

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)

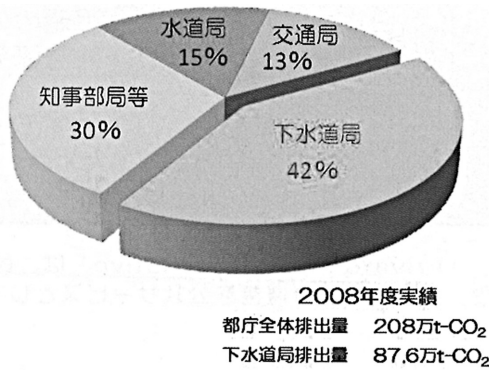


図4-2-1 東京都の事務事業活動の局別温室効果ガス排出量の割合

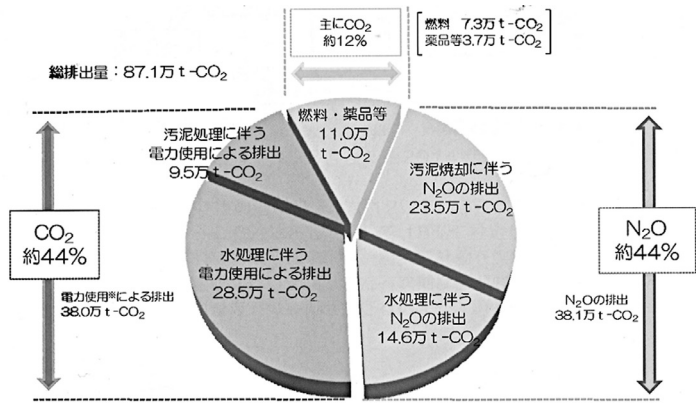


図4-2-2 温室効果ガス排出量の内訳（2009年度見込値）

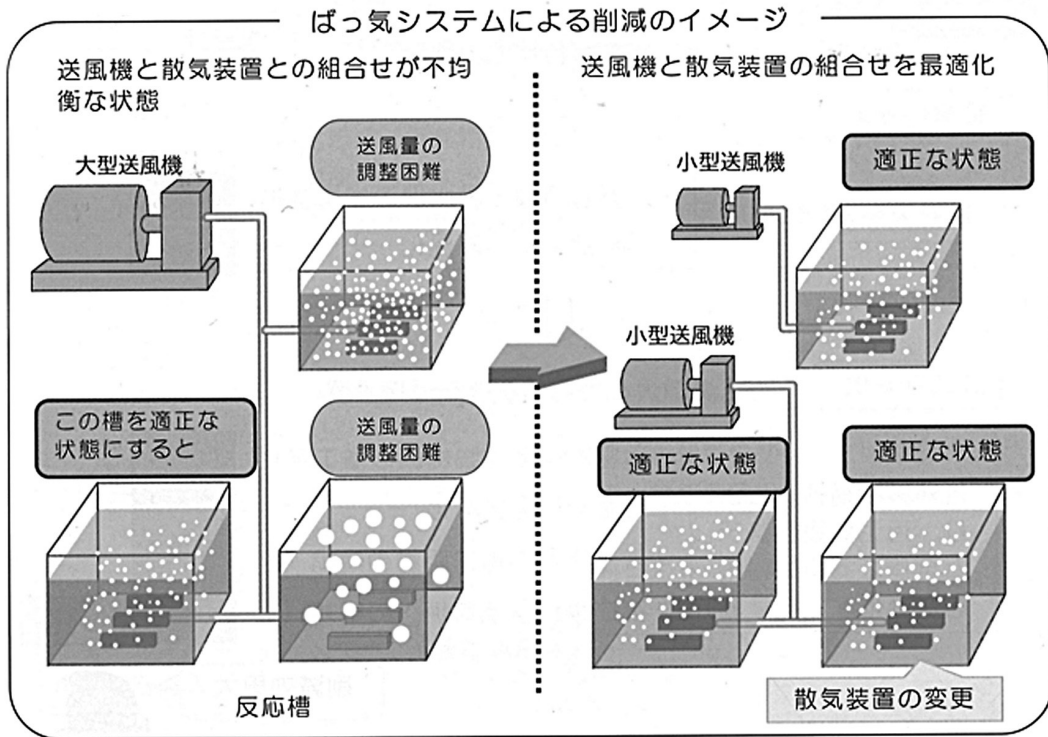


図4-2-3 曝気システムによる温室効果ガス削減のイメージ

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。

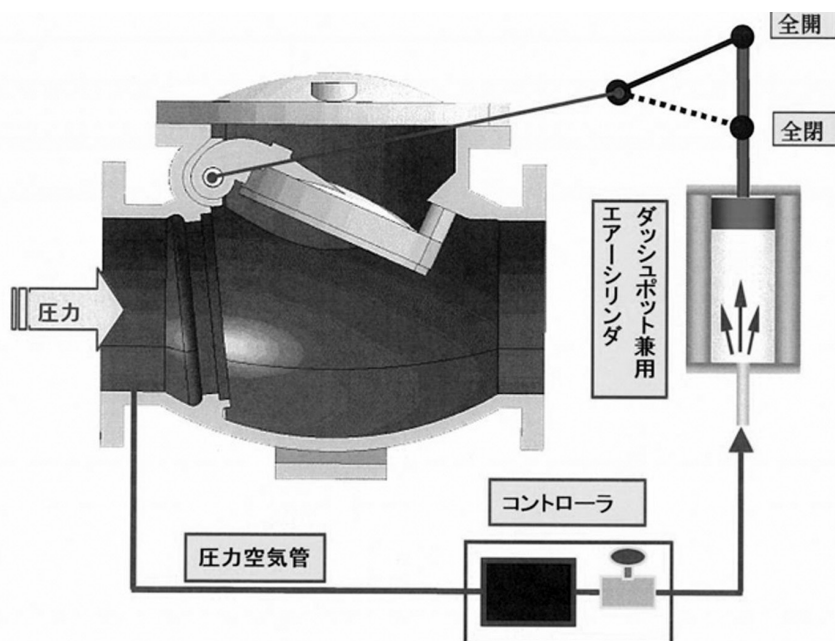


図4-3-1 低圧力損失型逆止弁の一例

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30m³/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）

