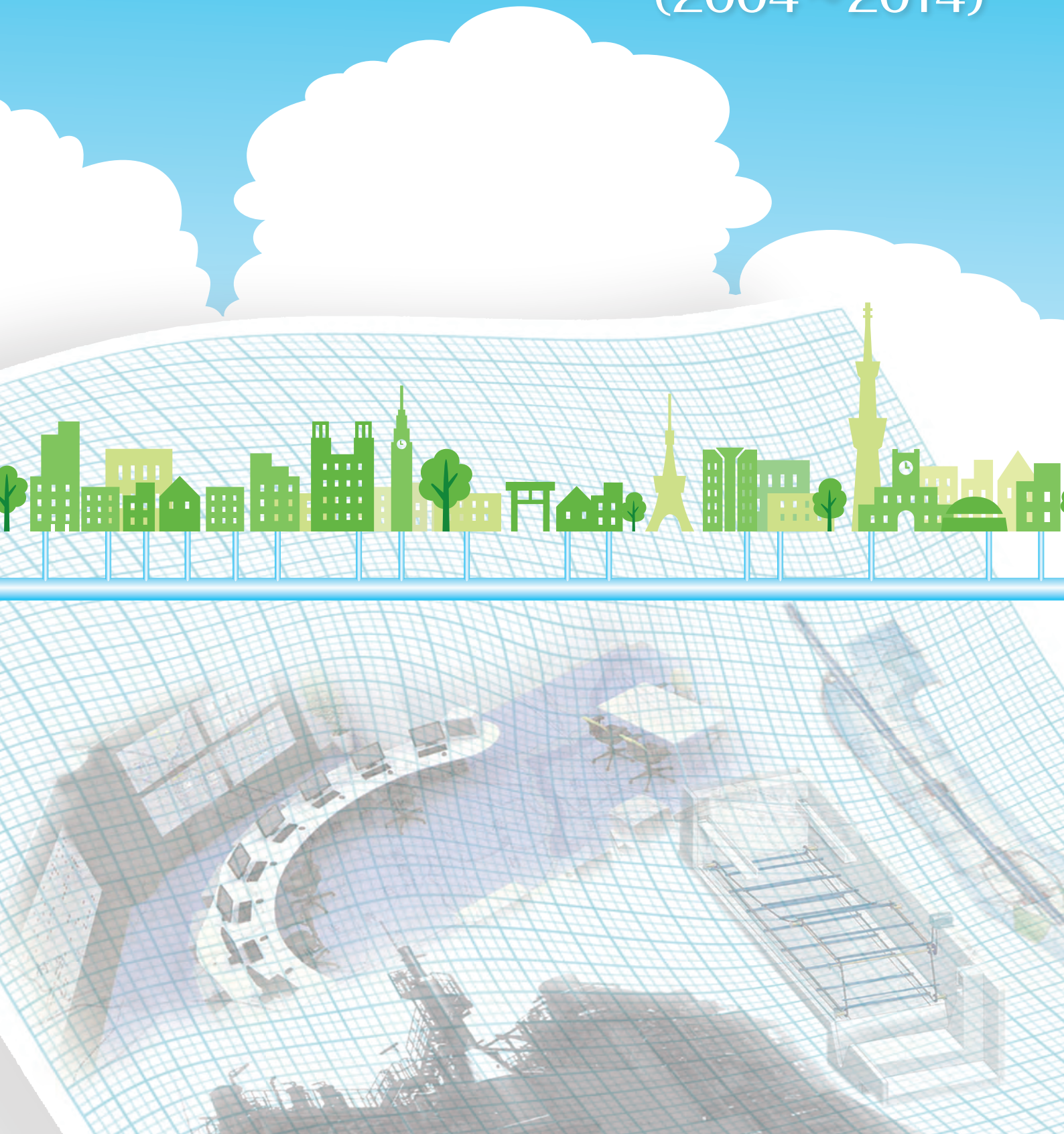


# 下水道設備の新しい流れ

(2004～2014)





## はじめに

一般社団法人東京下水道設備協会は、平成26年に設立30周年を迎えました。今日に至りましたのも諸先輩をはじめ、会員各位の努力と精進及び東京都下水道局をはじめとする関係機関のご支援・ご指導の賜物です。今回、30周年を機に「下水道設備の新しい流れ」を取り纏め、発刊することと致しました。

10年前には設立20周年を記念して「設立20周年記念誌」（機関誌「下水道設備87号」）及び下水道技術の変遷を整理した「下水道設備の流れ」を発刊し、会員の皆様や関係機関の方々にお配りしたところ大変喜んでいただくことができました。

「下水道設備の流れ」では『この20年間に、東京都区部の下水道は平成6年度末に普及率概成100%に達しまして、生活環境の改善、浸水防除及び公共用水域の水質保全の基幹的役割を概ね確保できるようになっており、設備技術が果たした貢献度は大きなものがあります。』と記しています。

その後の10年間は、設備再構築工事の増加や職員の減少及び高齢化に伴う技術継承の必要性、そして、京都議定書の平成17年発効に先駆け都下水道局は下水処理のあらゆる過程で生じる温室効果ガスの削減を目指すことが、設備技術の大きな潮流であったと言えるでしょう。このため、機械設備においては、汚泥濃縮機、汚泥脱水機の低動力化が顕著になると共に、汚泥焼却の分野では焼却温度の高温化に始まり、汚泥焼却炉も一酸化二窒素の削減や動力削減による温室効果ガスの削減技術が大きく進展し、加えて汚泥炭化や汚泥ガス化技術の導入に至りました。

電機設備においても、機器の小型化や温暖化係数の大きい物質の使用を止めるといった工夫が進みました。加えて職員の高齢化や職員数の減少等に起因する被遠隔施設の増大、維持管理を容易にすることに主眼を置いた計装設備の標準化等も大きく進展したと言えるでしょう。

更に、この3年間は、東日本大震災、引き続き発生した原子力発電所の事故によって被った被害を教訓にした種々の検討や改善が最大のテーマになりました。施設の耐震化や耐水化、設備別には沈殿池設備の耐震化や非常用電源の増設などです。

そこで、この小冊子「下水道設備の新しい流れ」においては、これらへの取り組みに協会会員の技術がどの様に寄与・貢献してきたのかを中心に、今後の動向等を考察して記述することに努めました。

「下水道設備の新しい流れ」の編集の作業に入って間もなく、東京の地においてオリンピック・パラリンピックの開催が決定しました。東京湾の臨海部を中心に行われる競技も多く、良好な水質や水辺環境を合流改善や高度処理で実現することが必至です。更に、原子力発電の減少により増大した温室効果ガスの排出量抑制にも取り組み、環境先進都市東京を実現して行く事も重要でしょう。

この様な大きな技術のうねりを実現するために、最近の技術のアーカイブ資料として本誌を活用していただけたら幸いです。協会誌においても、「温故行新」（ふるきをたずねて新しきを行う）を連載しており、先人の苦労の上に更に工夫を加えることが重要です。

なお、この小冊子をご希望の方に配布すると共に、必要な内容を容易に検索し活用できるように全文をPDF化し当協会ホームページに公開しました。20周年記念で発刊した「下水道設備の流れ」も、この機に全文をホームページに掲載しました。併せて是非ご活用下さい。

本誌を取り纏めるにあたり、分担して執筆いただいた皆様はもとより、資料等掲載について許諾を戴いた会員各位及び東京都下水道局など関係機関の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

一般社団法人 東京下水道設備協会  
（協会ホームページ <http://www.setubikyo.or.jp/main/>）

は し が き	1
第1章 沈砂池設備	1
1. 1 沈砂池設備の歩み	1
1. 2 沈砂池設備	1
1. 3 今後の動向	6
第2章 ポンプ設備	7
2. 1 ポンプ設備の歩み	7
2. 2 主ポンプ設備	7
2. 3 汚泥ポンプ設備	10
2. 4 今後の動向	10
第3章 水処理設備	11
3. 1 沈殿池設備	11
3. 1. 1 沈殿池設備の歩み	11
3. 1. 2 沈殿池設備	11
3. 1. 3 合流改善設備	13
3. 1. 4 今後の動向	15
3. 2 曝気槽(反応タンク)	15
3. 2. 1 曝気槽(反応タンク)設備の歩み	15
3. 2. 2 散気設備	16
3. 2. 3 今後の動向	18
3. 3 高度処理設備	18
3. 3. 1 高度処理設備の歩み	18
3. 3. 2 高度処理の目的	18
3. 3. 3 高度処理に関する基準	19
3. 3. 4 処理方式	20
3. 3. 5 水中攪拌機の概略図と納入実績	22
3. 3. 6 硝化液循環ポンプ	22
3. 3. 7 今後の動向	23
3. 4 消毒設備	26
3. 4. 1 消毒設備の歩み	26
3. 4. 2 直接放流水への消毒設備	26
3. 4. 3 今後の動向	27
第4章 送風機設備	29
4. 1 送風機設備の歩み	29
4. 2 送風機設備	29
4. 3 低圧力損失型逆止弁	31
4. 4 送風量制御の改善	31
4. 5 今後の動向	32
第5章 汚泥濃縮設備	33
5. 1 汚泥濃縮設備の歩み	33
5. 2 効率的な汚泥処理技術としての省エネルギー型汚泥濃縮機	34
5. 3 アースプラン2010に基づく省エネルギー汚泥濃縮機	35
5. 4 今後の動向	36
第6章 汚泥脱水設備	37
6. 1 汚泥脱水設備の歩み	37
6. 2 ベルトプレス型脱水機	37
6. 3 遠心脱水機	38
6. 4 二重円筒加圧脱水機	39
6. 5 高効率型圧入式スクリュープレス脱水機	40
6. 6 回転加圧脱水機	40
6. 7 今後の動向	41



第7章	汚泥焼却設備	43
7.1	汚泥焼却設備の歩み	43
7.2	焼却温度の高温化	44
7.3	カーボンマイナス東京10年プロジェクト、アースプラン2010に対応する焼却設備	44
7.4	今後の動向	46
第8章	受変電・自家発電設備	47
8.1	受変電・自家発電設備の歩み	47
8.2	受変電設備	47
8.3	自家発電設備	49
8.4	NaS電池	51
8.5	今後の動向	54
第9章	監視制御設備	55
9.1	監視制御設備の歩み	55
9.2	監視制御設備	56
9.3	情報ネットワーク設備	61
9.4	降雨情報システム（東京アメッシュ）	63
9.5	今後の動向	65
第10章	計装設備	67
10.1	計装設備の歩み	67
10.2	計装設備の標準化	67
10.3	最新の計装・制御設備	69
10.4	今後の動向	72
第11章	資源化設備	73
11.1	再生水設備	73
11.1.1	再生水設備の歩み	73
11.1.2	オゾン耐性膜ろ過	74
11.1.3	セラミック膜ろ過	75
11.1.4	高速繊維ろ過	76
11.1.5	今後の動向	76
11.2	汚泥・焼却灰の資源化設備	77
11.2.1	汚泥・焼却灰の資源化設備の歩み	77
11.2.2	りん資源化	77
11.2.3	今後の動向	78
11.3	下水熱利用設備	78
11.3.1	下水熱利用設備の歩み	78
11.3.2	文京区後楽一丁目地区地域冷暖房設備	79
11.3.3	江東区新砂三丁目地区への熱供給	79
11.3.4	芝浦水再生センターによる民間ビルへの熱供給	80
11.3.5	今後の動向	80
11.4	省エネ、未利用・再生可能エネルギー設備	81
11.4.1	省エネ、未利用・再生可能エネルギー設備の歩み	81
11.4.2	PMモーター（永久磁石電動機）	81
11.4.3	小水力発電	82
11.4.4	太陽光発電	83
11.4.5	今後の動向	85
	会員企業と東京都下水道局との主な共同研究の成果	88
	会員企業と東京都下水道サービス（株）との主な共同特許	90
	参考文献一覧	91
	会員企業一覧	92

執筆にご協力いただいた方（氏名あいうえお順）

平成 26 年 4 月現在

飯塚 保（(株)神鋼環境ソリューション）

岡村智則（メタウォーター(株)）

梶山喜市（日立造船(株)）

小出正實（(株)明電舎）

杉田龍宣（(株)クボタ）

中尾正章（巴工業(株)）

永田邦彦（(株)石垣）

中村俊男（東京都下水道サービス(株)）

原田敏郎（(一社)日本下水道光ファイバー技術協会）

菱谷和信（前澤工業(株)）

水上 啓（三機工業(株)）

森田 茂（メタウォーター(株)）

(一社)東京下水道設備協会事務局

# 第1章 沈砂池設備

## 1.1 沈砂池設備の歩み

大正11年に三河島汚水処分場が稼働した。この時代の沈砂池機械設備は、国産ではあるが、各産業分野で利用されていたものを応用したものであった。昭和30年代以降は下水道施設の建設が盛んになり、下水道用の機械設備も国産で製造されるようになった。昭和50年代は、設備の多様化と一部自動化が進んだ。

平成時代に入ると再構築工事が多くなり、それに合わせてポンプ所の遠方制御、無人化が進み、設備の自動化、省力化が更に求められるようになった。また、地域住民への環境対策が求められ、それに対応する機械設備の設置が進んだ。

## 1.2 沈砂池設備

### (1) 阻水扉設備

阻水扉の材質は、止水性、耐食性、剛性が求められること、緊急時自重降下が求められることから、現在でも重量のある鋳鉄製が使用されている。

駆動装置には、昭和30年以降はほとんどのポンプ所が油圧式を採用している。駆動用油圧ポンプは交流用と直流用を設置し、停電時にも沈砂池が冠水しない設備としている。

昭和50年代以降は大規模ポンプ所が増えたこと、油圧設備の技術が進歩したことから、油量が少なくてすみ設備費用も安価である14MPa（従来は7MPa）の油圧式が採用された。

平成20年代から、作動油に消防法の危険物の適用外である高引火点型油圧作動油（引火点250℃以上）を使用することが標準化され、貯蔵、取扱いなどの規制が緩和されるようになった。

### (2) 沈砂処理設備

#### 1) 集砂・揚砂機

昭和50年代後半に入ると省力化と砂による機器の埋没を防ぐため、雨水沈砂池には走行型埋没防止式バケットコレクタが採用され始めた。汚水沈砂池には固定型バケットコレクタが採用された。

昭和60年前後から、沈砂池からの臭気が問題となり始め、防臭のため沈砂池の覆蓋が必要となり、雨水沈砂池に採用されていた走行型埋没防止式バケットコレクタは固定型埋没防止式バケットコレクタに代わってきた。（図1-2-1）

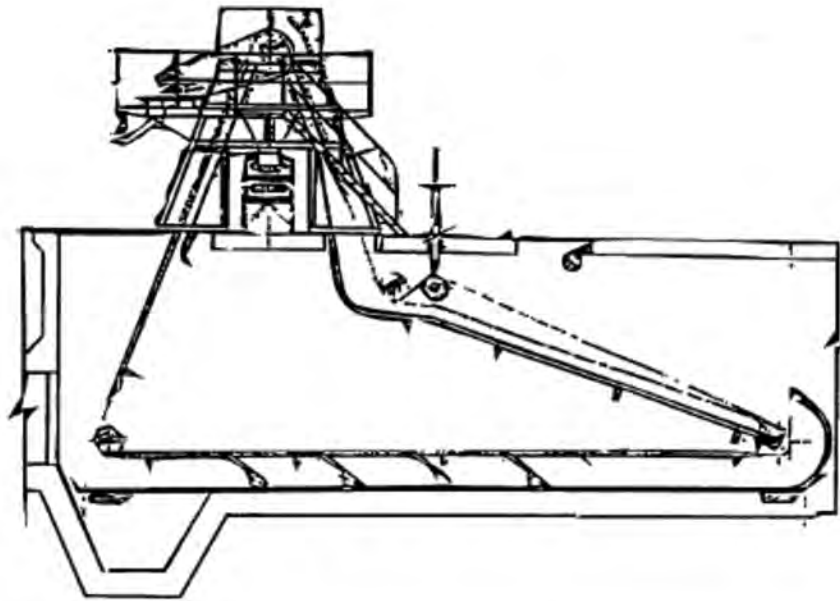


図1-2-1 埋没防止式バケットコレクタ

同時期、高圧水（0.7～1.3 MP a）を用いて集砂や揚砂を行うジェットポンプ式揚砂方式が開発され採用され始めた。（図1-2-2、図1-2-3）

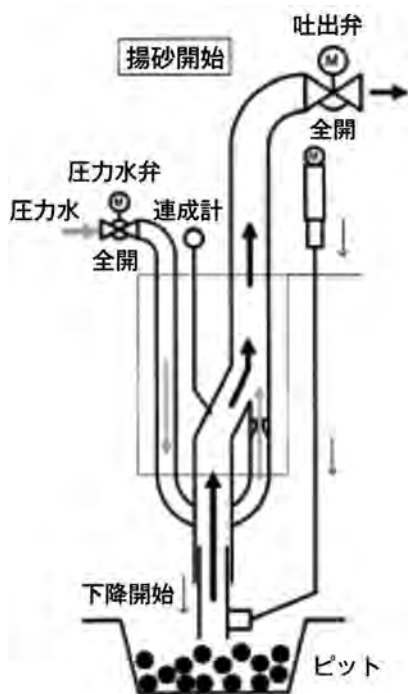


図1-2-2 ジェットポンプ原理図



図1-2-3 ジェットポンプ据付例

本方式は主として雨水沈砂池に採用される。降雨後にポンプ井排水ポンプで沈砂池の水位を下げた後、高圧ノズルで集砂し、ジェットポンプで揚砂を開始する。用水はポンプ井の雨水または汚水を使用する。最近では沈砂吸込口の閉塞を考慮した昇降式吸込口も開発され一部採用されている。本方式は沈砂池のドライ化ができるため更なる臭気対策が可能となった。



平成 10 年前後に低圧水 (0.2 ~ 0.3 MP a) を用いて集砂し、水中ポンプで揚砂する低圧ノズル集砂・水中揚砂ポンプ方式も開発された。(図 1-2-4)

雨水沈砂池の揚砂方式として、概ね、沈砂量が多く深い沈砂池には高圧集砂・ジェットポンプ式、沈砂量が少なく浅い沈砂池には低圧集砂・水中揚砂ポンプ方式という住み分けを行っている。以降現在までこの 2 方式が採用されている。

汚水沈砂池は常時通水しているため、高圧ノズル (または低圧ノズル) を用いての集砂方式では砂が舞い上がり、ポンプ井へ入ってしまうので、スクリーコレクタを用いて集砂し、ジェットポンプまたは水中ポンプで揚砂する方式が採用され、現在に至っている。(図 1-2-5)

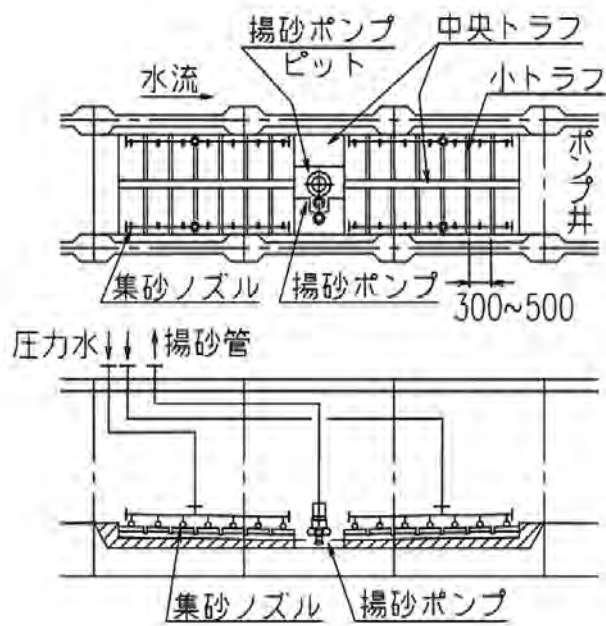


図 1-2-4 低圧集砂・水中揚砂ポンプ方式フロー

## 2) 沈砂洗浄設備、搬送設備

昭和 50 年代までフライトコンベア式洗砂機を使用していたが平成に入ると、スクリー式洗砂機、攪拌羽根式洗砂機など各種の洗砂機が採用されるようになった。

ジェットポンプや揚砂ポンプ方式で揚げた沈砂は、配管内で洗浄されるため特に沈砂洗浄機というものは設けていない。

搬送設備は昭和 50 年代後半からスキップホイストに代わって連続運転が可能な急傾斜コンベアが使われるようになった。

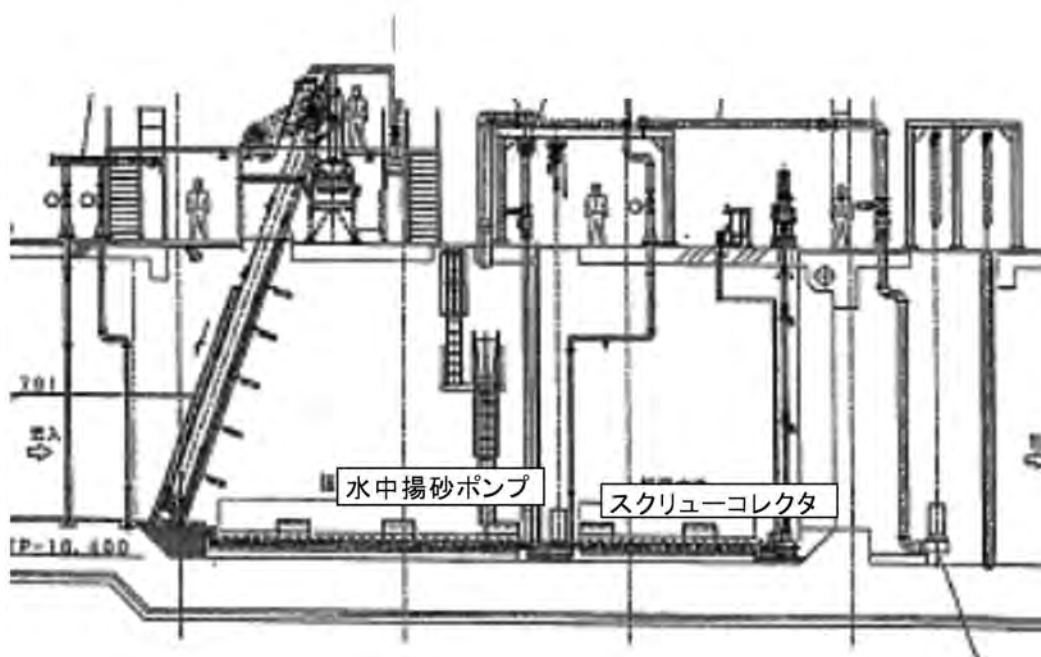


図 1-2-5 汚水沈砂池 スクリー集砂・水中揚砂ポンプ方式



方式が採用された。

しさは埋立て処分していたが、昭和50年代後半に中央防波堤内ミキシングプラントにしさ専用焼却炉(棚板反転式連続ストロカ炉)を建設し焼却処分を開始した。しかし、平成10年頃老朽化が進んだため、その後の処分方法の検討が行われた。そこで、清掃局と協議を行い、洗浄、水切り後のしさを清掃工場で焼却するという事で合意した。その結果、しさ洗浄機、脱水機等の設置が必須となった。

しさ洗浄機や脱水機を設置するスペースがない既設ポンプ所ではろ格機のレーキかき揚げ中にスプレー水により洗浄し、ホoppaで水切りを行うなどの方法で対応した。

平成10年代に、貯留ホoppa上部にしさ分離機、しさ脱水機(スクリュウ式)を設置し、そこまでしさを配管移送して分離・脱水後ホoppaに貯留する方式が採用された。(図1-2-8)

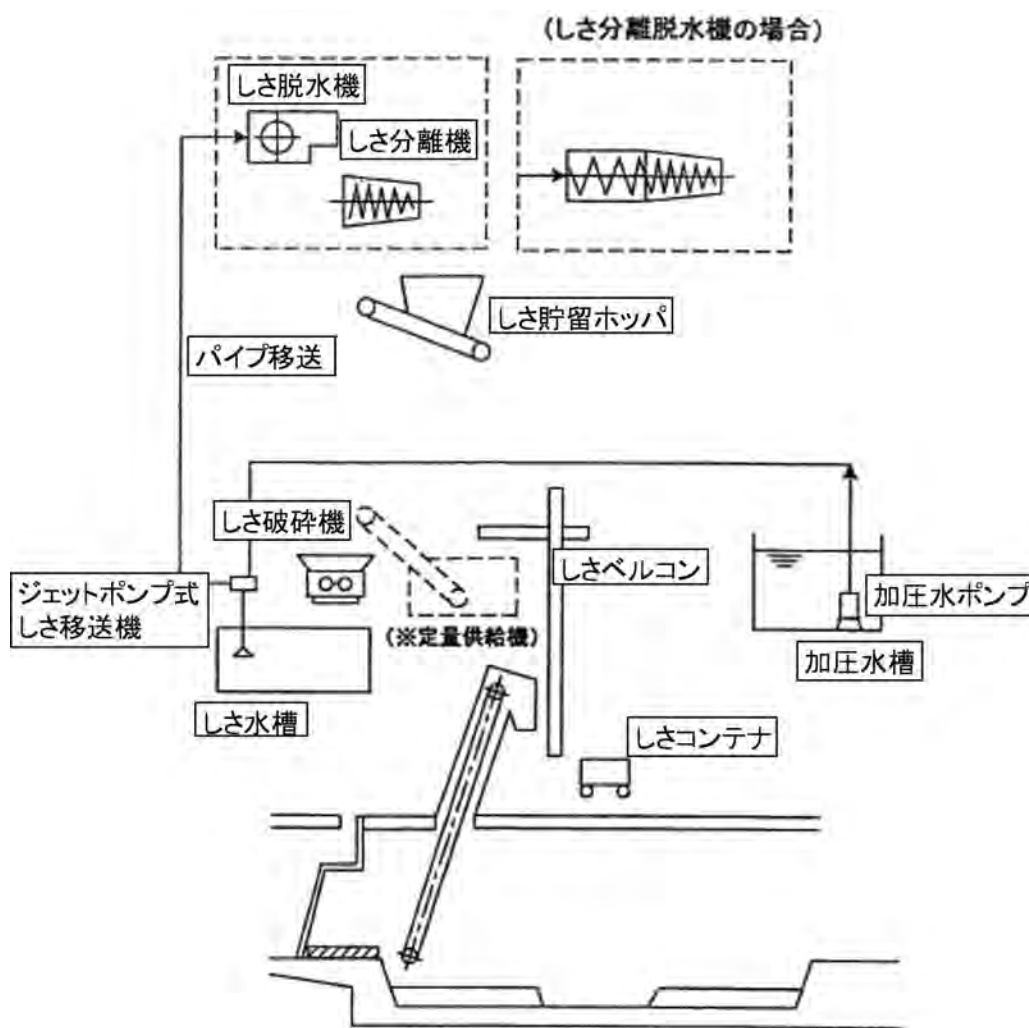


図1-2-8 しさ処理フロー

本方式は搬送にベルトコンベアや急傾斜コンベアを使わないため保守管理が非常に容易となった。

流域下水道本部の水再生センターでは、沈砂池から発生するしさを汚泥焼却炉へ液体または空気移送し、汚泥ケーキと一緒に焼却を行っている。

#### (4) その他

##### 1) 臭気対策

昭和50年代後半からポンプ所から発生する臭気が問題になり、沈砂池の覆蓋、ポンプ井排水ポンプ



の設置、脱臭設備の設置等で対応を図ってきた。昭和60年代には高圧集砂・ジェットポンプ方式、平成10年代には低圧集砂・水中揚砂ポンプ方式を採用し、沈砂池の完全ドライ化が可能となった。

平成10年代後半、しさを沈砂貯留ホoppaから搬出トラックへ積み替え時に発生する臭気対策としてホoppa室にオゾン水を散布する方法が開発され、木場ポンプ所を初め複数のポンプ所に採用された。

また、ポンプ所内の雨水滞留水を汚水幹線等に返水するときに発生する臭気対策として消臭剤（例ステンチカット）を注入する方法が検討され、吾嬬第二ポンプ所を初め複数のポンプ所に消臭剤添加設備が設置された。

## 2) 後沈砂池方式ポンプ所

下水の遮集化が進んだことや地下鉄等のインフラの地下利用が多くなるに従い、新しい下水道幹線はますます深くなった。それに合わせてポンプ所を建設すると土木工事費用が高むため、主ポンプで揚水した後に沈砂池を設ける後沈砂池方式が考案された。

主ポンプの後段にろ格機を設置することとなるので、ポンプ保護が懸念される。少なくとも主ポンプ前段（上流側）に前ろ格が必須となるが、スクリーンで捕らえられた粗大夾雑物の処理等の課題がある。

平成10年に砂町処理場東陽・大島系（遮集汚水）、平成15年に板橋坂下ポンプ室（雨水）、平成24年勝島ポンプ所（雨水）に採用された。

## 3) 吹き上げポンプ所

流入幹線が深くなり、それに合わせてポンプ所を建設すると土木工事費用が高むので、ポンプ所自体を浅く築造する吹き上げポンプ所が考案された。ポンプ所手前の立坑下部に接続された幹線から一気に流入水が吹きあがって沈砂池に入ってくるためそう呼ばれる。

幹線が満杯になるときの下水管内のエアの処理が難しいとされ、エア抜きが設置できない場合は採用されない。

平成16年に神谷ポンプ所（雨水）、平成17年に東品川ポンプ所（雨水）に採用された。

沈砂池設備は標準仕様のものが使用できるが、流入雨水量のピーク時の雨水が一気に流入することも考えられるので、ポンプ運転には十分注意を払う必要がある。

## 1.3 今後の動向

沈砂池機械設備は、時代を追うに従って、より手間を要しない設備となったが、沈砂池特有の過酷な環境（腐食性ガス、乾期明けの豪雨時に流入する多量の沈砂、しさの処理等）の中で設備を稼働させる必要がある。まだまだ、完成度の高い機器類が設置されているとはいえないので今後の開発が期待される。

東京都のポンプ所、水再生センターは、放流水域が河川や運河、海である。居住環境が良くなるにつれ、それらへの放流による汚濁や臭気が問題となっている。放流される汚濁負荷を更に軽減する施設や設備の開発、設置が求められている。

東京都のポンプ所は降雨50mm/時対応で設計されている。最近のゲリラ豪雨は時間換算で100mm/時を超えることも少なくない。阻水扉設備は、ポンプ所の冠水を防ぐ大切な設備であるので、より運転のしやすい設備となるよう検討することも必要である。

機械設備の推移を見ると、省力化、自動化が進み、信頼性、安全性がある程度確保できたので、ポンプ所の無人化、集約化が可能となった。また、地域環境や内部環境を考慮した設備が設置されてきた。これからは、省エネ化、かつCO<sub>2</sub>削減へ向けた設備の開発が望まれる。

今後は大容量、高深度のポンプ所の建設が予定されている。沈砂・しさの搬送がより難しくなるので、それに対応した施設・設備を検討する必要がある。

## 第2章 ポンプ設備

### 2.1 ポンプ設備の歩み

主ポンプの形式としては渦巻型が大正11年に登場し、昭和初期に軸流型、昭和30年代に斜流型が登場し下水道用ポンプとして採用された。

昭和60年前後に、先行待機型ポンプが開発され雨水ポンプに使用された。平成10年頃に冷却水のいらない無注水先行待機型雨水ポンプが登場し、現在に至っている。

汚泥ポンプは、当初は片吸込渦巻ポンプが使用されていた。昭和35年頃、無閉塞型のブレードレス型ポンプが、昭和45年頃、より無閉塞性であるノンクログ型ポンプが処理場の汚泥ポンプとして採用された。昭和50年代後半に無閉塞型で効率及び流量制御性の良い吸込スクリー付汚泥ポンプが開発され、中川処理場に採用し、現在に至っている。

用水ポンプは、用いられる液体の種類としては上水や処理水なので、産業用の汎用ポンプを使用している。

### 2.2 主ポンプ設備

#### (1) 汚水ポンプ

昭和40年代、オープン羽根である立軸渦巻斜流ポンプが開発され採用が始まった。(図2-2-1)

同じ頃、中揚程のポンプ所では雨水ポンプで採用していた槽内型の立軸斜流ポンプの採用を開始した。

昭和50年以降、汚水の遮集化が計画され、汚水ポンプの高揚程、大容量化が進んだことから、各ポンプメーカーが立軸斜流ポンプの高揚程化に取り組み、昭和54年に葛西処理場に揚程29m、平成7年に砂町処理場東陽・大島系に揚程40mの立軸斜流ポンプが設置された。

昭和50年代後半から平成初期にかけて、汚水ポンプの水中軸受にカットレス軸受(ゴム製)にかえて無注水軸受(セラミック等)を採用する試みがなされた。平成13年稼働の浮間水再生センターの汚水ポンプ(電動機直結立軸斜流ポンプ)7台に無注水軸受が採用された。

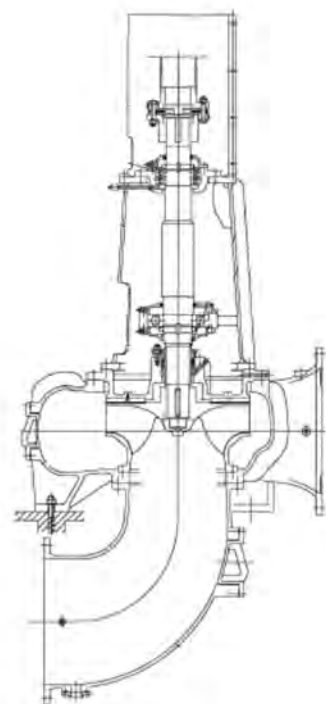


図2-2-1 立軸渦巻斜流ポンプ断面図



(2) 雨水ポンプ

雨水ポンプの形式は、昭和30年代以降、電動機直結立軸斜流ポンプが採用され、一部のポンプ所を除いて現在にいたっている。(図2-2-2)

昭和50年代中頃、羽根車の腐食磨耗やひび割れ等の問題が生じたため、羽根車材質を炭素鋼鋳鋼品(S C 450)からステンレス鋼鋳鋼品(S C S 13)に変更し現在に至っている。

昭和50年代にはいると集中豪雨が頻発するようになり、雨水ポンプの始動時間の迅速化が求められるようになったことから、昭和50年代後期、羽根車が水中になくても運転が可能な先行待機型ポンプが開発された。昭和59年から63年にかけて梅田ポンプ所、吾嬬第二ポンプ所に低速待機型ポンプが採用された。

平成2年に砂町処理場に全速で待機運転が可能な先行待機型ポンプが設置され、以降の雨水ポンプに採用され、現在に至っている。本ポンプは大量の雨水が一気に流入する吹かし上げポンプ所においても大いに威力を発揮している。

平成10年代、汚水ポンプの無注水軸受は既に開発、採用が進んでいたが、先行待機型雨水ポンプの無注水軸受は開発されていなかった。それは、先行待機型雨水ポンプは空運転(水の無い状態)時に軸受から発生する熱をどうするかという大きな課題があったからである。

これまでも主ポンプ冷却水系の故障で主ポンプの運転に支障が出ることもあり、また、地震時に冷却水配管の損傷や冷却水自体の供給が不可能な事態が考えられたことから先行待機型雨水ポンプの無注水化が求められていた。

そこで、東京都下水道局ではポンプメーカー3社と共同で研究開発を行い、平成12年に3方式(特殊セラミック方式、回転油槽方式、ポンプ内循環方式)が開発された(既に1社は特殊樹脂方式で開発済みであった)。平成12年に新川ポンプ所、千住ポンプ所、砂町処理場、桜橋ポンプ所の既設雨水ポンプを改良した先行待機型の無注水軸受ポンプが設置された。

現在は構造がシンプルな特殊セラミックや特殊樹脂製軸受を用いた無注水先行待機型雨水ポンプが多く採用されている。(図2-2-3)

ただし、無注水ポンプを採用するには、軸受にかかる負荷などを考慮する必要がある、採用可能な口径、揚程など一定の条件に適合しなければならない。

平成14年、堀切ポンプ所、平成17年、王子ポンプ所にK K D(軽量・高速・大容量)ポンプが採用された。計画雨量の見直しにより、既設ポンプ所の揚水量アップの必要性が

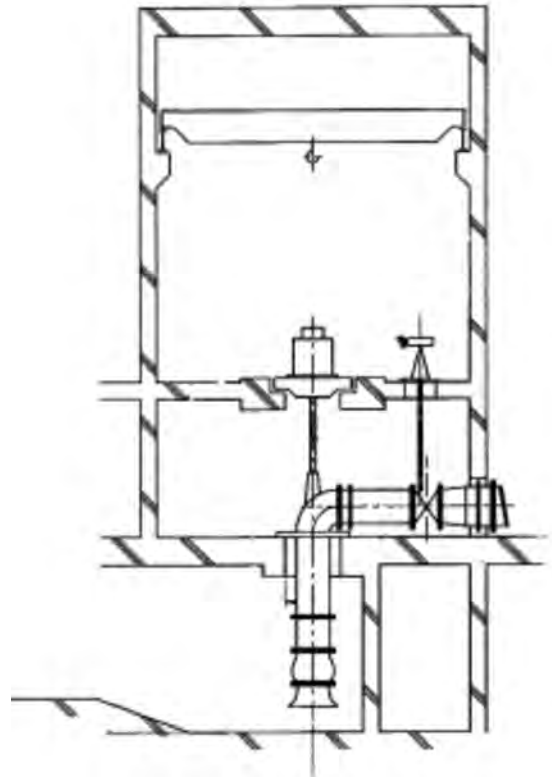


図2-2-2 電動機直結立軸斜流ポンプ

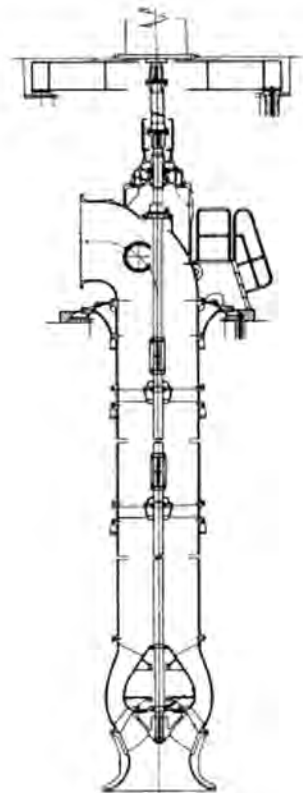


図2-2-3 無注水先行待機型雨水ポンプ

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料

生じたが、ポンプ口径が大きくなると共に重量がアップし、土木躯体に影響があることが判明した。そこで、KKDポンプの開発をメーカーに依頼し、ポンプ比速度を上げることでポンプ内流速を標準値より高速にし、ポンプ口径を変えずに吐出量を増やすことに成功した。ただし、KKDポンプはキャビテーションを起こしやすく、また、渦が発生しやすいなどの課題があるので、その採用には十分な検討が必要である。

東京都下水道局が平成22年に策定した経営計画2010の中で、雨水ポンプの地震時の信頼性の向上を図ることを目標に既設ポンプの無注水化の推進が行われているところである。既設ポンプの無注水化は多額の費用と時間を要するため、既設冷却水システムの信頼性をあげるため、冷却水配管の2系統化（高置水槽経由とポンプ直接給水）や冷却水配管の耐震化も並行して実施している。

### (3) 原動機

主ポンプ用原動機には、電動機、ディーゼルエンジン、ガスタービンエンジンが採用されている。

汚水ポンプは、全台数とも電動機掛けとし、常時は買電で運転し、停電時には自家用発電機に切り替えて運転するものとしている。

雨水ポンプは電動機掛けが多く採用されている。エンジン掛けポンプとしては従来ディーゼルエンジンが多く採用されてきたが、平成3年に中川水再生センター雨水ポンプ、平成9、10年に日本堤ポンプ所雨水ポンプにガスタービンエンジン掛けポンプが採用された。(図2-2-4)



図2-2-4 ガスタービンエンジン掛け立軸斜流ポンプ

東京都下水道局で現在稼働中のポンプの原動機で最大のものとして、電動機は3,730 kW（平成13年 両国ポンプ所雨水ポンプ）、ディーゼルエンジンは5,000 PS（平成元年 浜町ポンプ所雨水ポンプ）、ガスタービンエンジンは3,200 PS（平成3年 中川水再生センター雨水ポンプ）が採用されている。

### (4) その他

#### 1) 吐出弁

昭和50年代後半にメタルシートのバタフライ弁が開発され、外ねじ式仕切弁に代わって採用が始まった。(図2-2-5)

