

脱水機古紙添加設備の 実用化に関する共同研究

1. 目的

今日、下水汚泥の性状は、全国的に生活水準の向上等の影響で、年々有機質分が増加し、これに伴い脱水性も低下している。さらに大都市では、汚泥集約処理による長距離輸送や長時間滞留によって、ますます汚泥の腐敗が進行し、ますます脱水性が悪化すると懸念されている。

東京都において、汚泥が難脱水性に変質する過程を調査したところ、汚泥に含まれる繊維分が、経時変化によって分解減少するためであることが明らかとなった。そこで東京都では、脱水助剤として古紙繊維を添加する手法を見いだし、小台処理場における実証プラントを導入して脱水性調査を行っている。

このような中、本実用化研究は、東京都と(財)下水道新技術推進機構が、平成9年度から平成10年度の2カ年にわたり、新技術活用モデル事業として共同研究を実施するものであり、葛西処理場実用施設への導入に向け、設備の大規模化、古紙収集システムの確立及び本技術の普及のために調査研究を行うものである。

研究の目的としては、

- ① 各種難脱水汚泥への適用効果
- ② 各種脱水機への適用効果
- ③ 汚泥集約処理に対応する設備システムの開発
- ④ 添加設備導入時における機能評価

等であり、このうち、平成9年度は①～③の調査を行った。

2. 研究内容

本年度の実用化研究の研究項目と研究内容は以下のとおりである。

- 1) 各種難脱水性汚泥調査
- 2) 各種脱水機での性能調査
- 3) 小台処理場実設備調査
- 4) 汚泥集約処理に対応する設備、システムの開発検討

2.1 各種難脱水性汚泥調査

各種難脱水性汚泥を、室内で分析後、ベルトプレス脱水試験法にて①古紙添加率に対する含水率改善効果、②脱水ケーキ生成量計算、③脱水ケーキ保有熱量および焼却処理時の補助燃料必要量計算を実施した。

2.2 各種脱水機での性能調査

ベルトプレス脱水と並んで、主力脱水機である遠心脱水機における古紙添加効果を評価する。同様に加圧脱水機、真空脱水機についても調査した。

2.3 小台処理場実設備調査

小台処理場において古紙添加効果、古紙添加に適

した脱水機運転条件および汚泥処理安定化のためのケーキ含水率制御について、24時間連続運転によって確認した。

- ① 高ろ布張力・低ろ布走行速度運転調査
- ② 処理量増加調査
- ③ ケーキ含水率一定制御の一部実証
- ④ 高分子凝集剤低減調査

2.4 汚泥集約処理に対応する設備、システムの開発検討

古紙原料として、再生紙利用が困難な紙ゴミを対象にし、これらの収集・受入・搬送・溶解・添加設備等の適切なフローの検討およびシステムの構築を行った。

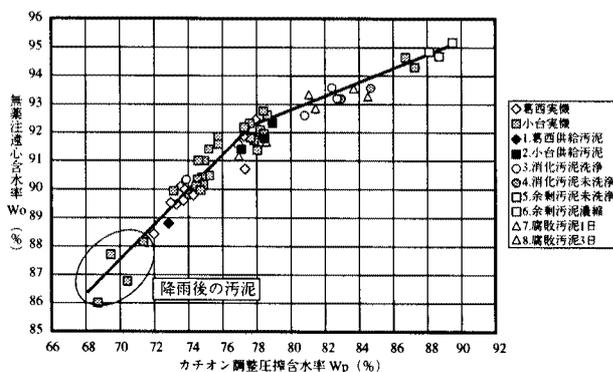
3. 研究結果

3.1 各種難脱水性汚泥調査

1) 調査汚泥の性状と脱水性

① 評価汚泥と脱水性のまとめ

各汚泥の脱水性は、 W_p 、 W_o で評価できる。 W_p は、標準型ベルトプレス脱水機で、その汚泥を脱水した時の含水率と概ね近似である。



- *1 W_p は、標準カチオン性高分子凝集剤 (Cp604, DAM系ホモポリマー) を用いて調質後、 $0.5\text{kg}/\text{cm}^3$ 、60秒圧搾脱水で得られた脱水ケーキの含水率。調質、脱水条件を一定にしているため、特にベルトプレス脱水時の、その汚泥の脱水性を示す指標。
- *2 W_o は、汚泥をそのまま (無薬注) で $3,500\text{rpm}$ ($r=16\text{cm}$) で5分間遠心分離したときの沈降・濃縮物の含水率である。 W_p と同様の主旨の項目。

