

執筆者



前田 利蔵
IGES北九州アーバン
センター研究員
maeda@iges.or.jp

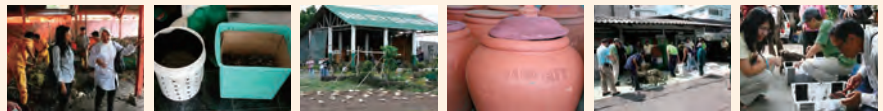
IGES / 北九州イニシアティブ¹ ポリシー・ブリーフ第1号

堆肥化の推進と住民参加によるごみ削減 スラバヤ市の廃棄物管理モデル分析

前田 利蔵

一般に、途上国の多くの都市における最大の環境問題の一つは、不適切な廃棄物管理である。インドネシアのスラバヤ市もそのような深刻なごみ問題を抱える都市の一つであったが、2005年頃からの効果的な対策の実施により、3～4年で廃棄物発生量を20%以上削減するという成果を成し遂げた。具体的には、市内に十数ヶ所の堆肥化施設（コンポスト・センター）を立ち上げ、住民に何千もの家庭用堆肥化容器（コンポスト・バスケット）を配布し、積極的に堆肥化の取り組みを推進した。また、市内のNGO（非政府組織）や民間企業、新聞社との協力の下、地域緑化・美化キャンペーンを展開し、住民や地域団体を積極的にごみ削減活動に巻き込んできた。特筆すべきは、この一連の活動に市が費やしたのは廃棄物管理費全体の1～2%のみという点である。

この事例は、一つの都市が、一般廃棄物の多くを占める有機ごみにターゲットを絞ることで、また住民や地域団体、NGO、民間企業等の協力を取り付けることにより、いかに短期間に大幅のごみ削減を達成できるかを示している。しかもこれは小都市での出来事ではなく、人口300万を抱えるインドネシア第2の都市で実現した事例である。その後、同様の取り組みは他都市にも波及し、それぞれの都市のごみ削減に貢献している。本稿は、この堆肥化推進の環境効果及び経済効果を明らかにすることにより、多くの都市で同様の取り組みが採用され、ごみ問題改善の一助となることを期待する。



インドネシア・スラバヤ市

フィリピン・バゴ市

タイ・バンコク

様々な国の堆肥化施設と家庭用堆肥化容器

途上国の多くの都市において廃棄物管理は頭の痛い問題である。廃棄物管理には、日々のごみ収集運搬から最終処分、施設や機材の調達から維持管理まで、その業務に多くの支出を必要とする。他方、ごみ収集費等の収入は支出を大きく下回るという傾向がある。オープン・ダンピング（廃棄物の野積み）やオープン・バーニング（野焼き）は典型的な環境問題であるが、予算確保に苦しむ多くの都市にとり、衛生的な最終処分場を建設・運営することは困難である。こうした問題への対処方法として、多くの都市では、末端での対応よりも発生源での減量を目指す3R（リデュース、リユース、リサイクル）の考え方を推進している。

こうした動きの中で目覚ましい成果を上げているのが、インドネシアのスラバヤ市である。同市では、一般ごみの半分以上を占める有機ごみに的を絞り、堆肥化の取り

Copyright©2010 Institute for Global Environmental Strategies. All rights reserved.

この出版物の内容は執筆者の見解であり、IGESの見解を述べたものではありません。

Institute for Global
Environmental Strategies
財団法人
地球環境戦略研究機関

¹ 正式名称は「クリーンな環境のための北九州イニシアティブ」。国連アジア太平洋経済社会委員会（ESCAP）主催の都市間協力プログラムの一つ。北九州市、日本環境省、外務省の支援の下、IGESが事務局を務めている。アジア太平洋諸国の都市間の環境管理に関する情報交換や優良事例の取り組みを普及することで、各国の都市環境を改善することが目的。2000年から開始され、2010年に完了。これまで19ヶ国から170都市以上の代表者が関連イベントに参加した。

“一日当りの平均ごみ発生量は、2005年までは1,500トンを超えていたが、2007年には1,300トン、2008年には1,150トンにまで削減された。”

組みを市全体に普及させることにより、ごみ発生量の大幅な削減に成功した。実際、一日当りの平均ごみ発生量は、2005年までは1,500トンを超えていたが、図1に示すように、2007年には1,300トン、2008年には1,150トンにまで削減された。この間にスラバヤ市は見違えるほど美しく、また緑の多い街となり、2006年から3年連続で中央政府からアディプラ賞（クリーンな都市に授与される賞）を受賞している。

特筆すべきは、この輝かしい実績が、小都市ではなく人口300万人というインドネシア第2の大都市で達成されたことである。このごみ削減モデルは特殊な事例ではなく、多くの都市に適用可能なもので、実際、多くの都市で実践されている。以下、スラバヤ市での成功事例について、その経緯や成果等を詳しく検証していく。

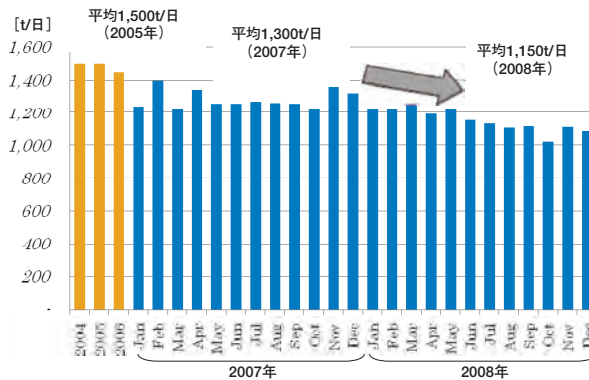


図1. スラバヤ市のベノウォ最終処分場*における廃棄物搬入量
*ベノウォ最終処分場はスラバヤ市にある唯一の最終処分場。
(スラバヤ市開発計画局 (BAPPEKO) データより作成)



