

コンポスト精製用静電選別装置

Electrostatic Separator for Compost Refinement

田部井幸一 * Kôichi Tabei · 芳賀敬二 ** Keiji Haga · 高橋武男 ** Takeo Takahashi

I. まえがき

コンポスト中に含まれるガラス、プラスチック、陶器などの非堆肥化物（以後、きょう雑物と呼称する）は、自然分解しないために、施肥された農地の土壌中に蓄積され作物の育成を阻害したり、農業従事者にけがを与えたりするおそれがあり、完全除去が望ましい。

昭和30年代に全国に建設された都市ごみのコンポスト化プラントの中で、現在、休・停止中のものが増えている理由の一つに、原料の都市ごみの質に変化が起り、製品コンポスト中のきょう雑物が増え、従来技術ではこれの効率的な除去ができなかったことがあげられる。

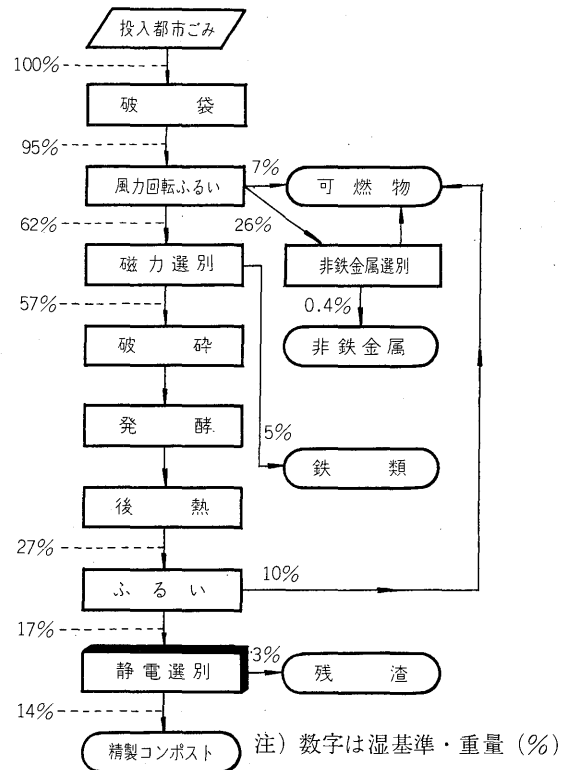
しかし、都市ごみ中の有機質資源のコンポスト化による回収は、最近の農業技術面でその必要性が見直されている有機質肥料の安定供給源として、また埋立などに処理費用のかかるごみ量の低減効果などメリットが多いことから、コンポスト化を積極推進する気運が高まりつつある。

したがって、この時点で、コンポスト中のきょう雑物を効率的に除去する選別技術を新たに開発して、従来のコンポスト化技術の難点を克服することは意義深いこととの認識のもとに、富士電機はコンポスト精製用選別機の開発を行ってきた。ここでは、従来の精製技術に比べて本質的にエネルギー消費の少ない静電気を応用したコンポスト用静電選別機の概要を紹介する。

II. コンポスト中のきょう雑物の精製技術

第1図に示すようにコンポスト精製システムは、後熟の次段に設置される。ここでのコンポスト量は投入された原料ごみの27%となり、更にふるいを通すことにより17%と最初の1/6程度に減少する。

第1表に分別収集の行われた一般的な都市ごみの組成例を示す。この例ではガラスと陶器は約4%含まれているが、なかには、25%に及ぶ例もあって、ごみの収集地域あるいは季節による変動が著しい。第2表は3mmのふるいを通過した後のコンポストに含まれていたきょう雑物の内訳を示したものであるが、ガラスが大部分を占めていることがわかる。また、3mmふるい上ではガラスの存在は極めて少なく、ほとんどがごみ収集に使われるビニルシート類であった。これはガラスとビニルとの破碎特性が異なるためで、ガラスは細かく碎かれやすく、セ



第1図 都市ごみコンポストプラントフローシート
Fig. 1. Typical flow of MSW (Municipal Solid Waste) composting plant

