

# 矩形配水池の滞留水を解消する有孔壁法の効果及びその応用

後 藤 道 雄

(株)ベルテクノ技研技術部長

下 建 春

(株)ベルテクノ技研次長・工博

「報文」

## 矩形配水池の滞留水を解消する有孔壁法の効果及びその応用

後藤道雄  
（株）ベルテクノ技研技術部長

卞建春  
（株）ベルテクノ技研次長・工博

**要旨：**矩形配水池の滞留水の解消に関する迂回板法と有孔壁法について、水理実験と数値流体解析を用いて比較検討を行った。その結果から、従来の迂回板法より新提案の有孔壁法の方がより高い効果を有することが明らかになった。公共事業費のコストダウンには、技術開発による計画手法、技術基準の見直しが最も重要かつ有効である。そこで、有孔壁法の応用展開として配水池の運転方法を並列から直列に変更することを提案する。この場合、池内の仕切板の活用により滞留水の解消効果が大幅に増大するばかりでなく、配管の材料費及び工事費の削減、設置スペースの縮小による土地の有効利用が大いに期待できる。

キーワード：配水池、滞留水、迂回板法、有孔壁法

分類項目：配水-配水コントロール-配水系の水質管理（070503）、配水池の設計・施行（070101）、配水池の管理（070102）

## 1. はじめに

水道の普及率が96.9%に至った今日、水道水は国民生活において電気、ガス等と同様に欠くことのできない存在となっているだけではなく、「安全性」と「快適性」を両立させて「おいしい水」の供給が強く求められている。

配水系において、残留塩素濃度の消費は式(1)で表されている。

ここで、 $t$  は経過時間、 $k$  は消費速度係数、 $C_0$ 、 $C$  は初期及び  $t$  時間後の残留塩素の濃度である。

この式から、 $k$  値及び  $t$  値を低減させることによって給配水区域内の残留塩素濃度の均等化を図り、必要最小限の塩素濃度で配水できるとともに、トリハロメタンをはじめとする消毒副生成物量も抑制することができる<sup>1, 2)</sup>。

$k$  値は水道水と接する管内面の材質、管口径、水温等により決まる係数である。 $t$  値は塩素の注入された水が給水栓に到達するまでの時間、つまり配水池、管路網等の配水系における浄水の滞留時間である。管路網での滞留時間を低減するには、管口径の適正化、管路のループ化及び行き止まり管路部の一時または常時の放水等の対応策がよく用いられている。

一方配水池には、有効容量及び有効水深の増大で相対通過量が少なく池内の滞留傾向が強まったり、大容量の場合には水温2層化で滞留域の形成が助長され、滞留時間のt値が増大する実情があって、滞留時間の低減対策は必ずしも十分とは言えないのが現状である。したがって、配水池の設計においていかに偏流・短絡流の発生を回避するかが重要な課題である。

一般的に、池内に滞留水を生じさせないためには水理学の理論から見れば二つの方法が挙げられる<sup>3)</sup>。

(1) 池内に理想的な押し出し流れを形成

図-1に示すように、池内においては流入側から流入した新規水が池内の初期水と混合せずにそのままの状態で流れ、初期水が押し出されて流出管より池外に流出する。この場合の流況特徴として、高速度流れも低速度流れもなく均等分布の流れが池内全範囲に分布されている。

(2) 池内に完全混合流れを形成

図-2に示すように、池内においては流入側から流入した新規水が大循環流れにより池内の初期水と混合してから、流出管より池外に流出する。この場合の流況特徴として、流れ分布は速い箇所もあれば遅い箇所もあり一様ではないが、遅い箇所

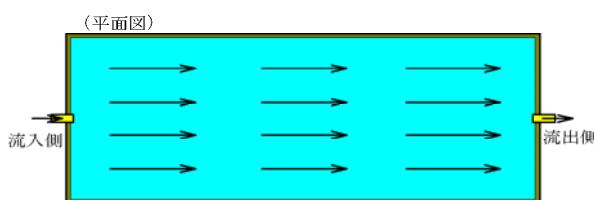


図-1 理想的な押し出し流れ

の流速でもかなり速く、池内の全範囲にわたって、新規水と初期水の混合が十分に行われている。

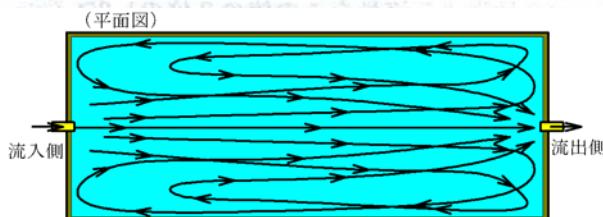


図-2 理想的な完全混合流れ

この二つの方法は、最終的目的が同じであるがその過程が異なり、水処理等の流体に関する分野においてそれぞれの特徴を發揮して利用されている。前者の典型的な応用例には沈殿池等がある。この場合、押し出し流れを形成させるために、通常流入部と流出部のほかに池の中間にも多孔整流壁を設置することが多い。後者の典型的な応用例には薬品混合池、フロック形成池等がある。この場合、池内に大循環の流れを形成させるために攪拌装置、ポンプ等の補助動力を導入することが多い。

