

バイオ処理による生ごみ処理機 TGR シリーズ

TGR series Garbage Disposer

石川 祥巳
ISHIKAWA Yoshimi

小林 茂
KOBAYASHI Shigeru

沖澤 正一
OKISAWA Shoichi

社員食堂、食品工場、給食施設から生ずる生ごみを、発生場所で処理できれば、衛生的であり、かつ、収集運搬、焼却や埋立てによって生ずる環境負荷を軽減することができる。当社では、自然界と同様な、微生物による有機物分解作用を利用し、環境にやさしい生ごみ処理機を開発した。

この装置では、微生物に適した環境条件を実現することで、40～50 kg/日の生ごみを、消費電力量 400 kWh/月の少ないエネルギーで 1/10 に減量、1/20 に減容できる。そのため、残渣(さ)の排出は、約 4 か月に 1 回で、これは堆肥としても利用できる。省エネルギーで、廃棄物の減量化、再資源化を実現できる特長がある。

We have developed the TGR (Toshiba garbage reactor) series garbage disposer for on-site processing of waste in the restaurant and food industries. This system, which employs a biological process that is maintained at the optimal condition, has the following features: (1) it can process 40 to 50 kg of waste per day (model TGR-50); (2) it has low energy consumption of only 400 kWh per month; and (3) it reduces the bulk and weight of waste to 10% and 5%, respectively, of its original levels.

The medium for the bacterial reaction can be withdrawn every four months and recycled as compost. The TGR series thus realizes a highly economical waste processing system with the minimum environmental impact.

1 まえがき

大量消費文化の発展とともに廃棄物問題は地球規模で大きくなり減量化、再資源化が重要な課題となっている。

生ごみは一般廃棄物の約 30% を占めており、その約 70% が焼却されている。それらを適正に処理することにより、焼却の負荷軽減や最終処分場不足の改善に大きく貢献できる。

当社では、微生物の力を利用して、省エネルギーで、減量率も大きく、処理後の残渣の再資源化に優れた生ごみ処理機 TGR シリーズを開発した(図 1)。以下にその概要と特長について述べる。



図 1. 生ごみ処理機 TGR-B50K 40～50 kg/日の生ごみを処理できる。

TGR-B50K garbage disposer

2 業務用生ごみ処理機の概要

2.1 生ごみ処理の原理と特長

生ごみ処理機では、限られたスペースで、短期間で生ごみを処理する必要がある。その原理は、土壌中の有機物が長い月日をかけて微生物に分解されるメカニズムと同様である。すなわち、生ごみを体長数ミクロンの好気性微生物^(注1)が分泌する酵素によって細かく分解し、微生物の細胞内に吸収、さらに低分子化し、最終的に二酸化炭素と水に分解する。

これらの反応の過程で発生する分解熱によって、生ごみ処理機内の媒体(おが屑)の温度が上昇する。媒体の温度上

昇は、分解によって生じた水分と、生ごみにもともと含まれる水分の蒸散を大きく促進する。一方、細胞物質として微生物の増殖に利用された有機物と、難分解性物質(セルロース、腐植質など)、灰分などは分解されず媒体に蓄積される。

生ごみ処理機 TGR シリーズの特長は以下のとおりである。

- (1) 微生物による分解作用を利用しているため、少ないエネルギーで、生ごみを質量で 1/10、体積で 1/20 に減少できる。
- (2) 燃焼方式で発生する有害物質(ダイオキシン、SO_x、NO_x)が発生しない。

(注1) 酸素の存在する環境でしか生育できない微生物。

- (3) 長期間(約4か月)にわたり残渣排出が不要なため、維持管理の手間が少なく、発酵槽内で長期間熟成するため、残渣を堆肥として再利用できる。
- (4) 生ごみ処理過程で発生する臭気成分を、微生物によって分解処理する微生物脱臭器を内蔵している。
- (5) 安全面への配慮が成されている。

2.2 装置の基本構成

装置の概略を図2に、基本仕様を表1に示す。

生ごみ処理機の主要部分は、微生物の菌床となる媒体(おが屑)を入れる発酵槽と、媒体を攪拌(かくはん)するための攪拌シャフトとパドル、攪拌シャフトを回転させるためのモータ、発酵槽への空気供給と発生した二酸化炭素と水蒸気を装置外部に排出するための排気装置、および排気臭を低減する脱臭器からなる。