スラバヤ市の街並は短期間にきれいに緑化された
(写真提供：PKKスラバヤ (上段)、スラバヤ市美化景観局 (下段))

一つの地域で成功したごみ管理モデルの拡大

スラバヤ市の成功プロセスは、市内の一地区における効率的なごみ管理モデルの立ち上げから始まった。2004年に財団法人北九州国際技術協力協会 (KITA) と地域のNGOであるプスダコタが協力し、その地区を対象としたごみ削減プロジェクトを開始した。これは北九州市とスラバヤ市の都市間環境協力の提携の下、モデル事業として実施されたものである。2002年度に実施した事前調査の結果を踏まえ、スラバヤ市では廃棄物管理が重要な環境問題の一つとなっていることが明らかとなっていた。そこで、ごみの発生源での削減を目指すべく、家庭ごみの半分以上を占める生ごみに着目し、これを効率的に堆肥化する技術を導入することにしたのである。

生ごみの堆肥化自体は、既にプスダコタが伝統的なウィンドロー方式と呼ばれる手法で実践していたものの、堆肥の完成までに3ヶ月程度かかり、悪臭や浸出水も発生し、衛生上問題があった。そのため、これを改良し、衛生的に1~2週間で有機物の多くを分解できる堆肥化手法を開発した。この手法は、KITAから派遣された専門家の名前に因み「高倉方式」と呼ばれている。高倉方式の最大の特徴は、堆肥化に要する期間の短縮である。従来の堆肥化手法が有機ごみを小山に積み上げ自然分解させていたのに対し、高倉方式では、現地の発酵食品や米ぬか、もみ殻等から発酵菌を培養し、細断した有機ごみと混合し、発酵速度を高めることで短期間で堆肥化を実現させた (詳しくは巻末の参考資料参照)。

高倉方式により作業効率が大幅に改善し、プスダコタの小さな施設で同地区のおよそ1,000世帯から回収した生ごみを集中的に堆肥化できるようになった。さらにこの発酵菌を入れた家庭用堆肥化容器を住民に配布し、家庭で発生する生ごみをその場で堆肥化できるようになり、住民がこれを庭や鉢植え等に使うようになった。そしてこの動きが徐々に広がり、多くの家庭で堆肥化容器が使われるようになり、その結果、家庭からのごみ発生量が減少し、通りに緑があふれ、道路や水路へのごみの投棄も減少するというように、住民の環境意識が高まった。また、プスダコタは各家庭から生ごみを分別回収するだけでなく、びん、缶、紙、ペットボトル等のリサイクル可能品も分別回収するようになり、地域のリサイクルセンターとしての機能も果たすようになった。

“高倉方式の最大の特徴は、堆肥化に要する期間の短縮である。”



プスタコタは地域のごみを分別収集（黄色い箱は有機物、青は無機物）



プスタコタは収集した有機性廃棄物から堆肥を生産



住民に配布された堆肥化容器（写真提供：KITA）

“スラバヤ市には既に14ヶ所の堆肥化施設があり、19,000世帯以上が家庭用堆肥化容器を使用している。”

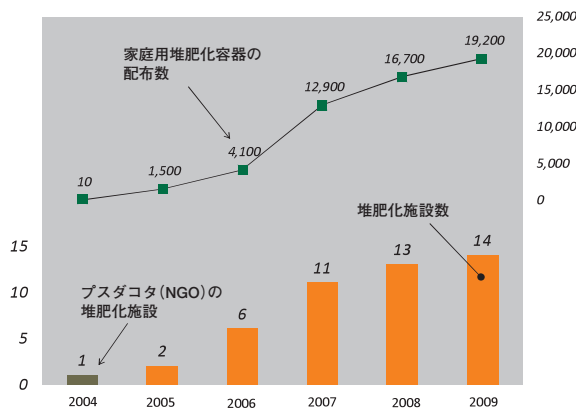
“これらのNGOは、各地区で地域環境リーダーを選出し、彼らを通じて住民に家庭用堆肥化容器を配布し、容器の使用方法や環境・健康への効果を説明している。”

この効果を確認したスラバヤ市政府は、このモデルを市全域に広げていくことにした。まず、既存の堆肥化施設に高倉方式を採用し、その作業効率の向上を確認した後、新たな堆肥化施設を建設した。同時にプスタコタから家庭用堆肥化容器を調達し、希望する市民に無料で配布した。図2に示すように、同市にはプスタコタの所有するものも含め既に14ヶ所の堆肥化施設があり、19,000世帯以上が家庭用堆肥化容器を使用している。

スラバヤ市は、家庭用堆肥化容器の配布を、地域住民と密接な関係にある婦人団体PKK (*Pemberdayaan Dan Kesejahteraan Keluarga*) やその他のNGOに委託している。これらのNGOは、各地区で「カードル」と呼ばれる地域環境リーダーを選出し、彼らを通じて住民に家庭用堆肥化容器を配布し、容器の使用方法や環境・健康への効果を説明している。このように、堆肥化の機能やその効果を理解した住民だけが堆肥化容器を受け取ることができる。さらに、地域環境リーダーは各家庭での堆肥化容器の使用状況をモニタリングし、トラブルの発生にも対処している。このようなきめ細かな対応のおかげで、多くの家庭が途中で投げ出すことなく、堆肥化に継続的に取り組み、家庭用堆肥化容器の使用数は増え続けている。また、市内には約28,000名の地域環境リーダーがおり、8,800の地区 (RT: *Rukun Tetangga*) すべてを網羅している。



PKKは各家庭でのごみ分別や堆肥化、収入源としてのプラスチックごみからのバッグ製作等を支援している。（写真提供：PKKスラバヤ）



家庭用堆肥化容器



堆肥化施設

図2. スラバヤ市の家庭用堆肥化容器配布数と堆肥化施設数の変化

* 2005年と2006年にスラバヤ市は3ヶ所の既設堆肥化施設に高倉式堆肥化手法を導入し、その後10ヵ所の施設を新設した。現在はプスタコタが運営する1ヶ所に加え、市の管理する施設が13ヶ所ある。（プスタコタ、北九州市、スラバヤ市美化景観局のデータより作成）