押し出し流れの代表例の一つである迂回板法は、水路の延長を伸ばし流速を速めて、池内の流況を改善する効果を有するものとして、従来より応用されている。例えば、浄水場では補助動力を使用しない迂回板の設置による迂流式フロック形成池の使用例が少なくない。この場合、技術的な条件について様々な研究及び実験が行われ、設計手法等がすでに確立されている<sup>4)</sup>。

一方、矩形配水池においては、滞留水の解消には迂回板法も一般的に用いられているが、その設計は慣習的に行なうことが多い。この場合、図-3に示すように、その流況の特徴に起因して迂回板の設計条件が適切でなければ偏流・短絡流が生じやすく新たに滞留域を作り出す恐れさえある<sup>5)</sup>。

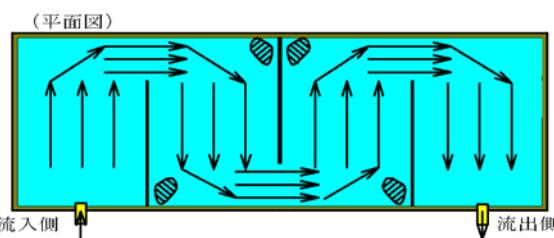


図-3迂回板法による押し出し流れ

フロック形成池や沈殿池の場合は、池内に高流速の流れがあると沈殿粒子の再浮上やフロックのせん断破壊等を引き起こすので、高速流れを避けていかにして均等な流れを作り上げるかが設計上のポイントである。これに対して配水池の場合は、高速の流れがあっても問題ではなく、滞留水の解消には理想的な押し出し流れの利用はもちろん、完全混合流れの利用も選択肢の一つである。

配水池内においては、図-2に示すように流入管の口径を絞って流入水の運動エネルギーを高め、これをを利用して完全混合流れを形成することは滞留水の解消の手段としても考えられる。また大容量の配水池に対して、図-4に示すように池内に小口径孔を有する仕切壁を設置することにより同じ流況の複数池を容易に作り出すことができる、壁の枚数の調整でどんな容量にも対応できるはずである。

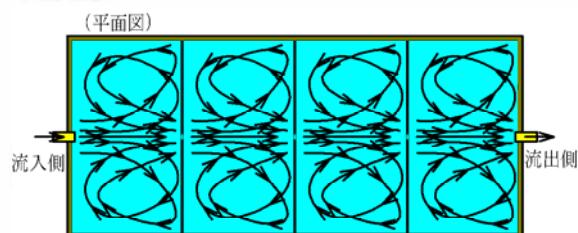


図-4 有孔壁法による完全混合流れ

有孔壁法とは、配水池を完全に仕切った壁面に小口径孔（または連通管）を設けて隣り合う二つの池を連通させ、ジェット流の攪拌力を用いて池内の滞留水を解消する方法で、既述の考え方に基づいて考案したものである。

矩形配水池の滞留水は迂回板法を用いて解消することができるが、有孔壁法を用いることも可能である。

そこで本研究では、模型による水理実験、数値

流体解析による流体シミュレーションを用いて迂回板法と有孔壁法を比較しながら、滞留水に対するそれぞれの解消効果を評価する。

## 2. 水理実験、数値流体解析の方法及び条件

本研究では、滞留水の解消に対する迂回板法と有孔壁法の効果を比較評価することが主目的であるので、両方法に関する実験及び解析の諸条件は同一とした。

迂回板法と有孔壁法を比較検討するために、図-5に示すように、寸法 $30\text{m} \times 10\text{m} \times 5\text{m}$  ( $1,500\text{m}^3$ )、時間最大流量 $125\text{m}^3/\text{h}$  の配水池を想定して製作した $1/30$ の模型を用いて水理実験を行った。



図-5 実験用水理模型

模型は、3枚の迂回板または有孔壁により四つの槽に分け、また流入・流出管は同口径とした。図-5 (a) の迂回板法の模型では、迂回板に幅約70mmの開口部があり、この開口部を槽内に蛇行水路を形成するよう迂回板の両サイドに交互に設

置した。図-5 (b) の有孔壁法の模型では、小口径孔は迂回板の開口部の設置位置と同様、壁の両サイドに交互に設置した。

配水池内の流況が開水路に相当するので、実際の配水池と相似の流況を確保するため、開水路に適用するフルードの相似則に基づいて定常流の流量は $0.42\text{L}/\text{min}$ と算定し、数値流体解析に用いたが、水理実験では、トレーサーの添加に起因する新規水と初期水の比重差の影響を抑えるために、模型を通過する流量をこの値の3倍の $1.26\text{L}/\text{min}$ にした。

すべての実験は定常流条件下で行い、実験用トレーサーに食塩を用いた。

図-6に水理実験のフローを示す。実験過程における流量の安定化を図るためにサイフォン自然平衡システムを採用した。

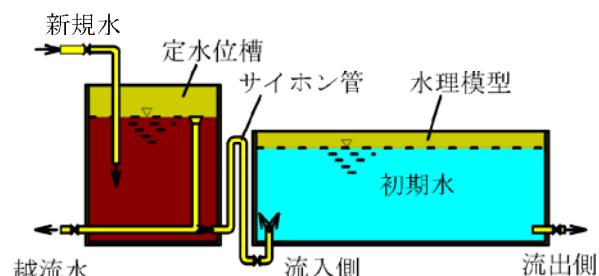


図-6 水理実験のフロー

トレーサーテストにおいて、模型内の流れが安定後、流入管の上方から総量 $60\text{g}$ の食塩を含んだ食塩水を瞬間に投入してから、流出口において30秒ごとにサンプル水を採取し、食塩濃度を測定した。

