

資源利用のための汚泥コンポスト化 設備の評価に関する報告書

昭和60年9月17日

日本下水道事業団技術評価委員会

(まえがき)

下水汚泥のコンポスト化は、下水汚泥の資源的な価値の見直しと化学肥料への傾斜による農地疲弊への対応などを理由として、昭和50年代に入って注目されるようになり、一部では既に実用化されている。

しかし、下水汚泥のコンポスト化設備は、現在のところその設計諸元や運転管理指標が十分に確立されておらず、形式の選定や設計仕様の決定が円滑に行われ難い状況にある。このため本委員会は、日本下水道事業団理事長の諮問を受けて、現在既に稼動している実設備の調査を主に機械的性能の面から行い、調査により得られた知見を審議しその結果を報告することとした。

(評価の対象)

下水汚泥のコンポスト化(以下本法という)は、脱水ケーキに返送コンポストを加え(無添加方式)、または脱水ケーキに返送コンポストと添加物とを加えて(添加方式)、混合したものを通気しながら、発酵槽内で好氣的に発酵させるプロセスである。発酵段階で、脱水ケーキ中の分解しやすい有機物の分解によって発生する発酵熱は、植物の種子や病原菌を死滅させるとともに脱水ケーキの水分を低下させて、その取扱い性を改善するなど、緑農地利用を容易にする。

本法は、機能的には、前調整、発酵(1次または1次と2次)、ふるい分け・袋詰に大別される。発酵に伴って発生する臭気を除

去するため、脱臭プロセスが付加される場合もある。また、発酵槽は、混合物の移動方向（立形、横形）、段数（多段、単段）および切り返し機の種類（スクープ式、ショベル式など）により分類することができる。

本評価では、1日5t（脱水ケーキ湿重量）以上の処理能力を有する各種の実設備を選び、それらの定常状態における運転状況を、前調整から脱臭までのプロセスについて、機械的性能（発酵特性、操作性）、環境対策（臭気、粉じん、騒音）、経済性（維持管理費、建設費）を調査した。なお、評価の対象とした形式は、横形スクープ式（以下スクープ式）、横形ショベル式（以下ショベル式）、立形多段パドル式（以下パドル式）、立形多段落し戸式（以下落し戸式）、立形単段サイロ式(1)（以下サイロ式(1)）、立形単段サイロ式(2)（以下サイロ式(2)）の6形式である。

（下水汚泥のコンポスト化の特性）

(1) 製品コンポストの性状

上記6形式のコンポスト化設備で生産したコンポストは、いずれも市場で流通しており、その性状は以下のとおりであった。

1. 製品コンポストの含水率は、無添加方式では20～44%、添加方式では27～34%である。
2. 製品コンポストのpHは、いずれの凝集剤を用いても8程度である。
3. 製品コンポストのBOD₅は、消化脱水ケーキでは7～

20 mg/g-DS, 生脱水ケーキでは20～48 mg/g-DSである。

4. 製品コンポストの強熱減量は、投入混合物の強熱減量より3～6%減少する。
5. 製品コンポストの発熱量は、投入混合物の発熱量より100～600cal/g-DS減少する。

(2) 設備の維持管理

維持管理は、大別すると機器の運転・保守点検、袋詰、計測、書類整理および清掃である。

6. 発酵槽における監視項目には、温度、通気量があり、開放式発酵槽では湯気、色等も観察可能である。また、投入混合物、1次発酵コンポストおよび2次発酵コンポストに関する監視項目には、含水率、強熱減量、BOD₅、色、臭い、手ざわり等がある。

なお、石灰系脱水ケーキを原料とする場合には、pHも監視項目となる。

7. 発酵槽における操作因子としては、投入混合物の含水率・量・粒度、通気量および滞留日数がある。
8. 本設備は、いずれの形式も、停止日数が少なく稼働率が高い。
9. 本設備においては、排ガスによる部材の腐蝕や電気系統の接触不良、汚泥の付着によるモーターの過負荷や付帯機器の変形が起こりやすい。

(3) 作業環境等への影響

10. 発酵槽から発生する主な臭気成分は、アンモニア、メチルメルカプタン、二硫化メチル、トリメチルアミンであり、生脱水ケーキを原料とした場合の方が消化脱水ケーキを原料とした場合よりも、臭気強度が強い。その臭気は、酸洗浄を行った後、さらにアルカリ-次亜塩素酸洗浄を行うことにより臭気強度を2.5以下にすることができる。
11. 本設備のうち騒音を発生しやすい機器は、混合機、切出し装置付ホッパー、もみがら圧砕機、移送機、切返し機および自動包装機である。ただし、いずれの機器においても、適切な防音設備を設けることによって、敷地境界で騒音規制法に定められた規制値を満足することができる。
12. 本設備からは粉じんが発生するが、「作業環境の評価に基づく作業環境管理要領」（昭和59年2月13日付労働省基発第69号）によると、第1管理区分に該当する。

(経済性の比較)

本評価の対象とした6形式のコンポスト化設備について、実施設の調査により得られた資料を基に、建築面積、設備費（用地費を除く建設費）、ユーティリティ費の比較を行った。なお、処理能力は各形式とも、発酵槽への投入日（1年のうち310日）1日当たり脱水ケーキの湿重量で5t、15t、50tとする。