そして、スラバヤ市は地域ごとのごみ削減を一層促進するため、NGOや民間企業、マスコミの協力を得て、地域緑化・美化（グリーン&クリーン）キャンペーンを始めた。キャンペーンを開始した2005年の参加地区は325であったが、2008年には1,797地区と、市の約2割が参加するまでになった。このキャンペーンには賞金や賞品があり、その選考過程が地元の新聞やテレビ番組で大きく取り上げられ、表彰式が市の創立記念日に合わせてお祭りのように賑やかに開催されることもあり、市民に浸透した人気の高いキャンペーンとなっている。



スラバヤの地域緑化・美化キャンペーンで表彰された地区

“一つの地区で始まった廃棄物管理モデルが、様々な関係者の積極的な参加と相互協力により、市全域に普及・拡大していった。”

このようにして、図3に示すように、一つの地区で始まった廃棄物管理モデルが、様々な関係者の積極的な参加と相互協力により、市全域に普及・拡大していった。中でも、市当局とPKKは、それぞれ政策的・資金的な支援と、関係者間の調整に極めて重要な役割を果たした。

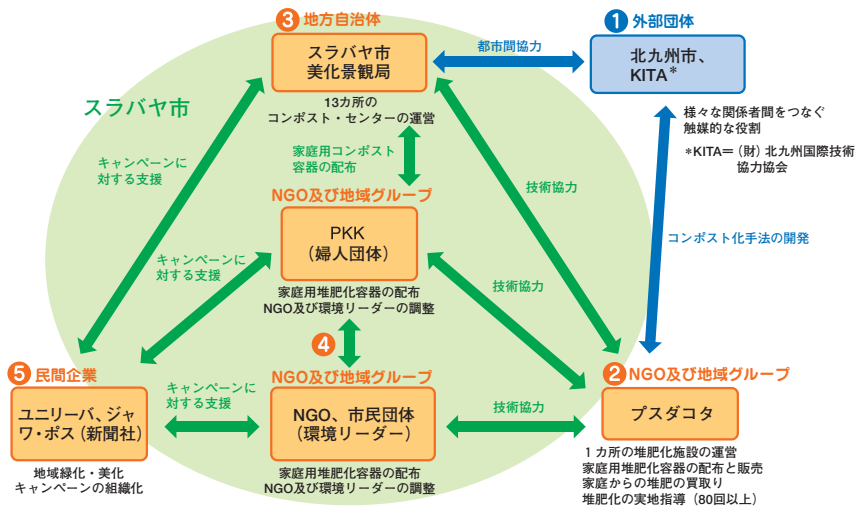


図3. スラバヤ市の主な関係者の相関

堆肥化の経済性とインセンティブ

(1) 各家庭に生ごみ堆肥化の取り組みが浸透した理由

“生ごみ堆肥化により生ごみをその場で衛生的に処理でき、自分で作った堆肥を庭や鉢植えに利用することができる。”

一般の人々が家庭の生ごみ堆肥化に取り組む理由は、大きく分けて三つある。第一に、生ごみをその場で衛生的に処理でき、ハエやゴキブリがいなくなり、台所を清潔に保つことができることである。第二に、堆肥化に取り組む人々の多くは自分で作った堆肥を庭や鉢植えに利用するというように個人の需要があること、そして第三に、生成した堆肥やそれを利用して栽培したハーブや植木等の植物を販売することで、少額ではあるが、副収入が得られることである。例えば、プスダコタは、個人が堆肥化容器を利用して生成した堆肥を1キログラム当り700ルピア（7円）²で買い取っているが、これにより、たとえば毎日1キログラムの生ごみを堆肥化する家庭では、1ヶ月当り4,200ルピア（42円）の収入が得られることになる（注：生ごみ投入量に対する堆肥の生成量は20%程度）。これは決して大きな収入ではないが、中には他の家庭や緑地から有機ごみを回収して生産量を増やしたり、堆肥を利用して菜園を始め、そこで育てた作物を販売することで収入を増やしている住民もいる。

² 本稿では通貨交換率を1日本円=100インドネシア・ルピアとした。

“堆肥化に取り組む家庭は多くても全体世帯数の2割程度”

人々が堆肥化に取り組む主な理由は上記のようなものであるが、すべての人々がこのような取り組みに賛同しているわけではない。堆肥化容器の利用は手軽とはいえ、それでも毎食後、生ごみを細かく切って容器に混ぜ込み、水分調節をし、ハエやゴキブリが卵を産み付けないよう気をつける、といった手間もかかる。たとえば、プスタコタの施設がある地区でも、堆肥化容器を利用している家庭は全体の2割程度であり、残りは週2～3回程度のごみ収集を選択している。したがって、家庭で堆肥化に取り組む可能性があるのは、多くても全体世帯数の2割程度と考えるべきであろう。



家庭で作った堆肥を利用して緑化された通り
(写真提供：KITA)

堆肥を利用してハーブや鉢植え等を育て、収入源としている住民

(2) 堆肥化容器の無料配布の採算性

スラバヤ市はこれまで堆肥化容器を無料で住民に配布してきたが、はたしてこれは他の都市に推奨できる政策であろうか？ 以下、容器の無料配布の採算性について検証する。

市は堆肥化容器をプスタコタから1個約10万ルピア（1,000円）で購入している（注：比較的高価であるのは、容器自体が中国製の高価なもので、コストの半分以上を占めているため）。NGOや地域環境リーダーが行っている普及・啓蒙活動費を含めた配布コストを1個当り10万ルピア（1,000円）と仮定し、市が5年間で19,000個の容器を配布したと仮定すると、その支出総額は38億ルピア（3,800万円）になる。