図-1 評価汚泥と脱水性のまとめ

◇ 小台処理場脱水機供給汚泥は、 W_p 74～78%の範囲だが、降雨時には70%と非常に脱

水し易くなることがある。これは、下水管内に堆積した、脱水し易い繊維分やシルト分が、場内に一気に流入するためである。

◇ 葛西処理場脱水機供給汚泥も、 W_p 74～78%の範囲にある。ただし現在は、受入している圧送汚泥を、暫定的に最初沈殿地に投入していることで、汚泥の洗浄が行われ、通常時に対して脱水性の良い状況と推定される。

◇ 余剰汚泥は最も難脱水性で、 W_p 87～89%である。ついで腐敗汚泥、消化汚泥の、 W_p 81～84%となっている。

② W_p (脱水性指標) と関係の深い汚泥性状有機質分は、含水率を上昇 (悪化) させる性状項目であるが、その内の繊維分は、逆に含水率を良好させる物質である。したがって (有機物-繊維分) を正味の含水率上昇に係る有機分 (N-VSS) として評価する。汚泥種別毎に、 W_p とN-VSSは良く相関する。

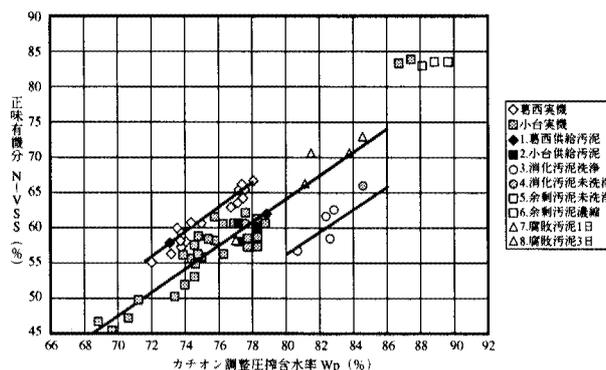


図-2 汚泥の脱水性指標 (W_p) と汚泥性状

③ 古紙添加と汚泥脱水性の関係考察

下水汚泥中の繊維分は、そのほとんどがトイレレットペーパーに由来するものであるが、トイレレットペーパー消費量と下水汚泥発生量から試算すると、汚泥固形分中の30%が繊維となる。脱水性の良い (W_p 75%以下) 汚泥では、大概20%以上の繊維を含んでいる。一方、脱水性の最も悪い余剰汚泥には1%程度しか含まれない。

古紙 (正確には古紙を繊維状にほぐした、または粉碎したもの) の添加は、繊維を増加させて正味有機分を減らすことで、脱水性を改善しようとする技術である。

ここで古紙添加率とは、固形物量 (TS) に対してである。

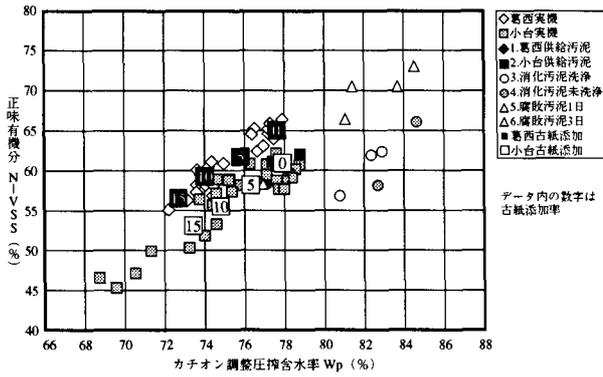


図-3 古紙添加と汚泥の脱水性の関係考察

小台の難脱水時汚泥

	古紙添加	古紙添加	古紙添加	古紙添加
	なし	5%	10%	15%
VSS	77	78.1	79.1	80.0
繊維	16	20.0	23.6	27.0
N-VSS	61	58.1	55.5	53.0
Wp	78.0	76.3	74.8	73.4