入れ替わり度の実験において、 $0.2\%$ の食塩水の初期水で満たしている模型に、定水位槽を通して新規水を流入させてから、流出口において150秒ごとにサンプル水を採取し、食塩濃度を測定した。

水理模型と等身大の解析モデルを構築し、数値流体解析によるシミュレーションを行った。解析に使用したソフトはcosmos/FloWorksであり、解析は時間依存タイプで、槽内の流速分布及び初期水と新規水の混合状況について行った。解析条件として、モデルを通過する流量については $0.42\text{L}$

/min の一定値とし、境界条件については流入部に所定の流量を、流出部に自然流出条件を与え、壁条件については摩擦抵抗のない理想壁にした自由水面を除くすべての壁に摩擦抵抗のある実在壁を与えた。

### 3. 流速分布特性の比較検討

池内の速度水頭は貯水の運動エネルギー状態を表し、その値が高ければ貯水の動きが活発となり滞留水の解消に有利である。迂回板法と有孔壁法については、池内の流速分布を求めれば貯水の運動エネルギー状態を把握でき、それぞれの滞留水の解消効果を評価できる。

図-7に迂回板法と有孔壁法の解析モデルに関する流速分布の解析結果を示す。流速分布は3次元的であり、異なる水平断面で多少違うが同じ分布傾向を示したことを見たため、解析の結果は解析モデル中央部の水平断面の流速分布を用いて表示した。

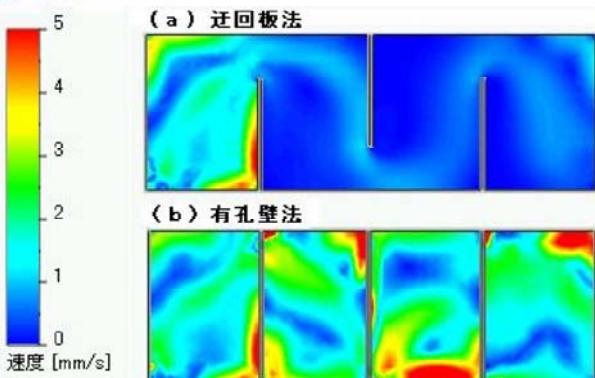


図-7 迂回板法と有孔壁法の流速分布

図-7 (a) の迂回板法の結果から、1槽目では速い流速分布を示しているのに対して、他の三つの槽では蛇行水路のエリアを除けば、流速が遅くて、全体的に不均一な流速分布を示した。つまり、迂回板法で理想的な押し出し流れを形成することは、かなり困難なことがわかった。また貯水の平均流速は0.77 mm/sであった。

一方図-7 (b) の有孔壁法の結果から、すべての槽においては、着色が明るくほぼ同様な流速分布を示した。言い換えれば、有孔壁法により完全混合流れを形成することが可能なことがわかった。また貯水の平均流速は2.11mm/sであった。

以上の結果から、迂回板法に比較して有孔壁法は速い流速分布を有し、平均流速が約2.7倍になる。つまり、平均速度の2乗に比例した運動エネルギー比が約7.3倍となった。このことから、有孔壁法の場合の貯水はかなり高い運動エネルギー状態にあることが明らかになった。

### 4. 偏流・短絡流の発生傾向の比較検討

槽内の貯水は、高エネルギー状態にあっても偏流・短絡流等が発生すれば滞留水の解消に結びつかなくなる。偏流・短絡流の発生傾向に関する評価には、多段槽列モデル理論が用いられることが多い<sup>6)</sup>。この場合、評価対象の水槽は等容量N個の完全混合槽の直列群から構成されていることとし、Nの値が大きいほど槽内の流れが押し出し流れに近づき、Nの値が小さいほど槽内の流れが大循環流や短絡流が存在する可能性がある。補助動力のない配水池では大循環流が期待できず、小さいNの値は短絡流の発生傾向が強いことを意味している。

多段槽列モデルのNの値はトレーサーテストにより求められる。

図-8にトレーサーの濃度応答曲線の測定結果を示す。この測定データを用いて槽列数Nを求めた結果は、迂回板法が2.58、有孔壁法が4.60となり、有孔壁法は約1.8倍大きいことがわかった。この結果は、迂回板法に比較して有孔壁法は、槽内において偏流・短絡流の発生傾向が弱く、新規水と初期水の混合がより均一に行われることを示唆している。