13. コンポスト化設備全体の建築面積は、立形多段式（パドル

式，落し戸式）が小さく，立形単段式（サイロ式(1)，サイロ式(2)）が大きい傾向にある。ただし，1次発酵槽のみの建築面積をみると，横形は立形のおよそ3～4倍であり，横形の2形式，立形の4形式はそれぞれほぼ等しい。

14. 設備費は設備規模により多小の差はあるものの，ショベル式が安く，落し戸式が高い傾向にある。
15. ユーティリティ費（処理脱水ケーキ1湿トン当たり）は，形式による差はあまりないが，サイロ式(2)およびスクープ式が安く，落し戸式およびパドル式が高い傾向にある。また，ユーティリティ費に占める脱臭費の割合は，密閉式発酵槽（パドル式，落し戸式，サイロ式(1)，(2)）の方が開放式発酵槽（スクープ式，ショベル式）より小さい。

（留意事項）

(1) 機種を選定に当たっての留意事項

16. 混合状態や発酵状態の監視および発酵槽内機器の故障の早期発見は，開放式発酵槽の方が密閉式発酵槽よりも容易である。
17. 発酵槽内混合物の移動は，切返し機をもつ形式の発酵槽（スクープ式，ショベル式，パドル式，落し戸式）の方が切返し機をもたない形式の発酵槽（サイロ式(1)，(2)）よりも確実に行うことができる。ただし，添加方式の場合には，切返し機がなくても移動は比較的良好に行うことができる。

18. 密閉式の発酵槽の方が開放式の発酵槽よりも、断熱性が良い傾向にある。
 19. 密閉式の発酵槽の方が開放式の発酵槽よりも、粉じん、臭気等に対する環境対策がしやすい。
- (2) 設計上の留意事項
20. 投入混合物の含水率は、添加方式では60～65%、無添加方式では50%程度を標準とする。
 21. 添加率（脱水ケーキ重量に対する添加物の重量の割合）は、添加物の価格、混合物の通気性およびC/N比を考慮し20～30%を標準とする。
 22. 返送率（脱水ケーキ重量に対する返送コンポスト重量の割合）は、投入混合物の含水率を設定し、添加率、添加物含水率および返送コンポストの含水率から物質収支を求めて決定する。
 23. 投入混合物の平均粒径は、10mm程度とする。なお、加圧脱水ケーキを原料とする場合は、脱水ケーキが板状となっており粒径も大きいので破砕が必要である。
 24. 石灰系脱水ケーキを原料とする場合、投入混合物のpHが高いため、排ガスを循環するなどしてpH調整を行い、投入混合物のpHを10以下にすることが望ましい。
 25. 消化脱水ケーキを原料とする場合、投入混合物の易分解性有機物が少なく十分な温度上昇が期待できず、水分蒸発に支障をきたすことがあるので、脱水ケーキの水分を減少させる

など十分検討する必要がある。

26. 製品コンポストの含水率は、添加方式にかかわらず30～40%とし、その時のBOD₅は30mg/g-DS以下とすることが望ましい。
27. 1次発酵の発酵日数は、10～14日を標準とする。ただし、さらにコンポストの性状の安定化が必要である場合は、2次発酵を行うことが望ましく、その発酵日数は20～60日とする。
28. 1次発酵における通気量は、発酵槽内混合物1m³当たり30～150Nℓ/分、槽内通気速度0.10～0.25m/分とし、投入混合物のBOD₅によって設定値を増減する。
29. 密閉式の発酵槽においては、効率よく水分を除去するため、外気の侵入を防止し槽内の温度を保持することが重要である。
30. 2次発酵における通気は必ずしも行わなくてもよいが、発酵期間を短縮したい場合には通気を考慮する。通気量は発酵槽内混合物1m³当たり10～20Nℓ/分を標準とする。
31. 発酵槽における混合物の堆積高さは、3m以下を標準とする。ただし、添加方式の場合は、堆積高さを5.5m^{注)}までとすることができる。
32. 気温による影響を少なくするため、発酵槽の断熱や送入空気の温度を高めることが望ましい。
33. 排ガス中には腐食物質が含まれているので、特に防食を考慮する。

注) 添加方式の場合は、通気性がよいので堆積高さを5.5mとしても正常な通気が可能である。

34. 悪臭物質が発生するので、脱臭の必要性およびその方法を検討する。
35. 騒音を発生する機器を有するので、防音設備を考慮する。
36. 粉じんが発生しやすい箇所があるので、防じん対策を考慮する。
37. コンポストの需要期に偏りがあるので、製品の貯蔵方法を検討する。
38. 添加物の発生時期に偏りがある場合は、添加物の貯蔵方法を検討する。

(3) 維持管理上の留意事項

39. 原料，返送コンポストおよび製品コンポストの重量・含水率・強熱減量・pH・BOD₅を計測することが望ましい。
40. 発酵時には温度，通気量を計測し，開放式発酵槽では湯気，色等も観察する。
41. 原料とする脱水ケーキの含水率が高い場合は，返送率を上げて投入混合物の含水率を調整する。
42. 発酵温度が上昇しない場合および高温維持時間が短い場合は，通気量を減少させる。
43. 発酵槽内混合物に嫌気部分が発生した場合は，その部分を除去する。
44. 機器点検を定期的に行うことが望ましい。特に密閉式構造の発酵槽では，故障に対して早急に対処できないので重要である。このほか，搬送施設・混合機・解砕機におけるスケー

ルの発生，ライニングの剥離および篩分機における目づまり
に注意する必要がある。