葛西の難脱水時汚泥

	古紙添加	古紙添加	古紙添加	古紙添加
	なし	5%	10%	15%
VSS	80	81.0	81.8	82.6
繊維	15	19.1	22.7	26.1
N-VSS	65	61.9	79.1	56.5
Wp	77.6	75.8	74.1	72.6

2) 各種難脱水性汚泥のベルトプレス脱水時の脱水性能

① 小台供給汚泥, 同腐敗汚泥および葛西供給汚

表-1 各種難脱水性汚泥のベルトプレス脱水性能

汚泥の種類	検体数	Wp 脱水性 指標 (%)	古紙 0% 添加		古紙 10% 添加		古紙 20% 添加		古紙 30% 添加		古紙 40% 添加		古紙 60% 添加	
			含水率	処理量	含水率	処理量	含水率	処理量	含水率	処理量	含水率	処理量	含水率	処理量
			(%)	(kg/m ² ·h)	(%)	(kg/m ² ·h)	(%)	(kg/m ² ·h)	(%)	(kg/m ² ·h)	(%)	(kg/m ² ·h)	(%)	(kg/m ² ·h)
① 小台供給 腐敗 腐敗振興 葛西供給	6	77.9	76.7	155.0	73.2	171.0	70.3	184.0	68.1	192.0	-	-	-	-
	3	81.5	80.5	97.0	77.0	118.0	73.9	135.0	71.2	149.0	69.0	157.0	-	-
	2	74.1	83.2	66.0	80.1	82.0	77.2	97.0	74.4	111.0	71.9	124.0	-	-
	2	73.7	72.2	219.0	69.3	226.0	67.2	231.0	65.7	231.0	-	-	-	-
② 小台供給 腐敗	4	81.8	81.0	111.0	77.6	133.0	74.7	148.0	72.0	161.0	69.9	169.0	-	-
	4	84.2	82.7	90.0	79.2	109.0	76.4	125.0	73.8	137.0	71.6	145.0	-	-
③ 余剰 遠心濃縮	4	89.2	88.5	34.0	-	-	84.8	49.0	-	-	81.0	66.0	77.3	79.0
	4	87.8	87.0	55.0	-	-	83.1	74.0	-	-	79.4	92.0	75.7	103.0
④ OD法余剰 初枕バイパス	4	83.6	83.0	73.0	80.0	97.0	77.2	111.0	74.8	121.0	73.0	127.0	-	-
	4	84.5	82.7	113.0	79.8	117.0	77.2	127.0	74.8	134.0	73.1	141.0	-	-

泥

古紙10%添加で, 含水率は3~4%改善, 処理量は1~2割増加する。

また, 小台の実証施設で使用中の粉末古紙, 乾式粉碎古紙, 湿式離解古紙の性能比較を実施した結果, 効果が同等であることを確認した。

② 消化系汚泥

古紙20%添加で, 含水率は6%改善, 処理量は3~4割増加する。

塩化第二鉄/鉄併用向き高分子凝集剤処理とカチオン高分子凝集剤最適品との比較を行った結果鉄併用法は古紙添加率を少なくしたい場合に有効な方法と考えられる。

③ 余剰汚泥

最も難脱水性汚泥である。

古紙40%添加で, 含水率は7~8%改善, 処理量は6~9割増加する。

④ OD法および初沈バイパス余剰汚泥

古紙20%添加で, 含水率は5~6%改善, 処理量は1~5割増加する。

3) 脱水ケーキ減容, 焼却用補助燃料削減効果

① 古紙添加率増加に伴い処理量比は増加し, 現行含水率が80%を越える汚泥にあつては5割以上の増加が得られる。

② 古紙添加率増加に伴い, ケーキ発生量は最大2割程度削減する。

③ すべての汚泥で, 焼却において補助燃料なし(自燃域)にすることが出来る。

3.2 各種脱水機での性能調査

1) 遠心脱水機における性能評価

葛西処理場に車載式遠心脱水機を持ち込んで、高効率型遠心脱水機（3社）と従来型（1社）の4機種で調査を行った。調査時、葛西処理場では濃縮槽工事のため、小菅処理場からの圧送汚泥は最初沈殿地に投入、洗浄されており、脱水性は比較的良好な条件にあった。

