



POLICY BRIEF

October 2012

Number 24

気候変動に配慮した廃棄物管理に向けて： 統合型都市廃棄物管理の可能性

主なメッセージ

- ☺ 発展途上国における廃棄物処理から排出される温室効果ガス (GHG) は、地球規模の気候変動に大きく影響を及ぼす。
- ☺ 統合型都市廃棄物管理への移行は、これらの温室効果ガスの排出を緩和するための実践的な解決策であると同時に、地方レベルでの社会的・経済的便益やその他環境便益をもたらす。
- ☺ 資源やエネルギーを廃棄物から回収することにより、統合型システムは、新しい資源やエネルギーを従来型のプロセスによって生産し、生じる温室効果ガスの排出の削減を可能にする。
- ☺ 地方自治体は、統合型廃棄物管理システムを支える適切な政策や規制を策定・実施するにあたって重要な役割を果たす。



ニルマラ・メニプ
IGES持続可能な消費と生産
グループ
研究員
menikpura@iges.or.jp



ジャンヤ・サン・ア
IGES持続可能な消費と生産
グループ
研究員
sang-arun@iges.or.jp



マグナス・ベン
IGES持続可能な消費と生産
グループ
ディレクター
bengtsson@iges.or.jp



十時 義明
IGES持続可能な消費と生産
グループ
研究員
totoki@iges.or.jp

1 発展途上のアジア諸国における都市廃棄物管理の現状

発展途上国における従来型の都市廃棄物(Municipal Solid Waste: MSW)管理から排出される温室効果ガス(GHG)は、地球規模の気候変動に大きな影響を及ぼしている。統合型廃棄物管理方法への移行は、GHG排出緩和のための実践的な解決策であり、また社会経済的便益やその他環境便益をもたらすものである。しかしながら、地方自治体レベルでは、GHG排出や地球規模の気候変動への影響をはじめ、既存の廃棄

物管理方法によって生じる環境影響の重大性についての知識が限られている。様々な廃棄物管理方法からのGHG排出について定量的に評価することは、気候変動に配慮した廃棄物管理技術の選択に役立つだろう。本ポリシー・ブリーフは、そのような定量的評価方法を提供すると同時に、なぜ発展途上国の地方自治体がより適切な廃棄物管理方法へ移行すべきかについて議論する。

2 既存の廃棄物管理方法のGHG排出への影響とは何か？

廃棄物管理からのGHG排出は、グローバルな気候変動に多大な影響を及ぼしている。オープン・ダンピングと埋め立てから排出されるメタン(CH₄)は、人為的なメタン排出源として三番目に大きく(IPCC, 2007)、廃棄物部門からのメタン排出量は、人為的なメタン排出量の18%を占めている(Scheutz et al., 2009)。メタンの温室効果や地球温暖化係数は、二酸化炭素(CO₂)の25倍とされている。

埋め立ては、発展途上国で最も一般的な廃棄物処理方法である。埋め立てからの直接的なGHG排出は、数値は廃棄物の構成内容によって異なるが、都市廃棄物1トン当たり1,000kgCO₂-eqにまでのぼる(Manfredi et al., 2009)。

現在、アジアの途上国において、廃棄物埋立量の削減と同時に発電が可能な方法として、廃棄物の焼却に注目が高まっている。焼却は、メタン排出をほぼ完全に回避することができ、発電等のエネルギー利用も可能となる一方、プラスチックや合成繊維の焼却及び廃棄物焼却時の石炭や軽油などの化石燃料の使用による大量なCO₂排出の懸念もある。

生物的処理は、GHG排出の観点から最も望ましいアプローチの一つと言える。しかしながら、コンポスト化や機械的・生物的処理(MBT)では、主に不適切な管理や準嫌気性あるいは嫌気性条件における処理に伴い、少量のメタン及び亜酸化窒素(N₂O)が発生する可能性がある(Forster et al., 2007)。個々の処理方法から発生するGHG排出量は、廃棄物の構成内容、技術の種類、管理方法及び廃棄物からの資源回収の効率性に大きく依存する。

しかしながら、適切な技術の適用により、廃棄物から相当な量の資源やエネルギーを回収し、埋め立て処理する廃棄物量を削減することは可能である。廃棄物から回収された資源やエネルギーは、従来のプロセスで生産される同量の新しい資源やエネルギーを代替することができる。そのため従来の生産方法から発生するGHGや有機廃棄物の埋め立て量を削減することができる。適切な廃棄物への対応・処理のための十分な政策対応が見られない中、廃棄物の増加によりGHG排出は増大すると考えられているが、こういった問題を解決するために統合型管理のコンセプトを基にした持続可能な廃棄物管理のための適切な政策や法令の整備が必要とされる。

