特集／廃棄物・廃水の再資源化・再利用

汚泥と農業廃棄物を対象にした

新しいコンポストシステム

New Composting Systems for Rural Refuse and Sewage Sludge

森

勇*

1. はじめに

下水終末処理場やし尿浄化槽から発生する汚泥は、年間300万トン以上になり、その最終処分用地を将来も継続して確保して行くことは次第に難かしくなりつつある。汚泥の減容化のための中間処理であるところの焼却は、補助燃料や二次公害防止のため年々コストが上昇しつつあり、地方自治体はこのために少なからぬ出費を余儀なくされている。

また一方では、農村における化学肥料の長期使用の結果、土壌の有機質欠乏や残留毒性などの問題が生じ、作物の品質低下や連作障害が防ぎきれぬ状態となりつつあると報じられている。土壌を肥沃させるための有機物を、廃棄物に求めようとする考えは古くからあり実行に移されていたが、都市ごみの成分が堆肥に適さぬ場合や有害物の混入が増えてきたこともあって、コンポストの普及ははかばかしくなかったという経緯はあったものの、近年の有機農業用堆肥の需要は高まるばかりであり、その結果、汚泥を原料としたコンポストがここにきて脚光を浴び始めているのである。

このことは、関係者の間では衆知の事実で、今ここで改めて記さなくてもすでに多くの紹介記事が世に出ている。

ところがたまたま、韓国で廃棄物リサイクルに関する国際シンポジウムが開催され、私もゲストスピーカーの1人としてコンポスト技術について発表することとなり、その概要を本誌に紹介するように求められたので、ここにその概要を報告するものである。

韓国は近年のセマウル運動（農村近代化計画）の成果が上がるにつれ、水洗便所や電気洗濯機が普及し消費経済も都市型化し、そのため廃棄物の投棄や河川汚濁問題が深刻化しつつあると聞いている。また地勢的にも肥沃な土地は少なく、緑化や干拓事業に必要な客

土用の腐植土の需要は少なくない筈であり、この面からもコンポストに対する関心は高いように感じられた。しかしながら、日本などの廃棄物先進国における一時的とはいえコンポスト事業が衰退した陰にあった諸問題（コスト、化学肥料との競合、需要不安定、有害物などなど）に対する警戒心もまた強く、それらをどう解決してあるいは妥協して中興を迎えようとしているのか見守っているようである。韓国では一般廃棄物のうち、し尿処理は相当完備しておりこれからは処理の高度化と維持管理技術の整備に重点が移りつつあるのに対して、都市ごみや農村廃棄物の処理処分は収集過程における有価物回収を経た後に埋立処分をする方法をとっているところが大部分であり、最近になって近代的焼却炉が建設されようとしている都市がいくつかある程度である。従ってコンポストの価値が、ごみの発生側と利用側とで相互に認識されて製品の流通機構が整備され低コストで供給されるようになるならば、伝統的に農業国である韓国においてコンポスト事業はかなり高いレベルで普及する可能性があると考えられる。

このような環境下における韓国の関係者に対し、いくらかでも参考になればと念じつつ、日本の最近の下水汚泥を主原料とした新堆肥化システムについて、三事例の紹介を中心として発表させていただいた次第である。従って農業関係者も対象としているため、常識的な事項の解説もあることを御了解願いたい。

2. 下水汚泥の堆肥化利用における留意点

(1) 需要の変動 下水汚泥やごみの排出量は、年間を通じてほぼ一定と考えてよいが、農地への施肥の時期は晩秋から春にかけての数ヶ月に限られており、その他の季節にはコンポスト施設の運転を休止するか、製造した堆肥製品を変質せぬよう貯蔵措置を講ぜねばならない。

(2) 安全性の確認 下水汚泥には、有害化学物質、病原菌、寄生虫虫卵、雑植物種子など堆肥成分とし

* (株)荏原製作所技術開発室開発企画担当部長

Isamu MORI

て不適当なものの含有量が許容値以下であることを常にチェックして、安全性を確認することが堆肥供給者としての義務である。

(3) C/N値の調節 炭素と窒素との比率が適正でないと、効率のよい発酵が得られぬだけでなく、施肥後の土壌において窒素飢餓や異常還元による農作物生育障害の起る可能性もある。