- ① 高効率型脱水機では、トルク一定制御運転方式（B社）を除き、古紙添加での明らかな含水率改善が認められ、古紙12%添加での改善幅は3%（古紙10%添加に換算すると2.5%改善）であった。
- ② 改善幅は、ベルトプレス脱水機より小さいが、これは脱水駆動力（ケーキ搬送トルク）から決定される脱水限界含水率が（70%程度）と、もとの含水率（75%程度）との差、すなわち含水率の下げしろが5%と小さかったためと考えられる。

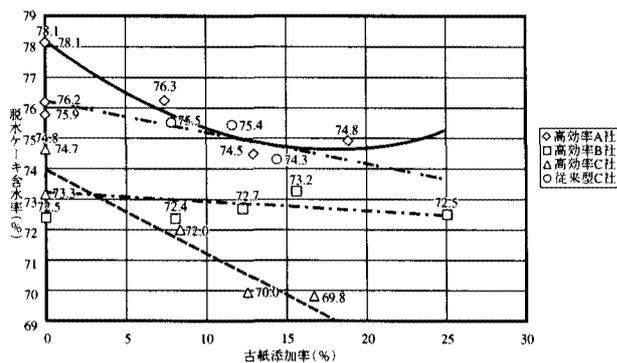


図-4 遠心脱水機における古紙添加効果

③ 高効率型遠心脱水機で古紙添加効果が示されたのは、ベルトプレス脱水機構造と同様に、ケーキの圧密脱水を促進する構造であるためと考えられる。

2) 加圧脱水機における性能評価

室内にて加圧脱水試験機により、加圧脱水機への古紙添加の適用性を評価した。

① 小台消化洗浄汚泥

古紙添加法は、対照の現行法（塩化第二鉄/消石灰法）に対し、消石灰と同等量の古紙を添加することにより、ケーキ剥離性については同等の「良」評価、処理量は8割増となった。

