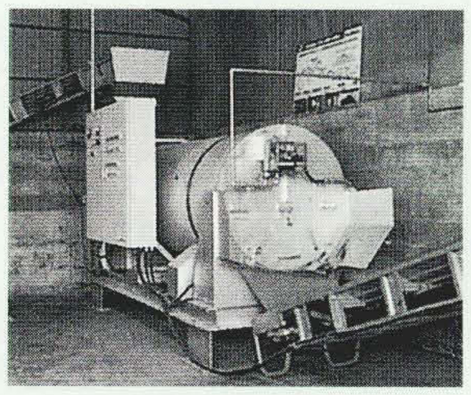
生ごみ・農水系食品残渣の廃棄物処理

——乾燥，発酵・分解，炭化——

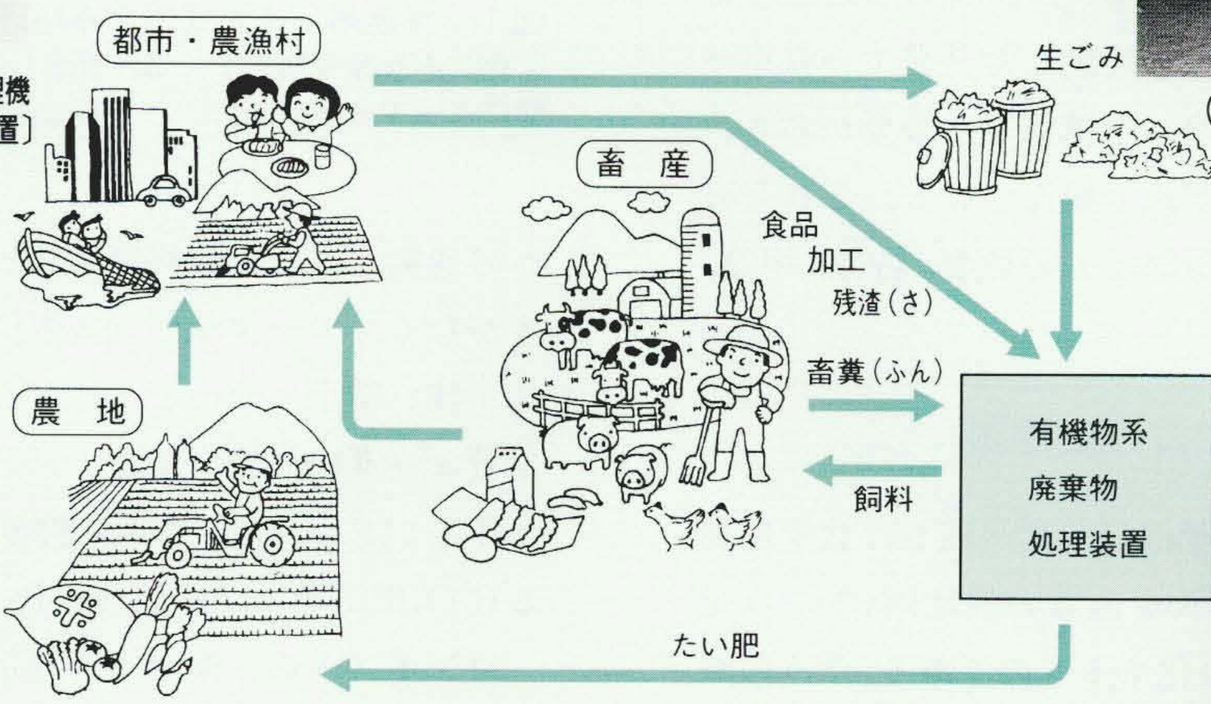
Treatment of Garbage, Agriculture and Fishery Waste

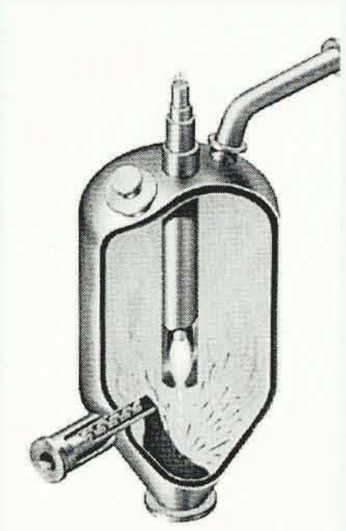
増田崇雄 *Takao Masuda*　佐野寿彦 *Toshihiko Sano*
西塚　栄 *Sakae Nishizuka*　上田禎俊 *Sadatoshi Ueda*

