別の会社になるので特別な仕様にしてくれと言っても対応が難しいのです。実は膜の規格については膜分離技術振興協会にお願いしているＡＭＳＴ規格が４種類あります。ＪＷＲＣの装置認定の申請があったとき、ＡＭＳＴ規格を満足しているかが最初の条件になっています(**資料 21**)。



資料 21

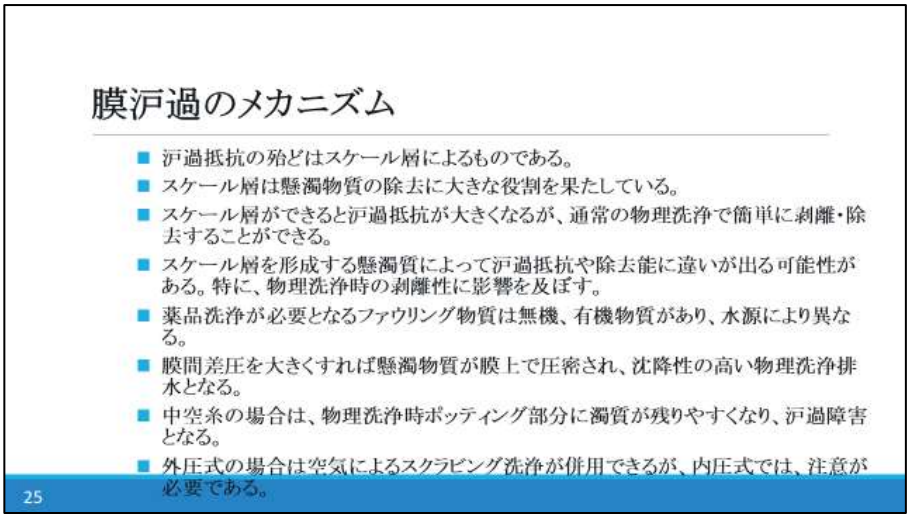
さて、膜沪過のメカニズムについてです(**資料 22**)。沪過抵抗が問題になりますが、これは主に膜表面のスケール層で発生しています。スケール層は抵抗も増やしますが懸濁質の除去において大きな役割を果たしています。

スケール層を形成する懸濁物質によって沪過抵抗や除去性能に違いがでる可能性があります。

物理洗浄時の剥離性が大きな問題ですが、これらは原水水質による影響が大きいと考えられます。

薬品洗浄はファウリング物質を除去するために行いますが、有機と無機で大きく異なります。

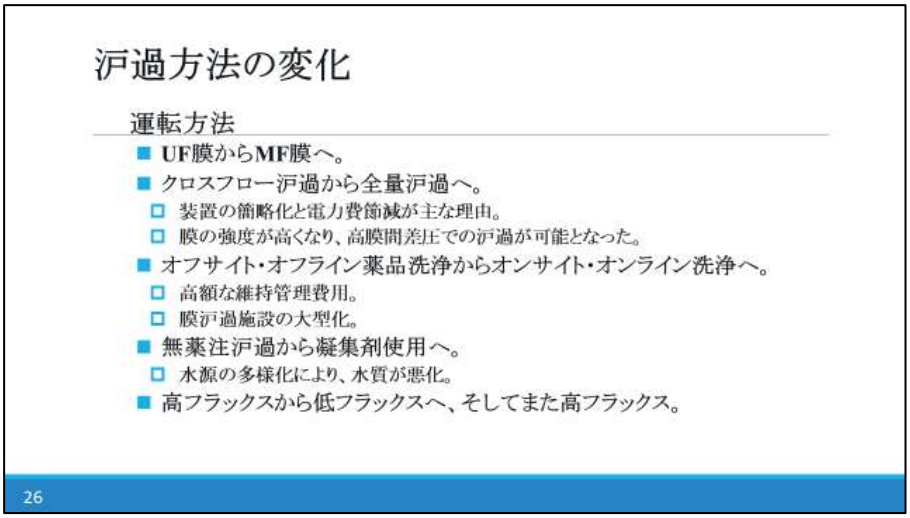
中空糸膜の場合、物理洗浄時に膜の付け根の部分に濁質が残りやすくなり、沪過障害の原因になりやすいです。中空糸の場合、内圧と外圧があるが空気によるスクラビング洗浄は外圧式でしか適用できません。



資料 22

膜沪過方法がどう変化していったかについてです(資料 23)。当初はＵＦがもてはやされましたが徐々にＭＦに移行してきました。膜面のファウリングが心配なのでクロスフローでしたが、電力削減のため全量沪過になってきています。

開発の過程で膜の強度が高くなってきているため、膜間差圧を高めることができるようになっています。これは物理洗浄時間を伸ばすことができるなどの効果もあります。



資料 23

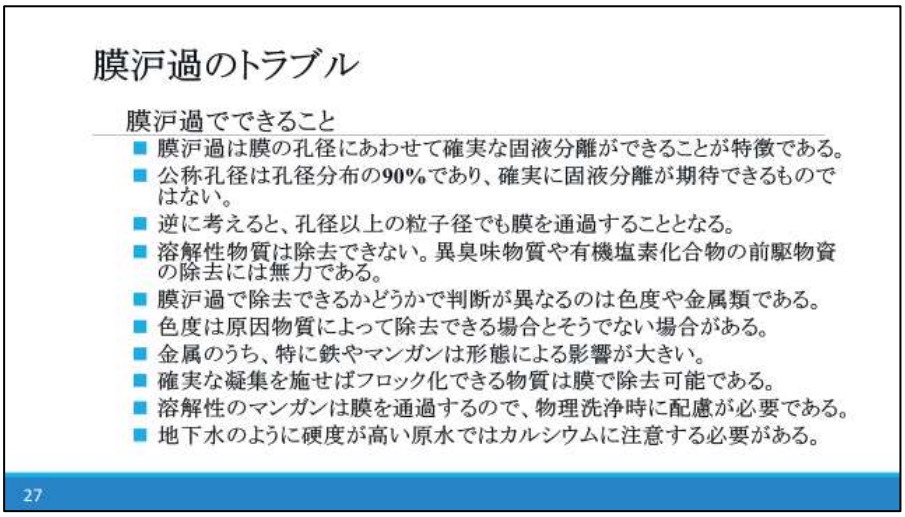
膜で厄介なのが薬品洗浄で、当初はオフサイト・オフライン洗浄が主流でした。小さな施設ではそれでも対応が可能ですが、大規模浄水場になってくるとオンサイト・オンライン洗浄することが必要になります。その理由の一つはコストです。オフサイトでやると人件費がバカにならないので、膜の持ち運びのないオンサイトの方がコストメリットを出すことができます。

ただオンサイト・オンライン洗浄に伴う問題もあります。まず信頼性、洗浄液が装置内に残るというコンタミの問題です。使用する薬品の制限もありますし、洗浄排水をどうするのかなども問題です。酸洗浄で有機酸を使うとＢＯＤが高いので、そのままでは排水について制限を受けます。

水源が地表水に移行していったことに伴い、凝集剤を使うことが増えています。最初は施設を小さくするため高めのフラックスで稼働していましたが、うまくいかないので低フラックスで運転しています。また最近は装置が大型化したため再度高フラックス化しつつあります。

膜沪過のトラブルについてです(**資料 24**)。確実に固液分離ができるのが膜の特徴ですが、特に有機膜の場合、孔径はあくまで目安です。公称孔径は 90%阻止での判断のため、孔径以上のものでも膜を通過してしまいます。

また溶解性物質は除去できず有機塩素系物質の前駆物質には無力です。



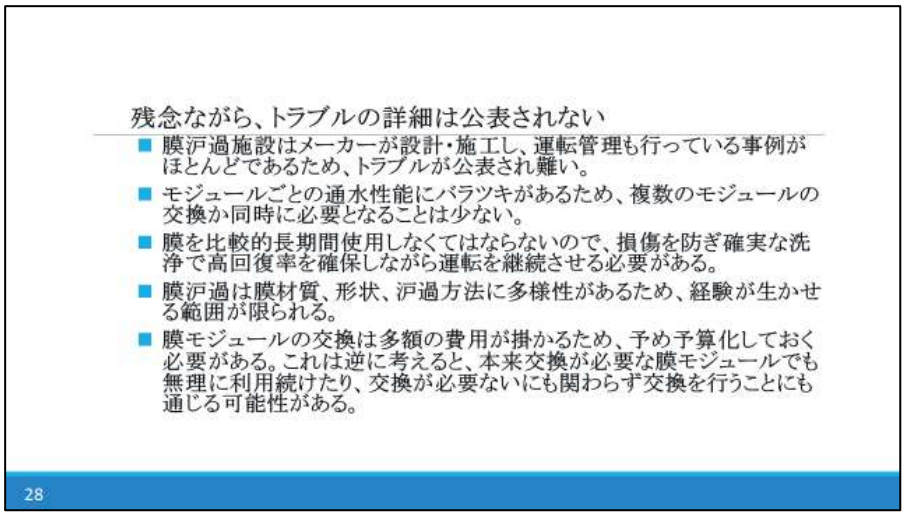
資料 24

膜沪過でとれるかどうかの判断が難しいのは色度や金属類です。凝集剤を使うと取れる場合もありますが、他の除去工程を考える必要が生じる場合もあります。鉄やマンガンは有機物と錯体を作っているかどうかで大きく違います。懸濁性のものは確実な凝集をすれば膜で除去が可能になりますが、溶解性マンガンのようなものは膜を通過してしまいます。砂沪過の場合は別な使い方もできますが膜は分離しかできません。

物理洗浄時の問題もあります。通常塩素を入れて物理洗浄をするため、膜を裏側からつまらせてしまう問題があります。地下水のように硬度が高い原水ではカルシウムにも注意する必要があります。欧州や中国等の硬度の高い原水では注意が必要です。ファウリングは通常スキン層で生じますが、カルシウムはサポート層で発生します。洗浄液としてクエン酸をよく使いますが、時間をかけて溶かさないと溶けません。日本でうまくいっても海外でうまくいくとは限らないということもあります。

シャワートイレなんかでもカルシウムですぐ詰まるのではないかと心配しています。常時使っていればそうでもないと思いますが、カルシウムで詰まってしまわないかどうかは重要な問題です。

残念ながら膜沪過トラブルは詳細が公表されにくいという問題があります(**資料 25**)。メーカーが設計施工と運転管理まで行うことが多いため、各社でトラブルを抱え込んでしまって表に出て来難い状況があり、他の事業体やメーカーの失敗やノウハウを利用できません。



資料 25

モジュールごとに結構ば

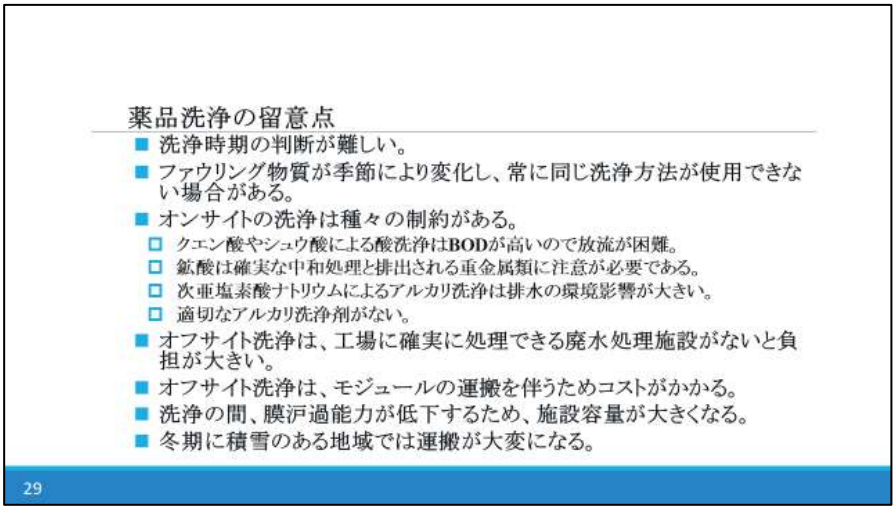
らつきがあり、水の通りやすいモジュールとそうでないモジュールがある点に注意が必要です。有機膜の場合は特にばらつきが大きいと思います。

膜は比較的長期間使用しますので、損傷を防ぐ確実な洗浄で回復しなければなりませんが、この運転がかなり難しいのです。中国のトップメーカーは「使い捨て」と割り切っています。日本はできるだけ長く使おうとすることが多く、運転時の苦労やノウハウはあるはずですが、各社の情報が共有されていません。経験が活かせる範囲が狭いのです。

膜の交換には維持管理上大きな費用負担が発生します。あらかじめ予算確保が必要ですが、予算をとったのでまだ使用できるのに交換したり、本来交換が必要なモジュールを無理に使用してダメにしてしまったりすることがあります。交換時期の判断が難しいので予算を柔軟化しておく必要があります。

薬品洗浄の留意点についてです(**資料 26**)。ファウルリング物質も季節によって変化します。同じ薬品洗浄ではうまくいかないケースもあります。

オンサイト洗浄の場合、クエン酸やシュウ酸を使うことが多いのですが、ＢＯＤが高いので系外に出すことができません。鉱酸の場合は重金属の注意も必要になります。



資料 26

アルカリ洗浄については次亜塩素酸ナトリウム以外になかなか適切な洗浄剤がない状況です。

オフサイト洗浄は工場に確実に廃水処理施設がないと負担が大きくなります。日本で何箇所しかないのが実態です。運搬に非常に大きなコストがかかります。また、洗浄の間は膜沪過能力が低下することも注意が必要です。ユニット数が少ない場合は特に影響があります。積雪地帯では膜の運搬は特に厄介な仕事になります。

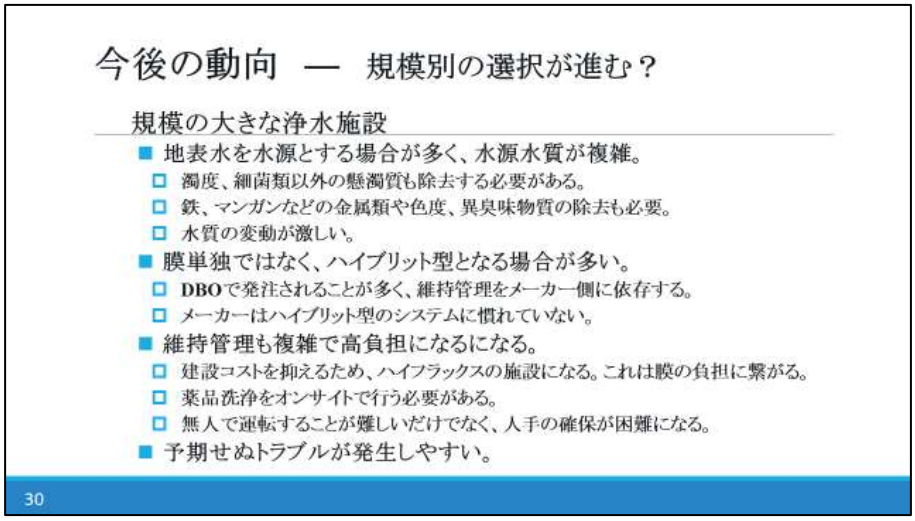
４．膜沪過の今後について

今後の膜沪過をどう考えるかについてです。大規模向けと中小規模向けで考慮すべきことが違うと思います。

まず大規模向けですが、水源水質は地表水とする場合が多く、その際は非常に複雑で共通点がありません。鉄、マンガン、色度、異臭味の除去、水質の季節変動を考慮することが重要になります。

膜単独の施設もほとんどなくなり複合施設となることもあって、多くの場合ＤＢＯで整備されることが多くなると考えています。そうすると維持管理をメーカーに依存することになるかと思います。メーカーも従来型を活かしつつ膜を活かすという設計にはなれていませんので、どれが最適なのか考えることが求められると考えられます。

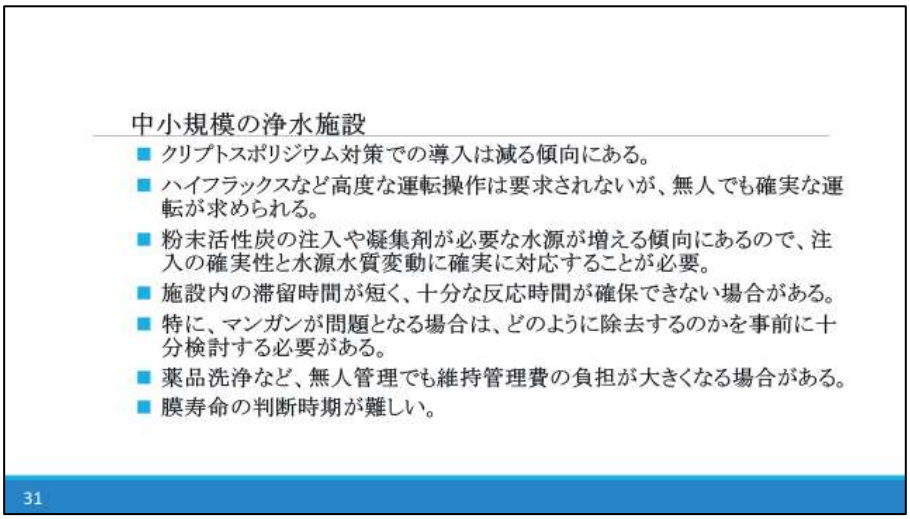
建設コストを抑えるために高フラックスの施設としたいのですが、大きな施設になるとなかなか人的省力化も難しいと思います。考えもしなかったトラブルが発生したり、水質の急激な変動に対して施設内の滞留時間が確保できない（バッファ機能がない）などの事態に対応する必要がでてきます(**資料 27**)。



資料 27

次に中小規模向けですが、当初はクリプト対策で入れるところが多かったですが、紫外線装置の開発によりなくなってくるだろうと考えています。

高フラックスなど高度な運転操作は要求されないものの、無人でも確実な運転が求められるようになると思います。



資料 28

粉末活性炭の注入、凝集剤が必要な施設、注入の確実性等、十分な反応時間を確保する等に気を付ける必要があります。マンガンをどこで除去するかも重要になります。また膜寿命の判断が難しくなると考えています(**資料 28**)。