3 統合型都市廃棄物管理(IMSWM)とは何か？

統合型都市廃棄物管理(IMSWM)システムは、廃棄物の流れを管理しつつ廃棄物から有益な資源やエネルギーを回収するために必要な技術を包含するシステムである(Kathiravale and Yunus, 2008; Koroneos and Nanaki, 2012)。統合型都市廃棄物管理システムは、適応する自治体の廃棄物の特徴や社会経済的条件に合致した技術を選択するための綿密な計画に基づいて設計されるべきである。そのため統合型都市廃棄物管理システムの基本的構造は、地域によって異なる。

統合型都市廃棄物管理は、新しい概念ではなく、先進国において、健康及び地域環境を最も効率よく保護する廃棄物管理方法として導入されている。当初、統合型都市廃棄物管理を推進させた主要な原動力は、気候変動ではなかった。しかし現在では、統合型都市廃棄物管理の推進は健康及び地域環境上の便益を享受するためだけでなく、気候変動緩和のための重要な選択肢として考えられている。

GHG排出量の大量削減及びその他社会的・経済的・環境便益を実現するためには、いかなる統合型都市廃棄物管理システムにおいても、以下に述べる条件を満たす必要がある。

- 発生源での有機性廃棄物と再生可能な資源の分別に対する住民の自発的な貢献
- 発生源で分別された廃棄物と分別されていない廃棄物（混合都市廃棄物）を混合しない効率的な回収・運搬システム
- 都市廃棄物の構成内容、発生量及び廃棄物の特徴（保有水分量、発熱量など）に基づいて設計された異なる種

類の廃棄物を処理するための適切な技術

- 残留廃棄物を処理する適切に設計された処理サービス

上記の条件を満たす統合型都市廃棄物管理システムは、大きなGHG排出削減能力を持ち、より良い公共サービスの提供や利害関係者に対して所得の向上を生み出す。また、相当数の雇用を作り出し、多くの資源を保全するなど環境保全に貢献することができる。そのため、発展途上のアジア諸国が、現在の埋め立て方法から統合型システムへ移行することにより、既存の廃棄物管理に係わる主要な課題を解決することが可能となる。

4 都市廃棄物管理システムはライフ・サイクル・アセスメント(LCA)の観点からGHG排出緩和にどのように貢献しているのか？

ライフ・サイクル・アセスメント(LCA)とは、運搬、操業（前処理、処理）及び廃棄などのライフサイクルのすべての段階を考慮したGHG排出量の定量化のための方法論的アプローチである。LCAは、特定の廃棄物管理システムに関する直接的・間接的影響を考慮に入れながら、懸念事項やGHG排出量の効果的削減に向けた政策の可能性を特定できる。LCAの基本概念をボックス1に示す。統合型都市廃棄物管理システムで、すべての廃棄物処理方法が、廃棄物の運搬、操業及び処理において相当量のGHGを直接排出する(図1参照)。運搬や操業から発生するGHGは、通常、廃棄物処理ほどは多くなく、廃棄物管理プロセスチェーンでは、廃棄物処理が主要なGHG排出の「ホットスポット」となる。

有機性廃棄物の分解からのメタンの発生を防ぐことができる。さらに、適切な処理方法を適用することによって、相当量の資源やエネルギーを廃棄物から回収することができる。これら回収資源は、バージン資源を原料とした資源やエネルギーの代替となり、生産プロセスに伴うGHG排出を回避することが可能となる(図1参照)。結果として、適切な統合型システムを導入することにより、埋め立ての回避及び資源回収によるGHG排出緩和が実現される。

技術改善によるGHG排出量が、資源・エネルギーの回収及び有機性廃棄物の埋め立て回避のGHG削減ポテンシャルより低くなる可能性もある。そのため、統合型システムからのGHG純排出量がゼロ、あるいはマイナス値となる場合もある。GHG純排出量は、次のように示される。