開閉時間が最長でも90秒であり、流量制御性が良く、軽量で操作力が小さいなどの利点があり、その採用によりポンプの始動性能がかなりアップした。ただし、全開状態でも弁体が流路に残るため小口径には仕切弁を採用している。

#### 2) 流量制御

汚水ポンプについては、流量制御

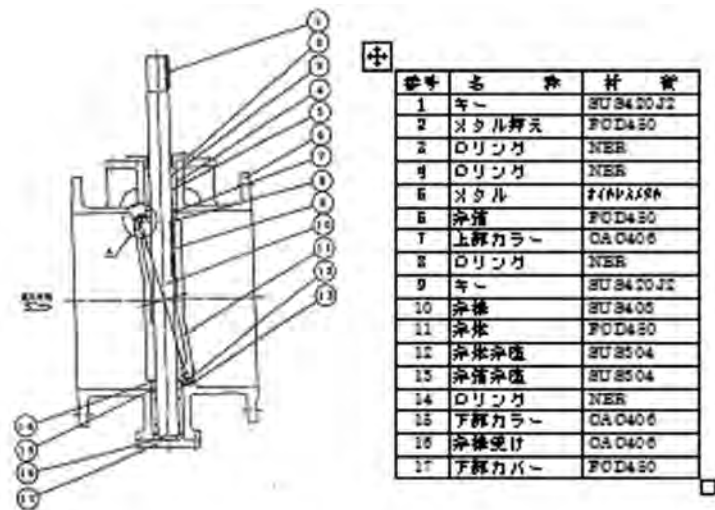


図2-2-5 メタルシートバタフライ弁

の必要性が高い一部の施設で液体抵抗器が使われており、昭和51年には、小菅処理場にエネルギー回生式のサイリスタセルビウス装置を設置し、回転数制御方式による流量制御を行い、水処理の安定運転に寄与すると共に省エネルギー運転が可能となった。

平成10年代、VVVF装置が開発され、小容量の汚水ポンプに採用し、回転数制御方式による流量制御を行った。その後大容量のVVVF装置も開発され、サイリスタセルビウスよりも安価になったこともあり、水再生センターの汚水ポンプに採用されている。

雨水ポンプについては、平成初期まで液体抵抗器による回転数制御が採用された。雨水ポンプの流量制御の目的は汚水ポンプと異なり、ポンプの起動・停止の頻度を少なくするためのものである。

雨水ポンプは運転時間が短いためトータルコストの面から液体抵抗器による流量制御方法を採用したが、先行待機型ポンプが採用されると、ポンプ井に水がなくてもポンプの連続運転が可能となったため、流量制御の必要性もなくなった。

### 2.3 汚泥ポンプ設備

昭和50年代前半まではブレードレスポンプ、ノンクログポンプが使用されていた。昭和50年代後半、高クロム鋳鉄（又は鋳鋼）を用いた耐摩耗性、無閉塞性でかつポンプ効率の良い吸込みスクリー付汚泥ポンプが開発され、昭和58年稼働の中川処理場の全ての汚泥ポンプ（第一沈殿池汚泥引抜ポンプ、返送汚泥ポンプ、余剰汚泥ポンプ、送泥ポンプ）に採用された。吸込みスクリー付汚泥ポンプはノンクログポンプに比べてポンプ効率が良く、揚程変化に強く流量制御性にも優れているため、その後多用されている。（図2-2-6）

### 2.4 今後の動向

現在、無注水先行待機型ポンプは、採用に一定の条件がある。今後、建設されるポンプ所はますます深くなり、計画雨水量が多くなる傾向にあるので、厳しい条件でも運転可能な無注水ポンプの開発が求められる。

現在計画中のポンプ所の中には、現在設置されているポンプの最大出力のものより大きな出力の雨水ポンプが計画されているものもある。

高揚程、大容量のポンプの原動機は出力も大きくなり、基本料金、騒音、振動等、維持管理の問題も生じてくるので、その検討を進めておく必要がある。

耐震性に優れたポンプとして無注水先行待機型雨水ポンプが開発されたが、直下型の大地震が発生した場合、建築構造物の歪による芯ずれやポンプの傾き等が発生することも予想される。現在のポンプはこのようことは想定されておらず、注水型のポンプに比べて芯ずれやポンプの傾き等による影響の大小も十分には検討されていない。今後はあらゆる事態を想定し、被害が最小限で済むようさまざまな対応を図る必要がある。

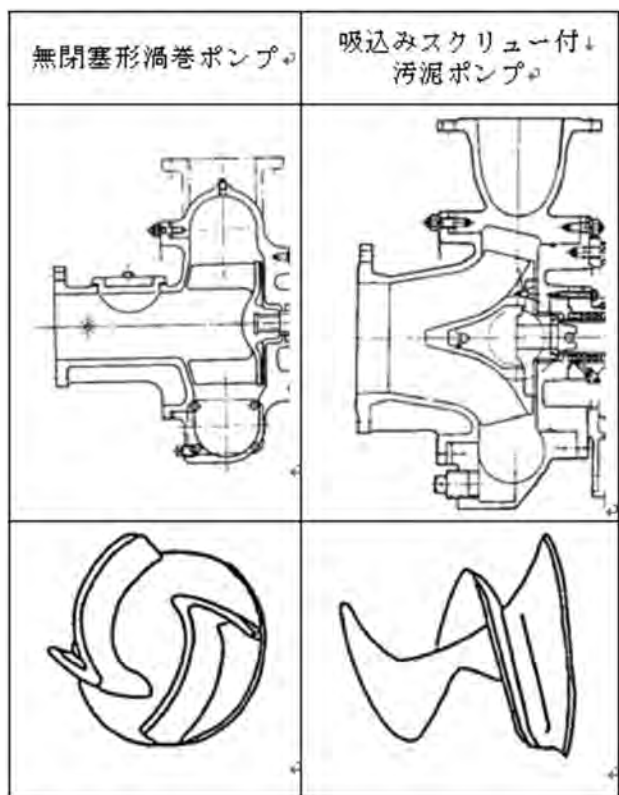


図2-2-6 汚泥ポンプ断面図とインペラ形状



## 第3章 水処理設備

### 3.1 沈殿池設備

#### 3.1.1 沈殿池設備の歩み

水処理設備は、沈殿池設備、反応タンク設備、高度処理設備、消毒設備等に大別される。

沈殿池設備は、平成10年代以降主に再構築と高度処理が増大してきた。平成12年に改良工事で既設沈殿池の再構築が行われ、三河島処理場と森ヶ崎処理場の第二沈殿池に往復式（レシプロ式）汚泥かき寄せ機が導入されたものの、沈殿池の汚泥かき寄せ機はチェーンフライト式が主流で現在に至っている。

#### 3.1.2 沈殿池設備

沈殿池設備は汚泥かき寄せ機、汚泥ポンプ、スクラム除去装置等で構成される。

##### (1) 汚泥かき寄せ機

平成12年に三河島、森ヶ崎処理場（西）の第二沈殿池に往復式汚泥かき寄せ機が導入された。往復式汚泥かき寄せ機は沈殿池底部に設置された多数のくさび形スクレーパーを往復運動させることで汚泥をかき寄せるものである。（図3-1-1、図3-1-2）

構造がシンプルで軽量なことから土木躯体の改造が少ない特徴があるが汚泥の舞い上がり等の問題があり、往復速度の調整が必要であった。

一方、沈殿池汚泥かき寄せ機の主流である

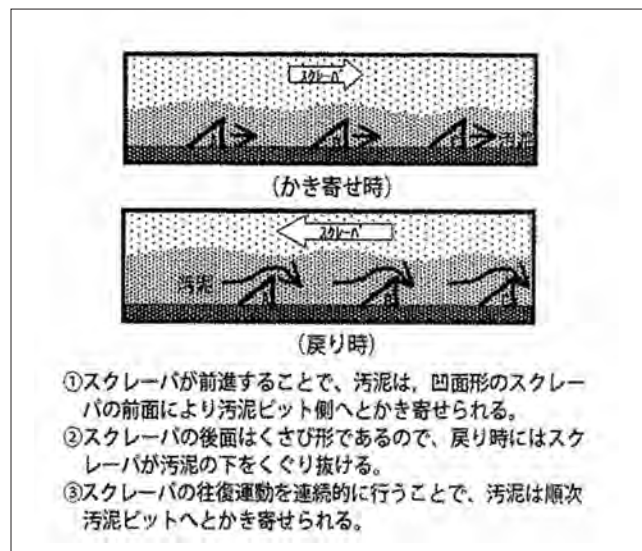


図3-1-1 往復式汚泥かき寄せ原理



図3-1-2 三河島処理場往復式汚泥かき寄せ機

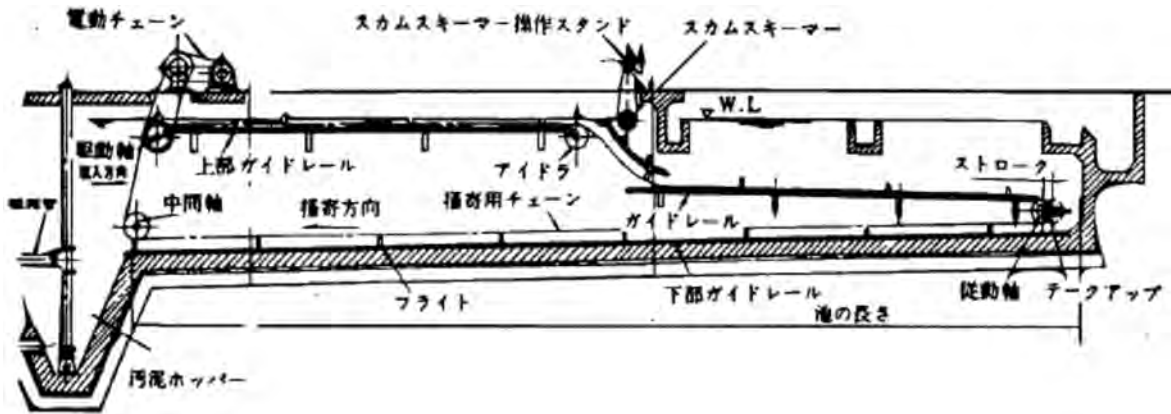


図3-1-3 チェンフライト式汚泥かき寄せ機

チェンフライト式は昭和32年に三河島処理場の第一沈殿池に初めて採用された。(図3-1-3)

昭和37年には小台処理場(現在のみやぎ水再生センター)の第一沈殿池と第二沈殿池に止水板・整流壁・導流壁を設けた本格的なチェンフライト式汚泥かき寄せ機が導入された。この汚泥かき寄せ機は、構造が簡単なため抜本的な改善はないが各部品の長寿命化が図られた。チェンの材質はFCMB製からピントルチェンに、フライトは日本檜から安価である米檜が標準となった。

ピントルチェンは腐食摩耗が原因で平均寿命が10年以下であった。そのため、平均寿命の向上を図るため、昭和44年に砂町処理場にステンレスチェンが試験導入され、さまざまな調査を行った。

その結果、昭和59年に稼働した中川処理場等の沈殿池にステンレスチェンが本格的に採用された。また、この頃にフライト材質に軽量で据え付けが容易なガラス繊維強化合成木材が採用された。

平成10年代はコスト縮減、長寿命化、維持管理の容易性、省エネ化等が図られ、平成13年新河岸東処理場(現在の浮間水再生センター)第二沈殿池のチェンフライト汚泥かき寄せ機に合成樹脂製チェンが採用された。(図3-1-4)

第一沈殿池はステンレスチェンが採用された。これ以降主務チェンを第一沈殿池は砂分による摩耗に強いステンレスチェンが、第二沈殿池は腐食に強いプラスチック製とすることが標準化された。また、フライトは、ステンレスチェンに対してはガラス繊維強化合成木材(比重0.5)、合成樹脂製チェンには浮力による脱輪防止からFRP(比重1.8)製が標準化された。(図3-1-4)

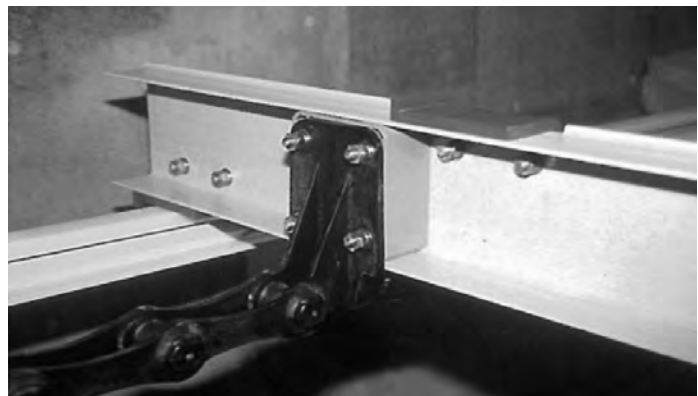


図3-1-4 チェンフライト式汚泥かき寄せ機プラスチックチェンとFRP製フライト

平成23年3月11日に発生した東日本大震災は東京でも沿岸部の水再生センターの沈殿池施設が大きな被害を受けた。葛西、砂町、森ヶ崎水再生センターのチェンフライト式汚泥かき寄せ機がスロッシング(池内の水の動揺)によりチェンの脱輪や下段槽への搬入蓋(PC板等)の落下や浮上によって引き起こされたフライト破断が生じ、復旧に時間を要した。その後、すべての汚泥かき寄せ機に地震対策として、地震動及び長周期地震動を感知して運転を停止する感振器の設置、脱輪防止のチェンカバーの設置、リターンレール部の浮上防止装置の設置、搬入口の合成木材化と固定部の強化などを実施しているところである。



## (2) スカム除去装置

昭和47年三河島処理場でチェンフライト式汚泥かき寄せ機の帰りのフライトを利用してスカムを収集するパイプスキマが設置された。これにより人力によるスカムあげが自動化された。これ以降各処理場で採用され、現在に至っている。パイプスキマの駆動装置はバルブコントローラと電動式シリンダが標準化されている。無動力式スキマも一部の水再生センターで採用されている。また、パイプスキマ前面にはスカムスプレーが設置され、スキマの作動と連動してスプレーによりスカムの収集を行う。このスプレーはスキマに付着したスカムを中に押し込むことやスキマの飲み口を洗浄するなどの工夫が施されている。収集したスカムは従来沈砂池や流入幹線に返され、水処理施設内を循環しながら除去されていたが、現在はスカム分離機や脱水機で固液分離されている。

## (3) 汚泥ポンプ

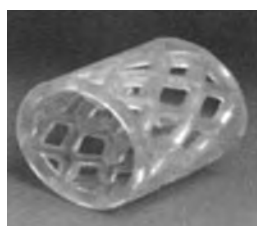
標準活性汚泥処理の場合、水処理施設の汚泥ポンプには第一沈殿池の沈殿汚泥を引き抜く生汚泥ポンプ、第二沈殿池の沈殿汚泥を反応タンクに戻す返送汚泥ポンプと余剰汚泥を汚泥処理施設に送泥する余剰汚泥ポンプの3種類がある。(詳細については第2章ポンプ設備 2.3汚泥ポンプ設備の項を参照のこと)

### 3.1.3 合流改善設備

平成13年に、お台場海浜公園に白色固形物（オイルボール）が漂着したことを契機に、合流式下水道の雨天時放流に対する問題がクローズアップされた。そこで下水道局は平成12年に「合流改善クイックプラン」、平成16年に「新合流改善クイックプラン」を策定し、遮集幹線の増強や貯留施設の整備などの効果的な対策を実施してきた。一方、用地の少ない水再生センターにおいては、貯留池に代わる合流改善対策として、雨天時の簡易処理水の負荷削減を目的に第一沈殿池代替技術である高速ろ過と高速凝集沈殿を導入した。

#### (1) 高速ろ過設備

本技術は下水道局が平成3年に民間企業との共同研究に着手し、平成5、6年に下水道新技術推進機構と共同で実用化研究を行い、平成14年に日本で初めて芝浦処理場で実用化された。



浮上ろ材

高速ろ過設備では、合流下水が上向流でろ過池内を流れ、SS分を浮上ろ材で捕捉しながら全層でろ過を行う。処理水は晴天時には上部のスクリーンを通り、反応タンクに流れ、雨天時には簡易処理水として一部放流する。(図3-1-5)

ポリプロピレン製中空円筒格子状の浮上性ろ材のろ材層においてSS性汚濁物を上向流で捕捉・除去する。晴天時は無薬注でろ過速度400 m/日、雨天時は凝集剤を添加して1,000 m/

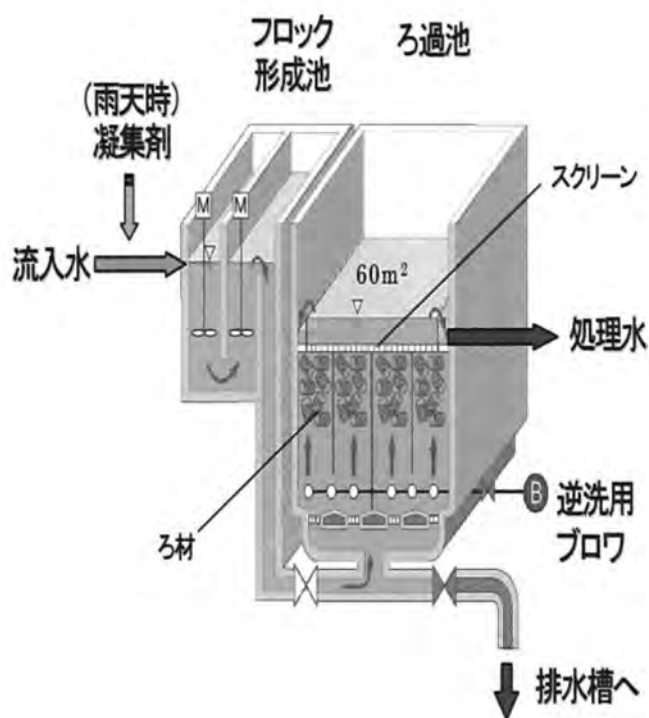


図3-1-5 芝浦処理場高速ろ過設備の概要

日で運転する。

また、平成 19 年に北多摩二号水再生センターにおいては、特殊ろ材を用い雨天時においても凝集剤が不要な高速ろ過が稼働した。ろ材は風車型で空隙率を高めてろ過継続時間が長くなるよう工夫されたものである。本技術は平成 13 年に下水道局が民間企業と同センターにてノウハウ・フィールド提供型共同実験を実施して開発したものである。(図 3-1-6)

本装置は浮上ろ材を用いた上向流方式のろ過法であり、土砂等の無機系汚濁物に関しては流入後、沈殿効果により槽下部に移行する。また、比重の軽い有機系汚濁物、SSはろ材層に移行する。毛髪、塵芥類、葉、オイルボール等はろ材下部表層付近でろ過され、SSはろ材内下部で捕捉・除去される。ろ過速度は最大 1,000 m/日である。

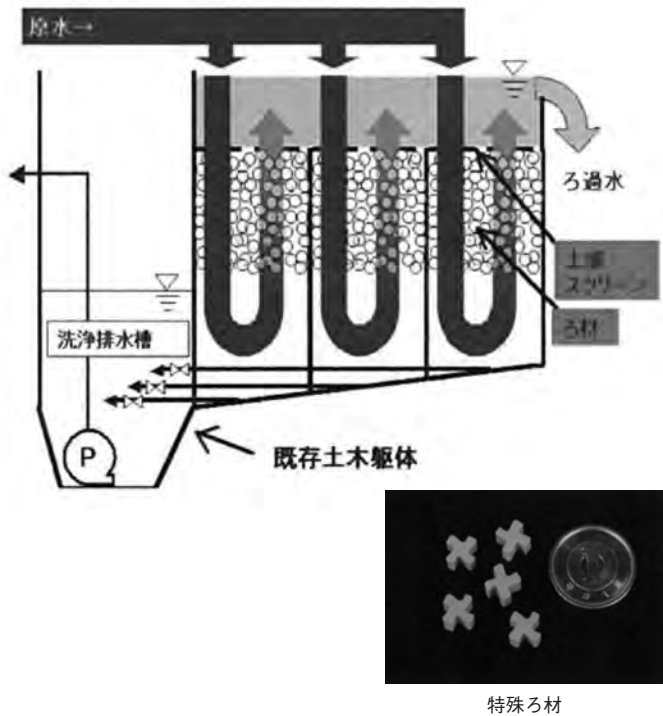


図 3-1-6 北多摩二号水再生センター高速ろ過設備の概要

## (2) 高速凝集沈殿設備 (アクティブフロー)

本技術は、下水道局が平成 13 年度に民間企業との共同研究に着手し、大島ポンプ所に設置したパイロットプラントにて処理性能を確認し、小菅水再生センターに導入した。

小菅水再生センターに導入した高速凝集沈殿設備は、雨水沈殿池 1 水路を改造し、処理能力 100 m<sup>3</sup>/分として、平成 17 年 3 月に稼働開始した。

高速凝集沈殿設備は、凝集沈殿技術にマイクロサンドを添加し、汚濁物質を取り込んでフロックを速やかに沈殿させることができるコンパクトでありながら処理能力の高い技術である。第二主ポンプ室で揚水した雨天時汚水は最初に雨水沈殿池に導き、雨水沈殿池満杯後に高速凝集沈殿池にて処理して放流するものである。(図 3-1-7)

高速凝集沈殿設備は、スクリーンにて夾雑物を除去し、浮遊SSを凝集させるため無機凝集剤を添加する急速攪拌槽、沈殿汚泥の核となるマイクロサンドを添加する注入攪拌槽、高分子凝集剤を添加しSSと

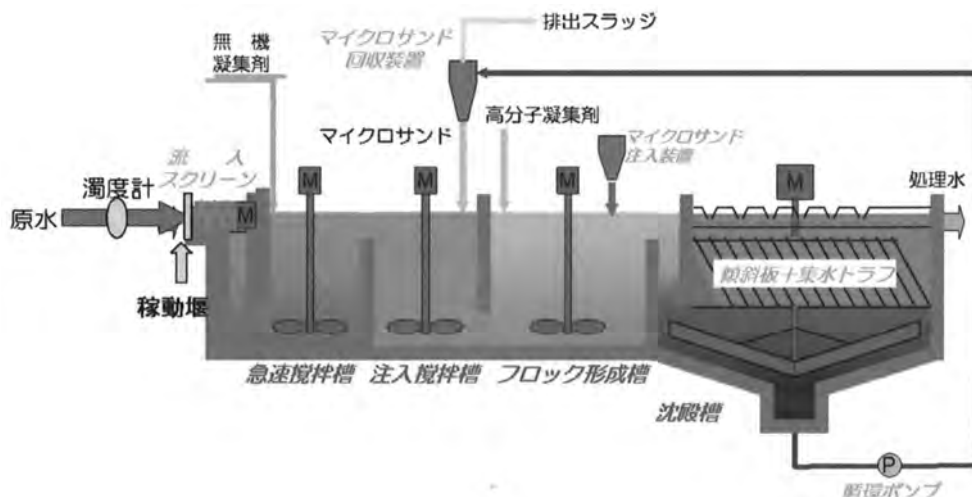


図 3-1-7 高速凝集沈殿設備

マイクロサンドの結びつきを強くするフロック形成槽、傾斜板を設けて効率的に凝集汚泥を沈殿させてかき寄せせる沈殿池及び沈殿汚泥とマイクロサンドを分離しマイクロサンドを回収する装置で構成している。

高速凝集沈殿設備は、導入後の評価において僅か10分の滞留時間でありながら、SS除去率90%、BOD除去率75%と高い処理性能を有していることが検証された。

高速ろ過設備は、晴天時に第一沈殿池として機能し、雨天時にはろ過速度を高めて雨天時汚水を処理しているが、高速凝集沈殿設備は雨天時のみの稼働としている。

### 3.1.4 今後の動向

東日本大震災では特に汚泥かき寄せ機の被害が大きく、その耐震性の向上が課題となった。今後、近い将来に発生が予想される首都直下型地震に適切に対応するため、現在実施しつつある改善策に加え、更に検討を行っていく必要がある。

高速ろ過については「経営計画2013」の計画期間内に砂町水再生センターなどの3か所で新規に着手する計画である。

加えてオリンピック・パラリンピックの開催が決まり、公共用水域で行われる競技も多くあることから、合流改善技術の更なる検討を行っていく必要がある。

## 3.2 曝気槽（反応タンク）

### 3.2.1 曝気槽（反応タンク）設備の歩み

大正11年に日本で初めて三河島污水処分場（昭和26年以降は処理場、平成16年度以降は水再生センターという）で標準散水ろ床方式による污水处理を開始した。その後、昭和5年に砂町污水処分場、昭和6年に芝浦污水処分場が運転を開始したが、両処分場の運転当初は沈殿処理であった。昭和9年に三河島污水処分場でパドル式曝気槽を、昭和12年には芝浦污水処分場でシンプレックス曝気槽が設置されて活性汚泥法による処理が開始された。

昭和30年代以降は、散気式活性汚泥法が主流となり、曝気槽散気用としてターボブロワが採用された。

昭和50～60年代は省スペース、省エネルギーを図るため、新河岸、森ヶ崎処理場に二階層式沈殿池と深槽曝気槽を組み合わせた水処理施設が建設された。

平成7年には有明処理場で嫌気・無酸素・好気法（ $A_2O$ 法）の高度処理が運転を開始した。これを機に平成10年代以降は主に $A_2O$ 法による高度処理と再構築工事が増大している。平成13年、新河岸東処理場（現浮間水再生センター）に $A_2O$ 法による高度処理の採用、平成16年、三河島水再生センター（北系）に担体添加ステップ $A_2O$ 法が採用された。平成20年に森ヶ崎水再生センター（東）、砂町水再生

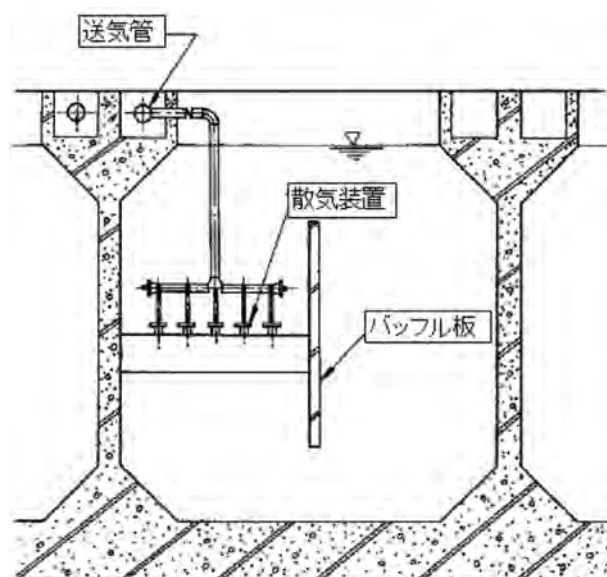


図3-2-1 深槽曝気槽の構造



センター（東陽Ⅲ系）に高度処理が導入された。  
 また、流域下水道においても、平成12年度に北多摩二号水再生センターに導入し、以後、全水再生センターに順次導入した。

設備としては反応タンクに超微細気泡式散気装置が採用された。平成22年、芝浦水再生センターに送風機の分散配置方式を採用した。

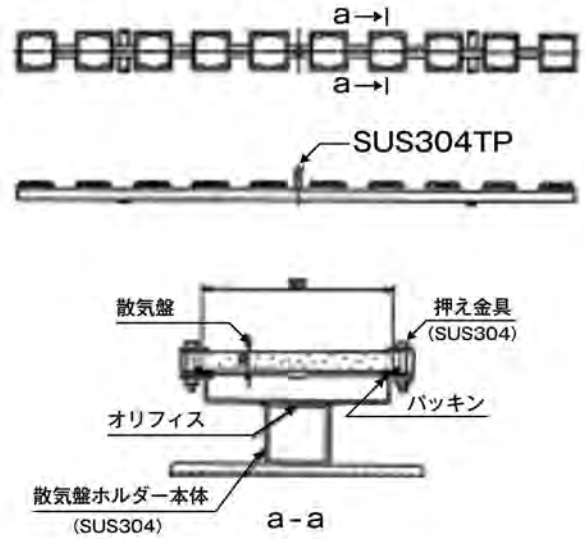


図3-2-2 微細気泡式散気板の構造

### 3.2.2 散気設備

芝浦処理場での深槽曝気槽の実証試験の結果を得て、昭和49年新河岸処理場、昭和50年森ヶ崎処理場（東）、昭和51年芝浦処理場、小菅処理場と次々と深槽曝気方式の処理施設が稼働した。

以降建設されるものは全て深槽曝気槽とし、沈殿池の2階層式と組み合わせて大幅な省スペース化が可能となった。（図3-2-1）

一方、従来の浅槽曝気槽については散気板による片側旋回流方式を採用していたが、昭和58年、小台処理場、砂町処理場で曝気槽の底部全面に渡って散気板を敷く全面曝気方式が採用された。流入部から流出部に掛けて散気板の数量を減じていくテーパードエアレーション方式とした。以後、浅槽曝気槽を再構築する場合は概ね本方式を採用した。

散気装置は平成10年頃まで標準的には散気板（微細気泡式、形状300×300×30mm、セラミック多孔質磁器製品（図3-2-2））を採用していたが、昭和49年、深槽曝気槽で建設された新河岸処理場では、工場排水の影響を考慮して目詰まりしない粗大気泡式の散気管を採用した。

また、流域の一部の処理場ではセラミック製の散気筒も採用された。平成10年に清瀬処理場で、目詰まりが進んだ散気筒を焼き直しにより再生を行った例もある。

平成13年、新河岸処理場で従来の散気管にかえてポリプロピレン製の管にゴム製のメンブレンを巻き付けたメンブレンパイプ式散気装置（超微細気泡）を採用した。超微細気泡式なので従来の散気管に比べて酸素移動効率は大きく省エネ型となっている。（図3-2-3）

平成14年、平板式のメンブレンパネル式散気装置（超微細気泡）が清瀬、多摩上流処理場等で採用された。酸素移動効率が27%（5m深）と従来の散気板（17%（5m深））と比較して格段の高い性能

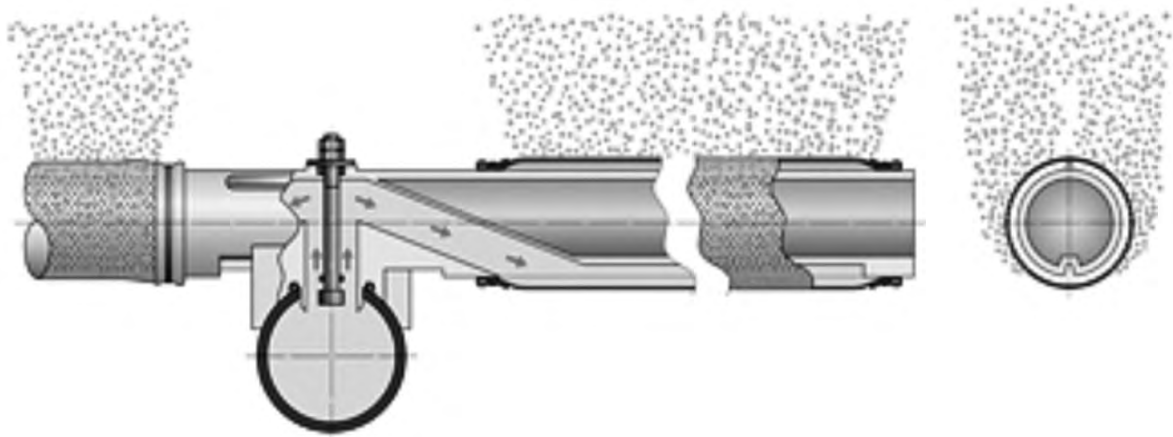


図3-2-3 メンブレンパイプ式散気装置の構造



図3-2-4 メンブレンパネル式散気装置の構造①

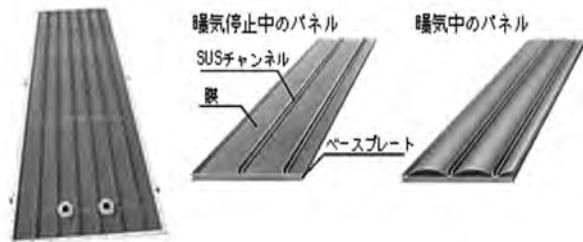


図3-2-5 メンブレンパネル式散気装置の構造②

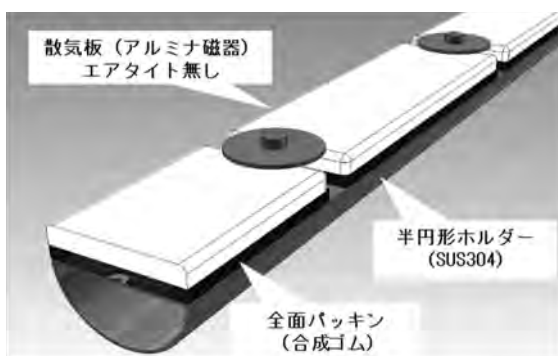


図3-2-6 高密度配置型散気装置の構造



図3-2-7 高密度配置型散気装置据付例 (深槽反応タンク)

を有している。(図3-2-4、図3-2-5)

平成18年、新型セラミック製散気板(高密度配置型散気板300×100×15mm、超微細気泡)が南多摩水再生センターに採用された。本装置も酸素移動効率はメンブレン式散気装置と同等の性能を有している。(図3-2-6、図3-2-7)

以降の反応タンク工事では概ねメンブレン式散気装置と高密度配置型散気板が使用されている。

平成24年、酸素移動効率が高い散気装置を従来よりも深く(4.5m→5.5m)設置し、更に酸素移動効率を高める運転方式が採用された。設置水深が深化した系列に対して、当時開発されていた小型送風機を組み合わせ、送風機の分散設置方式とすることで、制御性の向上と省エネ運転を目指している。

東京都下水道局は平成16年にアースプラン(地球温暖化防止計画)2004を、平成20年にアースプラン2010を策定した。反応タンクへの送風に要する電力量の割合は水処理で消費する電力量の約40%を占める。従来方式を超微細気泡散気装置に変えることにより消費電力が2割削減できることから、CO<sub>2</sub>削減に大いに貢献できる。したがって、今後は計画的にこれらの散気装置を積極的に採用していくこととしている。

また、東京湾の富栄養化問題への対応や資源の活用の観点から、脱窒・脱りん技術は多様に研究されていたが、平成の始め頃から富栄養化問題が顕在化し、下水処理場放流水に含まれる窒素及びりんを削減する必要に迫られ反応タンクを利用する高度処理法が導入された。有明処理場、新河岸東処理場(現在の浮間水再生センター)は高度処理法(いずれもA<sub>2</sub>O法)で認可を受け、建設した処理場であり、それぞれ平成7年、平成13年に運転を開始した。

高度処理の機械設備は標準活性汚泥法の設備に嫌気槽、無酸素槽のかくはん機及び第二沈殿池から無酸素槽へ活性汚泥を循環させる循環ポンプを加えた(A<sub>2</sub>O法のみ)設備である。

詳細は「3.3 高度処理設備」で記述する。



### 3.2.3 今後の動向

超微細気泡式散気装置（メンブレンディフューザ、高密度配置型散気板）は酸素移動効率が高いが、まだ実績が少なく、目詰まりなどに注視していく必要がある。また、分散設置送風機システムについても実績が少ないので、今後とも追跡調査をしていくことが望ましい。

省電力、CO<sub>2</sub>削減は重大な課題であるので、今後ともより酸素移動効率が高く、目詰まりにも強い散気装置などの開発が望まれる。

## 3.3 高度処理設備

### 3.3.1 高度処理設備の歩み

高度処理とは、通常の有機物除去を目的とした二次処理で得られる処理水質以上の水質を得る目的で行う処理をいい、通常の二次処理で除去対象とするBOD、SSの除去向上を目的とするものと、二次処理では十分に除去できない窒素、りん、難分解性のCOD等の除去向上を目的とするものがある。

高度処理は、かつては三次処理と呼ばれ、活性汚泥法に代表される二次処理に砂ろ過等の処理プロセスを付加して処理水質をさらに向上させる処理を指していた。これはBOD、SSの除去向上を目的とするものであった。一方、近年では、特に閉鎖性水域の富栄養化防止を目的とした生物学的な窒素・りん同時除去法などの開発により、標準活性汚泥法とは異なる処理プロセスが導入されるようになってきた。そのため、かつての三次処理にこれらの処理法も含んだ形で高度処理という名称が一般的に使用されるようになった。

### 3.3.2 高度処理の目的

高度処理といっても、処理する対象はさまざまであり、その目的によって除去対象が異なる。

#### (1) 湖沼、三大湾等の閉鎖性水域の富栄養化防止

湖沼や湾などの閉鎖性水域では、窒素・りん等の栄養塩類の濃度が高まると、富栄養化に起因する赤潮や青潮などが生じ、利水障害あるいは漁業被害をもたらすことがある。富栄養化防止を目的として、通常の二次処理に加え、窒素・りんを削減するために高度処理を実施する必要がある。湖沼や湾については、COD・窒素・りんに係る環境基準並びに排水基準が定められている。

#### (2) 水質環境基準の達成維持

大都市内を流れる都市河川の多くは固有流量が極めて少なく、下水処理場の放流水が大きな割合を占めている。これらの水域においては、二次処理のみでは水質環境基準の達成・維持が困難な場合があり、こうした場合には高度処理の効果やその水域の重要性等を十分検討したうえで、BOD、COD、SS等を対象とした高度処理を行う必要がある。

#### (3) 水道水源水域の水質保全

水道水源の上流や漁場、レクリエーション水域の近傍など放流水域の利水対応や放流水域の生態系保護などの理由から、より高度な水質が要求される場合がある。

#### (4) 処理水の再利用

下水処理水は安定した水資源であり、大都市域などを中心に水需要のひっ迫した地域においては、その対応策として下水処理水再利用の需要が高まっている。下水処理水再利用には、水洗用水、散水用水、修景・親水用水、熱利用等のさまざまな用途があるが、これらの用途ごとに要求水質が異なるため、「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル」(国交省(平成17年4月))に沿った高度処理を行う必要がある。

わが国では、昭和40年代に公害対策基本法(昭和42年8月)、大気汚染防止法(昭和43年6月)、水質汚濁防止法(昭和45年12月)の各防止法が施行され、下水道整備等も進み、水質改善がされてきたが東京湾の水質環境基準には達していない。国土交通省では平成15年9月に下水道法施行令を改正して、窒素、りんを放流水質基準に追加するなど基準を強化した。併せて未制定であった公共下水道の構造基準を制定するとともに、下水道管理者が放流先の状況等を考慮しながら自ら計画放流水質を定めることとされた。このことにより高度処理の導入など新たな政策課題についても政令上の位置づけが明確化され、適切に取り組んでいくこととなった。この計画放流水質の設定、及びこれと流域別下水道整備総合計画(流総計画)との関係について、「事業計画の策定又は変更を行う際には、計画放流水質を定めること」(平成16年3月)とされ、また、「当該流域に関し流総計画が定められている場合においては、これと整合性のとれたものであること」とされている。

また、平成17年に下水道法及び下水道法施行令の改正が行われ、都道府県は、流総計画に、終末処理場からの放流水に含まれる窒素またはりんの終末処理場ごとの削減目標及び削減方法を定めなければならないとされ、窒素、りんを削減する高度処理を計画的に導入することとなった。

### 3.3.3 高度処理に関する基準

日本の下水道の処理人口普及率は、平成24年度末現在で76.3%(9,645万人)、汚水処理人口普及率は88.1%に達した。下水道行政は単なる整備の時代から水・物質循環における役割や地域の持続的発展に配慮した施策展開が求められてきている。

このようなもと、下水処理における「水処理」は有機物汚濁の除去を主体とした二次処理から、有機物の除去率をさらに高め、窒素やりんも除去対象とする高度処理へと移行しつつある。一般に公共用水域の水質の基準としては、「環境基準」が用いられる。この環境基準は、環境保全にかかわる基本法である「環境基本法」に基づき環境省告示によって定められており、公共用水域の水質について達成・維持することが望ましい水質保全行政上の目標値とされている。環境基準には、「人の健康の保護に関する環境基準」と「生活環境の保全に関する環境基準」が規定されている。(表3-3-1)

表3-3-1 環境基準

<p><b>人の健康の保護に関する環境基準 【全国一律に基準値を規定】</b> カドミウム、全シアン、鉛、六価クロム、砒素、総水銀、アルキル水銀、PCB等</p>
<p><b>生活環境の保全に関する環境基準 【河川、湖沼、海域ごと水域類型によって基準値を規定】</b> 河川：pH、BOD、SS、DO、大腸菌群数、亜鉛 湖沼：pH、COD、SS、DO、大腸菌群数、全窒素、全リン、亜鉛 海域：pH、COD、DO、大腸菌群数、n-ヘキサン抽出物質、全窒素、全リン、亜鉛</p>