最後に膜沪過の今後の課題についてお話しいたします(**資料 29、資料 30**)。

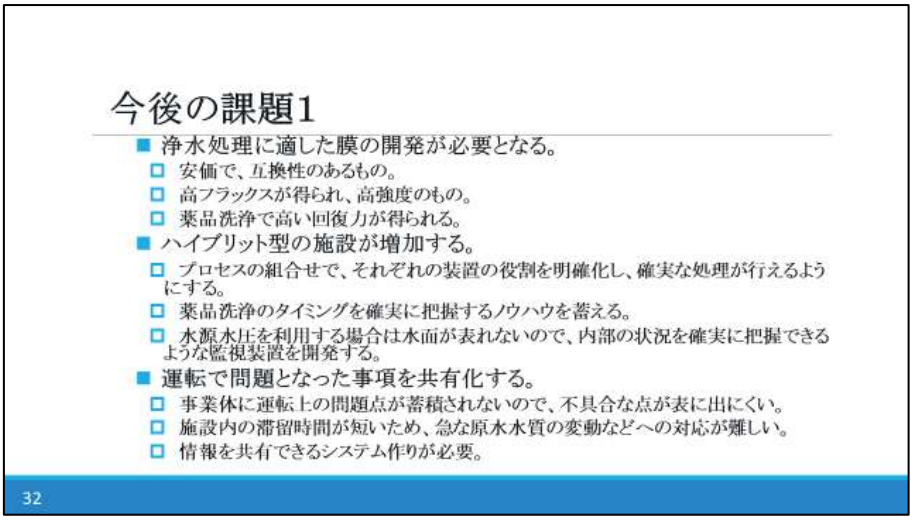
水道に適した膜がさらに必要であると思います。安価で互換性のあるもの、ＪＷＲＣ標準化されたもの、高フラックスかつ高強度であるもの、狭い施設で処理ができることなど、まだまだ改善の余地があります。薬品洗浄をしたときに高い回復率が得られるものも必要です。回復率が 80%程度のものがありますが、それでは現場は困ってしまいます。できるだけ 100%に近いものが必要になります。

ハイブリッド型、プロセスの組み合わせを判断する必要があります。ｐＨをコントロールして処理をする場合、どこで酸を入れて、どこでアルカリを入れるのか。そこをきちっと考えておく必

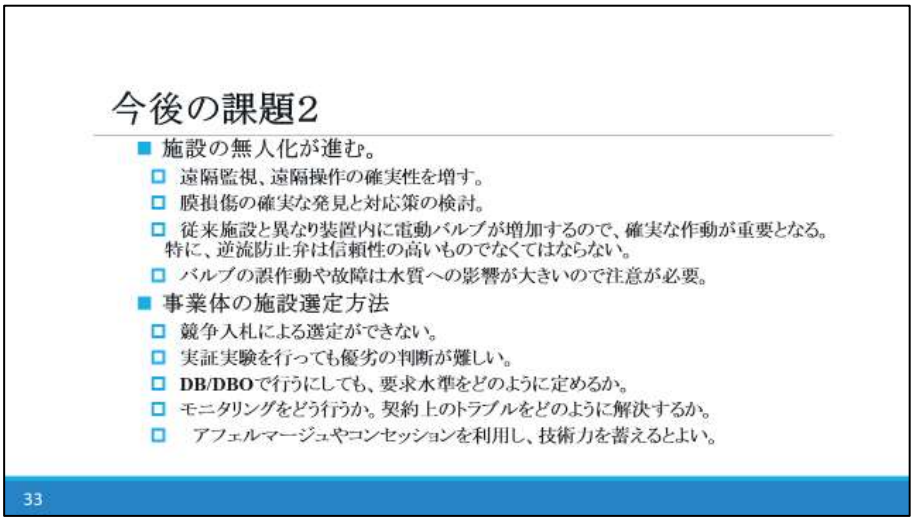
要があると思っています。薬品洗浄のタイミングもとても難しい問題です。

水源水圧を利用して一時圧とする場合、水面が見えないので原水の取水口から見えなくなってしまうため、内部の状況を把握することが必要になります。取水口にはバースクリーンくらいしかないことも多いため、結構いろいろなトラブルが生じます。例えば、海水の淡水化装置でパイプが詰まったときにどうするのかと言ったら潜水夫を潜らせるしかありません。貝が管壁で発生したらどうするか、小さな魚をどうするかなどの問題もあります。

運転で問題になった例をどこかで共有する方法がほしいと考えています。急激な原水水質の変動に対してどうするか、いろいろな情報を共有できるようなシステムづくりが必要なのではないでしょうか。



資料 29



資料 30

遠隔監視の確実性を高めることも必要で膜損傷の確実な発見が重要です。

従来型の施設と違ってバルブの数が大幅に増えており、かつ水質への影響が大きいために、そのバルブが確実に作動すること、信頼性のあるバルブ選定が重要です。

事業体のメーカー選定方法にも課題があります。競争入札という方法が取りにくく、実験をするとしても結果の評価比較が難しいのが実態です。モニタリングをどう行うか、契約上どのように取り決めるか、コンセッション等も考慮に入れながら、ノウハウを蓄積していくことが大切なのではないかと思います。

今後の膜沪過の発展を願っております。ご清聴ありがとうございました。

平成 30 年 11 月 10 日(土)

第 31 回会員集会　講演①「沖縄の本土復帰前後の水道の変遷について」

講師：金城　義信 様（元沖縄県企業局技監）

（本編は、水を語る会事務局が講演内容を聞き取り編集したものです。）

１．はじめに

水を語る会の眞柄会長から沖縄の本土復帰前後の水道について話をして欲しいとのご依頼がありました。これは若い後輩にお願いしたいと話しましたら、古い話は古い人の方が詳しいとのことで、私が登壇することになりました。

私は、昭和 35(1960)年、米軍水道部の水質試験室にケミストとして就職し、本土復帰の前日まで 12 年間米軍水道部で仕事をしてきました。一夜明けると、昭和 47(1972)年５月 15 日、47 番目の都道府県として沖縄県が誕生して、沖縄県職員の辞令をいただき 25 年間企業局に勤務しました。

その結果、通算 37 年間にわたって水道事業に従事し、特に離島県沖縄の本土復帰前後の歴史的な時代を体験しました。平成 30（2018）年で本土復帰 46 年、約半世紀にわたる沖縄の水道の変遷についてお話したいと思います。

２．沖縄県のすがた

沖縄県の県土面積は 2,276 ㎢で、日本国の国土面積の 0.6%にしか過ぎませんが、東西約 1,000 ㎞、南北約 400 ㎞の範囲に大小 160 の島々が点在しています。そのため、沖縄県の行政エリアは広範にわたり、水道施設も点在しています。また、沖縄県には１級河川がなく、最大流域面積の河川は２級河川の浦内川（西表島）で、流域面積はわずか約 54 ㎢にしか過ぎません。

３．復帰前後の歴史と水道の変遷

３．１　戦前

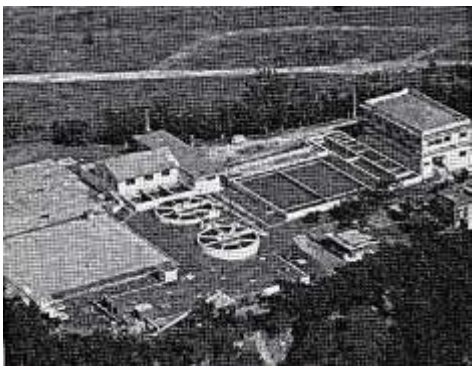


写真１　泊浄水場（那覇市）

沖縄県の近代水道は、昭和８(1933)年に那覇市で誕生し、当時の浦添村、宜野湾村に位置する６カ所の湧水を水源として給水を開始しました。計画給水人口は６万人で、創設された泊浄水場の浄水能力は 5,000 ㎥/日でした。しかし、昭和 19（1944）年 10 月 10 日の米軍による大空襲で那覇市は焦土と化し、泊浄水場も昭和 20(1945)年に米軍の沖縄上陸で破壊されました。

その後、昭和 29(1954)年３月、米軍に接収されていた泊

浄水場が米国民政府より返還されて、昭和38(1963)年４月、拡張工事(能力２万2,000 ㎥/日)が完工されましたが、昭和63(1988)年３月、水源水量の減少、水源水質の悪化等により泊浄水場は廃止となりました（**写真１**）。

３．２　本土復帰前（1945～1972年）

本土復帰前の昭和20(1945)年～昭和47(1972)年の27年間は、日本国は沖縄を切り離して独立し、沖縄県は米軍の施政権下に置かれました。米国民政府・高等弁務官による抑圧的な統治体制が敷かれ、住民は無国籍状態で、本土に行くにもパスポートが必要でした。通貨は米ドル。沖縄県は米軍における太平洋の要石となり、基地のさらなる拡大強化が行われ、軍人・軍属による事故が多発していました。

第３代高等弁務官
ポール・W・キャラウェイ中将
（1961.2.16 着任）
Lt.Gen. Paul W. Caraway
The 3rd High Commissioner

写真２　ポール・W・キャラウェイ中将

米軍の統治下では、琉球列島米国民政府が最上位に位置付けられており、米国民政府の高等弁務官や民政官が琉球政府に対して命令・指示を出すという統治体制でした。

第３代高等弁務官のポール・W・キャラウェイ中将は、公務員を罷免する権限まで持っており、公然と反米を掲げる瀬長亀次郎・那覇市長（当時）を公職追放し、被選挙権まで剥奪するなども行いました（**写真２**）。第４代高等弁務官のアルバート・ワトソン中将は、在任期間中に石川浄水場に視察に来て私が案内し一緒に写真を撮ったことがあります。

米軍統治時代の水道事業の変遷としては、昭和25(1950)年に、米軍は、陸軍・海軍・空軍・海兵隊の四軍にあった水道を統合し、全島統合上水道が設立されました。その後、昭和27(1952)年に、琉球政府が設立され、水道補助金交付規定などが制定されました。さらに、昭和32（1957）年に高等弁務官制度が発足し、特徴の一つに弁務官資金で地域や集落に簡易水道施設が整備されました。命の水と安全な水道整備に国境無しと感じましたね。

昭和 33(1958)年に琉球水道公社が設立されました。全島統合上水道は米軍の四軍を中心に供給し、その余剰水を分水契約で琉球水道公社が受水し、市町村に用水供給しました（**図１**）。その当時の上水道の普及率は44%でした。昭和37（1962）年に琉球水道法が琉球立法院で議決成立しました。琉球水道法は、日本政府の水道法を参考に制定され、補助金の記載事項だけを変更したものでした。それに伴い、昭和38(1963)年に琉球政府建設局都市計画課に水道係が設置されました。

図１　全島統合上水道の役割

昭和44(1969)年に佐藤･ニクソン会談で沖縄の日本復帰が昭和47(1972)年５月15日に決まり、昭和45（1970）年に日本政府派遣水道調査団が沖縄に派遣されました。私は直接お会いしていませんが、小林康彦氏（当時厚生省）が担当されていて、50回ほど来沖してご尽力されました。

同年、琉球政府内に水道公社移管準備室が設置され、昭和46（1971）年に、大浜水道公社総裁

が日本水道協会に概要説明し、９月 19 日に西村建設大臣、９月 29 日に斉藤厚生大臣が来沖し、福地ダムや水道施設を視察されました。

米軍統治時代の水処理・水質基準の特徴としては、フッ素やメタ燐酸塩を注入していた点が挙げられます。末端残留塩素は 1.0mg/L、塩素イオン 250ppm、総硬度 350ppm、フッ素 1.0ppm などで、米国陸軍浄水施設運転マニュアルに基づいて浄水処理を行っていました。

３．３　本土復帰後（1972 年～現在）

昭和 47（1972）年５月 15 日に沖縄の本土復帰記念式典が行われ、琉球水道公社から沖縄県に水道施設などの資産が引き継がれました（**写真３、図２**）。沖縄県が用水供給と工業用水道事業を行うことになったのですが、最初の業務は、インペリアル法（ポンド、フィート、ガロン等）からメトリック法に変更し、日本国内の法律にあった換算表記をすることでした。

琉球水道公社から沖縄県企業局に引き継がれた浄水場は８カ所でした。そのうち、与座・辺野古浄水場は昭和 51(1976)年にそれぞれ糸満市・名護市に移管され、辺野古浄水場は現在も稼働しています。また、石川浄水場は平成 23(2001)年に閉鎖され、新石川浄水場が新設されました。

本土復帰後の昭和 47(1972)年～平成 30（2018）年の 46 年間は、沖縄県復活後、日本政府は沖縄開発三法（沖縄開発庁設置法、沖縄振興開発特別措置法、沖縄振興開発金融公庫法）を制定し、10 年単位で沖縄振興開発計画を策定し、本土との格差是正、社会基盤整備の推進を現在も継続しています。

沖縄振興開発計画から沖縄県企業局に導入された国庫補助金は、第１次計画（1972～1981 年）で 969 億円、第２次計画(1982～1991 年)で 1,281 億円、第３次計画(1992～2001 年）で 2,081 億円、30 年間の合計で 4,340 億円にも及び、この国庫補助金をもとに、日本国の水道法に合致した適正な水道施設を整備しました。特に、本土復帰後は水資源開発が積極的に行われ、多目的ダムの国庫補助率は 10/10、その他の水源開発・水道施設については 9/10～7.5/10 でした。

写真３　沖縄復帰記念式典（那覇市民会館）

財産等の引継書（その１）

図２　財産等の引継書

４．水資源の特徴

沖縄本島は「北水南送」方式で、北部の水源地域から、人口が集中する中南部に送水する図式となっています。沖縄本島に住む 130 万人のうち 110 万人は中南部に住んでいるためです。

東系列の北部５ダム（福地ダム、新川ダム、安波ダム、普久川ダム、辺野喜ダム）は本土復帰以降に完成し、これらのダムを連結する調整水路が建設されました（**図３**）。昭和 60(1985)年に、北部５ダム群の統合運用が近代水道百選に選定されました

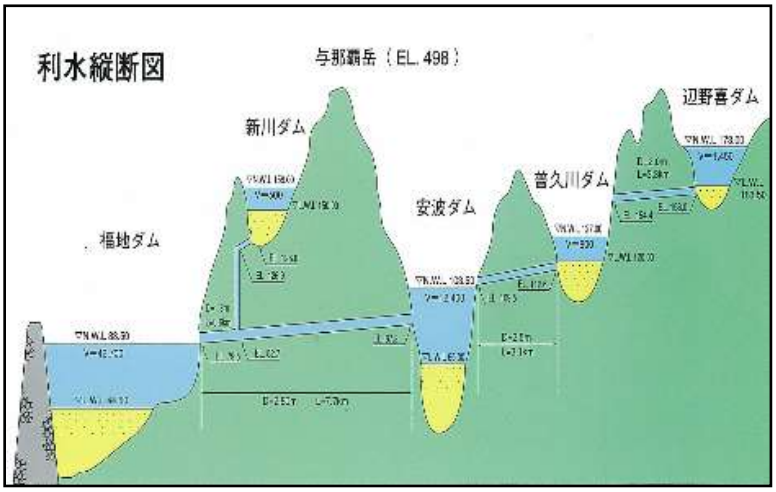


図３　北部５ダム群の統合運用

さらに、災害時の水資源確保の観点から、昭和 55（1980）年から西系列水源開発事業が実施され、30 年の年月と総事業費 1,263 億円をかけて、平成 21（2009）年に完成しました。

昭和 47(1972)年に復帰した時の水源内訳と比べてみると、現在の日平均取水量は 445 万８千㎥まで増え、国・県・局管理ダムのみならず、海水淡水化まであります（**図４**）。沖縄県の水道普及率は平成 15（2003）年で 100%となり、給水人口は昭和 47（1972）年から 1.5 倍に増えて 143 万人（2016 年）となりました。今後、観光客も増え、水需要はさらに増えると想定しています。

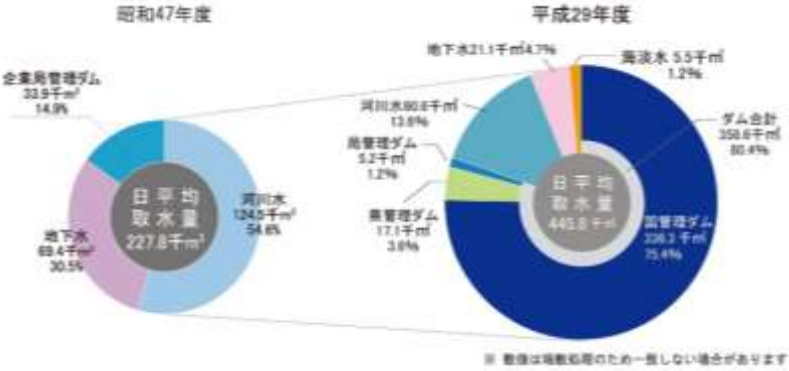


図４　水源内訳の変遷

５．水道施設の特徴

沖縄県企業局の浄水場は５カ所（名護、久志、石川、北谷、西原）あり、名護、石川、北谷、西原の４浄水場は用水供給で計 60 万㎥/日、久志浄水場は工業用水で計 35 万㎥/日です。

特に、北谷浄水場は水処理の博物館と言われています。海水淡水化施設は当時国内最大規模(4 万㎥/日)で盛大な通水式でした（**写真４**）。さらには、高度浄水処理施設（オゾン＋活性炭）、硬度低減化施設等もあります。高度浄水処理施設整備では、多くの先生方にお世話になりました。生物処理では佐藤先生、オゾンは

写真４　北谷浄水場海水淡水化施設の落成式(1996 年)

宗宮先生、活性炭は眞柄先生・国包先生・相沢先生、海水淡水化は木村先生など。

北谷浄水場が今日あるのは、お世話になった方々のご指導、協力の結晶です。

話は変わりますが、全国給水制限記録ワースト３のうち、ワースト１位とワースト２位は沖縄県企業局で発生しています。ワースト１位は昭和56(1981)～昭和 57(1982)年に 23 市町村の範囲で発生し、326 日間の給水制限を行いました。当時、私は配水課長を務めており、「断水課長」と毎日マスコミから茶化されました。給水制限となった原因としては、渇水です。検討・実施された渇水対策は**図５**の通りです。人工降雨のために、11 回飛行機を飛ばしましたが、２回程度は増雨に効果がありました。温かい雲の場合は散水し、冷たい雲の場合はドライアイスを用いました。マスコミからは「失敗」「効果ない」と言われていました。タンカーを用いた水輸送も計画しましたが、諸問題があり結果は見送りとなりました。この渇水対策の貴重な経験は私の人生最大の苦い思い出となっています。

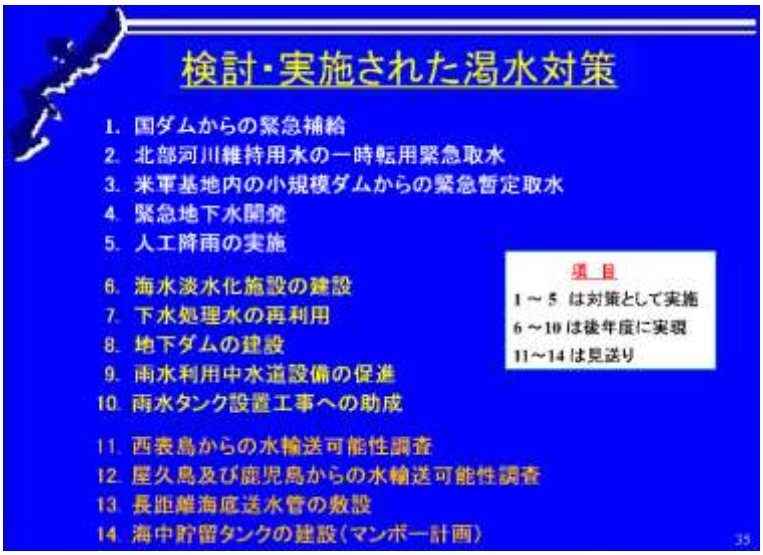


図５　検討・実施された渇水対策

６．おわりに

最後になりますが、本土復帰から 40 年以上経ちますが、依然として、米軍専用施設の 70%が沖縄県に集中しており、在沖米軍人・軍属・その家族の約４万７千人が沖縄県に住んでいます。沖縄県 41 市町村のうち、17 市町村が米軍に給水しています。日平均給水量として 2 万 4,943 ㎥（2016 年）になります。