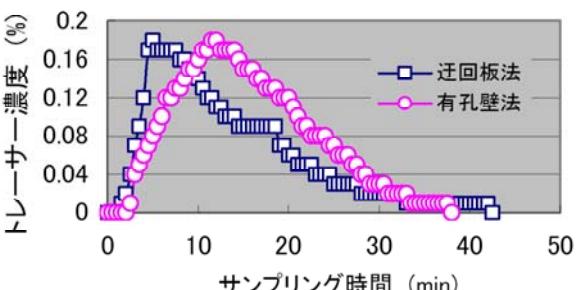


図-8 トレーサー濃度応答曲線の測定結果

### 5. 入れ替わり性能の比較検討

初期水で満たす所定条件下の水槽に対して、初期水が完全に流出するまで新規水を流入させる過

程において、水槽内の初期水と新規水の混合状況及び必要とする新規水量の水槽容量換算値の置換倍率は、水槽の入れ替わり性能を表すもので、これらのパラメータを用いて水槽の滞留水の解消効果を評価することができる<sup>7)</sup>。

水槽の入れ替わり性能に対しては、水槽の形状、寸法はもとより、流入・流出管の位置、槽内の障害壁等も強い影響を与える。そこで数値流体解析のシミュレーション及び模型の水理実験を用いて、入れ替わり性能、さらに滞留水の解消に及ぼす迂回板法と有孔壁法の影響を比較検討した。

図-9に置換倍率の増大とともに槽内の新規水と初期水の混合状態の解析結果を水平断面で示す。

図-9 (a) の迂回板法では、新規水は迂回板により形成した蛇行水路に沿って、初期水を置換しながら流入側から流出側に流れるが、置換倍率2.56時点で迂回板と側壁との隅に初期水が多く残存

し、滞留傾向が強いことがわかった。

一方図-9 (b) 有孔壁法では、新規水と初期水の混合は前置槽で優先的に行われ新規水濃度がある程度高くなってから後置槽へ移行する。つまり、混合は各槽内において完全混合流れのパターンをとり、全体では槽ごとの押し出し流れのパターンをとつて進行していることがわかった。

図-10に、置換倍率の増大に伴う初期水の排出率変化の測定結果を示す。排出率は、現時点までの測定回数分の初期水測定濃度、流量及びサンプリング時間間隔3者の積を累加した数値をさらに水槽容量で除して得た値である。

図-10から、迂回板法に比較して有孔壁法は、初期ではほぼ同程度の排出率を示すが、置換倍率の増大につれて排出速度が速くなつて高い排出率を示し、実験を終了した時点で約7%の初期水を残した迂回板法に対して、初期水をほぼ100%排