「環境基準」に対して、工場や事業所から公共用水域への排水については、「水質汚濁防止法（水濁法）」によって「排水基準」が定められている。環境行政上の目標値である環境基準と異なり、事業者に対する厳しい直罰規定が設けられている。

水濁法には、いわゆる上乗せ基準の規定があり、全国一律の排水基準で環境基準を達成・維持することが困難な水域については、都道府県条例や各種特別措置法などにより、より厳しい上乗せ基準や横出し基準、総量規制等が施行されている。（表3-3-2）

表3-3-2 一律排水基準と上乗せ基準（東京都の例）

	窒素含有量 (mg/l)	りん含有量 (mg/l)	適用
一律排水基準 (注1)	最大値 120 日平均値 60	最大値 16 日平均値 8	平均排水量 50 m <sup>3</sup> /日以上 的事业所
上乗せ基準 (注2)	20	1	新設処理場
	30	3	既設処理場

(注1) 排水基準を定める環境省令

(注2) 都民の健康と安全を確保する環境に関する条例

上記の上乗せ基準は、窒素・りんの他にBOD、COD、SS等についても設定されている。

### 3.3.4 処理方式

標準活性汚泥法やステップエアレーション法は、主として有機物の除去を目的としており、窒素やりんの除去能力は低い。これに対して、1960年代に循環式硝化脱窒法（活性汚泥循環変法）が開発され、有機物の除去を主体とした従来からの活性汚泥法の機能に加えて窒素除去機能が付加されることになっ

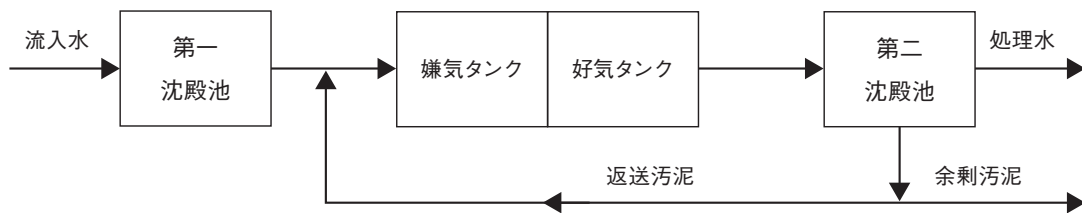


図3-3-1 嫌気-好気活性汚泥法の処理フロー

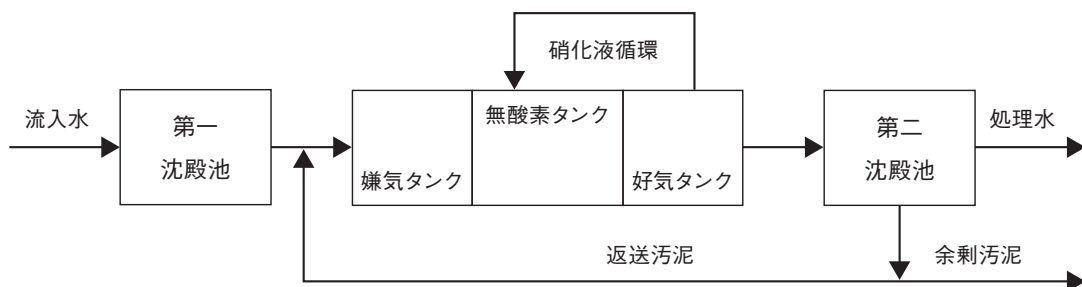


図3-3-2 嫌気-無酸素-好気法の処理フロー

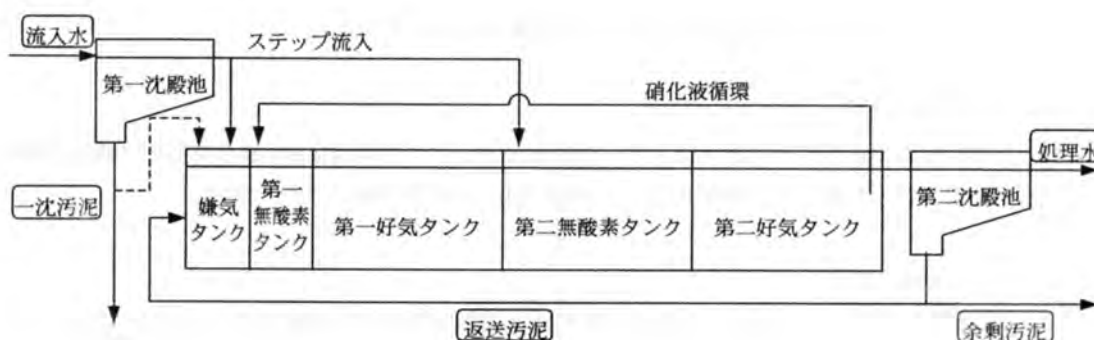


図3-3-3 ステップ流入式嫌気—無酸素—好気法の処理フロー

た。また、1970年代にはりん除去機能を持つ嫌気—好気活性汚泥法（A<sub>0</sub>法）が開発され、さらに、窒素・りんの同時除去が可能な嫌気—無酸素—好気法（A<sub>2</sub>O法）へと活性汚泥法の機能が拡大された。

東京都における窒素、りんの除去を目的とした高度処理として、平成6年度から7年度にわたり嫌気—無酸素—好気法の実態調査を実施し、平成8年度に同法を有明処理場に、また、生物学的窒素・りん同時除去の高効率化技術として、ステップ流入式嫌気—無酸素—好気法を確立し、平成19年度に同法を八王子水再生センターに初めて導入した。これらをベースとして東京都では高度処理の導入を進めている。現在、東京都で採用されている主な水処理方式は、標準活性汚泥法、嫌気—好気活性汚泥法（A<sub>0</sub>法）（図3-3-1）、および嫌気—無酸素—好気法（A<sub>2</sub>O法）（図3-3-2）、ステップ流入式嫌気—無酸素—好気法（ステップA<sub>2</sub>O法）（図3-3-3）などであり、これに伴って、嫌気タンク攪拌機、無酸素タンク攪拌機や硝化液循環ポンプが取り入れられた。

A<sub>0</sub>法やA<sub>2</sub>O法で安定的にりんを除去するためには、流入水中のBOD/P比が概ね25以上必要であり、流入水中のBODが不足する場合には、有機物の添加（メタノール等の薬品や初沈汚泥などを利用）を行う。また、合流式下水道で雨天時に流入下水に雨水が多量に流入すると、流入下水の有機物濃度が低下するとともに、流入下水の溶存酸素濃度が上昇して嫌気タンクの嫌気状態を保持できなくなり、嫌気タンクでのりんの放出が低下してりん除去が悪化する。そのため、PAC等の金属塩凝集剤添加による物理化学的りん除去法を併用することにより、りん除去法の安定化を図ることが行われている。

嫌気タンクには、第一沈殿池からの流入汚水を嫌気状態に維持するために攪拌機能だけの攪拌機を設けるが、現在、水中機械式攪拌機、水中羽根式攪拌機、ドラフトチューブ型機械攪拌機、双曲面形攪拌機、複翼式攪拌機が用いられている。

無酸素タンクには、嫌気タンクからの汚水と無酸素タンクに投入される硝化循環液を混合攪拌し、無酸素状態を維持するための攪拌機を設ける。

なお、季節による水質等の変動に対応するため、散気機能を付加した攪拌機を無酸素タンクの後段部に設けることもある。無酸素タンクの攪拌は、無酸素状態の維持および脱窒速度を高めるために、水中機械式攪拌機、水中羽根式攪拌機、ドラフトチューブ型機械攪拌機、双曲面形攪拌機、複翼式攪拌機が用いられている。

好気タンクには、必要酸素の供給を行い、流入汚水と活性汚泥の混合状態を良好に維持するための散気を行い充分な攪拌を考慮した散気装置を設けている。



### 3.3.5 水中攪拌機の概略図と納入実績

#### (1) 水中機械式攪拌機

納入実績：森ヶ崎、三河島、小菅、中川、中野、新河岸東、芝浦、北多摩二号、清瀬、南多摩、八王子、多摩川上流の各水再生センター



図3-3-4 水中機械式攪拌機

#### (2) 水中羽根式攪拌機

納入実績：有明水再生センター

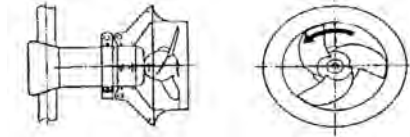


図3-3-5 水中羽根式攪拌機

#### (3) ドラフトチューブ型機械攪拌機

納入実績：三河島、森ヶ崎、砂町、小菅、清瀬、南多摩、八王子、浅川の各水再生センター



図3-3-6 ドラフトチューブ型機械攪拌機

#### (4) 双曲面形攪拌機

納入実績：三河島、浅川、清瀬、多摩川上流、北多摩一号の各水再生センター



図3-3-7 双曲面形攪拌機

#### (5) 複翼式攪拌機

納入実績：三河島、芝浦、南多摩の各水再生センター



図3-3-8 複翼式攪拌機

### 3.3.6 硝化液循環ポンプ

A<sub>2</sub>O法では、無酸素タンクへの硝化液の循環は主として循環ポンプで行うこととし、循環比率（返送汚泥を含まず）は、設計水量に対して最大150%程度としている。なお返送汚泥返送比率は50%程度とし、合わせて循環比率は200%程度としている。循環水量の調整は、回転速度制御及びポンプの運転台数により行い、循環ラインには、流量計を設置し計測する。

硝化液循環ポンプ台数は、1系列当たり3台程度とし、ポンプ容量は、計画1日最大汚水量（夏季）に対し、150%程度を確保し、回転速度制御は、全台について設置している。

なお、返送汚泥ポンプの容量は、計画1日最大汚水量（夏季）に対し、50%程度とし、予備機を含めて100%程度の容量としている。

ステップ流入式A<sub>2</sub>O法では、循環比率（返送汚泥を含まず）は、設計水量（夏季）に対して最大100%程度としている。

硝化液循環ポンプは、従来は汎用の水中ポンプを多用していた。

しかしながら、硝化液循環ポンプは吐出量が大きく、全揚程が極めて小さいことから、汎用水中ポンプでは効率の悪い運転を余儀なくされていた。さらに、流量制御では吐出弁絞り制御のため、不必要な



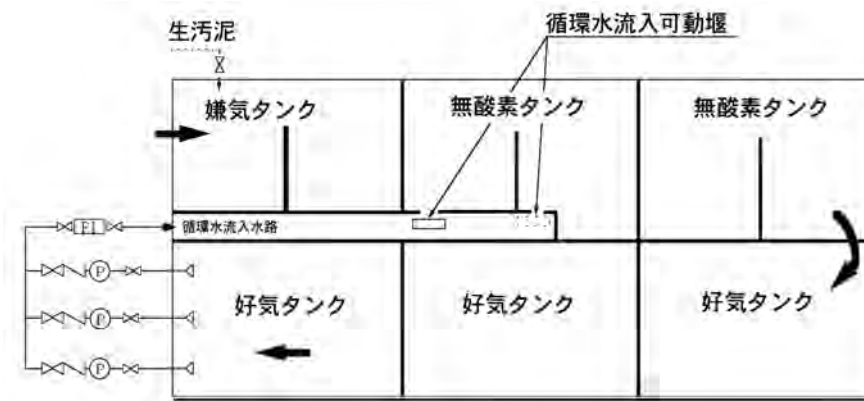


図3-3-9 循環水流入水路による循環フローシート例

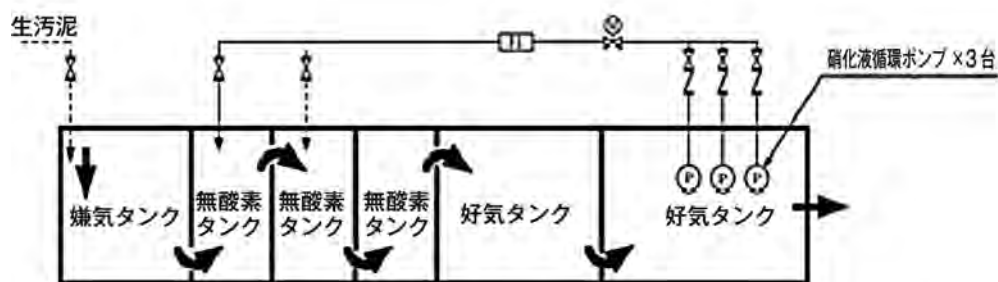


図3-3-10 配管による循環フローシート例

電力を消費する状態であった。

このことから、近年では陸上型のプリアウト式縦軸ポンプ、渦巻斜流ポンプまたは吸込スクリー付汚泥ポンプを標準としている。

中でもプリアウト式縦軸ポンプは超低揚程用（ $H = 1 \sim 4 \text{ m}$ ）に開発されたもので、効率の高い運転が可能であるとともに流量制御も回転速度として電力消費量の削減を図ることが可能である。さらに、陸上型のため維持管理性の向上も図れている。

### 3.3.7 今後の動向

東京湾の流域面積は、 $9,260 \text{ km}^2$ （国土面積  $377,930 \text{ km}^2$  の2%）、流域人口2,900万人（国民12,731万人の23%）で、東京湾の水域面積は3大湾（東京湾、伊勢湾、大阪湾）の中では最小であるが、背後人口や経済規模は大きく、閉鎖性の強い内湾域であり、人口・産業の集中に伴う環境負荷の増大や埋め立てに伴う影響を受ける。このため、湾内へ流入する窒素・りん等による富栄養化が進行しやすく、汚濁負荷が蓄積、堆積しやすい。現状では、東京湾流域の下水道高度処理率は伊勢湾25.7%、大阪湾41.7%に比べて低く、10.6%である。

このような背景から、東京湾では開発や利用と環境との調和を図りながら、質の高い良好な環境を将来世代へ継承することが重要な課題であり、下水道整備等

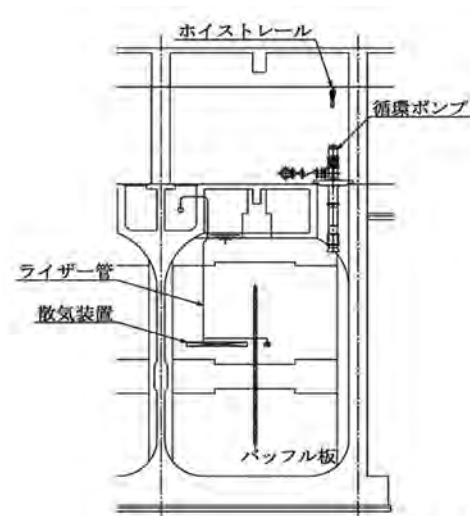


図3-3-11 プリアウト式立軸ポンプの設置例

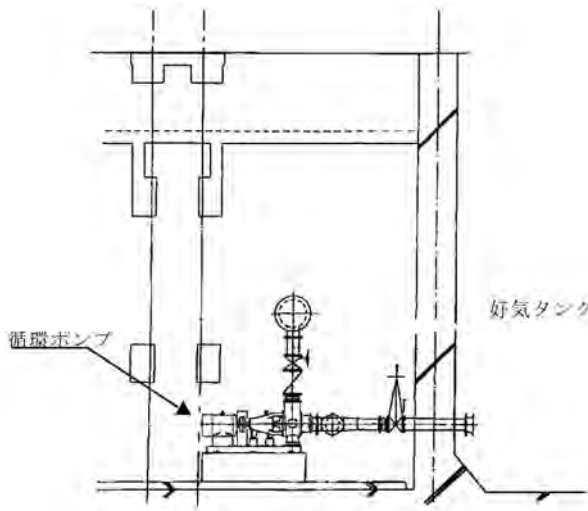


図3-3-12 吸込スクルー付汚泥ポンプの設置例

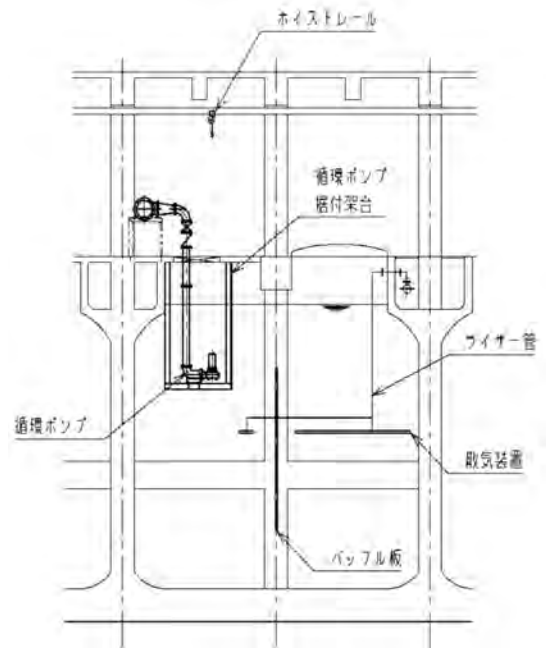


図3-3-13 水中ポンプの設置例

が進み水質改善されるも、東京湾の水質環境基準には達しておらず、引き続き、東京都は流域内の各主体と連携して窒素やりんをより多く除去できる高度処理の導入を進め、川や海へ放流する下水処理水の水質をより一層改善し環境改善に取り組んでいく必要がある。なお、長期的な整備目標としてCOD 8 mg/l、T-N 8 mg/l、T-P 0.4 mg/lを目指している。

このためには次の様な課題等が考えられる。

第一には使用電力増大への対応である。一般に高度処理施設は、標準活性汚泥法に比べ長い処理時間を必要とすることやろ過等のプロセスが追加となることから、施設規模が大きくなるとともに、広い敷地面積を必要とし、既存の標準活性汚泥法の施設を高度処理に改造するには施設の増強が不可欠であり、高度処理の導入には長い期間が必要である。

また、標準活性汚泥法などと比べ攪拌機や硝化液循環ポンプなどにより使用電力量が増大し、処理コストが増す。このような課題を解決するには、既存施設の改造により早期に導入が可能で、電力消費量を増やさずに、これまでの標準活性汚泥法などの処理法に比べ、窒素及びりんをより多く削減することができる段階的の高度処理（準高度処理）を導入することにより、使用電力を増やさずに水質を改善することなども必要となっている。

表3-3-3 処理方式別の性能比較（区部施設の平均値）

	反応槽以降の除去率	使用電力	処理能力
標準活性汚泥法（硝化促進運転）	窒素：50% りん：75%	100	100
準高度処理（硝化促進AO法）	窒素：58% りん：85%	100	100
高度処理（A <sub>2</sub> O法）	窒素：70% りん：88%	130	63

注) 使用電力と処理能力は、標準活性汚泥法を100としたときの相対値

使用電力は、調査結果をもとに処理水1 m<sup>3</sup>あたりの使用量で比較（ただし、微細気泡による省エネ効果分は考慮せず）

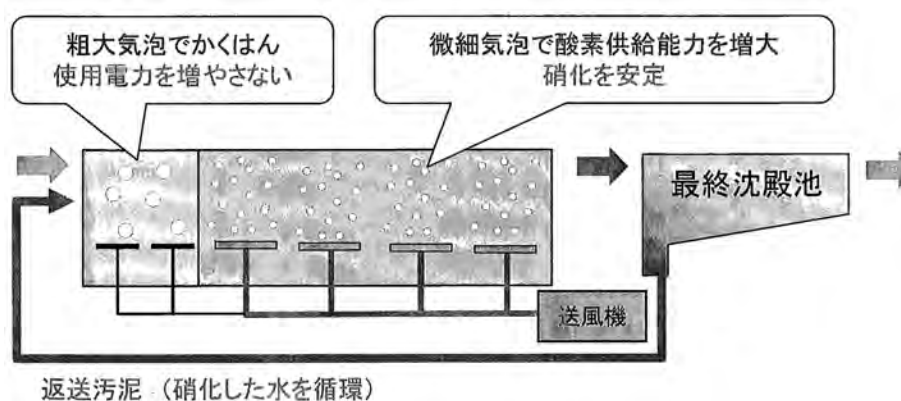


図3-3-14 準高度処理（硝化促進型A/O法）のフロー

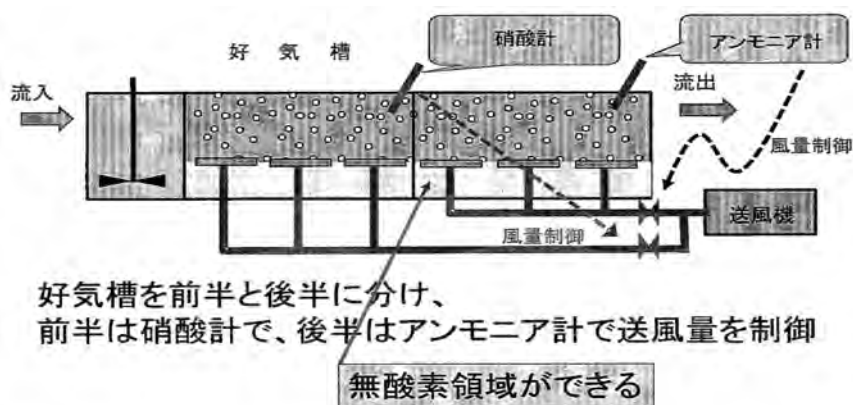


図3-3-15 共同研究実施中の好気槽内脱窒（硝化脱窒同時処理）制御方法

準高度処理（硝化促進型A/O法）は、硝化が安定し、ちっ素除去率が若干向上する、攪拌機を使用しないため消費電力の増加がない、といった特徴がある。（図3-3-14）

更に現在、好気槽内脱窒（硝化脱窒同時処理）制御方法の共同研究を実施している。これは、好気槽を前半と後半に分け、前半は硝酸計で、後半はアンモニア計で送風量を制御することにより、散気設備の下層で脱窒が可能になり、反応槽容量の削減、攪拌機と硝化液循環ポンプの省略で電力量の削減ができる技術である。（図3-3-15）

最後に、東京オリンピック・パラリンピックの開催が決定したが、トライアスロン、カヌーなど水辺空間での競技も多く行われる。こうした競技の運営に支障が生じないように、お台場や隅田川などの水環境を向上させるべく、合流改善や高度処理の導入などを一層強化させていくことが課題となる。このため、今後新たに建設する水処理施設には、窒素及びりんを削減する高度処理を導入し、更新工事については、準高度処理を導入し平成30年度までに、準高度処理と高度処理を合わせた施設能力を7割程度まで向上させることを目指している。

### 3.4 消毒設備

#### 3.4.1 消毒設備の歩み

消毒には処理場から放流される総合放流水の消毒と処理場内ポンプ所や中継ポンプ所から放流される直接放流水の消毒がある。

以前は総合放流水の消毒のみが行われており、昭和5年砂町污水処分場に塩素滅菌式消毒設備が導入された。当初は乾式注入であったが、昭和30年代に処理水の消毒に液体塩素が用いられた。昭和58年、中川処理場に薬品費は高いが、操作が容易で安全性の高い次亜塩素酸ナトリウム消毒設備が設置された。その後、すべての処理場で次亜塩素酸ナトリウム消毒設備に変更・改善が行われた。平成7年有明処理場の高度処理水には、脱色および殺菌を兼ねたオゾン処理が導入された。同年落合処理場の城南三河川への清流復活水に紫外線滅菌設備が導入され現在に至っている。

#### 3.4.2 直接放流水への消毒設備

平成13年、合流改善クイックプランにおいて、雨天時の放流水質改善対策として、処理場内ポンプ所の雨水放流水及び単独放流する簡易処理水放流水に消毒設備を導入することとなった。これらに対しては次亜塩素酸ナトリウムの接触時間（15分間）が取れない場合が多いため、短時間で消毒効果を発

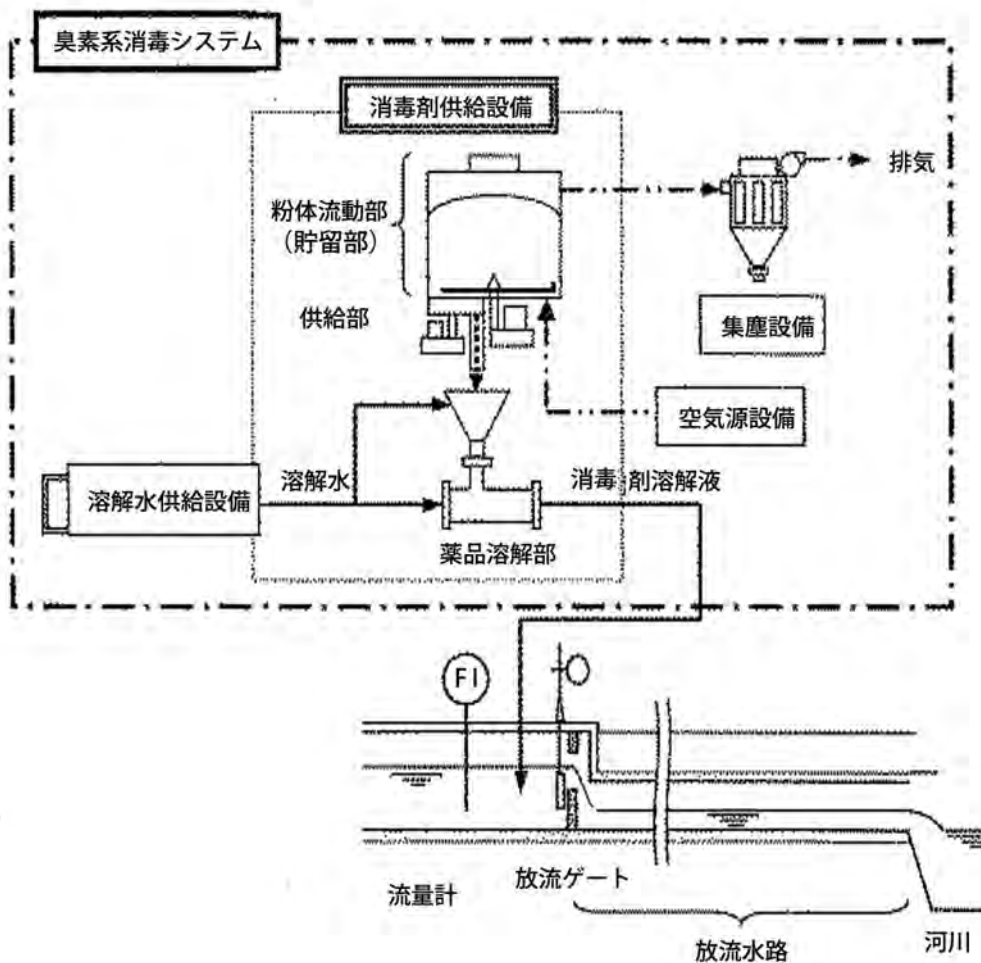


図3-4-1 臭素消毒設備のフロー

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料



揮する臭素剤が採用された。臭素剤については、平成11年7月～平成13年3月に下水道局と民間との共同研究（即効性消毒剤を用いた注入システムの開発）として業平橋ポンプ所と芝浦処理場で実用化に向けた実証試験が行われた。その結果、短時間（1～3分間程度）で消毒効果が実証されたため、平成13年に芝浦処理場の単独放流する簡易処理水に、また、平成14年に葛西処理場雨水放流水に臭素消毒が設置された。その後三河島処理場等にも設置され現在に至っている。

水質汚濁防止法の対象外である中継ポンプ所放流水については、国の「合流式下水道改善対策検討委員会報告書」において、

放流先水域の利用状況等を考慮して対処することとされた。下水道局はこれを踏まえ、特に病原性微生物等による公衆衛生上の影響への配慮が必要な水域（重要影響水域）に多摩川流域とお台場周辺水域の2水域を選定し、平成18年に矢口ポンプ所、平成19年に六郷ポンプ所に臭素設備を導入した。また、接触時間が確保できる両国、汐留第二ポンプ所には平成13年に、雑色ポンプ所には平成15年に次亜塩素酸ナトリウムによる消毒設備を設置した。なお、ポンプ所からの放流水についてはポンプによる攪拌効果が利用できるため原則として接触時間が5分以上とれる場合は次亜塩素酸ナトリウム消毒を、それ以下の場合は臭素消毒を採用することとした。

臭素消毒技術は、粉体である臭素系消毒剤を適正量供給し、溶解水で混合・溶解しながら未処理下水等の放流水路上流等に注入し、放流水路自体を反応槽として使用して、未処理下水等中の病原体の消毒を行うものである。（図3-4-1、図3-4-2）

### 3.4.3 今後の動向

都は東日本大震災の被害を受け、平成24年8月に「地震・津波に伴う水害対策に関する基本方針」を策定した。下水道局はこの基本方針を踏まえ「下水道施設の地震・津波対策整備計画」を策定した。この中で消毒は揚水、簡易処理、放流とともに震災時においても必ず確保すべき機能を担う施設と位置づけられ、塩素接触槽の耐震化が計画されている。これに留まらず、薬品タンク、薬品供給機や薬品供給配管など設備の耐震化・耐水化の向上を図ることが必要である。

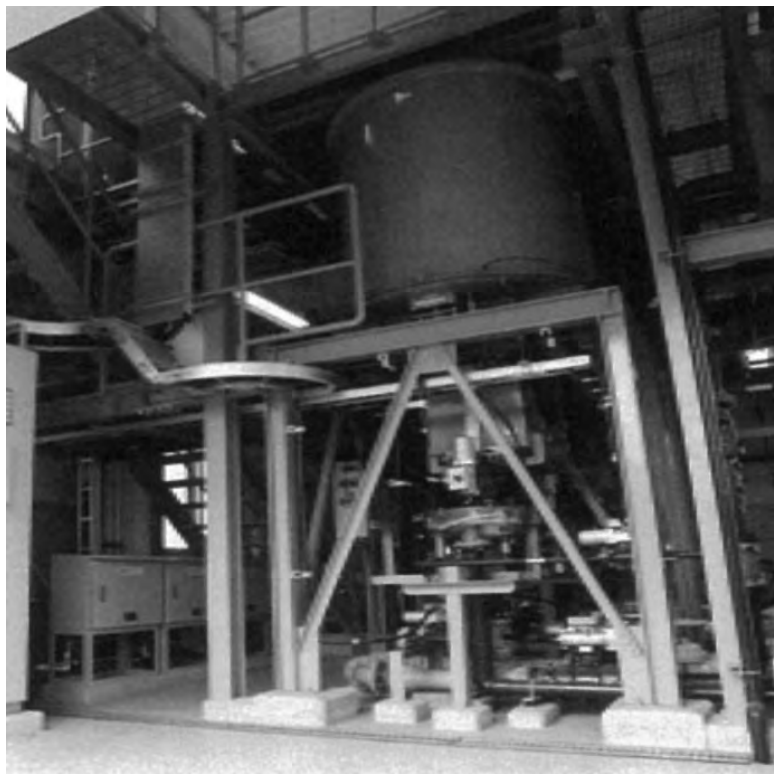


図3-4-2 消毒剤供給機の外観



# 第4章 送風機設備

## 4.1 送風機設備の歩み

現在の下水処理の要は反応槽において微生物の働きを活用する活性汚泥法である。その際、下水に酸素を供給することが必要となるが、昭和30年代頃までは、シンプレックス式またはパドル式といった機械式エアレーションであった。しかし都市化が進み、より効率的な水処理ということで標準活性汚泥法が採用され、酸素を連続的に供給する設備として送風機が導入され、以後、送風機は下水処理における基幹設備として全ての水再生センターに導入されている。

曝気用送風機としては、鋳鉄製多段ターボブロワと鋳鉄製歯車増速単段ターボブロワ、小容量機種ではロータリーブロワが一般に採用されている。

東京都においても、運転制御範囲が広く、起動時・停止時の放風運転を必要としない鋳鉄製多段ターボブロワを多くの水再生センターで導入している。鋳鉄製歯車増速単段ターボブロワは鋳鉄製多段ターボブロワに比べて部分負荷運転時の効率が高いというメリットがあり、一部水再生センターにて導入している。

曝気用ターボブロワの風量制御方式は、昭和40年代頃に、それまでの吸込み弁の開度調整による風量制御方式からインレットベーンによる風量制御方式を導入することにした。インレットベーン制御は、ブロワ機内の空気入口部に設けたベーンの開度を調整して風量を調整すると共に、羽根車の回転方向の旋回流を作ることによって運動エネルギーのロス削減し、部分負荷運転時の消費電力を従来の吸込み弁制御から大幅に抑制することができる。

また、昭和50年代頃には、曝気用ターボブロワの安心・安全な運転を目的にオイルタンク・給油ポンプ・オイルクーラ・配管弁を全台共有としていた集中給油装置方式から1台毎とする個別給油方式へと切り替え危険分散を図った。さらには送風機の運転制御においても空気倍率制御から、反応槽系列毎のDO制御による風量調節弁制御と、空気本管圧力一定制御によるインレットベーンや吸込み制御のカスケード制御に変更し、反応槽内の処理状況に応じた風量とすることで送風機による消費動力削減も図ってきた。

## 4.2 送風機設備

東京都の事務事業全体の約42%の温室効果ガスを下水道局が排出し、その内30%強が水処理に伴う電力使用によるもので、その大部分を送風機で消費している。(図4-2-1、図4-2-2、図4-2-3)

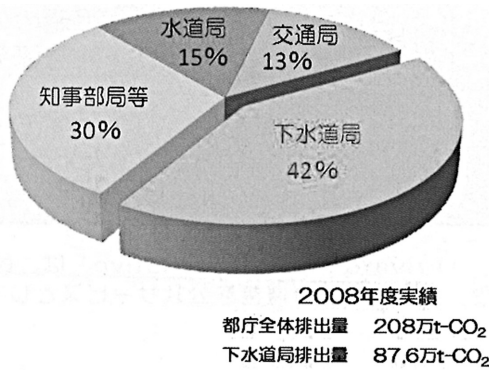


図4-2-1 東京都の事務事業活動の局別温室効果ガス排出量の割合

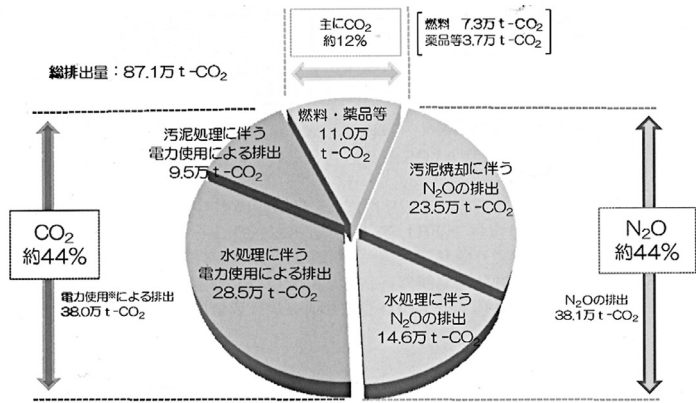


図4-2-2 温室効果ガス排出量の内訳（2009年度見込値）

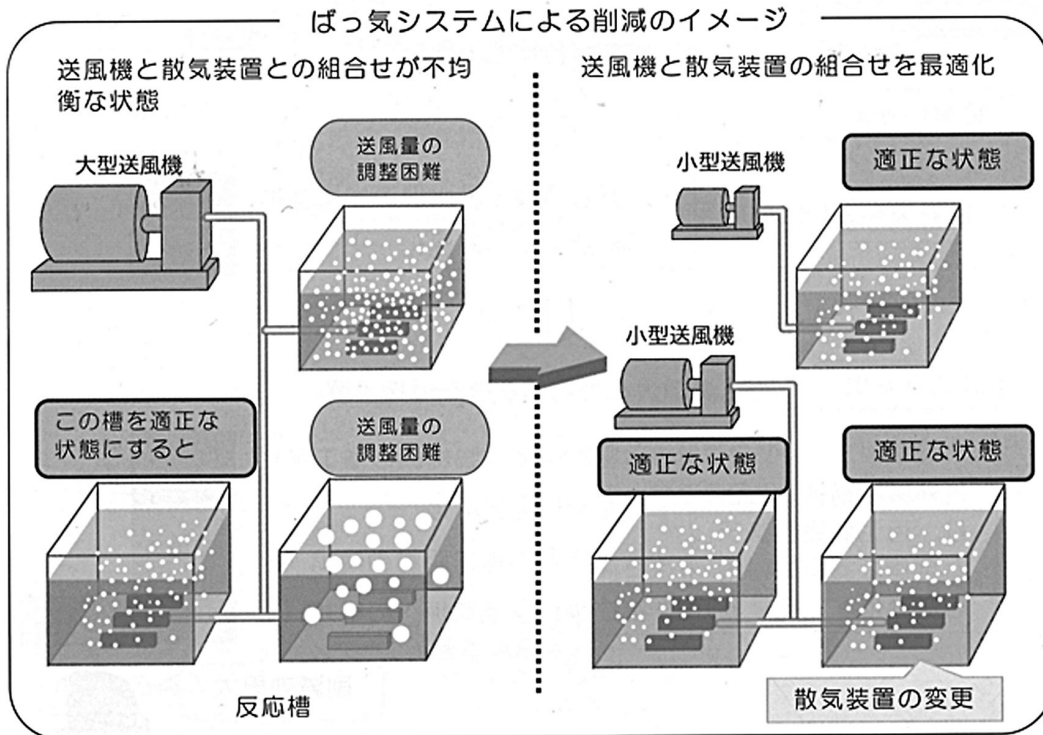


図4-2-3 曝気システムによる温室効果ガス削減のイメージ

送風機による消費電力削減に向け、送風する方式を、全体一括送風から個別送風（送風機の分散設置方式）へ改善を行っている。反応槽の散気設備を系列毎に再構築する際に、酸素移動効率の高い散気設備にするとともに、その散気設備が高い酸素移動効率を発揮できるように従来の散気水深より深く（4.5 m⇒5.5 m）設置し、これに対応するため送風機を既設送風機とは別に設ける方式である。分散設置方式の送風機は、送風機室でなく、管廊等に設置するため、以下の条件を満たす必要がある。

- ・設置台数が制限されるので風量制御範囲が広く、風量制御範囲以下の場合でも放風運転により連続運転が可能なこと
- ・消防法の危険物規制対象外であること
- ・冷却水等の補機が不要であること
- ・小型、軽量であること



これらの条件を満足する機種として、電動機直結型単段ターボブロワ及び鋼板製小型多段ターボブロワが導入されている。

電動機直結単段ターボブロワは、磁気軸受または空気浮上軸受により軸受部を機械的に非接触に保ちながら羽根車が高速回転するもので、潤滑油及び冷却水が不要な送風機である。

但し、単段ターボブロワであるので、起動時・停止時用として放風設備が必要となる。

鋼板製小型多段ターボブロワは、非水冷の油浴式自己潤滑方式として補機類不要としている。鋼板製小型多段ターボブロワの場合は、流入水量の変動幅及び台数の関係如何では放風設備を不要とすることも可能である。

### 4.3 低圧力損失型逆止弁

従来、送風機用逆止弁は水用を使用していたので、流体が空気であることから、送風機定格運転時にも弁体の自重により、全開とならず大きな圧力損失を生じていた。

そこで、最近では、近年開発された定格運転時のみならず低風量域でも全開となる低圧力損失型逆止弁を導入している。(図4-3-1)

低圧力損失型逆止弁の導入により、送風機運転による消費電力の約1%の削減を図れると推察できる。

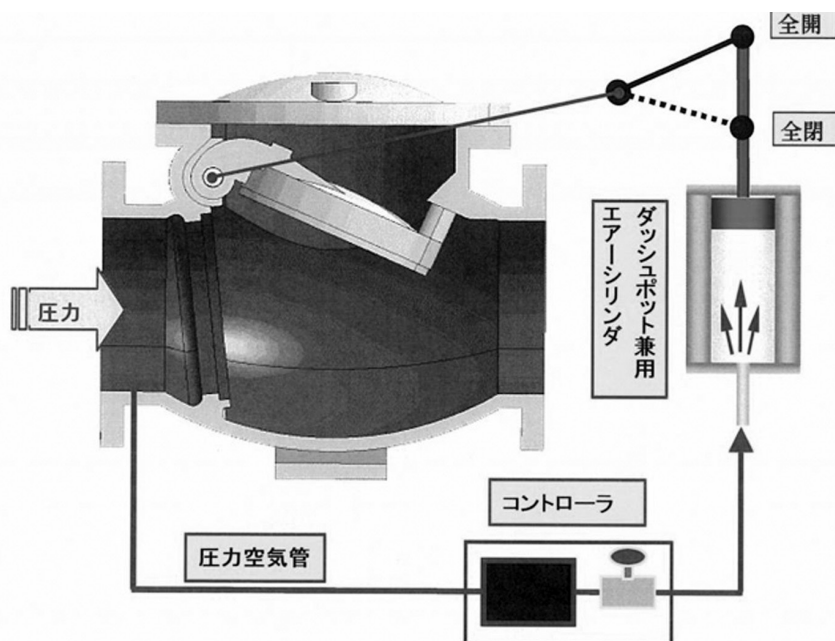


図4-3-1 低圧力損失型逆止弁の一例

### 4.4 送風量制御の改善

これまでのDO一定制御は、目標DO濃度となるように送風量を制御するもので、流入水量等が安定した条件下では送風量の無駄は少ないが、DOによるフィードバック制御のため、急激な負荷変動時にはDO変動後の対応となり遅れが生じるので、常に余裕を持った設定とする必要があった。