近年、米軍基地から派生した水源汚染としては、平成 19(2007)年１月の福地ダム流域でのペイント弾 1 万 6,000 発の散乱や、平成 19(2007) ５月の嘉手納基地内でのジェット燃料の流出や、平成 22（2010）年 9 月の嘉手納基地内での再びジェット燃料 3,000Ｌの流出などが挙げられます。

また、嘉手納基地内の産業廃棄物処分場からの由来とされている有機フッ素化合物（ＰＦＯＳ等）が北谷浄水場の水源である比謝川や嘉手納井戸群において高濃度で検出され、浄水からも検出されています。去年（2017 年）は、ＰＦＯＳ等の除去処理として企業局は約 1 億 7,000 万円をかけて粒状活性炭の総入れ替えをしました。その費用も県民の水道料金に転嫁されるのではないかと注目されています。県は原因究明のため基地内に立入調査を要請していますが、日米地位協定などの制約から現在までも実施されていません。これらの問題等は今後解決すべき課題でありますので、日米政府をはじめ関係機関の協力を得て早期解決できることを期待しています。

私の話は以上で終わりたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

平成 30 年 11 月 10 日(土)

第 31 回会員集会　講演②
「東京水道 1960～1980～2000 概観　ー水のやりくり／漏水防止／給水管の更新ー」

講師：川北　和徳 様（元東京都水道局長）

（本編は、水を語る会事務局が講演内容を聞き取り編集したものです。）

１．はじめに

今日は見知った人が多くいるので緊張しております。せめてあと５年くらい前、頭脳明晰な頃にお声をかけていただければ、もっと正確にお話しできたと思っています。従って、話すことや年代等、大雑把なのはお許し願うとして、間違ったところがあればご指摘ください。また、年をとると自慢話が多くなるのも心配です。今日は、私が東京水道に関係した40数年間の水源、水量、施設などの移り変わりをメインにして、いろいろなことをランダムに話したいと思います。

図１のスライドは東京水道のいろいろな数字です。イメージとしては、大凡日本全体の10分の１と言ったところでしょうか。

私は技術屋として、時には技術屋を離れて、東京都水道局をメインにやってきました。都に入った昭和37年頃の東京水道は区部・23区が給水区域でした。需要急増対応や広域化の時代を経て、平成22年には、区部と28市町、都のほぼ全域を給水対象とする広域水道となっています。そのような環境の中で東京水道の将来を考える仕事をしてきました。

水道事業規模概況　2017・3・6

事項	平成29年度	平成28年度	増（△）減
年間配水量（一日平均配水量）	1,616,950千㎥（4,430千㎥）	1,608,190千㎥（4,406千㎥）	8,760千㎥（24千㎥）
水道水源林管理面積	23,321ha	23,083ha	238ha
浄水場	11カ所	11カ所	0カ所
主要給水所	41カ所	41カ所	0カ所
主要増圧ポンプ所	10カ所	10カ所	0カ所
配水管管理延長	27,170,071m	27,064,061m	106,010m
給水件数	7,673,000件	7,585,000件	88,000件
水道料金収入	319,183,000千円	318,985,000千円	198,000千円

図１

多摩水道対策本部で計画的な仕事をしていた時代を含めると、私は東京水道の経営計画関係部門で20年くらい都水道全般の将来を考える仕事で過ごしたことになります。多摩水道など関係した思い出深い仕事は沢山ありますが、純然たる計画部門以外のことで一つお話をさせていただくとすれば、昭和50年頃から関係した漏水防止・管路管理の仕事がありま

す。

漏水防止に携わり始めた頃考えたことは、「水道は企業とか公営企業とか言っているが、世の中の企業で原材料が限られ・足りないのに、最初から商品の20%ものロスを予定しているような商売はあるのか」ということでした。昭和50年の無効率は20.9%もあり、これが漏水防止、管路管理、給水管更新論を考える原点・原動力になっています。現在、議論しながらやってきたこと、すなわち、「漏水防止を目的とした給水管更新」が実証され漏水率は3%台までになりました。ただ、「管路は直ぐに替えられない・管路は直ぐには変わらない」というのが実感で、ここまでくるのに30年程かかっています。このことは、また後でお話しします。

本務の計画関係では、一連の需給急増対応、すなわち、水源確保、拡張・整備事業、施設計画、そして水運用計画などがありますが、想い出に残るものとして「東京水道新世紀構想－ＳＴＥＰ21」(1997年)があります。これは、私の計画関係の総仕上げとも言うべきもので、早くから皆で議論していたことでした。

中身は、21世紀を迎えるにあたり、東京の水道は将来どうあるべきか、都水道の未来のために一度組織的に基本から将来のあるべき姿を考えようというものです。そのため、藤田賢二先生を座長とした「生活都市東京の水道システムを考える会」を平成８年に立ち上げ、「水道使用者の視点から見た水道システムのあり方」について御議論いただき、報告書をまとめていただきました。その報告書に基づき平成９年５月に発表したのが「東京水道新世紀構想－ＳＴＥＰ21」です。この「ＳＴＥＰ21」の構想は、25年後を規定する不変的なものではなく、およそ10年ごとに、その時の水道を取り巻く状況に合わせ、次の25年後の目標と構想、次のステップを考えていく方式が良いと思って作成したものです。

２．小笠原の水道

「小笠原の基本数字／昭和48年頃の上下水道など」

参考：「小笠原の水道」小笠原村：昭和50年11月／「小笠原支庁 30年のあゆみ」東京都小笠原支庁：平成10年／「小笠原今昔」－小笠原諸島返還50周年記念－（公財）小笠原協会：平成30年4月／「小笠原諸島をめぐる世界史」松尾龍之介：2014年5月、その他等

◎小笠原諸島：位置／南へ約1,000km、30余の島
父島（面積：千代田区の2倍／1229世帯：2122人）＆母島（268世帯／474人）のみ島民が居住　現在人口：約2,600人 、（他：硫黄島自衛隊）
◎歴史：諸説があるが、1600年頃から記録(?)。明治9(1876)年、日本領確定、37人移住。
・昭和19年：全人口約7,700人／6,886人が本土へ強制疎開／825人軍属として残留。
〃 21年：欧米系の人達のみ帰島OK／129人帰島。
・昭和43(1968)年6月26日返還、返還と同時に小笠原村が設置されたが、まだ村政は確立されていなかった。「小笠原諸島復興特別計画」：(生活・産業基盤整備、早期帰島、1島1集落、自然保護etc.)予算を付け自立発展の基礎確立を目的。本年、6月26日に返還50年。
◎赴任した頃の状況：昭和48(1973)年７月：返還５年後　旧島民帰島(初期・一段落？)。
・(本土との)電話：通信手段：貴重／TVなし／ラジオも意のままに聞こえず。
◎・航路所要時間　／週１便、島に１泊 or. ２泊(夏・観光期)　遠隔観光地
当時　「父島丸」　1978(S48)年就航：2,600トン：38 時間 凪ぎ遅延
初代　「おがさわら丸」1979(S54)年就航：3,553トン：28 時間
2代目「おがさわら丸」1997(H9) 年就航：6,700トン：25 時間30分
⇒現在3代目「おがさわら丸」2016(H28)年就航：11,035トン：24 時間：
・週１便、島１ or. ２泊／　父母間50km：当時／3.5時間

図２

先ほど金城講師から沖縄復帰前後の水道の話が出ましたので、本題に入る前に昔関係した小笠原の話をしたいと思います。今年、小笠原諸島は返還50周年を迎えました。沖縄復帰より4年程早かったことになります。

小笠原には昭和48年７月から２年余り小笠原支庁の初代上下水道課長として赴任しました。小笠原諸島は、昭和43年６月にアメリカの軍政下から日本に返還されていますので、赴任は返還後5年目を過ぎた頃となります。当時、小笠原の人口は約1,640人、民間人が住んでいるのは父島(1,340人)と母島(300人)でした。硫黄島には自衛隊関係者です。**図２、図３**は小笠原関係のメモ・基本数字です。現在の人口は約2,600人と聞いています。

★上下水道　給水状況　昭和48、49年頃

＊配水量／日最大　父島700㎥/d：540㍑/人：観光客、船舶給水

母島250㎥/d：800㍑/人：観光客、（工事？？／資材運搬船給水？）

昭和49年の給水件数＆人口　父島　460件　1,344人（男：968、女377、2.6倍）

母島　140件　296人（男：217、女 79、2.7倍）

人口 合計1,640人 ⇒ 現在合計2,600人

⇒ 本格的帰島が開始され、第１団(?)帰島、復興・建設・工事関係従業員が多い

・時雨ダム（70,000㎥／H24.4㍑／アスファルト・フェーシング）

乳房ダム（32,000㎥／H18.72㍑／重力式コンクリートダム ）

・東京都小笠原支庁長が村長職務代行：支庁の職員：逆委託？：村政確立 昭和54年4月

・上下水道課／村予算 半分以上　昭和48年に課ができた。

仕事：生活基盤の整備／簡易水道事業：母島浄水場：下水供用開始　etc.

⇒ 父島：水道施設運転／ダム建設／下水供用開始（コミプラ）

⇒ 母島：水道つなぎ込み／沖村浄水場運転開始：S48/8／下水道計画：

・制限給水　水不足

★現在：扇浦浄水場(移転：対津波) MIEX：帯磁性イオン交換樹脂（トリハロ対策等）

・原水調整池 ⇒ 活性炭接触池 ⇒ 凝集沈澱 ⇒ MIEX ⇒ 砂ろ過：(要確)

★父島において最も厳しい給水制限は、朝２時間、夕２時間の一日４時間給水

★(返還前)各戸雨水貯留槽所有（？）

図３

戦争末期の昭和19年、小笠原の人口は約7,700人で、激戦地になることが想定されたため約6,900人が本土へ強制疎開、残りの若い屈強な者約800人が軍属などとして残されました。つまり、軍人と軍関係者の島になったのです。敗戦により米軍の直接統治になりましたが、欧米系の旧島民約180人のみ昭和20年に帰島が認められ、返還されるまではアメリカ軍の島として統治されていました。沖縄が返還される４年前の昭和43年６月26日に日本に返還されて小笠原村ができました。

私が赴任した当時、テレビは映らず、ラジオも意のままに闘こえず、電話も交信状態の悪い時は意思を伝えるのもままならず、観光シーズンなど混んでいる時は何時間も待たなければ通話もできない状況でした。また、竹芝桟橋と父島間には、週１便の定期船「父島丸」しかなく、他に交通手段がありません。航路(約1,050km)は約2,600ｔのスタビライザーの無い船で約38時間と非常に時間がかかりました。従って、情報源は１週間に１度の船便によって運ばれてくる新聞と出張していた職員の報告がほとんどという状況でした。

当時は、本格的復興が緒につき始めたばかりの頃で、アメリカから返還後、帰島する島民のため、先ず急がれたのが生活基盤の整備であり、その中でも上下水道施設の建設と維持管理は重点の一つでした。水不足の解消のため、上下水道課が工事を担当して父島に時雨ダム、母島に乳房ダムを建設中であり、また、父島の下水供用開始、母島の沖村浄水場完成と供用開始に向けての給水管つなぎ込み等々、忙しかったことを記憶しています。

このため村予算の半分以上が上下水道の整備に振り向けられていました。赴任期間を通して、島は慢性的水不足の状態であり、常に節水の呼びかけと制限給水が続いていました。父島において最も厳しい給水制限は、朝２時間、夕２時間給水というものであり、開発途上にあった小笠原は何もかもが不足していました。

父島では、当時は浄水場での凝集沈澱・急速ろ過処理のほかに、米軍施政権時代の浅井戸と返還後新たに作られた浅井戸を水源として、圧力ろ過、塩素消毒だけによる処理で給水されていました。井戸は雨が降らないと流れが無くなるような小さな沢の近くにあり、雨が降ると凝集をしていないため濁度が高くなってしまい、この時は浄水場系の水のみにしますが、気がつかなければそのまま配られることもありました。

原水の水質変動が激しく、地下水位(海水位)が高い上、管路の状態も悪く、消化器系の病気を防ぐため、塩素注入には気を使っていました。

小笠原から帰任してしばらくした頃からトリハロメタンが話題になり始め、特に海水の影響があるところでは高くなりやすいことが分かってきたのは何年か後のことで、日本で水質基準が定

められたのは昭和50年代半ばです。現在は対策が採られており、マイエックス（ＭＩＥＸ:帯磁性イオン交換樹脂法)が非常に良いと聞いています。

以上で小笠原の話は一応おわりで、これからは東京都の水道についてお話しします。

３．東京水道の40年(1960～1980～2000)

３．１ 配水量の変遷

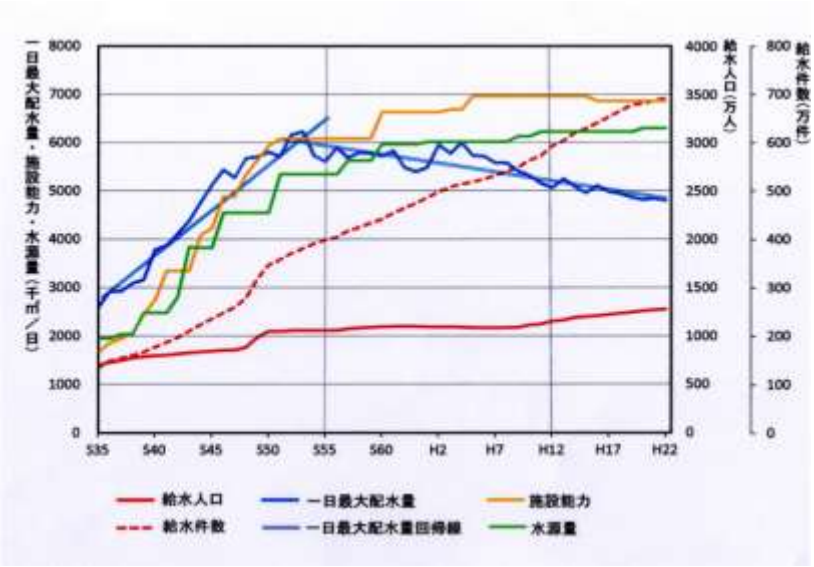


図４

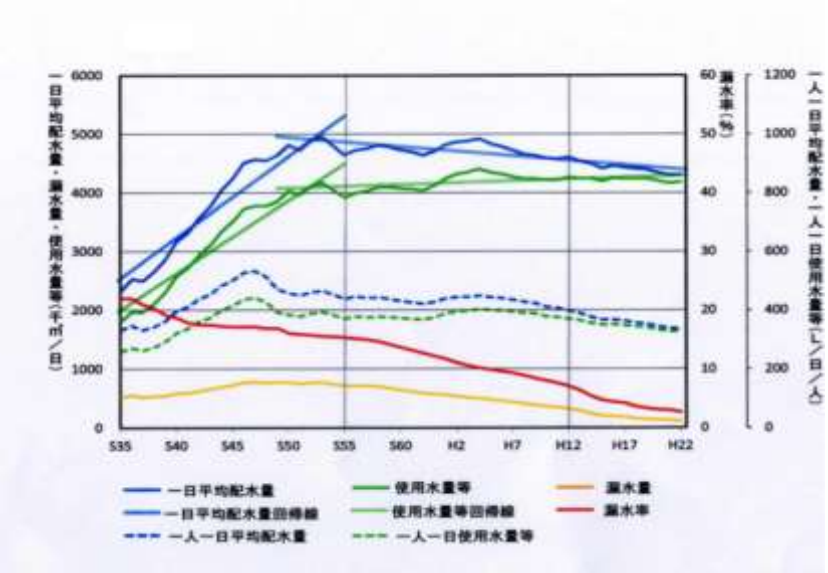


図５

次は、東京水道の40年、昭和55年頃を中心とした前後20年を概観しての話です。**図４、図５**は給水件数や水量関係で、容易に倍率を比較できるようにグラフの下端は全て０にしてあります。前半は昭和35(1960)年から昭和55(1980)年の20年間、後半はそれから平成12(2000)年迄の20年間の話です。図の右端は、その後の10年で、大雑把に考えると近年といっても良い頃です。従って図全体は50年間を表しています。

東京水道全体として、昭和55年頃にいろいろな変曲点があったのではないかと思っています。**図４**は水源量、一日最大配水量、施設能力などです。昭和35年からの前半20年は人口増・下水道普及などによる水道需要急増に対応するための水源確保、施設拡張の時代であり、昭和55年以降の後半20年間は、次第に需要も落ち着きようやく安定化へ向かった時代で、幹線整備による非常時対応を含んだ浄水・送配水施設、および多摩地区施設等の整備事業によって安定性向上や質の向上を図った時代でした。

在職した36年間のはじめと終わり、昭和37年と平成10年の配水量を比較すると、日最大、日平均とも、この36年間、約40年の間に約1.8～19倍に増加しています。増加配水量のほとんどは昭和55年までの前半20年間に増えています。施設規模を決める一日最大配水量のピークは昭和53年の620万㎥/日で、昭和37年と比較すると2.1倍にもなっています。本当に昭和50年代中頃まで配水量は率としても水量としてもよく伸び、それに対し東京水道は全力をあげて苦労しながら、よ

く対応してきたものと思っています。

この前半の配水量の伸びは、人口増もありますが一人当たりの水量の伸びが大きかったためと思われます(**図５**)。私が都に入った昭和37年と10年経った昭和47年の配水量は、一人一日平均で332Lから532Lと1.6倍にもなっています。一人当たり配水量の変化を見てみると、昭和30年代後半から急速に伸び、昭和40年代中～後半に既往最大を示しています。これは下水道の普及加速や生活様式の変化等によるものです。

図４で分かるように、特に昭和40年代の中頃は、日最大配水量に対して水源量・施設能力が足りない中、関係各県等のご協力による余剰水取水と多摩川水系の貯水池を最大限に利用し、さらに施設能力を十二分以上に活用することによって、文字どおりヒヤヒヤしながら、水をやりくり(水運用)して凌いできたのが実状でした。

このような水需要の急増に対して水源、施設が追い付かないこと、さらに水資源の有限性に危機感を持った東京都水道局は、昭和48年１月「水道需要を抑制する施策」を発表し、都民に使用水量の削減をお願いしました。同時に節水型機器の開発・普及に向けて、節水型洗濯機の開発を日本電機工業会を通してメーカーにお願いしたり、また、洋式便器を製造する幾つかのメーカーに対し、使用水量の少ない節水型便器の開発をお願いしたこともあります。画期的だったのはセンサーが付いた感知型の機器が開発されたことです。トイレで手をかざすと水が出る水栓やセンサーから離れると感知して洗浄水が流れる小便器などです。