一方、各家庭でこの容器を使い1日当り1キログラムの生ごみを処理していると仮定すると、19,000個の容器では1日19トンの処理量となり、年間ではおよそ6,900トンとなる。スラバヤ市の廃棄物管理費用はごみ1トン当りおよそ23万ルピア（2,300円）であるため（Box 1参照）、ごみ減量化によるコスト節減は年間16億ルピア（1,600万円＝6,900t×2,300円/t）という計算になる。これに基づけば、容器配布費用は事実上2.5年で回収され、しかもごみ減量化の効果はその後も持続することになる。さらに、ごみ全体の発生量の削減は、実際、堆肥化施設と各家庭の堆肥化能力の合計をはるかに上回っていることから（Box 2と図4を参照）、家庭での堆肥化と生ごみの分別収集の推進は、生ごみ以外のごみの発生抑制にも大きく貢献しているといえる。したがって、堆肥化容器の配布は無料でも採算がとれるだけでなく、ごみ総量の削減にも大きく貢献し、さらに家庭の衛生環境の改善や市民の環境意識の向上にも役立つため、他都市に対しても同様の取り組みを強く推奨することができる。

“堆肥化容器を無料で配布しても採算がとれるため、他都市に対しても同様の取り組みを推奨することができる。”

Box 1：スラバヤ市の廃棄物管理コスト

スラバヤ市は廃棄物管理に年間約1,000億ルピア（10億円）を支出している（図5参照）。これを年間の総廃棄物発生量、たとえば2007年の約475,000トン（＝1,300トン×365日）で割ると、廃棄物1トン当りの廃棄物管理費はおよそ21万ルピア（2,100円）となる。一方、2001年に完成した27ヘクタールのベノウオ最終処分場の建設費は650億ルピア（6億5,000万円）であり、これはおよそ7年で容量が満杯となったため、7年間の総廃棄物発生量で割ると、廃棄物1トン当りの建設費はおよそ2万ルピア（200円）となる（ただし、ここでは日々の覆土がされておらず、これを含めた場合、単価は増加する）。したがって、両者を合計すると、スラバヤ市の廃棄物管理コストは少なくとも1トン当り23万ルピア（2,300円）となる。

（スラバヤ市都市開発計画局（BAPPEKO）データより計算）

Box 2：スラバヤ市の廃棄物発生量削減の内訳

2005年から2007年までの廃棄物発生量の削減幅は一日当たり200トンになる。ではこの内訳はどのようになっているのでしょうか？ 市内14ヶ所の堆肥化施設の総処理能力は1日当たり約40トンである。各家庭での処理能力は、19,000個の容器の利用者と他の種類の容器の利用者を合計した4万世帯が毎日1キログラムを処理していると仮定し、一日当たり40トンになる。ただし、図4に示したように、この二つを合せても1日当たり80トンにしかならない。では残りの120トンの削減量はどこから来たのであろうか？ 考えられるのは、各家庭での堆肥化の推進の結果、生ごみだけでなく、その他の乾きごみの削減も進んだということである。これは、多くの地域でリサイクル可能ごみの収集と換金、それと地域緑化・美化キャンペーンの一環としてプラスチックごみ利用によるバッグや傘等の日用品の製作等が実践されていることから裏付けられる。このように、家庭での堆肥化の取り組みの推進は、ごみの減量化において、実際の生ごみ削減量の2倍以上の削減効果があると推定される。

“家庭での堆肥化の取り組みの推進は、ごみの減量化において、実際の生ごみ削減量の2倍以上の削減効果があると推定される。”



スラバヤ市では高倉式容器（左）以外にも様々なコンポスト容器が利用されている。

プラスチックごみから作られたバッグ（左）とごみバンクに集められたリサイクル可能ごみ（右）

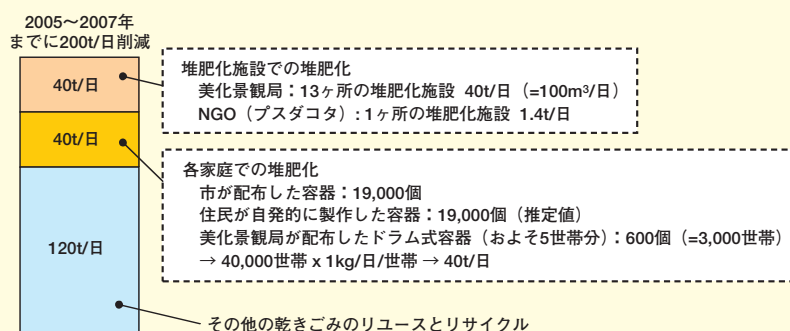


図4. スラバヤ市の廃棄物発生量削減の内訳
(スラバヤ市美化景観局データより作成)

(3) 堆肥化施設運営の経済性

プスダコタやスラバヤ市が運営する堆肥化施設は、経済的に成り立っているのだろうか？ これを確認するため、それぞれの収支バランスを検証していく。

プスダコタは近隣のおよそ1,000世帯から1日当たり約1.4トンの生ごみを回収しており、1ヵ月当たり約40トンの生ごみから約10トンの堆肥を生産している。生産した堆肥の多くは家庭用堆肥化容器の種菌として市に販売し、残りは農家、民間業者、学校、地域住民等に販売している。1キロ当りの売値は1,000ルピア（10円）であり、1ヶ月当りの売上はおよそ1,000万ルピア（10万円）になる。一方、1ヶ月当りの支出は人件費、燃料費、光熱費、管理費等でおおよそ700万ルピア（7万円）である。したがって、1ヶ月当たり約300万ルピア（3万円）の利益がある。このように、販売先さえ確保できれば、堆肥化施設の運営は経済的に成り立つ。

“販売先さえ確保できれば、堆肥化施設の運営は経済的に成り立つ。しかしながら、販売先の確保は容易ではなく、その需要には季節変動がある。”