そこで、D回路のDO濃度とC回路のアンモニア濃度の両方を指標とする、アンモニア+DO制御を一部水再生センターに導入した。本制御は、反応槽C回路内のアンモニア濃度に応じD回路のDO設定値を自動的に変化させる制御であり、これまでのDO一定制御のように余裕を持たせた運転が不要であり、送風量を低く抑えることが可能な制御である。

## 4.5 今後の動向

更なる温室効果ガス削減に向けた取り組みとしては、会員企業と東京都下水道サービス(株)で開発した「潤滑油の温度を従来より高くする潤滑システム」の導入が期待される。本システムは、油温の制御により潤滑油粘度を低下させ、軸受部の摩擦抵抗の低減による電力量削減を目指す技術で、実機による検証によると約1%の削減が見込まれる。

また、今後もさらに酸素移動効率の高い散気設備が開発されることも予測される。その際に、現状の分散設置方式により水処理系列毎に異なる散気設備に対応するのか、従来の効率の高い大型送風機による集約型を活用し、必要な圧力が異なる水処理系列には増圧ブロワを設けるといったシステムとするかも検討が要される。

加えて、近い将来発生すると言われる首都直下地震等の大震災、これに伴う津波等に対しても、ライフラインの機能維持や、早期に機能が回復できる対策を講じておかなければならない。送風機設備においては、送風機本体のズレ防止の確実な施工や天井走行クレーンの落下防止策、さらには、万一管廊内が浸水した事を想定して、空気の浮上による損傷防止策等も講じておくことが望まれる。

# 第5章 汚泥濃縮設備

## 5.1 汚泥濃縮設備の歩み

汚泥濃縮は、次に続く汚泥処理プロセスの小型化及び効率性を助長するため、汚泥性状を変えることなく含水率を下げ、容積を減少させるプロセスで、重力濃縮法に加え、汚泥の沈降性悪化に伴い加圧浮上濃縮法、造粒調質濃縮法、遠心濃縮法等が検討され、余剰汚泥単独もしくは水再生センター間のネットワーク送泥の混合汚泥に対して使用されて来た。

この10年間では、都下水道局において汚泥処理の効率化や省コスト化を目的として省エネルギー型の汚泥濃縮機のニーズが発現し、ハニカム濃縮機（回転円盤式濃縮機）や大型回転ドラム型濃縮機の技術開発が行われた。

更に、京都議定書の平成17年発効に対応して都環境確保条例が改正されたが、これに先駆けて都下水道局は下水処理のあらゆる過程で生じる温室効果ガスの削減を目指しアースプラン2004、2010を策定した。これに基づき汚泥濃縮機も更なる省エネルギー化を進める検討が行われた。濃縮機メーカーでは既に多様な技術展開が進められており、葛西水再生センターの濃縮機械設備の再構築も近づいていたため、平成22年度に下記の条件を満たすことを前提に技術の公募を行い、設定した目標を満足するか否かの確認が行われた。なお、既に省エネ性能の確認されている上述の2機種は確認不要で対象からは除外されている。

### 応募条件

次の2項目をいずれも満たしていること

- ・ 公共下水道、流域下水道施設への、処理能力30m<sup>3</sup>/時以上の納入実績
- ・ (財)下水道新技術推進機構の審査証明等を得ているか、(地法)日本下水道事業団の平成22年度機械設備標準仕様書に記載されている規定を満足

### 達成目標

都下水道局水再生センターから採取した混合汚泥及び余剰汚泥に対し下記を目標とした。

- ・ 濃縮汚泥の平均濃度は4.0%以上とし、固形物回収率は95%以上
- ・ 使用する凝集剤は高分子凝集剤とし、添加率は平均で0.4%以下
- ・ 省エネの条件として、従来の遠心型より動力を7割以上削減

### 結果

ベルトろ過濃縮機（ステンレスベルト型1機種、樹脂ベルト型3機種）、差速回転型スクリー濃縮機1機種ともに設定した目標を達成し省エネ型汚泥濃縮機として承認された。

## 5.2 効率的な汚泥処理技術としての省エネルギー型汚泥濃縮機

### (1) ハニカム濃縮機（回転円盤式濃縮機）

ハニカム濃縮機は、高分子凝集剤を用いて数 mm ～数十 mm にフロック化した汚泥を、開口率が高い新素材スクリーン（ハニカムスクリーン）を立ててに配列した濃縮機構によりろ過することで、効率的に固液分離を行う機械である。

ハニカム濃縮機は試作1号機（バッチ式簡易型）で平成11年に新河岸処理場において余剰汚泥を対象に、平成12年に砂町処理場で下水スカムを対象に行い基礎実験を行っている。その後、試作2号機（処理能力  $5\text{ m}^3/\text{時}$  試験機）で平成13～14年に砂町処理場で実験を行っている。さらに東京都下水道局の「ノウハウ+フィールド提供型共同研究」として新河岸水再生センターにおいて、平成16年2月～平成17年3月の長期に亘って試作3号機（処理能力  $20\text{ m}^3/\text{時}$ ）の実験機により共同研究を実施している。この共同研究により回転円盤式濃縮機を濃縮新技術として承認している。（図5-2-1、図5-2-2）

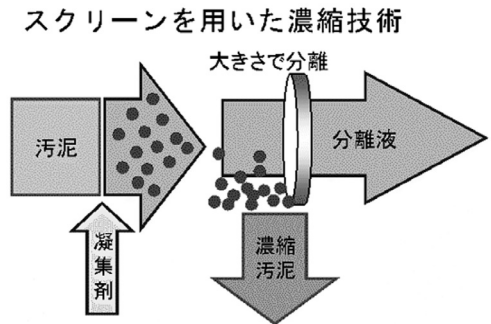


図5-2-1 ハニカム濃縮機の原理



図5-2-2 ハニカム濃縮機の外観（ $20\text{ m}^3/\text{時}$ ）

### (2) 大型回転ドラム型濃縮機

大型回転ドラム型濃縮機は凝集混和槽で調質された汚泥が本体に流入し、本体内部のドラム型スクリーンの回転により、固液分離されながら、内部に設けられた送り羽根により排出側に送られ濃縮される。また、スクリーンの目詰まり防止のために洗浄が行われる。

大型回転ドラム型濃縮機は平成16年9月～平成18年3月の長期に亘って処理能力  $30\text{ m}^3/\text{時}$  の実験機により共同研究を実施している。この共同研究で目標を達成したことにより回転ドラム型濃縮機を濃縮新技術として承認している。（図5-2-3）

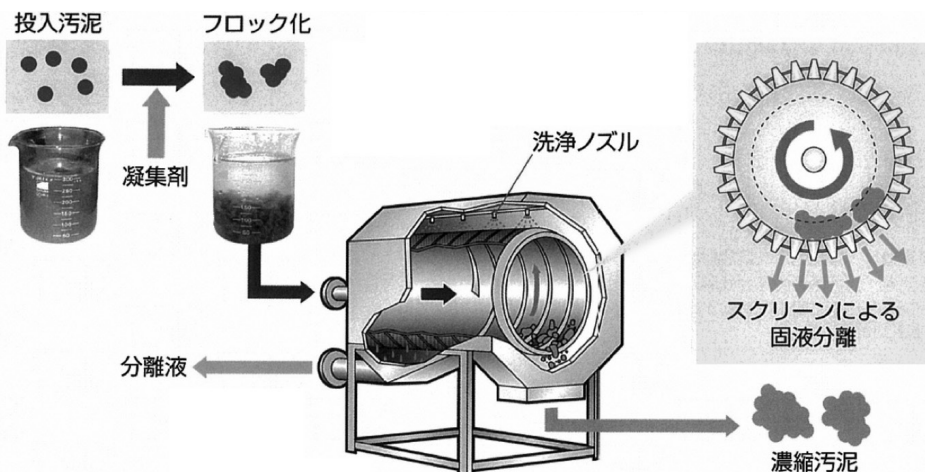


図5-2-3 大型回転ドラム濃縮機の原理



## 5.3 アースプラン2010に基づく省エネルギー汚泥濃縮機

### (1) ベルト型ろ過濃縮機

ベルト型ろ過濃縮機は、下水汚泥に高分子凝集剤を添加し、走行ベルトにより所定の濃度まで濃縮するもので、ろ過機本体、凝集装置、整流装置、ベルト洗浄装置、動力制御盤より構成され、構造がシンプルで省スペースが特徴である。

高分子凝集剤で凝集された汚泥は、走行するベルト上に投入された後、排出側へ移送される間の短時間に濃縮汚泥濃度4%以上へ濃縮される。ベルト上には、濃縮促進装置が設置されており、濃縮効果を高めている。ベルトのリターン側では連続的にベルトの洗浄を行っている。標準性能は高分子凝集剤添加率0.3%程度で、濃縮汚泥濃度4%以上、SS回収率95%以上であり、加圧浮上濃縮や遠心濃縮に比べ高い性能を発揮する。

ベルト型ろ過濃縮機は、加圧浮上濃縮や遠心濃縮に比べ、構造が簡単で設備動力が小さいため「省エネルギー・低炭素型濃縮機」であるとともに、イニシャルコストが安い他、電力費、薬品費、補修費を加えたランニングコストも低減するため「低コスト型濃縮機」であるといえる。さらに、ベルト型ろ過濃縮機は、基本対象汚泥が余剰汚泥であるが、初沈汚泥でも混合生汚泥でも問題なく性能を発揮することが可能である。(図5-3-1)

ステンレスベルト型ろ過濃縮機は、平成6年頃、濃縮汚泥濃度が薄いため容量が増え、消化槽で処理できなくなり、最初沈殿池汚泥は直接脱水が必要な事態にまでなっていたA市での需要が原型となっている。重力濃縮槽に代わる各種の濃縮方法を模索したが、低予算の中では実現させることが不可能であり、濃縮過程を一種のろ過とイメージしてステンレスベルトでろ過で行う技術が開発された。(図5-3-2)

平成13年度には国土交通省から「新世代下水道支援事業・新技術活用型」の採択を受け、(財)下水道新技術推進機構との研究を経て平成17年度「日本下水道事業団標準仕様書」に採用(ステンレスベルト)されている。

ベルトはステンレス製線材を網目に編み、網目に生じた空隙を利用してろ過性能を高めること、汚泥フロックが流出しないこと、洗浄効果が高いものとしている。またスクレーパーを用いて働き返しを行う事で難濃縮性汚泥に対しても安定した性能が発揮できるよう工夫されている。

一方、樹脂ベルト型ろ過濃縮機はポリエステルまたはポリエチレン樹脂の幅広ベルトを用いるため、回転駆動部やフレームの軽量化を行う事が出来、低動力を実現している。

また軽量の樹脂ベルトは、安価であると共に取り扱いが容易で、維持管理性に優れている。ベルトの編み目が細かいため、微細な凝集フロックを捕捉出来ることから、凝集剤の抑制を図る事が出来る。スクレーパーを用いて働き返しを行う事で難濃縮性汚泥に対しても安定した性能が発揮できるよう工夫さ

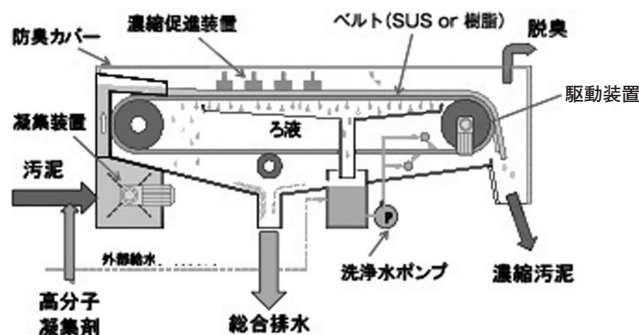


図5-3-1 ベルト型ろ過濃縮機構造図

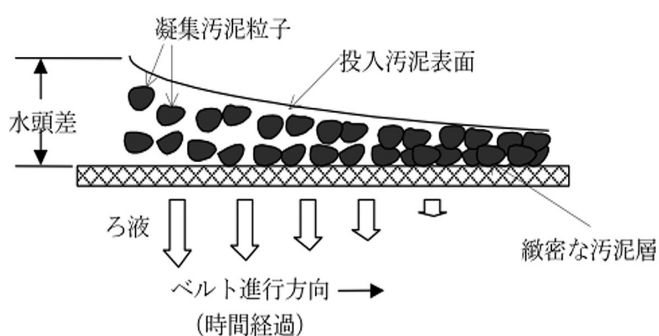


図5-3-2 ろ過濃縮の概念

れている点は各種の樹脂ベルト型やステンレスベルト型に共通の工夫である。

大まかにいえばステンレスベルト型はろ過能力・耐久性が優れているという長所があり、樹脂ベルト型にはベルトが軽量・安価であるという長所があり、全国で見ると納入実績は平成24年度末で、ステンレスベルト約140台、樹脂ベルト約70台である。

東京都では、平成25年に東部スラッジプラント（ステンレスベルト、処理能力150m<sup>3</sup>/時）、葛西水再生センター（樹脂ベルト、処理能力150m<sup>3</sup>/時）に導入され、平成26年には多摩川上流水再生センター（樹脂ベルト、処理能力100m<sup>3</sup>/時）に導入される予定である。（図5-3-3）

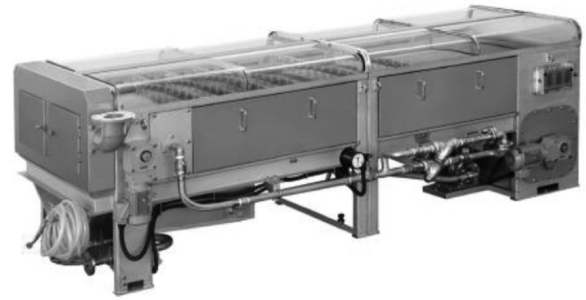


図5-3-3 ベルト型ろ過濃縮機の外観

## (2) 差速回転型スクリー濃縮機

ろ材となるSUS製円筒状パンチングプレート（スクリーン）と、その内部に配置されたスパイラル状の羽を持つスクリーが独立して回転する事で効率良くろ過する。スクリーンとスクリーは逆回転するため、スクリー羽根は汚泥を搬送するだけでなく、機器入口の急速分離ゾーンではスクリーン面の汚泥を掻き取る効果によって凝縮汚泥が圧密しろ過の進行を妨げる事を防止し、機器出口の部分では濃縮した汚泥を転動することで更に濃縮度を高める事に寄与している。

円筒の面積の多くの部分がろ過面積となり、洗浄工程も連続して行えるため、設置スペースがコンパクトであるという特徴がある。（図5-3-4、図5-3-5）

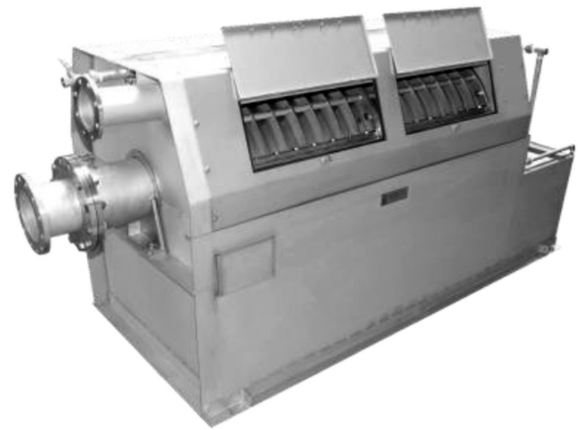


図5-3-4 差速回転型スクリー濃縮機の外観

## 5.4 今後の動向

以上述べたハニカム濃縮機（回転円盤式濃縮機）、大型回転ドラム型濃縮機、ベルト型ろ過濃縮機（ステンレスベルト型、樹脂ベルト型）、差速回転型スクリー濃縮機は、省エネルギー

という点については現在の下水道局の要求を満たしており、従来機器の再構築に伴い順次採用されていくものと思われる。各機場においては汚泥性状の違いや設置面積の制約等が異なり、各々に適合する条件によって最適な発注が行われると考えられる。

今後は、更なる低含水率化、エネルギー回収を目指す脱水+焼却システムとのマッチングや、ベテラン職員の減少も加速するため、省エネルギー、低コストに加え、平易な運転や維持管理の容易さも加味した改良がニーズとして示され、それに対応していくことが必要となると考えられる。

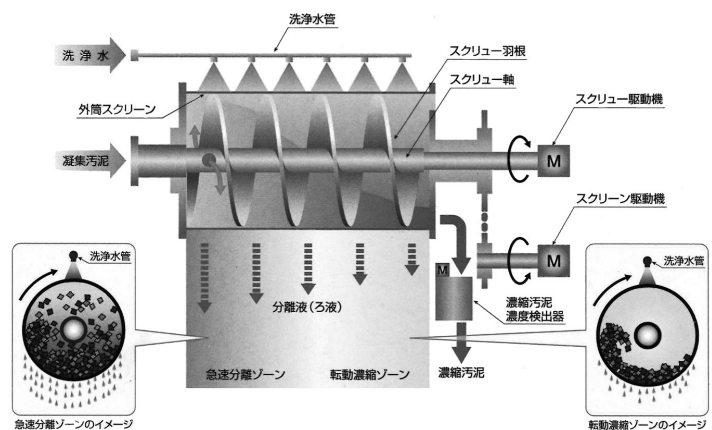


図5-3-5 差速回転型スクリー濃縮機の原理

# 第6章 汚泥脱水設備

## 6.1 汚泥脱水設備の歩み

東京都内で発生する下水汚泥は、平成23年度で区部が1日平均約18万7千 $\text{m}^3$ 、流域下水道本部では3万7千 $\text{m}^3$ 、発生しており全量を脱水処理・焼却し減量化のうえ再資源化、埋め立て処分がなされている。

下水汚泥の脱水は、昭和19年の汚泥天日乾燥床による肥料化に始まる。しかし臭気等が発生し苦情も多いことから、昭和33年に砂町下水処理場のし尿処理を対象としたヤングフィルター型真空脱水機が採用され、昭和35年には芝浦処理場に下水汚泥を対象としたオリバー型真空脱水機が導入されたのが最初である。その後、低含水率で補機が少なく維持管理性がよいことなどから加圧脱水機(フィルタープレス)が採用された。

これらの脱水機は汚泥調質に無機凝集剤が用いられていたが、昭和40年代に入り下水汚泥の性状が変化し、有機物が多く脱水が難しくなり、有機凝集剤を用いた遠心脱水機が新河岸処理場に、また昭和52年には北多摩1号処理場にベルトプレス型脱水機が導入された。

平成24年度末現在、東京都内の水再生センターで稼働している汚泥脱水機は、主にベルトプレス型脱水機と遠心脱水機であるが、平成20年代に入り地球温暖化対策の取り組みとして、省エネルギーの観点から二重円筒加圧脱水機およびスクリーンプレス型脱水機なども採用されている。

## 6.2 ベルトプレス型脱水機

ベルトプレス型脱水機は、砂町処理場で使用されていたオリバー型真空脱水機が更新時期を迎え、下水汚泥の難脱水化にともない無機凝集剤である石灰の使用量が増え、脱水ケーキ全体量が増加し、埋め立て地の限界などもあることから、有機凝集剤を用いたベルトプレス型脱水機が採用されることになった。その後、昭和50年代後半にかけ葛西・芝浦・小台の各処理場に導入され流域下水道でも昭和52年の北多摩1号処理場を皮切りに多摩川上流・清瀬処理場などに導入されている。

ベルトプレス型脱水機は2枚のエンドレス布を

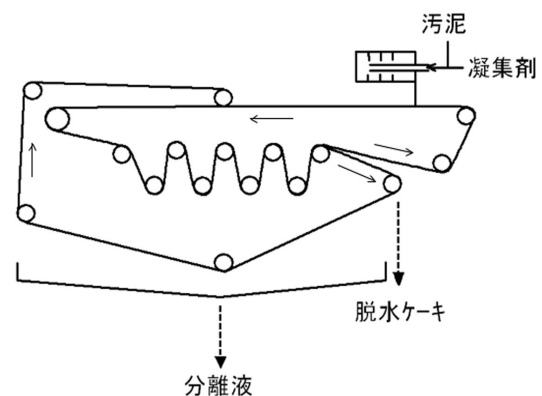


図6-2-1 ベルトプレス型脱水機の原理



使用し、重力ゾーン・圧搾ゾーン・せん断ゾーンの各工程で脱水する。(図6-2-1)

ベルトプレス型脱水機は、汚泥の性状の変化に対しても、高分子凝集剤の注入量やろ布走行速度、投入汚泥量の調整により比較的安定した含水率の保持ができる反面、汚泥中の硫化水素ガスによる臭気の発生や金属部分の腐食、ろ布やローラーの定期的な洗浄・交換が必要である。

### 6.3 遠心脱水機

遠心脱水機は、昭和51年にベルト型真空脱水機の更新にあたり新河岸処理場に初めて導入された。

遠心脱水機は、ボウルの形状の違いによりボウル部を円筒部と円錐部で構成されているデカンタ型とボウル部が全て円筒状である直胴型の2種類があるが、基本的な仕組みはボウル、スクリーコンベヤ、ギヤユニット等で構成され遠心力とスクリーコンベヤの圧搾力により脱水するもので、高速で回転する回転筒内には600Gから2,000G程度の遠心力を発生させている。(図6-3-1)

供給された汚泥は機内で高分子凝集剤と混合され凝集フロックを形成し、遠心力を受け固液分離される。固形物はスクリーコンベヤによりボウル部に送られ圧搾作用により脱水ケーキとして搬出される。(図6-3-2)

導入当初の遠心脱水機はスクリー部の摩擦、供給汚泥の夾雑物による閉塞などが見られたため摩擦対策として、交換可能なタングステンカーバイトチップの採用と、スクリーコンベヤ刃先から脱落しないようステンレス製のバックアッププレートに接着し、そのバックアッププレートをスクリーコンベヤ刃先に溶接するという技術が用いられた。

導入後、定期的にスクリーコンベヤ刃先の摩擦調査を行った結果、20,000時間以上の耐摩耗性があることが確認された。また回転筒内のスクリーコンベヤで固形物を搬送するときに、固形物搬送トルクと脱水ケーキ含水率に相関があることを利用し、固形物搬送トルクを差動用電動機の電流を計測し固形物搬送トルクが設定値となるように差速を変化させる差速機トルク一定制御装置を導入することで安定した脱水ケーキの含水率が確保できるようになった。

閉塞対策としては、前処理段階で除砂機や破碎機を設置することにより不具合を解消するとともに、回転筒停止後にスクリーコンベヤを逆回転させ固形物を排出できるようにしている。

遠心脱水機は汚泥性状が変動しても、差速回転数を制御することで比較的安定した脱水ケーキの生産が可能であり、また、自動運転、遠隔運転が容易で維持管理性もよいが、高速回転であるために騒音・振動が大きく停止に時間を要する。また高速回転による遠心力を得るために容量の大きな電動機が必要となるが、省エネルギーの高まりを受け1990年代に低動力型の高効率遠心脱水機が開発され運用されている。

低動力型高効率遠心脱水機の構成要素は従来の遠心脱水機と大きく異なるところはないが、分離液排出口の半径を小さくすることで流体の加速動力の低減化、構造上の工夫による低遠心力による脱水性能

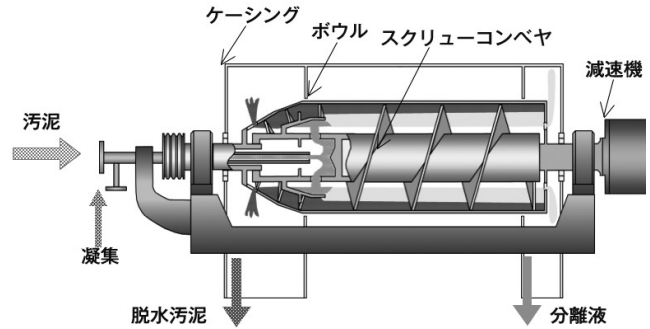


図6-3-1 デカンタ型遠心脱水機の原理

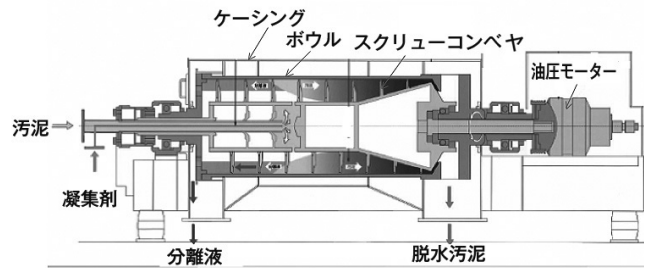


図6-3-2 直胴型遠心脱水機の構造





図6-3-3 デカンタ型遠心脱水機の外観



図6-3-4 直胴型遠心脱水機の外観

の向上など低動力化が図られている。また、主電動機や差速電動機の配置を工夫することで設置スペースの省面積化も図られている。(図6-3-3、図6-3-4)

遠心脱水機は、臭気対策が容易で洗浄水量が少なく維持管理も容易で、安定した脱水ケーキが得られることから、汚泥処理施設の再構築に合わせベルトプレス脱水機からの転換が進んでおり、現在、区部では東部スラッジプラント、葛西水再生センター、新河岸水再生センター、南部スラッジプラントなどに、流域では浅川水再生センター、多摩川上流水再生センター、八王子水再生センター、清瀬水再生センターなど40台以上が導入されている。

## 6.4 二重円筒加圧脱水機

省エネルギー、維持管理性の観点から開発された金属ろ材脱水機である。低速回転機器であるため、消費電力が少なく密閉構造であり臭気対策が容易である。

二重円筒型脱水機の構造は径の異なる二つの円筒型スクリーンとスパイラル板、スクレーパなどから構成されている。(図6-4-1)

脱水原理は、高分子凝集剤によりフロック化された調質汚泥が回転する内筒・外筒スクリーンの間に圧入され圧力が一定となるよう供給される。投入された汚泥は、内外筒スクリーンの両面でのろ過によ

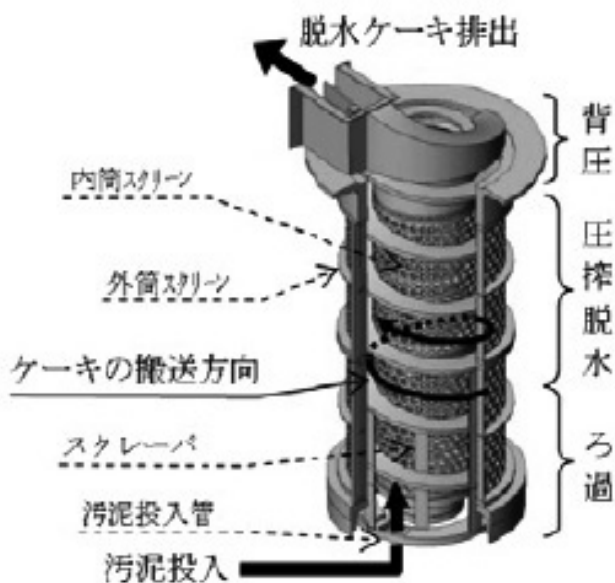


図6-4-1 二重円筒加圧脱水機の構造



図6-4-2 二重円筒加圧脱水機の外観

り濃縮が行われ回転する内外筒スクリーンとの摩擦力により搬送される。スパイラル板の干渉により、垂直方向の搬送力が生じ室内を巡回しながら上方へ搬送され固液分離が進行し、背圧板によりさらに圧搾力をかけられ脱水ケーキとして排出される。

特徴としては、低速回転機器であるため、騒音・振動がほとんどなく低動力である。

二重円筒加圧脱水機は、平成 19 年 7 月から平成 20 年 7 月までノウハウ+フィールド提供型共同研究として多摩川上流水再生センターで濃縮汚泥の脱水を対象として共同研究が行われ、平成 20 年 9 月の技術管理委員会で研究目標が達成されたとして承認されたものである。

平成 21 年度に葛西水再生センターに 2 台導入されその後、砂町水再生センター東部スラッジプラントで導入され稼働している。(図 6-4-2)

### 6.5 高効率型圧入式スクリープレス脱水機

構造が簡単で省エネルギー、維持管理が容易な脱水機として開発されたものである。基本的な構造は、ろ室である外筒スクリーン（濃縮スクリーン、脱水スクリーン）、汚泥に脱水力を与えるスクリー軸と一体となったスクリー羽、水分を調整するためのプレッサーから構成される。(図 6-5-1)

脱水原理は高分子凝集剤で調質された汚泥をスクリー軸の軸心より濃縮スクリーンに圧入すると、圧入圧力により濃縮が行われるとともにスクリー羽により脱水スクリーン部に送られ脱水スクリーンのろ過・圧搾部で圧搾脱水され、最終部ではプレッサー装置による背圧とスクリー羽により圧搾されるとともに羽のせん断力も加わり加圧脱水され、プレッサー装置の押圧板を押しつけ脱水ケーキとして排出される。

特徴としては、低速回転のため騒音、振動が少なく低動力で、脱水のための機器運転の立ち上げ、停止までの時間が短いことがある。平成 21 年度に濃縮工程で高分子凝集剤を使う造粒濃縮設備が導入されている清瀬水再生センターに導入され稼働している。(図 6-5-2)

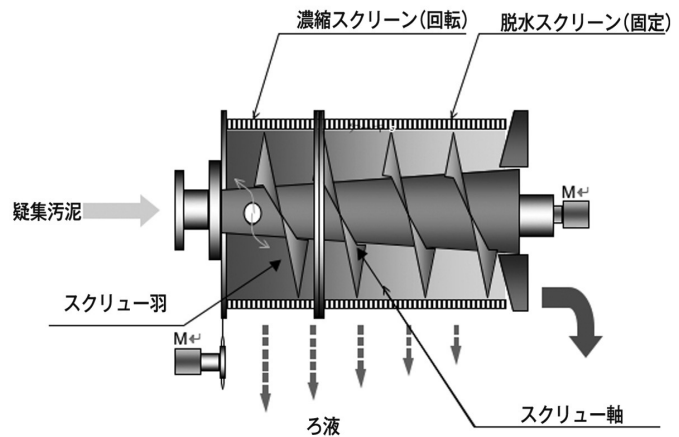


図 6-5-1 圧入式スクリープレス脱水機の構造



図 6-5-2 高効率型圧入式スクリープレス脱水機の外観

### 6.6 回転加圧脱水機

回転加圧脱水機は、ベルトプレス脱水機、遠心脱水機と比較して 1 台当たりの設置面積が少なく、軽量で消費電力が少なく維持管理が容易でシンプルな構造が特徴である。構造は、2 枚の金属円盤フィル

第 1 章

第 2 章

第 3 章

第 4 章

第 5 章

第 6 章

第 7 章

第 8 章

第 9 章

第 10 章

第 11 章

資料

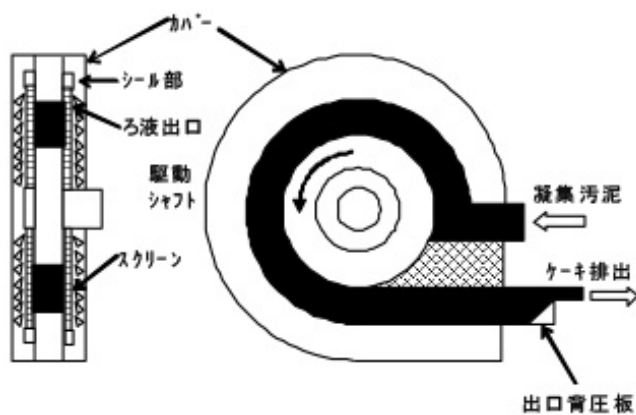


図6-6-1 回転加圧脱水機の構造



図6-6-2 回転加圧脱水機の外観

ターと外輪及び内輪スペーサでろ室を構成されている。(図6-6-1)

脱水原理は2枚の金属円盤フィルターで構成される回転する密閉されたろ室内に高分子凝集剤で調質された汚泥を圧入するとろ過が行われ、金属円盤フィルター表面でケーキ層が構成され、ケーキ層によって固形物の捕捉がなされ流動性を失い、金属円盤フィルターの回転力によるせん断力と空気ばねの背圧により圧搾され脱水ケーキとして機外に排出される。

金属円盤フィルターの径を小さくし背圧機構を水平駆動から縦駆動に変更し、脱水性能を向上させた高効率型回転加圧脱水機も開発されている。現在、東京都では採用事例はないものの、埼玉県の新河岸川水循環センターや北坂戸水処理センターをはじめとして全国の中小の下水処理場を中心に稼働している。(図6-6-2)

## 6.7 今後の動向

東京の下水道は、都内で消費される電力の約1%を消費し、排出される温室効果ガスは東京都が行う事務事業の約43%を輩出している。このような状況のなか、東京都下水道局では、アースプランを策定し2020年度末までに下水道事業から排出される温室効果ガスを2000年度比で20%以上削減することを目標に、その実現に努力している。また、計画を着実に進め高水準の下水道サービスを実現するために、技術開発推進計画2010を策定し創造的かつ先駆的な技術開発を行い事業に活用していくこととしている。

また、平成25年2月には経営計画2013が策定されて、汚泥処理関係では、汚泥処理工程で使用する電力の約4割を占める濃縮・脱水のための電力量や薬品使用量を削減し、約3割の省エネ化を図ることとし、さらに汚泥を低含水率化することで汚泥の自然を活用し補助燃料量の削減を掲げている。現在、平成25年8月から平成27年2月までを研究期間として「超低含水率脱水機」の共同研究が進められている。

このように汚泥脱水機には、省エネルギー化と低含水率化の両方が求められており、この期待に応えるべく汚泥脱水機各メーカーは下水道局と共同で技術開発に取り組んでいる。





# 第7章 汚泥焼却設備

## 7.1 汚泥焼却設備の歩み

汚泥焼却設備は、汚泥中の有機物を燃焼し灰にすることによって、汚泥を衛生的に減量する設備である。東京都下水道局の汚泥焼却設備の技術的変遷は、昭和42年の小台処理場の100 t／日多段焼却炉の採用とその大型化、排ガス処理施設の改良と高度化及び昭和48年の南多摩処理場の20 t／日流動焼却炉の採用と大型化、省・創エネルギーの流れである。

多段焼却炉は、鋼板製シェルに耐火材を巻いた10段程度の炉床があり、その中心のセンターシャフトにラブルアームを取り付けて、炉床ごとに脱水ケーキを掻き寄せて上段から下段へと乾燥、燃焼、冷却させるものである。特徴は、燃費が少ないこと、安定性、柔軟性に富み、過負荷対応に強く運転が容易なこと、起動・停止に時間がかかること等、である。(図7-1-1、図7-1-2)

流動焼却炉は、円筒形炉内にけい砂を入れて炉の下部から熱風で炉内を700～800℃の高温流動状態とし、その中に脱水ケーキを投入し、瞬間的に乾燥粉碎させて迅速かつ完全に燃焼させるものである。焼却灰は、排ガスとともに排出されて、サイクロンで回収される。(図7-1-3)

特徴は、炉内に機械部品がなく、シンプルな構造であること、炉出口の排ガス温度が750～800℃と高温のため発生する臭気が、酸化分解されること、流動床の蓄熱容量が大きく間欠運転が容易なこと、燃焼用空気が少ないこと等、多段焼却炉にない利点がある。

大型化や省エネルギー化が年々進んだが、一歩進んだ創エネルギーにも取り組んできた。平成9年に東部

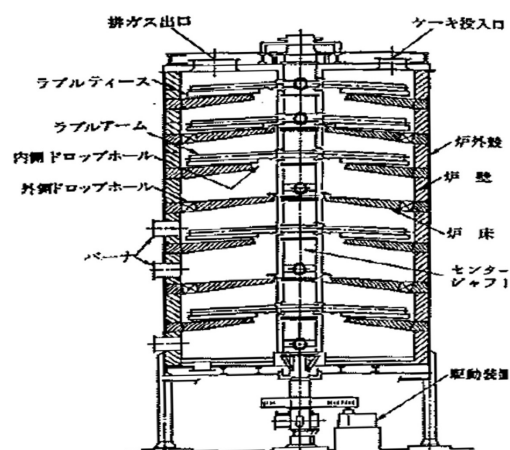


図7-1-1 多段焼却炉の構造

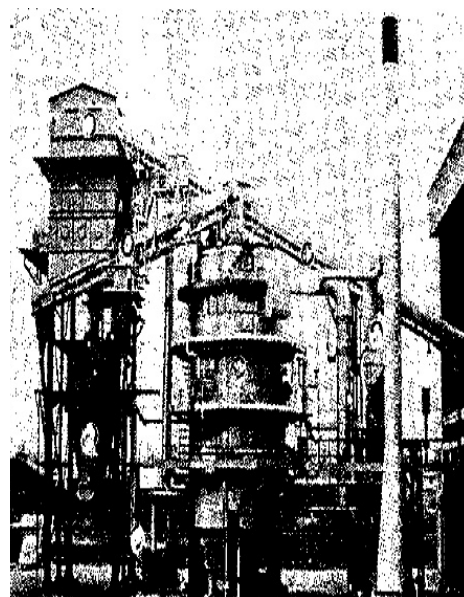


図7-1-2 多段焼却炉の外観

スラッジプラントで、焼却炉後段に設置した廃熱ボイラーを使用した蒸気タービンにより 2,500 kW の蒸気発電を始めた。

排ガス処理装置は、ダイオキシン類対策特別措置法の施行に伴い「サイクロン、乾式電気集塵機、スクラバー、湿式電気集塵機」から、「冷却塔+バグフィルターまたはセラミックフィルター、スクラバー」となり、維持管理も容易になってきている。

## 7.2 焼却温度の高温化

下水処理では大量のエネルギーを使用するとともに、処理の過程で多くの温室効果ガスを排出している。中でも、下水汚泥の焼却過程などで発生する  $N_2O$ （一酸化二窒素）は、地球温暖化係数が二酸化炭素の 310 倍であり、東京都下水道局の事業から排出される温室効果ガスの中でも大きな割合を占めている。これまで東京都下水道局では、平成 16 年 9 月に策定した地球温暖化防止計画「アースプラン 2004」に基づき、汚泥焼却炉における燃焼温度をそれまでの  $800^{\circ}C$  から高温化し、 $850^{\circ}C$  で焼却する高温焼却に取り組んで、 $N_2O$  排出量を大きく削減してきた。

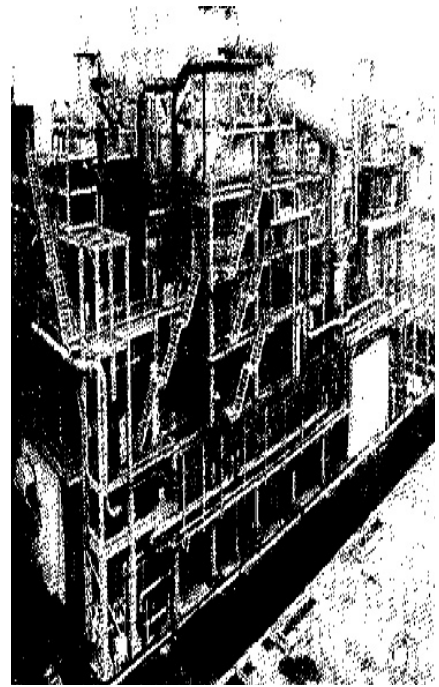


図 7-1-3 流動焼却炉の外観

## 7.3 カーボンマイナス東京10年プロジェクト、アースプラン2010に対応する焼却設備

東京都では 2006 年に「10 年後の東京」を策定し、2000 年を基準として 2020 年までに東京都全域で 25% の温室効果ガスの削減を目標とした「カーボンマイナス東京 10 年プロジェクト」を実施している。東京都下水道局は、東京都の事務事業活動で排出される温室効果ガスの約 4 割を排出しており、削減目標の達成に向けて、大幅な温室効果ガス排出量の削減を求められている。東京都下水道局では、下水道機能の高度化等に伴い温室効果ガス排出量の増加が見込まれる中、環境確保条例を遵守し、都の温室効果ガス削減対策の先導的な役割を担うため、「アースプラン 2010」を策定し、温室効果ガス排出量を 2020 年度までに 2000 年度比で 25% 以上削減することとした。このため、温室効果ガス削減効果の高い新たな燃焼方式を採用した第二世代型焼却炉を開発・建設した。