当然「需要抑制策」には局としての漏水防止の強化、綿密な配水調整等が記されており、漏水防止作業の強化や漏水防止技術開発にさらに力を入れることとなりました。

３．２　使用水量と漏水量の変遷

配水量は有効水量(≒使用水量等)と無効水量(≒漏水量等)で構成されています。この40年間の使用水量と漏水量の推移を見てみます。

図５を見ると、前述のように配水量は昭和55年頃を変曲点として前半の増加傾向から後半の20年は減少傾向になっています。このように昭和55年頃から配水量が減少していったのは、節水型機器の普及など需要抑制策の浸透等による使用水量抑制の影響、それにも増して、東京水道の場合は漏水量が減少したことによる影響が極めて大きいと推測できます。端的に言えば、配水量が減少傾向になったのは漏水量が減ったためと言い換えることができます。

補足すれば、一人一日平均使用水量が前半の最大時より次第に減少しているのは前述の「需要抑制策」の影響と考えられます。また、漏水量減少の影響は、**図５**の配水量と使用水量の関係を見ると明らかです。これは、後半20年間について見たとき使用水量等が増減無しか、やや増加傾向になっているにも関わらず配水量全体としては減少していることから窺い知ることができます。すなわち、漏水量が減少しているためです。

漏水量の減少について少し詳しく説明してみます。漏水量は昭和37年度が52万㎥/日、昭和55年頃が72万㎥/日と増えていますが、その頃を境に減少に転じ、平成10年度が37万㎥/日、近年は12万㎥/日程度に激減しています。漏水率で見ると昭和37年度が21.0%、昭和55年度が15.4%、平成10年度が8.0%、近年は３%程度です。

この後半20年間の漏水量の減少要因の大部分は昭和57年からの「給水管の更新」によるもので、漏水量は昭和55年頃に比較して、近年は実に60万㎥/日も減っている計算になります。**図８**は漏水率の推移です。この間、配水圧は、昭和37年の区部平均0.9kgf/㎠から３kgf/㎠と、３倍

にも上昇しているにも関わらずです。如何に「給水管更新」の功績が大きかったかが分かると思います。

３．３　管路延長と事故発生率の変遷
＝管材の改良・進歩と管路更新の貢献＝

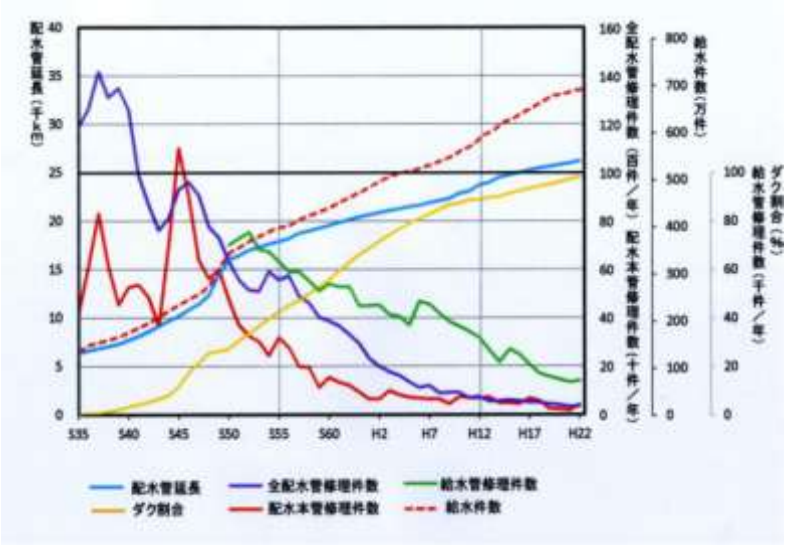


図６

前述のように漏水量の減少に最も貢献したのが、配管資材の進歩とそれを使って管路更新を進めてきたことと思っています。この40年間の管路関係・管路システムのいろいろな事柄、事故発生率などを見てみます。

先ず、配水管です。配水管総延長は昭和37年の7,000ｋｍから平成10年には2万3,000ｋｍと3.3倍になっています。反対に、社会的に影響が大きい広域断水や交通障害につながりやすい配水管事故件数は、この間に年間約1万5,000件から約1,000件と15分の１に減少しています。管路延長を考慮すると事故発生率は約50分の１に減少しています(**図６**)。

これは、時間はかかりましたが、事故率の高い経年配水管を漏水や管体破損事故の少ないダクタイル管に替える「配水管の更新」を着実に行ってきた効果によるものです。また、この間に継手形式やライニング形式など時代の要求水準に合わせて開発される製品を採用してきた効果だと思っています。この結果を見るといかに近年の鉄管の進歩が素晴らしかったかが分かります。

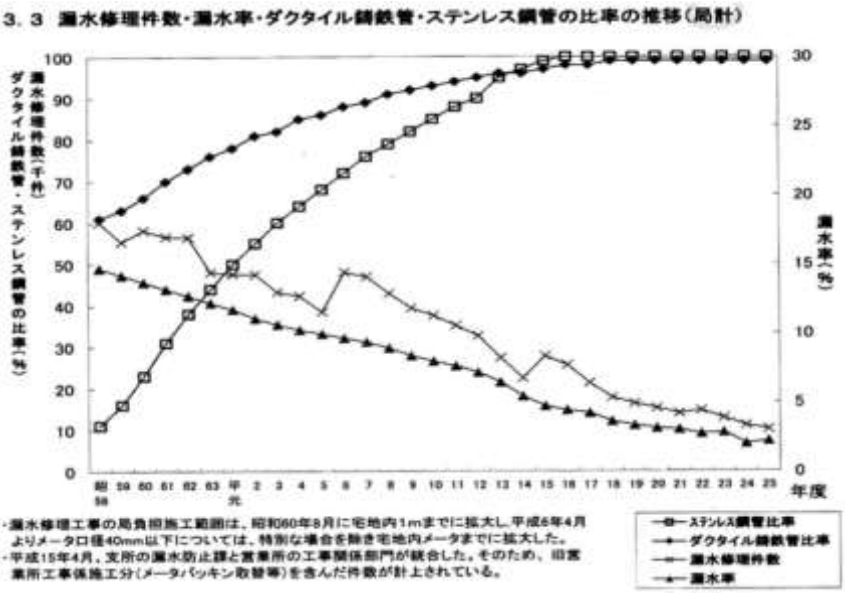


図７

東京水道の場合、配水管の取替・更新は赤水防止、破裂事故による断水や第三者被害を避けるために、口径によって違いますが、昭和30年代の終わり頃からと比較的早くから行われてきています。主として、普通鋳鉄管、高級鋳鉄管、石綿管からダクタイル鉄管への布設替で、給水管の更新より20年ほど前から始めています(**図７**)。

一般に漏水量全体に占める配水管からの漏水量の割合は少なく、修理件数等から見て数%程度と言われています。漏水量減

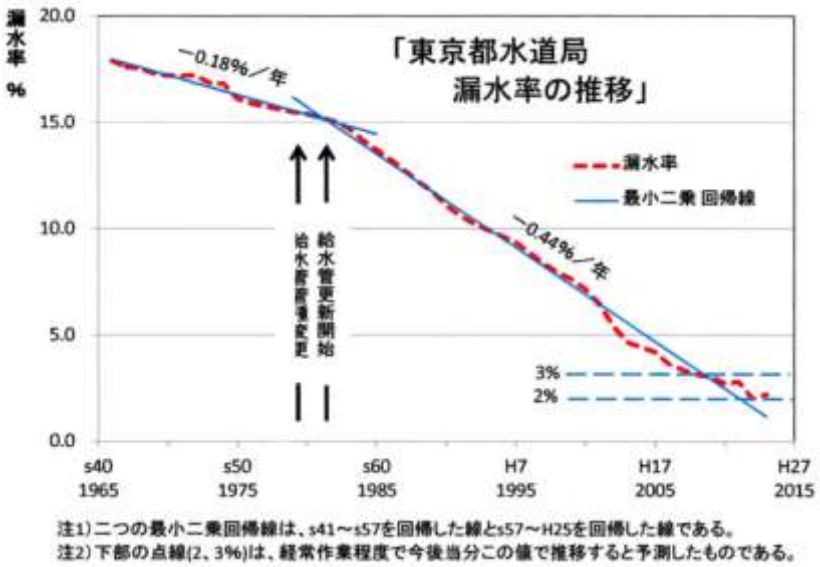


図８

少を直接目的とするケースは少ないですが、漏水量の減少に貢献してきたことは間違いありません。

次は、給水管についてです。特に、管材の変更とそれを使った給水管更新の話です。東京都水道局は、創設水道以来、公道下の給水管として長期間鉛管を使用してきました。その後、鉛管からの漏水が多いので昭和49年頃から管種変更について検討を始め、その結果に基づいて、昭和55年から全面的に鉛製給水管からステンレス鋼管（６エルボ方式）に変更しました。この頃、配水量に変曲点があり、それ以降減少していますが、この大きな原因は前述の通り漏水量の減少です。

ステンレス鋼管、さらに波状ステンレス鋼管による全面更新を進めてきた結果として漏水率は大幅に下がってきました。進歩した管を使った更新により漏水発生件数が大幅に減少してきたといえます。**図７、図８**を見ると配水管が給水管に先行したこと、管路更新によって着実に漏水率が低下していることが分かります。

配水管事故件数と同様に、給水管事故件数を見てみると、それまでの敷設後使用年数などを無視して単純に鉛管とステンレス管を比較すれば、取り出し件数当たりステンレス鋼管の漏水発生件数は、鉛製給水管に対し、継手を含めたシステムとして約300分の１になったと推測できます。

３．４　Ｔ形管からＮＳ管への改良と波状ステンレス鋼管制作の話

今までの話を補足するため、東京水道が後押ししてきた配水管の進歩・改良の話と波状ステンレス管創作の話をいたします。

配水管は、漏水件数や漏水量は給水管に比較して多くはありませんが、破裂事故による断水や第三者被害を避け、さらには、将来に向けて耐震性を高めていくため、更新していく必要があります。もちろん、配水管破裂事故の修理や原状回復に要する費用も馬鹿にはなりません。

配水管では、以前から大ざっぱに見てＡ形継手管はＴ形継手管に比して事故率が大きいことを感じ、昭和63年頃のことですが、改めて区部の配水管事故統計を詳しく分析してみました。その結果、予想されたことではありましたが、Ａ形直管の継手事故率は明らかにＴ形管より大きく、ｋｍ当たり年間事故発生件数、事故率はＴ形管に比して 2.5～ 3.5倍程度多いという結果が得られました。

事故率分析の結果、Ｔ形管の優れていることが分かり、普及に努めることとしましたが、これに離脱防止機能を付加すれば、平常時の漏水事故発生率を３分の１程度にすることが可能となるのみならず、耐震性能が増し、理想とする耐震管ができるのではないかと考えました。補足すれば、当時は重要路線に限定して耐震管を使っていた時代です。

この考えを、いろいろなメーカーなど会う人ごとに離脱防止機能を有するＴ形管の開発ができないかと、思いを込めて話をしたと記憶しています。これにすぐに反応してくれたのがクボタでした。クボタのＮＳ管開発関係者によると、東京都から「従来のＳⅡ形に比べ簡単に施工できる耐震継手管を開発して欲しい」という要望が直接のきっかけとなってＮＳ管開発に着手したと聞いています。東京水道も試作品の改良点助言など、何度も側面から協力しています。

現在のＮＳ管が完成したのは平成７年です。東京都では全面採用に当たって委員会を設け、平成７年度から平成８年度にかけてのＮＳ管の試験施工実績から、施工性、作業効率および接合機具類の操作性を検証しました。その結果、ＮＳ継手管はＳⅡ継手管と同等の耐震性能を有し、かつ優れた施工性を発揮することを確認できました。このほか、さまざまな経過を経て、東京都全域では平成10年度から250ｍｍまでの直管、異形管全てにＮＳ形耐震管が採用され、急速に普及していきました。現在では主流はさらに進歩したＧＸ管になっていると聞いています。Ａ形継手管規格は平成11年から廃止されています。

次は、波状ステンレス鋼管の話です。都が給水管としてステンレス鋼管を使い始めたのは、前述のように昭和55年からですが、その頃は直管をエルボで繋ぐ方式でした。当時としては優れたものでしたが、継手が多く施工に手間がかかり、また将来の継手漏水の可能性に課題を残していました。継手というものは管体そのものよりも漏水しやすいことは宿命といえるものです。これを改良した「波状ステンレス鋼管」を考え付き、試作品を作って当該部へ持ち込んだのは昭和57年のことです。

この管が、平成４年から６年間の実態調査を経て、「施工性、耐震性、経済性」の何れにおいても優れているとして、正式に採用になったのは平成10年からで、ずいぶんと採用が遅れ、残念だったと感じています。

３．５　漏水防止対策の経済的効果

次に、漏水防止対策の経済効果、かけた費用と得られる利益(支出減)、特に「給水管更新」の経済効果・費用対効果をとりあげてお話しします。

漏水の大部分、90%以上は給水管からのもので、これを放っておくと漏水率は下がりません。以前から給水管はお客さまが設置し管理するものとなっていました。しかし、実際問題として、公道下のみならず、メータ上流の給水管の管理はお客さまには難しいものです。また、蛇口からある程度水が出ていれば不自由なく水は使えます。多少の地下漏水があったとしても気付かれないことも多く、余程の給水支障が無ければ自発的に取り換えられることはありません。これにより漏水率が低下しないことにつながっているといえます。

通常、漏水への対処方法を分けると、次のような段階があると思います。

① 一つ目は、特に漏水防止対策を実施しない場合で、地上に現れた漏水のみを機動的に修理する場合です。この場合、破裂事故といった大きな地上漏水を修理すれば一時的に漏水率は下がりますが、通常は給水管が古くなるにしたがって漏水発生率が上がり、また、小さな潜在漏水が累積して漏水量がどんどん増える一方になります。結果として水道事業が成り立たなくなります。沢水など、きれいな水源が豊富で、自然流下でたれ流し可の新設水道の場合などに限られると思います。

② 次は、通常の水道事業で一般的な漏水防止対策をとっている場合です。地上に現れた漏水を修理すると同時に、循環期間を決めるなど定期的に地下に潜在する漏水を見つけて修理する計

画作業の組み合わせです。維持管理指針に記されている、いわゆる「対症療法的対策」です。

地下漏水が多く漏水率が高い場合には、計画的作業によって一時的に漏水率は下がりますが、長い目で見れば管の経年化等によって漏水復元が早く・大きくなり、次第に漏水量が増えていくことは避けられません。漏水率の改善には、循環期間の短縮といった作業量の増加、探知方法の向上等を要します。

③そして三つ目は、②に加えて漏水率の低下を直接目的とする「給水管の更新」を取り入れていく方法です。給水管を更新すると同時に並行管を整理するなど周辺の配管整備もこれに含まれます。近年の優れた管資材を使って取替・整備を行い、漏水を根源からゼロにして漏水率を下げる方法で、これを「給水管の更新」と言っています。ただ、この方法は多額の費用を要し、また、時間がかかるので計画的に行っていく必要があります。

東京水道では、この③の「給水管更新」を昭和57年から始め、その後、配水小管工事すべてにおいてこれを採り入れるなど、対象を広げ事業として執行してきました。また、更新範囲も公道下のみから、宅地内１ｍまで、メータまでと少しずつ範囲を広げながら、更新・整備を行ってきています。

丁度平成になった頃から鉛製給水管の早期解消が求められたこともあって、東京水道の更新スピードは一段と速くなり、平成10年代には年間300億円超の更新をしたこともありました。いずれにしても多額な費用を要しました。それでも、更新のほとんどを終えるのには平成25年頃までかかりましたので、都合30年程かかったことになります。

平成20年頃には、それまでにかけてきた累積費用と得られた利益(防止した累積漏水量の支出減相当費)はつり合ったものとなっています。

この方法によって更新をはじめてから、**図８**でもわかるように、明らかに漏水率が改善され、低下してきています。近年では更新が概ね完了したためほとんど更新費用を要しなくなったことや、上述②の経常作業の修理費用激減を含めると、つぎ込んだ費用に対して大きな利益を挙げつつあります。いろいろな仮定が入りますが、１サイクル70年間と言ったスパンで、大雑把に計算すると、１兆円の費用をかけ２兆円の利益が出ると試算されます。したがって、長期間では必ずペイする施策と言えます。

以上、「給水管の更新」について述べましたが、この更新施策は既設管種や経年化度にもよりますが、長期間で考えれば十分にペイできる、採算の取れる施策だと思います。言い換えれば、「給水管の更新」は「後の世代にツケを残さない、将来の水道料金値上げを極力少なくする、子孫に美田を残す(?)」検討に値する施策だと考えています。

私は、いろいろなところで「水道は地場産業だ」と言ってきました。これは、それぞれの水道が置かれている水環境・水道環境に相違があるからです。例えば、きれいな原水が豊富か？、安いか？、需給関係は？、水道施設が時代の要求に合っているか？、給水安全度は？、エネルギー消費が多くはないか？、等々です。それによって、最良の施策が変わってきます。

今回は、東京水道の例をあげましたが、環境によって効果が異なってくるので、ぜひ皆さんも漏水率、km当当たりの漏水発生件数、経済効果等いろいろ研究してやっていただきたいと思っています。

３．６　給水件数と職員数

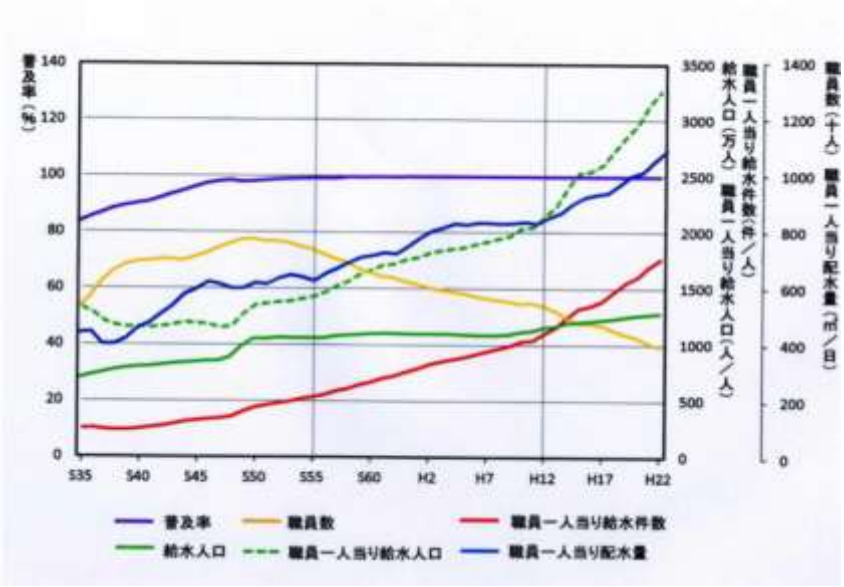


図９

最後に東京都水道局における職員数についてお話ししたいと思います。東京水道では、私が局に入った頃から需要急増対応の拡張事業のため職員の大量採用が始まりました。昭和37年には約6,200名、昭和50年には約7,800名と職員数が最大となっています。この前後から多摩地区水道の都営一元化が進みましたが、平成10年に私が退職した時の職員数は確か5,500名くらいで、その時の直営基本の事業体制下では5,000名付近が限度と思っていました。