しかしながら、販売先の確保は容易ではなく、しかもその需要には季節変動がある。実際、プスダコタでは買い手のつかない堆肥を大量に在庫として抱えており、これが作業スペースを圧迫し、生産能力低下の一因となっている。また、NGOや市民団体にとり、堆肥化施設を立ち上げるための資金確保も大きな課題の一つである。プスダコタが長年にわたって効果的な活動をしていることは、スラバヤ市はもちろんインドネシア国内でも広く知られているが、未だにスラバヤ市には住民主導の堆肥化施設は一箇所しかない。

“住民主体の堆肥化施設を開設し、その運営を維持していくには、自治体からの資金面での支援と販売先確保の支援が欠かせない。”

したがって、住民主体の堆肥化施設を開設し、その運営を維持していくには、自治体からの資金面での支援と販売先確保の支援が欠かせない。実際、廃棄物発生量の削減効果とそれに伴う廃棄物管理費の節減を考慮すれば、自治体には資金的支援を行う財源と理由が十分にある。たとえば、プスタコタの堆肥化施設は毎月40トンの廃棄物発生量の削減に貢献しているが、これは毎月920万ルピア（92,000円＝40t×2,300円/t）、年間では1億ルピア（100万円）もの廃棄物管理費の節減を意味する。自治体はこれらの経費節減分を、NGOや住民団体による堆肥化施設の立ち上げや支援に充てることができる計算になる。



地域の家庭ごみを対象としたプスタコタの堆肥化施設（写真提供：KITA）



青果市場や公園・街路からの有機ごみを対象としたスラバヤ市の運営する堆肥化施設

一方、スラバヤ市が運営する13ヶ所の堆肥化施設では、青果市場のごみや公園・街路からの有機ごみを1ヶ月当りおよそ1,200トン処理し、それから約300トンの堆肥を生産している。これらの施設の運営費は1ヶ月当り約4,000万ルピア（40万円）で、主に燃料費と光熱費が占めている（施設を運営している市職員の人件費は含まない）。できた堆肥は公園や街路樹の維持管理に使用され、化学肥料や土壌改良剤の購入費を節減している。廃棄物発生量削減による廃棄物管理費の節減効果は、単純計算で1ヶ月当り2億7,000万ルピア（270万円＝1,200t×2,300円/t）にもなる。この節減分は、堆肥化施設の新設や、廃棄物管理用機材・設備・施設の改修費や新規調達費に使われている。

“堆肥化施設の運営は経済的に成り立つのみならず、廃棄物発生量の削減にも大きく貢献している。”

以上のように、堆肥化施設の運営は経済的に成り立つのみならず、廃棄物発生量の削減にも大きく貢献している。したがって、堆肥化施設への投資は十分それに見合うものであり、自治体には自前の施設の建設や、NGOや市民団体による同様の施設の建設・運営への支援を行う十分な理由があるといえる。

(4) 廃棄物発生量の削減にスラバヤ市が要した費用

“他の都市においても廃棄物管理費全体のわずか1～2%の投資でスラバヤ市同様の成果を得られる可能性がある。”

スラバヤ市は廃棄物発生量の大幅削減の達成に、どの程度の予算を投じたのだろうか？ 答えは廃棄物管理費全体のわずか1～2%である。図5に示すように、堆肥化と分別収集の推進に充てた予算、すなわち13ヶ所の堆肥化施設の建設・運営費、堆肥化容器の購入・配布費、PKK、NGO及び地域環境リーダーの活動支援費、地域緑化・美化キャンペーンの推進費等、一連の費用は毎年15～20億ルピア（1,500～2,000万円）程度であり、総経費約1,000億ルピア（10億円）の1～2%に過ぎない。これは、他の都市においても同程度の投資で同様の成果が得られる可能性を示唆している。

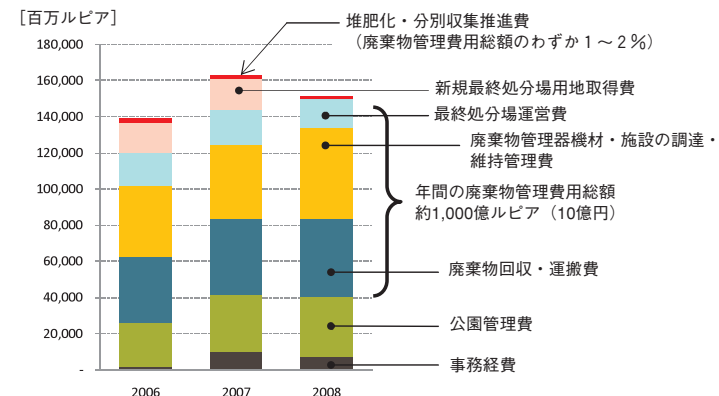


図5. スラバヤ市美化景観局の年間支出額 (2006～2008年)
(スラバヤ市都市開発計画部 (BAPPEKO) データより作成)

(5) 温室効果ガスの削減効果

スラバヤ市の生ごみ堆肥化の取り組みは、温室効果ガス排出量の削減にどのくらい効果があるのでしょうか？ また、それは金額的にどのくらいの価値があり、将来的にはどのような展望が期待できるのでしょうか？

仮にスラバヤ市で1日当り計80トンの有機ごみが堆肥化され、それが家庭生ごみ60トンと公園や街路の有機ごみ20トンで構成され、その傾向が2007年から2012年まで続くとする、クリーン開発メカニズム（CDM）の計算式によれば、図6に示すように、最終処分場での二酸化炭素排出削減量は2007年で約4,000トン、2008年で約7,000トン、そして2012年では約12,000トンとなる。ここで排出量の市場価格が1トン当り500円と仮定すると、スラバヤ市は2007年に200万円、2008年に350万円、そして2012年に600万円の収入を得ることになり、仮に1トン当りの単価が倍の1,000円とすれば、収入もその倍になる。ただし、これはCDMプロジェクトとして登録されていればの話で、実際にスラバヤ市のモデルを登録しようとするれば、そのための新たな方法論を確立し、有効性審査を受け、CDMに登録し、毎年検証及び認証手続きを行う必要があり、そのためのコストと手間がかかることになる。その実現性については、類似の堆肥化プロジェクト、特に堆肥化施設のみを対象としたケースがいくつか既にCDM登録されているため、可能性がないわけではない。確かに一連の費用と手間は相当なものになるが、日本を含む排出量の購入が必要な国々にとって、排出権の多寡のみならず、その環境的・社会的効果、また同様の取り組みの他都市への波及効果を考慮すると、その可能性を追求する価値があるといえる。