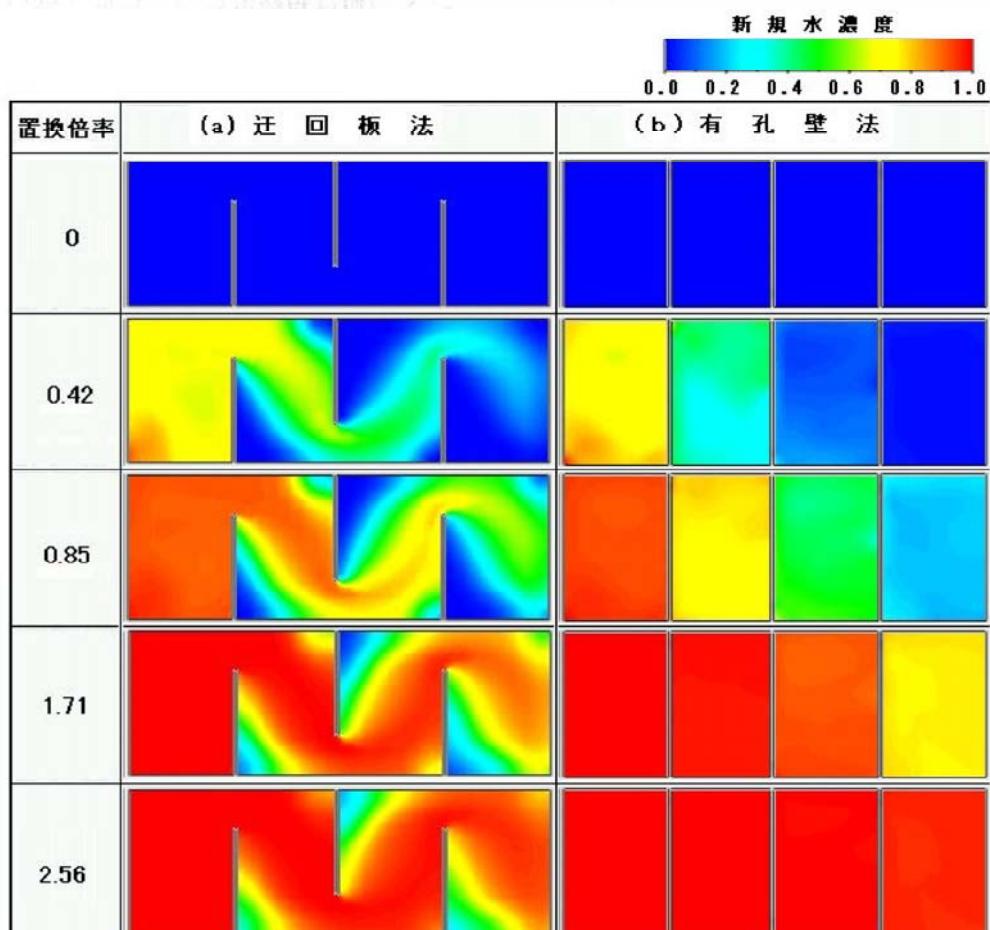


図-9 新規水と初期水における混合状況推移と置換倍率の関係

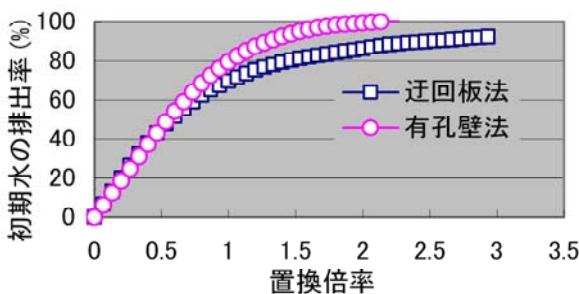


図-10 初期水排出率と置換倍率の関係

出したことがわかった。

初期水を完全に排出した時点での置換倍率について、図-10から有孔壁法は約2.26となるのに対して、迂回板法は外挿法によりその値が4.40以上と推定した。つまり、有孔壁法は迂回板法の約半分の新規水量で槽内の初期水を完全に排出することになった。

## 6. 考察

本研究では、迂回板法または有孔壁法における滞留水の解消効果について、模型による水理実験及び数値流体解析によるシミュレーションを用いて評価を行った。この結果は槽内の滞留水に対して、有孔壁法は迂回板法より優れた解消効果を持つという結論に至った。その理由として以下のように考えられる。

流入水の運動エネルギーを用いて池内の滞留水の解消を図る場合、流入管端部の形状、設置位置等の要素を除けば、池内への流入水の運動エネルギーの大きさは最も重要である。ここで迂回板法と有孔壁法に対して、流入条件の同様な1槽目以外の槽について流入する運動エネルギーの大きさを検討する。

流入水の流入運動エネルギーの大きさ ( $E_I$ ) は、式(2)により求められる。

$$E_I = \frac{mv_I^2}{2} \quad (2)$$

ここで  $m$  は質量で、 $v_I$  は流入口断面での平均流入速度であり、また定常流の場合流入口の断面積に反比例している。

迂回板及び有孔壁法について、流入口全断面における速度を一様とすれば、それぞれの質量  $m$  が等しいので流入運動エネルギー大きさの比は両者の流入口断面積と反比例することになる。例え

ば水理実験の模型の場合、迂回板の開口部と有孔壁法の孔の面積比は約130:1であるので、両者の流入運動エネルギー大きさの比は1:16900になり、かなりの開きが存在することが明らかになった。

この流入運動エネルギー大きさの差は、滞留水の解消効果に大きな違いをもたらす主要因と考えられる。

一方流入水は流入口を経過する場合、損失水頭が生じて隣り合う2槽に水位差をもたらす。この水位差は、迂回板法の場合では殆ど無視できるほど小さいのに対して、有孔壁法の場合では流入速度が速い分だけ大きい。実際の配水池では、流入管の流速が1.0m/s前後となることが多いので有孔壁の小口径孔の寸法を流入管と同じとすれば、隣り合う2槽の水位差はおおざっぱに(3)式により求められる。

$$\Delta h_J = \frac{v_I^2}{2g} \quad (3)$$

ここで重力加速度は  $g=9.8m/s^2$  で、水位差  $\Delta h_J$  は約5.1cmとなる。

実際の配水システムにおいて、5.1cm程度の損失水頭が十分に吸収でき、加えて小口径孔の径の調整によって水面差をコントロールできるため、有孔壁法の実際の使用に当たっては、この水位差は配水池の運転等に影響を与えることはないと考えられる。

ところで年間の気温変化が激しい地域に設置する大容量の配水池については、2層流による滞留水問題が懸念されている<sup>3)</sup>。

図-11 (a) に示すように、夏季においては流入水は池内の貯水より温度が低く比重が重いので、底部近傍を通過し水面近傍に滞留域を形成しやすい。その反対に図-11 (b) に示すように、冬季においては流入水は池内の貯水より温度が高く比重が軽いので、配水池の水面近傍を通過し底部近傍に滞留域を形成しやすい傾向がある。

このタイプの滞留水を解消するには鉛直方向の流れが必要となるので、従来の迂回板法の池内では水平流れしか発達しないのに対して、水平流れも鉛直流れも卓越した有孔壁法はとても効果的である。

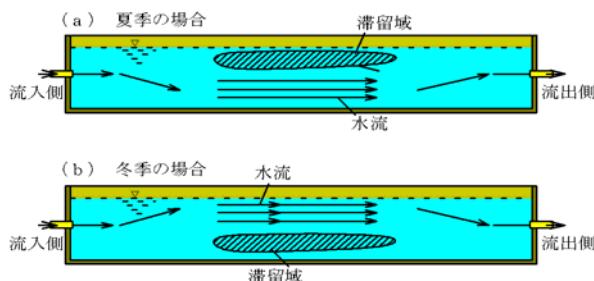


図-11 水温の2層化による滞留水の形成

## 7. 有孔壁法の活用

以上、有孔壁法と迂回板法について滞留水の解消効果を比較検討した。以下では、その検討結果を踏まえその応用方法を検討する。

### (1) 壁枚数の減少によるコストダウン

図-12 (b) に、有孔壁法（1枚有孔壁）の流速分布の解析結果を示す。比較のため迂回板法（3枚仕切板）の解析結果も図-12 (a) に併記した。

図-12から、迂回板法に比較して、有孔壁法は各槽の流速分布が均一で、また槽内の平均速度が $1.36\text{mm/s}$ で、迂回板法の1.77倍となることがわかった。