### (1) 多層燃焼流動炉

従来型の流動焼却炉の改良技術であり、燃焼用空気を砂層部だけでなく、フリーボード部にも振り分けて送ることで、複数の燃焼ゾーンを形成させ、 $N_2O$  の生成を抑制すると共に分解を行う技術である。本技術は、「二段燃焼による温暖化対策技術の開発に関する簡易共同研究」として研究開発された。(図 7-3-1)

仕様は、炉内最高温度は  $850^{\circ}C$  以上、フリーボード上部は  $850^{\circ}C$ 、燃

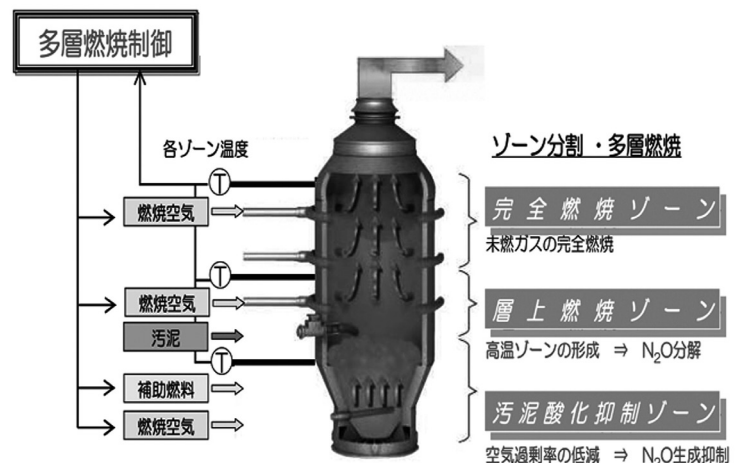


図 7-3-1 多層燃焼流動炉の構造

焼排ガスは850℃、助燃用熱風は650℃程度である。また、容積負荷率は105～250万kJ/m<sup>3</sup>・時、水分負荷率は50～280kg/m<sup>3</sup>・時、空塔速度は、0.5～1.2m/秒である。

基本的に燃焼方法以外は、従来型流動焼却炉と同様である。砂層部では、空気供給量を低減させ、汚泥中の窒素分の酸化を抑制することでN<sub>2</sub>O生成を抑制する。一方、フリーボード部では、二次、三次空気を供給することで、砂層部で生成された未燃ガスを完全燃焼する。これにより、高温ゾーンが形成され、砂層部で生成されたN<sub>2</sub>Oを熱により分解する。積極的にN<sub>2</sub>Oの排出量を抑える運転と、N<sub>2</sub>Oの排出量を高温焼却同等に抑えながら燃費低減を図る運転が選択可能で、その間を狙ったバランス型運転も可能である。

平成25年には、南部スラッジプラント、新河岸水再生センターと東部スラッジプラントで稼働している。

## (2) ターボ型流動炉

排ガスを有効利用し、過給機のタービンを駆動し、圧縮された燃焼空気を炉内へ供給する。これにより誘引ブロワが不要となり流動ブロワも立ち上げ時のみの運転となるため、使用電力が大幅削減される。また、圧力下の燃焼により、従来よりも高い高温領域が形成され、N<sub>2</sub>Oの分解が促進されるとともに、設備のコンパクト化が図れ、放熱量が減少することで燃料使用量が削減可能となる。

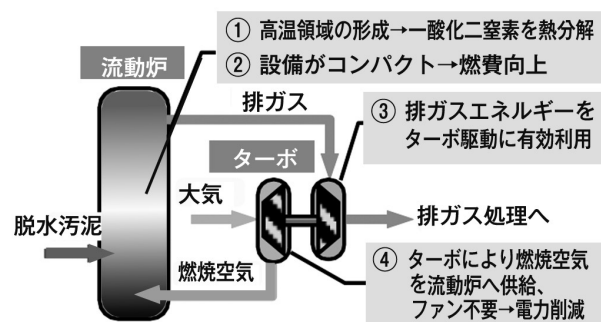


図7-3-2 ターボ型流動炉の構造

このターボ型流動焼却システムは、平成17～19年度の新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）補助事業である「都市バイオマス収集システムを活用するためのエネルギー転換要素技術開発」において開発された技術である。東京都下水道局では、この技術を活用し「簡易提供型共同研究」により、東京都の脱水汚泥への適用性と温室効果ガス排出量の削減効果を検証した。（図7-3-2）

仕様は、炉内最高温度は870℃程度、フリーボード上部は850℃、燃焼排ガスは850℃、助燃用熱風は650℃である。また、容積負荷率は250～500万kJ/m<sup>3</sup>・時、水分負荷率は300～500kg/m<sup>3</sup>・時、空塔速度は0.8～1.0m/秒である。

流動状態は、基本的に気泡流動と同様である。圧力下では、炉内の燃焼と伝熱が促進されることから炉床熱負荷、砂層での許容水分負荷を大きくすることができる。

炉本体は、通常気泡流動炉の約40%の容積となる。

平成25年には、浅川水再生センターで稼働を開始し、葛西水再生センターと新河岸水再生センターで建設中である。

## (3) 汚泥炭化炉

汚泥炭化炉は、下水汚泥の有機分に着目しバイオマス資源である下水汚泥を資源化し、石炭火力発電所の石炭代替燃料として利用する施設であり、温室効果ガス排出量削減と資源化に寄与する技術である。

本技術は、脱水汚泥を乾燥機

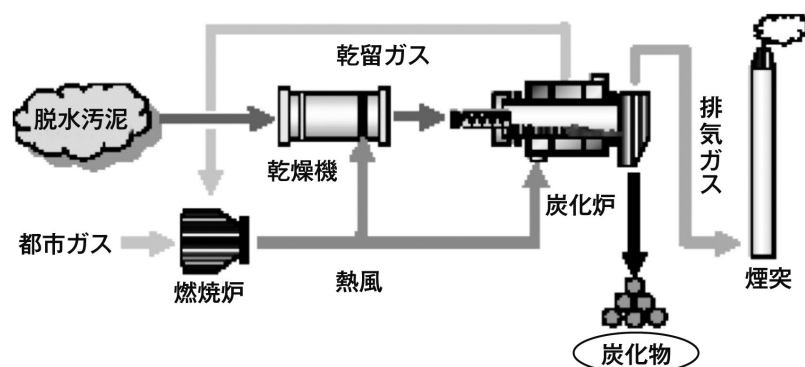


図7-3-3 汚泥炭化炉のフロー



で乾燥し、低酸素状態の炭化炉で蒸焼きにして炭化させる。その過程で発生した熱分解ガスは、燃焼炉で燃焼させ、その廃熱を乾燥機及び炭化炉の熱源として有効利用を図っている。温室効果ガス排出量は、東部スラッジプラント流動焼却炉の実績と比較して大幅に削減が可能である。(図7-3-3)

泥炭化施設の設計、建設、維持管理及び運営は、東京電力(株)グループのバイオ燃料(株)に一括委託され、受託事業者は20年間の事業期間中に製造した炭化物を全量買取り、東京電力へ販売する。

仕様は、炭化炉温度は平均600℃程度、燃焼炉温度は950℃程度である。また、東部スラッジプラント4号炉300t/日(100/日×3系列)の平成20年度炭化物平均発熱量実績は、13,456kJ/kg(LHV-wet)である。

#### (4) 汚泥ガス化炉

汚泥ガス化炉は、従来の汚泥焼却炉の様に下水汚泥を酸素雰囲気の中で完全燃焼させるのではなく、有機分の全てをガスとして回収するもので、低酸素雰囲気の中での還元状態で下水汚泥を熱分解・ガス化するものである。残渣(タール、チャー)とともに改質炉で発電に使用する燃焼

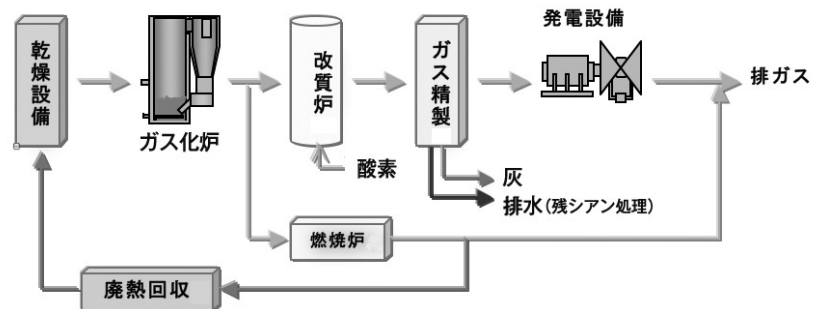


図7-3-4 汚泥ガス化炉のフロー

ガス(一酸化炭素、水素)のみを部分改質することにより、扱いの容易なガスに変換させる。生成した可燃性ガスは、汚泥の乾燥とガスエンジンによる発電に利用される。熱回収炉では約900℃の高温で燃焼するため、N<sub>2</sub>Oの大幅な削減が可能となっている。仕様は、ガス化炉温度は、850℃程度、改質炉温度は、1,000℃程度である。

汚泥ガス化炉は、清瀬水再生センターで平成22年7月より稼働しており、南多摩水再生センターで現在建設中である。(図7-3-4)

## 7.4 今後の動向

汚泥焼却炉から発生する温室効果ガスの削減は、さまざまな工夫がされてきたが、電力使用に起因するCO<sub>2</sub>排出量は横ばい状態であり、さらなる削減が課題となっている。

そこで、東京都下水道局では、超低含水率型脱水機とエネルギー自立型焼却炉を組み合わせた、エネルギー自立型焼却システム(第三代型焼却システム)を開発し導入するとしている。このシステムは、汚泥中の水分量を一層削減することで汚泥が燃焼しやすくなり炉内温度の上昇が容易になるため、炉を加温するための補助燃料が不要となるとともに流動空気予熱が少なくて済む。更に有効活用できる焼却排熱が増加するので、これを活用し発電を行い電力の自給を図るもので、コストの縮減とCO<sub>2</sub>排出量の削減が図れる。

加えて、大規模停電時には継続的な汚泥処理に寄与することも期待できる。



# 第8章 受変電・自家発電設備

## 8.1 受変電・自家発電設備の歩み

下水道の電気設備は、大正11年に運転開始した三河島污水処分場に始まる。電気設備は下水道施設から発生する腐食性ガス等、下水道特有の環境への対応や、浸水被害防除のため雨水ポンプを確実に稼働すると同時に、安全性、保全性、信頼性の高い電気設備の確立に向けて、たゆまぬ努力を行ってきた。

受変電設備の大きな進歩は、昭和30年代に入って産業の発展により需要電力量の増加に伴い、電力損失の削減、安全性及び信頼性の向上、省面積化等のため電圧の昇圧、受電方式の多様化、受変電設備及び配電設備の高度化がある。これは安全面を最優先した絶縁技術の研究・開発によるところが大きい。

これにより、空気を絶縁体とした気中絶縁開閉装置から、SF<sub>6</sub>（六フッ化硫黄）ガスを絶縁媒体としたガス絶縁開閉装置（GIS）が主流となり、大型の開閉装置からコンパクトで保守性や安全性に優れた開閉装置となった。さらに最近では、温室効果ガス削減のため、絶縁媒体をガス（SF<sub>6</sub>ガス）から乾燥空気にするなど環境対応の設備が導入されている。

自家発電設備においては、電力会社から停電等で送電が停止した時に、ポンプ所では雨水ポンプ用電源に、処理場では、雨水ポンプ用電源及び最小限の水処理用電源を確保するために設置するもので、当初、ディーゼルエンジンを原動機とした発電機を設置してきた。

その後、生活水準の向上や都市化の進展に伴う汚水量、雨水流出量の増大等とともに、雨水ポンプ用電動機も大容量となった。このため、発電機については、原動機として単機大容量の航空機転用エンジン（ガスタービンエンジン）が採用されるようになり、単機容量25,000kVAといった大容量発電機が導入されてきた。

しかしながら近年では、国産の産業用ガスタービンが6,000kVAまでカバーされてきたため、中容量の範囲にもディーゼルエンジンに代わって、冷却水不要なガスタービンが導入されるようになった。

## 8.2 受変電設備

### （1）特別高圧受電設備

雨水ポンプ電動機の大容量化に伴い、ポンプ所や水再生センターの需要（契約）電力が大きくなり、受電電圧も22kVに加え66kV、154kVが採用されるようになり、受変電設備も大型化してきた。しかし近年では、GIS（SF<sub>6</sub>ガス絶縁開閉装置）の採用により機器の縮小化が図られている。

154kV受電は、砂町水再生センターと新河岸水再生センターの2カ所で採用されている。平成22年に砂町水再生センターの大型のコンクリートクラッド式（気中絶縁開閉装置）の受変電設備がコンパ

クトなGIS（三相一括形、円筒形）に再構築されたが、新河岸水再生センターでは昭和53年以来、コンクリートクラッド式が現在も稼働している。（図8-2-1）

66kV級では、機器の縮小化、保守省力化、安全性等の面から、近年では、GISが主流となっている。GISの形態には、相分離形、三相一括形（円筒形、キュービクル形）などがあるが、現在では、三相一括形（円筒形、キュービクル形）が主流である。

ガス絶縁開閉装置に絶縁媒体として広く使用されているガスは、CO<sub>2</sub>の23,900倍という高い地球温暖化係数を有する。そこで、「脱SF<sub>6</sub>ガス」として乾燥空気や固体絶縁物による絶縁技術の採用により機器の縮小化と環境負荷低減を実現している。キュービクル形乾燥空気絶縁開閉装置が、平成23年に南多摩水再生センターに導入された。（図8-2-2）

なお、C-GISは、角形低ガス圧力容器に収納されているガス絶縁開閉装置で、外観が角形である意味から、Cubicleの頭文字のCをとって、C-GISの略称を用いているものが一般的である。

22kV級では、従来、気中絶縁方式が用いられてきたが、近年では、設置面積が少なく、外部環境の影響を受けにくい、三相一括形ガス絶縁開閉装置（キュービクル形）のGISを採用する例が増えている。

しかし、特高配電盤を主変圧器と同部屋に設置するなど、スペースメリットが見出せない場合は、気中絶縁キュービクルが採用されている。

## （2）高圧受電設備

高圧受電設備は、当初は開放形の気中絶縁開閉装置が用いられてきたが、近年では、ほとんどが気中絶縁式の閉鎖配電盤となっている。

高圧用遮断器としては古くは油入遮断器、空気遮断器、磁気遮断器も用いられたが、現在では、オイルレス化により6kV級では真空遮断器が採用されている。

高圧受電設備は、小規模ポンプ所で採用されているが、水再生センター、ポンプ所全109カ所の受電設備の内、47カ所（43%）は高圧受電設備である。今後、小規模ポンプ所の狭い敷地での既存の高圧受電設備の更新を考慮すると、よりコンパクトな縮小キュービクルが望まれるであろう。

## （3）高圧変圧器

改正省エネルギー法により、2006年油入変圧器、2007年モールド変圧器の高圧受配電用変圧器が高効率化されることになった。この基準をクリアした変圧器をトップランナー変圧器と呼び、新設機場の高圧変圧器に導入されるようになった。



図8-2-1 砂町水再生センター 154 kV受電設備



図8-2-2 南多摩水再生センター 72kV乾燥空気絶縁C-GIS

これは、エネルギー消費の抑制、地球温暖化防止を目指して、1979年に「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法・省エネルギー法）が制定された。また、1999年の改正省エネルギー法により「エネルギー消費効率の向上と普及促進」を目的にトッランナー方式が導入された。

このトッランナー方式には、従来から冷蔵庫やエアコンなどの家電品や乗用自動車を対象となっていたが、我々の生活に欠かせない電気を目的の電圧に変換するため、大量に使用されている変圧器が、産業用機器としてはじめて対象機器に指定された。

変圧器の電気エネルギー変換効率は98%を越えているが、社会全体の変圧器総容量に見合う損失に着目して、高効率化の実現に向けた動きとなった。

下水道施設における高圧変圧器の負荷となる低圧動力電源（400 / 200 V）、照明電源（200 / 100 V）などは、下水道機能を発揮、維持するために必要不可欠な電源である。このため、各機場に必ず設置されている高圧変圧器の総容量は大きく、より広範囲で高効率化を図ることが省エネ、地球温暖化への環境対策のうえでも重要である。また、2014年にはトッランナー判断基準が見直され、さらなる効率化が進む。今後も、電気設備の再構築や高圧変圧器の更新にあわせて導入が見込まれる。（図8-2-3）



図8-2-3 トッランナー変圧器の設置状況

## 8.3 自家発電設備

### (1) 産業用ガスタービンの採用

これまで、発電機用の原動機には、ディーゼルとガスタービンがあるが、単機容量が10,000 kVA以上の場合、航空機転用形のガスタービンが用いられてきた。

10,000 kVA未満の場合は、ディーゼルが多いが、最近になって国産産業用ガスタービンが6,000 kVAまでカバーされていることから、冷却水の不要なガタービンが用いられてきている。ガスタービンが導入されてきている水再生センター、ポンプ所43カ所の内、23カ所で産業用ガスタービンが採用されている。（図8-3-1）



図8-3-1 明石町発電機（3,000 kVA産業用ガスタービン）搬入工事中

### (2) 燃料の多様化

ガスタービンの使用燃料には灯油が用いられてきたが、大震災時の燃料供給体制を考慮し、灯油単独から灯油・都市ガス併用型のデュアルフューエル式発電機が、中川水再生センターで導入されようとしている。（図8-3-2）

都市ガスを燃料として供給する場合は、都市ガスネットワークの中圧からガス圧縮機で昇圧してからガスタービン燃焼器に供給する必要がある。また、ガス圧縮機の冷却塔が必要となるため、このための設置スペースを確保することとなる。



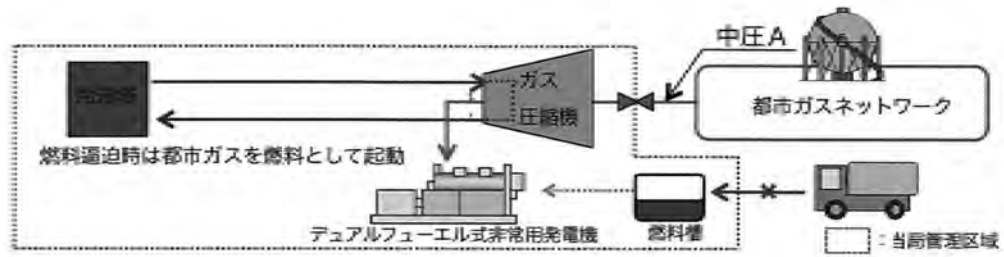


図8-3-2 デュアルフューエル式発電機イメージ

### (3) 簡易設置型電源ユニット

発電設備は、一般的に環境対策や騒音対策のしやすさから発電建屋内に設置している。しかしながら、ポンプ所等の狭い敷地の中で発電設備の増設やリニューアルとなると建屋スペースの確保が困難な場合がある。

このため、パッケージタイプのガスタービン発電設備に吸気フードや排気消音器と排気フードを取り付けた外部防音パッケージで覆った、簡易設置型電源ユニットが導入されてきている。外部パッケージによりエンクロージャは二重構造となり、排気消音器も特殊設計で超低騒音化され、機側1mで騒音規制値をクリアできている。

また、パッケージ化されたユニットのため、現地工事期間の短縮も図れる。

#### 1) 羽田ポンプ所簡易設置型電源ユニット

平成22年に羽田ポンプ所に設置された簡易設置型電源ユニットは、トレーラに搭載された移動式であり、通常は屋外定置式として運用するが、リニューアル工事の長期仮設や他機場での発電設備長期故障時に、所定の手続きを行うことで移動用電源車として活用することができる。

また、屋外に設置することから地域社会との調和や設備イメージアップのため、地域の小学生たちが下水道設備を題材にして描いた絵を、発電設備のパッケージ部に貼り付けている。(図8-3-3)



図8-3-3 羽田ポンプ所簡易設置型電源ユニット (トレーラに搭載された移動電源車)



図8-3-4 隅田川台船からの電源ユニットの搬入 (排気フード、燃料タンクが船上)



図8-3-5 クレーン船による発電ユニットの搬入





図8-3-6 発電ユニットの設置（排気フード部分が未設置）



図8-3-7 敷地境界に隣接した防音壁

## 2) 町屋ポンプ所簡易設置型電源ユニット

平成25年に町屋ポンプ所に設置された簡易設置型電源ユニットは、ポンプ所内の車両による搬入ルートが確保できないため、隅田川から台船により運搬し台船クレーンで吊り上げ、ポンプ所内の発電機ヤードに設置した。（図8-3-4、図8-3-5、図8-3-6）

町屋ポンプ所のガスタービン発電機設置場所は、敷地境界に隣接しており、騒音規制への対応のため、低騒音パッケージの採用と併せ、防音壁を設置している。（図8-3-7）

# 8.4 NaS電池

## (1) NaS電池の構造

NaS電池は、負極としてナトリウム（Na）、正極として硫黄（S）を使用し、電解質としてナトリウムイオン伝導性を持つ固体電解質のベータアルミナセラミックスを使用している。300℃付近で充放電をおこなう高温作動型二次電池である。（なおNAS電池という表記は、東京電力と日本ガイシの登録商標である）

NaS電池は、1967年米国のフォード社が基本原理を発表。米国、欧州、日本で研究開発が進められてきた。1984年からは東京電力-日本ガイシで共同研究、実証・評価が進められ、2002年から事業化されている。（図8-4-1）

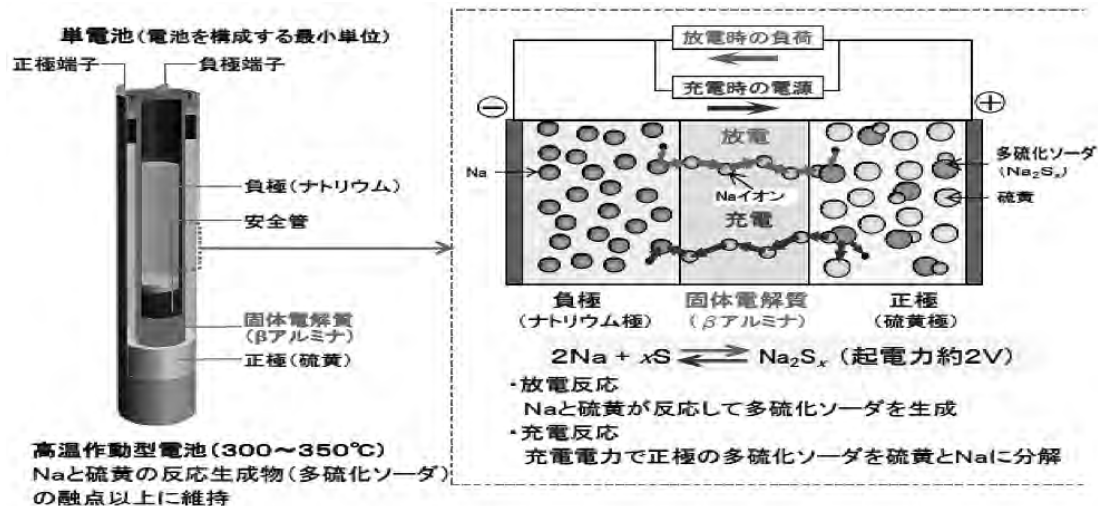


図8-4-1 NaS電池の動作原理と構造（単電池）

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料

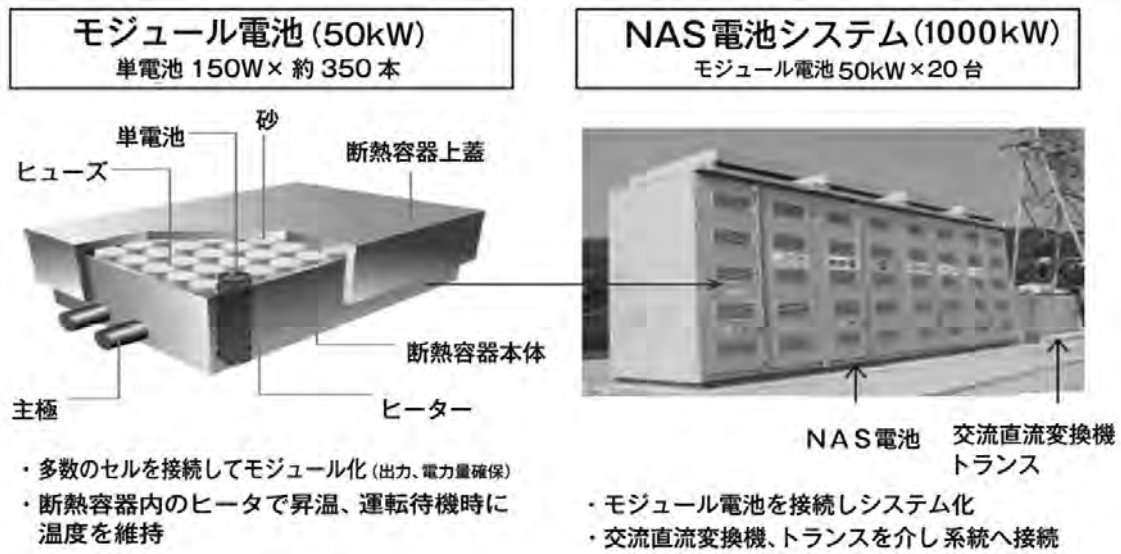
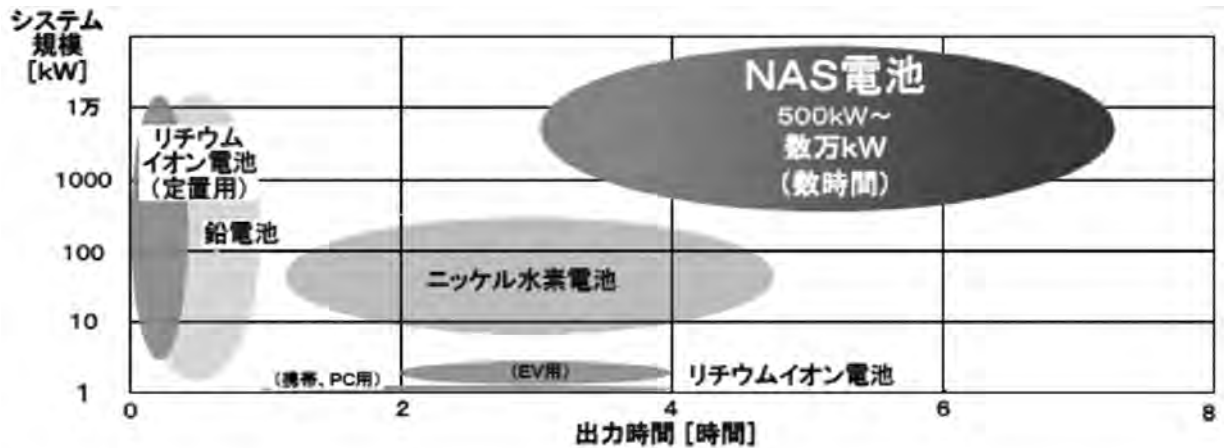


図8-4-2 NaS電池の動作原理と構造 (モジュール)

NaS電池は、多数の単電池を接続してモジュール電池化し、これを単位として、NaS電池システムを構成している。(図8-4-2)

(2) NaS電池の特徴

NaS電池は、鉛電池の約3倍の高いエネルギー密度を持つコンパクトな大容量型蓄電池である。(図8-4-3)



	NAS	リチウムイオン	鉛 長寿命型	ニッケル水素
システム規模 (納入実績あるもの)	大 200MWh	中 32MWh	中 10MWh	小 0.1MWh
コンパクト性	小(コンパ外) 10m <sup>3</sup> /MWh	中 15m <sup>3</sup> /MWh	大 20m <sup>3</sup> /MWh	大 50m <sup>3</sup> /MWh
期待寿命	長 15年	中 10年	長 17年	短 7年
システム 価格	電気量当り (kWh当り)	低	高	中
	出力当り (kW当り)	中	低	高

図8-4-3 NaS電池の特徴 (他の2次電池との比較)

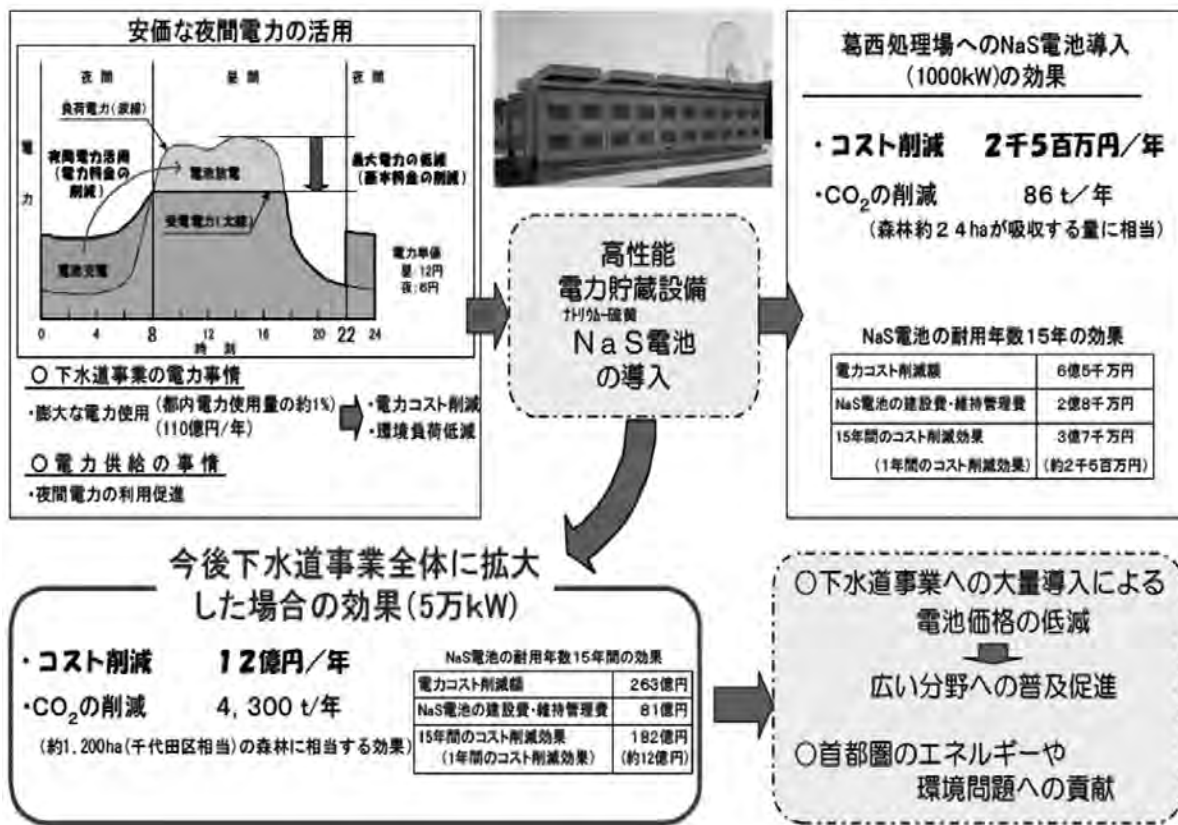


図8-4-4 葛西処理場で高性能電力貯蔵設備(1,000 kW)が12月稼働

### (3) 水再生センターにおける導入効果

平成13年12月、葛西処理場において、1,000 kWの電力貯蔵設備が稼働した。実用施設で稼働するのは、全国で初めてのことで、東京に発電所を設けたのと同じ効果が得られます、と発表されている。

水再生センターに流入する下水の量は昼間が多く夜間は少ないことから、使用電力のピークは昼間に発生する。契約電力は使用量のピークにあわせた契約となるため、使用量が多いほど契約料金は高くなる。

NaS電池で受電電力量が平準化されることにより、契約電力料金が削減できるとともに、夜間の電気料金の安い時に充電し、昼間の高い時に放電することで使用電気料金も削減できる効果がある。

また、NaS電池に化石燃料比率の低い夜間電力を充電し、昼間に使用(放電)することにより温室効果ガスを削減でき、葛西水再生センターの1,000 kW電力貯蔵設備の稼働に伴い、CO<sub>2</sub>の年間削減量が86 tと見込まれていた。(図8-4-4)

その後、順次、水再生センターに導入が進み、区部の水再生センターには平成21年度末で18,000 kWの電力貯蔵設備が運用されている。また流域下水道本部の水再生センターには2,500 kWの電力貯蔵設備が運用されている。

平成23年3月の東日本大震災発生後、同年夏には電力需給がひっ迫し、昭和48年のオイルショック以来となる電気の使用制限令(電気事業法第27条)が発動され、契約電力500 kW以上の大口需要家について電気の使用制限が課された。

表8-4-1 NaS電池の設置状況

No	水再生センター名	規模 [kW]	設置年度
1	葛西水再生センター(1号)	1,000	平成13年
2	葛西水再生センター(2号)	1,000	平成15年
3	砂町水再生センター	2,000	平成17年
4	みやぎ水再生センター	2,000	平成18年
5	三河島水再生センター	2,000	平成20年
6	新河岸水再生センター	2,000	平成21年
7	森ヶ崎水再生センターPFI	8,000	平成16年
	区部合計	18,000	
8	南多摩水再生センター	500	平成20年
9	北多摩一水再生センター	1,000	平成19年
10	多摩川上流水再生センター	1,000	平成21年
	流域合計	2,500	



その際、N a S電池による電力貯蔵設備が設置されていた水再生センターでは、この設備の活用により電力の抑制に大きな効果を発揮し、電気の使用制限に的確に対応できた。(表8-4-1)

平成25年度から平成27年度の経営計画期間で、停電や電力不足に対応する自己電源の増強施策の一つとして、区部では中川水再生センターや浮間水再生センターなど11カ所で18,000kWの設置が計画されている。また流域下水道においても、電力不足時の下水道機能を確保するため、清瀬水再生センターなど4カ所で2,000kWの増設が計画されている。

これにより、水再生センターには、既設の設備とあわせて約40,000kWの電力貯蔵設備が整備されることになる。

加えて、N a S電池による電力貯蔵設備により、各水再生センターでの契約電力の低減が図られ、夏季のピーク時間調整契約による電力料金の節減に大きく寄与している。

今後、N a S電池による電力貯蔵設備は自己電源の増強という危機管理対応の役割も担っていくことになる。

## 8.5 今後の動向

受変電設備は、安定した下水処理の要となる設備であり、高い信頼性を確保しながら、高効率化や環境適合性、高機能化を達成してきた。

今後は、外部電源による電力供給の管理から、増強されるN a S電池による電力貯蔵設備や太陽光発電、小水力発電などによる分散電源、さらに、自家発電設備を含む内部電源との協調、電力の最適化管理が求められるものとする。

どこにどれだけの電力があるのか「見える化」を図り、施設全体で無駄なく電力を効率的に活用する電気エネルギーの「スマート化」を司る設備へと発展していくことを願うものである。

一方、大震災等の災害時に外部電源が失われた場合の対策も必要である。水再生センターなど機場ごとに応急処置や復旧の仕方が異なるが、最低限必要な電力を太陽光発電やN a S電池、自家用発電設備などの内部電源で賄えるようにしておくことも重要である。

発電設備は、停電時の電源確保のため、ポンプ所、水再生センターに設けるものであり、震災時の大規模停電を考慮し、すべての機場に設置するとしている。

また、発電設備は、非常時の運転に必要な最低限の電力を確保するとしているが、これまでの設計基準は社会情勢によって変化してきた。1970年頃の設計基準では、発電設備は揚水電力の1/2程度であった。したがって、このような機場においては現設計基準の揚水電力(汚水ポンプ予備機を除く)+ブローワー1台分を満たすような再整備が必要なものと考えられる。

しかしながら、機場によっては設置場所や搬入ルートが狭小であったりする。このような条件下においては、移動用電源車と定置式屋外型発電装置の機能を組み合わせた簡易設置型発電装置が一つの手段であると考えられる。

さらに、大規模停電時において必要最小限の水処理機能を確保した場合、水処理から発生する汚泥を適正に処理しなければならない。放流水質の確保や臭気などの環境対策の面から、汚泥処理への発電電源を確保しておくことも考慮が必要と思われる。

阪神・淡路大震災では、発電機補機の被害によりディーゼル発電機の稼働が不可能となったケースが多かった。また、東日本大震災においても自家用発電設備への燃料移送ポンプなどの補機類が浸水したため発電不能に陥った場合があった。補機類の少ないガスタービン発電機の採用や補機類を設置する場合の耐震性や耐水性を確保し、被害を軽減させることが重要と考える。



# 第9章 監視制御設備

## 9.1 監視制御設備の歩み

監視制御設備は、下水道処理プラントの水処理、汚泥処理等の目的に合わせて稼働させるため、下水道処理プラントを構成する多様な機械、電気設備を適時、適切に、機器とオペレータ（運転員）を結びつけるマンマシンインターフェイスである。

近年の下水道の全国的な普及と共に、処理施設の効率的な運営、作業環境の改善や維持管理費の抑制など社会的要請の高まりと、電気通信技術、情報処理技術の飛躍的進歩によって、急速な発展を遂げた。

この間、東京都下水道局の下水道施設も急激に整備され、平成6年に普及率100%概成を達成し維持管理の時代に入るとともに再構築の時代に入っている。

近年、「団塊の世代」と言われる職員が退職を迎え下水道職員の減少とともに運転員の減少により、各ポンプ所の無人化と遠方制御が必然となってきており、監視制御設備についての見直しが必要となってきている。

昭和30年以前は、処理場、ポンプ所の各機器の運転は機側の操作盤で行い、監視制御設備は受変電と主要機器の操作盤と主要機器の計器盤の構成であった。

昭和30年から40年代には集中化時代が進められ、中央監視室が設けられるようになりベンチボード型監視制御盤が採用された。

その後、電子計算機が導入されデータログとメッセージタイプライターの制御装置の導入とグラフィックパネル表示の制御が行われた。

電子計算機を制御用に導入した当初は、ハードおよびソフト面で技術的未熟なところがあって、初期トラブルが多く、不安の残るものであったが、昭和50年代に入ってデジタル技術の開花とともにDDC（Direct Digital Control）分散制御システムが採用され監視制御設備では、大型グラフィックパネルとCRTモニターと操作卓の組み合わせになり、下水道施設のイメージを大きく変えた。

平成を迎えるころには、光ファイバーケーブルを用いた遠方監視制御も始まり、多くのポンプ所では省スペース及び省エネルギーの観点から大型グラフィックパネルからミニグラフィックパネルとCRTモニターそしてキーボードを一体化した監視制御卓が主流になった。

光ファイバーケーブルについては、従来の公社線に比べ極端に高速で、多量の情報伝達が可能で、電磁誘導の影響が少なく長距離伝送が可能であるため、特別な理由がない限り遠方監視制御装置に採用され、さらに処理場内等の場内制御LANにも採用されるようになった。

平成10年頃には、IT技術の発展によりグラフィックパネルに代わって大型スクリーンと呼ばれるマルチスクリーンディスプレイとCRT（Cathode Ray Tube 陰極線管）に代わってFPD（flat panel

display：フラットパネルディスプレイ）のLCD（Liquid Crystal Display：液晶ディスプレイ）が採用されるようになってきた。

このころからビデオディスプレイを中心に監視制御設備は、ソフトウェアの変更で多様なプロセスに対応が可能で、拡張性に富み大型スクリーンや監視画面に映像と各種の情報を同時表示が可能となった。

## 9.2 監視制御設備

### (1) 監視制御システム

監視制御システムは、プラントの運転を監視制御と運転情報を処理するもので、現場操作盤からPI/O（Process I/O）盤、プロセスコントローラ、Ry盤等からなる運転操作設備と、中央の監視盤、操作卓、計装盤に監視コントローラからなる監視制御設備。さらに、情報処理設備として区分されるデータロギングコントローラとプリンターで構成する帳票作成装置などの管理・運用設備からなる。（図9-2-1、図9-2-2）

