途上国におけるコンポストの有効性とコンポスト製造技術

佐賀大学農学部教授　染谷　孝

1.はじめに

途上国の生活廃棄物の5～6割は生ごみだ。それを分別してコンポスト化すれば、処理すべき廃棄物を大幅に減らせる上に、コンポストという良質で安価な有機肥料ができる。生ごみから製造したコンポストは、窒素(N)、リン酸(P)、カリ(K)という植物の三大栄養素をバランス良く含み、しかも植物病害を抑える微生物(拮抗菌)を大量に含む。化学肥料と農薬の代金で経済的に圧迫されている貧しい農家を開放する道にも繋がる。

このようなコンポストのすばらしさをJICAの研修生に教える機会に恵まれて10年以上になる。また、国際協力銀行(当時)の委託事業により、タイ国でコンポスト化の技術移転を行った経緯もある。そのような経験を踏まえて、途上国でのコンポスト事業の発展・定着に資する話題を紹介する。特にコンポストの製造では、施設さえ作れば良質の製品が簡単にできると誤解されがちだが、コンポスト化のプロセスには微生物が関与し、いわばワインや清酒造りと同様の微生物管理技術が必要であり、その製造技術に長けた人材は「コンポスト・マスター」または「堆肥杜氏」とも言うべき専門家である。日本で技術を学び、途上国でコンポスト・マスターとなる技術者・管理者が増えることを期待している。

2.NPO伊万里はちがめプラン

NPO伊万里はちがめプランは、家庭や飲食店の生ごみのコンポスト化を十数年来進めている。はちがめプランのルーツは、伊万里の食飲店組合や旅館組合が中心になって1992年に設立された「伊万里生ごみ資源化研究会」で、「自分たちが商売で出した生ごみが無料とはいえ焼却処分されるのはもったいない、なんとか資源にならないか？」との思いで会合を重ね、初めはベンチスケールの生ごみコンポスト化実験から始め(図1左)、今でいう市民ファンドと銀行の借入金とで約4,000万円の資金を集め、2000年に大型のコンポスト化施設を建設し(図1中、右)、2003年に法人化した。現在、契約している飲食店・旅館・スーパー約70社および協力家庭約250世帯から毎日計約2tの生ごみを集め、約3ヶ月間かけて年間約300tの良質なコンポストを製造している。

実は、はちがめプランの収支は赤字だ。しかし、「エコビジネスとして成立させること自体はたやすいことだ」と福田俊明理事長は断言する。それには、大口の業務用生ごみの収集に営業力を集中すればよい。しかし、はちがめプランの主たる目的は家庭の生ごみの収集と資源化だ。これはビジネスとして採算をとることは難しい。本来なら自治体が行うべき事業であるからだ。

3.NPO伊万里はちがめプランと佐賀大学のコラボによる海外からの研修生受け入れ

はちがめプランの活動は次第に佐賀県内から九州、全国に知られるようになった。その頃、佐賀大学の農学部や経済学部などの複数の教員が関心を持ち、はちがめプランの応援組織(佐賀大学はちがめエココミねっと)が2003年に出来上がり、染谷がその代表世話人に就任した。折から国立大学では「地域貢献」を「教

図1　NPO伊万里はちがめプランのコンポスト化施設
左：発足初期のベンチスケールテストを見守る市民の皆さん
中：2000年に建設されたパドル攪拌式コンポスト化施設(ここで約1ヶ月処理)
右：同ウインドロー(山積み)方式施設(約2ヶ月処理で完熟する)

育」や「研究」と同様に重要視するようになり、文部科学省の助成金の優遇もあり、はちがめプランの敷地に隣接して佐賀大学の現地教室「佐賀大学はちがめサテライト教室」を建設した。ここを拠点として、はちがめプランと佐賀大学の教員が共同して、学生や市民、小中高校生の環境教育を推進した。

さらに2006年に国際協力銀行（当時）の委託事業としてタイ国の2箇所で生ごみコンポストの製造技術に関する技術移転事業を実施し、外国への情報発信の機会が大きく開けることとなった。