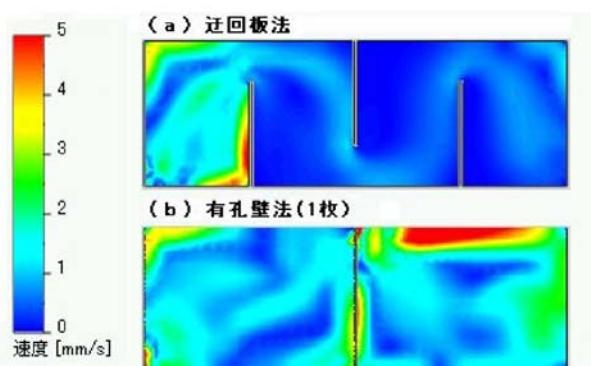


図-12 迂回板法（3枚）と有孔壁法（1枚）の流速分布

この結果から、1枚の有孔壁法は3枚の迂回板法より滞留水の解消効果が大きく、配水池において、迂回板法の代わりに有孔壁法を採用する場合、滞留水の改善はもとより材料及び加工費の両面から、コストダウンが図れることを示唆している。

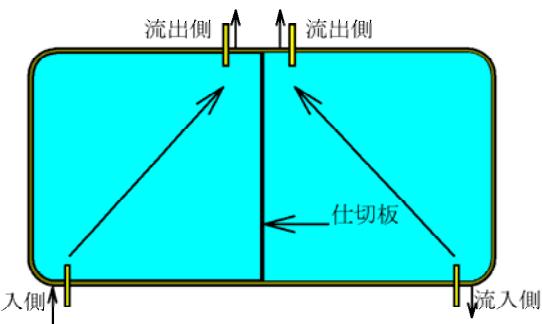
### (2) 単孔有孔壁法の応用

配水池においては、池の中央に仕切板を設置す

る2槽式を採用することが多い。この理由は配水池の清掃、点検等の維持管理に当たり断水なく行えるためである。この場合、図-13 (a) に示すように、配水池の運転方法として仕切られた2槽にそれぞれに流入・流出口を設けて2槽を平行に使用する、いわゆる並列運転を行うのが一般的である。しかし、配水池は片槽のみを使用するケースは1年に1回程度で、高いコストをかけて設置した仕切板はあまり活用されてないのが現状である。

同配水池に対して、図-13 (b) に示すように仕切られた2槽を連通する連通管を設置すれば、仕切板を有孔壁に見なすことが可能となる。さらに運転方法として、片側の槽から流入させ、連通管を経由しもう一方の片側の槽から流出する、いわゆる直列運転を取れば、常時においても仕切板を滞留水の解消に活用することができる。

### (a) 並列運転



### (b) 直列運転

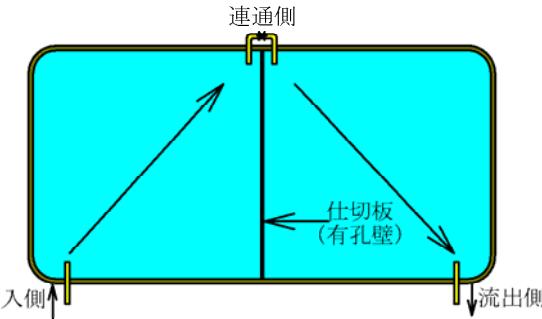


図-13 配水池の運転方法

次に、槽内の滞留水の解消について並列運転と直列運転の効果を検討する。

本管の流量が一定の条件下で、式(2)に基づいて計算すると、図-13 (a) の並列運転の場合 (2箇

の流入管から流入)に比較して、図-13(b)の直列運転の場合(1箇の流入管と1箇の連通管から流入)は、池内への流入運動エネルギーの大きさが約8倍高くなり、滞留水の解消に有利なことが明らかになった。

図-14に、並列運転と直列運転の場合についての流速分布の解析結果を示す。配管の設置は図-13に示す通りである。配水池の寸法は $10\text{m} \times 20\text{m} \times 5\text{m}$  ( $1,000\text{m}^3$ )で、定常流の流入量は $83\text{m}^3/\text{h}$ とした。