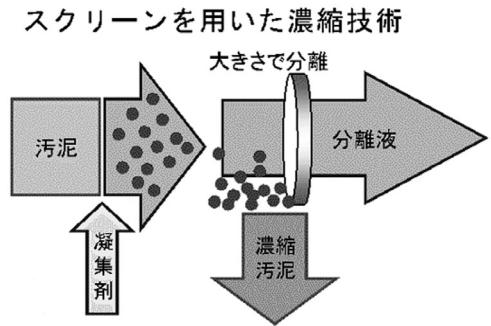


図5-2-1 ハニカム濃縮機の原理



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）

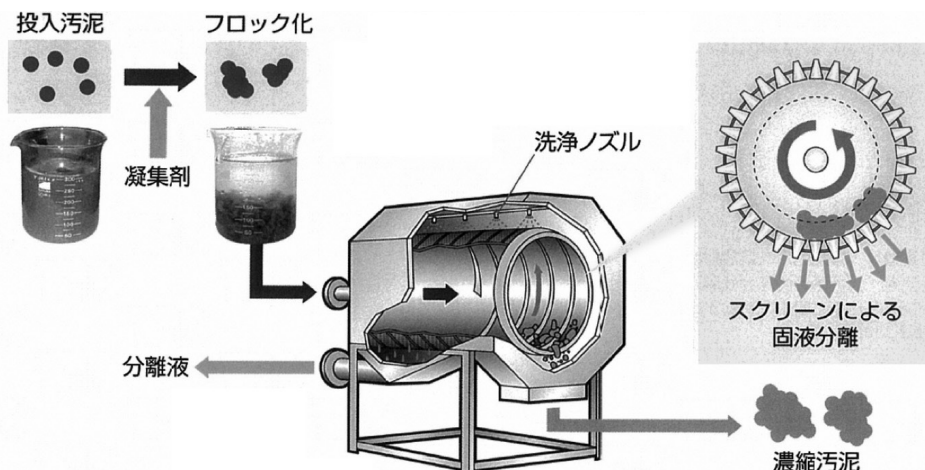


図5-2-3 大型回転ドラム濃縮機の原理

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

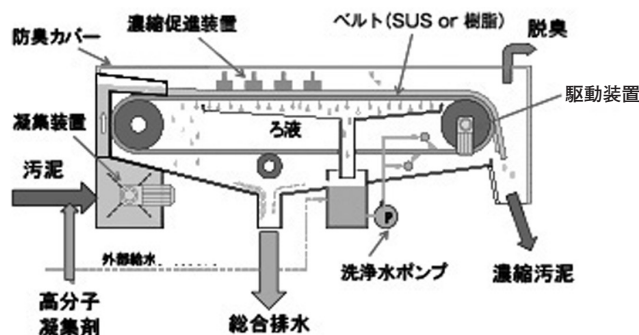


図5-3-1 ベルト型ろ過濃縮機構造図

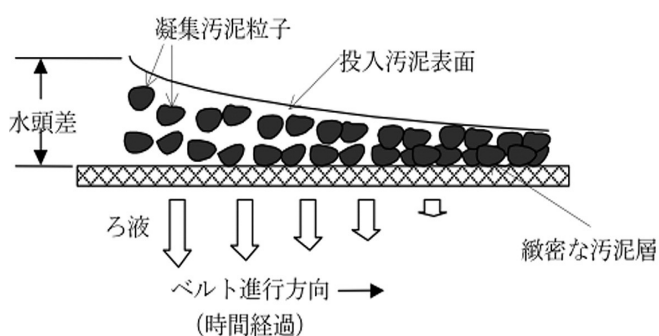


図5-3-2 ろ過濃縮の概念

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150m³/時）、葛西水再生センター（樹脂ベルト、処理能力150m³/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100m³/時）に導入される予定である。（図5-3-3）