“スラバヤ市における廃棄物管理モデルのCDMプロジェクト登録について、その環境的・社会的効果や他都市への波及効果は大きいため、その可能性を追求する価値がある。”

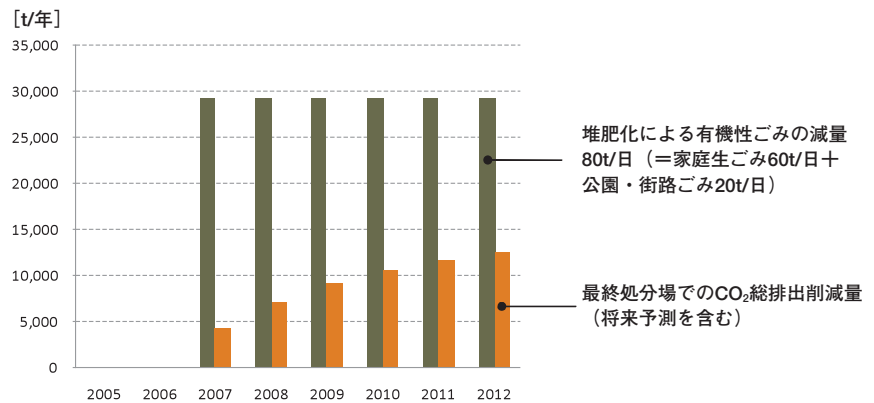


図6. スラバヤ市における有機ごみ発生抑制とそれによる温室効果ガスの発生抑制（気候変動に関する国連枠組条約（UNFCCC）のCDM運営委員会「最終処分場における廃棄物処理において防止されるメタン排出量の算定手法」（第4版）の第1次分解モデルに基づき作成）

他の都市への展開

堆肥化を中心としたスラバヤ市の廃棄物管理モデルは、インドネシアの他の都市や、その他の国の多くの都市に、様々な手段を通じて広まっている。まず、プスタコタをはじめとするスラバヤ市内のNGOが、技術協力や研修を通じ、市内外の他のNGOや市民団体に堆肥化の取り組みを広めている。北九州市も都市間環境協力事業の一環として、スマラン市とメダン市、そしてタイ・バンコクでこの手法の普及活動を行ってきた。2008年度からは、IGESが北九州市とKITAと協力し、国際協力機構（JICA）インドネシア事務所やインドネシア政府の関係省庁の支援の下、マカッサル市、パレンバン市、中央ジャカルタ市、バリクパパン市、タラカン市の5都市とそれぞれ提携し、同様の取り組みの実践を支援するプロジェクトを実施している。

また、IGESと北九州市は「クリーンな環境のための北九州イニシアティブ」の活動の一環として、2008年からフィリピン・バゴ市やタイ・バンコクでも同様のプロジェクトの実施を支援し、両市の廃棄物発生量の削減に大きく貢献している。そして、両市のモデル事業の紹介を中心としたワークショップの開催を通じ、同様の取り組みがフィリピンのセブ市、タリサイ市、プエルト・プリンセサ市、タイ・サンカンペン市、マレーシア・シブ市、ネパール・ラリプル市等にも拡大している。

“スラバヤ市の廃棄物管理モデル、とりわけその堆肥化の取り組みは、多くの都市に普及している。”

このように、スラバヤ市の廃棄物管理モデル、とりわけその堆肥化の取り組みは、図7に示すように、多くの都市に普及している。その主な理由として、一般の堆肥化手法と比較して短期間で処理できること、家庭や堆肥化施設で簡単に実践できること、そして地域で手に入る材料だけで実施でき安価なことが挙げられる。



- 凡例
- NGOの活動で堆肥化の取り組みが普及した都市
 - 北九州市、KITAとIGESの活動で堆肥化の取り組みが普及した都市
 - 両方のケース

図7. スラバヤ方式の廃棄物管理モデル及び堆肥化手法が普及している都市
(プスダコタ、KITA、北九州市、IGESの資料より作成)

“短期間で大幅なごみ発生量の削減を達成するためには、包括的な3Rの実施よりもまずは有機ごみの削減に取り組むことが必要である。”

さらなる普及に向けた提言

スラバヤ市の廃棄物管理モデルは、主に堆肥化の取り組みを推進し、様々な関係者を積極的に巻き込むことにより、短期間で大幅な廃棄物発生量の削減を達成した。ここで注目したいのは、市当局がまずは有機ごみの削減に取り組み、それをきっかけに徐々に発生源での包括的な3Rの取り組みに発展していったという点である。本稿で示したように、堆肥化の取り組みは経済的にも成り立つ。したがって、他の都市においても、以下の5つの手順を参考に、同様の戦略の採用を推奨する。

ステップ1 ごみ削減目標の設定と実施体制づくり

まず各都市は、市長の指導の下、廃棄物発生量の削減目標を設定する。そして、廃棄物管理担当部局等の責任部局を定め、公園管理、環境保全、都市計画等を所管する他部局と調整しつつ、その実現に向けた実施計画を策定する。