その後、外注と委託化が進み、組織は次第にスリム化しています。多摩地区市町水道との一元化にも関わらず、平成22年度の職員数が約4,000名と聞くと驚くばかりです。

職員一人当たりの給水人口、給水件数、配水量は全ての期間を通して大きく伸びていることが分かります。特に、**図９**の「職員一人当たり給水件数」は注目に値するもので、ＩＴの活用や単純作業の外部委託があったとはいえ伸びは大きなものとなっています。

いずれにしても、効率性のみを追求すると安全性を忘れがちになると言われています。これは直営と委託に関わらずです。東京都の場合、事業の基本に近い業務は委託先を公共性と効率性を求めるパートナー企業としているので安心ですが、次々と外部委託を進めていった時、水道を守るという意識、お客さまに尽くすという意識、組織への帰属意識は今後どうなっていくのだろうと、多少の心配は無いわけでもありません。一般行政とは異なった立場で、東京水道は「都民を株主とする公営企業」としてベストを尽くして貰いたいと願っています。

４．おわりに

私たちの世代は、需要急増の時代で更新にまで手が回らないため、古い管路施設をいっぱい抱えた大拡張の時代でした。そのため、事故、特に大口径管の破裂事故をいくつも体験しています。水道管の破裂で床上浸水が珍しくない時代でした。例えば、私が給水部長だった平成３年の下半期にはΦ500mm以上の配水管事故が5回あり、そのうち床上は４回を数えています。その一つ、平成３年６月のΦ1,000mm亀裂・縦ビリ事故では床上浸水が45戸もあったと記憶しています。

管路事故に限らず、各種の大事故を経験していますが、そのような時は足がふるえながらも、いつも心の中で呪文をブツブツと唱えながら事故処理に当たりました。それは「今までに直らなかった事故はない」「命まではとられることはないだろう」などです。僥倖にも恵まれ、直接関係した事故で人命に関することが無かったことには感謝しています。

終わりになりますが、事業に直接携わってきた40年間、いつも考えてきたことは、「水が出なければ水道でない」であり、とりわけ、管理者時代には「結果責任、結果責任」ということです。また、技術屋としては「想定外を想定して備えよう」と思って頑張ってきたつもりです。

首都の水道がずっこけてしまうわけにはいかないので、今後は、大きな地震への対応をさらに明確に捉え、想定外ではなく、現実のものと捉えて「安心できる水道」を目指していって欲しいと期待しています。これは、東京都水道局関係者だけといった意味ではなく、ここにおられる方、全ての方へのお願いです。

５．質疑応答

○海賀氏

亜熱帯気候である小笠原と沖縄の水道がアメリカから日本に返還され、消毒方法などどんな問題と苦労があったのか教えてください。

○川北講師

米軍時代は水道の水はよく濁ったようです。島の人はこのラテライトが原因で薄茶色の水が蛇口からでた時には、これを「オガサワラコーヒー」と呼んでいたそうです。塩素消毒は水系感染症予防のため気を使っていました。米軍の野戦仕様なのでシッカリ入れていたと聞いたことがあります。水道水中のトリハロメタンがオランダで発見されたのが昭和47年、アメリカで発がん性が問題になったのが昭和49年であり、赴任当時はまだ問題になっていませんでした。地下水なので、夾雑物を取るためだけにろ過をしていた時代です。

○金城講師

川北講師のような状況ですが、米軍ではトリハロメタンの問題は出ていませんでした。説明の中で硬度300とか、日本の水質基準に適合していなかった軍にいたので県に確認しに行ったところ、琉球公社の水は飲用適であるという解釈でした。復帰後に取り組むようになりました。

○川北講師

復帰前は米軍仕様でやっていたようですね。

○眞柄会長

私は今、給水工事技術振興財団におり、給水管の更新が大事だとお話しされたのはうれしく思っています。よくわかったのは東京都がやられたように給水管の更新に対し多くの水道事業体が積極的でないことに危機感を持っており、なんとかしたいと思っています。

データがなかなかありませんが、硬質塩ビ管、鉛管もある、分水栓が普及したのは1970年頃からだから、当時の分水栓はまだ使っていると思います。そういう部分も更新していかないといけないと思っています。いろいろな意味で資金制約が大きくなるので、まだまだやらないといけないことが沢山ある。大いに両先輩のご協力をお願いしたいと思います。

平成 31 年２月９日（土）

第 32 回会員集会　講演①
学校教育における「水の学習」を通して「わたしたちのくらしと水」

講師：山本　恵美子 様
（前大田区立道塚小学校 校長、明星大学通信教育部 客員教授）

（本編は、水を語る会事務局が講演内容を聞き取り編集したものです。）

今回は、二つの大きな話題についてお話いたしました。

最初に令和２（2020）年度から大きく変わる「これからの教育」について。次に、本題でもある「水」についてということで、「小学校における水道教育」の二つについて、会場の皆さんといっしょに楽しくお話させていただきました。

１．第一部～「これからの教育」～

１．１　今学校が変わる！

本題の前に、要望に応えまして「今学校が変わる！」「教育が変わる！」ということについて少しお話をさせていただきます。

現在、私は英語教育推進アドバイザーとして、東京都をはじめ茨城県・長野県・群馬県・山梨県などの教員英語研修会にて指導しています。

私は、平成 17（2005）年度から９年間、東京都大田区立道塚小学校の校長として児童の育成はもちろん学校経営に励みました。それまでは中学校の教員であり、教頭職までは中学校にて勤務していました。専門は英語です。

小学校の校長に着任して、本校にて「小学校英語教育」を開発していきました。しかしその当時、小学校の先生たちにとっては、「英語」に対する苦手意識が強く、英語の授業作りを研究していくことに大変抵抗がありました。

そんなスタートから研究授業・研修会を重ねることにより、先生たちの意識が変わり教職員が一丸となって、大田区で第１回目の研究発表会をするまでに至りました。「小学校英語教育の発信」に努力しました。改めて教員の持つ力のすごさ・研究への情熱に感動します。

１．２　教育が変わる！

平成 29（2017）年３月 31 日に文部科学省から小学校と中学校の次期学習指導要領が公示されま

した。新しい指導要領は、小学校では令和２（2020）年度から、中学校では令和３（2021）年度から導入されます。

（1）２０２０年「生きる力」を育むために３つの柱から「総則」より

Ａ．育てるべき３つの柱（資質・能力）

①知識・技能

②思考力・判断力・表現力

③学びに向かう力、人間性

Ｂ．「主体的・対話的で深い学び」

児童や生徒たちが受け身的に学ぶのではなく課題に対して自分でよく考え、グループで意見交換したり、さらに自分の考えを再構築したり学習を積み重ねていきます。そのことが「深い学び」につながります。

Ｃ．「言語活動の充実」

言語を扱う国語教育と外国語教育の改善・充実、およびその連携を図り、言語能力の育成を推進します。

Ｄ．「プログラミング教育の充実」

情報技術を手段として活用する力やプログラミング的思考の育成を図ります。

（2）小学校の「英語教育」が変わる

1）教科としての「英語科」になる

特に５・６年生の高学年には、現行の「外国語活動」から教科として「英語科」になります。

週２時間、年間で 70 時間の実施となります。なお、３・４年生の中学年は、現行の「外国語活動」を週１時間、年間 35 時間を実施します。

高学年の「英語科」は、教科になるという大きな改革です。そのことは二つ明確に変わることがあります。一つは、英語の「教科書」ができることです。そして、二つ目に「評価」をつけることです。

（3）英語の４技能、５領域のバランスの中で育成する

英語の４技能とは、「話すこと」「聞くこと」「読むこと」「書くこと」です。さらに話すことの領域に質問したり答えたりする「やり取り」の力と、スピーチのように「発表する」力を育成します。「話す力」において一番大事なことは、与えられたフレーズを暗記して相手に質問したり受け答えたりするのではなく、自分の思いや考えをしっかり伝えることです。また、スピーチのようにグループや大勢の前で自分の思いや考えをわかりやすく伝える能力が求められます。聞き手もそれに反応することが大事です。

以上がこれまでの教育と違って、改革されるポイントです。
ここで少し英語の実践をしてみましょう！

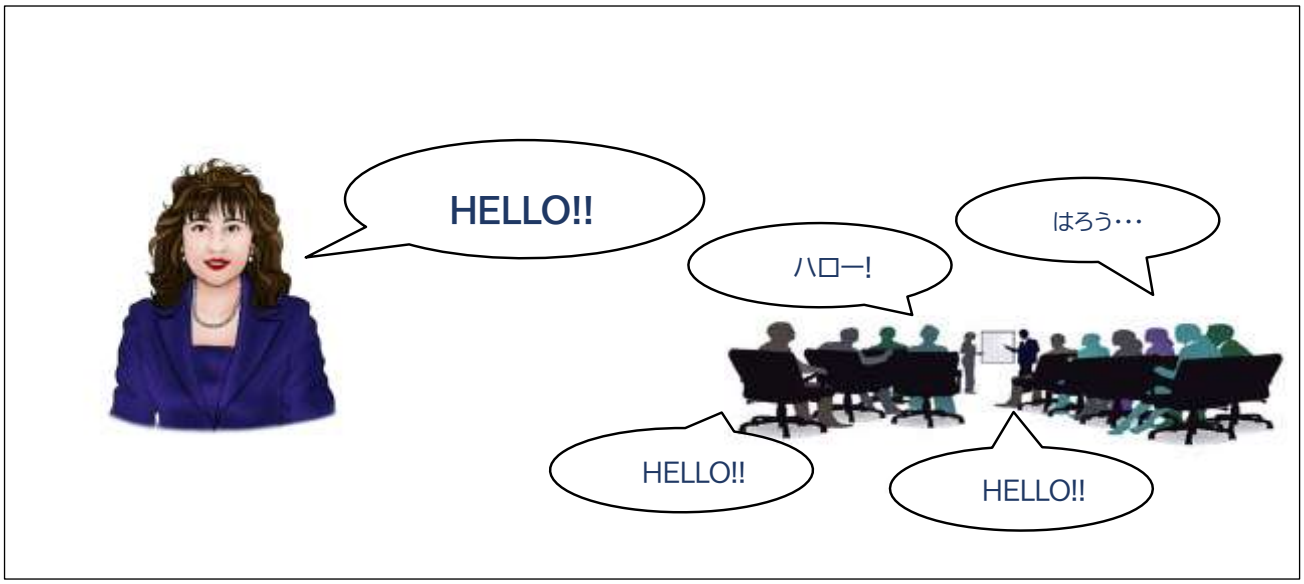


図１

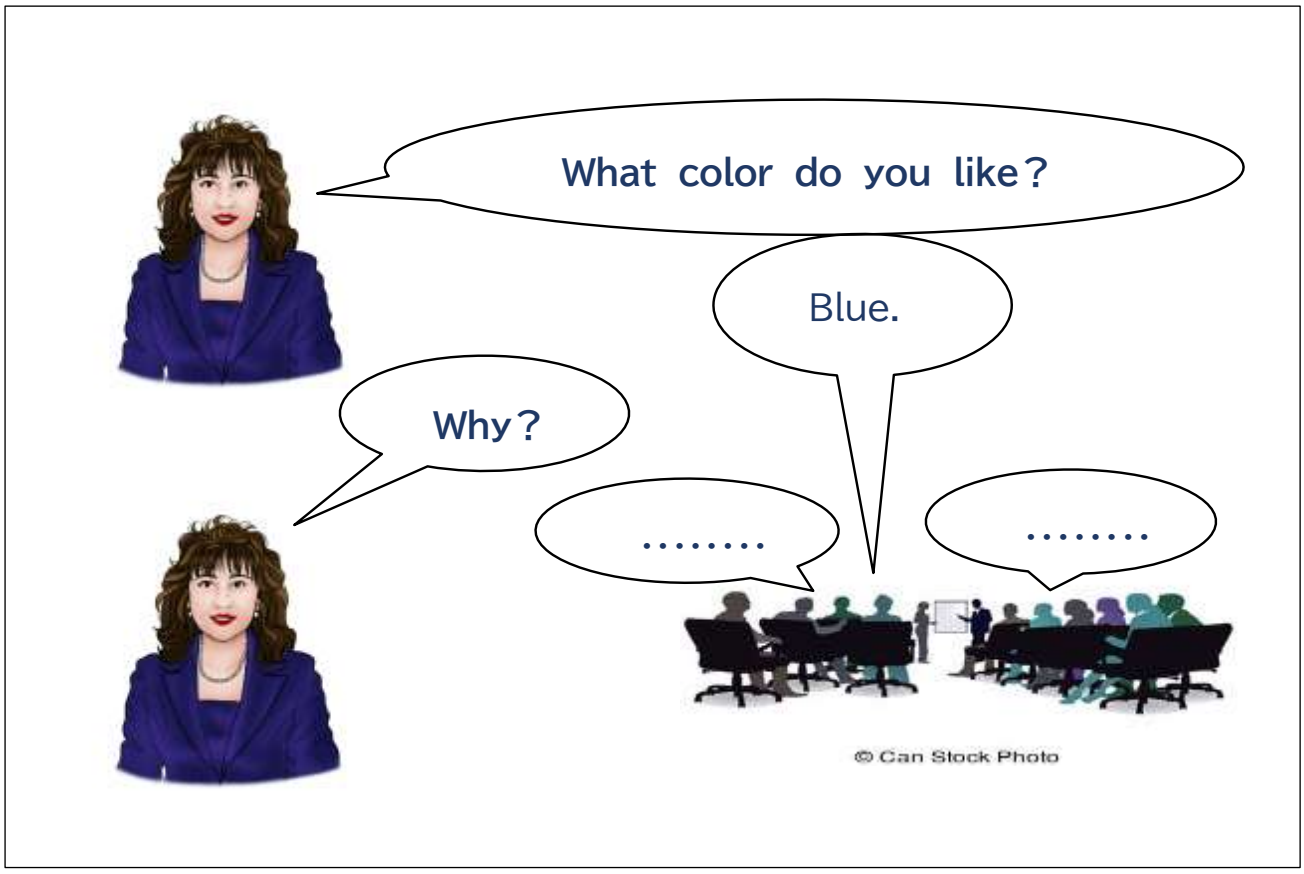


図２

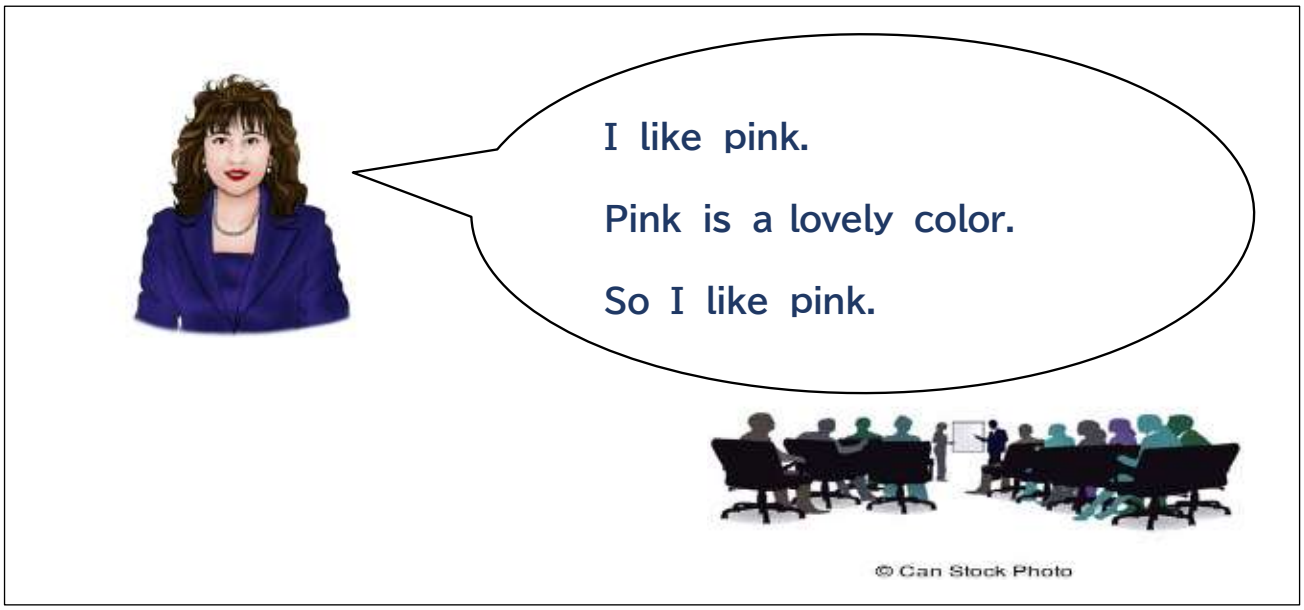


図３

これからの英語教育は、ただ受け答えするだけでなく「なぜ好きなのか」という自分の思いや考え（理由など）を入れ、答えることが大事です。そのため英語をたくさん聞き（in put)、そこから推測（guess）し、そして答える（out put)。自分の思いや考えをまとめ、それを互いに伝えあうことによりコミュニケーションしていく力を育成していく。また、相手の思いや考えをただ聞いているのではなく、それらに反応していく簡単な語句や文を使える力が求められます。大事なことは「続けられる会話力」を身に付けることです。

２．第二部　～「小学校における水道教育」～

「水の学習」は、小学校４年生の社会科および理科の授業で行います。大田区では独自の社会科の教科書があり、『住みよいくらし「たいせつな水」』と『昔のくらしと今のくらし「六郷用水を開く」』という項目で学びます。

水は、私たちの生活に欠かせないものであり、生きる上で大切なものであることについて、改めて自覚・認識させることが一番の狙いです。その上で、一人ひとりが「水」に関してどう行動しなければならないか考えることが学びのゴールです。本日は２つの授業の内容を紹介します。

２．１　実践～その１～『わたしたちのくらしと水』　劇で発表

（指導者・資料提供　大田区立洗足池小学校　黒木愛教諭）

４年生が「水」について学習した内容を劇にまとめ、学習発表会で全児童や保護者の前で発表しました。子供達は当日の劇の上演はもちろん、台本作りから携わりました。

劇は徳川家康が江戸に幕府を開いた 400 年前から始まります。当時から豊かな水を確保するた

めの取組みが行われていることを訴えた上で、「①一日に使う水」、「②水道水源林」、「③ダム」、「④下水処理」の各場面でクイズを出題し、演者が回答しながら自らの感想を発表していきました。

「①一日に使う水」の場面では、「一人が一日に使う水の量は１L のペットボトル何本くらいか」と質問。平均 219L 程度という回答が明らかになると、演者が「もっと少ないと思っていた」、「実際は多くの水を使っていたことに気付いた」などの感想を述べました（**図４**）。