これを契機にJICAから北九州国際技術協力協会（KITA）を介して研修生を年３回程度受け入れるようになった。研修生は東南アジア、中近東、東欧、中南米、アフリカ諸国からと多岐にわたるが、毎回10名程度の研修生に対して、丸一日間の濃密な研修を実施している。まず夕方伊万里のホテルに到着した一行は、まず１０分程度の英語版ビデオを見て、はちがめプランと佐賀大学の取り組みを把握し、さらに染谷など佐賀大学の教員による英語（ラテン諸国の場合は通訳を介してスペイン語などで）のレクチャー９０分と質疑応答で、はちがめプランの活動とコンポストの科学を学ぶ。翌朝は、はちがめプランのコンポスト施設を視察し（表紙写真）、その後、福田理事長の講話を受ける。午後は、はちがめプランを支えている地域の市民と対話し（図２）、はちがめのコンポストを使って農産物を生産している現場を訪問し、農家と交流。最後に、生産物を直売している販売所に寄って、農産物を見てあるいは購入して、夕方帰途につく。

この一連の研修プログラムで、JICAの研修生の多くは、帰国したら何をやりたいかとの「アクションプラン」で「生ごみの堆肥化」を熱心に取り上げている。途上国の廃棄物処理行政担当者にとって、生ごみのコンポスト化は、実行可能性の高い環境事業として理解されているのだ。

図2：協力市民との交流

4.コンポスト製造技術

途上国で生ごみのコンポスト化を成功させるには、コンポストの製造に関わる理論と技術、科学をよく理解しないといけない。その要点は以下のようだ。

（1）コンポストの科学

コンポストとは、ワラ・生ごみ・落葉・家畜排せつ物・汚泥等の有機物を積み重ね、頻繁に攪拌して好気的な微生物処理により得られる有機質肥料である。有機物に水分調節材（オガクズや籾殻など乾燥した有機物）を添加して含水率を55～60％に調整して堆積すると、微生物が有機物を好気的に分解する。このとき微生物の代謝により発熱し、その熱がコンポストに蓄積して温度が60～70℃にも上がる（図３）。その後、酸素が消費されると微生物活性が低下し温度が下がる。このとき切り返し（攪拌）を行うことで酸素が供給され、再び微生物活性が高まり、温度も上がる（図３）。この繰り返しにより、コンポストが高温に維持されると、有害因子が消失する。有害因子とは、ヒトや動植物の病原菌・寄生虫、雑草の種子、植物生育阻害物質（低級脂肪酸やフェノール系物質など）だ。病原菌や寄生虫は熱で死滅し、植物生育阻害物質は微生物により分解される。

やがて水分を適切な範囲に調整して切り返しを行っても、もはや温度が上がらなくなる。これは発熱源となる易分解性有機物（糖類、タンパク質、脂肪などの有機物）がほとんど分解されたためだ。これがコンポスト化の終点、完熟コンポストの出来上がりになる（図３）。ここまでに通常１～３ヶ月かかる（原料や堆肥化法によって異なる）。

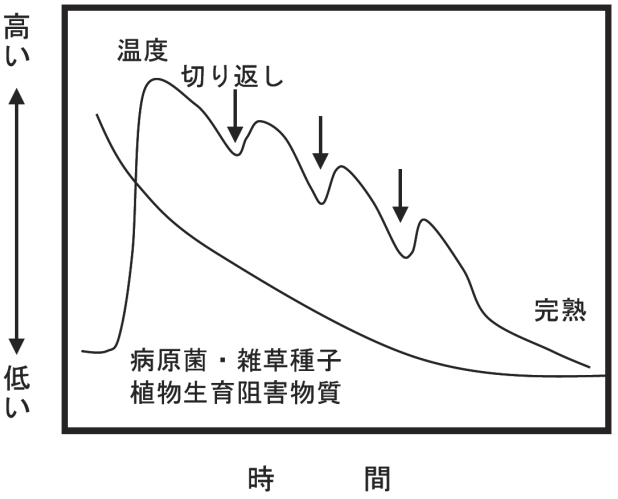

図３　堆肥化過程での温度と有害因子等の変化

切り返しが不十分だと嫌気的な代謝が起こり、低級脂肪酸（揮発性の有機酸）やイオウ化合物が生成して悪臭が発生する。イソ吉草酸（足の裏の悪臭成分）や酪酸（ギンナンの悪臭成分）、硫化水素（腐卵臭）、メチルメルカプタン（腐ったタマネギ臭）などである。特に、タンパク質の分解産物のアンモニウムが蓄積すると、揮