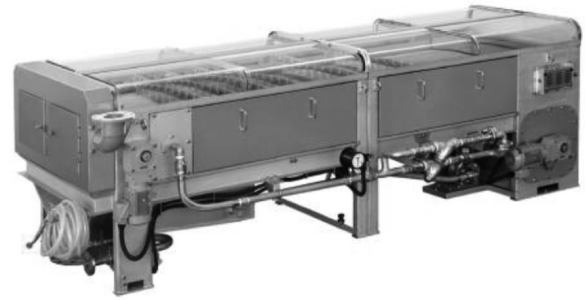


図5-3-3 ベルト型ろ過濃縮機の外観

(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）

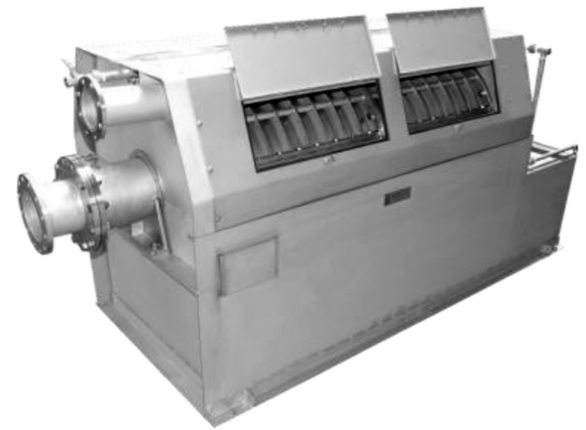


図5-3-4 差速回転型スクリー濃縮機の外観

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。

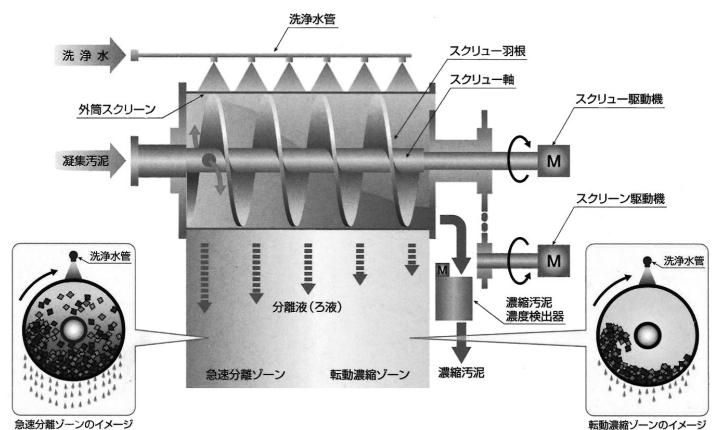


図5-3-5 差速回転型スクリー濃縮機の原理

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 m^3 、流域下水道本部では3万7千 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