また、現行法に比べて含水率では劣るが、ケーキ保有熱量は高く、消石灰が不要なことから、焼却灰発生が半分となるなど、焼却に関しては現行法に代わる技術水準である。

② 葛西脱水機供給汚泥

対照の現行法に対し、消石灰と同等量の古紙添加で、ケーキ剥離、処理量、含水率の全項目で良い結果を示した。

3) 真空脱水機における性能評価

室内試験（リーフテスト法）により、真空脱水機への古紙添加の適用性を評価した。

① 古紙添加法は、対照の現行法（塩化第二鉄/消石灰法）と比べると、消石灰と同等量の古紙を添加した場合、ケーキ剥離性は同等で、含水率、処理量とも優れている。

② 古紙添加効果は、高圧力ほど良好であるが、真空脱水機は最も低圧力の脱水機であるため、含水率は84%程度と絶対効果としては小さい。

<古紙添加設備—小台処理場実証プラント>

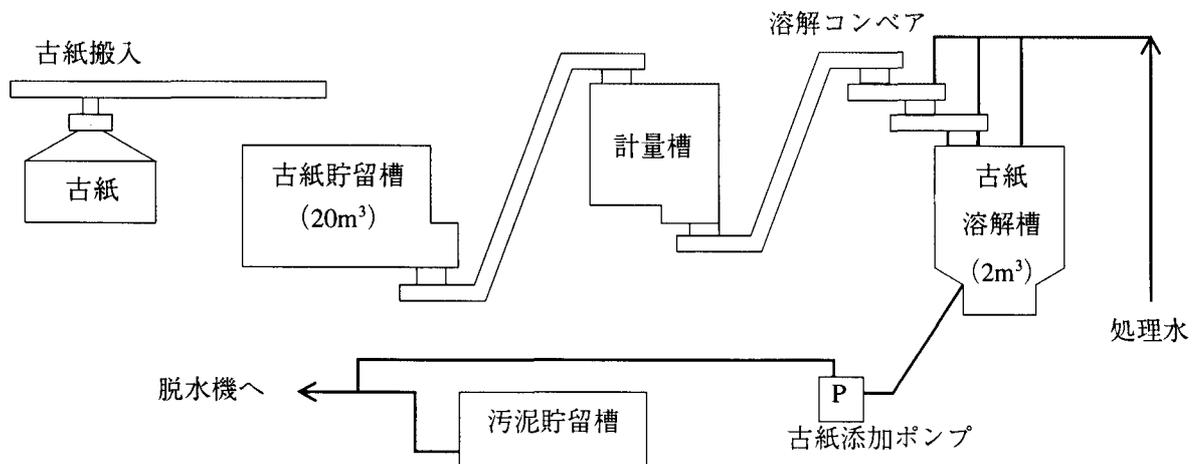


図-5 古紙添加設備フロー

3.3 小台処理場実設備調査

小台処理場に導入している古紙添加実証プラントを用いて、24時間運転による古紙添加効果を確認した。対象汚泥は、脱水機供給汚泥であり、現在、主に添加古紙には製本工程で排出する紙粉を用いている。

1) 24時間連続運転による古紙添加効果確認調査

① 高ろ布張力、低ろ布速度脱水調査

ベルトプレス脱水では、ろ布張力を高める程、ろ布速度を遅くする程、含水率が改善する。しかし、張力増加はケーキの剥離性の悪化を、低ろ布速度は圧搾時にケーキのはみ出しを生じやすくなる。古紙添加を行うことにより、これらの支障を防止し、含水率を改善する脱水機運転が可能である。図-6に示すように、古紙10%添加で、含水率4.0%の改善が得られた。

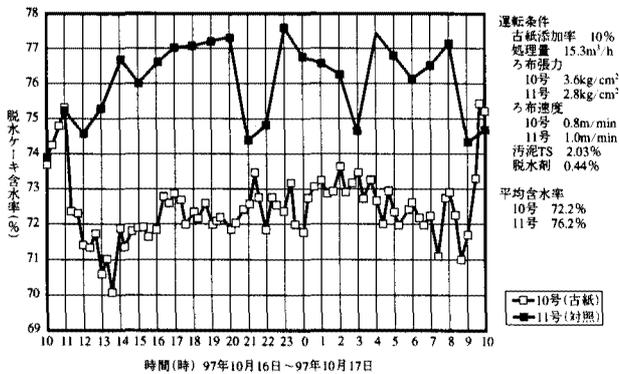


図-6 高ろ布張力、低ろ布速度調査

② 処理量増加調査

古紙添加による処理量増加は、汚泥腐敗等によって生じる処理能力低下を回復させる手段として有効である。図-7に処理量4割増(15→21m³/h)の調査結果を示す。古紙10%添加で、含水率は3.3%改善した。またこの時、ろ布速度は1.4m/minで、脱水機の上限值1.8m/minに対し余裕があり、さらに処理量増加が可能と思われる。

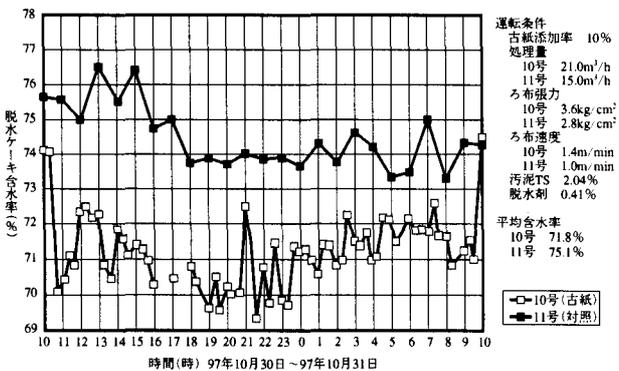


図-7 処理量増加調査

③ 高分子凝集剤添加率低減調査

高分子凝集剤添加率を削減すると、凝集フロックが小さくなり、重力ろ過性が低下するため、ろ布速度を速めてろ過を促進する必要がある。この時、古紙を添加することにより、脱水時間短縮による含水率の上昇を抑え、ケーキ剥離性の低下を防止することが出来る。図-8に示すように、対照機に対して、古紙10%添加で含水率は2.5%改善した。焼却に関して、それ程含水率を改善する必要がない場合には、高分子凝集剤添加率低減運転が、古紙添加の活用法として有効である。