第1表 都市ごみの組成

Table 1. Composition of incoming MSW

項目	重量比(湿基準：%)
厨 芥 類	45
紙	26
プラスチック	10
織 維	2
金 属	3
ガラス・陶器	4
木・ゴム	7
そ の 他	3
計	100
含 水 率	54%

ん断力に強いビニル類はかなり大きい形状のままコンポスト中に残るためである。

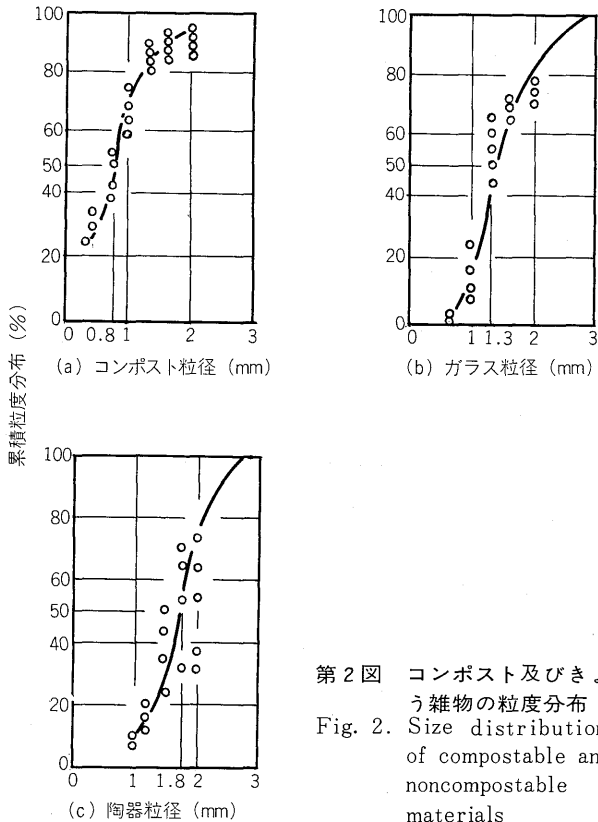
第2図は同じ試料の粒度分布を調べた結果であるが、粒径1.0mm以上のものが大部分を占め、微細なきょう雑

* 建設・環境事業部 環境技術第一部 ** (株)富士電機総合研究所 製品化研究所

第2表 きょう雑物の組成

Table 2. Composition of noncompostable materials

項目	重量比(%)
ガラス	1.82
プラスチック	0.41
陶器	0.20
計	2.53



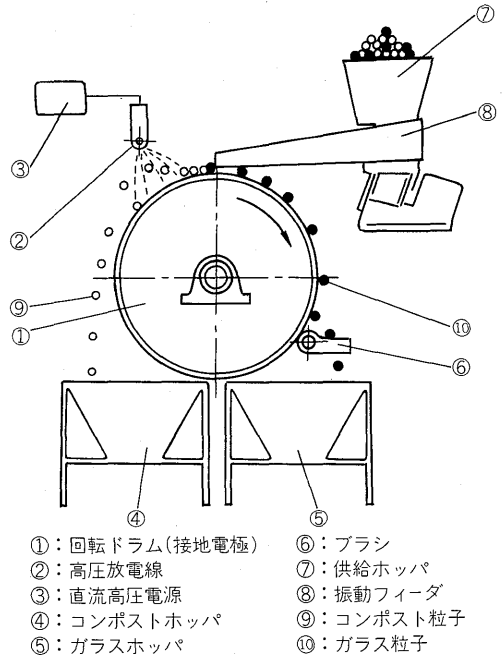
物粒子は実際上無視できるほどの量しかない。

III. 選別原理

第3図に示す装置は、従来から静電選別機として最も広く実用されているドラム形と呼ばれるものである。これを使ってコンポストの選別原理について述べることにする。

フィーダによって電界部に供給されたコンポストとガラス粒子は、直流高圧放電線から電荷を受け、帯電する。このうちコンポスト粒子は水分を含んでいるため導電性を示し、ドラムとの接触で電荷は直ちにドラム表面に移動する。同時に静電誘導によってドラムと同符号の電荷を表面に誘導し、電気力線に沿って高圧放電線に引かれてコンポストホッパに落下する。

