

環境と経済性を両立させた生ごみ処理装置の微生物開発について

消滅型生ゴミ処理装置「ゴーミキサー」微生物の「見える化」を追求

岩城 和男

弊社は平成6年、消滅型業務用生ごみ処理機の販売代理店として創業いたしました。

当時の生ごみ処理機業界は乱立、雨後の竹の子状態といわれた時代でもあり、装置機能も堆肥型・炭化型・半消滅型など多岐にわたりました。顧客ニーズより売り手都合が優先した感が否めない不透明な市場であったと考えます。

平成11年、新潟県新発田市様より総合運動公園の刈芝の消滅分解処理を依頼されたことを期に、自社独自で微生物の調査研究に着手することといたしました。

そこで、微生物の安定・安全性などの情報の「見える化」を追求いたしました。

平成18年には新潟薬科大学応用生命科学部、高久准教授との研究によって目標であった微生物の科学的情報の「見える化」を可能にしました。

現在は、これまでの分解速度を自社比較で約30%向上させることに成功しました。この成果から本年度末には、新微生物の特許出願する予定です。

「ゴーミキサー」の分解メカニズムの主役は発酵分解を演じる微生物群であり、装置は彼らを最大限活性化させるための機能を有します。

尚、「ゴーミキサー」最大型機SG1000 は本年、「三菱電機(株) 鎌倉製作所」様より厨房残飯処理業務を受託している三菱電機グループ「菱栄テクニカ(株)」様に納入予定です。

図1 消滅分解のプロセス



生ごみ発生



投入



発酵分解過程



消滅 (水と炭酸ガス)

生ごみの処理法のひとつに微生物の発酵を利用した分解があります。生ごみ処理装置のタイプによって、その処理法は1) 堆肥型、2) 消滅型、3) 液肥型の3つに分けることが可能です。さらに微生物の培養法から分けると、堆肥型と消滅型は生ごみ分解微生物を固体培養により増殖させ、分解させるタイプ、液肥型は生ごみ分解微生物を液体培養により増殖させ、分解させるタイプに分けることが可能です。本稿では、前者を中心に述べたいと思います。堆肥型は、微生物が有機物を分解することにより発生する熱エネルギーにより、温度が50 - 60 に維持された状態で発酵分解が進んでいきます。このとき好温微生物が主要な働きをしています。また、微生物が生ごみを分解し、生育できる条件、酸素、水分、温度などのファクターが重要です。温度が下降するとほとんどの有機物が分解されたと見ることが可能で、1次分解はほぼ完了します。その後長期間の2次処理（熟成）過程を経ることにより、植物へ施肥できるような堆肥になります。消滅型は、微生物の発酵分解及びその原理は堆肥型に五十歩百歩であるが、発酵分解を改良し、短時間で効率よく分解するようにしたものです。すなわち、消滅型は微生物により生ごみの発酵分解を進行させるが、装置内に水分調節剤と生ごみを分解する微生物を入れておき、毎日生ごみを入れても、装置内の量に変化がないように、生ごみを分解することです。消滅型装置において、処理機が生ごみ分解処理速度を上げること、処理機のパフォーマンスを維持することは非常に重要な問題で、そのためには安定した有用な微生物群の維持が必要不可欠であると考えています。ここでは、消滅型生ゴミ処理装置「ゴーミキサー」の中で生ごみ分解に関与している微生物群に対する研究結果を紹介すると共に、我々が新たに開発した分解促進のための微生物資材として機能する微生物群「Takarc」についても紹介したいと思います。

我々が環境中の微生物群を調べる手段として、これまで一般的に用いられてきたのは寒天培地などを利用した培養法でしたが、近年、自然環境に存在する微生物の大半が、通常使用される培地上で生育しないことが明らかになってきました。この難培養性の問題を解決するために分子生物学的な手法を利用し、寒天培地で培養せずに直接環境中の微生物群を解析する新たな技術が考え出され、その1つ

の技術がPCR-DGGE (polymerase chain reaction-denaturing gradient gel electrophoresis) であり、微生物群の経時変化の観察が可能です。この技術を利用して消滅型生ゴミ処理装置「ゴーミキサー」の中で生ごみ分解に関与している微生物群の調査を行いました。調査は微生物資材を添加しない場合と市販されている微生物資材を添加した場合の2つの場合について解析しました。微生物資材を添加しない場合、装置内の処理物の水分含量、温度、pH及び微生物群について調べたとき、処理から約2週間が経過してもpH及び微生物群の安定化が見られませんでした。また、多少においなども存在しました。すなわち、外界から入ってくる微生物群を利用し、消滅型システムを構築するために長い時間が必要になると考えられました。次に市販の微生物資材を利用した場合について、装置内の処理物の水分含量、温度、pH及び微生物群について調べた結果、微生物資材を添加しない場合と異なり、約1週間程度で水分含量、温度、pHの安定化が見られました (図2)。

