

# 東京都水道局

## 砧浄水場・膜ろ過施設について

(2008年1月掲載)

### 1. 砧浄水場・砧下浄水所の概要

砧浄水場（図1）及び砧下浄水所（図2）は、東京都世田谷区に位置し、多摩川の伏流水を原水として、緩速ろ過方式により処理を行ってきました。

砧浄水場は、昭和3年、杉並区、中野区、板橋区、豊島区など区部の北部に給水するため、荒玉水道町村組合により建設されました。また、砧下浄水所は、大正12年、世田谷区及び渋谷区に給水するため、渋谷町営水道により建設されました。両浄水場とも、昭和7年、東京市（当時）に引き継がれたものです。

砧浄水場、砧下浄水所は、多摩川の伏流水を、

河川敷に設置した立型集水井と集水埋管を用いて取水しています。立型集水井（図3）は、内径6m、深さ約20mのコンクリートの筒でできており、この筒から横に多孔集水管という管を出して伏流水を取水し、ポンプで浄水場内に送っています。この立型集水井は、砧浄水場に3基、砧下浄水所に1基設置されています。

集水埋管は、川底に有孔管を設置し取水するもので、現在は、砧下浄水所のみで用いられています。

水質は良好で、立型集水井については、河川水が降雨等により高濁度になったときも、濁度は0.1度以下であるなど、年間を通じて常に安定しています（表1）。

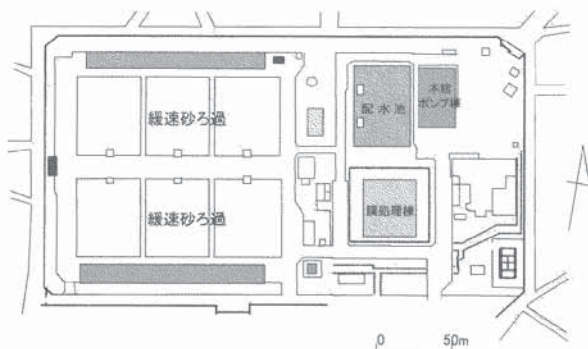


図1 砧浄水場平面図

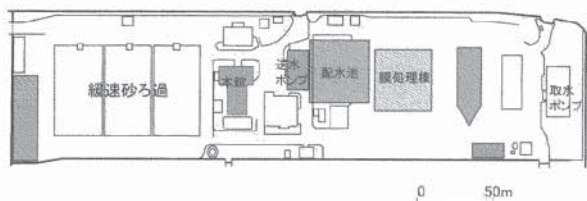


図2 砧下浄水所平面図

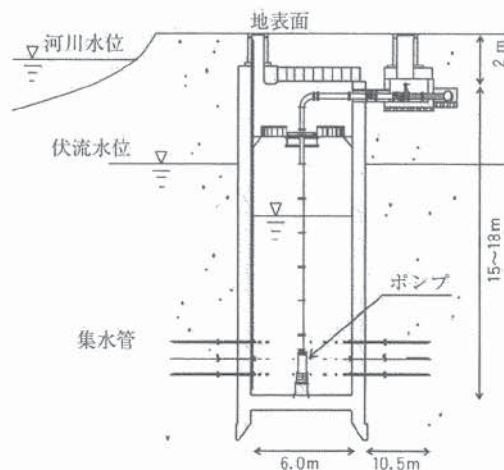


図3 立型集水井

表1 砧浄水場・砧下浄水所原水水質一覧

平成17年度

試験項目	箇所	砧浄水場			砧下浄水所		
		最高	最低	平均	最高	最低	平均
水 温	(℃)	20.5	15.7	18.0	19.5	16.8	18.0
濁 度	(度)	1.7	0.0	0.0	1.5	0.0	0.1
色 度	(度)	0	0	0	0	0	0
pH 値		7.0	6.7	6.8	6.8	6.5	6.6
ア ル カ リ 度	(mg/l)	71.5	54.5	64.0	90.0	62.0	78.6
電 気 伝 導 率	(μS/cm)	355	280	319	367	297	344
過マンガン酸カリウム消費量	(mg/l)	1.1	0.3	0.7	0.9	0.2	0.6
遊 離 塩 素	(mg/l)	-	-	-	-	-	-
ア ン モ ニ ア 態 窒 素	(mg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
塩 化 物 イ オ ン	(mg/l)	22.6	18.1	20.3	19.9	18.3	19.1
総 硬 度	(mg/l)	109	87.0	99.7	114	107	112
一 般 細 菌	(個/ml)	480	0.0	53	340	0.0	30