一方、ガラス粒子は絶縁体であるため、帯電してドラム表面と接触しても電荷は移動せず、ドラムとの間に吸



第3図 回転ドラム形静電選別機

Fig. 3. Electrostatic separator (drum type)

引力が働き、ドラムの回転とともに移動し、ブラシでかき落とされガラスホッパに落下する。

以上のように、静電選別は物質に作用する重力と静電気力との合成で定まる運動経路の差を利用して選別するもので、いかに導電性粒子(コンポスト)を高圧側へ運動させ、反対に絶縁性粒子(ガラス)の運動を抑制するかが選別の決め手となる。

1. 静電界による粒子の浮上

電界内で粒子に作用する静電気力 F_e は、電荷を q 、粒子に作用する電界強度を E とすると、

$$F_e = q \cdot E \dots \dots \dots (1)$$

で表される。粒子に働く重力 F_g は質量を m として、

$$F_g = m \cdot g \dots \dots \dots (2)$$

であり、 $F_e = F_g$ となったところで粒子は浮上を開始す

第3表 浮上電界強度

Table 3. Lift-off gradient

(単位: kV/mm)

内訳	粒径	0.5~0.71	0.71~1	1~1.41	1.41~2	2~2.83
コンポスト	実測値	0.16	0.21	0.26	0.31	0.41
	計算値	0.28~0.34	0.34~0.40	0.40~0.47	0.47~0.57	0.57~0.67
ガラス	実測値(1)	0.43	0.52	0.72	0.90	1以上
	実測値(2)	0.34	0.48	0.72	0.76	1以上
	計算値	0.42~0.50	0.50~0.60	0.60~0.71	0.71~0.85	0.85~1

注) (1) 実測値(1): 実験に使用したガラス, 実測値(2): 実際のコンポスト中のガラス

(2) 計算値 : 球状として計算した値である。

(3) 粒径は JIS によるふるい目を指す (単位: mm)。

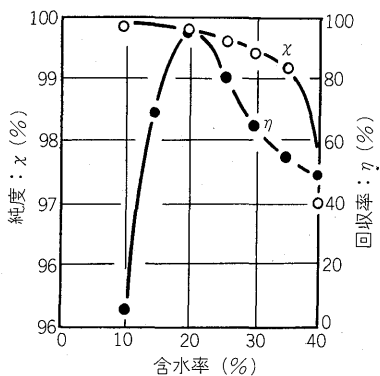
る。

この浮上電界強度の実測値と計算値を比較したものを第3表に示す。計算値は粒子を球状として算出したもので、実測値は計算値より相当低い値となっている。これは実際の粒子には角が多く、このためにこの部分に作用する電界強度が電極間平均電界強度の数倍から数十倍となり、球状に比べて低い電界強度で浮上するためである。同じ粒径で密度の異なるコンポストとガラスとの浮上電界強度に大きな差があることも表から明らかである。

2. 基礎実験^{(1),(2)}

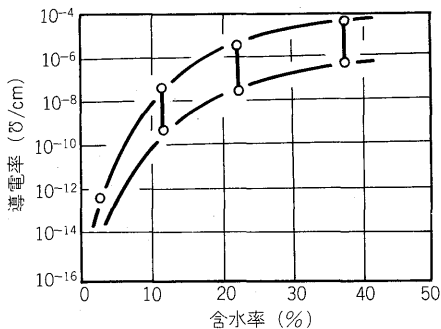
前節の説明で明らかなように、選別性能に影響を与える主要な因子として粒径、密度、コンポストの含水率、処理量が挙げられる。これらのうち、制御可能因子の影響を把握するために第3図に示した装置を用いて基礎実験を行った。その結果、最も重要な因子はコンポストの含水率であることがわかった。