(a) 業務用バイオ式生ごみ処理機
〔コンポスト(たい肥)化装置〕

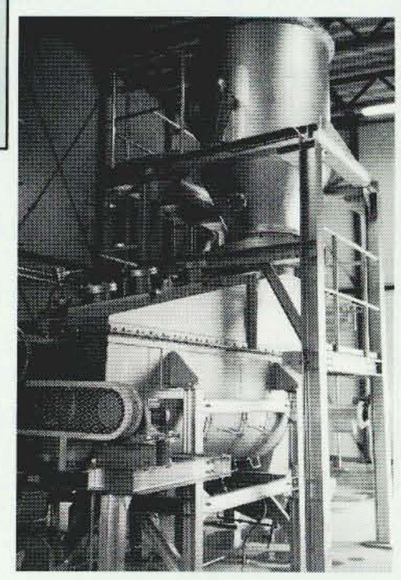


(c) たい肥化大規模処理プラント
(発酵ドラム+完熟システム)





(b) ジェット バーナ 粉砕・乾燥システム
(衝撃粉砕乾燥)



(d) 連続炭化装置

日立グループの生ごみ・農水系食品残渣のリサイクルへの取組み

日立グループは，生ごみ・農水系食品残渣の有機物系廃棄物のリサイクルを効率よく実現する各種製品，システムを提案している。

生ごみや食品残渣は販売や流通形態の多様化に伴ってその種類も多種多様となり，排出量もさまざまであることから，その処理方法が年々深刻な問題となってきている。そのため，これまで主力であった焼却・埋め立て処分から，リサイクル化の方向に向けて各種の施策，技術開発が精力的に行われている。

日立グループは，これらのごみや残渣の減容，リサイクルに着目し，「乾燥」，「発酵・分解」，「炭化」という手段により，飼料，肥料，土壌改良剤などとして有効利用できるシステムを開発し，実用化している。

これらの機器・システムには，(1) バクテリア発酵を利用して効率よく処理する「業務用コンポスト(たい肥)化装置」，(2) 二次熟成までを行う比較的大規模な「たい肥化システム」，(3) 粉砕，乾燥し，飼料・肥料原料の一つとする「ジェットバーナ粉砕・乾燥システム」，(4) 乾燥機と発酵を組み合わせた「たい肥化システム」，(5) 飼料への混合，育苗・園芸の土壌改良剤などに使用できる「連続炭化装置」がある。

1　はじめに

有機廃棄物である生ごみや食品残渣は，家庭，コンビニエンスストア，学校，病院などの身近な所だけでなく，総菜，弁当工場，スーパーマーケットなどの中・小規模の発生場所から，食品工場や畜産農家，輸入倉庫などの大規模な発生場所まで，排出形態が多様であり，かつその種類も多い。

有機廃棄物には，(1)腐りやすく，貯蔵も困難である，(2)時期によって発生の種類，量が異なる，(3)発生場所が多岐，多数であり，かつ各所ごとの量も比較的小さいなどの特有の問題があるため，その適正処理やリサイクルが遅れていた。

焼却炉の能力や埋め立て地の逼(ひっ)迫の状況を考えると，リサイクル化への動きと連動した「発生→収集→処理→リサイクル」のシステムを構築する必要がある。

ここでは，日立グループが取り組んでいる，これら有機廃棄物を有効に処理するシステムの概要，特徴，用途，応用例などについて述べる。

2　業務用バイオ式生ごみ処理機

業務用バイオ式生ごみ処理機は，食べ残し，食堂内加工残渣などの有機物系廃棄物を施設の敷地内(生ごみ発生源)でコンポスト(たい肥)化するものである。ごみの減量化や保管性の向上，さらには土壌に還元してのリサイクル利用が主なねらいである。製品の概要を**図1**に示す。

この方式の処理機は，施設内への設置や運用を考慮した，次の特徴を持っている。

(1)　高温・好気性発酵により，コンポスト化の処理速度が速い。

(2)　種菌(微生物)の追加投入や水分調整基材が不要であるなど，操作性が良い(除湿方式)。

(3)　処理物(排出コンポスト)の環境に対する安全性が高い。

処理機槽内の温度をほぼ60℃程度に管理し，投入物を処理機内に2日以上滞留させるため，有機物系廃棄物に含まれる有害生物・病原菌(O-157ほか)・雑草種子の増殖を抑えて死滅性を高める(高温・好気性発酵方式)。

(4)　発酵時に発生する水蒸気や酸，においを抑制し，処理機の周囲環境への悪影響を低減する(高温・好気性発酵方式，除湿方式，脱臭装置内蔵)。

(5)　生ごみを敷地内(生ごみ発生源)でリサイクルして活用できるため，従来発生していた生ごみの収集，処分場への運搬，さらに最終処分(焼却など)にかかわる費用発生がなく，トータルでコスト低減が図れる。

(6)　使い勝手・サービス性が良い〔マイコン(マイクロコンピュータ)制御〕。また，最近社会問題となっているダイオキシンの発生，CO_2の抑制面での用途も広がっている(CO_2排出量は焼却処理と比べて約$\frac{3}{7}$に抑制)。