## 2. 膜ろ過導入までの経緯

東京都水道局では、平成12年に、深沢浄水所に日量500m<sup>3</sup>の膜ろ過施設を導入したのを皮切りに、多摩地区における5箇所の小規模浄水所に膜処理を導入しています(表2)。いずれの施設も、多摩地区の小規模浄水所の更新にあわせて膜ろ過施設を導入したもので、現在は、クリプトスポリジウム等の確実な除去や高濁度時の取水停止の解消といった当初の目的が達成され、安定した処理を行っています。

本年3月、東京都区部で初めて、砧浄水場及び隣接する砧下浄水所に膜ろ過施設(写真1)を導入し、稼動を開始しています。両施設は、それぞれ日量40,000m<sup>3</sup>、合計で80,000m<sup>3</sup>の施設能力を有し、国内最大級の規模となります。



写真1 砧浄水場膜ろ過棟

両浄水場は、築造から80年が経過し、施設の老朽化による更新時期を迎えたことから、原水特性を活かした膜ろ過方式の導入を視野に入れ、耐震化、異物混入防止対策及び運転管理の効率性等に

表2 東京都における膜ろ過施設の導入状況

施設名 (浄水所)	原水	浄水処理方式		工事期間	施設能力 (m <sup>3</sup> /日)	稼動時期
		旧施設	膜ろ過施設			
深沢	表・伏流水	緩速ろ過	UF・有機	平成10～11年度	500	平成12年2月
大久野	浅井戸	消毒	MF・無機	平成13～14年度	3,100	平成14年7月
乙津	表・伏流水	緩速ろ過	UF・有機	平成16～17年度	200	平成17年11月
御岳山	表・伏流水	緩速ろ過	MF・無機	平成14～17年度	250	平成17年11月
二俣尾	表・伏流水	緩速ろ過	UF・有機	平成16～18年度	500	平成18年4月
日向和田	表・伏流水	緩速ろ過	MF・無機	平成16～19年度	3,300	平成19年度末(予定)
成木	表・伏流水	急速ろ過	未定	平成18～20年度	158	平成20年度末(予定)
砧・砧下	伏流水	緩速ろ過	MF・有機	平成17～18年度	80,000	平成19年3月



ついて、従来の緩速ろ過方式で更新した場合と比較検討を行い、膜ろ過方式を導入することとしました。

### 3. 水処理実験の概要

平成16年6月から約10ヶ月間、砧下浄水所に設置したプラントを用いて水処理実験を行い、砧浄水場・砧下浄水所の原水とろ過膜との適合性について、処理性、運転管理性の両面から検証を行いました。実験に使用した膜は、膜分離技術振興協会の「水道用精密ろ過膜モジュール及び限外ろ過膜モジュール規格認定」と(財)水道技術研究センターの「水道用膜ろ過装置認定」を取得したもののうち、流束の高いほうから上位5種類の膜を選定しました。

これら5種類の膜を用いて、水処理性のほか、回収率や前処理設備の有無、耐用年数、薬品洗浄頻度、年間の維持管理費等について検証しました。実験の結果、5種類の膜は、いずれも処理性、運転管理及び経済性において、当局の要求事項を満足するとの結果が得られました。

### 4. 膜ろ過施設の概要

#### (1) 基本的事項

処理フローを主系と回収系の2段階(図4)とすることで、主系における洗浄排水を再度回収系でろ過することにより排水量を低減させ、回収率99.9%を達成しました。回収系膜ろ過設備の洗浄排水は、公共下水道へ放流します。

施設は、完全に独立した2系統の膜ろ過設備から構成され、主系膜ろ過設備は、膜モジュール132本(22本/ユニット×3ユニット×2系統)、回収系膜ろ過設備は、膜モジュール10本(5本/ユ

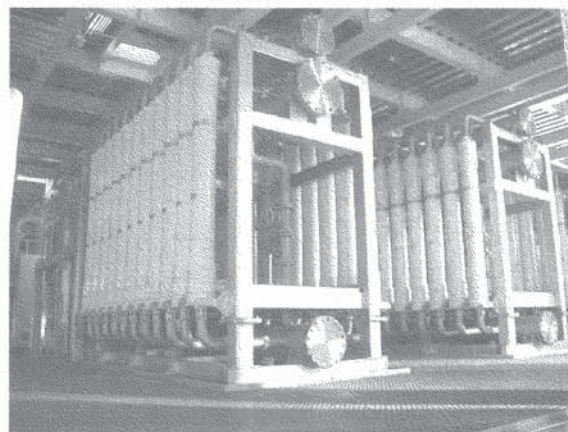


写真2 膜モジュール配置状況

ニット×1ユニット×2系統)です(写真2)。

計画浄水量は、施設能力に対して10%の余裕を見込み、砧浄水場及び砧下浄水所それぞれ日量44,000m<sup>3</sup>としました。

#### (2) 膜モジュール

今回、両浄水場の膜ろ過設備で採用された膜は、膜分離技術振興協会第253号に認定された精密ろ過膜(MF膜)で、膜の公称孔径は0.1μm、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)製の中空糸膜です。また、本施設で使用される膜モジュールは、(財)水道技術研究センターにおける「水道用膜モジュール センター仕様」と呼ばれるもので、外形、寸法が規格化されたものとなっています。形式は、縦ケーシング一体型です。