コンポストの含水率と選別性能の関係を第4図に示す。回収率は含水率20%のところを最大値をとり、その前後、特に含水率の低い領域で急激に低下している。これに対して純度は含水率の増加とともに低下し、35%を超えると著しく下がる。観察では、含水率が低いとコンポスト粒子がガラスと同様にドラム表面に付着し、含水率の高いときには粒子が互いに付着する現象がみられ、選別ができなかった。

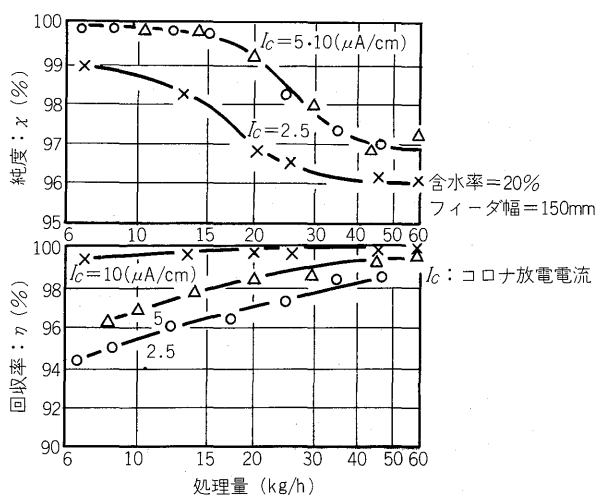


第4図 含水率と性能
Fig. 4. Product grade χ and recovery efficiency η on moisture content

この現象は、第5図に示すようにコンポスト粒子の導電率が含水率によって変化するため、含水率が低いときには絶縁体、高いときには導体と同様の挙動を示すためである。ただ含水率が40%付近での性能の低下は粒子表面の水分による付着現象に原因があって、これは選別以前の問題である。含水率は、このようにコンポスト粒子の電気的性質を大きく変化させるばかりでなく、搬送、貯留といったハンドリングの際にも問題を起こしやすいので、その調整は極めて重要な条件である。



第5図 含水率と導電率の関係
Fig. 5. The relation between conductivity and moisture content



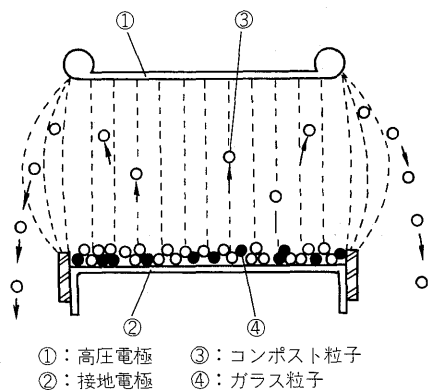
第6図 処理量と性能
Fig. 6. Product grade χ and recovery efficiency η vs. feed rate

また、第6図に示す処理量と性能の関係をみると、処理量を増加させると純度が低下することがわかる。このことは必要な純度を維持するためには処理量に限界があることを示している。したがって、実際に定められた性能を維持しつつ処理量を増加させるには、ドラムの径を増加させる(装置の占有空間の増加)か、ドラムを多段構成して徐々に純度を上げていく(装置の複雑化と占有空間の増加)かの2方法が考えられる。

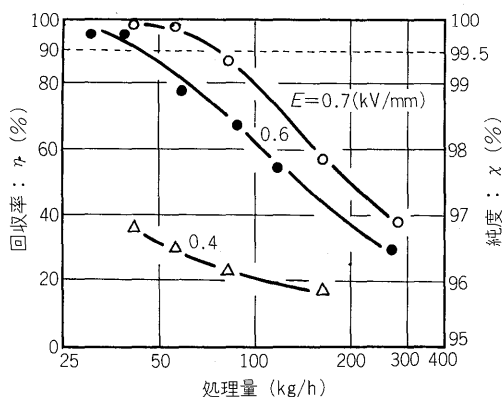
同時に第6図にはコロナ放電電流の影響も示している。コロナ放電電流の相違は粒子に与える電荷量を変えたことに相当するが、必要以上に電荷を供給しても性能は向上しないことがわかる。つまり、電界内で粒子に作用する静電気力はコロナ電流によって増幅されるが、これには限界があることを示している。