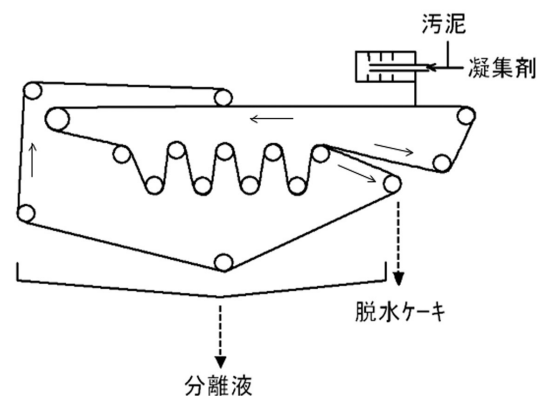


図6-2-1 ベルトプレス型脱水機の原理

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

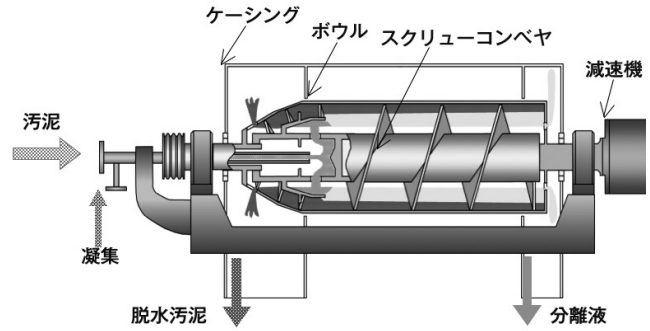


図6-3-1 デカンタ型遠心脱水機の原理

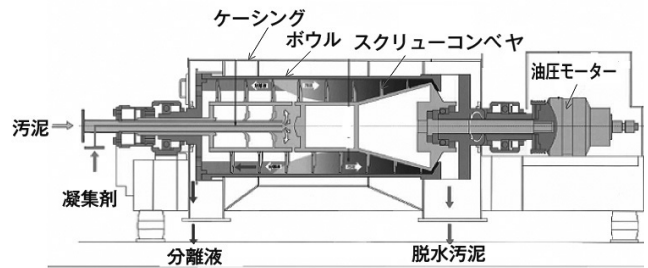


図6-3-2 直胴型遠心脱水機の構造



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

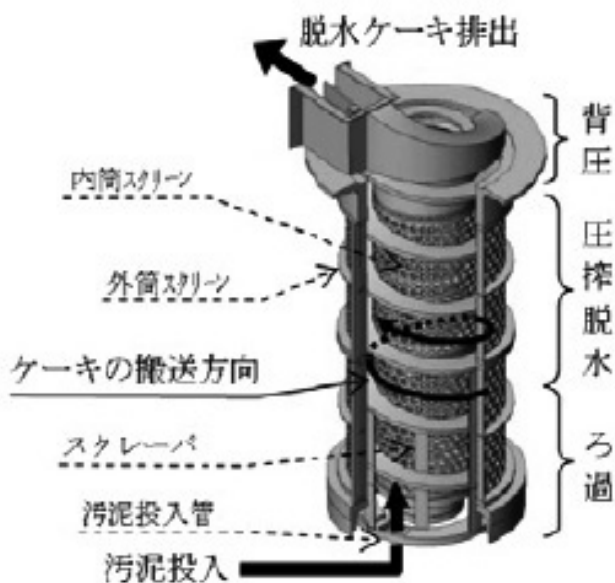


図6-4-1 二重円筒加圧脱水機の構造



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)