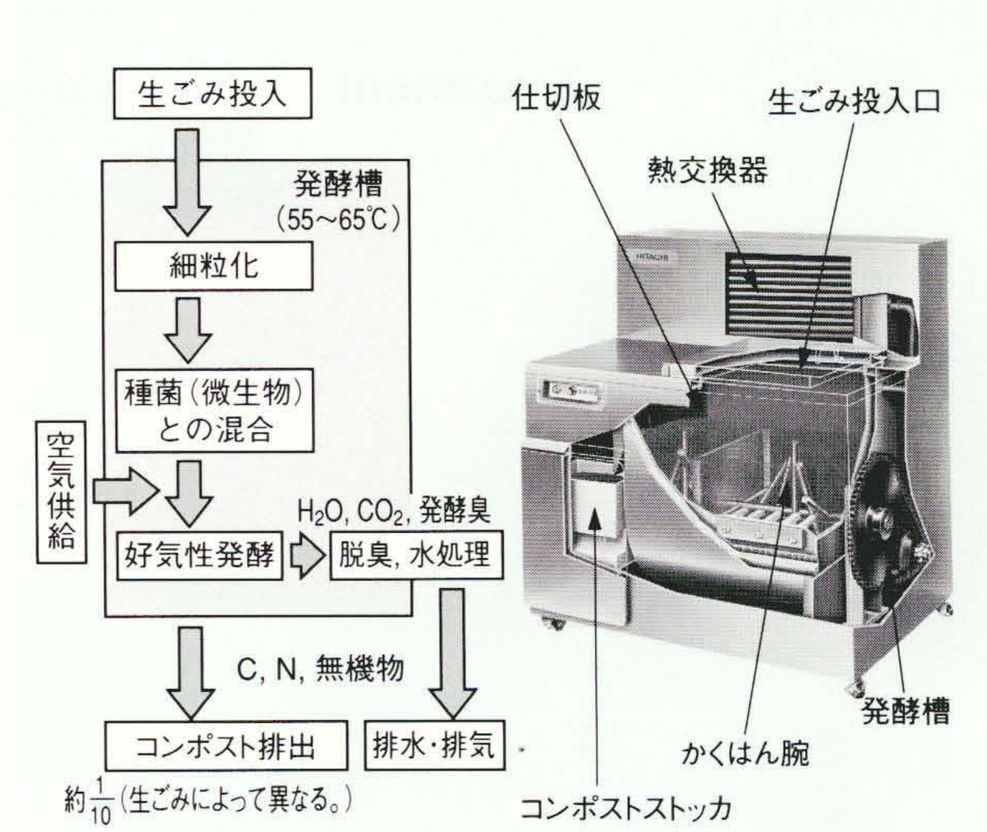


図1　業務用バイオ式生ごみ処理機の概要
生ごみを微生物とかくはん混合しながら空気を供給し，好気性発酵によって分解する。

コンポストのリサイクル利用としては，以下のような例がある。

(1)　施設の敷地内でさらに熟成させ，敷地内の花壇や菜園などで肥料として利用する。

(2)　顧客と日立グループが提携し，コンポストを業務用バイオ式生ごみ処理機の製作現場へ送付する。一定の処理を行った後，出荷時の種菌として再利用する。

(3)　有機栽培農家が肥料として利用する。

3　ジェットバーナ粉砕・乾燥システム

3.1　システムの概要

ジェットバーナ粉砕・乾燥システムは，約1,200℃，1,200 m/sの高温・高速のジェット流を用い，多量の水分を含む処理対象物を一気に粉砕，乾燥するものである。ジェット流は完全燃焼した燃焼ガス流であり，処理槽内は酸素欠乏状態となり，処理物は燃焼することなく乾燥される。また，槽内部の燃焼ガス流による強力なかくはんにより，塊状の処理物を短時間で粉砕，乾燥することができる。