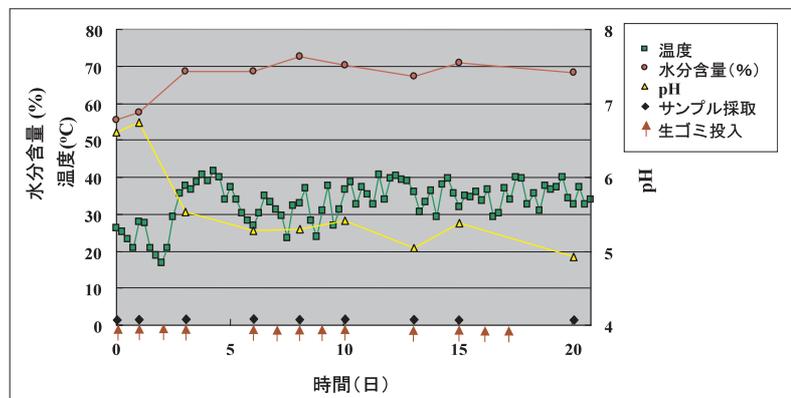
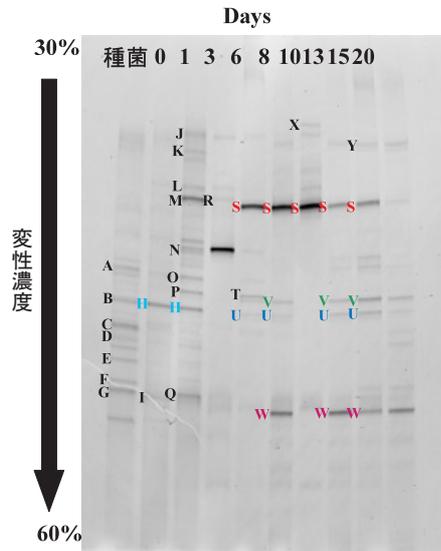


図2 「ゴーミキサー」における生ごみ分解中のパラメーター変化

図3はゲルと呼ばれている寒天のなかに微生物由来のDNAを電気的に流したものです。アルファベットで示したそれぞれのバンドは1種類の微生物種を示し、バンドの濃さが微生物の量に反映しています(濃いほどその種の微生物が処理物中に多量に存在する)。市販の微生物資材の中には主としてA-Gの種の微生物が存在しています。しかしながら、稼働後これらの菌は消滅

図3 「ゴーミキサー」における生ごみ分解中に働く真正細菌のDGGE解析



	最も近縁な微生物種 (%: 相同性)
A	<i>Chryseobacterium</i> sp. SB9 (100)
B	<i>Paenibacillus</i> sp. KSM-N145 (100)
C	<i>Curtobacterium</i> sp. Pd-E-(1)-m-D-4(4) (100)
D	<i>Sphingomonas wittichii</i> RW1 (97.6)
E	<i>Pantoea</i> sp. Pd-E-(1)-1-D-10(2) (100)
F	<i>Methylobacterium</i> sp. PMB02 (100)
G	<i>Bacterium</i> Ellin512 (98.9)
H	Uncultured Oxalobacteraceae bacterial clone OxtiCo (100)
I	<i>Klebsiella oxytoca</i> strain M-2 (100)
J	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (98.5)
K	<i>Acinetobacter</i> sp. EVA13 (100)
L	<i>Chryseobacterium</i> sp. TDMA-1 (100)
M	<i>Acinetobacter baumannii</i> strain Serdangl (100)
N	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. Lactis MR17 (100)
O	Uncultured Bacteroidetes bacterium (98.4)
P	<i>Oxalobacter</i> sp. 32AP9 (100)
Q	<i>Klebsiella</i> sp. III (100)
R	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. Lactis MR17 (97.9)
S	<i>Lactobacillus</i> sp. DumLact (100)
T	Uncultured bacterium clone PAS2_A02 (99.0)
U	<i>Burkholderia</i> sp. R-24196 (100)
V	<i>Burkholderia vietnamiensis</i> strain Ja2 (100)
W	<i>Azospirillum lipoferum</i> clone FRC-A2_705 (99.4)
X	<i>Lactobacillus</i> sp. DumLact (98.5)
Y	<i>Azospirillum lipoferum</i> strain ICMP 15216 (99.4)

してしまい、検出することができませんでした。すなわち、微生物資材の中に主の微生物として存在していた微生物種は、その後の生ゴミ処理の主要な働きをする微生物種としては検出されないことから、微生物資材としても意義は低いものかもしれません。しかしながら、微生物資材中の微生物として存在はするが、バンドとして検出限界の微量にしか存在しない微生物種が、稼働後増殖して検出された可能性もあります。「ゴーミキサー」の生ごみ分解過程において物理パラメーターが安定化した1週間付近から微生物群集構造も安定化し、バンドS、Wが主要なバンドとして検出されました。これらはDNA解析の結果、生育至適pHが酸性側にある*Lactobacillus*、*Azospirillum*属に近縁な微生物であることが明らかとなりました。市販の微生物資材を利用したシステムは一応の安定性を見せたが、ときどき主要微生物が消失すること(図3)、安定化までに1週間かかることなどの不安要素も抱えています。また、生ごみの分解能の持続性が低いことも気になる点のひとつです。これは処理物のpHが酸性側に傾いていることにより、酸性条件下で生育可能な乳酸菌、酢酸菌などに微生物種が絞られ、蛋白質分解酵素などの分泌能が高く、微生物分解処理で頻りに検出される*Bacillus*属など処理能力の高いとされる微生物種の生育する環境条件ではないことによるものであることが予想されます。そこで我々は、人・環境に安全であり、迅速な分解活動を行う微生物資材の開発を試みました。現在まで、数十カ所において、「ゴーミキサー」は稼働中であり、さらにもっと、分解能などに2, 3年以上問題の発生がなかった装置内で稼働する微生物群の解析を行った結果、人・環境に安全であり、迅速な分解活動を行う微生物資材「Takarc」の発見・開発に成功しました。権利取得中のため、ここで微生物資材「Takarc」の詳細について述べることはできませんが、「Takarc」中に存在する主要微生物は、「ゴーミキサー」稼働後、2日目ですでにその分解能を示し、「Takarc」中に存在する主要微生物は、そのまま「ゴーミキサー」中で生ごみ分解をする主要微生物となっていることが明らかとなりました。このように迅速性、再現性が高い微生物資材を利用することにより、「ゴーミキサー」を利用した消滅型システムの安定性はますます向上すると考えられます。