3. 平板形静電選別機

前節でコンポスト粒子は静電界内で電界方向に浮上することを述べたが、この原理を利用すれば、原料コンポストの中からコンポスト粒子だけを浮上させ選別することができる。富士電機では、この現象を積極的に利用した新しいタイプのコンポスト回収形静電選別機の開発を



第7図 平板形静電選別機の原理
Fig. 7. Principle of electrostatic separator (plate type)



注) (1) “E”は、電極間の平均電界強度(kV/mm)を表す。
(2) いずれの点においても、 χ (純度)は99.9(%)以上であるので図では省略した。

第8図 平板形静電選別機の特長
Fig. 8. Product grade χ and recovery efficiency η vs. feed rate (plate type)

行った。

これは第7図に示すように、原料コンポストを相対する平板電極間に供給し、これに高電圧を印加すると、コンポスト粒子が激しい運動を行いながら電界外に飛び出し、ガラスなどのきょう雑物はそのまま平板上に残る現象を利用したものである。(富士電機ではこれを平板形と呼んでいる)。この方式はコンポストだけを選別して取り出すために、回収したコンポストは極めて純度が高いという優れた特徴を持っている。

平板形静電選別機の実験結果を第8図に示す。図中の曲線は回収率の変化を示したもので、処理量の増加とともに回収率が低下し、また電界強度によって性能が大きく変わることがわかる。純度はいずれの点においても99.9%以上であるので図示は省略した。また、回収率は十分な電界強度を与えれば90%以上とすることができる。図には示していないが、含水率が40%以上の場合には既に説明したように、粒子相互の付着で選別は困難である。しかし、40%未満でも比較的高い含水率の場合、あるいは10%付近の低い値でもドラム形と異なり良好な選別が行え、広い含水率の範囲に対応できることが明らかに

なった。

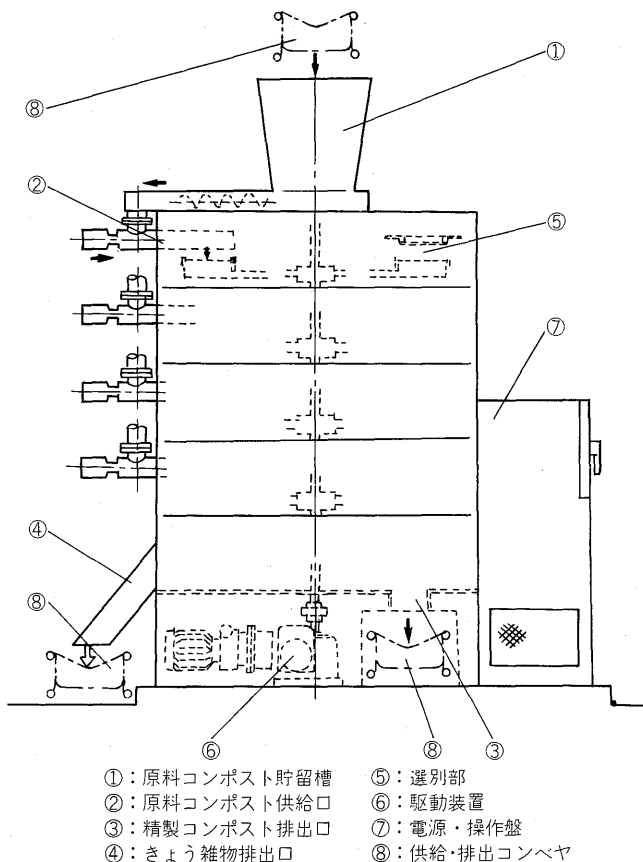
IV. 富士静電選別装置

1. 選別機

実用規模の平板形静電選別装置は次のように構成される。第7図に示すように高圧電極と接地電極を相対して配置し、高圧側は本体に固定して接地側を原料供給面として回転を行うようにする。円周の1か所から原料を供給して接地電極が1回転する間に選別が完了し、コンポストは電極外で、残ったガラス類は電極上で各々回収する。こうした過程を繰り返して連続処理を行うものである。