粉砕，乾燥された乾燥物は粉粒体となり，排出ガスの

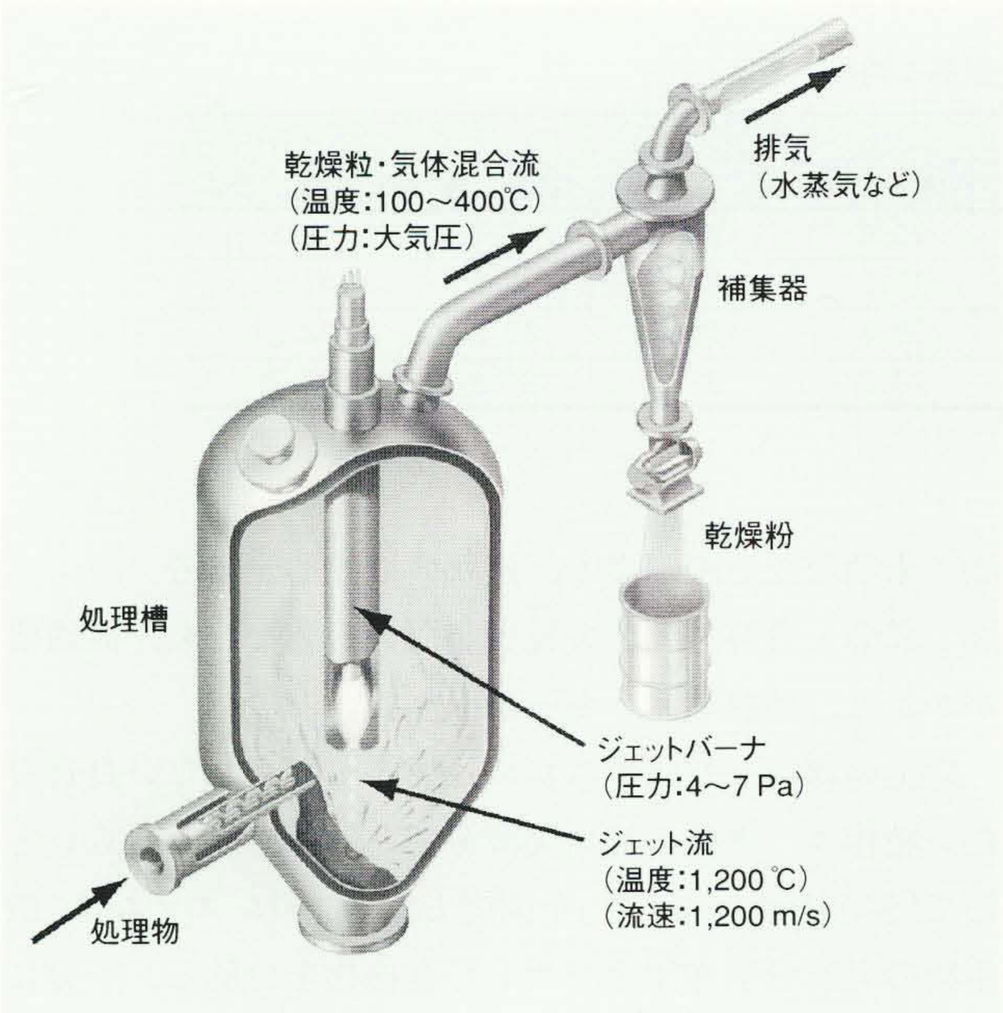


図2　ジェットバーナ粉砕・乾燥システムの構成
高温・高速のジェット流で，粉砕，乾燥し，捕集器で乾燥粉を回収する。

流れに同伴し，処理槽上部から排出される。乾燥物と排出ガスの混合流を捕集器に入れ，乾燥物と排出ガスを分離して乾燥物を回収する。ジェットバーナ粉砕・乾燥システムの構成を**図2**に示す。

乾燥物の含水率は数パーセントに乾燥できる。原料ベースで100 kg～1.5 t/h(原料含水率80%，乾燥物含水率10%の乾燥時)の乾燥能力の機種をそろえている。

3.2　システムの特徴

このシステムは下記の特徴を持っている。

(1)　乾燥時間が短く，熱履歴による成分変性が少ない。
(2)　システム構成が簡単で，保守が容易
(3)　魚介類のような塊状物も，粉砕と乾燥が同時に可能
(4)　設置スペースに合わせたレイアウトが可能
(5)　ジェット流による直接加熱であり，熱効率がよい。

3.3　適 用 例

上記の特徴を生かした，有機廃棄物のリサイクル利用のための適用例を以下にあげる。

(1)　生物系特定産業技術研究機構(農林水産省，大蔵省共管団体)の平成7～9年度受託研究「食品製造副産物の飼料化技術の研究開発」

数種類の材料のテストを実施し，乾燥の可否，乾燥状態，乾燥物の成分分析，牛・豚の嗜(し)好性テストを行い，飼料として十分有効に使えるとの評価を得た。凍結による原料本来の成分とジェットバーナ処理による成分の比較を**表1**に示す。

(2)　農林水産省北海道農業試験場の平成9年度委託研究「農水産物廃棄物のリサイクルを目的とした当該廃棄物から作成した試料原料の栄養評価試験」

乾燥物の成分分析と，羊を用いた消化試験による栄養

表1　ジェットバーナによる乾燥品と凍結乾燥品の成分比較
ジェットバーナによる乾燥品と凍結乾燥品の成分分析結果の比較を示す。凍結乾燥処理の数値は原料本来の成分を示しており，これとの比較により，ジェットバーナ乾燥の熱影響による変化の度合がわかる。

品　種	処理	水分(%)	一般飼料成分(%)						
			粗タンパク質	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維	酸性デターゼント繊維	中性デターゼント繊維	粗灰分
おから	JB	14.8	23.3	10.7	46.3	15.3	19.9	45.6	4.4
	凍結	15.7	30.4	15.6	35.7	14.2	16.1	34.0	4.1
りんごジュースかす	JB	9.0	4.8	3.3	73.5	15.5	27.2	35.8	2.9
	凍結	25	4.3	4.0	77.9	11.9	18.0	26.2	1.9
廃鮭(さけ)	JB	9.3	78.6	5.7	0	0	0	0	15.7
	凍結	29.2	76.9	9.0	0	0	0	0	14.1
魚あら	JB	15.2	59.1	18.3	0	0	0	0	22.6
	凍結	8.9	43.2	46.6	0	0	0	0	10.2
鶏ミンチ	JB	6.0	60.2	6.3	0	0	0	0	33.5
	凍結	4.8	44.8	11.8	0	0	0	0	43.4
廃鶏	JB	9.3	70.2	15.5	0	0	0	0	14.3
	凍結	12.5	57.1	18.0	0	0	0	0	24.9
卵殻	JB	1.3	8.9	0.8	0.1	0	0	0	90.2
	凍結	2.1	6.5	0.4	1.5	0	0	0	91.6