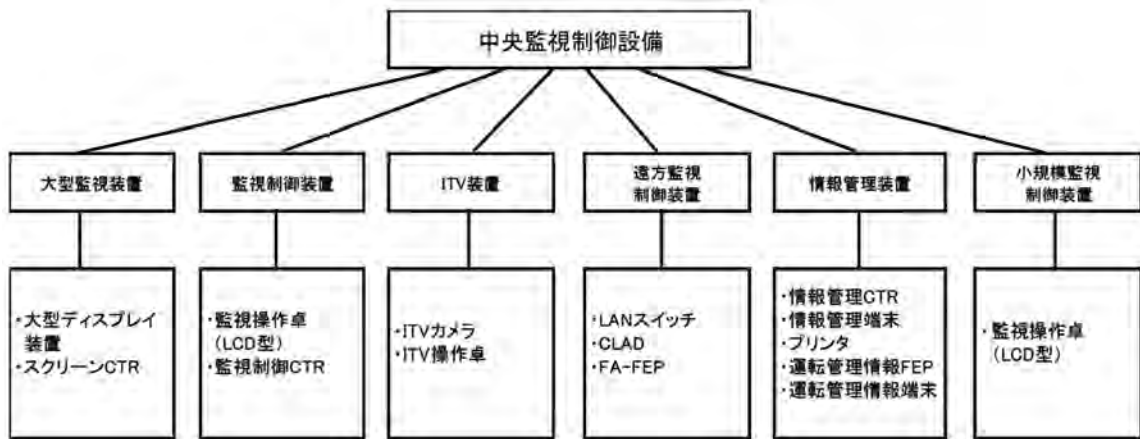


図9-2-1 監視システム概念図

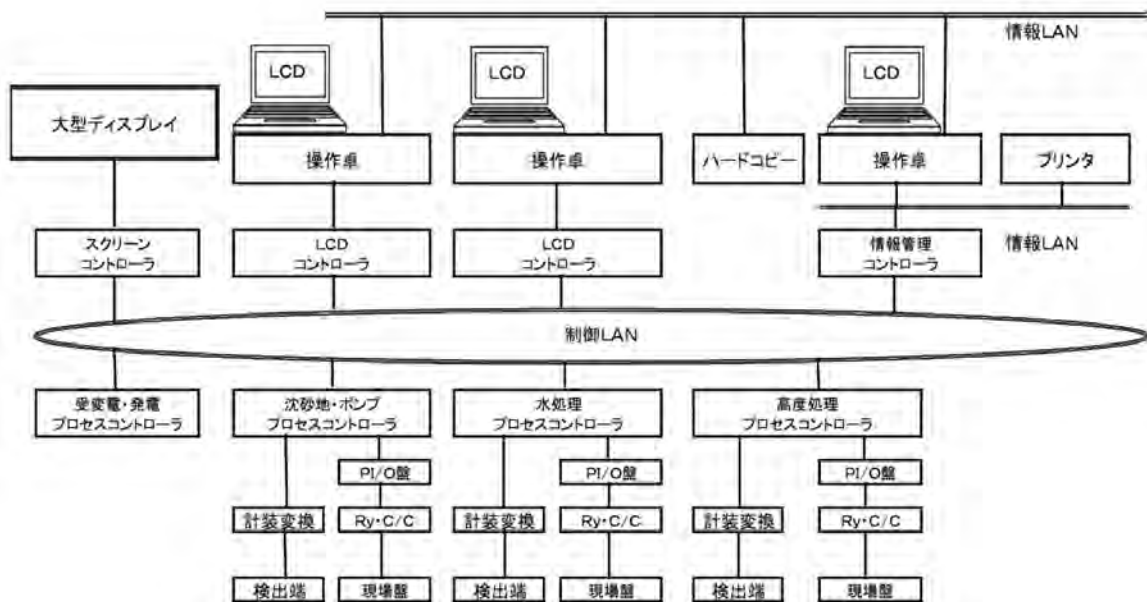


図9-2-2 処理場の監視制御システム構成例



図9-2-3 中央監視制御設備（砂町水再生センター）

&lt;パノラマ写真&gt;

この監視制御システムは安全かつ効率的なプラントの運転操作を行う設備で、維持管理費の低減、省力化、労務環境の改善及び作業性の向上等の目的で設置され、時代を追って変化してきている。

監視制御システムの制御方式については、施設の規模、施設の配置、処理方式、拡張性、維持管理体制に経済性等を考慮して選定される。

監視制御方式には、運転管理形態を主に考慮して、個別監視操作方式、集中監視個別操作方式、集中監視集中制御方式、分散監視分散制御方式、集中監視分散制御方式、と中央管理形分散監視分散制御方式が有り、何れかが選定される。

東京都下水道局においては、通常の処理施設では集中監視分散制御方式で、処理場等の遠方監視制御を実施している施設では、中央管理形分散監視分散制御方式が採用されている。

監視・制御の項目については、監視制御の形態、省力化や自動化及び運転管理の合理化の程度を考慮し、さらに将来計画と拡張性等についても考慮して選定される。

監視制御項目の主なものは、運転の状態表示や制御のための操作と設定の表示、そして処理過程の計測値の表示がある。また必要に応じて、I T V装置からの映像を監視制御項目に合わせて表示することができるようになってきている。制御とは別に、受変電、水処理等の計測値と故障及び運転の状態を情報管理装置に集め、記録するとともに帳票を作成する装置がある。

中央監視制御設備の例（図9-2-3）では、実際には写真の両サイドにも同様の設備が設置され、大規模な中央監視制御設備となっている。

## （2）遠方監視制御システム

遠方監視制御については、昭和41年ごろから自営多心ケーブルによって芝浦処理場と品川埠頭ポンプ所間で監視のみに使用されはじめ、昭和45年には平和島ポンプ所と鮫洲ポンプ所間で、監視制御が始まった。

そして、平成元年には後楽ポンプ所と湯島ポンプ所間の遠方監視制御に下水道光ファイバーケーブルが導入され、本格的に下水道光ファイバーケーブルが採用された。

その後、遠方監視制御設備については、ポンプ所施設の規模と製作会社により統一されていないことから、平成16年頃より工業用パソコンを使用した設備が導入され、その能力としては、最大入力点数DI：3,000点程度で始まったが、被遠制ポンプ所の規模によって入力点数が、わずかに超える場合に複数台の設置で対応するものや、大型の監視制御設備能力を抑えて設置するさまざまな対応を行っている。

入力点数がDI：500点未満の場合は、経済性と

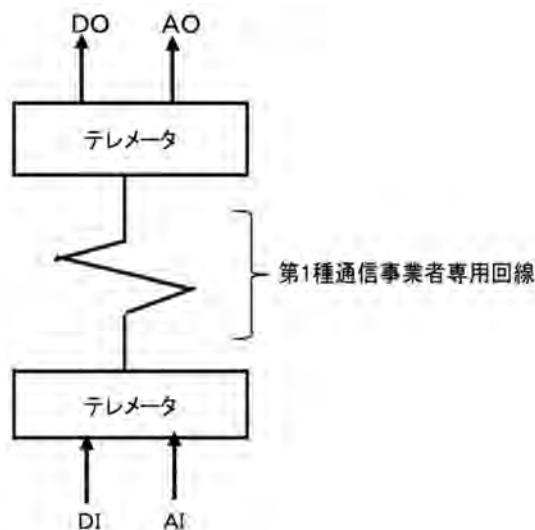


図9-2-4 テレメータ方式による構成例



維持管理費および運転管理面を考慮して、簡易な監視制御設備が導入される。

さらに小規模の幹線等の仮排水ポンプ所や、雨水貯留池等のプラント設備の監視項目だけを監視する場合は光モデムを利用した伝送装置を検討し、さらには光ファイバーケーブルが敷設されていない場合は、通信会社の専用回線を利用した伝送装置（テレメータ方式）を検討する。（図9-2-4）

テレメータ方式では、運転状況、故障情報や火災関係情報を、通常8～16点ほどに絞り込んで遠制場所に送られ、場合によっては携帯端末等に送られる。

遠方監視制御に当たっては、東京都下水道局では、二重送信、制御応答高速化の機能で遠方監視制御の高信頼性を確保している。

さらに施設の信頼性を確保するため、下水道光ファイバーケーブルが何らかによって二重の路線とも切断された場合等の条件が揃った場合は、緊急時自動実行機能を設けられていて、運転員が来るまで最低限の自動運転がされ、ポンプ所の機能を確保している。

東京都下水道局での遠方監視制御装置のシステムは、ポンプ所、処理場（水再生センター）、事業所の統括管理と情報の統合化及び事業の効率的運営を図ることを目的としたソフトプラン（下水道光ファイバーネットワークを利用）を使用することを推奨し、機器の構成としては、機室内制御LANに接続された監視制御装置、FEP盤、ルータとATM（伝送装置）が基本となっている。

通信の信頼性と制作会社共通接続を行うために、FAデータ伝送装置（FEP）を介して通信を行っている。このFEP（Front End Processor フェップ）はFAプロトコルと呼ばれる東京都下水道局独自の共通通信規約にて通信する装置で、通信異常検出と制御応答高速化を実現している。

最近の遠方監視制御システムの構成では、伝送装置にLANスイッチが使用されている。（図9-2-5）  
 現在では、小規模監視制御設備として通常規模のポンプ所をカバーする能力を、最大入力点数DI：

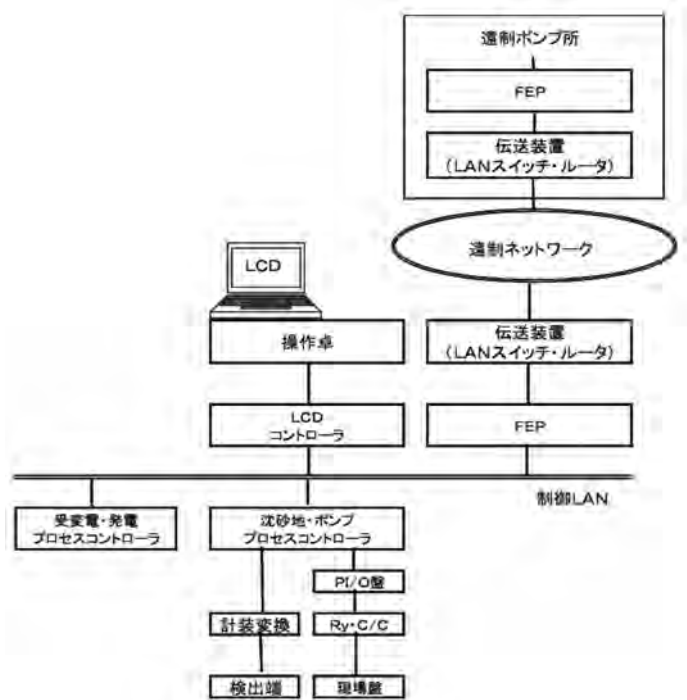


図9-2-5 被遠制ポンプ所の基本構成例



図9-2-6 小規模監視制御設備を設置した被制御ポンプ所（明石町ポンプ所）



図9-2-7 遠制ポンプ所の監視制御設備（桜橋第二ポンプ所）

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料



4,000点と定め、処理場等の大規模な被遠制施設の場合は、小規模監視制御設備を複数台で構成するか、運転管理やローカル設備との整合性をふまえ、処理場に導入する監視制御設備と同規模の設備を導入するか検討される。遠方監視制御では、適切な設備を検討し、導入される。(図9-2-6)

数箇所を被遠制ポンプ所を抱えた遠制ポンプ所の監視制御設備では、大型監視装置と大型表示そして、工業用テレビシステム（ITVカメラ）が設置されている(図9-2-7)

伝送装置を使用しての遠方監視制御が始まった平成16年頃は、伝送装置にATM方式(Asynchronous Transfer Mode 非同期転送モード)が使用されていたが、安価で高速な機器のLANスイッチ(通称L2、L3スイッチと呼ばれている)が、ATMの老朽化と部品調達に多額な費用を必要とすることから使用され始め、平成18年にはコスト縮減対策の一つとして、このLANスイッチを使用する事となった。当初のLANスイッチはL2が使用されたが、数カ所に及ぶ被遠制ポンプ所を抱える遠方監視制御の関係上ルーティング機能が必要であるために、L3スイッチに近い機能を持たせたL2.5スイッチまたはL3スイッチが現在使用されている。

### (3) 情報管理装置システム

情報管理装置については、プラントのデータを収集し、編集したものを必要な場所に維持管理情報端末を設け、帳票形式、あるいは施設の機器配置画面によって閲覧するもので情報管理コントローラ、情報端末、プリンター、運転管理情報FEPと運転管理情報端末で構成されている。(図9-2-8)

情報管理装置システムでは、運転管理情報を遠制ネットワークでなく、情報ネットワークを通じ、マスターステーションに集められ、必要な場所に配信され運転状況を閲覧できる。

近年では地方都市の小規模処理場、マンホールポンプ所において、同じようなシステムを情報NW(ネットワーク)の代わりに通信会社の専用回線を利用したネットワークによって、閲覧だけでなく遠方監視制御に使用されている例がある。その場合、運転管理情報端末には施設の規模により、PC(パソコン)タイプから携帯端末(携帯電話、スマホ、タブレット)によるものがある。

携帯電話等の携帯端末を利用することによって、より少人数による管理と緊急対応が可能となる。

このシステムを東京都下水道局のように情報量が多い施設に採用するには、通信異常検出、制御応答高速化の機能で遠方監視制御の高信頼性に対する検証が必要である。

### (4) 工業用テレビ（ITVカメラ）システム

工業用テレビ（ITVカメラ）については、運転管理の効率化や省力化、異常発生時の迅速な対応のため、工業計器による検出が不可能または、困難な

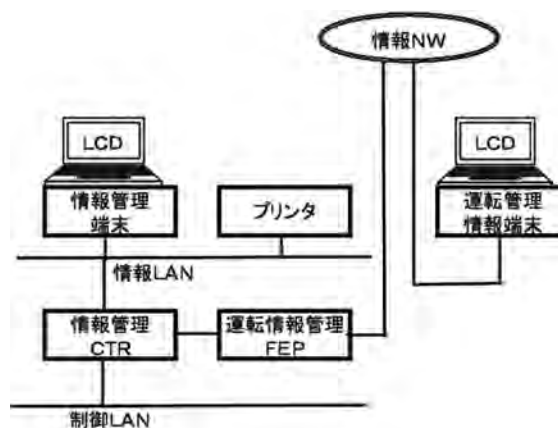


図9-2-8 情報管理装置の構成例

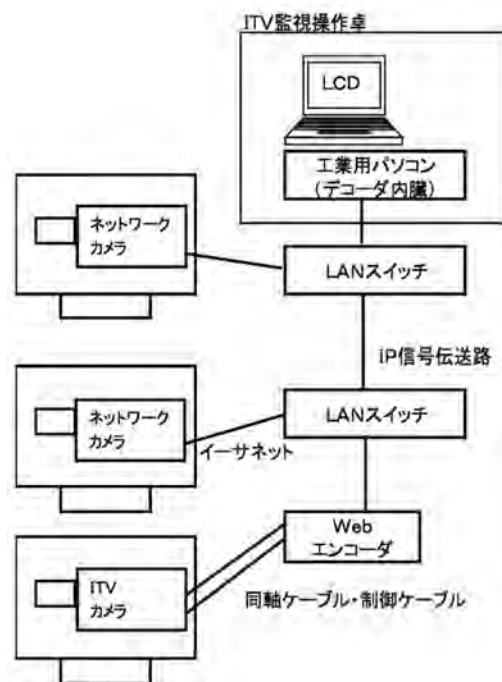


図9-2-9 IPネットワーク型の工業テレビシステム構成例

場所の監視、また人が近寄れない悪環境下での施設状態の監視のために設置することを基本とし、監視の目的、施設の規模と重要度によって検討し設置される。

システムの構成は、ITV監視操作卓、ITV制御装置（映像切替機、制御論理部と音声切替機等で構成される。）、ITVカメラで、信号伝送路に同軸ケーブルまたは、光ファイバーケーブルが使用される。（図9-2-9）

平成19年には、ネットワーク通信技術のイーサネットによる大容量・高速通信が可能となったこととネットワーク型のITVシステムが採用されるようになり、従来の制御装置の代わりに、Webエンコーダ、LANスイッチを介してネットワークに接続されるIPネットワーク型工業用テレビ（ITVカメラ）システムが採用されるようになってきている。

最近ITVカメラの代わりに汎用カメラを使用するWebカメラシステムが有るが、カメラ部が耐環境性に関する仕様変更ができないなどから、プラント監視には適用されていない。

### (5) 大型監視装置システム

大型監視装置については、監視操作卓のバックアップ監視と施設全体を一括監視するために、グラフィックパネルを導入してきた。大型監視装置は現在グラフィックパネル型と大型ディスプレイ型に大きく分類され、大型ディスプレイ型では、さらにLCD方式、DLP方式（Digital-Light-Processing方式投射型ディスプレイ）、PDP方式（Plasma Display Panel プラズマディスプレイ）とCRT方式（CRT投射型ディスプレイ）等に分類される。

グラフィックパネル型はモザイクパネルの組み合わせによりプラント施設全体を表示し、各機器の状態をLEDにより表示する。

LCD型監視制御システムが一般化し、信頼性が向上したことにより、LCD型監視操作卓が複数台設置され、冗長化を図ってきている。

グラフィックパネル型は、大型ディスプレイ型に比べれば寿命が長い、広い設置スペースを必要とすること、またプラント施設の増設、改良に対応したモザイクパネル変更に多額な費用と工期が必要のため、大型ディスプレイ型に置き換えが進んでいる。

ただ、小規模監視装置でも大きいような小規模施設の監視または特別高圧受変電設備の受電室内に設置される監視盤等には使用されている。

最近の大型監視装置は、処理場（水再生センター）の中央監視に用いられることが多く、ポンプ所では、導入することによって運転管理上大きな効果が期待できることが見込まれる遠隔ポンプ所などで導入されるぐらいで、被遠隔ポンプ所では導入されなくなってきた。

大型ディスプレイ型の中では、低消費電力、高輝度、高精細で低価格のLCD方式（液晶投射型ディスプレイ）が多く採用されているが、まだまだ液晶パネルの期待寿命が短く、メーカー保証も短いので、故障対応は本体交換になるため多額な費用が掛かってしまう。

同じく低消費電力で高信頼性のあるDLP方式は、ランプ光源にLE

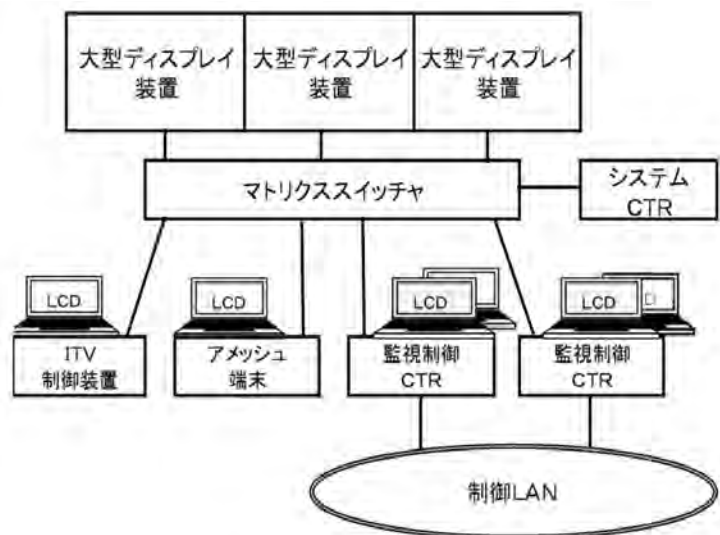


図9-2-10 大型ディスプレイ装置のシステム構成例

Dを採用しており、長寿命で消耗部品の交換周期も長いなどの特徴があるため最近では、DLP方式の採用が多くなってきている。

PDP方式は、薄型で良いが、焼き付きを起こしたり、消費電力も大きいためあまり普及しておらず、CRT方式は旧来の標準であったが、PDP方式同様に焼き付き等の問題と輝度不足等のため、LCD方式かDLP方式に置き換わってきている。

大型ディスプレイでは、複数台設置することにより、マルチスクリーンとして使用できるため、監視領域が広がるだけでなく、複数の施設を同時に表示し、各種の映像信号（気象データ、雨水流量とITV画像など）も表示することが可能なため、マルチメディア化を図ることができ、マクロ監視が可能となる。（図9-2-10）

監視操作卓のLCDが本格的に採用されるようになってきたのは、平成16年頃の小規模監視制御装置で、ほとんどの処理場中央監視制御装置に使用されるようになった。そして現在ではLCDが小型・軽量であるため、自在可動金具（架台）を使用し、数台のLCDを集中させ監視できるように、通常時は大型ディスプレイに置き換わり、操作卓に居ながら全体把握をし、運転されている。

現在では、監視制御CTRのモニターは、デュアルモニターが標準となっている。

### 9.3 情報ネットワーク設備

#### (1) ソフトプラン

情報ネットワーク設備は平成元年頃より、下水道管内に光ファイバーケーブルを敷設したころより始まり、以後ソフトプラン（SOFTPLAN: Sewer Optical Fiber Teleway Network PLAN）として推進されてきた。

これは、下水道局独自の情報ネットワークで、利用する情報は、データ系、音声系、映像系に大きく分け、データ系では、プラント運転等に関わる情報をFA系とし、事務処理関係を主にしたOA系に分けている。（図9-3-1）

平成15年度に東京都のTAIMSと接続され、接続に当たっては、ソフトプランのATMネットワークとTAIMSのL3スイッチによるものとの二重構成にし、障害時の相互迂回等を実現し、信頼性の高いネットワークとした。

その後パソコンによるインターネット通信や、ITに代表される情報通信分野の技術革新が加速し、下水道局では遠方監視制御にLANスイッチが採用されたのが始まりで、平成18年頃より、FA系のATMネットワークのLANスイッチ（L2、L3）化が進んできている。

平成23年からFA系とOA系を統合しネットワークが構成されることになり、更に平成24年には、マスターステーション（MS）と都庁（CH）のL3が二重化され信頼性の向上が図られ更にKS（キー

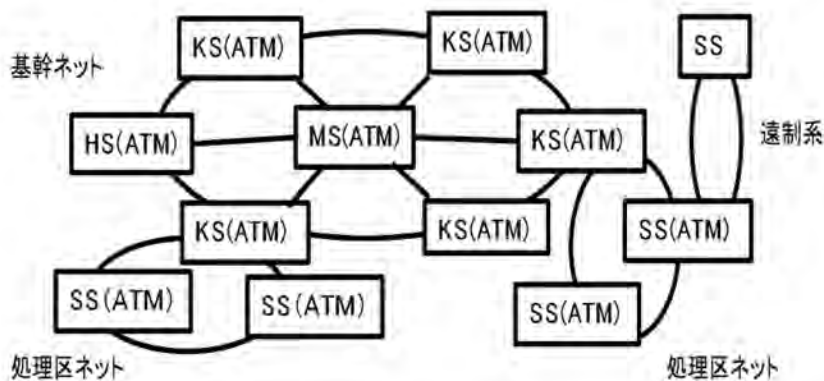


図9-3-1 ソフトプラン（当初）概念図



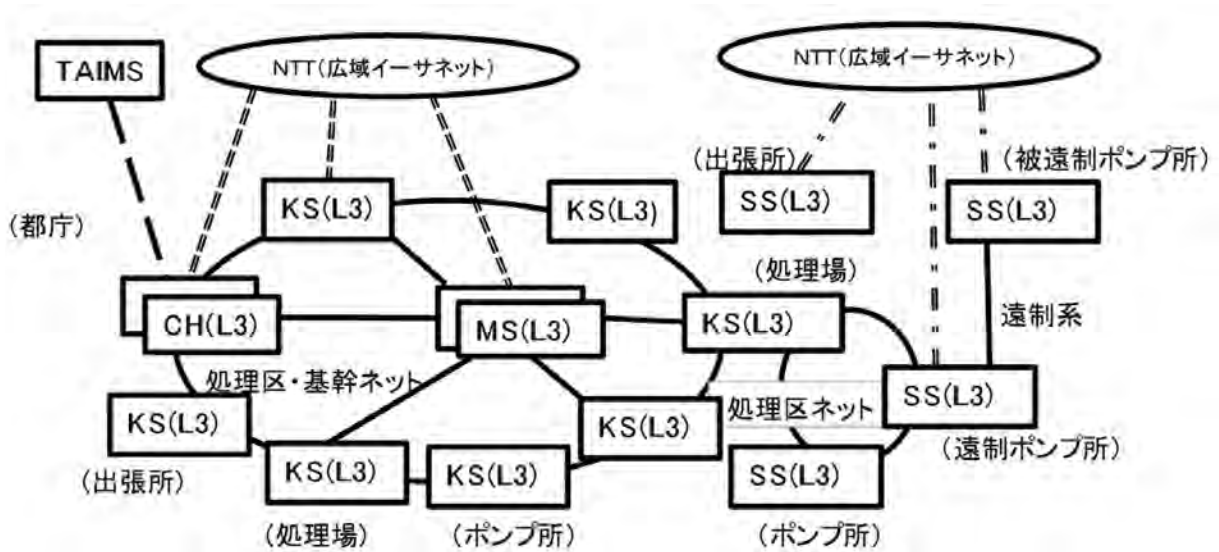


図9-3-2 ソフトプラン概念図

ステーション：処理場）とSS（サブステーション：ポンプ所・出張所）の概念を同じ位置づけにすることによってネットワークを網の目状に接続する。このことにより、利用度と信頼性の向上を図るよう、ソフトプランの見直しをしている。（図9-3-2）

これは一部処理区ネットと遠制系の中でケーブル接続が、1回線のところとケーブル接続のない出張所等がNTT回線で接続されているところが残っている現状と、図9-3-2の左側のように、CHとMSを除くKSとSSが、KSとSSの区別を無く一つのステーションとして位置づけ、ループとスター接続でなく、ネット（網）接続にすることで、早期にネットとしての機能の拡大を目指し、迂回ルートが確保されている。

将来は、全体がネット化され、下水道光ファイバーケーブルによる情報ネットワークの信頼性の向上を図り更に災害に強いものにしていくことになる。

## (2) テレビ会議システム

平成16年頃より、音声系に含まれていたテレビ会議システムでは、端末のLANの伝送容量が10MbpsでATMネットワークに接続する際に通信速度を384kbps制限したものが、テレビ会議システムの技術進歩とLANスイッチネットワーク化により、端末側のLANが100Mbpsを確保できるようになったことから、当初の会議システムは、多地点同時会議に制限があることと、会議場所が固定されるとともに老朽化したために、IPテレビ会議システムが新たに展開されることとなった。

平成17年頃よりテレビ会議システムは遠隔地連絡装置に置き換わりFA系によって接続され、平成19年には本庁の総務部にも設置され、防災の意味合いが強くなった。

平成23年3月の東日本大震災時には通業者による公衆通信網が輻輳するなか、ソフトプランネットワークが有効に機能したことにより、「災害に強く、震災前を上回る都市力を備えた東京の実現」対策の一環として、災害時の映像を含めた情報連絡体制の強化を図るため、遠隔地連絡装置を設置、導入することになった。

このTV会議システムとともにIP電話化が進み各機場にVoIP-GWが設置されることになった。



## 9.4 降雨情報システム（東京アメッシュ）

### (1) 導入背景

下水道施設の役割の一つに雨水排除があり、雨水排水対策として降雨状況を把握し、効果的な雨水ポンプの運転を行ったり、そのための的確な人員配備は都市を浸水被害から防ぐため必要不可欠なものになっている。そこで、降雨状況をリアルタイムで正確に把握するため、昭和63年度に降雨情報システム(東京アメッシュ500)を導入した。降雨情報システムは、半径50kmの範囲内を観測する気象レーダーを2基(港レーダー基地局(港区)、稲城レーダー基地局(稲城市))配備し、東京都全域の降雨状況を観測している。(図9-4-1、図9-4-2、図9-4-3)

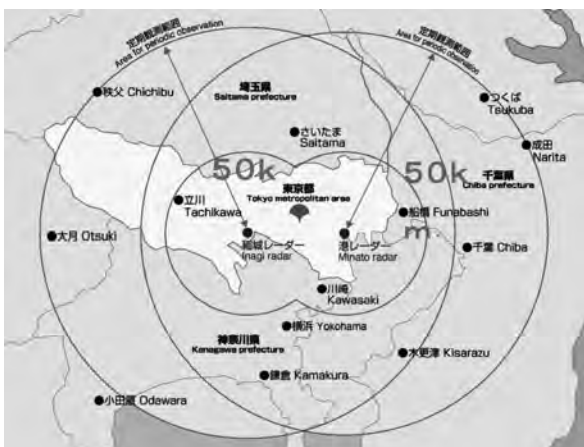


図9-4-1 東京全域の降雨観測



図9-4-2 稲城レーダー(第2世代)



図9-4-3 港レーダー(第2世代)

### (2) 基本原理

降雨情報システム(東京アメッシュ)における降雨観測の基本原理は、レーダー基地局から連続的に360°全周に対して、レーダービーム(Xバンド 9,700 MHz帯)を照射し、降雨に当たり返ってくるエコー(反射エコー)の強さから、降雨の強さや降雨分布状況を観測している。2基のレーダー基地局から蔵前中央処理局に届けられた降雨情報を合成処理し、東京都内の約80台の地上雨量計の雨量データに基づく較正処理(キャリブレーション処理)を行い、下水道局内のアメッシュ端末(約115台)に配信している。(図9-4-4、図9-4-5、図9-4-6)

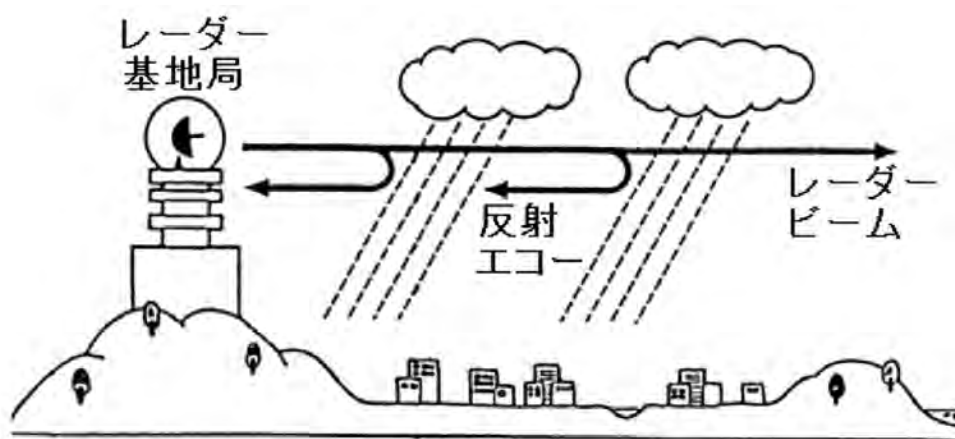


図9-4-4 降雨観測の原理

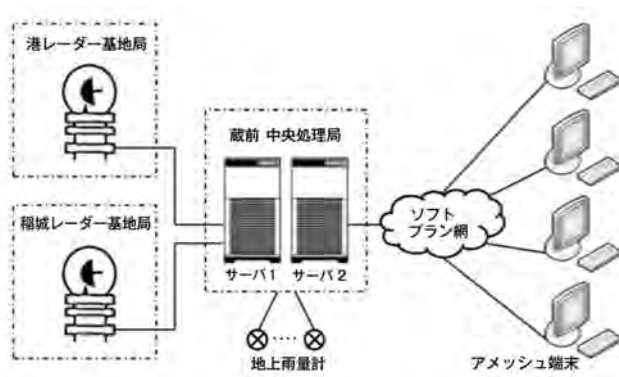


図9-4-5 システム構成図

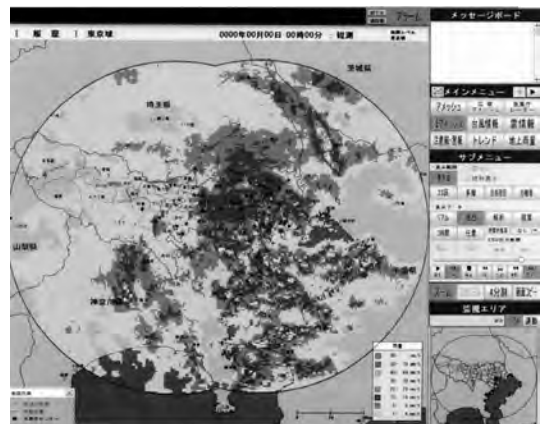


図9-4-6 東京アメッシュ画面(例)

(3) 変遷

降雨情報システムは、昭和63年度に初号機(東京アメッシュ500)が導入され、現在では3世代目(東京アメッシュ：新アメッシュ)になっており、レーダー技術や、情報処理技術の進歩により、降雨観測精度が向上してきた。

表9-4-1 降雨情報システムの変遷

世代	導入年度	基本性能			
		送信機	アンテナ径	観測距離とメッシュ単位	偏波方式
第1	昭和63年	マグネトロン	φ2m	40km-500m	水平偏波
第2	平成13年	マグネトロン	φ3m	0~20km-250m 0~50km-500m	水平偏波
第3	平成25年	固体化(半導体)	φ3m	50km-150m	二重偏波 (MPレーダー)

以下に、世代毎の特徴を示す。

①第1世代：初号機導入

日本で初めて自治体が運用する気象レーダーとして導入され、リアルタイム(2.5分周期)に気象状況を把握しながら雨水排除活動ができるため、画期的なシステムであった。

②第2世代：細密化

半径0~20kmの範囲内の観測メッシュを250mに細密化し、観測周期を1分にし、観測精度とリアルタイム性の向上を図った。

③第3世代：2重偏波(MPレーダー)

水平偏波に加え、垂直偏波も同時に照射でき、2つの偏波から多くの種類の情報が得られるMP(マルチパラメーター)レーダーを導入し、強い降雨の観測精度向上、メッシュ単位150mに細密化した。また、将来的に、風向・風速の観測や、降雨・降雪・霰の判別が可能になる。

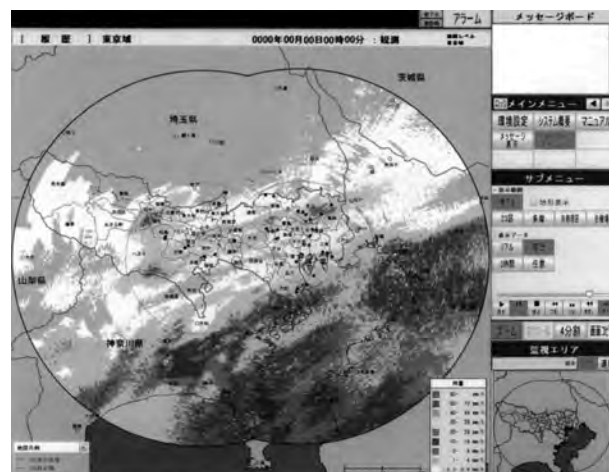


図9-4-7 東京アメッシュ 150mメッシュ画面(例)

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料

(4) 広域化

降雨情報システム（東京アメッシュ）の有効性が評価され、近隣自治体においても気象レーダーが配備された。

表9-4-2 近隣自治体が運用する気象レーダー

自治体	システム名	導入年度	観測距離とメッシュ単位
川崎市	レインネットかわさき	平成3年度	0～40km 500mメッシュ 40～100km 1000mメッシュ
横浜市	レインアイよこはま（現：停止）	平成4年度	0～20km 250mメッシュ 20～40km 500mメッシュ 40～50km 1000mメッシュ
埼玉県	アメネットさいたま	平成14年度	0～20km 250mメッシュ 20～50km 500mメッシュ

平成18年度に、これら近隣自治体の気象レーダーの観測情報を取込み合成・補完することで、観測範囲の広域化と降雨情報の信頼性向上を図った。これにより東京アメッシュは、中央処理・配信処理装置を中心に、東京の2つのレーダー基地局（港レーダー、稲城レーダー）と近隣自治体3つのレーダー、約150台の地上雨量計（下水道局、建設局、近隣自治体）、端末局から構成されることとなった。（図9-4-8、図9-4-9）

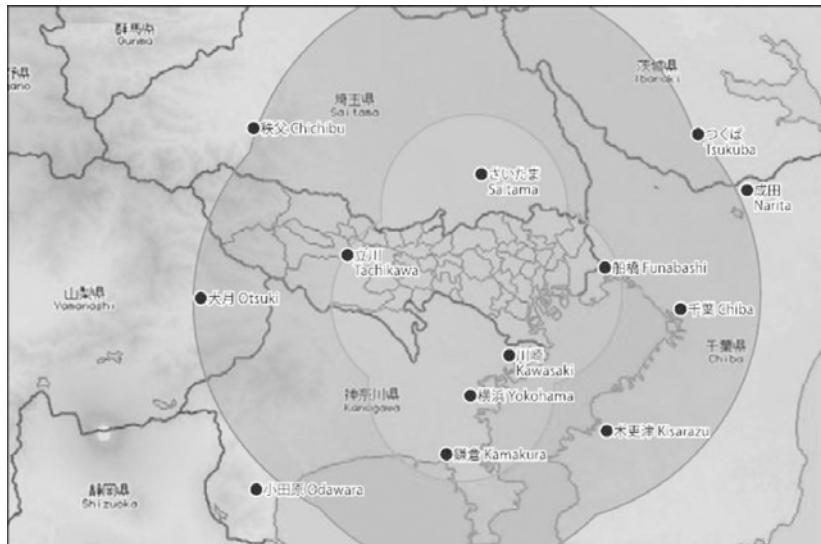


図9-4-8 広域化合成範囲

また、この広域化された降雨情報はインターネット配信するサービスも始め、アクセス件数は年間約4,000万件を超える優良コンテンツに成長しており、下水道利用にとどまらず都民や近隣住民にも幅広く利用されている。（ホームページ <http://tokyo-ame.jwa.or.jp/>）

9.5 今後の動向

監視制御設備では、近年の通信技術、通信事情の発展が急速に進み、それに合わせた監視制御設備も開発が進む中、下水道事業では健全な水環境の創造、循環型社会形成のため、下水道資源の有効活用等の新たな役割を担うことが求められている。それに応えながら

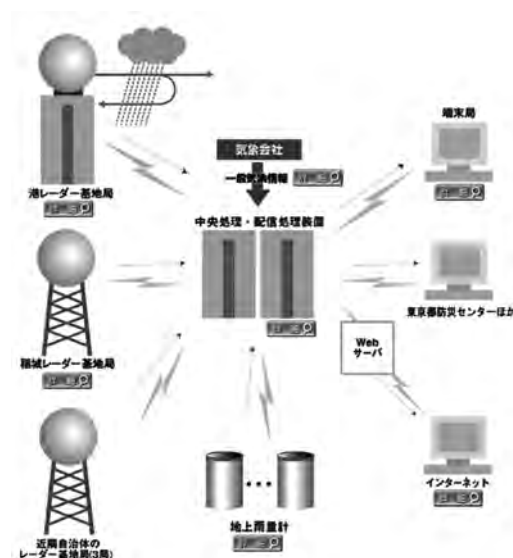


図9-4-9 全体システム構成

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料



常に正確で迅速なプラント制御を目指すとともに、省エネルギー、省資源、省力化と少人数管理も念頭に置きながら新しい監視制御設備を構築していかなければならないため、たゆまぬ制御、情報技術の発展と、監視制御設備の進展が必要である。

情報ネットワークについては、「経営計画2013」の中で、光ファイバー通信網を活用した遠方監視制御などによる維持管理の効率化を目指す所とあり、水再生センター、ポンプ所において、光ファイバー通信網のバックアップの確保などにより、遠方監視制御などの信頼性を向上するとともに、震災時の通信手段を強化するとしている。また、光ファイバー

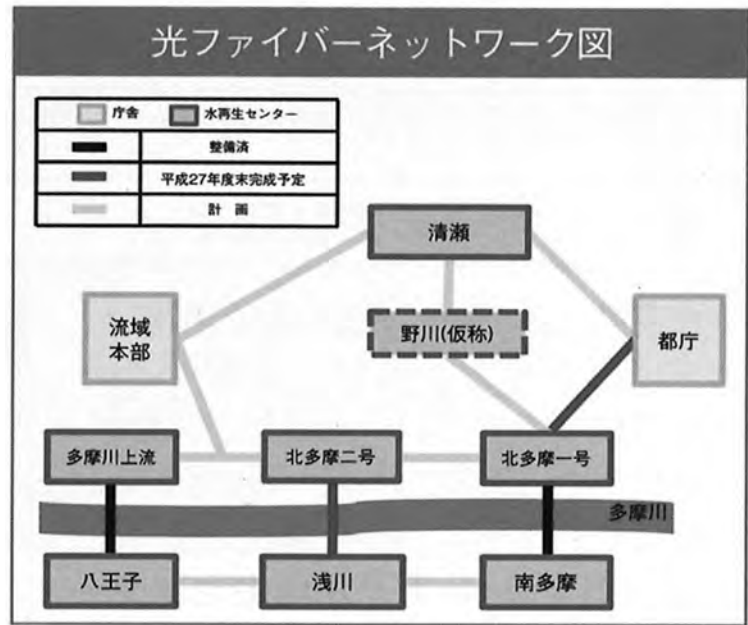


図9-5-1 流域光ファイバーネットワーク図

通信網を活用して、区へ下水道局管渠内水位情報を提供していくなど広く活用範囲を検討していく。

流域下水道本部においては、処理場間を下水道局専用連絡管に独自の光ファイバー通信網を構築し、遠方監視制御により維持管理を効率化するだけでなく、災害時の通信手段確保を目指す所とあり、更に、23区内の光ファイバー通信網と清瀬水再生センターと北多摩1号水再生センターの2カ所で結ぶことによって、信頼性の高い通信手段を確保するとしている。(図9-5-1)