(4) 通気性の改善 汚泥はごみに比べて粒子が細かく保有水分も多いので、稲ワラ、モミガラ、樹皮、鋸屑、生活ごみなどの副資材を添加混合して、空隙率を増やし通気性を改善することが必要となる。このような副資材が容易に得られぬ場合は、乾燥粉碎工程を入れるか一部還流方式を採用することになる。

(5) 製品品質の向上 肥効成分的に良質であっても、金属やガラス片、プラスチック類が混入していたり粒径が不揃いだと商品価値は低下するので、最終精製工程での異物除去と再粉碎が必要となる。

(6) 消費者への配慮 コンポストの利用対象は、専業農家からサラリーマンの日曜園芸まで多様である。

前者にはバルク売りでできるだけ単価を安くし、後者には使用手引きが印刷されている袋入りを頒布するなどの、消費者に対する配慮も必要である。

以上、下水汚泥の堆肥化利用を実施し企業化に成功させるための留意点を列挙した。

3. 下水汚泥の種類と特性

下水処理の工程における汚泥の発生部位は、図-1のような個所であり、工程により生物化学的分解の度合いが違うので、良好な発酵状態をつくり出し高品質の製品を得るために、汚泥の性状に適合した副資材を添加する場合もその選定や方法について十分考慮する必要がある。例えば窒素の含有率について言えば、下水汚泥よりもし尿汚泥の方が、また処理工程の進んだ部位の汚泥の方が、それぞれ高いので、炭素分の多い農業廃棄物を粉碎して混合することによって発酵の促進を図ることなどが、その具体的な例である。

(1) 生汚泥 最初沈殿池にて沈降分離した比較的脱

図-1 下水処理系統と汚泥発生部位

水性の良好な土砂などの無機質を多く含み、生物化学的分解を未だ受けていない有機物とからなる腐敗性の強い汚泥。

(2) 余剰汚泥 活性汚泥法の沈殿池で分離され、エアレーションタンクの流入部へ還流される返送汚泥の一部を系外に引抜いた有機質を多量に含む難脱水性汚泥。余剰汚泥はさらに生下水と混合して最初沈殿池へ流入させ生汚泥と共に引抜かれる場合も多い。

(3) 濃縮汚泥 生汚泥と余剰汚泥を混合して、または別々に、濃縮装置によって固体濃度を増して汚泥の縮容積を減らし、消化槽や脱水設備の負荷を軽減する。濃縮装置としては、重力濃縮が最も一般的であるが、その他に浮上濃縮や遠心濃縮も採用されつつある。

(4) 消化汚泥 嫌気性または好気性消化槽において、生物分解作用を受けた後に残る大部分が無機化した汚泥。

(5) 脱水汚泥（脱水ケーキ） 無機凝集剤使用ケーキは、塩化第二鉄などの無機剤には凝集助剤として消石灰を多量に添加するのでpHが上昇する。含水率は比較的低く、固まっているため取扱い性はよい。下水汚泥は主にこの種類に属する。

有機凝集剤使用ケーキは、凝集剤の添加量が少ないのでケーキ固形物量が増える率は低いかわりに、附着水分が多く脱水性が悪くてベタベタしており、取扱い性はあまりよくなくそのままではコンポストにしにくいので、乾燥か副資材の添加が必要である。し尿汚泥は普通この種類に属する。

4. し尿処理汚泥について

現在のし尿処理施設においては、一般家庭の汲取し尿と浄化槽汚泥を主として処理しており、その施設から発生する汚泥の性状は難脱水性でありケーキ含水率は80%以上で粒度も細かく、C/N比は5以下でかなり窒素過剰である。

したがって、し尿汚泥単独の堆肥化は製造上も使用上も困難を伴うので、セルロースなど炭素基質を多く含む副資材を適量添加することが望ましい。

以上のような特性から言えることは、し尿汚泥を主原料とする堆肥発酵装置としては、機械的に強い混合・攪拌・反転能力を有する装置が望ましく、内部で団子状のボールが生成するような構造のものは適当でないということである。

5. 基本的堆肥化プロセス

図-2 汚泥水分調節プロセス

汚泥ケーキは、固形物の粒子が細かく空隙は水分で満たされ、ややもすれば嫌気化しやすい環境にあるので、積極的に通気性を改善する方策を講じる必要がある。そのための水分調整方法としては、次のようないくつかの方法がある。

(1) 汚泥乾燥法 汚泥を発酵装置に供給する前に機械乾燥をおこない水分を除いて粒径をそろえることにより、発酵を促進させる。汚泥の減容効果が著しく焼却炉の余熱や汚泥メタンガスが利用できる場合に適する。