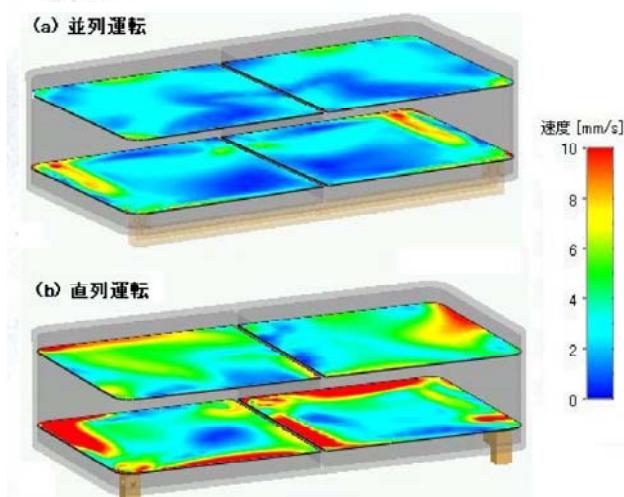


図-14 並列運転と直列運転における池内流速分布

図-14(a)の並列運転の場合に比較して、図-14(b)の直列運転の場合はより速い流速分布を示し、平均速度が1.88倍(並列運転 $2.35\text{mm/s}$ 、直列運転 $4.41\text{mm/s}$ )高く、配水池の運転方法を並列から直列に切り替えるだけで、より高い滞留水の解消効果が可能となることがわかった。

### (3) 双孔有孔壁法の応用

容量が大きい配水池及び水位の変化が殆どない浄水池において、滞留水の発生が特に懸念されている。このため『水道施設設計指針』(日本水道協会発行2000年版)では図-15(a)に示すように、複数の流入・流出管を設置し池内流れの均等化を図って滞留水を解消する方法を推奨している。この場合、配管及びその工事が多くかつ煩雑になる。これに対して、図-15(b)に示すような双孔有孔壁法の直列運転によっても同様な効果が図れる。

本管の流量が一定の条件下で式(2)に基づいて計

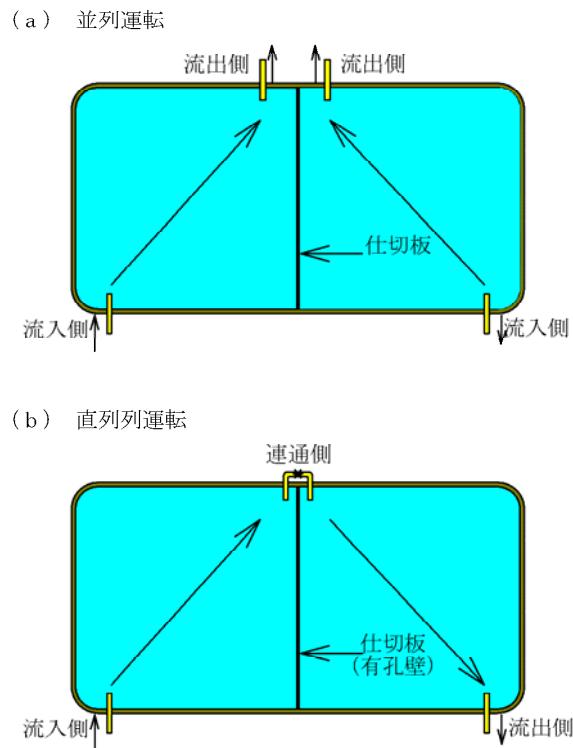


図-15 配水池の運転方法(複数配管)

算すると並列運転の場合(4箇の流入管から流入)に比較して、直列運転の場合(2箇の連通管断面積の和は流入管断面積とし、1箇の流入管と2箇の連通管から流入)は、池内への流入運動エネルギーの大きさが16倍高くなり、加えて2箇の連通管の流入により流れの均等化が図られるので、滞留水の高い改善効果が大いに期待できる。

図-16に、配水池の並列運転の場合と直列運転の場合についての流速分布の解析結果を示す。配管設置は図-15に示す通りである。配水池の寸法は $12.5\text{m} \times 24\text{m} \times 5\text{m}$  ( $1,500\text{m}^3$ )で、定常流の流入量は $125\text{m}^3/\text{h}$ とした。

図-16(a)の複数流入・流出管の並列運転の場合に比較して、図-16(b)の双孔有孔壁法の直列運転の場合はより速い速度分布を示し、平均流速が2.69倍(並列運転 $1.75\text{mm/s}$ 、直列運転 $4.72\text{mm/s}$ )高く、簡素な配管でも高い滞留水の解消効果が得られることがわかった。

### (4) 土地の有効利用

通常、配水場付近の配管では流入・流出管が同じ路線に埋設されてくることが多い。流入・流出

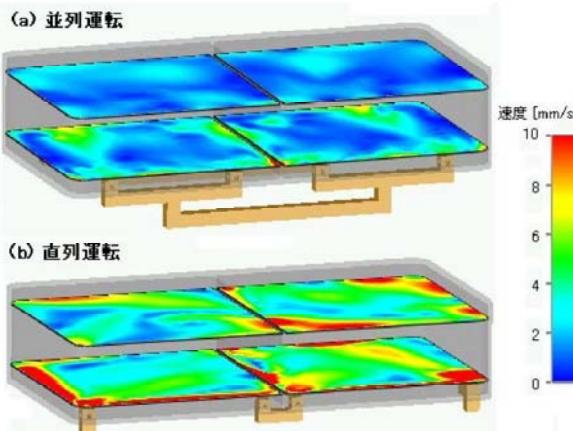


図-16 並列運転と直列運転における池内流速分布  
(複数配管)