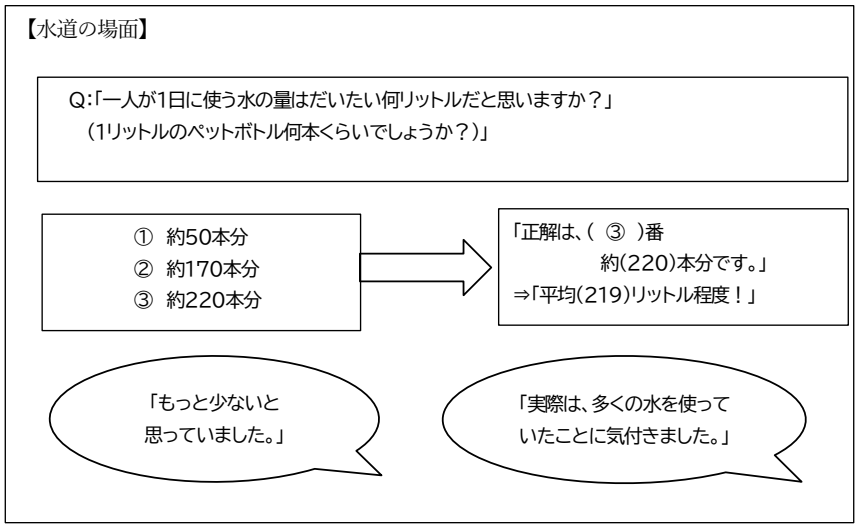


図４

「②水道水源林」の場面では、多摩川の上流域には東京 23 区の約３分の１にも及ぶ約 230 ㎢の水道水源林があり、土の中に雨水を貯めこんでいるなど、その役割などを説明しました。

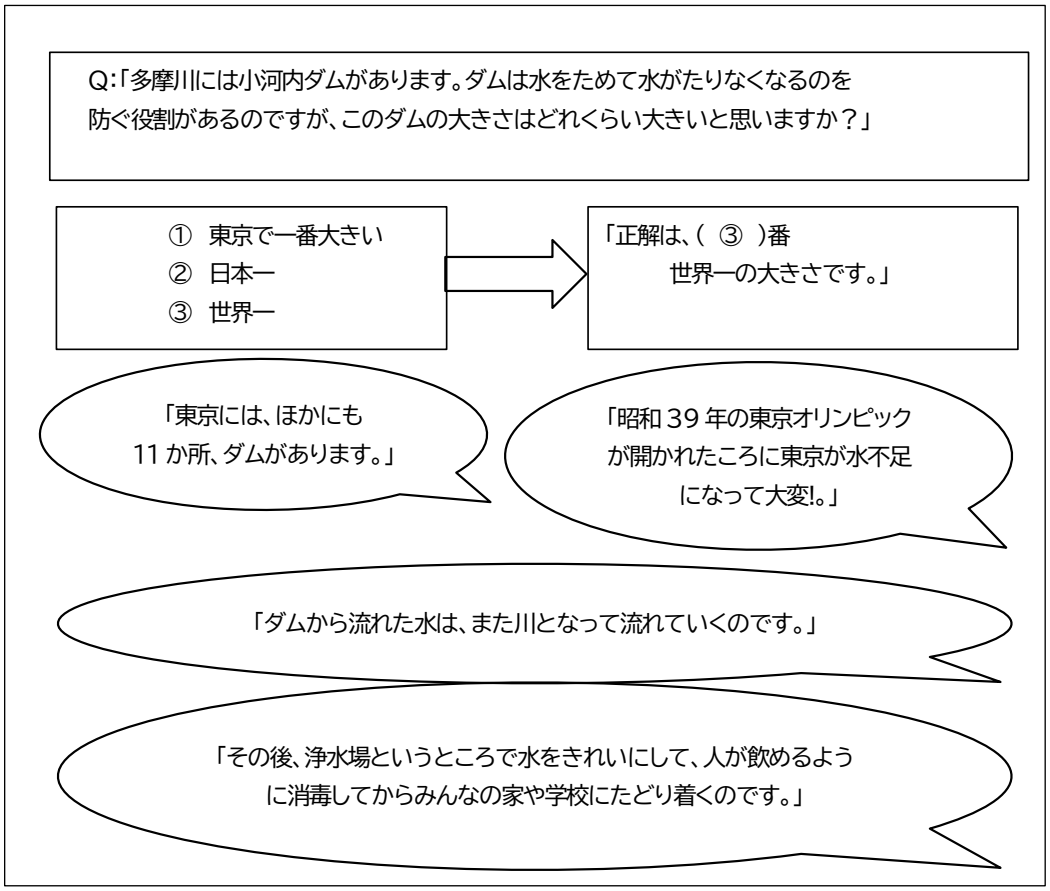


図５

「③ダム」の場面では、「小河内ダムはどれぐらいの大きさか(東京で一番、日本一、世界一)」と質問。「(水道専用ダムとしては)世界一」と回答したほか、東京には、このほかにも 11 カ所のダムがあること、ダムから流れた水を浄水場できれいにして、みんなの家や学校に送られることを説明しました(**図５**)。

「④下水処理」の場面では、「みそ汁１杯、給食の牛乳１パック、天ぷら油 500ML を川に流した場合、魚が住める水にもどすためには、それぞれお風呂何杯分（１杯を約 300L と仮定）の水が必要か」と質問（**図６**）。いかに多くの水が必要かを強調したほか、水再生センターの役割を説明。下水再生水がトイレの水などに使用されていることを説明しました。

結びに「自分たちができること」として、水を節約する工夫や汚さない工夫について発表しました。

【下水道の場面】　よごれた水をきれいにするクイズ

Q:「みそ汁１杯を川にそのまま流したら･･･魚は住めなくなってしまいます。
→魚が住める水にもどすために、お風呂何杯分の水が必要だと思いますか？」
（ちなみに、お風呂1杯分は約 300 リットルとして考えます。）」

① お風呂1杯分
② お風呂5杯分
③ お風呂8杯分

「正解は、（ ② ）番
お風呂(5)杯分です。」

Q:「給食の牛乳１パックを川にそのまま流したら･･･。
→魚が住める水にもどすために、お風呂何杯分の水が必要だと思いますか？」

① お風呂10杯分
② お風呂14杯分
③ お風呂17杯分

「正解は、（ ① ）番
お風呂(10)杯分です。」

Q:「天ぷら油(500ml)を川にそのまま流したら･･･。
→魚が住める水にもどすために、お風呂何杯分の水が必要だと思いますか？」

① お風呂 240 杯分
② お風呂 380 杯分
③ お風呂 560 杯分

「正解は、（ ③ ）番
お風呂(560)杯分です。」

「油汚れをきれいにするためには、たくさんの水を使うのですね。」

図６

２．２　実践～その２～　４年生社会科単元　「水はどこから」

（指導者・資料提供　大田区立池上小学校　川上沙織教諭）

本単元の狙いは、人々の健康や生活環境を支える事業について学ぶことです。飲料水を供給する事業、すなわち水道事業は、安全で安定的に水道水を供給できるように進められていること、地域の人々の健康な生活の維持・向上に役立っていることを理解することです。

図７

授業は、「①つかむ」、「②調べる」、「③まとめる」、「④いかす」の４段階で展開しました。

「①つかむ」では、普段何気なく大量に水を使っていることに気が付かせ、蛇口から出る水はどこから来るのか興味を持たせた上で、「②調べる」では、ダムで働く人に普段の仕事の内容に関するヒアリングなどを行いつつ、浄水場やそこで働く人の工夫・努力、ダムの働き、水源の確保・維持、水の再利用などについて調査します。「③まとめる」では、水源林からダム、浄水場、配水池、蛇口、下水処理場、海までの水の流れを図にまとめました。「④いかす」では、川を大切に思って行動している人達について調査し、自分達にできることを考えました。

特にダムで働く人がボートでごみや流木を拾っていることに子供達は驚いており、授業を終えた子供達からは、「こんなに苦労してまで、水を大切にしていることがありがたい」、「ボートを使って命がけで私達のために働いてくれているから、安全な水が使える」、「ダムでは水をため、川に流れる水の調整をするとても大切な役割」、「それを手入れして管理し続ける人達もすごいと思う」などの感想が上がりました。

また、「世界には水を飲めない人もたくさんいる」、「水に関係しているお仕事をしている人たちの努力を無駄にしたくない」などの理由から水を大切にしたいという感想もありました。

図８

これらの授業を通して学んだこと、自分の思いや考えなどについて一人ひとりが新聞としてまとめました

（図７、図８）。

３．事例から学ぶこと

以上、学習のまとめとして、劇という形で４年生の児童が学んだことを全児童や保護者に伝え、「水を大切にしていきましょう！」と啓発する授業作り、水についての学習を通して、学習内容に関しての自分の思いや考えを表現し、「新聞」にしてまとめる授業の取組みを紹介しました。

どちらの授業も子供達の「水」に対する感謝の気持ちがよく表れています。また、水源から蛇口までの流れ、下水道や水環境など、子供達がこれまで知らなかったことを知る喜びを感じていることが伺えます。その背景には、「水」に関する単元の狙いや趣旨をよく考え、研修した先生の姿があります。先生達は、「何を子供達に教えなくてはならないのか」、「何を伝えなくてはならないのか」と考え、教材研究を重ねる努力をしています。

社会科見学を行う、あるいはダムなどで実際に働く人の生の声を聞くことは、子供達にとって非常に良い学びの機会となっています。道塚小学校でも毎年、東京都水道局の水道キャラバンの講義を受けているほか、水再生センターなどの社会科見学を行っており、子供達が水の大切さを理解する後押しをしてもらっています。引き続き水道関係者のご協力をお願いします。

４．おわりに

道塚小学校本校では、夏休みに保護者や地域の方々のご協力を得て、校庭の水道の蛇口に竹をつなげ「流しそうめん」を子供達と楽しむ会を行っています。一方、世界に目を向ければ「蛇口がない」、「学校に行くより水を毎日汲みに行く」という途上国があります。こうした現状に目を背けず、何ができるかはわかりませんが、まずはその事実を知るというところから始めていく必要があります。

その上で、私たち一人ひとりが、蛇口をひねれば「おいしくて安全な水」が飲めることが当たり前ではないことを自覚し、水を大切にしていくことが必要です。そのためには、子供達をはじめ、私たち大人がまず水を大切にするように実践を続けていくことが求められています。

私は、「水を語る会」の副会長として、「水と教育」という観点から、講演を３回させていただきました。今後も「水」について関心を持ち続けたいと思っています。

写真１

平成 31 年２月９日（土）

第 32 回会員集会　パネルディスカッション「日本の開発途上国水道技術協力の展望」

パネリスト：木山　　聡 様（北九州市上下水道局）
下村　政裕 様（さいたま市水道局）
菅原　　繁 様（国際厚生事業団）
司　　会：山口　岳夫 様
（水道技術経営パートナーズ株式会社）

（本編は、水を語る会事務局が講演内容を聞き取り編集したものです。）

１．はじめに

山口氏

第 32 回会員集会のパネルディスカッションでは、開発途上国における水道技術協力の今後の展望について、現場経験の豊かな３人のパネリストにそれぞれの立場から思うところを語っていただいたのち、パネルディスカッションを通じて今後の展望についての議論を行った。

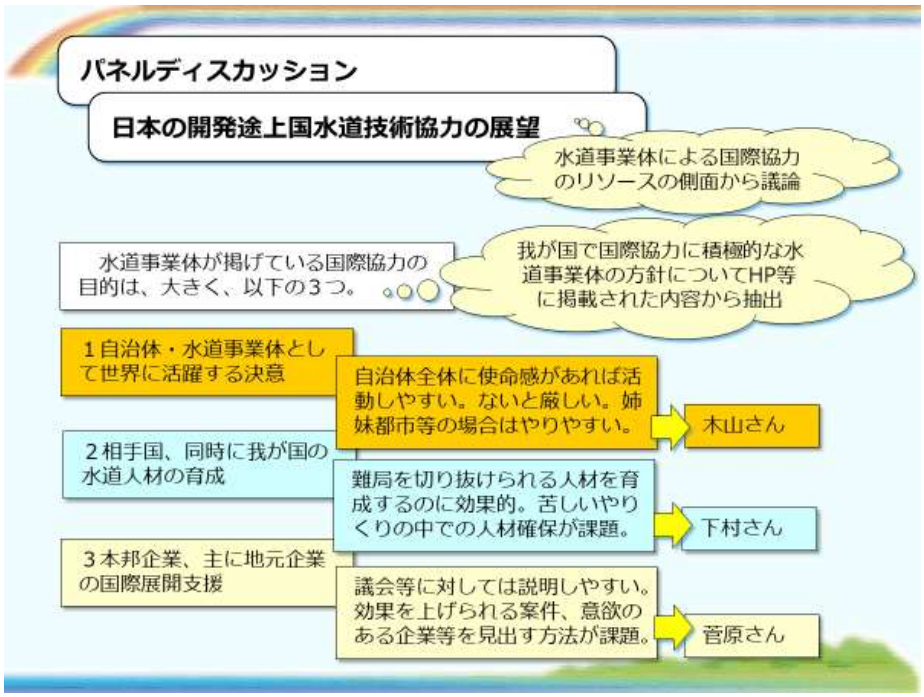


図１

２．木山　聡 講師（北九州市上下水道局）

「自治体・水道事業体として世界に活躍する決意」

木山講師

北九州市では「世界に貢献する水道」をビジョンに掲げて国際展開を行っている。当初は市民の理解も得られなかったが、カンボジアでの活動が成果をあげ、これを積極的にＰＲしていったことで、理解が深まり追い風に変わっていった。

当初はＪＩＣＡ事業への参画であったが、上下水道局の単独事業を経て民間との連係事業、さらには北九州市海外水ビジネス推進協議会の発足に至っている。事業を継続していくためには人材の強化が重要で、海外からの研修生との交流等を積極的に行っている。

水道事業体として世界で活躍するためには、相手国の要請をそのまま受け止めるのではなく、その要請の原因となっている「真のニーズ」を見出すことが重要で、「官と官との信頼関係に根ざした相手国との良好な関係」が大切である。民間企業の参加も重要であるが、民間企業はリスクを過大に評価する傾向があるので、企業がプレーヤーとしてリスクをどうヘッジするかについても真剣に考え、連係を深めることが重要である。

３．下村　政裕 講師（さいたま市水道局）

「日本の開発途上国水道技術協力の展望～途上国水道セクター支援～」

下村講師

海外では日本の水道事業体がやるべきことはまだまだ沢山ある。ブラジル・サンパウロおよびラオスでの長期専門家としての経験は「夢の実現」であり、「国際協力に関わることができたのは地元の水道マンとしての経験があったからこそ」であると考えている。海外でどういう人材が求められるのかについて、主にラオスでの経験に基づいて話したい。

ラオスにおける国際協力MAWASUプロジェクト（The Project for Improvement of Management Capacity of Water Supply Sector）では、戦略とツールが成果につながったと考えている。水道の使命を果たすために日々やるべきことを大切にし、相手側にそれに取り組ませることを徹底することで、人材の育成に取り組むだけでなく、人材が育成される環境を作ることにこだわった。そのために何が必要か。豊富な経験、異文化理解（理由へのアプローチ）、また、現在の日本の技術というよりは、「過去の日本で蓄積された実績のある技術」。ローテクに見えてもそれを大切にすべきで、まさに温故知新である。

最後に２つ。まず、今日は国際協力について話をしたがこれは国内の水道であっても通じることである。もう一つ、水道事業に限るならば人や水道に対する愛が必要である、そのことを強調したい。

４．菅原　繁 講師（国際厚生事業団）

「本邦企業、主に地元企業の国際展開支援」

菅原講師

長期専門家として活動したインドネシアの事例を踏まえて報告する。本日のプレゼンはインドネシアに出ていく上でのガイドラインになるように作成したものなので参考にしてほしい。

インドネシア側は水量の確保に意識が向いているが、安全な水の供給を通じた公衆衛生の確立された社会が重要であり、これを技術協力に対する基本的な考え方として提示した。その上で、これまでの活動に加え、離島対策や自然災害対策等の必要性を指摘してきたところである。

海外案件の形成のためには真のニーズを把握することが重要であり、このためには日本側の体制を再構築し、情報の共有を確実に行う必要がある。過去のさまざまなプロジェクトの遺産があるが、日本側がこれを活かせていないし、現地に入ってやらないとビジネスにはなかなかつながらない。誰かが音頭をとって、日本側の取組みを一つのムーブメントにするような取組みが必要ではないかと思う。

５．パネルディスカッション

パネルディスカッションは、各パネリストの発表で呈された問題提起に対して、他のパネリストへのコメントを依頼する形式で行った。

（1）企業進出の促進について

〇菅原講師

水道は基本的には儲からないのでビジネスとして成立しにくい。地元の都市開発や観光開発にリンクしないと厳しいのではないか。公共水道の整備はＯＤＡにて行っていくべきで、厚生労働省や外務省とタッグを組んでいかないと厳しいだろう。

（2）人材育成の留意点

〇下村講師

人材育成に関してはむしろ日本国内で深刻な状況にあるのではないかと思う。水道施設の整備を経験できていない。まず、昔はどうなっていたのか、自分の事業体の歴史認識を深めることが大切だろう。ベテランと中堅・若手の組み合わせ、幅広い年齢層で構成するグループで仕事に取り組むことも温故知新につながると思う。

〇木山講師

人事面の締め付けは技術力の低下につながる。３年単位で異動が行われるようになり、業務の外部委託が行われてきたが、この結果、専門家が育っていない。現場に根付いた人間を育てないと泣きを見るのは後の世代になると思う。

（3）まとめ

〇飯嶋副会長

日本側からの体制作りの難しさと重要性を改めて実感した。人材育成に関わる高い見識にも触れられ、示唆に富んだシンポジウムであったと思う。

飯嶋副会長

平成 31 年４月 20 日(土)

第 33 回会員集会　講演①「不断水工法について」

講師：斎藤　喜久雄 様（大成機工㈱ 常務執行役員）

（本編は、水を語る会事務局が講演内容を聞き取り編集したものです。）

１．水道事業体と共に歩む

図１

図２

大成機工は昭和 16（1941）年の創業以来、水道事業体と共に歩んできました。まず、不断水工法が完成するまでに、水道事業体からの助言に基づき開発した製品３点について説明します。

一点目は初のオリジナル製品である漏水防止金具です(**図１**)。これは印籠管継手の漏水を防止するための金具です。モータリゼーションの発達により水道管が振動し、印籠管継手が緩んで漏水することが多く発生しており、その解決を求める要望に応え、大阪市水道局から助言を受けながら開発しました。特に同局の給水部長を務めた西山利夫氏にはこの製品に限らず、いろいろな助言をいただいています。

二点目は「トクオシ」の愛称で知られている特殊押輪です(**図２**)。これは水圧による継手の抜け出しを防止する離脱防止金具です。印籠管継手は振動に弱かったため、昭和 30 年代から振動に強く高水圧に対応でき、施工性に優れるメカニカルジョイントの普及が進みました。しかし、メカニカルジョイントは、印籠管に比べて継手が抜け出しやすいという弱点を抱えていました。簡単に抜け出しを防止する方法として考案したのが、押輪に押ネジを付けて固定する特殊押輪です。当時は急速に下水道の普及が進んでおり、水道管がマンホールを迂回する工事が多く行われていま