(2) 副資材添加法 比較的粒径の整った含水率が低く炭素源を豊富に含む他の廃棄物を汚泥に混合することにより、水分を吸収し通気性を改善しあわせてC/N比の調整を図るものであり、堆肥性状の改善に極めて効果的な方法である。問題は、副資材として適当な廃棄物が安価に安定して確保できるか否かにかかってくるのだが、その地域に固有の農林業廃棄物などを積

極的に探索すれば何かに見出されるはずである。

(3) 製品返送法 一次発酵品の一部を返送し原料の汚泥ケーキと混合して水分調整をする方法で、一種のシーディングの役割を果たすから発酵の促進にも効果がある。汚泥含水率の急激な変化には対応できぬので、他の方式との併用が望ましい。

さらに堆肥化工程としては、反応の面から次の三段階に分けることができる。

- 前調整 pH, 水分, C/N比の調整, 粒度と通気性の改善
- 一次発酵 水分と臭気の除去, 易分解性物の除去, 病原菌の死滅, 混入種子の不活性化。
- 二次発酵 有機物の安全化, 水分・揮発成分のパーズ, 堆肥としての成熟。

以上の反応工程を経た後において、堆肥がどの程度まで成熟しているかを知る指標が必要となる。

BODは一次発酵において急激な変化を示すが、熟成期に入ると減少率がゆるやかとなり、セルロース・ヘミセルロース・リグニンなどの難分解性有機物のみが残存し、安定化したことを示す。

また温度変化も安定してきて、二次発酵での堆肥の切返し後の一時的温度上昇もほとんど示さなくなる。

この他の指標としては、炭酸ガスやアンモニアガスの発生量も有効であり、みみずの生存試験も実用的である。

図-3 穂高町生活排水処理センター堆肥化併合システム系統図

図-6 芸西村堆肥センター施設配置図

図-7 選択破砕分別装置

図-8 横型パドル式発酵槽

分の不足障害の恐れが生じたため、し尿とごみとハウス野菜の屑を原料として堆肥を造る試みが実現したものである。

その処理工程は、フローシートに示すとおりである。この施設は、堆肥原料処理能力15 t/日、堆肥生産量2.5 t/日で、発酵装置は横型パドル式で約10日間の滞留日数を有し、さらに二次発酵槽を兼ねたストックヤードで約20日間の通気と切返しをおこなう。

堆肥の品質を向上するには、プラスチックなどの非堆肥化物を除去しなければならぬが、ここでは破袋とごみの選択破砕とプラスチックフィルムの除去を一台の機械で同時におこなえる分別装置を設置して、原料ごみの性状改善を図っている。この装置のスクリーンメッシュをさらに細かくしたものが、最終製品精製用として設置されており、整粒化されるとともにプラスチック・金属・ガラス・瓦礫などの異物が取除かれる。

発酵装置は、天井走行装置に横行可能に設けられたパドル式攪拌機のスキャンニング運転により、床上の原料の攪拌と移送を同時におこなえる。パドル散布は、均一に、圧密せず良好な通気を保たせつつ進行するの

で、効率よい発酵が期待できる。

表 2 は、投入原料の組成であり、表 3 は、製品の肥効成分の分析値である。

表 2 芸西村堆肥原料組成

品 名	処理量 t / d	含水率 %
野 菜 く ず	5.00	80
魚 く ず	0.04	75
家 庭 ご み	4.00	50
おがくず・もみ殻・わら	1.56	45
し 尿	2.30	95
合 計	12.90	69

表 3 芸西村堆肥製品組成 (湿基準%)

項 目	堆肥組成	精製堆肥組成	分別残渣組成
	組成	収支	収支
堆 肥	92.2	99.6	88.5
異 物	7.3	0.1	0.1
プラスチック類	0.2	0.1	0.1
金 属 類	0.3	0.2	0.2
ガ ラ ス 類	100.0	100.0	88.9
合 計	100.0	100.0	111.1