このため、光ファイバーケーブル敷設計画にあわせ、各水再生センターの運転情報集約機能やテレビ会議機能を備えた情報集約装置の操作性・信頼性を向上させるため、システムの改良を実施する。情報ネットワークの信頼性をより確実なものにしていくには、下水道施設の耐震対策と共に下水道光ファイバーケーブルの耐震対策を更に進める必要がある。

また、近年、地球温暖化の影響やヒートアイランド現象の影響から、都市特有の局地的な集中豪雨が発生しており、その発生頻度は年々増加傾向にある。浸水対策は、降雨状況把握から降雨予測にニーズがシフトしていくと考えられるため、降雨予測技術開発の進展に期待したい。

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料



# 第10章 計装設備

## 10.1 計装設備の歩み

昭和40年台後半から下水道設備の水処理状態監視や処理プロセスの数値を管理する技術として計装設備が利用されている。この水処理プラントのプロセス値管理は、水位・流量・圧力などの計測値を利用する量的制御と、DO値・COD値・汚泥濃度などの計測値を利用する質的制御に大別される。このプロセス数値は、下水道の処理状況を管理する水処理プラント制御の基本データとして活用されて、プラント監視制御システムに構築されている。

計装制御もアナログ制御からデジタル制御に移行され現在はデジタル制御全盛になっている。また旧来の電気式制御から光式制御の利用が進んでおり、制御情報の伝達手段である通信網として光通信網を利用している。特に現場と監視場所が離れている条件での光通信網の活用が進んでいる。

光情報通信網であるソフトプランによる施設間情報の伝送は、施設の多量な情報量を伝送し、一元管理のできるプラントシステムとして活用され、効率的な施設管理の手段になっている。さらに下水道管渠内に敷設された光ファイバー通信網は、震災に強く、安全な通信網として震災時の施設状況や事業継続を支える通信網になっている。

## 10.2 計装設備の標準化

下水道施設である管渠から水処理センターまでの各施設では、下水道プロセスの状況把握のため多種の計測器が利用されている。下水道施設の各所に質的および量的計測器がおかれプロセス状況の状態監視が行われている。

下水道施設の機能確保と集中管理化による遠隔制御による施設運転で一カ所にて多数の施設状況の状態監視が必要になり、下水道のプロセス状況管理に計測目的の明確化や計測方式の精度や再現性や応答性が求められている。この計測目的の明確化のため設置における計画と計測器の種類を標準化を進めて計測器の種類と計測項目の目安を定めている。

計測器の選定にあたって、必要条件を整理し採用の条件整備の標準化を目指して平成25年9月に計測設備設計標準化（案）を作成した。

### （1）標準化の選定ルール

計測設計の標準化策定を行い、下水道施設での利用計測器の種類でも31項目（レベル計から地震計まで）であり、その代表的計測器であるレベル計でも種々の測定原理に大別されており、圧力式／投げ

込み式／超音波式／マイクロ波式／光ファイバー式／レーザ式／水晶式／静電容量式／フロート式／エアパージ式／ディスプレイメント式などを選定している。

計装設備の標準化の記述では、各種の計測方式から選定した基準として測定原理／装置構成／設計上の留意点／施工上の留意点／維持管理の留意点／計測器仕様／計測箇所などの留意項目から一覧表にて設計や、採用時の基準が提示されている。

選定にあたっては、計測情報を重要度別にランク付けをしている。(表10-2-1)

表10-2-1 ランク付け表

Aランク：制御あるいは監視情報として標準的に計測するもの。
Bランク：制御あるいは監視情報として準標準的に計測するもの。 ただし、処理方式、処理施設の規模などにより、計測することによって運転管理上大きな効果が期待できる。
Cランク：原則として計測しない。

(2) 水処理施設（標準活性汚泥法）計装設備

処理プロセスでの測定場所の計測項目によるランク付けを、設備名や計測項目ごとに定めた。(表10-2-2)

ランク付けのAランクは法的に必要なものとし、Bランクは運転管理や、帳票に記載される情報であり、Cランクは、プロセス管理に必要な項目として標準化したものである。(表10-2-3)

表10-2-2 水処理施設（標準活性汚泥法）計測項目表1

設備名	番号	計測項目	適用ランク
第一沈殿池設備	1	一沈引抜汚泥濃度	A
	2	一沈引抜汚泥流量	A
	3	一沈流出準水位	A
	4	一沈スカムビット水位	A
	5	簡易放流ゲート開度	A
	6	一沈汚泥界面	C
	7	一沈流入層開度	C
送風機設備	8	送風機吸込空気温度	A
	9	送風機吸込空気流量	A
	10	送風機吸込弁開度	A
	11	送風機吐出弁開度	B
	12	主管送風温度	A
	13	主管空気流量	A
	14	主管送風圧力	A
	15	送風機吸込圧力	C
	16	放風風量	C
	17	放風弁開度	C

表10-2-3 水処理施設（標準活性汚泥法）計測項目表2

設備名	番号	計測項目	適用ランク
反応槽設備標準活性汚泥法	18	反応槽流入水量	A
	19	反応槽風量調節弁開度	A
	20	反応槽空気流量	A
	21	DO	A
	22	MLSS	A
	23	反応槽水温	C
	24	SV	C
	25	反応槽流出流量	C
	26	反応槽流入調節弁開度	C
	27	反応槽リンド濃度	C
	28	反応槽アンモニア濃度	C
	29	余剰汚泥流量	A
第二沈殿池設備	30	返送汚泥濃度	A
	31	返送汚泥流量	A
	32	返送汚泥調節弁開度	A
	33	返送汚泥ポンプ回転数	A
	34	二沈スカムビット水位	B
	35	余剰汚泥濃度	C
	36	二沈流入流量	C
	37	流出水pH	C
	38	二沈汚泥界面	C
	39	流出水濁度	C

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料

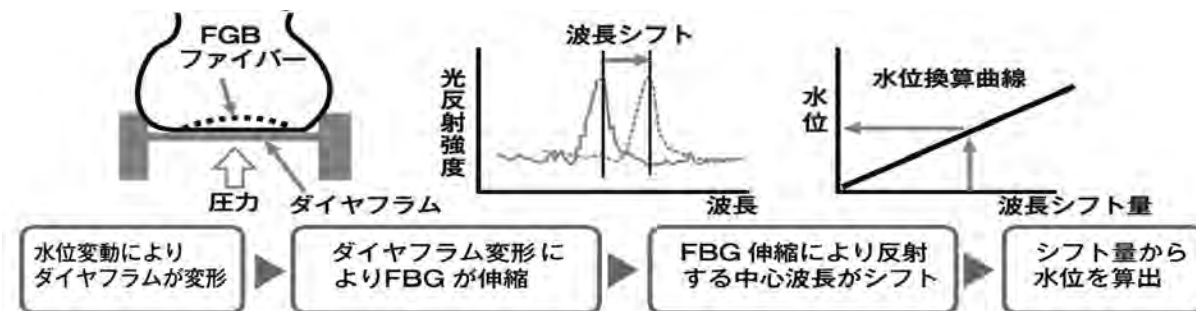


図 10-3-1 光ファイバー式水位計の測定原理図

計装設備標準化での計測設備計画では、下水道に採用されている計測器の種類と測定原理、設置場所の条件等の設計での方法を標準化としてまとめている。設計上の基本理解としてセンサの測定原理や各プロセスでの留意点まで多岐に纏めてあり計装制御の基本データ収集の方法まで記述してある。

この内容は、計測器の種類と計測項目の目安、量的計測方式、質的計測方式、計測項目表の標準化、計測設備施工時の配慮と適正化などに大別され記述されている。

さらに水質計測器に必要なサンプルポンプや洗浄装置などの付帯設備も記述してある。

計測場所の条件に絡む法的規制や防爆条件の記載もあり、下水道施設の計測目的に合致した標準化として編纂されている。



図 10-3-2 光ファイバー式水位計のセンサ写真

### 10.3 最新の計装・制御設備

近年採用された光式の水位センサ利用の例として、東京都の技術開発で実用化した計装システムを紹介し、新しい計装設備として述べる。

#### (1) 光ファイバー式水位計

従来利用されていた電気式のセンサでなく光ファイバーの入射光に対し特定波長に対応する光素子FBGをダイヤフラムに取り付けたセンサで、ダイヤフラムに加わる圧力に対し波長を利用した水位センサである。下水管に敷設された光ファイバー網を、情報通信利用だけでなくセンサ機能を利用した水位計測方式であり、無電源で1本の光ファイバーで多点計測できる水位計として利用されている。このセンサの利用状況は現在80台程度が下水道の幹線にて水位計測を行っており、豪雨時の浸水状況把握に利用されている。(図10-3-1、図10-3-2)

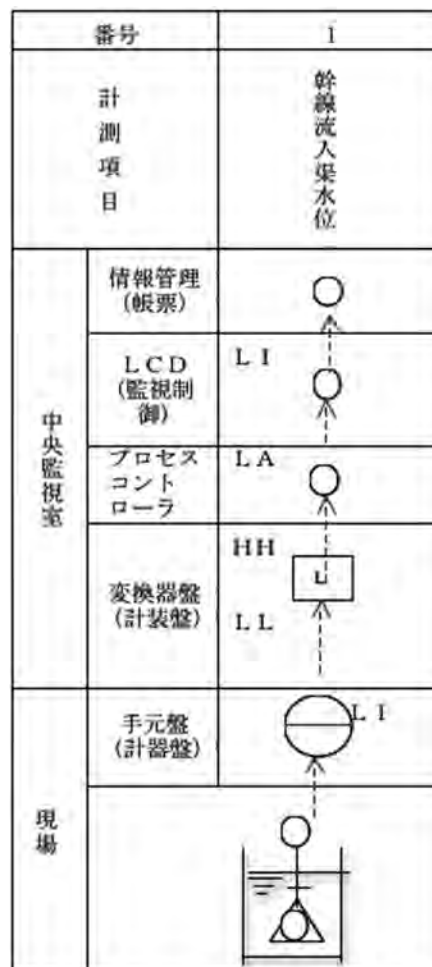


図 10-3-3 計測処理プロセスフロー図例



光ファイバー式センサ利用による計測は、水位計／流速計／流量計などに実用化されており、雷による支障もなく、無電源で長距離区間の計測をできるセンサとして期待されている。最近では、ICT技術進歩の影響により光計測技術の高性能化と装置価格の低価格化がすすんだ結果、電気式のセンサの弱点を補完し、リアルタイムに多量の計測値を得られる計器としてデジタル情報時代の計測器であり、DDC制御のセンサに馴染む状況ができた。多量のセンサ情報収集によるプロセスの状況把握がプロセス監視に有効な手段として確立している。

さらに計測情報の集約化が進み、センサ設置箇所の多数化によるシステム価格としても電気式と対抗できる製品開発が進んだ結果でもある。

計測信号の場所対応のフロー例として計装処理プロセスフロー図を示す。(図10-3-3)

計測項目による現場と中央監視室の各装置に計測信号の状態表示を例としたものである。

計測センサからの信号は、アナログ信号の4～20ミリアンペアの統一信号としての表示となっている。

## (2) アンモニア+DO制御(可変DO制御)

### 1) 概要

本技術は、アンモニア計を用いて処理水質を確保しつつ、反応槽送風量の削減を図る技術である。

地球温暖化対策は喫緊の課題であり、東京都では「カーボンマイナス東京10年プロジェクト」を策定し、下水道局では「アースプラン2010」を策定するなど徹底した温室効果ガス削減対策を進めている。

下水処理では多くのエネルギーを消費しており、特に下水処理場から発生する温室効果ガスの約3分の1が水処理用電力由来である。そのうち送風用電力使用量が大きな割合を占めているため送風量の削減、適正化が求められている。

また一方で、下水道局では東京湾の富栄養化対策として窒素、リンの除去など下水処理の一層の高度化に取り組んでいる。

処理水質の高度化は、ややもするとエネルギー消費の増大に繋がるため、水質改善と省エネルギーの両立を目指す必要があり、安定して処理水質を維持しつつ送風量を削減する送風制御システムの技術開発が課題であった。

通常、反応槽の送風量は、DO一定制御により反応槽出口付近のDOが一定となるよう制御している。窒素処理のため硝化促進運転を行う場合、反応槽内での硝化の進行が把握できなかつたため、余裕を持ったDO設定を行うと反応槽途中で硝化が完了するなど、送風量過剰となる場合がある。

送風量削減対策として、アンモニア計による硝化制御を導入したが、低水温など硝化が進まない場合送風量が設定上限に固定されてしまい、降雨後流入水のアンモニア濃度が低下すると硝化が完了したと判断し、有機物の酸化に必要な空気が供給されなくなる場合があった。この改善策としてアンモニアとDOの両方を指標とした送風制御方式を考案した。

本制御は、反応槽途中のアンモニア性窒素濃度を測定し、反応槽内の硝化状況に応じた過不足の無い空気を供給することで送風の無駄を省こうとするものである。アンモニア計以降の滞留時間、硝化速度から反応槽末端で硝化が完了するように自動でDO設定値を変更する。また、降雨時は持ち込みのDOがあるため、DOが高くなりがちである。この場合オペレーターが手動でDO設定値を下げることになるが、降雨対応中は随時設定変更を行うことは困難である。本来は手動で行うDOの設定変更を自動で行うため、余裕を持たせた運転が不要であり、送風量を低く抑えることができる。

平成22年7月小菅水再生センター東系に導入した実機の後評価調査では、DO一定制御と比較して処理水質は同等であったが、送風量(送風倍率で評価)は約10%低減された。

### 2) システムの構成

制御演算装置でアンモニア計の指示値によりDO目標値を演算し、既設のDO一定制御回路を介して曝気風量を制御する。監視盤からはアンモニア性窒素の目標値、DOの上下限值を入力する。水温によ



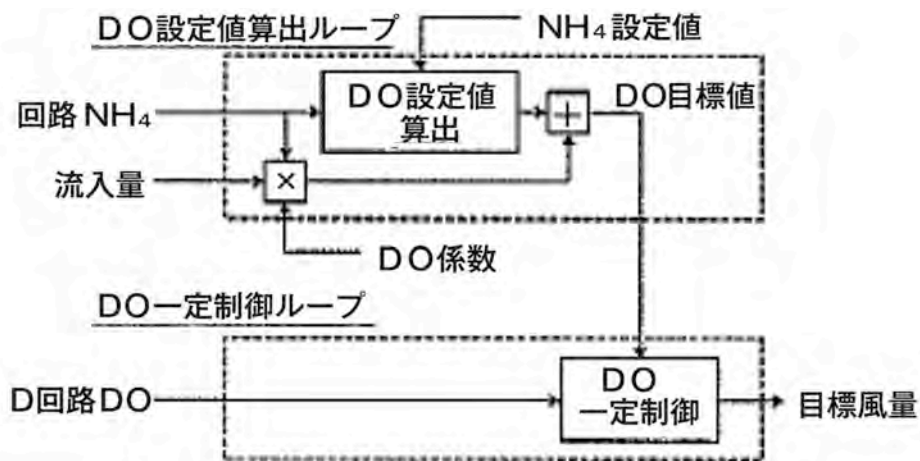


図 10 - 3 - 4 システム構成図 (アンモニア+DO制御フロー)

り硝化速度が変わるため、アンモニア性窒素の目標値は季節により適宜変更する。(図 10 - 3 - 4)  
アンモニア性窒素計センサは浸漬型、電極式で連続測定が可能である。

### (3) N<sub>2</sub>O連続測定計

#### 1) N<sub>2</sub>O測定の必要性

下水処理に使われる計装機器は、流量計など量を計測する機器から、有機物を安定して処理するためのDO計や水処理状況を把握するためのMLSS計、消毒剤注入管理のための残留塩素計など、求められる処理のレベルに応じて開発・導入されてきた。また、近年は処理水質だけでなく地球温暖化対策の視点も重要になっている。

本技術は、地球温暖化対策のひとつとして、アースプラン2010に基づき開発されたものである。

下水道事業では水処理における硝化や脱窒及び汚泥焼却処理の過程で多くの一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) を排出している。東京都の下水道事業から排出される地球温暖化ガスの排出内訳 (2011年度見込) を示す。(図 10 - 3 - 5)

N<sub>2</sub>Oは二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の310倍もの温室効果があり、地球温暖化防止対策としてN<sub>2</sub>Oの削減が求められている。汚泥焼却におけるN<sub>2</sub>O削減は、高温焼却などある程度対策がとられてきているが、下水道事業から排出される温室効果ガスの約17%を占めている水処理過程で発生するN<sub>2</sub>O削減は、N<sub>2</sub>Oを連続的かつ安定的に測定することができる装置が無かったため、発生の実態や運転の工夫による削減効果の把握が不十分で、有効な対応策を講じることができなかった。

焼却炉からの排ガスに含まれるN<sub>2</sub>Oの連続測定は、非分散型赤外線 (NDIR) 方式による検出装置が用いられており、実績がある。しかし、この検出装置を水処理からの排ガス測定に使った場合、水分や硫化水素 (H<sub>2</sub>S) などにより測定が妨害され正しく測定できない。簡易提供型共同研究により、平成20～21年度にかけて妨害物質を除去する前処理装置を開発し、従来の検出装置と組み合わせることで水処理から発生する排ガス中のN<sub>2</sub>Oを連続的に長期間安定して測定することが可能となった。

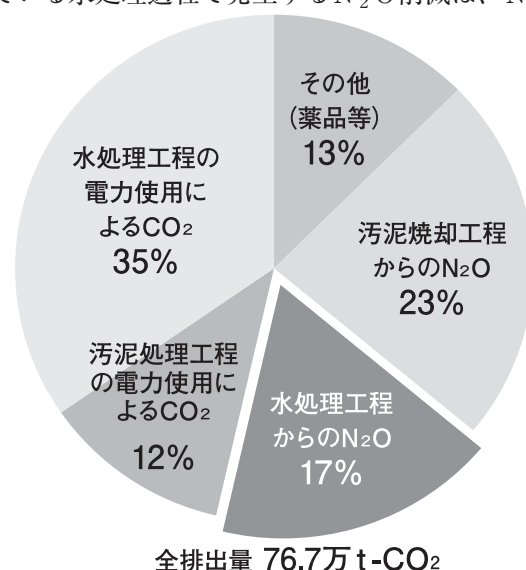


図 10 - 3 - 5 温室効果ガス排出内訳 (2011年度)

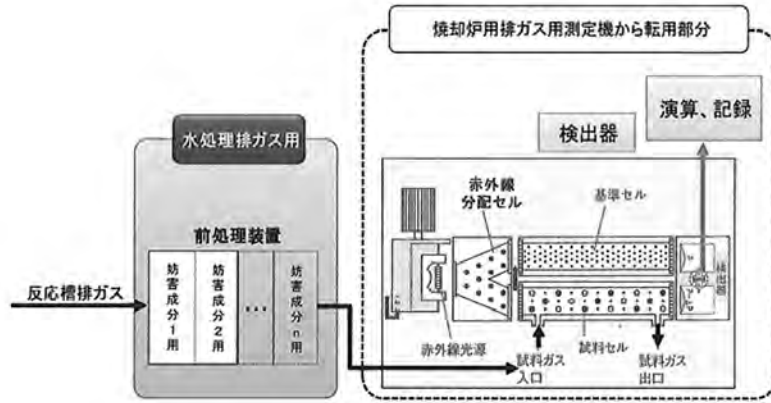


図 10-3-6 N<sub>2</sub>O連続測定計の概要

2) N<sub>2</sub>O連続測定計の概要

N<sub>2</sub>O連続測定計の概要を示す。(図 10-3-6)

N<sub>2</sub>O連続測定計の主な仕様は、次のとおりである。

測定原理：非分散赤外線方式、測定レンジ：0～500ppm。

10.4 今後の動向

下水道設備にて利用されている各種の計測設備は、産業界の多種の事業（エネルギーから化学工業、農業等）で利用されている計器を採用しているため下水道向けに利用するともう一工夫の必要が計測器に求められる。さらに計測器業界はグローバル化しており製品の品質管理や維持管理に世界標準が採用されて個別の産業別の対応が困難な側面が生じている。

計測目的である各下水道プラントの状態把握は、高速で多量の情報をリアルタイムに知り、判断し制御信号として出力する機能の最適利用が目的であろう。

このためには採用条件と利用目的を明確化し、さらにメンテナンスフリーの計測器選定が必要である。多種類の測定方式から目的にあう計測器の選定は経験や実績から判断しているが、下水道の設置環境条件の厳しい場所での利用はこれらの条件設定をいかに明確化することで計測機器の利用を最大に活用できることになる。計測信号のデジタル化と高速化により、プロセスの「見える化」すなわち「下水道の見える化」が進み、これにより効率的な運転や、情報の共有化が進んで、下水道施設の有効活用と、集中化による遠隔制御の施設運用が実現する計測器の利用を計り、下水道プラントの目や鼻や神経となり安全・安心な下水道計装設備に育つことを期待する

アンモニア性窒素計とN<sub>2</sub>O連続測定計については、この10年間の成果の顕著な例として上記に述べたが、それらについての今後の動向は次の様に考えられる。

アンモニア性窒素計については、下水処理において窒素処理を行う場合反応槽内の窒素（アンモニア、硝酸など）の挙動把握が直接計測できるセンサが開発され、実機で制御に使用できるようになってきた。今後はこのようなセンサを組み合わせた新しい制御技術の開発・導入や、窒素濃度と送風電力量の二つの管理軸を用いた運転管理（二軸管理）手法などを用いる維持管理によって、水質改善と電力消費量の削減の両立を目指して行くことが期待される。

N<sub>2</sub>O連続測定計については、これを利用して水処理から発生する発生状況の把握が可能となり、水処理におけるN<sub>2</sub>O発生のメカニズムも共同研究により解明されてきている。この成果を活かし、水処理運転制御の工夫等による水処理過程におけるN<sub>2</sub>O削減技術を開発し、地球温暖化防止対策を進める一助となることが期待される。本装置は、砂町水再生センターに導入された。今後、各水再生センターに順次導入していく予定となっている。

# 第11章 資源化設備

下水道の資源化としては、再生水利用、汚泥・焼却灰の利用、下水熱の利用、未利用・再生可能エネルギーの利用等に大別できる。

## 11.1 再生水設備

### 11.1.1 再生水設備の歩み

東京は人口が集中しており、一人当たりの利用可能水量は多くなく、喝水時には飲料水の取水権水量が制限を受けることがある。一方では下水処理水量は日平均で約540万 $\text{m}^3$ と豊富で、都市内における貴重な水資源として再利用が期待されている。

昭和59年の野火止用水、続く玉川上水、千川上水の清流復活事業、区部においては落合処理場からの新宿副都心への再生水供給事業及び城南3河川の清流復活事業は、SS、BODの除去を行い消毒した再生水を利用しており、砂ろ過後に次亜塩素酸ナトリウムによる消毒を行い、脱臭脱色にはオゾン処理を組み合わせたものであった。

今では、需要も広がり質的にも更に高質なものを求められるようになってきている。その結果、平成23年度末では、7地区180施設等へ供給されている。(表11-1-1)

再生水の利用拡大にあたっては、美的観点(臭気、色)、衛生的安全性(原虫類、細菌類、ウイルス類)の確保が重要であり、国により再生水の利用用途別に技術上の基準が定められている。(表11-1-2)

表11-1-1 東京都における再生水利用状況

時期	箇所
昭和59年	8月 「野火止用水」の清流復活事業を開始
昭和59年	10月 下水処理水循環利用(水リサイクル)モデル事業として、落合処理場から新宿副都心地区に再生水供給開始
	11月 「水リサイクルセンター」開所
昭和61年	8月 「玉川上水」の清流復活事業を開始
平成元年	3月 「千川上水」の清流復活事業を開始
平成7年	3月 城南三河川(渋谷川・古川、目黒川、呑川)の清流復活のため、落合処理場から再生水供給開始
平成8年	2月 有明処理場からレインボータウン(臨海副都心地区)に再生水供給開始
	3月 落合処理場からの再生水供給先に中野坂上地区を加え、西新宿・中野坂上地区再生水利用事業と名称変更
平成9年	10月 芝浦処理場から品川駅東口地区に再生水供給開始
平成10年	10月 芝浦処理場から大崎地区に再生水供給開始
平成14年	11月 芝浦処理場から汐留地区に再生水供給開始
平成16年	12月 御成橋から目黒川へ再生水の放流を開始
平成19年	8月 芝浦水再生センターから永田町及び霞が関地区に再生水供給開始
平成20年	12月 芝浦水再生センターから東品川地区に再生水供給開始
平成22年	9月 芝浦水再生センターから八潮地区に再生水供給開始



表 11-1-2 水質基準等及び施設基準

	基準適用箇所	水洗用水	散水用水	修景用水	親水用水
大腸菌	再生処理施設出口	不検出 <sup>1)</sup>	不検出 <sup>1)</sup>	備考参照 <sup>1)</sup>	不検出 <sup>1)</sup>
濁度		(管理目標値) 2度以下	(管理目標値) 2度以下	(管理目標値) 2度以下	2度以下
pH		5.8～8.6	5.8～8.6	5.8～8.6	5.8～8.6
外観		不快でないこと	不快でないこと	不快でないこと	不快でないこと
色度		— <sup>2)</sup>	— <sup>3)</sup>	40度以下 <sup>2)</sup>	10度以下 <sup>2)</sup>
臭気		不快でないこと <sup>3)</sup>	不快でないこと <sup>3)</sup>	不快でないこと <sup>3)</sup>	不快でないこと <sup>3)</sup>
残留塩素		責任分界点	(管理目標値) 遊離残留塩素 0.1mg/L 又は結合残留塩素 0.4mg/L 以上 <sup>4)</sup>	(管理目標値 <sup>4)</sup> ) 遊離残留塩素 0.1mg/L 又は結合残留塩素 0.4mg/L 以上 <sup>5)</sup>	備考参照 <sup>4)</sup>
施設基準		砂ろ過施設又は同等以上の機能を有する施設を設けること	砂ろ過施設又は同等以上の機能を有する施設を設けること	砂ろ過施設又は同等以上の機能を有する施設を設けること	凝集沈殿＋砂ろ過施設又は同等以上の機能を有する施設を設けること
備考		1) 検水量は 100mL とする (特定酵素基質培地法) 2) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて基準値を設定 3) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて臭気強度を設定 4) 供給先で追加塩素注入を行う場合には個別の協定等に基づくこととしても良い	1) 検水量は 100mL とする (特定酵素基質培地法) 2) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて基準値を設定 3) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて臭気強度を設定 4) 消毒の残留効果が特に必要ない場合には適用しない 5) 供給先で追加塩素注入を行う場合には個別の協定等に基づくこととしても良い	1) 暫定的に現行基準 (大腸菌群数 1000CFU/100mL) を採用 2) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて上乗せ基準値を設定 3) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて臭気強度を設定 4) 生態系保全の観点から塩素消毒以外の処理を行う場合があること及び人間が触れることを前提としない利用であるため規定しない	1) 検水量は 100mL とする (特定酵素基質培地法) 2) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて上乗せ基準値を設定 3) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて臭気強度を設定 4) 消毒の残留効果が特に必要ない場合には適用しない 5) 供給先で追加塩素注入を行う場合には個別の協定等に基づくこととしても良い

### 11.1.2 オゾン耐性膜ろ過

再生水の利用拡大を図るためには、砂ろ過後＋次亜塩素酸ナトリウム処理より更に良好で安全な水の確保、増水コストの縮減を図る必要があり、より高度な再生水製造技術の開発が求められた。このため、平成10年度から12年度にかけて共同研究により強い酸化力を持つオゾンとオゾン耐性を有する膜を組み合わせたオゾン耐性膜ろ過技術を開発し、芝浦処理場に導入、15年度供用開始した。膜ろ過技術を使うため、砂ろ過方式に比べて濁質が大幅に削減された。

処理能力は芝浦再生水供給能力 7,200 m<sup>3</sup>/日のうち、4,300 m<sup>3</sup>/日である。オゾンの酸化力により色度や臭気成分などの有機物を分解し、細菌類や病原性微生物を不活性化する。その後オゾンに耐性のある公称孔径 0.1 μm の中空糸有機膜 (ポリビニリデンフロライド、PVDf製) で濁質や細菌類を除去するもので、無色、無臭、安全性の高い水質とすることができる。

システムは生物膜ろ過設備、オゾン設備及び膜ろ過設備で構成される。前処理として二次処理水に少量のプレオゾンを注入、色度の低減、亜硝酸性窒素の酸化を行い、生物膜ろ過により、亜硝酸性窒素の酸化および低分子化した有機物の除去と残存するアンモニア性窒素を処理する。プレオゾンを採用した

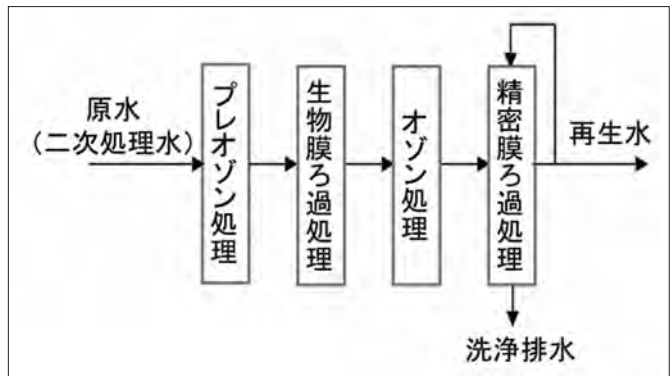


図 11-1-1 オゾン耐性膜ろ過施設フロー



図 11-1-2 オゾン耐性膜ろ過施設



理由は、理論上、亜硝酸性窒素1mgはオゾン3.4mgを消費し、有機物もオゾンを消費するので残存する有機物や亜硝酸性窒素を低減することで、本オゾン注入の注入率低下を期待したものである。また、プレオゾン注入により処理水中の鉄、マンガンイオンが酸化され、生物膜ろ過のろ材に吸着、除去される。このことでオゾン耐性膜表面への金属付着による目詰まり、膜の洗浄周期短縮化が防止される。(図11-1-1、図11-1-2、図11-1-3)

膜ろ過設備：クロスフローろ過方式、膜形状中空糸、フラックス  $4.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$

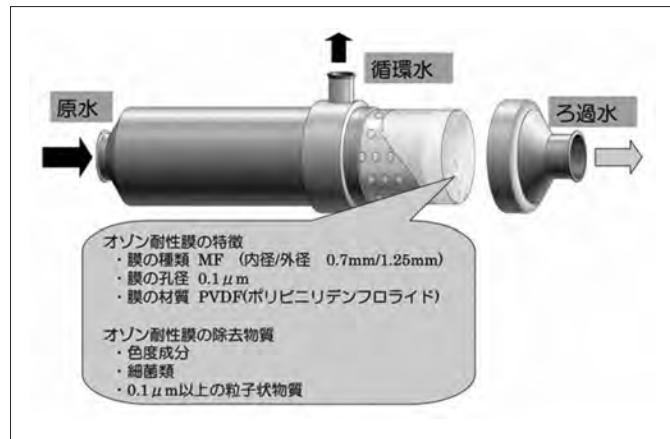


図11-1-3 膜モジュールの形状

### 11.1.3 セラミック膜ろ過

ポリビニリデンフロライド製のオゾン耐性膜は処理水質的には良好であったが、約2年経過後あたりから膜の破断が見られるようになった。膜の寿命は加速試験を行い5年程度と見積もっていたが、逆洗時の物理的外力によりケーシングとの接着部や膜本体が損傷を受けたことが原因と考えられている。膜の交換費用は、ランニングコストを押し上げるため、より物理的外力に強い膜の開発が求められた。

そこで、より安全性と経済性の高い再生水造水技術を目指して、浄水処理で実績のあるセラミック膜を用いた下水処理水の再生水造水システムの共同研究開発が行われた。平成18年度から20年度の共同研究結果から所定の性能が確認できたので芝浦水再生センター再生水設備として実機導入、平成22年4月より稼働している。(図11-1-4、図11-1-5)

膜仕様：内圧式モノリス型、公称孔径  $0.1 \mu\text{m}$ 、外形寸法  $\phi 180 \times 1500 \text{ mm}$  膜面積  $24 \text{ m}^2$   
 膜の特徴：セラミック製、耐用年数10年、薬品耐性、物理的強度が高く廃棄後セラミック原料として再利用可能  
 オゾン発生器： $2.5 \text{ kg O}_3/\text{時}$ 、処理能力  $7,000 \text{ m}^3/\text{日}$

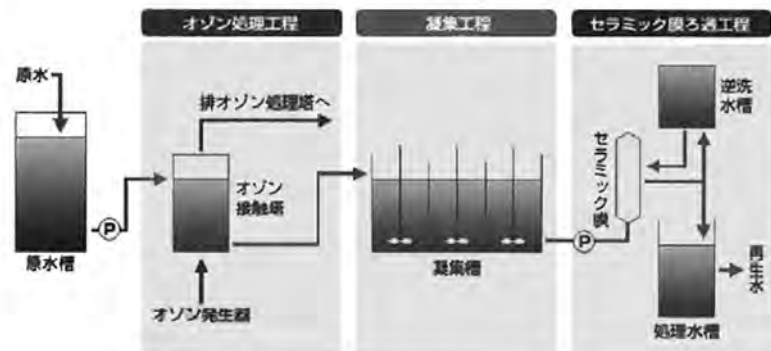


図11-1-4 セラミック膜ろ過の処理フロー

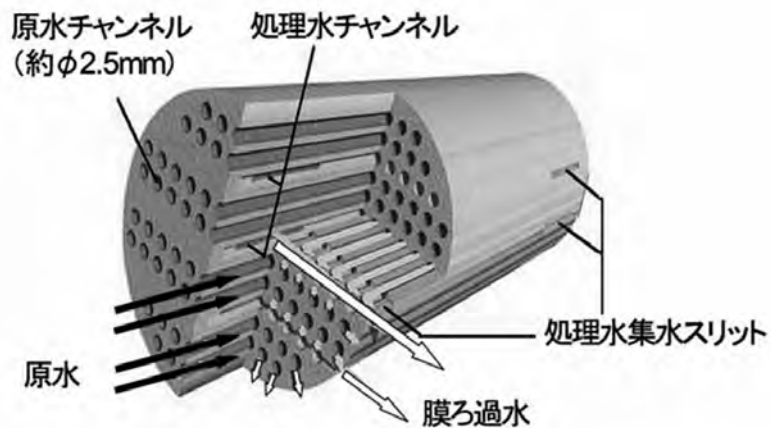


図11-1-5 セラミック膜の構造

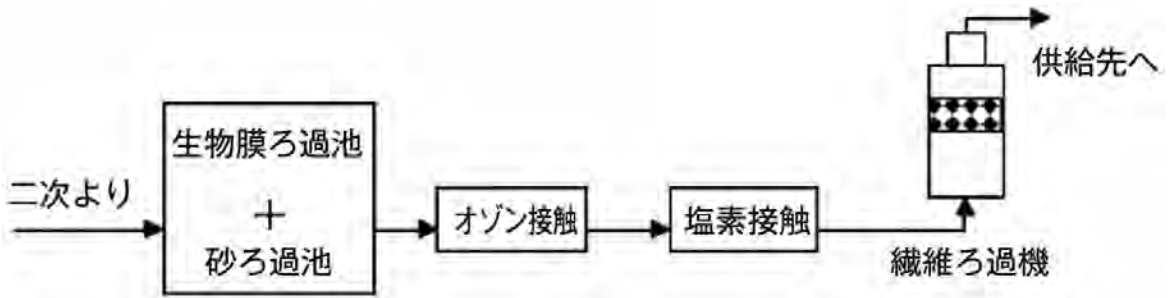


図 11-1-6 有明水再生センター再生水フロー

### 11.1.4 高速繊維ろ過

有明水再生センターの再生水設備は、当初砂ろ過水を生物膜ろ過処理、オゾン処理、塩素注入を行い臨海部副都心地区に供給していた。利用者から再生水中にユスリカやその幼虫が発生しているとの苦情が寄せられたため、対策として送水直前に高速繊維ろ過工程を加えることとした。有明水再生センターで発生したユスリカは“ウスイロユスリカ”であり、生物膜ろ過のろ床を通過したものと考えられる。

導入した高速繊維ろ過装置は、浮上ろ材を用いて上向ろ過を行うもので、生物膜ろ過から漏洩したSSやユスリカの幼虫を捕捉し、再生水の水質向上を図るものである。高速繊維ろ過装置はろ過水の出口に目幅33μmのステンレス製セーフティスクリーンがあり、ユスリカの卵及び幼虫はこのスクリーンを通過することができない。高速繊維ろ過装置の運用開始後は、ろ過水中にユスリカの卵、幼虫ともに検出されていない。

処理能力は5,000 m<sup>3</sup>/日・基、瞬時最大300 m<sup>3</sup>/時である。平成13年4月から運用開始している。なお、本装置は芝浦水再生センター再生水設備のユスリカ対策目的でも運用されている。(図11-1-6、図11-1-7、図11-1-8)

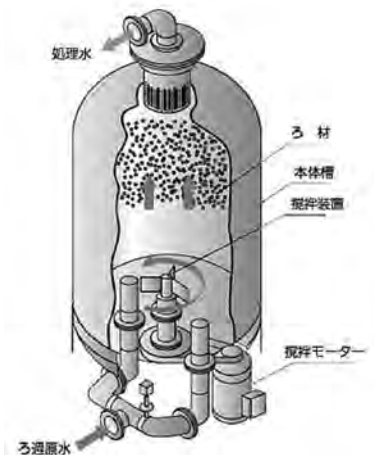


図 11-1-7 高速繊維ろ過装置



図 11-1-8 浮上ろ材

### 11.1.5 今後の動向

再生水の需要は、ビル側が個別循環方式を選択することもあり図11-1-9のように、全体的にはほぼ横ばいといえる。セラミック膜+高速繊維ろ過の組み合わせが現在最も質の高い再生水を安定的に製造しており、芝浦水再生センターの再生水は、需要も増加しており、今後設備の増設も予定されている。

一方、新宿副都心への再生水供給事業は設備の老朽化が進んでいるため、ビルの地下4階に位置する狭隘な新宿水リサイクルセンターでの再構築に適した機器システムの検討が必要と考える。

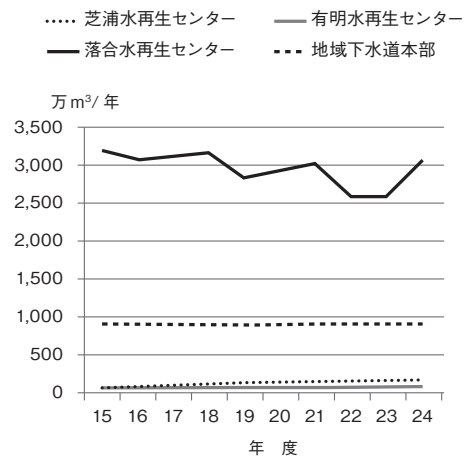


図 11-1-9 再生水の需要

## 11.2 汚泥・焼却灰の資源化設備

### 11.2.1 汚泥・焼却灰の資源化設備の歩み

汚泥はコンポスト原料として、焼却灰はセメントやコンクリート製品の原料及びアスファルトフィラー原料の一部として利用されてきた。また、軽量細粒材などにも加工されて利用されているが、何れも、原料として汚泥や焼却灰を提供する事業であり、直接、設備メーカーの技術が製造工程を担うものではない。

一方、焼却灰の中に高濃度で含まれるりんは、下水処理では放流先の富栄養化防止の観点から積極的に除去技術の開発に取り組んできた。また、焼却灰の主な有効利用法であるセメント利用では、モルタルの強度が低下するためりん含有量の低い焼却灰を求められている。

