

下水汚泥の適正処理・処分に関する研究

宇部短期大学 正員○城田久岳
山口大学工学部 正員 浮田正夫
山口大学工学部 正員 中西 弘

1. はじめに

下水道の普及に伴い、下水処理施設から発生する汚泥量は膨大となり、その最終処分が深刻な社会問題となってきた。平成2年度（普及率44%）の発生汚泥量は259百万㎡で、昭和55年度（同30%）の136百万㎡から10年間で約2倍に増加している。本報告では、今後どのような下水汚泥処理・処分方法を選択すべきかを処理費用の面で検討した。処理費用は小規模施設（処理水量3千㎡／日）、中規模施設（同10千㎡／日）および大規模施設（同100千㎡／日）について、表-1に示す処理・処分方法を設定して試算した。

表-1 検討対象処理・処分方法

Case	処理規模 m3/日	水処理		汚泥処理					処分形態		
		一次処理	二次処理	濃縮	消化	脱水	焼却	焼成	溶融	埋立	有効利用
S1	3,000	0.0法		重力	なし	ベルトプレス	なし	なし	なし	なし	コンポスト
S2	(小規模)			重力	なし	ベルトプレス	なし	なし	なし	脱水ケーキ	なし
M1	10,000	標準活性汚泥法		重力+遠心	なし	ベルトプレス	流動床	なし	なし	焼却灰	なし
M2	(中規模)			重力+遠心	なし	ベルトプレス	なし	なし	なし	脱水ケーキ	なし
L1				重力+遠心	嫌気性	遠心	流動床	なし	なし	焼却灰	なし
L2	100,000	標準活性汚泥法		重力+遠心	嫌気性	遠心	流動床	ベルト焼成	なし	焼却灰	煉瓦
L3	(大規模)			重力+遠心	嫌気性	遠心	なし	なし	表面溶融炉	なし	スラグ
L4				重力+遠心	嫌気性	遠心	なし	なし	なし	脱水ケーキ	なし

2. 汚泥処理費用の試算方法

各ケースについて、装置・施設の規模を決定するため汚泥収支をとり、以下の費目について試算を行った。
① 建設費は土木・建築・機械・電気の項目に分け、費用関数を用いて算出した。また、一般的数値に適合させるために修正係数を乗じた。修正係数は装置別に実際例との比較から決定した。

建設費（平成4年価格）＝費用関数×修正係数×デフレーター (1)

② 減価償却費は次式より算出した。

減価償却費 = $P \times (1 - a) \times \{i \times (1 + i)^n\} / \{(1 + i)^n - 1\}$ (2)

ここで、P：建設費，a：残存価値（土木・建築0，機械・電気0.1），i：利子率（6.2%），n：耐用年数。

- ③ 電力・薬品・燃料等のユーティリティは、使用量に単価を乗じて求めた。
- ④ 補修費は一律に機械設備費の1.5%として、毎年一定にかかるものとした。
- ⑤ 人件費は職階ごとに年間必要人員を設定し、それぞれに単価を乗じて算出した。業務は運転操作・監視のみで、事務および水質試験等は含まない。
- ⑥ 脱水ケーキや焼却灰の最終処分費は自前で処分地を持っているか、その処分地が近いのか等に大きく影響され、全国一律でない。試算では20千円／tで産業廃棄物処分業者に委託するものと仮定した。
- ⑦ 汚泥を自家処理してコンポストや煉瓦・スラグなどの建設資材として売却する場合は、回収費として汚泥処理費用から差し引くこととした。

3. 結果および考察

1) 汚泥処理費用の試算結果 脱水ケーキ処分の場合、規模が大きくなるほど処理費全体に占める委託処分費の割合が高くなり、小規模S2の18.0%に対して大規模L4では36.9%であった（表-2）。小規模のコンポスト処理S1の処理費用は、脱水ケーキ処分S2の2.6倍で、コンポストの売却利益は僅かであった。中規模の焼却灰処分M1の処理費用は、脱水ケーキ処分M2の約2倍で、設備にかかる減価償却費

が7割を占めていた。大規模については、焼却灰処分L1、プレス焼成L2、熔融L3および脱水ケーキ処分L4の4ケースについて試算したが、L4以外の3ケースの処理費用はL4の1.6倍程度で拮抗していた。