ステップ2 青果市場の有機ごみを対象とした堆肥化施設の運営

ごみ削減の第一歩として、青果市場の有機ごみを対象とした堆肥化施設の設置から始めるのが効果的である。これは、青果市場から発生する有機ごみは新鮮で、異物の混入が少なく、堆肥化の原料として適していること、また、通常、公共市場は市が管轄しているため、市が単独で事業を進めやすいためである。一般に青果市場のごみは最終処分場まで運搬されるため、これを発生源近くで堆肥化すれば、その運搬費用の節減にもなる。堆肥化施設の立ち上げに必要なのは、用地と建物、ごみを細断するためのシュレッダー、そしてスタッフに対する技術指導のみである。最初は1日1トン程度の小規模な処理から始め、できた堆肥を公園等で使用し、その効果を確認してから徐々に規模を拡大していけばよい。そして作業が軌道に乗ってくれば、公園や街路からの有機ごみや、家庭からの生ごみも取り扱うというように対象を広げることできる。

ステップ3 地域パートナーの特定と堆肥化容器の配布

家庭での堆肥化の取り組みを推進していく上で、最初は協力的な地域で試験的に始めるのが有効な手段である。既述したように、堆肥化に取り組む世帯数は多くても全体の2割程度であり、それも定期的にモニタリングし、トラブルを未然に防ぐような体制ができていないと維持できない。したがって、結束力があり、かつ信頼できるリーダーがいる地域、またはパートナーとなるNGO、学校、モスク・教会等を選定することが成功への第一歩である。このようなパートナーと協力してモデル地区を作ることができれば、それを核に、堆肥化の環境効果や経済効果を示し、他の地区や団体に広げていくことができる。スラバヤ市ではこの横への展開において、PKKやプスダコタ等のNGOの果たした役割が大きかった。インドネシアにはPKKのような婦人組織がどの都市にもあるため、このような組織の活用が有効な手段といえる。また、各家庭への堆肥化容器の配布費用は、スラバヤ市の実例が示すように、そのごみ削減効果と経済効果を考慮すると、市当局が全額負担するだけの価値がある。

“最初は協力的な地域で試験的に始めるのが有効な手段である。”

“まず市当局が堆肥化施設を設立・運営し…徐々に地域団体に移管するというアプローチもあり得る。”

“NGOや市民団体には、本稿を活用し…堆肥化施設の設置と堆肥化容器の無償配布を各都市の市長や担当部署に要請することを期待したい。”

“高倉方式のもっとも顕著な特徴は、1～2週間で多くの有機物を分解できるというそのスピードである。”

ステップ4 地域に根差した堆肥化施設の設置

住民管理による地域に根差した堆肥化施設を設置することも、その地域のごみ削減を推進する上で有効な手段である。たとえば既存の地域リサイクル品回収センターや公共施設等にシュレッダーを提供し、堆肥化の技術指導をすれば、地域の有機ごみ発生量を大幅に削減することができる。さらにできた堆肥を市が買い取る制度や農地での利用を促進すれば、その地域の貴重な収入源となり、施設運営費を賄い、投資費用も回収できるようになる。一般に家庭ごみの半分は有機ごみであり、これを効率良く資源化できれば、ごみ削減効果は非常に大きい。プスタコタのモデルのように、家庭用堆肥化容器の配布と堆肥化施設の併用は効果的なアプローチといえる。これとは別に、スラバヤ市が実施しているように、まず市当局が堆肥化施設を設立・運営し、徐々に家庭ごみを受け入れ、施設の運営も徐々に地域団体に移管するというアプローチもあり得る。

ステップ5 地域緑化・美化キャンペーンの実施

スラバヤ市のように地域緑化・美化キャンペーンを開催し、地区ごとの取り組みを競合させることも、積極的な住民参加を促進する上で有効な手段である。さらにこうしたキャンペーンを民間企業や新聞社等と共催することで、資金面や報道面を充実し、より多くの地区の参加を促すことができる。

NGOや市民団体、中央政府及び支援機関に対する提言

NGOや市民団体には、本稿を活用し、堆肥化の取り組み促進によるごみ削減とその経済・環境効果を理解し、堆肥化施設の設置と堆肥化容器の無償配布を各都市の市長や担当部署に要求していくことを期待したい。

中央政府の廃棄物管理や農業に関わる省庁には、ごみ減量のインセンティブの付与や資金助成により自治体の堆肥化施設の建設・運営を支援し、有機堆肥の農地での利用促進を期待したい。

また、外部の支援機関には、スラバヤ市のような成功事例の他都市への普及・拡大を支援することが望まれる。具体的には、都市間の連携や情報交換の仲介、堆肥化事業のCDM登録の支援やスラバヤ市のモデルに関するCDM方法論の確立等が考えられる。このような支援が実現すれば、スラバヤ市のモデルはさらに普及・拡大し、多くの途上国都市のごみ問題の改善に大きく貢献すると考えられる。

参考資料：スラバヤ市で実践されている堆肥化手法

ウィンドロー方式は多くの国で実践されている伝統的な堆肥化手法の一つで、有機ごみを細断したり土と混ぜたりしながら1メートル程度の小山に積み上げ、数ヶ月かけて自然発酵させる方法である。それに対し、スラバヤ市で開発され、その後、多くの都市で実践されている「高倉方式」は、地域の食材である醤油やヨーグルト、納豆のような発酵食品（インドネシアではテンペやタペ）、果物や野菜の皮、米ぬかやもみ殻、腐葉土等を混ぜ合わせたものから発酵菌を培養し、それを種菌として有機ごみと混ぜ合わせることで発酵を促進している。

高倉方式のもっとも顕著な特徴は、一般的な堆肥化手法が数ヶ月要するのに対し、1～2週間で多くの有機物を分解できるというそのスピードである。収集した有機ごみは、選定された数多くの発酵菌を含む種菌と混合し、より密な混合と発酵を促進するため細断される。細断した混合物は、図8に示すように、小山に積み上げ、一日に一回、人力により通気のため混合する。小山内部の温度は、最初の数日間、集中的な有機物の発酵により70～80度に達し、これにより病原菌や雑草の種も死滅する。一般に、より多くの種菌を投入すれば、発酵に要する期間は短くなる。たとえば、スラバヤ市のような熱帯気候下で種菌と細断した有機ごみを1対1の割合で混合すれば、集中的な発酵は1週間程度で完了し、小山内部の温度は40度程度まで低下する。