りんの埋蔵量は、将来枯渇することが懸念されており、わが国の輸入量の約1割が下水に流入するとの試算もあり、循環型社会構築の観点からも下水からのりん回収が望まれている。加えて、全量を輸入に頼っている我が国にとって、輸入単価がアメリカ、中国の輸出制限等により平成20年頃から上昇し、翌年には約3倍の60,000円/tとなった記憶も新しく、りんの回収・除去技術がさまざまに技術開発されてきた。

### 11.2.2 りん資源化

東京都においては、「焼却灰中の有害物質の除去及びりん回収技術」、「電解鉄によるりん回収技術」などの技術開発に取り組んできたが、コスト等から実用化には至っていない。

他の自治体でこれまでに実用化された、もしくは実用化が期待されるりんの資源化技術を以下の表に示す。

表 11-2-1 りん資源化技術の概要

		技術の概要	取り組み状況	
①	品析法	M A P 法 液中に含まれるりんをアンモニウムとマグネシウムの結晶化物とする	・島根県宍道湖流域下水道（運転中） ・福岡市 和白、東部、西部水処理センター（運転中） ・大阪市 大野下水処理場（運転中）	
②		H A P 法	処理水などのpHを上げることにより、りんを析出させる方法	・岐阜県下呂市（運転中）
③			返送汚泥の一部を嫌気的条件下で、汚泥からりんを放出させ、放出したりんを結晶化させて回収する方法	・福島県北塩原村（運転中）
④			汚泥減量化とA <sub>2</sub> O法を組み合わせ、嫌気性槽混合液からりんを結晶化させて回収する方法	・愛知万博 実証実験（終了）
⑤		Heat Phos 法	余剰汚泥に熱を加えて可溶化し、可溶化した液からりんを析出させる方法	
⑥		灰酸抽出法・灰アルカリ抽出法	焼却灰からりんを酸やアルカリで溶出させ、溶出液からりんを析出させる方法	・岐阜市 北部プラント（運転中）
⑦	吸着法	りん吸着能力を持つ吸着剤を用いて、りんを回収（吸着脱離反応の利用）する方法		
⑧	還元溶融法	完全還元溶融法	りんを黄りんとして揮発させ回収する方法	
⑨		部分還元溶融法	焼却灰を部分的に還元してりん化合物を回収する方法	
⑩	炭化法	脱水汚泥を炭化してそのまま利用する方法	・群馬県 県央浄化センター（計画中）	

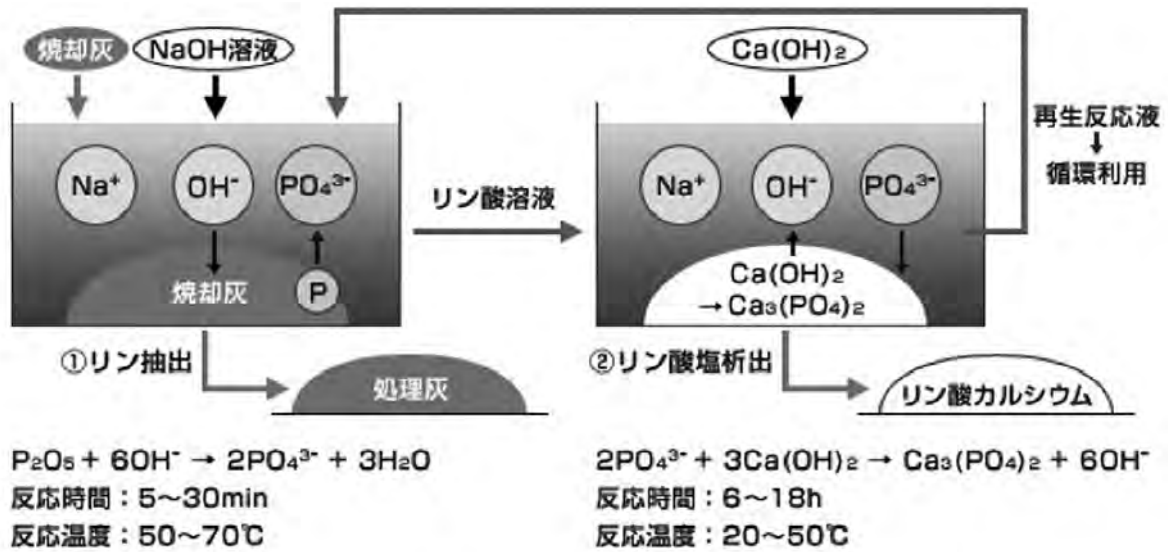


図 11-2-1 アルカリ抽出法原理図

アルカリ抽出法によるG市の実用化は次のように行われている。

焼却灰中の  $P_2O_5$  を4%程度の水酸化ナトリウムで5～30分間抽出し、抽出液に消石灰を投入して約6時間反応させ、溶解度の低い燐酸カルシウムを析出させて回収する。焼却灰からのりん抽出率60%以上を見込んでおり、消石灰投入、脱水後の溶液を抽出液として再利用することで薬品使用量の低減を図っている。反応温度は抽出工程50～70℃、リン酸塩析出工程では20～50℃であり、焼却炉の廃熱を利用できる。

設備は、灰ホッパ、アルカリ抽出反応槽、消石灰投入設備、りん回収槽、脱水機、洗浄槽、中和槽などからなる。

東京都下水道局と会員企業の共同研究で技術開発済みの技術は、同様のアルカリ抽出法であり、コストを更に抑制することが出来る方法である。

### 11.2.3 今後の動向

下水中のりんの資源化には生産物であるりん肥料の販路の確保、販売価格と製造価格のバランスが重要な課題である。費用対効果をみながら、安定して使える実用化方法を検討していくことが重要である。今後、低コスト無害化技術が開発され、製造コストの低減が図れれば輸入単価との見合いで実用化される可能性もある。

なお、リン鉱石の輸入単価は、以前の水準に戻っており、近年新しい鉱脈が発見され100年程度では枯渇しないとの報告もあり、注視していく必要がある。

## 11.3 下水熱利用設備

### 11.3.1 下水熱利用設備の歩み

主な都市排熱には、下水、清掃工場、発電所、地下鉄、冷凍倉庫、地中送電ケーブルなどがあり、なかでも下水の持つ都市排熱量のウエイトは高い。東京都下水道局ではこの都市排熱に注目し利用に取り組んできた。昭和62年1月に落合処理場で処理水を熱源に下水道施設内で冷暖房システムとして利用



(アーバンヒートと命名)を開始し、次いで、昭和63年4月に湯島ポンプ所で流入下水を熱源とする下水道施設内の冷暖房システムを稼働させた。その後、区部や流域の各処理場で施設内の冷暖房システムとして利用してきた。

下水道局では、省エネルギーや環境保全に役立つこの技術を下水道施設以外で利用するため、後楽ポンプ所に大型ヒートポンプを設置して冷温水を製造する文京区後楽一丁目地区の地域熱供給事業を開始した。次いで平成13年11月に砂町水再生センターの処理水と下水汚泥焼却炉の廃熱(洗煙水)及びガス吸収冷温水機を用い、新砂三丁目地区に冷温水を供給する事業を始めた。

### 11.3.2 文京区後楽一丁目地区地域冷暖房設備

莫大な都市排熱の一つである下水熱をヒートポンプの冷却水・加温水として利用しており、未処理の下水を熱源として利用した日本で最初の地域冷暖房である。下水は水量が安定し、水温は外気温度に比べ夏は低く冬は高いという下水の持つ熱特性を利用することで、熱源機の動力や燃料使用の削減が図れ、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>を削減することで環境保全効果が期待できる。また、大気中に熱を放出せず下水中に熱を放出するのでヒートアイランド現象の抑制に繋がる。また、冷却塔冷却水を使用しないため節水効果も高い。



図11-3-1 熱交換器

一方、生下水を熱源として利用したため、水再生センター内の二次処理水や高度処理水を利用した下水熱利用と比べて、し渣などが多く流入する。そのため、目幅の細かいストレーナで細粒ゴミを取り除くといった工夫をしている。(図11-3-1、図11-3-2、図11-3-3)

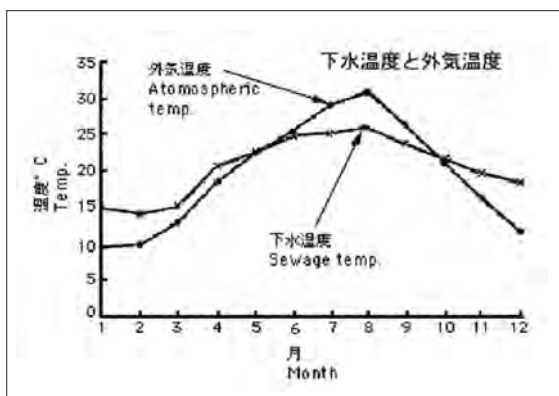


図11-3-2 下水温度と外気温度

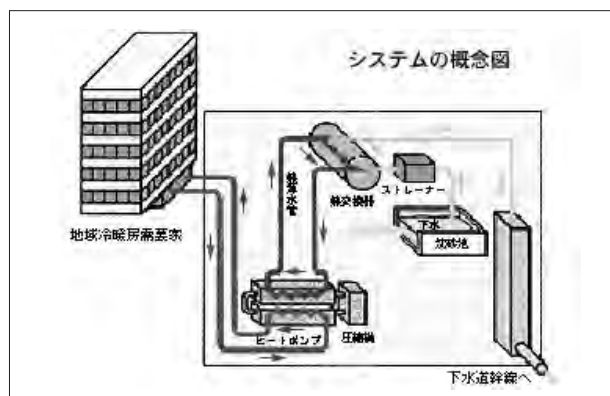


図11-3-3 下水を熱源とした地域冷暖房システムの概念図

### 11.3.3 江東区新砂三丁目地区への熱供給

砂町水再生センター及び東部スラッジプラントから発生する処理水、汚泥焼却廃熱(洗煙水)をそれぞれ冷却水源、温熱源として利用すると共に、ガス吸収冷温水機によって製造した冷温水も加えて新砂三丁目地区の高齢者医療センターなどに冷温水を供給している。(図11-3-4、図11-3-5)

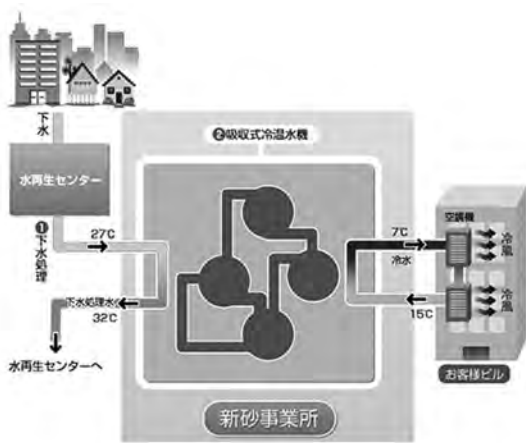


図 11 - 3 - 4 冷水製造フロー

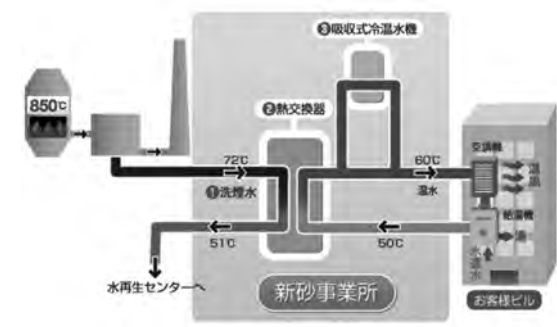


図 11 - 3 - 5 温水製造フロー

### 11.3.4 芝浦水再生センターによる民間ビルへの熱供給

芝浦水再生センターから処理水を送水し、ビル空調廃熱の熱交換に利用するシステムで、水温は外気温度に比べ夏は低く冬は高いという下水の持つ熱特性を利用することは後楽ポンプ所の仕組みと同様である。事業的には処理水の送水のみを行う方式で後楽ポンプ所の事業方式とは異なる。

また、芝浦水再生センター再構築に併せ平成 26 年度に完成予定の上部利用ビルへの熱供給も予定されている。(図 11 - 3 - 6)

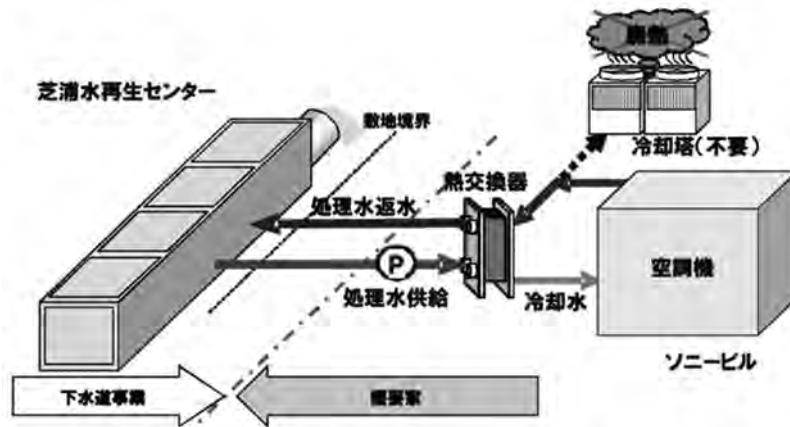


図 11 - 3 - 6 芝浦水再生センターによる熱供給フロー

### 11.3.5 今後の動向

昨今の地球温暖化、ヒートアイランド現象、少雨などによる下水温度の変化は、外気と下水との温度差の活用を阻害しつつある。最近の夏季は、下水温度が高く (28°C ~ 30°C)、外気温との差が縮小しており、この温度差の縮小が下水熱エネルギー利用効率に影響を与えるようになってきた。地球温暖化などの気象現象の変化が今後も続くと下水利用のメリットが薄れる恐れがある。

また、ビルマルチ空調機の進歩により、個別空調方式を用いる需要家も増えており、水再生センターやスラッジプラントの近傍で熱供給導管の敷設コストを抑制できる等を十分に検討し事業を進めることが重要と考える。

新たな取り組みとして、廃熱投入型高効率吸収式ヒートポンプの熱源に焼却炉廃熱（洗煙水廃熱）、下水処理水及び太陽熱を利用する技術の開発を行っている。再生器の加熱源に洗煙水廃熱や太陽熱を利用すること、加熱に用いる都市ガスの削減を図り二酸化炭素を削減することが出来る。

## 11.4 省エネ、未利用・再生可能エネルギー設備

### 11.4.1 省エネ、未利用・再生可能エネルギー設備の歩み

東京都の下水道事業は、都の事務事業活動で排出される温室効果ガスの約4割を排出しており、地球温暖化防止に対する大きな責任を負っている。このため、下水道局では平成16年に下水道事業における地球温暖化防止計画「アースプラン2004」を、平成22年には一層の温室効果ガス削減を行うために、「アースプラン2010」を策定し、対策を実施している。

この中で、省エネルギー型機器の設置としてPMモーターの導入、未利用・再生可能エネルギー活用として処理水のエネルギーを活用する小水力発電、自然エネルギーの活用として太陽光発電に取り組むこととしている。

「経営計画2013」においては、地球温暖化対策の3カ年の主な取り組みと、到達目標を提示している。

### 11.4.2 PMモーター（永久磁石電動機）

水処理・汚泥処理設備の運転では、年間約10億kW時の電力を消費しており、これは都内の電力使用量の約1%に相当するといわれている。その電力使用量の内訳をみると、水処理における揚水の割合は21%となっている。

絶え間なく流入する汚水を揚水する污水ポンプは、これまでも電力使用量の削減を目指し、高水位運転などの運転管理の工夫で揚程を小さくして電力使用量を削減してきた。このような背景のもと、污水ポンプ高圧電動機の電力使用量削減のため、可変速運転化や更なる高効率な高圧電動機が求められている。

このため、平成25年に葛西水再生センターの污水ポンプ（6kV、2,300kW）に高効率な永久磁石式高圧電動機（PMモーター）を導入し、省エネがなかなか進まなかった揚水設備の省エネルギー化を実現している。（図11-4-1）

高圧誘導電動機（IM:Induction Motor）は2次導体に誘導による電流を流し磁界を発生させるため、2次銅損が生じるのに対し、PMモーターは回転子に永久磁石を使用することで、2次銅損が無くなり、IMに比べ損失を大幅に低減することができる。電動機容量により異なるが2～4%程度の効率向上が見込まれる。（図11-4-2、図11-4-3）

図11-4-2にIMとPMモーターの構造比較を示す。固定子の基本構造は同じであるが、回転子の構造が異なる。

機器の導入にあたっては、ポンプ性能への影響が無いことを中容量試作機で検証し、大容量機にスケー



図11-4-1 葛西水再生センター污水ポンプ（2,300 kW PMモーター）



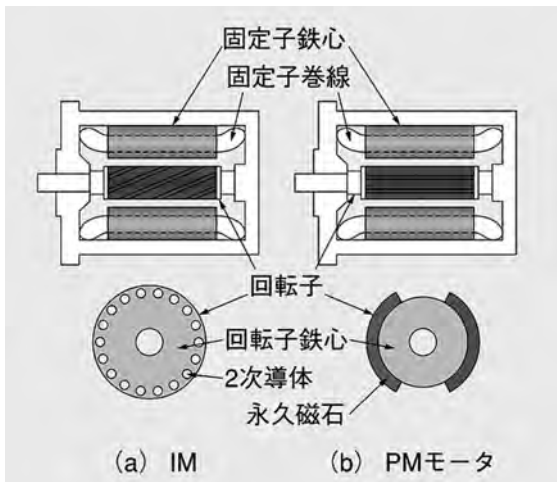


図 11-4-2 IMとPMモーターの構造比較

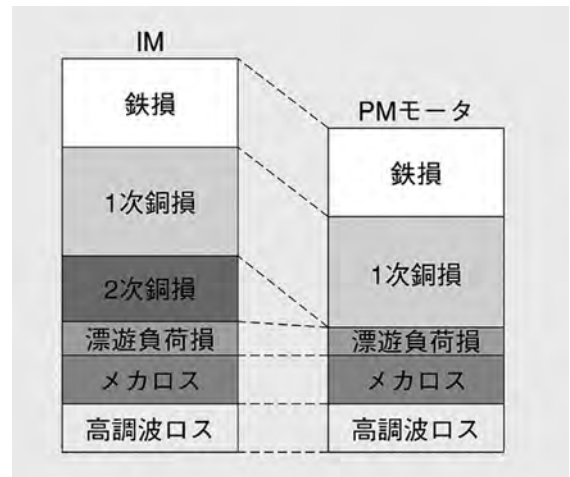


図 11-4-3 IMとPMモーターの損失比較

ルアップして既存大容量ポンプ高圧電動機の更新に対応した。検証結果から、2,300 kW電動機の場合、PMモーターはIMに比べ約2%効率が高いことが確認できた。

### 11.4.3 小水力発電

水再生センターでは、水処理施設から処理水を放流する際に高潮などからの影響を防ぐため、最終処理工程である塩素接触槽と放流渠（海面）の間に数メートルの落差が設けられている。この処理水のわずかな放流落差と安定した豊富な処理水を活用して発電を行っている。

葛西水再生センターでは、平成16年から運転を開始し、発電機の出力は27 kWで、年間の発電量は一般家庭20数世帯分で、CO<sub>2</sub>を排出しないクリーン電源として地球温暖化防止にも貢献している。（図11-4-4）

森ヶ崎水再生センターでは、水力発電機3基を設置し、年間約80万kW時（一般家庭の約230世帯分に相当）の発電を行っている。水力発電は太陽光発電や風力発電と比べて安定して発電でき、しかも、地球温暖化の原因となる温室効果ガスを排出しないクリーンなエネルギーである。なお、クリーンなエネルギーとしての環境価値については、グリーン電力証書システムを通じて第三者に譲渡している。（図11-4-5）

放流落差を利用した小水力発電の特徴は、図（図11-4-5）に示すように、取水方式にサイフォン方式を取り入れていることで、段差のある水面を管で結ぶサイ



図 11-4-4 葛西水再生センターマイクロ水力発電表示パネル

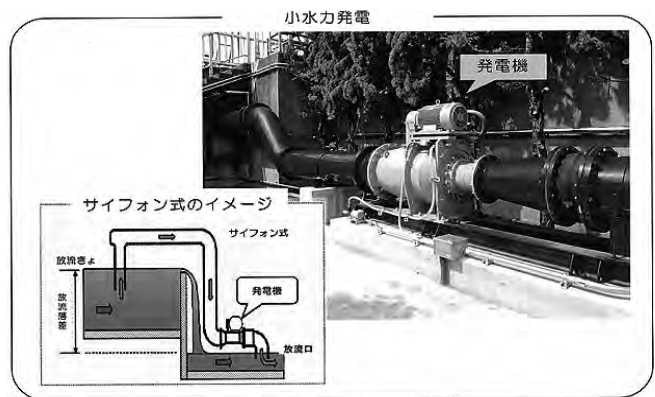


図 11-4-5 森ヶ崎水再生センター小水力イメージ



フォンの原理を用いて、連続的に水を流すことができる。配管や水車発電機を放流渠の水中ではなく地上部に設置でき、施工が容易で建設コストを低く抑えられるとともに、維持管理コストも抑制できる。

また、潮位変動による放流落差の変動や、夜間の流入水量変動に対応するため、流量調節機能を持つプロペラ水車を採用している。水量変化に応じてプロペラ羽根を適切に角度調整し、発電効率を高く保ったまま安定した発電が得られている。

小水力発電により、温室効果ガスを排出しないクリーンな電力を発電し、化石燃料への依存が高い電力の使用を削減することができる。このことから、水量が安定し、一定レベルの放流落差を有する水再生センターへの導入を今後も検討している。(図11-4-6)



図11-4-6 豊富な水量とある程度一定の落差がある森ヶ崎水再生センター放流口

#### 11.4.4 太陽光発電

葛西水再生センターでは、地球温暖化対策として発電時にCO<sub>2</sub>を発生させない太陽光発電設備を設置し、センターが使用する電力の一部を補っている。(図11-4-7、図11-4-8)

センターに導入された太陽光発電設備は、薄膜形太陽電池パネル3836枚で構成され、発電設備容量490kWで下水道施設として国内最大級の規模を誇る。年間発電量は、一般家庭の約160世帯分である。

下水処理施設の空間利用としては、施設の周回道路北側に固定タイプ(図

11-4-9)を200kW、施設上部に「一軸追尾」タイプ(図11-4-10、図11-4-11)を290kW設置し、下水道施設の空間を有効活用している。

一軸追尾タイプは、地面と水平面に取り付けた一軸駆動機構を持ち、東西方向に最大180°回転させることができ、太陽方位に合わせて太陽電池パネルの角度が変化し、パネルに対して太陽光が効率的に照らされることで発電量が増加する。また、水処理施設上でのメンテナンス作業のスペース確保が可能となっている。

森ヶ崎水再生センターでも、反応タンクの臭気防止蓋の再構築にあわせ、蓋に太陽光パネルを張り付けるなどの工夫により設置コストを縮減し、メガワット(1,000kW)級の太陽光発電の導入を進めている。(図11-4-13)



図11-4-7 葛西水再生センター太陽光発電設備

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料

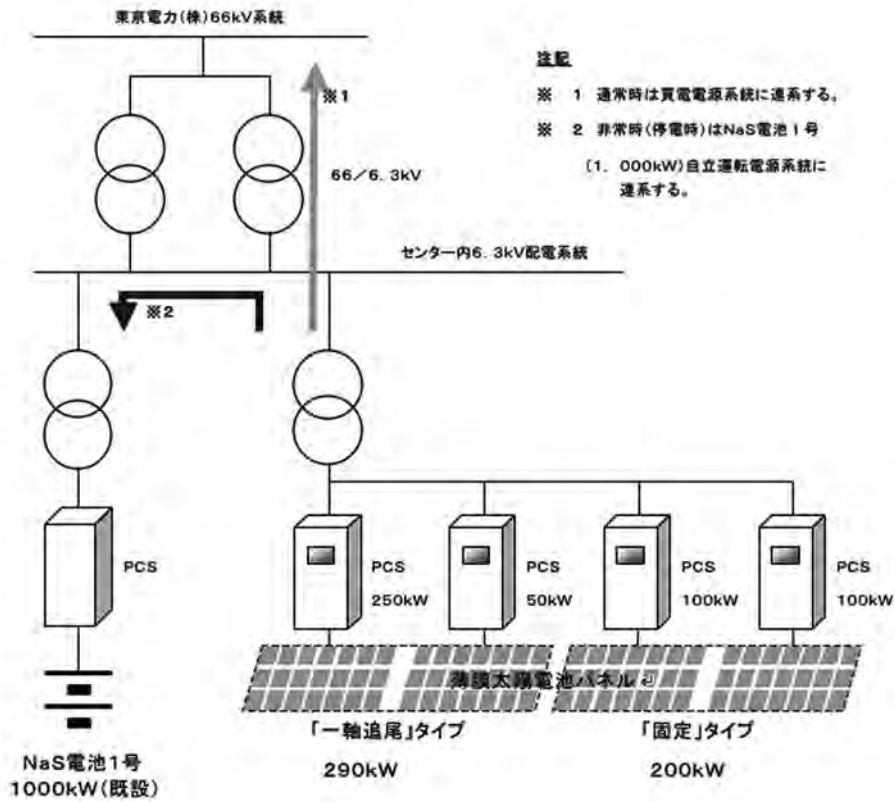


図11-4-8 葛西水再生センター太陽光発電設備の装置構成



図11-4-9 太陽光発電「固定」タイプ



図11-4-10 「一軸追尾」タイプ傾斜時



図11-4-11 「一軸追尾」タイプ水平時

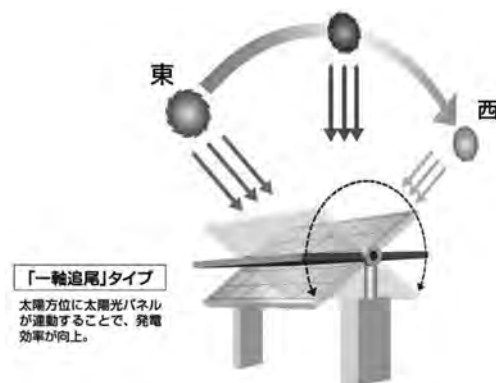


図11-4-12 一軸追尾タイプ太陽光パネルのイメージ図







# 資 料

会員企業と東京都下水道局との主な共同研究の成果

会員企業と東京都下水道サービス(株)との主な共同特許

参考文献一覧

会員企業一覧

## 会員企業と東京都下水道局との主な共同研究の成果

項目	年度	共同研究者など
高速ろ過と担体添加活性汚泥法による処理システム	平成5年度	日立プラント建設(株)との共同研究
焼却灰及び廃棄物を用いた資源化法	平成5年度	月島機械(株)との共同研究
溶融スラッグの有効利用と透水性ブロックの製造技術	平成5年度	日本ガイシ(株)との共同研究
無人ポンプ所保守点検ロボット	平成6年度	富士電機(株)ほか4社との共同研究
生物脱臭剤を用いた臭気抑制型下水処理システム	平成7年度	荏原実業(株)、(株)荏原製作所との共同研究
第二沈殿池越流桶樋自動清掃装置の開発	平成7年度	東京都下水道サービス(株)、三菱重工業(株)との共同研究
汚泥集約処理における返水処理システム	平成9年度	(株)荏原製作所との共同研究
ポンプ軸受の無注水化に関する研究開発	平成11年度	(株)クボタ、(株)日立製作所、(株)西島製作所との共同研究
生物学的窒素・りん同時除去の高効率化技術	平成12年度	日立プラント建設(株)、(株)クボタ、(株)荏原製作所、日本ガイシ(株)、(株)タクマ
廃熱利用による建設泥土の再生技術	平成12年度	月島機械(株)、日本硝子(株)、三菱重工業(株)との共同研究
速効性消毒剤を用いた注入システム	平成12年度	(株)荏原製作所との共同研究
活性汚泥中含有りんの効率的除去技術	平成12年度	日立プラント建設(株)、前澤工業(株)、三菱マテリアル(株)との共同研究
深層生物反応タンクにおける超微細気泡散気装置の適用に関する調査研究	平成12年度	(株)クボタ、月島機械(株)とのノウハウ+フィールド提供型共同研究
効率的な汚泥濃度計	平成13年度	東京都下水道サービス(株)、オルガノ(株)、巴工業(株)、(株)明電舎、(株)オートマチックシステムリサーチ、芝浦システム(株)との共同研究
硝化制御システムの省エネルギー効果の実証調査	平成13年度	三菱電機(株)とのノウハウ+フィールド提供型共同研究
既存第一沈殿池を利用した雨天時高速汚水処理システムの基礎実験調査	平成13年度	日本ガイシ(株)とのノウハウ+フィールド提供型共同研究
有機酸添加によるりん除去性能向上についての実証調査	平成13年度	日立プラント建設(株)、(株)荏原製作所、(株)クボタ、日本ガイシ(株)、(株)タクマとのノウハウ+フィールド提供型共同研究
ポンプ所における越流負荷の効率的除去技術	平成14年度	(株)西原環境衛生研究所、日本理水設計(株)との共同研究
既存流動焼却システムの高効率化技術	平成14年度	日本ガイシ(株)、三菱重工業(株)、月島機械(株)、(株)クボタとの共同研究
ポンプ設備用完全無注水化システムの実用化	平成14年度	(株)電業社機械製作所とのノウハウ+フィールド提供型共同研究
ディーゼルエンジン排ガス除塵・脱臭用触媒フィルタ	平成15年度	日本ガイシ(株)、旭硝子(株)との共同研究
運転ナビゲーション・システム技術	平成15年度	三菱電機(株)、(株)東芝、(株)日立製作所、富士電機(株)、(株)明電舎との共同研究
脱水分離液からのりん除去技術	平成15年度	日立プラント建設(株)、前澤工業(株)、三菱マテリアル(株)とのノウハウ+フィールド提供型共同研究

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料

項 目	年 度	共同研究者など
二段造粒式沈殿濃縮装置	平成 15 年度	(株)荏原製作所とのノウハウ + フィールド提供型共同研究
砂ろ過施設の機能向上技術	平成 16 年度	(株)タクマ、(株)荏原製作所、栗田工業(株)、日本ガイシ(株)との公募型共同研究
放電式脱臭技術の高濃度臭気への適用研究	平成 16 年度	(株)タクマとのノウハウ + フィールド提供型共同研究
汚泥からの有機酸回収と活用技術	平成 17 年度	住友重機械工業(株)との公募型共同研究
汚泥集約化に向けた大型回転ドラム型汚泥濃縮機の開発	平成 17 年度	(株)タクマとのノウハウ + フィールド提供型共同研究
深層曝気槽における低動力型攪拌機の開発	平成 17 年度	(株)神鋼環境ソリューションとのノウハウ + フィールド提供型共同研究
運転ナビゲーション・システムを用いた運転操作支援の実検証	平成 17 年度	三菱電機(株)、(株)東芝、(株)日立製作所、富士電機(株)、(株)明電舎とのノウハウ + フィールド提供型共同研究
バイオガスによる反応タンク用送風機の直接駆動に関する共同研究	平成 17 年度	(株)荏原製作所、東京ガス(株)とのノウハウ + フィールド提供型共同研究
省エネルギー型ハニカム濃縮機に関する共同研究	平成 18 年度	東京都下水道サービス(株)、三機工業(株)とのノウハウ + フィールド提供型共同研究
分水人孔用電動式円弧型スクリーン	平成 18 年度	(株)荏原製作所、新明和工業(株)とのノウハウ + フィールド提供型共同研究
下水汚泥ガス化変換システムの実用化検証	平成 18 年度	東京都下水道サービス(株)、日本ガイシ(株)とのノウハウ + フィールド提供型共同研究
無濃縮及び低濃度汚泥の脱水技術の開発	平成 19 年度	(株)石垣とのノウハウ + フィールド提供型共同研究
再生水処理技術の開発	平成 19 年度	メタウォーター(株)との公募型共同研究
混合汚泥に対する二重円筒加圧脱水機の脱水性能の共同研究	平成 20 年度	月島機械(株)とのノウハウ + フィールド提供型共同研究
二段燃焼による温暖化対策技術の開発	平成 20 年度	メタウォーター(株)との簡易提供型共同研究
触媒を用いた N <sub>2</sub> O 排出量削減技術の開発	平成 21 年度	メタウォーター(株)とのノウハウ + フィールド提供型共同研究
汚泥炭化施設等におけるエネルギー効率向上のための低含水率脱水技術の開発	平成 21 年度	月島機械(株)、三機工業(株)・メタウォーター(株)、巴工業(株)、(株)石垣、(株)クボタ・寿工業(株)との公募型共同研究
水処理から発生する一酸化二窒素の連続測定計の開発	平成 21 年度	メタウォーター(株)との簡易提供型共同研究
汚泥調質における凝集制御技術の開発	平成 22 年度	東京都下水道サービス(株)、(株)石垣とのノウハウ + フィールド提供型共同研究
焼却灰等の迅速分析・品質管理技術の開発	平成 23 年度	東京都下水道サービス(株)、メタウォーター(株)との簡易提供型共同研究
省電力型ジェットポンプ式揚砂装置の開発	平成 24 年度	住友重機械エンバイロメント(株)とのノウハウ + フィールド提供型共同研究
汚泥処理施設に適用する省エネ型遠心脱水技術の実証研究	平成 24 年度	三機工業(株)とのノウハウ + フィールド提供型共同研究
硝化速度制御による送風量削減技術の開発	平成 24 年度	三機工業(株)とのノウハウ + フィールド提供型共同研究

## 会員企業と東京都下水道サービス(株)との主な共同特許

平成 25 年度末現在

項 目	年 度	会員企業
光ファイバブラッグ回折格子を用いた計測システム	平成 10 年度	メタウォーター(株)、古河電気工業(株)
圧力測定用センサ	平成 11 年度	メタウォーター(株)、古河電気工業(株)
圧力測定装置	平成 11 年度	メタウォーター(株)、古河電気工業(株)
試料採取装置	平成 13 年度	(株)明電舎
汚泥濃縮部構造（濃縮汚泥供給手段の構成）	平成 14 年度	三機工業(株)
流体ノズル構造及び汚泥除去方法（スクリーン付着汚泥吹き剥がしノズル）	平成 15 年度	三機工業(株)
汚泥濃縮部構造（仕切り体）	平成 15 年度	三機工業(株)
汚泥濃縮部構造（昇降可能堰板）	平成 15 年度	三機工業(株)
汚泥濃縮部構造	平成 16 年度	三機工業(株)
被処理物焼却システムと被処理物焼却方法	平成 16 年度	(株)タクマ、東京ガス(株)
脱臭装置	平成 17 年度	住友重機械工業(株)、中国工業(株)
無機凝集剤及び汚泥処理方法	平成 19 年度	巴工業(株)、栗田工業(株)
検視装置、汚濁凝集処理装置及び汚濁凝集処理システム	平成 20 年度	(株)石垣
検視装置、汚濁凝集処理装置及び汚濁凝集処理システム	平成 20 年度	(株)石垣
汚泥処理方法	平成 21 年度	(株)石垣
汚泥焼却炉用乾燥処理装置	平成 23 年度	メタウォーター(株)
汚泥混合投入方法および汚泥混合投入装置	平成 24 年度	メタウォーター(株)
浮遊固形物濃度計及び浮遊固形物濃度計測システム	平成 24 年度	(株)明電舎
多機能型のマンホール蓋	平成 25 年度	(株)明電舎、日之出水道機器(株)
マンホール蓋用のアンテナおよびアンテナ付のマンホール蓋	平成 25 年度	(株)明電舎、日之出水道機器(株)

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料



## 参考文献一覧

- ・経営計画2013 東京都下水道局（平成25年）
- ・技術開発推進計画2010 東京都下水道局（平成23年）
- ・アースプラン2010 東京都下水道局（平成22年）
- ・東京都下水道局事業概要各年度版 東京都下水道局
- ・東京都下水道局技術調査年報各年度版 東京都下水道局
- ・下水道施設計画・設計指針と解説（公社）日本下水道協会（平成21年）
- ・第一回持続的な都市の水利用のための雨水と再生水に関する国際ワークショップ講演要旨集（平成17年）
- ・高度処理ABC 下水道高度処理促進全国協議会（平成23年）
- ・高度処理セミナー資料（公社）日本下水道協会（平成25年）
- ・低動力型高効率遠心脱水機技術マニュアル（財）水道新技術推進機構（平成19年）
- ・直動型遠心脱水機技術マニュアル（財）下水道新技術推進機構（平成19年）
- ・二重円筒加圧脱水機技術マニュアル初版（財）下水道新技術推進機構（平成19年）
- ・高効率型回転加圧脱水機技術マニュアル（財）下水道新技術推進機構（平成20年）
- ・高効率型圧入式スクリーンプレス脱水機技術マニュアル（財）下水道新技術推進機構（平成18年）
- ・高度処理ABC 下水道高度処理促進全国協議会（平成23年）
- ・高度処理セミナー資料（公社）日本下水道協会（平成25年）
- ・資源エネルギー庁 ホームページ
- ・東京都下水道局 ホームページ
- ・（一社）東京下水道設備協会 ホームページ
- ・（一社）日本下水道施設業協会 ホームページ
- ・東京下水道エネルギー(株) ホームページ
- ・メタウォーター(株) ホームページ
- ・住友重機械工業(株) ホームページ
- ・月島機械(株) ホームページ
- ・明電時報 (株)明電舎
- ・(株)石垣 カタログ
- ・(株)クボタ カタログ
- ・三機工業(株) カタログ
- ・月島機械(株) カタログ
- ・巴工業(株) カタログ
- ・前澤工業(株) カタログ
- ・メタウォーター(株) カタログ

## <会員会社連絡先一覧>

会社名	郵便番号	所在地	電 話
アクアインテック株式会社	101-0032	東京都千代田区岩本町2-11-2	03-5825-8321
株式会社石垣	104-0031	東京都中央区京橋1-1-1	03-3274-3514
岩尾磁器工業株式会社	104-0061	東京都中央区銀座2-8-5	03-3561-9181
株式会社荏原製作所	144-8510	東京都大田区羽田旭町11-1	03-6275-6468
株式会社クボタ	104-8307	東京都中央区京橋2-1-3	03-3245-3336
三機工業株式会社	104-8506	東京都中央区明石町8-1	03-6367-7634
株式会社神鋼環境ソリューション	141-8688	東京都品川区北品川5-9-12	03-5739-5808
住友重機械エンバイロメント株式会社	141-0031	東京都品川区西五反田7-25-9	03-6737-2728
株式会社タクマ	103-0004	東京都中央区東日本橋1-1-7	03-5822-7800
月島機械株式会社	104-0053	東京都中央区晴海3-5-1	03-5560-6541
株式会社電業社機械製作所	143-8558	東京都大田区大森北1-5-1	03-3298-5111
株式会社東芝	212-8585	神奈川県川崎市幸区堀川町72-34	044-331-0823
巴工業株式会社	141-0032	東京都品川区大崎1-2-2	03-5435-6527
株式会社西島製作所	141-0032	東京都品川区大崎1-6-1	03-5437-0821
株式会社西原環境	108-0022	東京都港区海岸3-20-20	03-3455-4448
株式会社日立製作所	170-8466	東京都豊島区東池袋4-5-2	03-5928-8096
日立造船株式会社	111-0041	東京都台東区元浅草2-6-6	03-5928-8096
前澤工業株式会社	104-8531	東京都中央区新川1-5-17	03-3297-0613
三菱化工機株式会社	210-0012	神奈川県川崎市川崎区宮前町1-2	044-246-7236
三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社	220-0012	神奈川県横浜市西区みなとみらい4-4-2	045-227-1276
三菱電機株式会社	100-8310	東京都千代田区丸の内2-7-3	03-3218-2587
株式会社明電舎	141-6029	東京都品川区大崎5-5-5	03-6420-7331
メタウォーター株式会社	101-0041	東京都千代田区神田須田町1-25	03-6853-7332

(平成26年5月現在)

## 下水道設備の新しい流れ (2004~2014) (平成26年5月)

発行：一般社団法人東京下水道設備協会 編集：設立30周年記念事業委員会 編集協力：株式会社水道産業新聞社





TSFA



## 設備技術で支える東京の下水道



一般社団法人 **東京下水道設備協会**

〒160-0023 東京都新宿区西新宿3-2-11 新宿三井ビルディング2号館13階  
TEL: 03-3346-3051 FAX: 03-3346-3055  
URL: <http://www.setubikyo.or.jp/main/>



古紙100%配合紙100%再生紙を使用