同心円状の高圧電極と接地電極の組合せと、原料供給部、回収部とで一つのユニットを構成し、処理量の大小に対してはこの基本ユニットを多段に積み重ねていけばよい。更に、電気条件(印加電圧等)とともに接地電極の回転速度を変えることによって細かい調整を行うことができる。

以上のように、平板形は実装置としてこれまでのドラム形にないさまざまな長所を持っている。我々の試算によれば、処理量と性能を同じにした場合、平板形はドラム形に比べ設置面積、占有空間ともに1/3(当社比)に縮



第9図 実用規模静電選別機外形図
Fig. 9. Outer view of electrostatic separator

小さることができる。

第9図は処理量15t/d(8h/d)の都市ごみコンポストプラントに設置される平板形静電選別機を示したものである。全5段で構成されているが、このうち選別ユニットは4段で、各段に原料供給口及びきょう雑物回収部を備え、精製コンポストは4段分すべてを最下段に落として回収している。この平板形静電選別機の消費電力は全プラント消費電力の0.5~1%と問題にならないほど小さい値である。

2. 精製システム

実際のコンポストはプラントごとにきょう雑物の混入率、組成、コンポストの粒子形状などの性状が異なる。このような変化に対して一定の選別性能を維持するには、選別機本体はもとより、処理コスト、メンテナンス、占有空間などの点をプラント全体から評価して最適なシステムとする必要がある。

富士電機は最終システムとして、実際のコンポストのふるい分け分析結果からみて、原料コンポストをふるいにかけて分級し、各々を静電選別にかける方法が良いと考えている。これまでは誌面の都合できょう雑物のうち、ガラスについてだけ述べてきたが、平板形静電選別機はコンポスト中に多量に含まれているビニル類の選別もできる。したがってふるいを通過したものについてはガラス選別機として働き、ふるい上はビニル選別機となる。第1図で示したように、従来はふるいを使用してふるい上をビニル類として焼却していたため、コンポストのかなりの部分がこの中に入って未回収となっていたが、この方式を採用することによってコンポスト回収率を更に引き上げることができる。

また、十分な後熟過程を経たコンポストは含水率が40%を超えることはなく、ドラム形では必要であった含水率調整部(例えば乾燥器等)を設ける必要はない。

このように、富士電機のコンポスト精製システムは、半製品中のきょう雑物を除去し、純度の高い製品コンポストにするだけでなく、消費電力も極めて少ないという特徴がある。したがって、このシステムを設置することによるプラント運転コストの増大はほとんど問題にならない程度である。



第10図 平板形静電選別機・試作機
Fig. 10. Plate type electrostatic separator
(proto type)

V. あとがき

富士コンポスト精製システムはその中核を静電選別機とし、これにふるいを組み合わせることによって精製コンポストの回収率90%以上、純度99.5%という実用上十分満足のいく性能を得ることができた。

こうした性能にもかかわらず、消費電力が極めてわずかですむこと、コンパクトな構造となっていることなど、コンポストプラントの中の機器としても他の要素と十分協調のとれたものとなっている。

更に、ビニル類の選択選別、コンポスト粒子の分級など、コンポスト使用者側のさまざまな要求や状況に応じて多様な機能を発揮できる可能性もあり、現在、更により良い装置を目指して開発を続けているところである。

参考文献

- (1) 田部井幸一・高橋武男：コンポスト用静電選別機の開発，静電気学会論文集，80，pp.133~136(1980)
- (2) T. Takahashi et al.: New equipments for resource recovery: Electrostatic Separator and Eddy Current Separator, in Conf. Rec. 1980 15th Annu. Meet, IEEE I.A.S. pp 1~6.
- (3) E.B.Gänger et al.: The influence of foreign particles on dielectric strength in SF₆ installation, IEEE Winter Power Meeting A76, pp.152~156(1976)
- (4) 原雅則ほか：球状導体粒子近傍の電界ならびに粒子に働く力の計算と放電への応用，電気学会論文誌 95-A, 12, pp.525~532(1975)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。