発して目を刺すような刺激と悪臭の元となる。

一方、切り返しを頻繁に行うと好気的分解が進み、これら悪臭成分が分解消失する。アンモニウムは微生物の働きで硝酸に変わり、悪臭は減る。

このコンポスト化の過程で、易分解性有機物に含まれていた窒素、リン酸、カリウムなどの養分は微生物が取り込んで、その菌体に蓄積する。いわばコンポストの微生物は、それ自体が肥料成分を含む小さな有機質肥料のかたまりだ。コンポストが土壌に施用されると微生物の一部が死滅し、菌体が溶解して細胞の内容物が放出され、これが土壌微生物に分解され、その結果、窒素、リン酸、カリウムなどの養分がイオンの形になって遊離してきて、植物が利用できる状態になる。

コンポストの山に酸素を供給するための攪拌方式には様々のものがある。最も簡単な方法はウインドロー（山積み）方式で、人力またはホイールローダーなどの機械力を用いて攪拌する。機械的に攪拌する方法には様々な方法があり、スクープ方式（ベルトコンベア状の装置）、パドル方式、密閉攪拌方式などがある。床からエアーを放出する強制通気方式もウインドロー方式と組み合わせて用いられる。これらは一長一短あるので、コストと処理量などを勘案して選択する。

（2）コンポストの施用効果

コンポストは肥料成分を供給するばかりではなく、さまざまの効果を発揮する。すなわち、土作り効果、保肥性の向上、肥料効果、病害抑制効果、植物生育促進効果などである（表１）。化学肥料の効果が肥料効果だけであることを考えると、実に多様な働きがあることが分かる。病害抑制効果もあるから、化学肥料と農薬（殺菌剤）を合わせた効果を持つといって良い。もちろん、農薬のように劇的に効くわけではないが、それがむしろ好ましい。土壌燻蒸剤を使って土壌中の植物病原菌を退治しようとすると、土壌微生物全体も皆殺しになる。そうなると、植物根圏に住みついて病原菌の侵入を防いでいる拮抗菌（抗生物質を生産して病原菌を抑える微生物）も含めて死滅してしまう。化学肥料には有機物（特に腐植物質）もないから保肥性が低下して、常に肥料成分を補っていないと足りなくなる。化学肥料と農薬のセットは、そのようにして崖っぷちの綱渡りで作物を生産する技術なのだ。

5.おわりに

コンポストは持続的な農業には欠かせない有機質肥料であり、農薬低減にも有効な、古くて新しい農業資材である。最近筆者は、阿蘇などの草原の野草を刈り取って野外で自然熟成させたもの（野草堆肥）には拮抗菌が極めて多数増殖していて、しかも腐植物質が多く含有していることを見出した。土作りと植物病害低減に有効な有機質資材として、農家の強力な味方となると期待される。草原の野草といえば、多くの途上国でも利用可能だろう。特に熱帯の土壌はやせて腐植物質も少なく生産性が低い。生ごみや野草から製造したコンポストは安価で効果は多様だ。生ごみの分別を途上国で進めるには環境教育が不可欠であり、そのための教材とノウハウは日本にはたくさんある。それらをもっと「輸出」すべきだろう。

表1　堆肥の効果

効果	メカニズム
土づくり効果	難分解性有機物による土壌団粒構造の形成促進。 牛ふんコンポストや生ごみコンポストなどの繊維質の多いコンポストが有効（鶏ふんコンポストにこの効果はない）。
保肥性の向上	放線菌などが生産する腐植物質による陽イオン交換容量（CEC）の増大の結果、NH_4^+、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Na^+などの重要な植物栄養成分が雨水とともに流亡するのを防ぎ、肥料持ちの良い土にする。
肥料効果	N, P, K（三大栄養素）と微量養分の供給。 特に生ごみ堆肥は三大栄養素のバランスがよい。
病害抑制効果	１）拮抗菌 放線菌やバチルスなどの拮抗菌がコンポストを介して土壌に導入され定着し、根圏などで抗生物質を生産して病原菌に対する防波堤の役割をはたす。 ２）植物の病害抵抗性の賦活 放線菌やバチルスは植物の病害抵抗性タンパク質の生産を誘導することで、病害抵抗性を高める。 ３）土着菌の活性化 コンポストの多様な栄養分が土壌微生物の多様性を高め、微生物相の均衡により病原菌の蔓延を抑える。
植物生育促進効果	植物成長ホルモンを生産する微生物が堆肥を介して根圏に定着し、発根や生育を促進。