技術を適切に組み合わせて実施することで、埋め立てによる有機性廃棄物処理量を削減、または、なくすことができ、有

$$\text{GHG純排出量} = \text{統合型システムからのGHG排出量} - \text{資源回収及び埋め立て処理回避によるGHG排出回避}$$

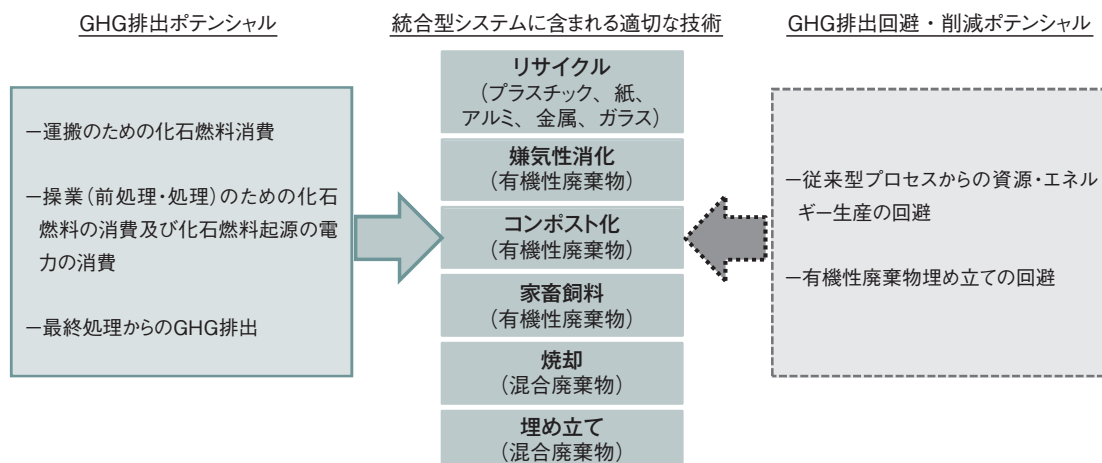


図1 統合型都市廃棄物管理システムにおける異なる処理方法からのGHG排出量と回避
(注: 最適な技術の選択は、地方自治体の能力、予算の有無及び関心によって左右される。)

ボックス1 GHGの定量化におけるLCAの概念

ライフサイクルアセスメント(LCA)とは、「関係するインプットとアウトプットの一覧を作成することにより特定の製品、サービスや機能に関連する環境的側面や影響の可能性を評価する手法」(McDougall et al., 2001)である。LCAは、既存のシステムやその代替方法を分析し、廃棄物、エネルギー、交通などのすべてのセクターにおけるGHG緩和に関連する影響を特定するための有益な手法である。廃棄物セクター、特に廃棄物管理における資源・エネルギー回収に起因するすべての環境影響の緩和オプションの可能性を推計するためにLCA方法論の適用を議論する研究は多数ある(Koroneos and Nanaki, 2012; Poeschl et al., 2012)。LCAの手法は、様々な廃棄物管理方法の気候コベネフィットの定量化、さらに地方自治体レベルでの資源回収の最大化を通じた気候コベネフィットの最適化のための定量的評価を行うために必要な詳細なデータ収集及び計算方法を提供する。

例えば、ライフサイクルを通じた廃棄物管理システムからのGHG総排出量は、以下のように計算される。

$$\text{GHG総排出量} = \text{GHG運搬} + \text{GHG操業} + \text{GHG処理・廃棄}$$

個々の処理方法のGHG排出緩和・回避ポテンシャルは、次のように推計される。

$$\text{GHG全回避量} = \text{GHG資源回収に伴う回避} + \text{GHG有機性廃棄物の埋め立て回避}$$

廃棄物管理システムの全体的な気候影響や便益は、ライフサイクル全体に渡るGHGの排出及び間接的ダウンストリームのGHG削減からなるGHG純排出量に依存する。

$$\text{GHG純排出量} = \text{GHG総排出量} - \text{GHG全回避量}$$

ライフサイクルアプローチを適用することにより、気候に配慮した廃棄物管理技術の推進のための優先項目をより簡単に特定し、政策をより効率的に策定することが可能である。

統合型都市廃棄物管理システムの開発は、地球規模の気候変動緩和に貢献する地域のイニシアチブになりうる。本ポリシー・ブリーフでは、気候便益をもたらす機能的な統合型都市

廃棄物管理システムとして、タイのムアンクレーン自治体の事例を挙げる。

5 事例: ムアンクレーンの統合型都市廃棄物管理システム

ムアンクレーン自治体は、ラヨーン県(バンコクから東に190 km)に位置する。この自治体では、効率的な廃棄物収集と運搬サービス、再生可能な資源回収のための廃棄物分別施設、嫌気性消化施設、コンポスト化施設及び回収された有機性廃棄物を飼料にした家畜の飼育を組み合わせた持続可能な解決策として、統合型都市廃棄物管理システムを導入した(図2参照)。これらの継続した取り組みにより、ムアンクレーンの廃棄物管理は、国家機関によってタイにおける最良の統合型廃棄物管理システムの一つとして認められている。

現在(2012年)の廃棄物収集量は、1日当たり23トンである。この地域の住民は、有機性廃棄物の一部を発生源で分別するための取り組みを行っている。さらに、有機性廃棄物の