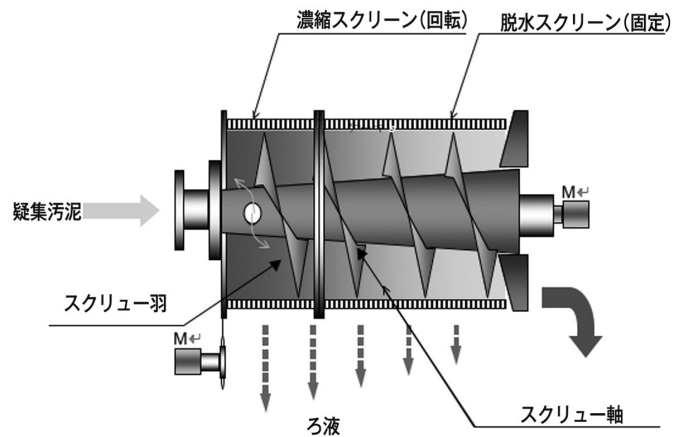


図6-5-1 圧入式スクリープレス脱水機の構造



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

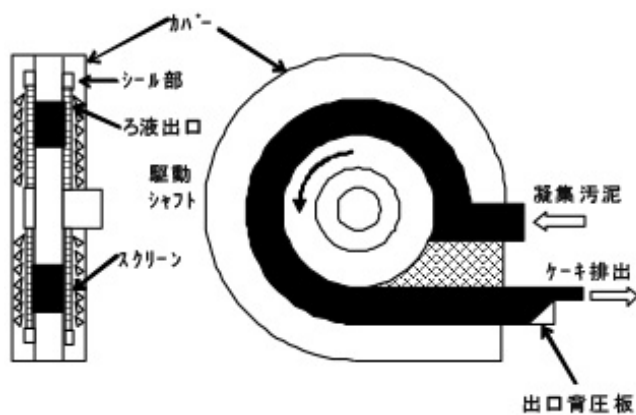


図6-6-1 回転加圧脱水機の構造



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

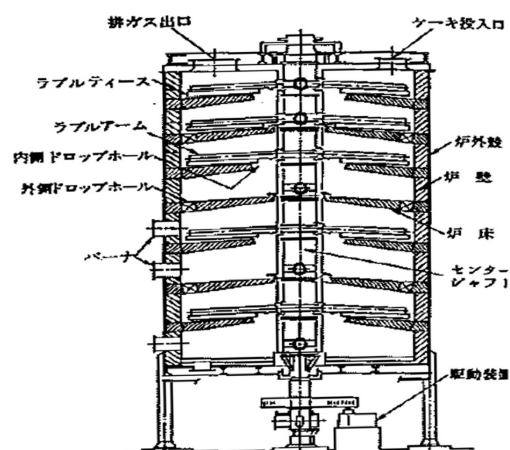


図7-1-1 多段焼却炉の構造

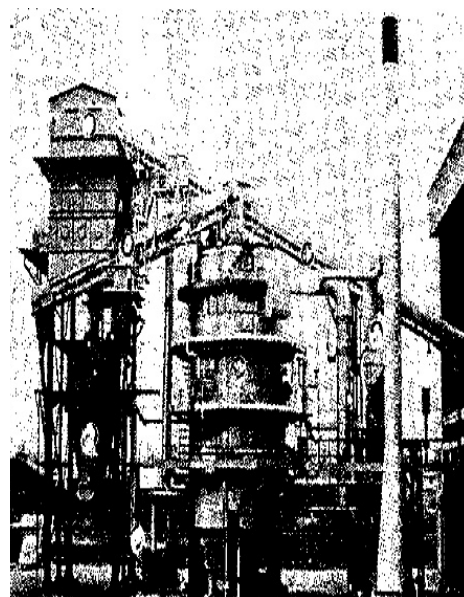


図7-1-2 多段焼却炉の外観

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。

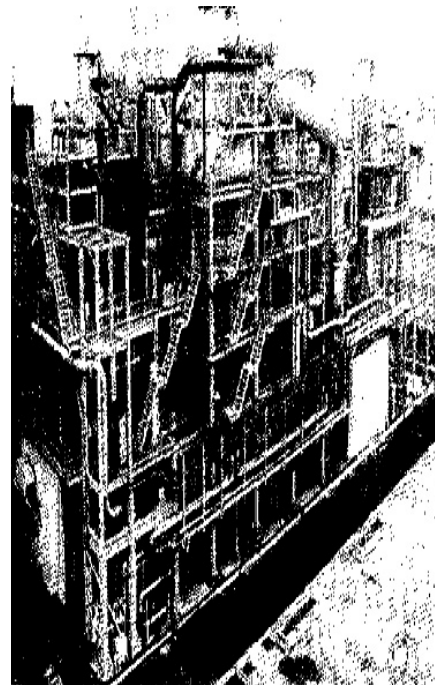


図 7-1-3 流動焼却炉の外観

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

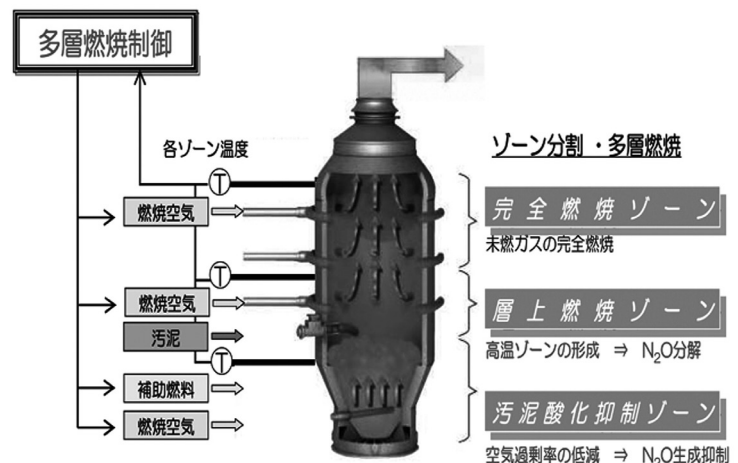


図 7-3-1 多層燃焼流動炉の構造

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/m³・時、水分負荷率は50～280kg/m³・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N₂O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N₂Oを熱により分解する。