成分分析実施：福岡県農業総合試験場・畜産研究所(1997年3月)
注：略語説明　　JB(ジェットバーナ)

表2　農水系廃棄物から作成した飼料原料の栄養評価
ジェットバーナで調整した飼料の栄養価・消化率は，市販の類似品と同等である。

	乾燥粉の造粒率(%)	飼料成分組成(乾燥粉%)			消化率 (%)			栄養価(乾燥粉%)
		水分	粗タンパク質含量	繊維	粗タンパク質	粗脂肪	繊維	可消化養分総量
ビールかす	94.1	10.8	23.1	62.0	73.0	87.2	47.7	65.8
豆腐かす	93.5	9.5	23.7	29.7	77.3	88.4	57.8	87.4
りんごかす	91.0	5.1	3.4	28.2	19.2	19.5	30.2	60.6
ほっけ	91.7	8.4	68.0	26.2	78.0	93.9	81.8	83.7

成分分析：栄養評価実施；農林水産省北海道農業試験場(1998年3月)

評価を実施し，栄養価，消化率は市販の類似品と同等であり，飼料調整も可能で，飼料として有効であるとの結論を得た(**表2**参照)。

(3)　北海道の某食品会社によるじゃがいも汚泥，野菜残渣乾燥処理

じゃがいも汚泥はデンプンを多量に含んでおり，加熱されたデンプンは強力な粘着性を持つ。この粘着力によって乾燥機の壁面に付着し，内部が生で外部が焦げたボールに成長し，乾燥処理槽の流動を妨げ，乾燥を難しくする。また，じゃがいもデンプンはマイクロメートル以下の微粒子であり，固形物としての乾粉を取り出すことが困難である。

ジェットバーナでは，これらの課題を解決し，じゃがいも汚泥を乾燥させて，乾粉を取り出すことができる。

季節により，じゃがいものほかにスイートコーン，にんじん，かぼちゃの残渣・汚泥の乾燥を行っている。

4　たい肥化システム

4.1　システムの概要

毎日の生活から排出される野菜くず，残飯，魚のあらなどの有機廃棄物のたい肥(コンポスト)化システムの課題は次のとおりである。

(1)　家庭からの生ごみは，混合ごみから破砕・選別によって取り出すため，ガラスやビニルなどがたい肥に混入する。

(2)　未熟なたい肥が多く，追熟する必要がある。

(3)　発酵・分解過程での脱臭装置が必要なため，設備費がかかり，消費エネルギーが大きい。

以上の課題を解決するため，異物が混入しない良質なたい肥作り，悪臭の無い発酵分解(生成過程)をねらいとして「SM発酵システム」を開発した。このシステムは，微生物の発酵分解作用を利用して有機物を分解し，十分に熟成させるものである。

4.2　システムの構成

このシステムは，投入ホッパ，発酵菌・副資材供給装置，バイオドラム(発酵回転ドラム)，熟成箱，熟成場，回転ふるい機で構成する(**図3**参照)。各構成要素の役割について以下に述べる。

(1)　投入ホッパ：パッカ車などで分別，収集した有機物を投入し，一次貯留する。

(2)　発酵菌・副資材供給装置：有機物1tに対して発酵菌(バチロンZ)約100gを，米ぬか類で増量して添加する。さらに，空気の通気を確保して熟成時の水分を50～60%にするため，おがくずなどの副資材を混合する。