大部分は、市が管理する市場において発生する。発生源で分別された1日当たりおよそ2トンの食品廃棄物と廃棄野菜が、軽量トラックによって収集・運搬される。回収された有機性廃棄物は、嫌気性消化(1日当たり約200kg)、コンポスト化(1日当たり1.5トン)及び飼料(1日当たり300kg)として利用される。残る未分別の廃棄物21トンはパッカー車により回収され、2つのコンベヤーベルトからなる低コストの野外システムにより再生可能なものが分別される。そして、約4トンの再生可能な資源が分別される。廃棄物分別時に発生する排水(約1トン)は回収され、嫌気性消化される。残る混合廃棄物(1日当たり16トン)は、自治体から14km離れたガス回収システムを整備していない埋め立て地に運搬・処理される。

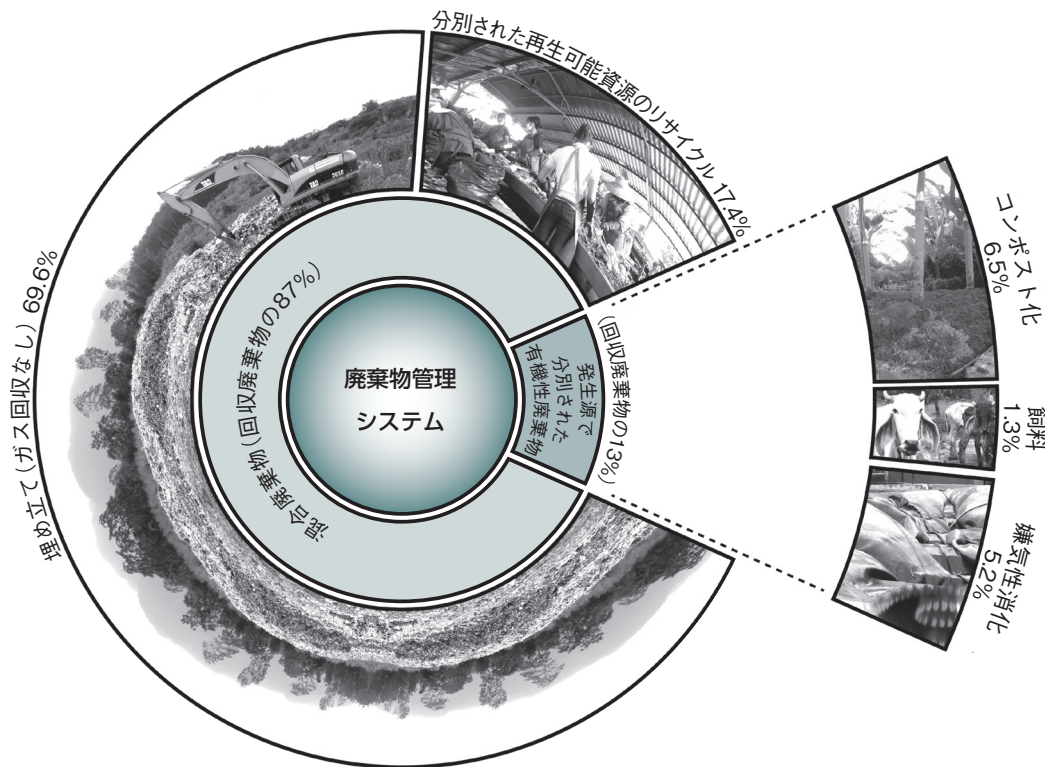


図2 ムアンクレーン自治体の統合型都市廃棄物管理システム(パーセンテージは総重量に基づいて計算)

6 各処理技術及び統合型都市廃棄物管理システムのGHG排出量と回避ポテンシャルはどれくらいか？

すべての廃棄物処理方法において、廃棄物の運搬、操業及び廃棄物分解時にGHGが排出される。運搬及び操業から発生するGHG排出量は、廃棄物処理に比べて比較的少ない。嫌気性消化することによるGHG排出量と回避ポテンシャルの例を図3に示す。この例では、嫌気性消化によるGHG排出量