管の対角方向の設置による滞留水の解消を図るため、二つの方法がよく用いられる。図-17 (a) の場合においては、場内で流入・流出管を分けて、流出管を配水池の後面に回して対角方向の設置とする。また図-17 (b) の場合においては、場内の敷地が狭く、後面に配管の埋設スペースがないため、流入・流出管を配水池の同一方向に配置し、流出管を配水池内部を通過させて対角方向の設置とする。

これに対して、図-18に示すように直列運転の場合、流入・流出管を配水池の片側に設置しても、連通管を対面側に設置すれば、池内において滞留水のない流況を形成することができる。

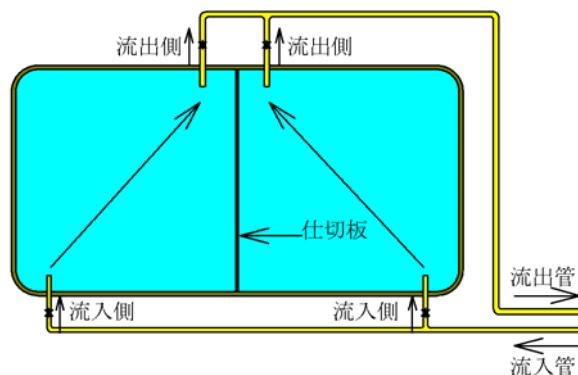
このように、直列運転を基準とする配水池の設計では図-17のような無駄な配管を省略でき、配管材の削減、配管工事の削減、さらには配管設置スペースの縮小による土地の有効利用等の大きなメリットが得られる。

## 8.まとめ

矩形配水池の滞留水に対する迂回板法と有孔壁法の解消効果について、模型による水理実験及び数値流体解析によるシミュレーションを用いて比較検討を行った。その結果から、迂回板法に比較して有孔壁法は滞留水の解消に優れた効果を有することが明らかになった。

有孔壁法は、各槽内において貯水をよく攪拌し、槽ごとに押し出流れを形成して偏流・短絡流が発生することはなく、滞留水の解消に高い効果をもたらした。

(a) 池外での後面回し配管



(b) 池内での後面回し配管

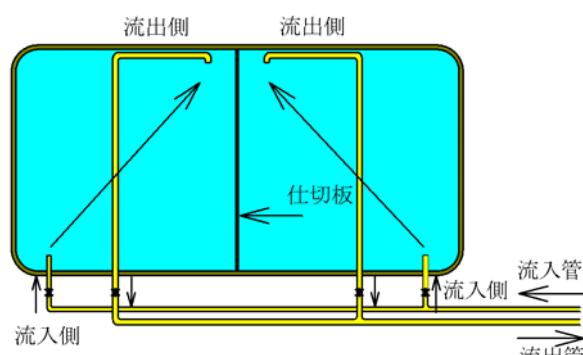


図-17 並列運転における配水池の場内配管

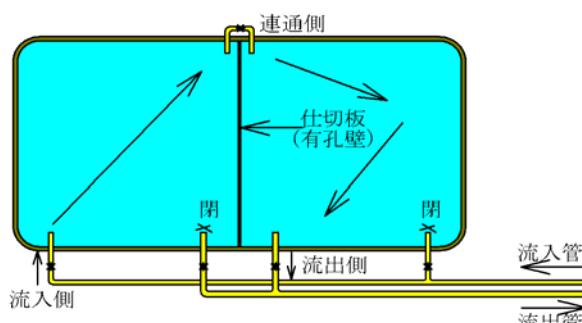


図-18 直列運転における配水池の場内配管

たらした。

有孔壁法の応用として、並列運転を基本とする従来の配水池の設計から、直列運転を基本とする配水池の設計へ切り替えることによって単なる仕切り壁である仕切板が活用されて、滞留水の解消はもとより、トータル工事費の削減も図れる。公共事業費の削減は多方面から対策を講じる必要があり、本研究はその一助になるものと確信している。

## 参考文献

- 1) 川北和徳：上水道工学、森北出版株式会社、pp. 55
- 2) 潤上知弘、寺島勝彦：市配水過程における高度浄水処理水の残留塩素濃度の挙動とその管理、水道協会雑誌、第825号、pp. 12~24 (2003)
- 3) W. M. Grayman, L. A. Rossman, R. A. Deininger, C. D. Smith, C. N. Arnold, J. F. Smith : "Mixing and Aging of Water in distribution System Storage Facilities", Journal AWWA, Vol. 96, No. 9, pp. 70~80 (2004)
- 4) 水道施設設計指針、日本水道協会、pp. 187~190 (2000)
- 5) W. M. Grayman, L. A. Rossman, C. Arnold, R. A.

- Deininger, C. Smith, J. F. Smith, R. Schnipke: "Water Quality Modeling of Distribution System Storage Facilities", AWWA Research Foundation and American Water Works Association, pp. 26 (1999)
- 6) 津田龍生、小西嘉雄、高田一貴：凝集沈殿装置におけるスケールアップ効果とその性能に及ぶ影響、神鋼パンテック技報、Vol. 40, No. 2, pp. 10~15 (1997)
  - 7) 畠中哲夫、大田正博、喜多川真好：数値流体解析による耐震性貯水槽の流況解析、クリモト技報、No. 45, pp. 2~10 (2001.9)

(平成17年6月21日受付)