(3)　バイオドラム：副資材とバチロンZを添加した資材を投入し，約3時間で約70℃に加熱処理する。

(4)　熟成箱：一次熟成室に積み上げた熟成箱の底全面から自然通気で空気を補給し，有機物は60～70℃で約4週間高温・好気性発酵を続ける。

(5)　熟成場：一次熟成を終えた有機物を二次熟成室に移

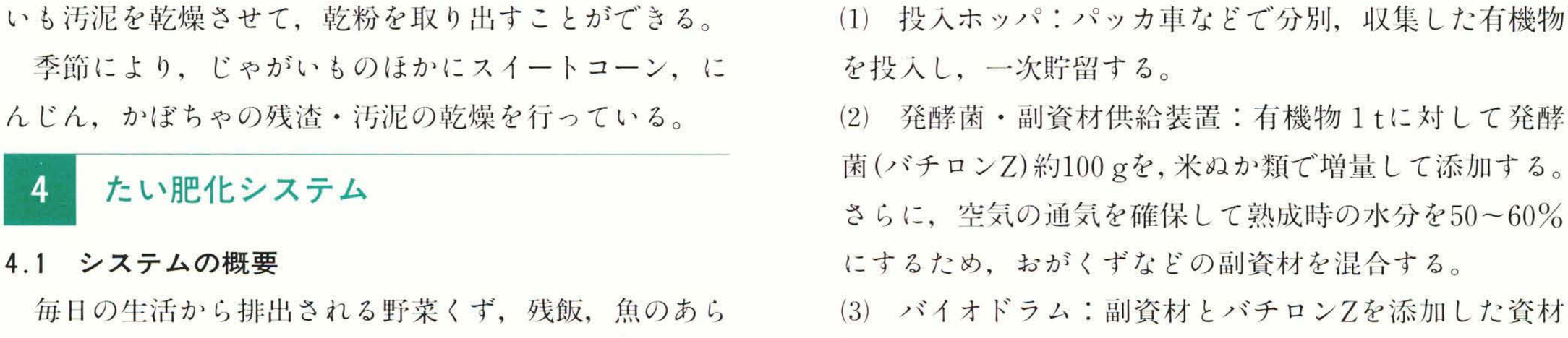


図3　SM発酵システムのフロー
異物混入が少なく，有害ガス・悪臭の発生がない，安全で良質なたい肥化システムである。

し，水分補給と切り返しを繰り返しながら約2か月間熟成を進行させる。

(6)　回転ふるい機：約3か月間の熟成を終えた有機物から異物を取り除き，熟成たい肥を取り出す。

4.3　システムの特徴

SM発酵システムで使用する発酵菌「バチロンZ」は，信州大学と故窪田博士の指導の下に開発したものであり，畑地土壌から分離した5種類の高温・好気性菌による複合菌である。いずれもバージ(菌の分類表)に記載されているバチルス〔桿(かん)菌〕に属し，有機物の発酵分解に効果的な働きを示す。

このシステムの特徴について以下に述べる。

(1)　破砕しないシステム

破砕処理装置を用いることなく，熟成後に異物を取り除くので，たい肥への異物混入がほとんどない。

(2)　臭気が少なく，安全で良質なたい肥

(a)　加熱による好気性発酵では，短期間に高温の発酵条件が得られるため，有害ガスや悪臭の発生がない。高温・好気性菌以外の菌，雑草の種，衛生害虫，作物害虫などが死滅する。

(b)　熟成箱での一次熟成を行うことにより，熟成むらが無く，熟成日数が短縮できる。

(c)　二次熟成を経て，土のようなにおいの，安心して使える良質なたい肥ができる。

(3)　シンプルなシステム

このシステムはきわめてシンプルで，操作が簡単なうえ，故障や金属部の腐食が少なく，耐用年数が長い。

4.4　適 用 例

4.4.1　EM処理した生ごみのたい肥化

長野県駒ヶ根市は，生ごみを分別回収してたい肥化し，市内の農地に還元して地力の維持・向上を図っている。そこで，EM菌(有用微生物群)処理による新しい分別収集方式を採用し，生ごみが腐りにくくなることを利用して収集頻度を減らし，収集・運搬・発酵処理の段階での悪臭の発生を抑えている。

このたい肥化システムで次の成果が得られた。

(1)　EM処理した生ごみは，EM菌の働きでpH値が夏場で4～5，冬場で5～6になっており，腐敗による悪臭はほとんどなかった。

(2)　EM処理した生ごみを高温・好気性発酵によってたい肥化する場合，夏場では，加熱発酵処理後，一次熟成での立ち上がりが約2週間遅れることがわかった。

(3)　EM処理した生ごみは，加熱発酵処理前にpH調整を施すことにより，未処理の生ごみと同様な熟成期間(約3か月)でたい肥化できることがわかった。

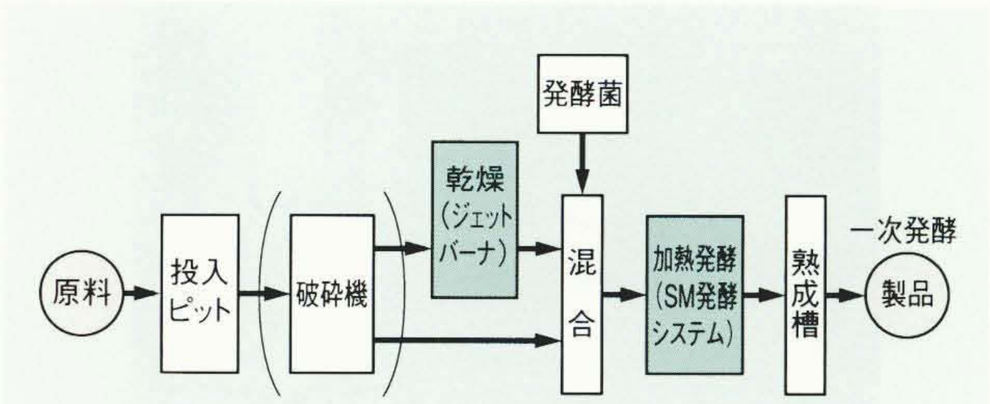


図4　SM発酵システムとジェットバーナ粉砕・乾燥システムを組み合わせたシステム
コンパクトな設備となり，熟成期間も短縮できる。

4.4.2　ジェットバーナ粉砕・乾燥システムとの組合せ

このシステムでは，副資材を用いないで小規模の設備で有機物をたい肥化するために，その一部をジェットバーナで乾燥処理し，無処理の有機物に混合してたい肥化する(**図4**参照)。