発酵槽は、底面が半円形の容器で、攪拌パドルの軌道に

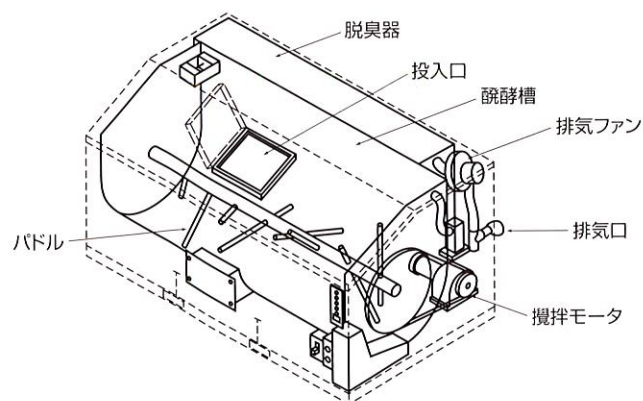


図2. 生ごみ処理機 TGR シリーズの構成 発酵層、攪拌パドルの形状は、媒体を効率よく混合できるよう設計されており、装置内に脱臭器を内蔵している。

Configuration of TGR series garbage disposer

表1. 生ごみ処理機 TGR シリーズの仕様

Specifications of TGR series

型名	TGR-B25K	TGR-B50K	TGR-B80K	
外形寸法 (mm)	幅	1,420	2,280	2,360
	奥行き	1,280	1,280	1,700
	高さ	1,200	1,200	1,410
電源	3相 200V			
定格消費電力(kW)	1.1	2.2	3.5	
消費電力量(kWh/月)	300	400	480	
処理能力 (kg/日)	最大	25	50	80
	標準	20	40	65
微生物製剤	Bacillus subtilis BN 1001			
攪拌方式	1軸攪拌方式			
減量率(%)	約90			
媒体交換	約4か月に1回一部交換			
脱臭方式	微生物脱臭			
製品質量(kg)	約750	約1,200	約1,900	

沿った形となっている。パドルは、生ごみ投入口直下となる発酵槽中央部から振分けで、らせん状に配置され、その回転によって、投入された生ごみを媒体全体に行き渡らせ、媒体内の微生物に酸素を供給する。また、分解熱が発生する以前の媒体温度が低い場合における反応促進のために、発酵槽にヒータが取り付けられているが、分解反応が進むとほとんど通電されない。

脱臭器内部には、腐葉土を入れてあり、生息する微生物によって、臭気物質を分解する。

以上の装置構成により、余分な電力を使用せずに生ごみを処理することができる。

2.3 分解環境を整える制御仕様

生ごみの分解性能は微生物によるところが大きい。この装置では、微生物活性への影響因子のなかでも、主として温度、水分、酸素濃度を制御し、高い分解性能を実現している。

2.3.1 酸素濃度と攪拌の制御 この方式では、媒体中の酸素濃度が、10%未満になると反応速度が低下する(図3)。この状態が継続すると、媒体中には分解中間物質である揮発性脂肪酸が蓄積し、微生物の生息環境として不適切な領域までpHが低下し、さらに反応速度が低下するような悪循環に陥る。

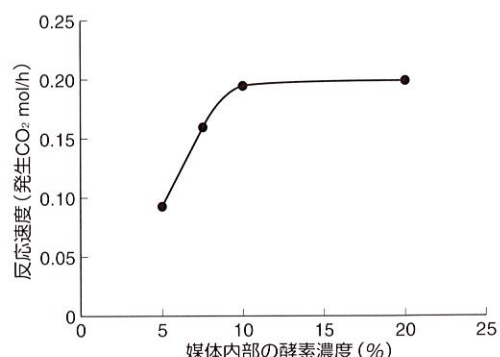


図3. 媒体内の酸素濃度と処理能力 酸素濃度が10%以下だと反応速度が低下し、分解中間生成物が蓄積し、媒体pHが低下するなど反応状態が悪化する。

Relationship between O₂ percentage content in medium and decomposition capability

したがって、この装置では、媒体内部の酸素濃度を常時10%以上となるように攪拌速度、攪拌頻度、通気量を制御し、生ごみの良好な処理を実現している。

2.3.2 媒体含水率と排気風量の制御 生ごみは、媒体の含水率が低いと分解前に乾燥する。また、媒体の性状が変化するに伴い、含水率が高いと攪拌によって泥状や団子状となり、微生物へ酸素が供給されず、分解率が低下す