した。こうした工事に特殊押輪を使用することで、コンクリート防護が不要で配管後すぐに通水できるとして、多くの現場で使用されました。この製品の開発に当たっても、西山氏に相談に乗っていただきました。

三点目は直管部の漏水補修材「エースジョイント」「ヤノジョイント」です(**図３**)。これは三ツ割型の鋳物をボルト・ナットで締結して漏水を止める構造になっています。エースジョイントは、大阪府吹田市水道部管轄内で交通量の増加に伴い石綿管の折損が多く発生しており、同部から簡単に補修できる材料はないかという話をいただき開発に着手しました。手のひらを合わせて水を汲むと水が漏れないことから着想を得て、現在の形に至ったと聞いています。これらの製品は、不断水工法につながる大きな伏線となるものでした。

図３

２．不断水工法

２．１　不断水分岐工法

不断水工法とは断水することなく既設管から分岐管を取り出したり、既設管にバルブを設置したりする工法です。大成機工創業者の矢野信吉は常に新しいものを取り入れることを怠らず、その当時では珍しく、海外の雑誌を購読していました。昭和 33 (1958) 年、アメリカの雑誌「Water Works Engineering」９月号に、不断水分岐工事に用いるアメリカのムーラー社の穿孔機と割Ｔ字管が掲載されていました(**図４**)。当時の日本にも給水管(口径 25mm以下)の不断水工法はあったそうですが、不断水工法はアメリカで開発され、実用化されていました。

図４

この雑誌を見た矢野信吉は、日本でもムーラー社を参考に穿孔機と割Ｔ字管を製作し、配水管等における不断水分岐を実用化したいと思ったそうです。ただ、当時の大成機工には穿孔機を設計する技術者はいませんでしたので、アウトソーシングを行うこととなりました。半年後の 1959(昭和 34)年に当時はパイプカッターを設計・製作していた会社に、穿孔機の開発を依頼しました。こうして、割Ｔ字管の開発は大成機工が、穿孔機はアウトソーシングにより、日

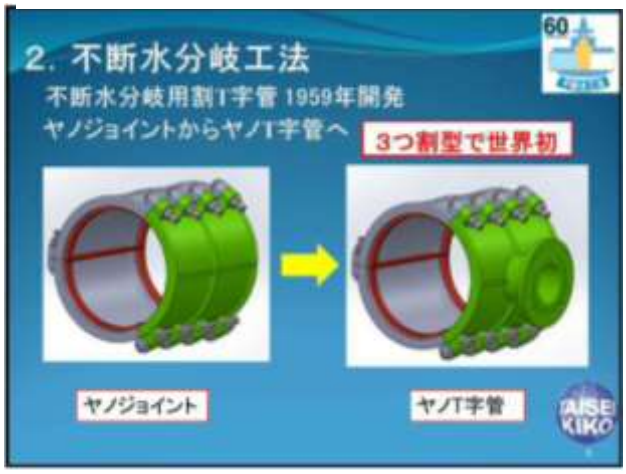


図５

本における不断水工法の黎明期に向かっていきました。なお、穿孔機開発を依頼した会社とは開発完了後に販売協力を行うほか、大成機工の工事で穿孔機を使用するという約束を交わしていました。

昭和 34（1959）年 12 月に穿孔機、割Ｔ字管の開発が完了し、12 月に東京都で開催された日本水道協会の総会・展示会に穿孔機と割Ｔ字管を展示しました。アメリカの割Ｔ字管は二ツ割で両サイドをゴム輪、押輪でシールする構造でしたが、大成機工が開発した割Ｔ字管は三ツ割となっており、そのうちの一辺に分岐フランジを付けています(**図５**)。アメリカ製と比較しても、部品点数が少なく、性能も勝るとも劣らない施工性の良い割Ｔ字管を完成させました。なお、平成 31（2019）年は不断水分岐工法開発から 60 周年を迎えた記念の年に当たります。

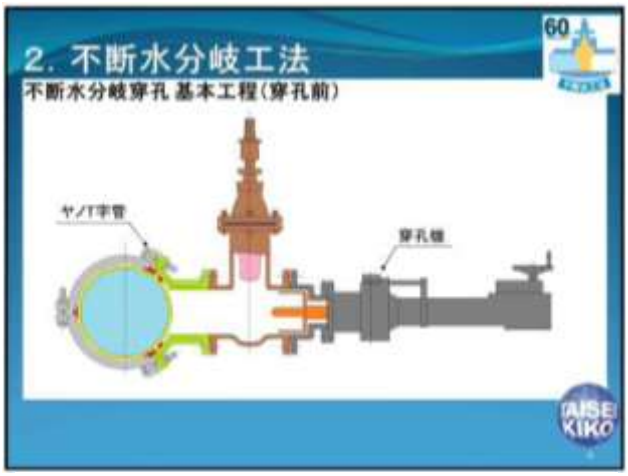


図６

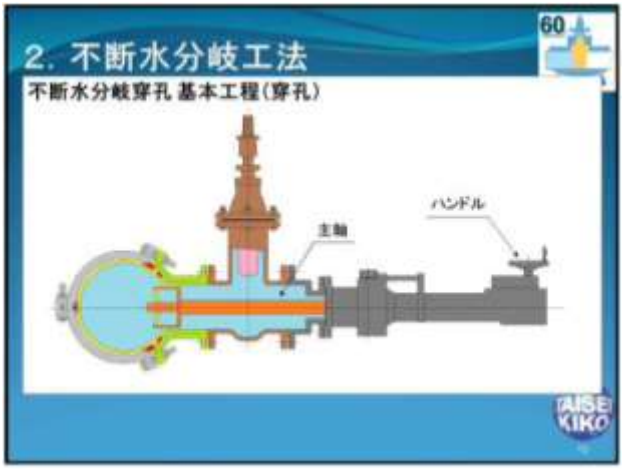


図７

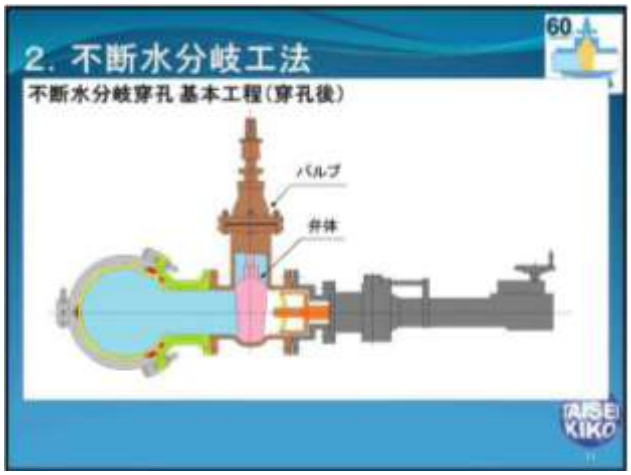


図８

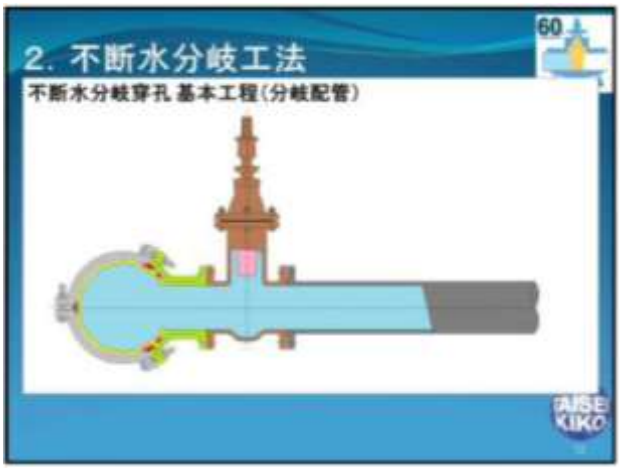


図９

不断水分岐工法の工程について説明します。まず、既設管に３分割された割Ｔ字管をボルト・ナットで固定した後にバルブ、その後に穿孔機を取り付けます(**図６**)。穿孔機は孔を開ける機械であり、先端にカッターという切削する工具がついており、ハンドルを回すと主軸が送り出され孔を開けることができます(**図７**)。孔を開けた後にハンドルを逆回転させて先端のカッターを元の位置に戻し、バルブを閉めて穿孔機を取り外します(**図８**)。穿孔機を取り外した後に分岐配管を行い、バルブを開ければ通水することができます(**図９**)。

平成７(1995)年の阪神・淡路大震災以降、地震時にフランジ継手が開き漏水するという認識が広まり、平成 15 (2003)年に東京都水道局からフランジレスの耐震形割Ｔ字管を開発したいという要望を受け、共同開発を行うこととなりました。当時の東京都水道局では、耐震管であるＮＳ形ダクタイル鋳鉄管を採用していましたが、割Ｔ字管は耐震化されていなかったため、管路全体を耐震化したいという要望がありました。開発・量産に約４年かかりましたが、平成 19 (2007)年には、東京都渋谷区で初施工を行いました。本管 150mm、分岐 75mmの割Ｔ字管でした。従来型の割Ｔ字管はバルブ部分がフランジ接続でしたが、耐震形割Ｔ字管はフランジレスとなっており、耐震継手と同等の離脱防止性能３ＤｋＮ以上を有し、限界曲げモーメントにも対応しています。また、最大応力が発生する分岐の根本部分において、すべての方向に 15 度の可撓性能を持たせています(**図 10**)。

図 10

２．２　ヤノ・ストッパー

ヤノ・ストッパーは、不断水で簡易仕切弁を既設管に設置する工法です(**図 11**)。昭和 48 (1973)年に開発されて以来、平成 30 (2018)年までに約 21 万件の施工実績があります。単純に平均すると年間 4,500 カ所以上で施工されていることになります。

ヤノ・ストッパーのアイデアは、大成機工の前会長である矢野雅歳(故人)と元大阪市水道局給水部長の西山氏が、苺を食べながら話をしているうちに思い付いたと聞いています。不断水で既設管に、内径とほぼ同じサイズの孔を開け、その孔の部分に苺のようなゴムの弁体を押し込んで水を止めるという発想です。当時、管路にバルブが少なかったため管工事による断水範囲が広範囲になり、赤水の対応に大変苦労されており、できる限り断水範囲を最小限にして工事をしたいという要望を受けて開発しました。「水を停めずに水を止める」をキャッチフレーズにして国内だけでなく、海外展開も図っており、昭和 57 (1982)年にはフランスとシンガポール、平成 14 (2002)年に英国、平成 15 (2003)年にはスコットランドで施工しています(**図 12**)。

図 11

図 12

２．３　不断水インサート工法

不断水インサート工法は、不断水で規格のバタフライ弁などを挿入する工法です。特殊な割継輪を取り付けた既設管をタンクで囲み、タンクの中で既設管を切断します。切断した既設管と切断機を撤去した後、特殊な短管を取り付けたバルブを挿入して特殊割継輪と特殊短管を接合した後、タンク等を撤去します。

この工法は切断方法に特徴があります。既設管の円周上にバイトを設置し、バイトを回転させ管を外側から切断しますが、無振動、無騒音で管に抵抗をかけないほか、外側から切るため切粉は管の中に入らずタンクの中に落ちます(**図 13**)。また、管の厚みだけを切るため、水の流れを阻害しません。

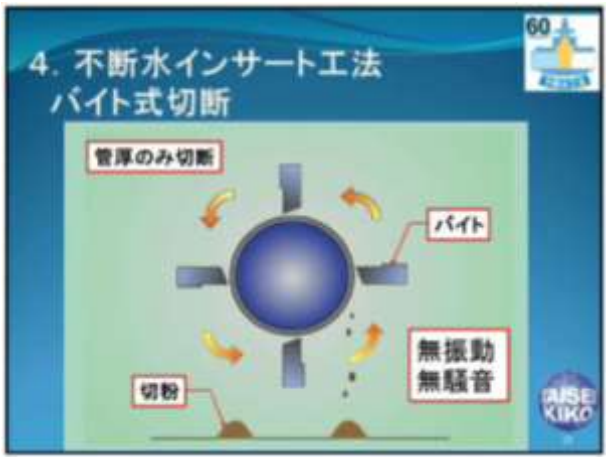


図 13

なお、平成 12 (2000)年に、静岡県で口径 2,200 mmのパイプに口径 2,200mmのバタフライ弁を不断水で挿入しましたが、この工事は当時世界最大でありギネスに登録されました(**図 14**)。

図 14

不断水インサート工法にはインサートバルブＴ型(切替弁)もあります(**図 15**)。これは従来、不断水で管路を切り回す場合、インサートバルブ＋不断水分岐工法で行っていましたが、この二つの工事を一つにしたものです。扇形の回転する弁体が内蔵されており、分岐配管を行った後に、弁体を 120 度回転することで水の流れを切り替えます。開発当初は水平配管だけで施工していましたが、現在では管に傾斜がある現場や設置箇所が狭小な現場などでも施工しています。不断水インサート工法は、昭和 62(1987)年に開発して以来、平成 30(2018)年までに約 4,600 件、平均で年間約 100 件の施工実績があります。

図 15

図 15 左の写真は試作機の第１号ですが、当時の矢野信吉社長から早期の開発を求められ、図面は未完成でしたが工場での打合せを重ね製作したものです。最終的な製品像を具現化し、改良していくことで、開発の速度は飛躍的に高まりました。私が開発者でしたので、非常に思い入れがある製品です。

３．新たな不断水工法

３．１　不断水管内カメラ調査

不断水管内カメラ調査は、通水状態の管内にカメラを挿入し、管路内面を視認するとともに、映像を記録するものです(**図 16**)。既設の空気弁や消火栓部から挿入するほか、不断水割Ｔ字管を設置すれば、任意の箇所からカメラを管内に挿入することができます。例えば、東日本大震災後に口径 700 mmのＫ形ダクタイル鋳鉄管の内部を調査したところ、継手部に許容胴付き間隔 32mmより大きい約 60mmの開きを確認したため、緊急時用に既設管にバルブを設置したほか、耐震補強金具で補強を行った事例があります。

図 16

(一社)全国水道管内カメラ調査協会では、カメラヘッドが管底を進む小口径管用のカメラと、カメラが管の中央部分を浮遊し、水の流れにより管内を移動する口径 500 ㎜以上に対応するカメラを認定品と位置付けています。同協会は平成 18 (2006)年４月に発足し、翌年の平成 19 (2007)年には元厚生省水道環境部長の杉戸大作氏を初代会長に迎え、不断水管内カメラ調査の普及、技術者の育成、業務の標準化などに尽力しており、大成機工は副会長を務めています。

３．２　耐震補強金具、フランジサポート

耐震補強金具とフランジサポートは、不断水で継手を耐震補強するものです。平成 30 (2018)年には、「不断水で設置可能な継手部補強金具による既設管の地震対策」としてインフラメンテナンス大賞の厚生労働大臣賞を受賞しました(**図 17**)。

図 17

耐震補強金具は、ダクタイル鋳鉄管のＫ形、Ａ形、Ｔ形継手部を対象としており、通水状態、つまり不断水で継手の外周から取り付けることで、耐震管継手部と同等の３ＤｋＮの離脱防止

図 18

図 19

性能を付加するものです(図 18)。管路更新が難しい現場などで採用されており、大阪市水道局と共同開発を行った製品です(図 19)。

フランジサポートは、耐震補強金具と同様に、通水状態で既設管フランジ部の外周から取り付けることで、フランジの開きを抑制し、３ＤｋＮの離脱防止性能を付加するものです(図 20、図 21)。フランジ部のボルトにフックを引っ掛けて設置するという施工性に優れた製品となっています。フランジ部を補強する洗濯バサミのような製品をイメージし、岡山市水道局と共同開発を行いました。これらの製品は、創業時の原点でもあるお客さま(水道事業体)のニーズに基づき開発した製品です。

近年管路の耐震化、老朽管の更新はなかなか進んでいません。すべての管路を更新するためには、130年以上かかるというデータも公表されています。耐震管に更新できる所は耐震管に更新し、管路は健全なものの、全面掘削できない所には継手部の耐震補強材を採用することが、管路の耐震化や健全化を図る上で重要ではないかと考えています。

図 20

図 21

平成 31 年４月 20 日(土)

第 33 回会員集会　講演②「水道用鋼管・水管橋の変遷」

講師：今井　俊雄 様（ＪＦＥエンジニアリング㈱ アクア事業部長）

（本編は、水を語る会事務局が講演内容を聞き取り編集したものです。）

１．製鉄技術の変遷

製鉄技術は紀元前 15 世紀頃にヒッタイト帝国で開発され、わが国には６世紀後半の古墳時代に伝えられたと言われています。当時の製鉄法は「たたら吹き」と呼ばれる砂鉄を木炭で精錬する錬鉄法でした。「たたら」とは火力を強めるために用いた鞴(ふいご)を意味しており、この技術を伝えたタタール人が語源だと言われています。また、ヤマタノオロチの伝説についても「たたら」による精錬と鍛冶を暗示したものだという説があります。

中世～近世に入り、鞴の改良とともに、鉄の生産量や質が向上していきます。炉は徐々に大型化していき、近世（15～18 世紀頃）の生産量は日量３ｔ程度の規模でしたが、安政４（1857）年には、釜石鉱山で初めて洋式の高炉が完成し、日量 30ｔの鉄が生産できるようになりました。

明治 34（1901）年には東洋初の銑鋼一貫の製鉄所である官営八幡製鉄所が完成しました。生産能力は日量 160ｔでしたが、生産を軌道に乗せるまでには相当な苦労があったようです。

現在の製鉄方法は、まず高炉に鉄鉱石、コークス、石灰石を投入し、これを熱して銑鉄と不純物であるスラグを取り出します。銑鉄は炭素の含有量が多いため、次に銑鉄を転炉に移し、酸素を吹き込んで炭素量の調整や不純物の除去などを行い、鋼（はがね）を製造します。この鋼を圧延することで、スラブやビレット、厚板やロールなどの一時製品が用途に合わせて製造されます。

表１

1.2　鋼管の製造法の分類

分類			寸法 (mm)	開発年
溶接方法	アーク溶接法	ﾍﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ・ロール法	300以上	1881 (仏)
		ｽﾊﾟｲﾗﾙ溶接法	300～2,400	
		ＵＯＥ法	400～1,350	
	電気抵抗溶接法	低周波抵抗溶接法	10～ 350	1886 (米)
		高周波抵抗溶接法	10～ 500	
		高周波誘導溶接法	10～ 150	
	鍛接法	連続法	15～ 100	1812 (英)
継目無法	ロール穿孔法	マンネスマン法	20～ 400	1885 (独)
	押出穿孔法		15～ 250	

鋼管の製造は1800年代に始まり、各製造方法が開発された

7

鋼管は、厚板やロールを成形するなどして製造されますが、その製造方法は、管軸方向（シーム）の接合方法と管の成形方法により分類することができます。例えば、接合方法による分類では、文化９（1812）年にイギリスで開発された、熱した状態で加圧によりパイプを接続していく「鍛接法」、明治 14（1881）年にフランスで開発された、アーク放電により発