は、各工程からの総GHG排出量の1/25である。その削減の75%以上が埋立回避によるものである。

統合型システムで使われている各処理方法からの直接的なGHG排出量は、図4の上向きの矢印で示されている。GHG

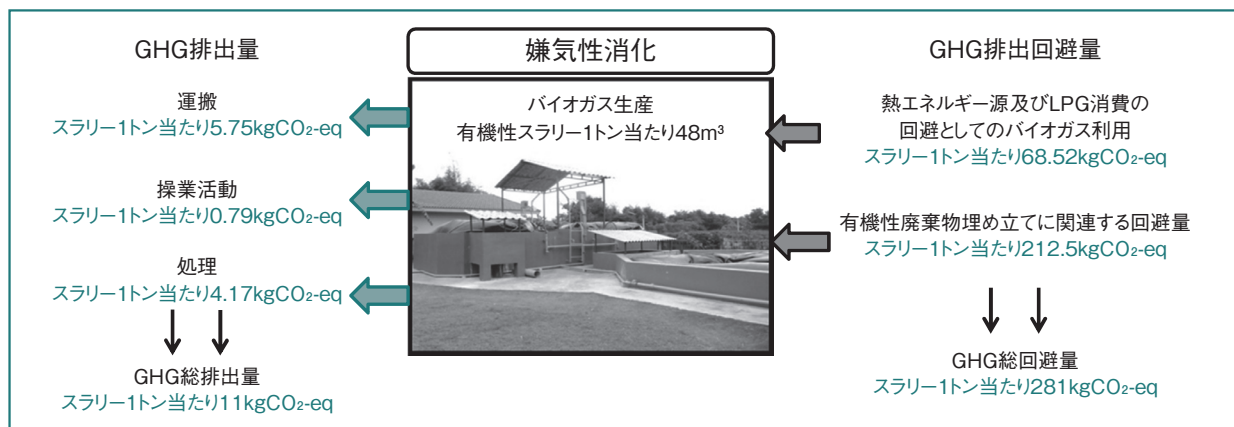


図3 ムアンクレーンにおける嫌気性消化のGHG排出量及び回避ポテンシャル
(注: 有機性スラリーのうち乾燥物質は8.5%として計上)