コンポスト化フロー

図-9 秋田市コンポストセンターシステム系統図

8. 秋田市コンポストセンター

秋田市では、市内の八橋下水終末処理場から発生する脱水汚泥と、水稻モミガラとを合併堆肥化处理する

ことを計画し、製造試験と施用試験の結果をもとにして、昭和五十七年に汚泥処理能力35トン/日の施設を完成し、現在、地元の農協各支所を通じて需要家に販売している。

表4 「グリーンメイク」成分表・使用方法

“グリーンメイク”は下水汚泥に圧砕モミガラを添加して高温発酵させた粒状の完熟堆肥で豊かな土づくりに貢献できるものです。

◎特性

- ①粒状化されているので取り扱いが便利です。
- ②高温発酵により、病原菌、害虫、雑草種子が

死滅し、衛生的に処理されております。

- ③通水性・通気性・肥料もちが良く、土壌の団粒化が図られるので、土壌改良効果があります。
- ④一般の堆肥と比較して、肥効が早くあらわれ長く効果が持続します。

◎使用方法

- ①堆肥としての施用基準は下記のとおりです。

水	稲	15～25袋	いずれも 10アール当り 20kgf/袋
野	菜	20～50袋	
果	樹	20～30袋	
花	壇	20～50袋	
芝	生	20～30袋	

- ②簡易促成床土、鉢土として使用する場合は下記のとおりです。

- イ. 水稻育苗 グリーンメイク(10)に土(8～10)の割合
 - ロ. 野菜育苗 グリーンメイク(10)に土(10)の割合
 - ハ. 花育苗 グリーンメイク(10)に土(6～8)の割合
- (混合割合は容積比)

○いずれも他の肥料を施用する必要はありませんが、カリが不足している場合は追肥してください。

○三要素の追肥は生育状況を見て行ってください。

成分表

水分	45～50%
pH	6.0～6.5

N	1.0～1.5%
P	1.2～1.7%
K	0.4～0.6%

※成分は乾物当たりで表示

※特殊肥料生産業者の届出済

その処理工程は、フローシートに示すとおりである。堆肥原料処理能力、脱水汚泥35 t/日、モミガラ4.5 トン/日であり、製品産出量19.4トン/日である。発酵装置は円筒立形多段パドル式で12日間の滞留日数を有し、さらに天井走行式グラブバケットクレーンを備えた長方形プール式生成物貯留設備が、約15日間後熟発酵を兼ねた滞留時間を有している。生成物の約30%は、還流物として原料と混合され、再び発酵槽に投入され高速堆肥化に寄与する。

製品は「グリーンメイク」と命名されバラ積みまたは袋詰め形で販売されており、表4は使用説明書である。

9. あとがき

以上、最近の地方都市において事業化に成功している汚泥とごみや農業廃棄物との混合堆肥化の概要とその実施事例について、今回の韓国で発表した英文原稿の内容をそのまま訳出転載したものである。

韓国でもこれらの成功事例に深い関心を抱いており、農業関係者を含めた大規模な視察団を来春にも日本に派遣する計画もあるそうである。意見を求められたので、農業者が主体かまたは主要構成員となっているケース、有機農業の重要性が認識され農業側から原料を汚泥に求めているケースなどが最近の成功例である旨アドバイスしておいた。

日本におけるコンポスト普及状況が、原料、製造、流通、利用などに関する経験の面で、同じような事情をかかえる韓国でも参考にされ、社会および農業システムに取り入れられて行くことを、大いに期待しつつ友人達に別れを告げ釜山を後にした次第である。

参 考 資 料

- 1) 「特集・汚泥のコンポスト化について」環境技術1983年9月
- 2) 「展開期に入った都市ごみコンポスト化」月刊廃棄物1983年2月
- 3) 「下水汚泥コンポスト入門」下水汚泥資源利用協議会1983年
- 4) 「特集・ここまでできたコンポスト化一現状と市場展望一」月刊廃棄物1981年9月
- 5) 石川「汚泥のコンポスト化」造水技術1984年7月
- 6) 倉田「パドル形発酵槽を用いた下水汚泥コンポスト施設一秋田市コンポストセンター」エハラ時報1983年1月
- 7) 石川「下水汚泥コンポストの発酵特性」エハラ時報1983年1月
- 8) 鈴木「農業廃棄物の堆肥化設備」エハラ時報1983年1月
- 9) 高橋「東京都南多摩処理場へ納入の下水汚泥コンポスト化設備」荏原インフィルコ時報1980年
- 10) 臼井「汚泥のコンポスト化について」荏原インフィルコ時報1980年
- 11) 嵯峨「下水消化汚泥のコンポスト化実験」荏原1981年
- 12) 「下水汚泥堆肥化設備一春日井市高蔵寺浄化センター納入一」1983年