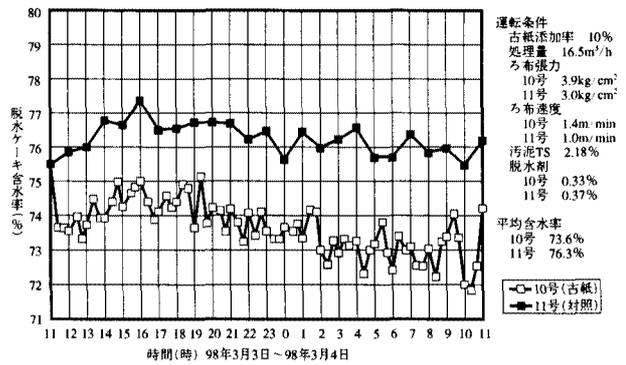


図-8 高分子凝集剤低減調査

2) 含水率一定制御の実証

下水汚泥は、腐敗、余剰/初沈バランス、降雨などの影響で、大きな含水率の変動を生じ、それが後工程の焼却炉操業に影響を与えるため、自然域直近の含水率で安定していることが最も望ましい。そこで、ろ布速度と古紙添加の組み合わせによる、目標含水率一定制御を実証した。制御方法は、最初に目標含水率に近づけるべく、順次ろ布速度を増減し、ろ布速度が上下限に達したら、次に古紙添加率を増減して制御する。

脱水ケーキの含水率測定時間を短縮させることにより、目標含水率±1.5%で制御出来ることを確認した。含水率測定時間は23分である。

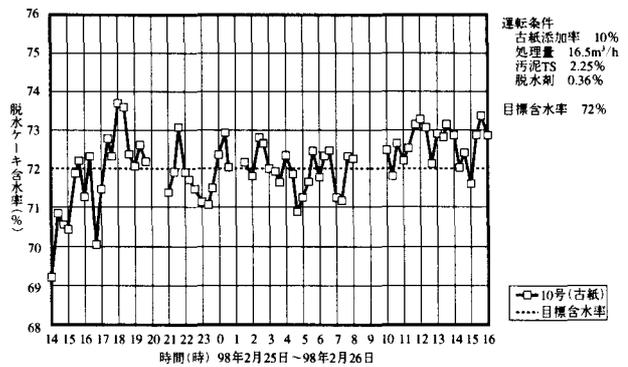


図-9 目標含水率一定制御

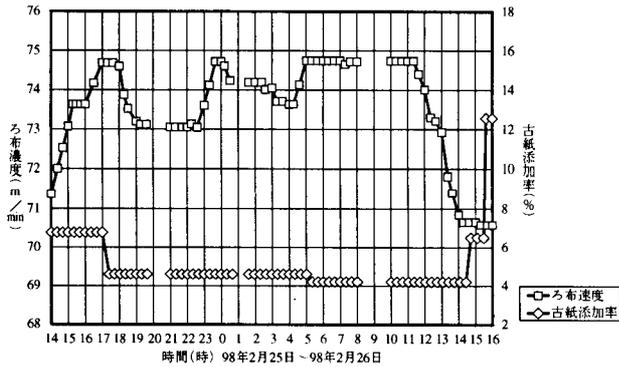


図-10 ろ布速度および古紙添加率

3.4 汚泥集約処理に対応する設備、システムの開発検討

汚泥集約処理による難脱水性汚泥に対応できる古紙添加設備の開発、またその時の古紙収集ルート、システムの検討を行った。

1) 紙の生産、古紙の再利用状況

我が国の紙・板紙の生産量は、年間3,000万トンである。その再利用状況は図-11に示す通りである。

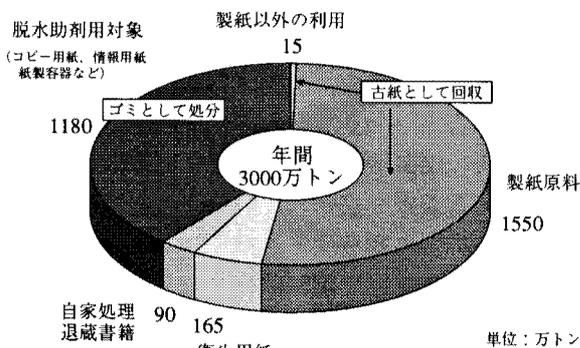


図-11 紙の再利用状況

2) 古紙の収集ルートについて

汚泥集約処理の大規模設備の場合、収集の効率化と古紙の安定供給の点から、既存のルートを活用する方法が最もスムーズと思われる。また紙の種類としては、古紙の中で最も価格の低い古紙(低級古紙)を加工して、汚泥脱水向けに用いることを想定している。低級古紙とは、具体的には「雑誌」であるが、オフィス古紙、行政回収の古紙(新聞、段ボールを除く)なども、品目としては雑誌である。