る。媒体含水率は、非常に大切な制御因子である。

この装置では、主に排気によって水蒸気を持ち去ることで含水率を制御している。ここでは、気候、分解状態、使用状況などさまざまな要因を加味して、適した含水率となるよう排気風量を調整している。

2.3.4 温度制御 微生物には、生育に適した温度領域がある。この装置では、中温領域(30~40℃ 付近)で高い活性を示す中温菌を利用して、初期の立上げを行っている。アレニウスプロット^(注2)などの検討から、これらの微生物は、40.5℃ までは媒体温度が10℃ 上昇すると活性が20% 向上し、それ以上で失活する。

そこで、立上げ時の反応を促進するために、給気ヒータと底面ヒータにより装置内の温度を制御している。反応が進むと、分解熱によって媒体温度が高くなるため、ヒータにはほとんど通電されなくなる。

また、生ごみ投入を繰り返すと、媒体がしばしば50~60℃ 以上となり、高温領域において活性が高い高温菌も増殖してくる。そのため、50℃ 以上になっても、良好に生ごみを分解できる。

ヒータによる低温保障と中温菌と高温菌の共存により、この装置は、広い温度範囲で高い処理性能を発揮することができる。

3 生ごみ処理機 TGR シリーズによる分解状況

実際に、TGR-K50Bに、当社社員食堂の生ごみを投入して実用試験を行った結果を図4に示す。生ごみは、投入後約18時間後には媒体と区別がつかないほど分解され

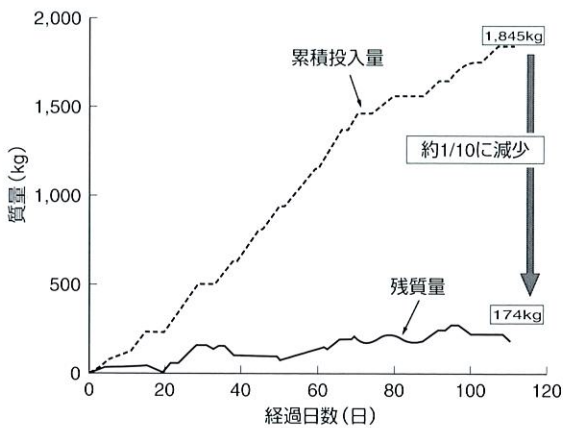


図4. TGR-B50Kによる生ごみ処理結果 媒体には投入した生ごみの1/10量しか蓄積されない。

Results of garbage decomposition by TGR-B50K

(注2) 反応速度定数と反応温度との関係 $k=Ae^{-E/RT}$ の対数をプロットしたもので、反応機構を示す(k : 反応速度定数, E : アレニウスの活性化エネルギー, R : 気体定数, T : 絶対温度, A : 頻度因子)。

る。試験期間中に1,845 kgの生ごみを投入したのに対し、媒体増加量は174 kgで、約1/10に減量、体積では約1/20に減容された。

4 分解過程で生ずる臭気の処理

4.1 脱臭器の概要

一般に、生ごみ処理に関する苦情でもっとも多いのが、臭気の問題と言われている。そのため、この装置は、臭気を処理する脱臭器を標準で内蔵している。

生ごみ処理の過程で発生する臭気(主にアンモニア)を処理する方法として、活性炭吸着、触媒燃焼、生物脱臭などがあるが、省エネルギー、環境に優しいなどの点から、生物脱臭を採用した。

脱臭器は生ごみ処理機に内蔵されており(図2)、発酵槽からの臭気を含んだ排ガスは、脱臭材を保持した槽内を上向きに流れ、脱臭材中の微生物の作用で浄化される。脱臭材には腐葉土を使用しており、そこに生息する微生物群の作用により、臭気の主成分であるアンモニアを亜硝酸経路で硝酸に酸化する。

4.2 脱臭器によるアンモニアの処理特性

発酵槽から排出される排ガス中のアンモニア濃度と脱臭器により処理された処理ガス中のアンモニア濃度との関係の一例を図5に示す。

原ガス中のアンモニア濃度が高まるに従い、処理ガス中のアンモニア濃度が高くなる傾向にある。原ガス中のアンモニア濃度が200 ppmのときには、アンモニア除去率75%であるが、50 ppm以下であれば90%のアンモニアが除去可能である。