生する熱でパイプを溶融して接続する「アーク溶接法」、明治 19（1886）年にアメリカで開発された、鋼に電流を流すことにより発生する抵抗熱でパイプを融着する「電気抵抗溶接法」などがその主なものです。また、成形方法による分類では、ベンディング・ロール法、スパイラル溶接法、ＵＯＥ法、継目無鋼管のマンネスマン法などがあり、口径・用途により使い分けられています(**表１**)。

２．水道用鋼管の変遷

２．１　水道用鋼管のはじまり(図１)

わが国で水道用鋼管が初めて使用されたのは、神戸市水道局が明治 30（1897）年に建設した口径 600mmの導水管においてであり、当時はリベット鋼管が使用されました。わが国初の近代水道が横浜市に創設されたのはさらにその 10 年前になりますが、横浜市では鋳鉄管（口径 400mm、延長約 44ｋm）が採用されました。

図１

その後、長崎市や秋田市などで小中口径の水道用鋼管が用いられるようになり、徐々に大口径管が用いられるようになってきました。例えば、横浜市水道局の城山ずい道では口径 1,067mmのマンネスマン鋼管が、東京都水道局の境－和田堀線ではコンクリートでリベット鋼管を巻き立てたものが採用されていますが、当時は通常の埋設管路としての大口径管の採用は見受けられませんでした。

２．２　大口径鋼管の時代へ

第二次世界大戦後の昭和 30 年代初期以降には、水需要の急増とともに水道事業が急激に拡張されました。そのような環境の中で、導・送水などの基幹管路の整備のため、大口径で高圧にも対応できる水道用鋼管のニーズが高まっていきました。しかしながら、当時は大口径の埋設鋼管の設計・施工の考え方が整理されておらず、普及の障壁となっていました。

そこで、東京都水道局では、昭和 32（1957）年から５年間にわたり鋼管の座屈試験や埋設実験を行い、その成果を埋設鋼管の施工管理指針として取りまとめました。この成果を基に、東村山浄水場系や朝霞浄水場系などの大口径の送水管（口径 2,700mm～2,200mm）で水道用鋼管の採用に至っています。

ちなみに、昭和 39（1964）年に布設された口径 2,200mmの送水管「朝霞・東村山線」について、日本水道鋼管協会（ＷＳＰ）が平成 12（2000）年に管内の調査を行いましたが、布設から 40 年以上が経過していたものの非常に健全な状態だったと報告されています。

ここで参考までに日本水道鋼管協会の設立経緯について簡単に説明させていただきます。昭和 40 年頃までの鋼管業界は、造船会社や製鉄会社などの数多くのメーカーと一緒に活動していたため、まとまりがなく水道事業への鋼管の進出が遅れていました。そこで、水道用鋼管メーカーの協

会を設立するべく、日本鋼管㈱（現在のＪＦＥエンジニアリング㈱）の顧問を務めていた井深功氏（元横浜市水道事業管理者）が奔走し、当時の日本鋼管㈱の赤坂武社長、(社)日本水道協会（当時）の小林重一理事長などの賛同を得て、昭和 42（1967）年に鋼管メーカー18 社が参画して日本水道鋼管協会を設立しました。平成 29（2017）年には創立 50 周年を迎えています。

当時は大口径管の時代であり、昭和 44（1969）年に神奈川県内広域水道企業団が発足し、口径 3,100mm、2,600mmといった大口径の導水管が建設されました(**図２上**)。神奈川県で計画された導水管路については、地形上約 100m以上の水頭を考慮する必要があり、その対応が求められました(**図２右下**)。埋設鋼管が内外圧に対応するためには、管厚を増す方法が最も簡単ですが、当時は資材としての鉄の価格が高かったため、鋼管の剛性を向上させるためのさまざまな工夫が試行されました。

図２

例えば、神奈川県内広域水道企業団の導水管の場合、土圧に対する剛性向上対策として、鋼管の外側に山形の補剛材（アングル材）を一定間隔で円周方向にリング状に溶接した「補剛付大口径鋼管」が挙げられます(**図２左下**)。これにより、例えば口径 3,100mmの鋼管の場合、無補剛管の管厚が 34mm、単位重量が 2.63ｔ/mでしたが、補剛付管の場合は管厚が 23mm、単位重量が 2.06ｔ/mと、約 20%の軽量化に成功しています。

また、時代は少し遡りますが、川崎市は戦災により壊滅的な被害を被ったものの、終戦後の復興は京浜工業地帯を中心としていち早く行われ、水需要も増加の一途をたどり、工業用水道の拡張の時代に入りました。折しも当時は朝鮮戦争の影響で資材費や労務費が高騰していたため、コストを抑えた大口径の鋼管が求められました。

そこで、川崎市と日本鋼管㈱が共同で「鉄筋コンクリート・ライニング鋼管」（以下「ＲＣ鋼管」という）と呼ばれる合成鋼管を開発しました。ＲＣ鋼管とは、引張に強い鋼と圧縮に強いコンクリートのそれぞれの長所を足したような製品です。外側に鋼管、その内側に鉄筋コンクリートのライニングを行うことで、外圧にはコンクリートと鋼管の合成力、内圧には鋼管で対応するという合理的なものです。ＲＣ鋼管は普通鋼管に比べて管厚を 2/3～1/2 程度にすることが可能ですが、数十mmのライニング厚があるため重量は相当の増となります。なお、ＲＣ鋼管は川崎市のほか、横浜市、尼崎市、千葉県などでも採用されました。

２．３　鋼管規格の整備

次に水道用鋼管の規格の変遷を説明します(**図３**)。最初に水道用鋼管の規格制定が話題となったのは、昭和４（1929）年に開かれた第 26 回上水協議会（日本水道協会の前身）でした。水道用鋼管の規格化が議題として採択され、昭和８（1933）年に水道用電弧溶接鋼管が規格化されました。

なお、「電弧溶接」とは、「アーク溶接」を意味しています。その後、昭和９（1934）年に水道用継目無鋼管の規格、昭和 13（1938）年に異形管の規格がそれぞれ制定され、昭和 14（1939）～昭和 19（1944）年に、日本標準規格（JES：Japanese Engineering Standards）、現在の JIS 規格（戦後）に移行しました。

ちなみに、昭和８（1933）年の水道協会雑誌には水道用鋼管の累計使用実績が記載されています。これによると、当時は東京市水道局（現在の東京都水道局）で 14 万 1,000m、海軍館山飛行場で 2,000m、同霞ケ浦飛行場で 1,000mなど、国内で合計 44 万 1,000mの水道用鋼管が使用されています。

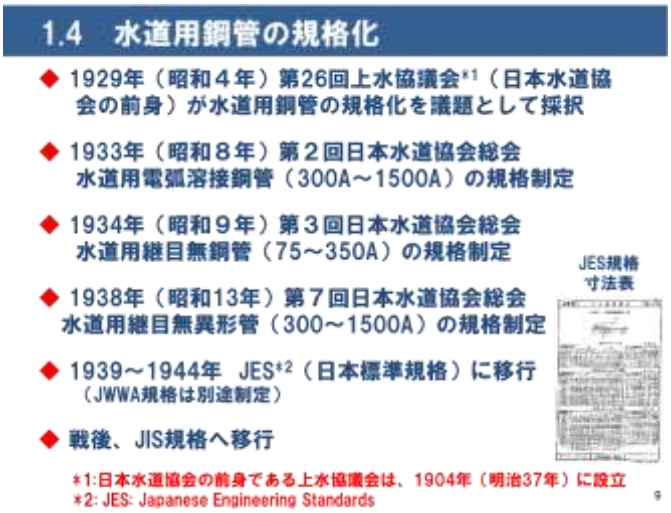


図３

水道用鋼管の JIS 規格としては、JIS G 3443（水輸送用塗覆装鋼管）、JIS G 3451（同異形管）があり、平成 19（2007）年まで日本鉄鋼連盟が維持管理を行っていましたが、同年度から日本水道鋼管協会に維持管理が委託されました。これを契機に、この二つの規格を一旦廃止して JIS G 3443　1～4（水輸送塗覆装鋼管　第１部：直管、第２部：異形管、第３部：外面プラスチック被覆、第４部：内面エポキシ樹脂塗装）という規格群を新たに制定しました。

水道用鋼管は、延性・靭性に富み、高強度という材料特性を有する鋼を用い、その鋼を溶接により一体構造にして線状構造物を形成する管材料です。軽量で加工性に優れた耐震管であり、水管橋においては、通水管のみならず構造部材を兼ねて使用することができる非常に有用な材料であると言えます

３．水管橋

３．１　主な構造形式

まず、水管橋の構造形式についてご紹介します(**図４**)。設置する川幅に合わせて最適な形式を選定することになりますが、最も経済的な形式は道路橋に通水管を添架する「添架水管橋」です。添架水管橋には桁外に設置する方式と桁内に設置する方式があります。

近くに道路橋がない、あるいは道路橋があっても水管橋の荷重を載せることができない場合には、「独立水管橋」を選定します。その中で最も簡単な形式は、通水管を単独で架橋する「パイプビーム形式」です。パイプビーム形式の対応可能な支間長は口径・管厚にもよりますが最大で 40m程度です。

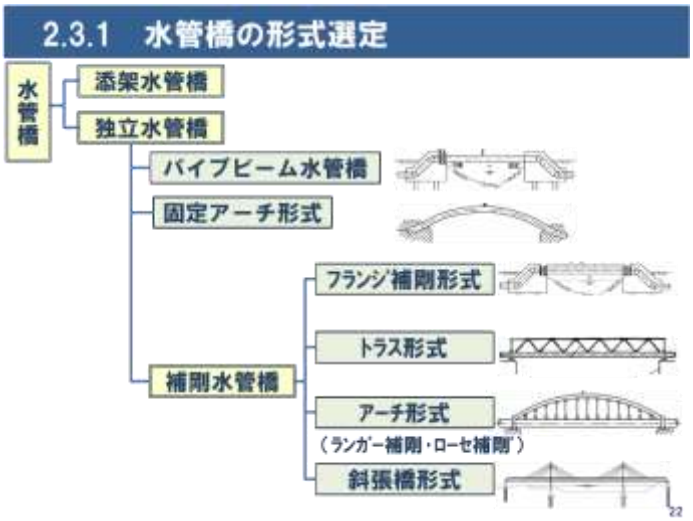


図４

さらに長いスパンが必要とされる場合は

パイプビームをアーチ形状にして両端を固定した「固定アーチ形式」や、パイプビームにＴ型やπ型の補剛材を設けた「フランジ補剛形式」が選定されます。フランジ補剛形式では最大 60m程度の支間長に対応できます。

さらに長い支間長が要求される場合は「トラス補剛形式」が選定されます。トラス補剛形式は、通水管を上弦材もしくは下弦材として有効利用した構造であり、正三角トラス形式、逆三角トラス形式、四弦トラス形式などがあります。トラス補剛形式の水管橋の最大スパンはおおむね 80m程度です。

さらに長い支間長が要求される場合は、「アーチ補剛形式」が選定されます。アーチ補剛形式は、補剛アーチ橋からの吊材で通水管を吊った形式の水管橋であり、アーチリブの剛性が比較的小さく、軸圧縮力のみに対応するものを「ランガー補剛形式」、アーチリブが軸圧縮力だけでなく曲げ剛性を考慮したものを「ローゼ補剛形式」と呼びます。さらにローゼ桁の吊材を斜めに配置し、トラスとしての性状を持たせた形式が「ニールセンローゼ補剛形式」です。アーチ補剛形式の最大支間長は 100mを超えます。

さらに長い支間長が要求される場合や特に美観を求められる場合には、「斜張橋形式」が選定されます。斜張橋形式はトラス等で補剛された通水管を主桁に利用し、２径間もしくは３径間の連続した主桁の中間に主塔から斜めに張ったケーブルにより主桁を支持する形式で、水管橋の構造形式としては最も複雑なものです。

なお、日本最古の鋼製水管橋は、明治 37（1904）年に建設された岡山市の京橋水管橋です。鋼製の５連のワーレントラス構造となっており、トラス橋自体が独立し、その上に鋼管が添架されている形式であり、「独立添架水管橋」として分類できます。口径 400mm、延長 131mのパイプが１条布設されています(**図５**)。

図５

３．２　富士川水管橋の施工事例

わが国の水管橋について議論する上で、歴史的に大きなエポックとなった富士川水管橋の施工事例についてご紹介します。富士川水管橋は、東海道新幹線の車窓から見ることができるため、ご存知の方も多いと思われますが、この水管橋は昭和 45（1970）年に完成し、当時は日本最大の水管橋として土木学会の田中賞を受賞しました(**図６**)。

当時の岳南地区は工業が発展し、1960 年代前半から各企業が工業用水として地下水をくみ上げた結果、地下水位が下がり塩水化が進行しました。そこで、当時富士川上流から水

図６

を利用して水力発電を行っていた日本軽金属㈱蒲原工場の放流水を利用して、富士川の対岸に工業用水を送水するために建設したのが富士川水管橋です。同水管橋の構造はランガー補剛形式、全長は1,040mの 10 スパン（最大支間長は 102 m）です。

基礎については、橋台は重力式の基礎、橋脚はニューマチックケーソン方式で９基の基礎を設けました。部材については、約 4,000 t の部材を日本鋼管㈱（当時）の川崎工場で、竣工まで約 13 カ月をかけて製作しました。制作した部材を現場に持ち込む前に工場で仮組立を行い、寸法の確認を行った上で、現場に搬入しましたが、支間長が 100m、アーチライズが 15mもあり、仮組も大規模なものとなりました(**図７**)。

図７

富士川水管橋 10 支間のうち、右岸側から２番目と７番目までの区間については、通常は水量が少なく地耐力も十分にありますが、９～10 月には台風により増水する可能性があるため、本格的な架設は 11 月から３月の約半年間に実施するよう計画されました。なお、水管橋の現地架設工法として、富士川の主流部である第８支間部については、トラス構造の仮設桁を橋軸方向に延伸して支持する「エレクショントラス工法」が、その他の支間部については、橋脚と橋脚の間に仮の橋脚を建てる「ステージング工法」が採用されました。

３．３　水管橋設計基準の変遷

富士川水管橋の建設までは各社が独自に設計を行っていましたが、翌年の昭和 46（1971）年に日本水道鋼管協会が「WSP007 水管橋設計基準」を制定しました。同基準はその後数度の改訂を経ていますが、平成７（1995）年に発生した阪神・淡路大震災を契機に、耐震設計に関する見直しが必要となりました。

震災後、日本水道鋼管協会では、約 1,100 カ所の水管橋の調査を行いましたが、通水が困難になった水管橋は全体の１％未満に当たる８橋に止まることがわかりました。それまで水管橋の主構造自体はレベル１地震動対応で設計されていましたが、主構造の耐震性能不足が原因で被害が発生した例は見受けられず、支持金物や支承部などが被害を受けていることが明らかになりました。この調査から、支承部や支持金物はレベル２地震動での照査が必要なこと、耐震対策として落橋防止構造が有効であるこ

図８

とが判明しました。この調査結果を受けて、日本水道鋼管協会は平成９（1997）年に、落橋防止構造などを盛り込んだ「WSP064 水管橋設計基準（耐震設計編）」を制定しました。

平成 23（2011）年に発生した東日本大震災では、宮城県七北田川に設置されていた三角トラス形式の水管橋（口径 600mm・落橋防止構造未設置）が、橋軸直角方向に 1.3m移動したほか、支承部も破損するなどの地震による被害が確認されました。一方、落橋防止構造が設けられていた他の水管橋には被害がなく、先の設計基準で規定した事項の正しさが実証されました(**図８**)。

現在、道路橋示方書において部分係数を用いた限界状態設計法が採用され、これに伴う改訂が行われたことを考慮し、日本水道鋼管協会の水管橋設計基準についても同様の改定作業を行っているところです。

４．次世代に向けて

４．１　100 年鋼管

近年の管路更新率が１％程度に止まっていたことを受け、日本水道鋼管協会では期待耐用年数 100 年の水道用鋼管の検討を行いました。特に内面塗装や外面被覆が重要な要因であると考え、塗装の厚み、工場と同じ品質を現場で確保するための方策などを検討した結果、内外面防食材料の仕様とその塗覆装方法を確立し、協会規格化を図りました。

塗装については、従来と同様に、鋼管の内面は無溶剤形エポキシ樹脂塗装、外面はプラスチック被覆で構成されていますが、内外面の塗覆装が長寿命形防食仕様となっています。具体的には、内面の塗膜厚さは、工場機械塗装で 0.6mm以上、現場手塗り塗装で 1.0mm以上としました。外面のプラスチック被覆は、期待耐用年数 100 年に必要な厚さは防食上 0.5mmですが、耐衝撃性を考慮して 1.5mm以上としています(**図９**)。

塗覆装方法については、現地の溶接部では、従来はディスクサンダーで下地処理を行っていましたが、ロータリー式の下地処理工具に変更、もしくは現地ブラストをかけるように変更することで、工場に近い下地処理のグレードを実現しました。現地の内面塗装についても人力で塗装する場合の特殊工具や塗装方法、技

図９

図 10

能講習等の規定を行ったほか、簡易に塗装可能な内面塗装機を開発して機械化を図りました(**図10**)。

４．２　ＰＩＰ工法

全国的に更新・耐震化がなかなか進まないことが課題となっていますが、この課題解決を図る一つの手段として、水道用鋼管によるＰＩＰ（パイプ・イン・パイプ）工法があります。

開削での施工が困難な市街地などにおいて、立坑さえ建設することができれば、非開削で管路を更新・耐震化することができます。水道用鋼管を用いることで、既設管の縮径を100mm程度に抑えることができます。さらに巻き込み鋼管であれば、40mm程度の縮径に抑えることができ、伏越しや曲がり、分岐管に対しても柔軟に対応できます。

４．３　断層用鋼管

阪神・淡路大震災の発生前までは、断層変位に対する水道管路の耐震対策はあまり議論されてきませんでした。それまでは伸縮可とう管やボールジョイントなどを多数設置する、またはレール上に管路を設置して管軸直角方向の移動を吸収するなどの断層対策が考えられていましたが、これらの対策には莫大な費用を要するため、汎用的な対策とはなっていませんでした。

そこで、実効性の高い断層変位への耐震対策管として開発したのが断層用鋼管です。これはあらかじめパイプに変形しやすい箇所（波形管部）を設けておくことで、座屈が発生する位置や座屈後の変形をコントロールし、断層変位を吸収するものであり、発震後も基幹管路の通水機能を確保できます。すでに神戸市水道局の大容量送水管（口径2,400mm：会下山断層帯）、東京都水道局の多摩南北幹線（口径2,000mm：立川断層帯）などで採用されています(**図11**)。

図11

５．おわりに

今後水道管路の老朽化はさらに進行することが予想されますが、鋼管メーカーとしては、少しでも管路の更新・耐震化の推進に貢献できるよう、パイプ・イン・パイプ関連技術に一層磨きをかけていきたいと考えています。また水管橋については、新設工事は少なくなっていますが、水管橋は適切に維持管理を行うことで、長期間使用することができるため、耐震補強や腐食部の修繕、内外面の長寿命形塗装など、トータルで既設水管橋の残存寿命を延長できるような、「水管橋リノベーション」工事を提案していきたいと考えています。