ポリフッ化ビニリデン製の膜は、従来の有機膜に比較して、物理特性(強度、伸度など)、化学特性(耐薬品性など)において優れており、より強力な洗浄を実施してもダメージを受けないため、回復率の向上を図ることができます。

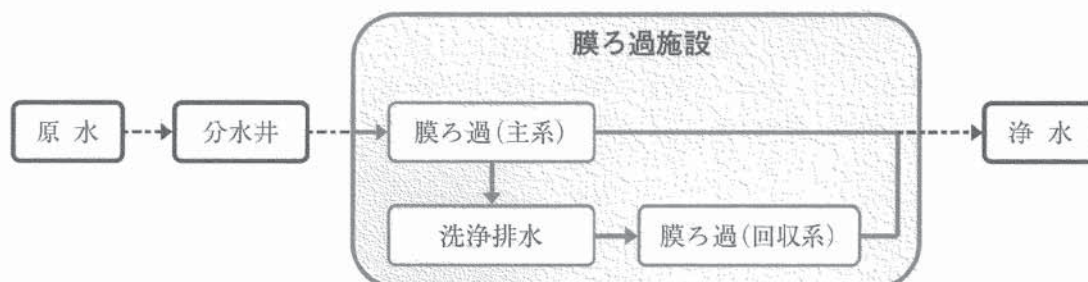


図4 砧浄水場及び砧下浄水所の膜ろ過処理フロー



### (3) 膜ろ過流束

主系膜ろ過設備については、6系列運転時においては $4.7\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ 、1系列停止時においては $5.7\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ です。回収系膜ろ過設備については、主系膜ろ過設備から発生する洗浄排水を原水とすることから、膜ろ過流束を低く設定しており、2系列運転時において $1.6\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ 、1系列停止時において $3.2\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ としています。

### (4) 付帯設備

付帯設備としては、流入する原水中にポリ塩化アルミニウム(PAC)を注入し、懸濁物質の凝集操作を行う前処理設備、主系、回収系膜ろ過設備の物理洗浄を行う洗浄設備、定期的な膜の薬品洗浄をおこなう薬品洗浄設備等から構成されています。

## 5. 膜ろ過設備の運転

### (1) 前処理設備

砧浄水場の原水は、多摩川の伏流水であり、水質的に非常に安定していることから、本設備においてオートストレーナーの設置は不要と考え、直接原水を膜ろ過設備に受け入れるものとしています。また、膜ろ過では除去が困難な溶存マンガンなどについても、原水中に含まれる量が少ないため、除マンガン設備などの設置も不要であると考えています。

なお、降雨時においては原水濁度が0.05度以上となることがあり、膜の目詰まりが促進されるおそれがあり、膜の薬品洗浄頻度、寿命に影響を及ぼすことから、本設備では、原水濁度0.05度以上の場合、自動運転にてPACを注入することで凝集操作を行い、膜に対する負荷軽減を図ります。

### (2) 物理洗浄

ろ過の継続とともに膜に付着する懸濁物質を除去するため、膜の定期的な洗浄が必要になります。本設備では、膜ろ過水を用いて、膜の二次側から一次側に空気を供給することで膜を揺動させ、膜に付着した懸濁物質の除去を図る「空気洗浄」を併用することにより、効果的な洗浄を行います。

物理洗浄は、通常運転の中で実施されるもので、ろ過継続時間30分ごとに1回行うものとしま

す。

### (3) 薬品洗浄

膜ろ過法の採用にあたっては、いかなる膜でも、長期的な使用にともなって物理洗浄では除去できない金属、有機物などが膜に付着するため、定期的な薬品洗浄が必要となります。本設備では、現地にて薬品洗浄を行う「オンサイト・オンライン洗浄方式」を採用し、洗浄頻度は、実証実験により1年に1回程度と想定しており、その他膜間差圧が $0.2\text{MPa}$ となった時点としています。