このシステムには，SM発酵機能のほかに，次に示す特徴がある。

(1)　熟成時の水分調整にジェットバーナで乾燥した原料有機廃棄物をそのまま使用する。副資材の添加が不要で，加熱発酵の処理負荷が減り，コンパクトで経済的なシステムが構成できる。

(2)　原料の乾燥物を使用するため，分解・発酵の遅い木質系の副資材に比較して，生成物の熟成期間が短縮できる。

5　連続炭化装置

5.1　連続炭化装置の概要

連続炭化装置の外観を**図5**に示す。原料は，スクリューかくはん式の炉内で酸素不足の状態で部分的に自己燃焼させ，高温雰囲気下で処理する。処理原料の大きさや水分などによっては，粉砕機や乾燥機で前処理する。出来た製品は，土壌改良材や吸着材などに利用できる。

5.2　システムの特徴

自燃式のため，スタート時以外に燃料は不要である。さらに，炭化で発生する乾留ガスを，この乾燥機の熱源として利用する。例えば，250 kg/hで炭化した場合，約1,674.4 MJ/hの乾留ガス熱量が発生し，この熱を原料の乾燥に再利用することで，50～70%の水分を含んだ原料でも炭化できる。

炭化焼成温度は，空気量制御と，材料の滞留時間の制御によって任意にコントロールできる。特に，高温で処理すると活性化木炭となり，水質浄化材・吸着材・沪過

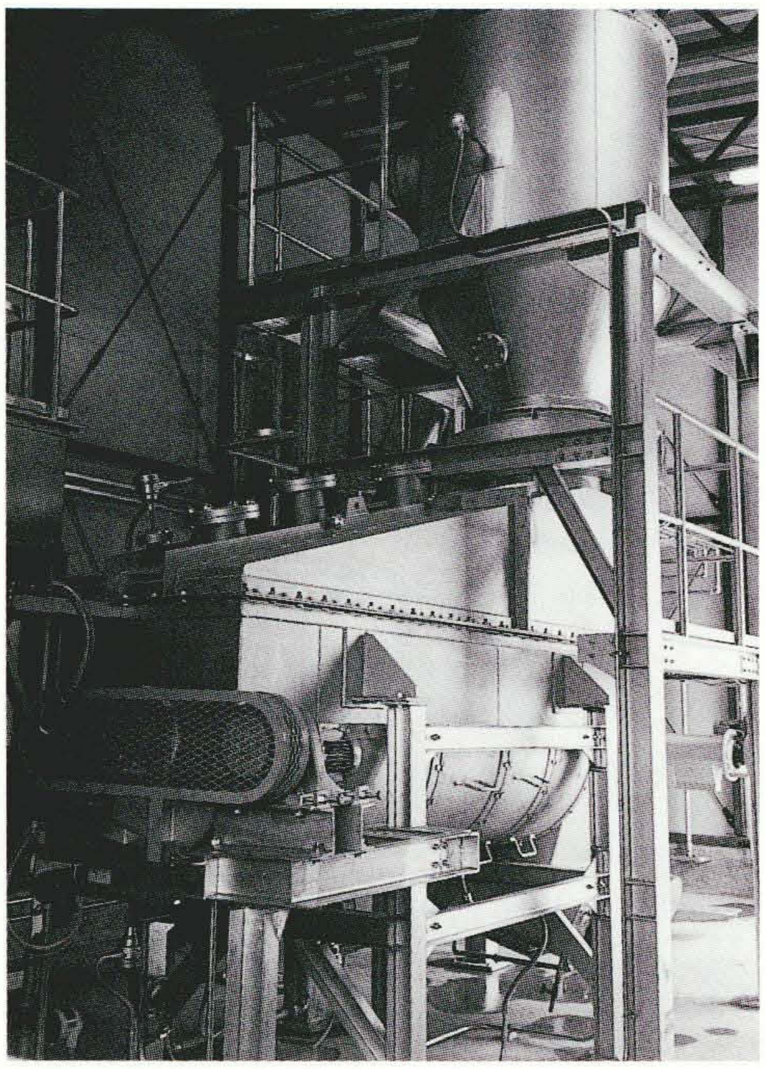


図5　連続炭化装置の外観
炭化炉と乾留ガス燃焼炉をコンパクトに納めた装置である。

材などの工業分野への利用も可能である。

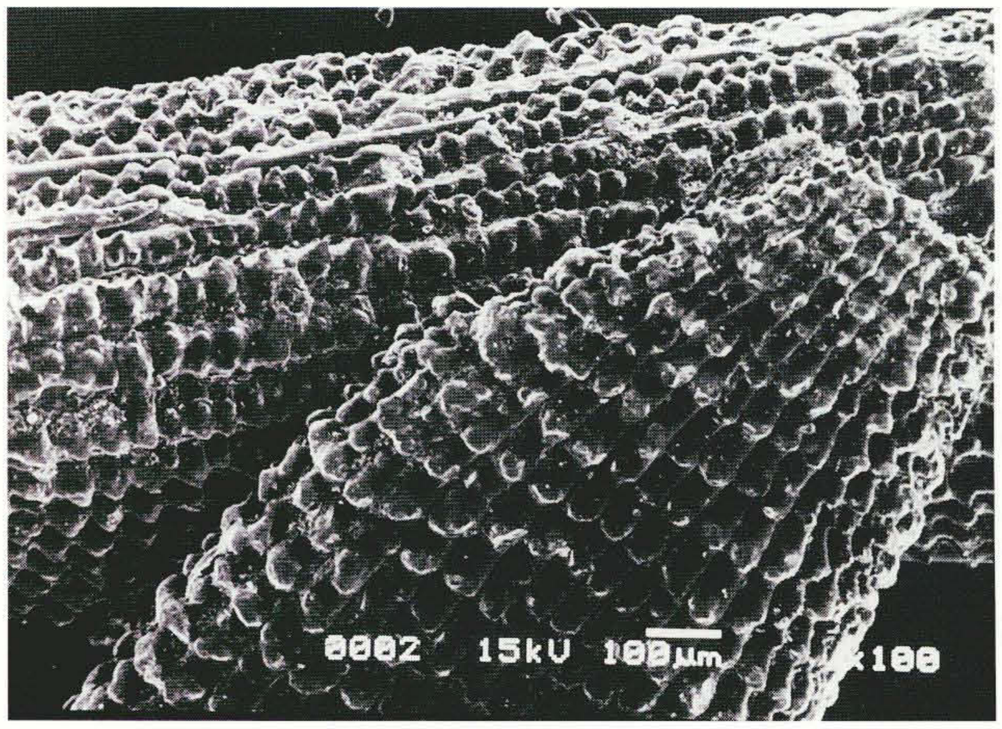
連続炭化装置による農産廃棄物処理の一例として，もみ殻炭の拡大写真を**図6**に示す。

6　おわりに

ここでは，日立グループが取り組んでいる有機廃棄物処理システムについて述べた。

有機物は生き物であり，時間や環境により，性状が刻々変化する。生ごみや農水系食品残渣処理では，これらの状況により，また対象物によって適切な処理条件が異なるため，取り扱ううえでのノウハウが必要かつ重要である。