一般に、生ごみ処理で発生するアンモニア濃度は、100 ppm程度以下であると言われている。しかし、生ごみに

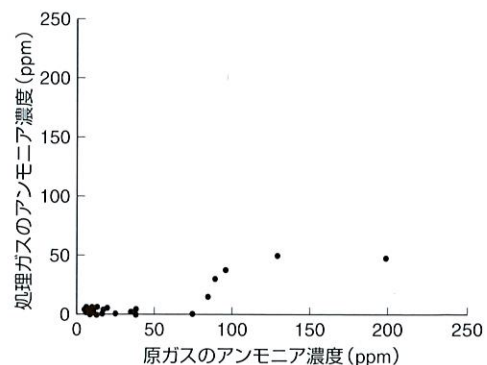


図5. 腐葉土を用いた脱臭器によるアンモニアの除去特性 生ごみ処理機からの原ガス中アンモニア濃度と脱臭器で処理された処理ガス中のアンモニア濃度との相関を示す。原ガス中のアンモニア濃度が50 ppm以下では90%のアンモニアが処理できる。

Ammonia removal performance of odor control device using leaf mold

よっては発生アンモニア濃度が数百 ppm を超える場合がある。この脱臭器は腐葉土中の微生物群によりアンモニアを酸化・処理するものであるため、このような場合、アンモニアによる微生物への阻害作用が強くなり、アンモニア除去能が低下する。そこで、事前の調査により脱臭方式を検討する必要がある。この装置には、そのような機場向けにオプションとして煙突などの臭気対策が用意されている。

5 媒体の特長

5.1 生物学的安全性

生物学的安全性についても、十分な確認をした。

稼働開始時には、納豆菌の一種である *Bacillus subtilis* BN 1001 からなる微生物製剤を投入するが、これは、多くの使用実績があり、公的機関で安全性が証明された土壤細菌である。

また、稼働中に、増殖するさまざまな微生物の安全性に対しても、十分な検討を行った。一例として、大腸菌、緑膿菌、サルモネラ菌、レジオネラ菌などの病原菌が、稼働中の装置からの排気や媒体から検出されないことを確認した。また、病原菌を媒体に故意に接種した場合でも、増殖せず媒体内の既存の微生物に淘汰された。これは、病原菌が生ごみに付着して発酵槽に混入しても自然消滅することを示す。この装置では、さまざまな検討によって、通常の使用方法では安全性に問題がないことを確認している。

5.2 残渣の再利用性

この装置の残渣排出は、約 4 か月に 1 回のため、有機物のほとんどは微生物によって分解される。そのため、残渣は約 2 週間、土に混ぜて熟成させるだけで、植物の生育を促進する肥効成分に富んだ堆肥として有効利用できる。

表 2 に、この装置の残渣分析結果の一例を示す。残渣は、肥料としての熟成度の指標である C/N 比が 10 以下、窒素成分が 3% 以上を示し、熟成度が非常に高く、肥効成分にも富んでいる。

表 2. 生ごみ処理機残渣の肥効成分

Effective components for manure from remaining material of TGR-B50K

肥効成分	TGR-B50K残渣
有機炭素(C)	29.8%
窒素全量(N)	3.17%
炭素率(C/N)	9.4
リン酸全量(P2O4)	0.84%
カリ全量(K2O)	1.43%
石灰全量(CaO)	4.73%
苦土全量(MgO)	0.24%

6 あとがき

生ごみ処理機 TGR シリーズは、微生物による分解方式、脱臭方式を採用した結果、環境機器としての条件である“省エネルギー”“高減量率”“再資源化”に優れ、環境にやさしい機器であるとともに、「約 4 か月間残渣の取出し手間が不要」という優れた特長をもっている。

今後、さらに大容量化、高性能化に努めて生ごみ処理機の普及を図り、環境改善に貢献できるよう努力していきたい。



石川 祥巳 ISHIKAWA Yoshimi

環境事業推進本部。
生ごみ処理機の研究・開発に従事。
Environmental management business group



小林 茂 KOBAYASHI Shigeru

環境機器開発研究所主務。
バイオ技術を応用した環境機器の研究・開発に従事。
Environmental Equipment Engineering Lab.



沖澤 正一 OKISAWA Shoichi

環境事業推進本部。
生ごみ処理機の研究・開発に従事。
Environmental management business group