図8. 高倉式堆肥化手法の作業手順 (技術監修: ジェイバック株式会社 高倉弘二氏)

“100m²のスペースがあれば1日
当りおよそ1トンの有機ごみを、
同様に、200m²では1日3トン、
300m²では5トン程度を処理でき
ることが分かっている。”

通常、市街地に堆肥化施設を設置するときの障害の第一は、適当な場所及び用地の確保である。しかしながら、高倉方式の採用により、その高い生産性のため、堆肥化の取り組みは省スペースでも実施可能となる。スラバヤ市政府はこの特徴を生かし、市内の野菜市場の隣や公園、市庁舎内の敷地等の狭いスペースに計13ヶ所の中小規模の堆肥化施設を設置した。これらの事例から、100m²のスペースがあれば1日当りおよそ1トンの有機ごみを、同様に、200m²では1日3トン、300m²では5トン程度を処理できることが分かっている。

もう一つの特徴はその経済性である。作業は労働集約的で、機材の投入はシュレッダーだけであるため、運転経費は小さくて済む。種菌は地域の食品や材料から培養されており、特別な輸入品や資材の購入を必要としない。さらに、堆肥生産が軌道に乗れば、生成した堆肥を種菌として利用できるため、種菌培養のための米ぬかやもみ殻の購入も初回だけで済む。

衛生的な作業環境を確保できることも高倉方式の特徴の一つである。材料には通常の食品や自然のものしか使用していないため安全で、浸出水や腐敗臭もなく、高温発酵により病原菌も取り除かれる。

“中熟堆肥を土壌表面に撒くと、
堆肥中の微生物（発酵菌）が…土
壌を団粒化し、浸透性及び保水性
を高める…中熟堆肥には土壌改良
効果があり、特にやせた土地の改
良に威力を発揮する。”

堆肥の品質も、スラバヤ市での公園や緑地、農地等における長年にわたる使用実績が示すように信頼できる。ただし、ここで注意を要するのは、この堆肥が完全に発酵を完了（完熟）しておらず、有機分をまだ残している状態（中熟）という点である。したがって、この中熟堆肥を土壌表面に撒くと、堆肥中の微生物（発酵菌）が空気中の酸素を取り込み、残された有機分を分解する。またこれらの微生物がこれらの有機分を栄養源として土壌中に進出し、土壌を団粒化し、浸透性及び保水性を高める。このように、中熟堆肥には土壌改良効果があり、特にやせた土地の改良に威力を発揮する。中熟堆肥を使用する場合、種を蒔いたり苗を植えたりする2週間以上前に土壌に散布し、微生物が残った有機分を分解し、土になじむ期間を設けるほうがよい。また、既存の植栽に施肥する場合には、ある程度の距離を離すほうがよい。

堆肥の熟成は堆肥化施設において完了させることもできるが、これには何ヶ月もかかり、一日に何十〜何百トンもの有機ごみが発生し、用地制約のある市街地の施設には適さない。そこで高倉方式では、堆肥の熟成は広い農地で行い、狭い市内の堆肥化施設では易分解性の有機分の分解を集中的に行い、有機ごみを減量化・無害化し、施設の回転率を上げることを提案している。

集約的な堆肥化施設だけでなく、個別の家庭での堆肥化に適用できることも、高倉方式の特徴の一つで、これを可能にしているのが発酵菌の利用である。家庭では通気性の良い容器に種菌を入れ、細かく刻んだ生ごみをこれに混ぜる。これに対し、堆肥化施設ではこれを大がかりに実施するだけである。スラバヤ市ではこの両者を活用し、家庭からの生ごみ及び青果市場や公園、緑地等からの有機ごみの大幅な削減に成功した。

参考:「堆肥のつくり方・使い方、原理から実際まで」藤原俊六郎、2003年3月
社団法人 農村漁村文化協会

参考文献

Cleansing and Landscaping Department, Surabaya 2008. *Experiences in solid waste management in Surabaya City*, a presentation by the Cleansing and Landscaping Department, Surabaya in the Kitakyushu Initiative Workshop on Community-based Solid Waste Management and Supporting National Policies in Surabaya on 27 August 2008.

IGES北九州事務所（2009年）北九州（KitaQ）方式生ごみコンポスト化の推進によるごみ減量化事業インフォメーションキット、2009年2月

（財）北九州国際技術協力協会（2007年）平成18年度インドネシア国スラバヤ市における分別収集・堆肥化による廃棄物減量化・リサイクル促進事業、報告書、2007年3月

PKK Surabaya 2008. *Management of Environment Cadre*, a presentation by the Cleansing and Landscaping Department, Surabaya in the Kitakyushu Initiative Workshop on Community-based Solid Waste Management and Supporting National Policies in Surabaya on 27 August 2008.

Uli Peduli 2008. *Program Lingkungan (Green & Clean Programme)*, Uli Peduli, Unilever Surabaya, a presentation by Uli Peduli in the Kitakyushu Initiative Workshop on Community-based Solid Waste Management and Supporting National Policies in Surabaya on 27 August 2008.

謝辞

本稿執筆にあたり、データ収集の面で協力いただいたスラバヤ市美化景観局 (DKP) と都市開発計画局 (BAPPEKO)、PKKスラバヤ、プスダコタ、ウリ・ペドゥリ、北九州市及び財団法人北九州国際技術協力協会 (KITA)、またスラバヤ市及びインドネシア諸都市の現地調査にご協力いただいたプラプティ・ワヒュニングシ氏に対し、深い謝意を表したい。また、貴重なコメントをいただいたIGES政策ガバナンスチーム・マネージャーのマーク・エルダー氏と廃棄物資源プロジェクト・マネージャーのマグナス・ベングソン氏、それと全体の編集を担当してくれたクリスティーン・ピアソン氏に併せて心から感謝の意を表したい。

■ ■ ■