積極的にN₂Oの排出量を抑える運転と、N₂O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、N₂O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。

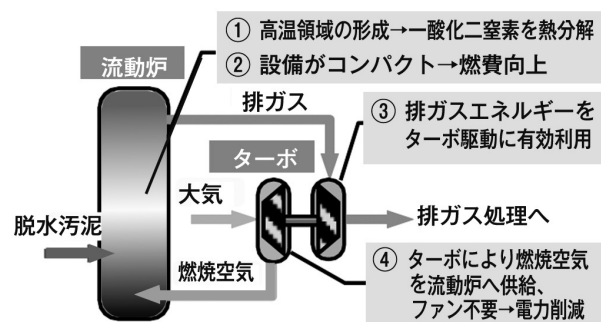


図7-3-2 ターボ型流動炉の構造

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/m³・時、水分負荷率は300～500kg/m³・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

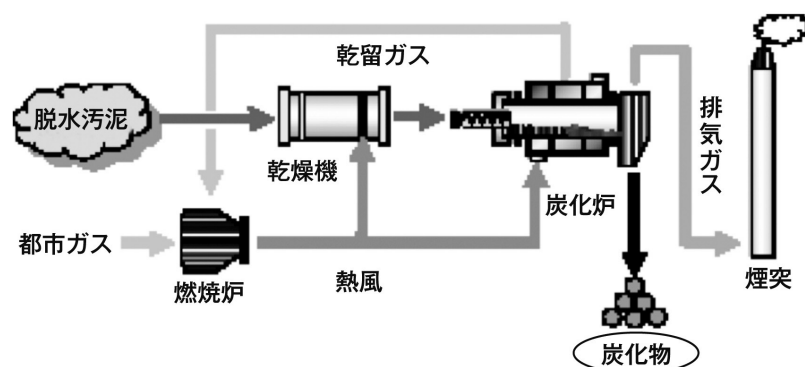


図7-3-3 汚泥炭化炉のフロー

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

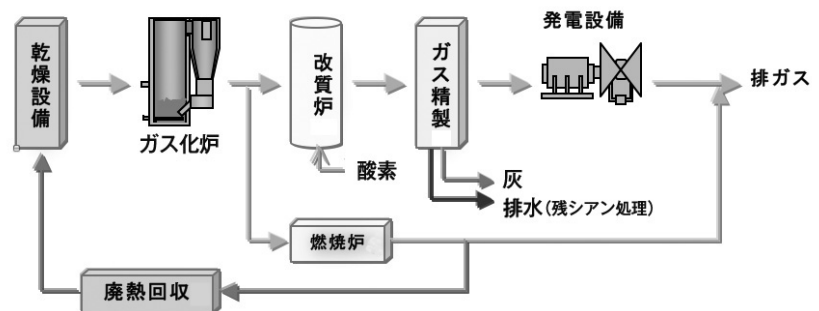


図7-3-4 汚泥ガス化炉のフロー

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、N₂O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CO₂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CO₂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。