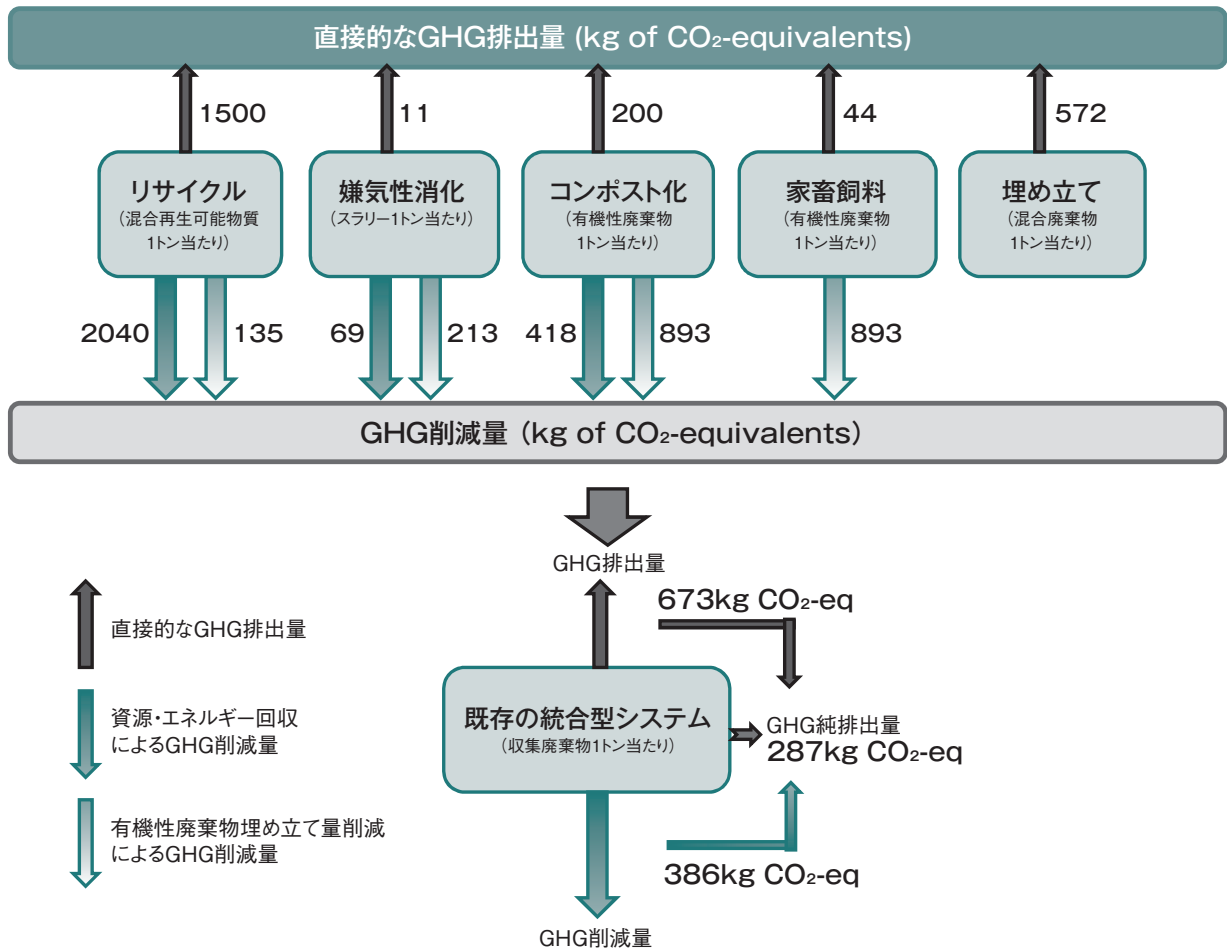


図4 ムアンクレーン自治体における個々の技術及び統合型システム全体のGHG排出量及びGHG排出回避ポテンシャル

(注: ・飼料生産に伴うGHG削減ポテンシャルは、データ不足のため、計算していない。
 ・統合システムからのGHG削減を定量化するために、様々な技術をまとめる際は、埋立地からのGHG排出が少なくなる結果としてその削減効果が示されているので、計算の重複を避けるために有機廃棄物の埋立回避によるGHG削減は、除外される。)

削減ポテンシャルは、図中の下向きの矢印で示されている。この結果は、マテリアルリサイクル、コンポスト化、嫌気性消化の資源回収に基づくほとんどの技術のGHG削減ポテンシャルが、それぞれの直接なGHG排出量よりも高いことを示している。しかしながら、資源回収と埋立処理量削減からのGHG削減

にかかわらず、統合されたシステムからの排出がまだ残っている。これは主に埋め立てをする廃棄物の量が高いためである(69.6%)。図4の下部に示すように、このシステムからの正味のGHG排出量は、回収した廃棄物1トンあたり合計287kg CO₂-eqになる。

7 ムアンクレーンの統合型都市廃棄物管理システムからのGHG排出削減量

ムアンクレーンがタイの他の自治体と同じ状況であったら、ムアンクレーンで毎日発生する廃棄物(有機性廃棄物と再生可能なものが未分別)は、オープン・ダンピングまたは埋め立て(ガス回収システム未整備)により処理されたであろう。図5に示したように、現在の統合型都市廃棄物管理システムは、タイにおいて一番使用されている処理方法、ガス回収システム未整備の埋め立て(60%削減)とオープン・ダンピング(17%削減)と

比較して、GHG排出量の大幅な削減を実現している。もしムアンクレーン自治体が、有機性廃棄物の分別回収の効率をさらに改善し、嫌気性消化、堆肥化、飼料としての利用や再生可能な資源の分別の能力を向上させることができれば、かなりの追加削減を達成することができる。そのような更なる改善によって、GHG純排出量をゼロにすることが達成できるかもしれない。

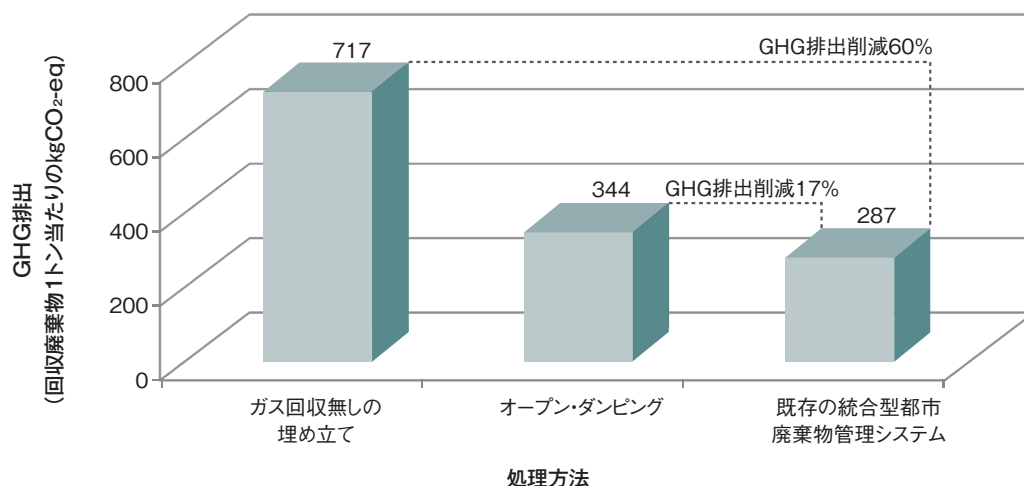


図5 2つのBAUシナリオとムアンクレーン自治体の統合型都市廃棄物管理システムのGHG排出量の比較

8 ムアンクレーン自治体における「GHG純排出量ゼロ」に向けたさらなる改善

ムアンクレーン自治体の既存の統合型都市廃棄物管理システムは、前章で既に説明したように素晴らしい排出削減を達成している。しかしながら、ムアンクレーン自治体は、さらに統合型都市廃棄物管理を改善することによって、GHGの排出量をゼロに近づけることができる。これはリサイクル率の改善と有機性廃棄物の利用率向上の両方またはいずれか一方によって実現可能である。