3) 東京都における汚泥脱水の現状

現在、東京都では、汚泥の効率的な処理処分を

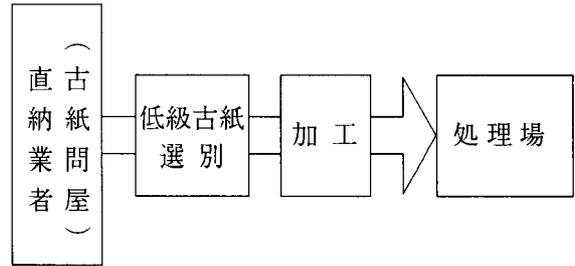


図-12 脱水助剤としての古紙の提供ルート

を行うため、臨海部に汚泥処理施設の集約化が進められている。現在稼働中の南部汚泥処理プラントを始めとして、東部汚泥処理プラントおよび葛西処理場の3カ所に集約化される予定である。平成8年度における、東京都区部の汚泥処理量は468万 m^3 /年、また、脱水汚泥量は105万 t /年である。

4) 古紙の実スケール溶解(離解)評価

今回、有力な脱水助剤の対象物であるオフィス紙ゴミを、実スケールで溶解(離解)し、溶解処理時間と効果の確認および溶解時の課題について調査した。溶解条件は、5 m^3 の湿式離解装置、溶解量330 kg 、使用古紙はオフィス紙ゴミ(分別に関して、指示をしないで集めたもので、ビニール、ペットボトルなどの夾雑物を多く含む)とした。

結果は、溶解時間10分程度の古紙を添加すると、安定した脱水性能を示した。実設備では、混入したビニール類を細分化してゴミとして出さずに汚泥に添加するために、下水し渣用カッターポンプ循環とし、離解物スラリーは攪拌、移送等を考慮して4%濃度にして貯留する。

5) 汚泥集約処理に対する添加システムの検討

- ① 当初、脱水助剤用古紙に予定していたクロスカットシュレッダー処理紙で、加工・搬入調査を実施したところ、ビニール袋詰めやペーラー化共、貯留設備が膨大となり、周囲へ紙片が飛散するなど、実用性が低いと判断された。
- ② オフィス紙ゴミは、排コピー紙等の収集ルートで収集が可能であり、数量的にも確保し易いことから、脱水助剤用古紙として適切であると判断された。この加工・搬入については、古紙業者においてペーラー化して集約処理施設に搬入することが、効率的であると判断される。
- ③ 実用施設の添加システムは、溶解槽に残留したビニール等を、破碎機を通過させることで細断し、これらも脱水助剤として活用して、ゴミの発生を金属類のみとする方法である。

4. 研究成果のまとめ

本実用化研究は、平成10年度も継続して行われ、葛西処理場に実用施設を導入して機能評価を行う予定である。したがって、今後の課題を含めて成果のまとめを行うと次のとおりである。

- ① 評価した難脱水性汚泥で、ベルトプレス脱水時の、含水率改善や処理量増加などの、古紙添加効果が確認された。
- ② 高効率型遠心脱水機では、含水率改善の古紙添加効果が示された。
- ③ 加圧、真空脱水機では、焼却に関しては現行法に代わる水準となった。
- ④ 含水率一定制御をすることにより、後工程の焼却を安定して行うことができる。
- ⑤ オフィス紙ゴミを溶解・添加することにより、安定した脱水性能を得た。
- ⑥ 実用施設において、含水率改善効果および含水率一定制御運転を検証する。
- ⑦ 低級古紙の安定した供給ルート、経済的な搬入システムを確立する。
- ⑧ 広く普及させるために、中小規模の古紙添加設備等を検討する。

●この研究に関する問い合わせは

研究第一部長
研究第一部主任研究員
研究第一研究員

山根 昭
田島 研一
松宮 洋介