薬品洗浄の手順は、まず、膜に付着した金属を除去するために酸洗浄(本設備では塩酸を使用)を行い、その後、有機物を除去するためにアルカリ洗浄(本設備では次亜塩素酸ナトリウム)を行います。

### (4) 膜の損傷検知

本設備では、膜の損傷の有無を直接的に確認する「PDT試験」と、間接的に膜の損傷の有無を確認する「膜ろ過水濁度監視方式」を併用することで、確実な膜の損傷の有無を検知します。

「PDT試験」は、膜は一定の圧力以下の空気は透過しない特性を利用したもので、定期的に膜の一次側に圧力空気を封入して一定時間保持した場合における圧力を監視することにより、膜の損傷の有無を確認するものです。

「膜ろ過水濁度監視方式」は、従来から多く採用されていた方式で、高感度濁度計を用いて常時、膜ろ過水の濁度を監視し、膜の損傷にともなって上昇する膜ろ過水濁度を確認し、損傷の有無を検知するものです。

本設備は、これら2重の膜損傷検知システムを併用することで、安全性を確保できるよう考慮しています。

## 6. 現在までの稼働状況

同浄水場(所)の膜ろ過施設は、稼働開始から8ヶ月が経過し、原水の濁度上昇に起因する膜間差圧の上昇により施設停止をきたすこともありました。なお、おむね順調に稼働しています。

### (1) 処理性

膜ろ過水濁度は、 $0.00$ 度と良好な処理性を保っており、回収率も $99.8\%$ (7月31日速報値)と順

調に稼動しています。

## (2) 膜破断

これまでのところ、膜破断は検知されていません。

## (3) 薬品注入

### ① 次亜塩素酸ナトリウム

洗浄用次亜の注入率は、平常時は $1\text{mg}/\ell$ 、高濁度時には $3\text{mg}/\ell$ 程度注入しています。

なお、物理洗浄は30分に1回の割合で、圧力空気で膜を振動させ洗浄効果を高める「空気洗浄」も併用し、洗浄効果を高めています。物理洗浄は、1ユニットごとに行い、準備工程30秒、空気洗浄工程30秒、逆圧水洗浄工程30秒、待機工程30秒の合計2分間を要します。30秒ごとに各工程をずらして6ユニットを洗浄し、全ユニットの洗浄時間はおよそ5分間を要します。

### ② PAC

上述のように、原水濁度が0.05度を超えるときにのみ $5\text{mg}/\ell$ の注入を行っています。なお、平常時は注入を行わないため、PACがタンクや配管内で劣化しない程度に注入を行います。

## 7. 今後の課題

砧浄水場、砧下浄水所における膜処理は、我が国で最大級の膜ろ過施設であり、これまで導入事例が少ない規模のものであることから、運転のノウハウの蓄積がありません。

現在直面している主な課題と対応策は下記のとおりですが、これらを踏まえ、膜設備全体の運用について、ファウリング対策はもちろん、膜の耐久性や省エネルギーを考慮した運転等を視野に入れ、物理・薬品洗浄、薬品注入方法など、実運転を通じてデータを積み重ね、最適な運用方法を検証していかなければなりません。

### (1) 安定した取水の確保

砧浄水場・砧下浄水所の取水施設は、水質の安定している立型集水井と表流水の影響を受けやすい集水埋管があります。このうち、立型集水井は目詰まりにより能力が低下しつつあるため、原水の安定取水を図るため、今年度から補修工事を実施しています。

### (2) 砧下浄水所における原水濁度上昇に伴う膜間差圧の上昇について

7月の台風、集中豪雨により、集水埋管の原水濁度が上昇し、膜ろ過装置がファウリングを起こし、膜間差圧が上昇しました。膜間差圧は、集水埋管の停止による原水濁度の減少とその後の洗浄により徐々に減少し、約2週間後に、ほぼ通常のレベルに復旧しました。

今後、ファウリング対策として、適切なPAC注入率、最適な洗浄方法の検証等を、運転実績の中で実証しているところです。また、上昇した膜間差圧をなるべく早く元の状態に戻すための効果的な洗浄方法も検証していく必要があります。

### (3) PAC処理

PACについては、高濁度時と平常時の使用量が大きく異なり、品質保持期限も考慮する必要があるため、PACの購入・保管・注入等のサイクルを考慮した、綿密な品質管理が求められています。

### (4) 原水中のマンガン動向について

近年、河川表流水中の水質の改善に伴い処理目標値( $0.01\text{mg}/\ell$ )以下で推移していることから、除マンガン設備を設置していません。しかし、マンガンがファウリングに影響を与えることも想定されるため、今後の処理状況等を検証しつつ、必要に応じて除マンガン設備の設置を検討していきます。