日立グループは，目的に応じてこれらのノウハウを生かしながら，さらに高度なリサイクル技術の開発を目指していく考えである。



60倍写真

図6　もみ殻炭の拡大写真
ポーラス(多孔性)状態がはっきりとわかる。

参考文献

1)　藤田：コンポスト化技術，技報堂出版(1993)
2)　増田，外：日立ジェットバーナ式粉砕乾燥システム，化学装置(1997-6)
3)　島田：フレームジェットエンジニアリングと廃棄物の処理・資源化，廃棄物学会誌，Vol. 6，No. 3(1995)
4)　荒戸，外：廃棄物の適正処理および再資源化システム，日立評論，**78**，7，525～528(平8-7)
5)　島田：フレームジェットエンジニアリング入門，産業図書株式会社(1995)
6)　酒井，外：駒ヶ根市生ごみ堆肥化共同実験報告書(1996-3)
7)　安部：木炭吸着剤の製造と利用，木材工業，Vol. 51，No. 7(1996)
8)　森，外：流れと熱の工学，共同出版(1976)

執筆者紹介

増田崇雄
1967年日立製作所入社，1996年日立テクノエンジニアリング株式会社に転属，エンジニアリング事業部 所属
現在，ジェットバーナ乾燥システムの開発・製品化に従事
技術士(電気・電子部門)
廃棄物学会会員，電気学会会員

西塚　栄
1969年新明和工業株式会社入社，環境システム事業部 第1エンジニアリング部 所属
現在，環境関連機器の開発・設計に従事
技術士(衛生工学部門)
廃棄物学会会員，空気調和・衛生工学会会員，日本建築学会会員

佐野寿彦
1982年日立製作所入社，冷熱事業部 システム部 所属
現在，業務用バイオ式生ごみ処理機の商品企画・事業推進に従事

上田禎俊
1968年日立製作所入社，1979年日立テクノエンジニアリング株式会社に転属，エンジニアリング事業部 所属
現在，環境関連システムの取りまとめ・開発に従事
E-mail：s-ueda@hitachi-techno.co.jp