例えば、現在30.4% (リサイクル率17.4%+有機性廃棄物利用率13.0%)から47.9% (リサイクル率30.0%+有機性廃棄物利用率17.9%)へと資源回収率を向上することにより、統合システムからのGHG純排出量がゼロとなり、その結果、カーボンニュートラルとなる。このレベルの資源回収においては、エネルギー及び物質回収を通じたGHG回避により、このシステム自体からのGHG排出量と完全に相殺するため、これは可能である。統合システムによるGHG純排出量ゼロを達

成するために必要なレベルの資源回収は、廃棄物の構成・場所によって異なり、また、リサイクルのエネルギー効率や使用エネルギーの種類などの要因によって決まる。リサイクル率の向上は、統合システムからのさらなるGHG排出量削減に対して、最も高いポテンシャルを持っている。加えて、後に生物処理が続く発生源での有機性廃棄物の分別の改善は、大幅にGHG削減に貢献する。よく実践され、最適化された統合型都市廃棄物管理システムは、気候変動の問題の一部から解決策への一部へと廃棄物管理を変化させた。

このケーススタディは、発展するアジアの自治体が最適な統合型都市廃棄物管理システムによって、気候に優しい廃棄物管理を達成することが可能であることを明示している。しかしながら、これらのシステムを推進するにあたり地方自治体が重要な役割を果たす。次章では、どのように地方自治体が重要な役割を果たすかを簡潔に議論する。

9 既存の不十分な廃棄物管理方法を統合型都市廃棄物管理と置き換えるために地方自治体は何をすべきか？

アジア途上国の地方自治体の多くは、持続可能な廃棄物管理にとっての主要な障害として、予算制約の存在を挙げている。しかし、ムアンクレーン自治体の市長によると、効率の良い廃棄物管理システムの構築にとって最も重要なのは資金ではなく、利用可能な資源の正しい利用と地域住民の協力的な姿勢とされている。ムアンクレーンの市長は、予算の制約をあ

まり気にせず自治体内の利用可能な資源を使い、廃棄物管理システム全体の改善を主導した。そのため、ムアンクレーン自治体が導入した統合型システムは、タイ国内のみならず近隣国に統合型都市廃棄物管理システムを実証・推進する実践的なモデルになりうると考えられる。

タイ国内及び近隣国の大半の自治体は小中規模のものである。そのため、ムアンクレーンの取り組みと同様、低価格の地域密着型統合型都市廃棄物管理システムの適用は持続可能な廃棄物管理方法として高い可能性を秘めている。さらに、これらの国では増大し続けるエネルギーや有機性肥料の需要を満たす最も経済的な方法として、廃棄物からの回収資源

(コンポスト、バイオガスなど)の需要が高い。一方で、大規模な自治体での統合型都市廃棄物管理方法の適用は、毎日発生する大量の廃棄物の取り扱いが必要となるため、より困難である。このような大規模な自治体においては、発生源での効率的な廃棄物分別プログラムの開始が、統合型都市廃棄物管理の導入の主要な原動力となるだろう。

10 提言: 統合型都市廃棄物管理導入を可能にするために

目標設定及び制度的設定: ムアンクレーンの事例からは、地方自治体が主要な役割を果たし、廃棄物管理目標を設定すべきという点を学んだ。自治体は、議会と市長からなる地方政府の形態に基づいている。そのため、市長、議会及び市の職員の姿勢と継続的な取り組みが統合型都市廃棄物管理システムの導入と運営において非常に重要な役割を果たす。地方自治体の責任の中で、持続可能な廃棄物管理が優先順位の高い課題としてみなされるべきである。

意識向上と能力開発: 地域の主要な利害関係者(官・民及びインフォーマルセクター)からの貢献がムアンクレーンの廃棄物管理の成功の主要な要因であった。既存の廃棄物管理システムの問題と地域及びグローバルな気候変動にもたらす影響、発生源での分別の利点、低コストで気候に配慮した技術の存在、資源回収の多くの利点など、幅広く意識向上プログラムを実施するためにすべてのレベルの利害関係者の能力を強化する必要がある。特に、発生源での廃棄物分別を促進・推奨するための意識向上プログラムを定期的実施すべきである。これは統合型都市廃棄物管理システムの成功の主要な原動力になる。知識の普及と能力開発の最も効果的な方法は、既存の事例から実際に学ぶことである。例えば、ムアンクレーン自治体は、タイ国内や近隣国の自治体に学習拠点として認識されており、ビジターや研修員が既存の統合型都市廃棄物管理システムに関する技術・管理情報を学ぶ専用の研修コースを設けている。