表-2 汚泥処理費用の試算結果

Case	処理規模 m ³ /日	汚泥処理費用(百万円/年)						合計	処分形態
		減価償却	電力等	補修費	人件費	委託処分	回収費		
S1	3,000	151.7	18.5	14.4	31.6	0.0	-3.2	211.0	コンポスト
S2 (小規模)		53.2	2.9	5.3	4.9	14.6	0.0	80.9	脱水ケーキ
M1	10,000	231.4	28.8	19.5	37.2	8.8	0.0	321.7	焼却灰
M2 (中規模)		85.3	12.8	7.9	10.5	54.0	0.0	170.6	脱水ケーキ
L1		1,024.9	152.8	95.1	63.2	88.2	0.0	1,404.1	焼却灰
L2	100,000	1,190.8	180.2	110.0	94.8	*	-43.0	1,532.7	焼瓦
L3 (大規模)		1,230.9	184.4	113.0	63.2	0.0	-0.8	1,590.7	スラグ
L4		408.2	102.1	36.6	36.5	341.6	0.0	925.1	脱水ケーキ

*: 焼瓦の委託処分費は売却利益より差引いている。

2) 処理費用のスケールメリット 汚泥処理費用を単位処理量あたりの費用で表し(表-3)、処理費用のスケールメリットを焼却灰処分と脱水ケーキ処分について比較検討した。焼却灰処分では、M1の単位処理費用400円/kg-DSに対してL1は166円/kg-DSで、234円/kg-DSのスケールメリットがある。一方、脱水ケーキ処分では、M2の単位処理費用212円/kg-DSに対してL4は109円/kg-DSで、103円/kg-DSのスケールメリットでしかなく、中規模以上の施設では焼却灰処分の方が規模の効果が大きいことがわかる。

3) 委託処分費の上昇による影響 最終処分地確保の困難から処分を業者に委託している自治体も多いという現状を考えれば、今後、処分費の増大は避けることができないと予想される。現実には、中都市で25千円/t、大都市では50千円/tで委託処分されているとも言われている。そこで、将来的な委託処分費の上昇が汚泥処理方法の選択にどのように影響するのかを検討した。委託処分費を変えて試算したところ、小規模のS1とS2の処分費の等価点は200千円/tにみられた。現状との差が大きいいため、委託処分費の上昇によってコンポスト化が進むとは考え難い。小規模施設は、農村部に建設される可能性が大きいことより、農業関係からの需要などの地域的事情が処理方法の決定要素となるであろう。中規模でのM1とM2の処分費の等価点は84千円/tにあり、比較的近い将来において委託処分費の上昇が処理方法の決定要素となる可能性がある。大規模でのL4に対するL1、L2およびL3の等価点は57千円/t付近にあり(図-1)、処分費の高い大都市では現時点でも焼却処分等への移行を検討すべき段階に来ていると考えられる。

4. おわりに

最終処分地をめぐる昨今の状況から、処分地を他の行政区域に求めるケースが増えている。今後の課題として、運搬費などの最終処分費の内訳についての詳細な検討が必要と思われる。最後に、多くの貴重な資料を提供して頂いた日本上下水道設計(株)および(株)ボタに謝意を表する次第である。

表-3 単位処理量あたりの処理費用

Case	計画 下水流量 m ³ /日	発生 汚泥量 kg-DS/日	下水1m ³ あたり の処理費用 円/m ³	汚泥1kgあたり の処理費用 円/kg-DS
S1	3,000	891	192.6	836.4
S2			73.9	320.8
M1	10,000	2,206	88.1	399.5
M2			46.7	211.8
L1	100,000	23,226	38.5	165.6
L2			42.0	180.8
L3			43.6	187.6
L4			25.3	109.1

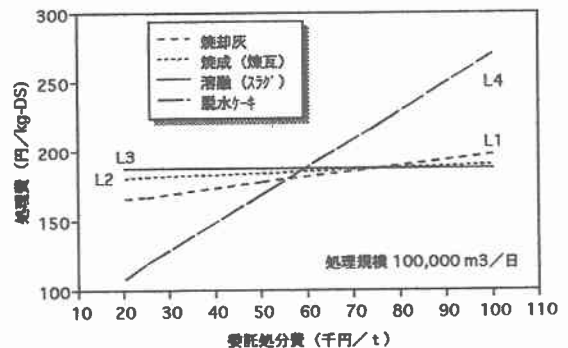


図-1 委託処分費の上昇に対する

汚泥1 kg-DSあたりの汚泥処理費

運搬費などの最終処分費の内訳についての詳細な検討が必要と思われる。最後に、多くの貴重な資料を提供して頂いた日本上下水道設計(株)および(株)ボタに謝意を表する次第である。