簡易・低コスト技術の選択と効果的な統合: 発展途上国における廃棄物管理方法の持続可能性は、施設の総コスト及び簡易さに左右される。従って、限られた自治体予算の中から多額の投資と操業費用、さらに操業・保守に高い技術力を要する高性能な技術を統合型都市廃棄物管理システムに取り入れることは賢明な判断ではない。現地の状況に最も適した、収益を生む低価格な解決策(使用可能な自治体の予算や技術力等に見合ったもの)の特定と採用は、統合型都市廃棄物管理システムの設計段階における非常に重要な検討事項である。経済的に実現可能なシステムにするためには、地元あるいは地域内に廃棄物からの回収資源市場も存在すべきである。統合型システム内の適切な技術の綿密な計画、設計及び組み合わせは、自治体に対して純収益確保の可能性を高めるだろう。例えば、ムアンクレーンの統合型都市廃棄物管理システム運営のための毎月の総支出(人件費、車両、燃料や電力費用)は20万バーツ(1米ドル=30バーツ)であるのに対し、回収資源の販売と埋め立て回避による毎月の収益は24万バーツに達している。

地域コミュニティに対する複数の便益の創出: 利害関係者の廃棄物管理への参加、期待、調整及び関与は、統合型システムの継続性のための原動力となる。住民間での効果的な連携や信頼醸成のための自治体の取り組みが重要である。例えば、ムアンクレーンの廃棄物管理システムは、自治体と地域住民の双方に有利な状況を作り出した。実際、42名が廃棄物管理計画の運営に携わっており、自治体のコスト削減に貢献すると同時に自分たちの給料をカバーする収益を出している。

■注

GHG排出量・回避量の推計値は、以下の廃棄物の特徴を持つタイのムアンクレーン自治体でのみ有効である。

-リサイクルの推計値は、ムアンクレーンの再生可能資源の混合を反映している(紙40%、プラスチック40%、アルミ5%、金属5%とガラス10%)。

-嫌気性消化のGHG排出量は「有機性スラリー1トン当たり」で定量化されている。有機性スラリーの乾燥物質の構成率は8.5%であり、したがってバイオガス生産可能性は低い。

-埋め立て地に廃棄される混合廃棄物は、食品廃棄物15.3%、木材6.8%、プラスチック24.4%、紙4.1%、布4.1%、革2.7%、ガラス27.7%、金属4.4%、その他13.5%で構成される。

-統合型システムからの直接的なGHG排出量(回収廃棄物1トン当たりのkg CO₂-eq) = リサイクルから発生するGHG排出量(分別リサイクル物1トン当たりのkg CO₂-eq) × 17.4/100 + 嫌気性消化から発生するGHG排出量(有機性スラリー1トン当たりのkg CO₂-eq) × 5.2/100 + コンポスト化から発生するGHG排出量(有機性廃棄物1トン当たりのkg CO₂-eq) × 6.5/100 + 有機性廃棄物の飼料利用から発生するGHG排出量(有機性廃棄物1トン当たりのkg CO₂-eq) × 1.3/100 + 埋め立てから発生するGHG排出量(混合廃棄物埋め立て1トン当たりのkg CO₂-eq) × 69.6/100

■謝辞

本稿作成に当たり、情報とデータをご提供いただいたムアンクレーン市長及び職員に感謝の意を表したい。尚、本研究は、日本国環境省による「新市場メカニズム構築に向けたアジアにおけるMRV能力開発プロジェクト」の一環である。

■追加情報源

Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Bernsten, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G, M, S. and Van Dorland, R. (2007). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: S. Solomon et al. (Editors), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Kathiravale, S. and Yunus, M.N. (2008). Waste to wealth. *Asian Europe Journal*, 6, pp. 359–371.

Koroneos, C.J. and Nanaki, E.A., 2012. Integrated solid waste management and energy production - a life cycle assessment approach: the case study of the city of Thessaloniki. *Journal of Cleaner Production*, 27, 141-150.

McDougall, F.R., White, P.R., Franke, M and Hindle, P. (2001). *Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory*, 2nd edition, Blackwell Science.

Manfredi, S., Tonini, D., Christensen, T.H., Scharff, H., (2009). Landfilling of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research* 27, 825–836.

Poeschl, M., Ward, S., Owende, P., (2012). Environmental impacts of biogas deployment - Part I: life cycle inventory for evaluation of production process emissions to air. *Journal of Cleaner Production*, 24, 168–183.

Scheutz, C., Kjeldsen, P. and Gent, E. (2009). Greenhouse gases, radiative forcing, global warming potential and waste management – an introduction. *Waste Management & Research*, 27: pp. 716–723.

公益財団法人 地球環境戦略研究機関

〒240-0115 神奈川県三浦郡葉山町上山口2108-11

TEL: 046-855-3700 FAX: 046-855-3709 E-mail: iges@iges.or.jp http://www.iges.or.jp

Copyright © 2012 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。