都市内緑地における有機性廃棄物の還元可能性に関する考察

A Study of Organic Waste Recycling in Urban Green Open Space

堀江 典子* 田畑 貞寿** 萩原 清子***

Noriko HORIE Sadatoshi TABATA Kiyoko HAGIHARA

Abstract : We have a lot of organic waste, especially in urban area. Urban cities should manage to treat its organic waste within the cities as much as possible. In order to run composting system of organic waste successfully, we need more green open space where recycled compost can return to the soil. Composting also improves the urban soil, and the improved soil can grow rich and healthy green. This will also be effective in controlling heat-island phenomenon and floods in urban areas. However, there are some risk affecting our environment and health in recycled compost. Therefore, we should structure the recycling system after careful consideration, i.e. we should consider the correspondence between organic waste's risk and space's property. From this point of view, urban green open space can be ranked as *Green Open Space for Return*, in which recycled compost can return to the soil, more safety. In this study, we try to grasp the area of *Green Open Space for Return* in Musashino-city, Tokyo, from the data of green covered space. In addition, we examine the possibility and subject for securing necessary space. And consequently, we show that in some chou-chou-moku area, it is possible to return recycled compost, which the population dumped, to the soil by counting not only the public green open space but also private gardens.

Keywords: *urban green open space, recycling system, organic wastes, recycled compost, green covered space*

キーワード: 都市内緑地, リサイクルシステム, 有機性廃棄物, リサイクル堆肥, 緑被地

1. はじめに (研究の背景と目的)

循環型社会の構築に向けて, 様々な有機性廃棄物の堆肥化による土壌還元が模索されている。従来, 都市内で発生する廃棄物の多くはその処分先と利用先を都市外に求め, 有機性廃棄物の堆肥化についても, 農業利用を中心として都市外あるいは都市周辺部を想定した循環システムを前提として考察されてきた。しかしながら, 農業利用には限界がある (例えば, 農林水産省農業環境技術研究所 2000¹⁾) ことに加えて, 循環型社会構築に欠かせない市民意識の形成を考えれば, 少なくとも都市内で排出する廃棄物は極力, 都市内で処理し再利用する, という姿勢を示すことが都市には求められているのではないだろうか。自分が排出したゴミが身近なところで再利用されるのであれば無関心ではいられず, 市民の環境行動を促すことにもつながる。この観点に立てば, 堆肥化が可能な有機性廃棄物は, 堆肥を施用できる緑地が都市内に必要存在すれば, 都市内で土壌還元することが可能なのである。

さて, 都市においてはヒートアイランド現象緩和や地球温暖化防止の観点からも都市緑化の必要性が叫ばれ, 都市型水害発生の原因として緑地等の透水地の減少が指摘されている²⁾。しかし, 緑の基盤である土壌を見ると, 固結化, 乾燥化, アルカリ化, 養分不足等都市型土壌としての問題を抱えている地域も多く, 健康な緑を育成するための土づくりが求められ³⁾⁴⁾, 同時に, 都市型土壌では透水性, 保水性にも乏しいため, 洪水防止機能を期待するには, 土壌の団粒構造を形成し, 保水力のある土づくりが必要となる。「土づくり」とは, 土壌の物理性・化学性・生物性の総合的な改善であり, そのためには有機質の施用, すなわち堆肥の施用が不可欠とされており, 都市内における有機性廃棄物の堆肥化による土壌還元は, 理にかなった循環型システムであるといえよう⁵⁾。

だが, 有機性廃棄物の堆肥化の問題点として, 堆肥原料である廃棄物に内在する環境 (あるいは健康) にかかわるリスクの問題,

コストの問題などが指摘されており¹⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾, 堆肥の質を選ばずに緑地への還元を進めてしまうことには大きな懸念がある。緑地と一口に言っても様々であり, 有機性廃棄物と一口に言っても多種多様である。それぞれの特質とリスクを考慮したうえで, 土壌還元システムを構築すべきであると考えらる。

有機性廃棄物の堆肥化とその活用については, 堆肥化技術, 物質循環, コスト, 需給バランス, システム構築, 市民意識, 環境負荷等様々な視点からの既往研究があるが, 多くは農地との連携を対象としており (例えば, 広原ら 2002⁸⁾, 原科ら 2004⁹⁾), また, 有機性廃棄物の特質とリスクの問題を施用先の緑地のあり方と対応させて考えるものではない。これらに対し, 堀江ら (2004)¹⁰⁾ は, 「R緑地」という概念を提示して, 堆肥の品質に応じた投入可能性による緑地の区分を提案し, 地域内における有機性廃棄物の土壌還元の観点から都市内緑地のあり方を考察している。

そこで, 本研究では, 都市内において有機性廃棄物を土壌還元する空間 (R緑地) を確保するという観点から, 東京都武蔵野市を対象として, 緑被地のデータをもとにR緑地面積の把握を行い, R緑地確保の可能性と課題について考察することを目的とする。

2. 都市内緑地と有機性廃棄物の還元可能性

(1) R緑地の概念と定義

一般に都市内の緑地は 狭義 (都市公園等営造物としての緑地) に捉えられる場合と広義 (空地の多い施設や水面まで含めたオープンスペースとしての緑地) で捉えられるが, いずれの場合も, 所有, 緑被の状態, 設置目的, 機能などに主眼を置いて分類されている。堆肥の施用が可能な緑地は地表面が人工物で被覆されていないことが前提であり, 緑被地や透水地に近い空間として捉えられるが, 堆肥の品質に応じた投入の可能性という観点で緑地を見ると, 緑被地や透水地の概念と分類だけでは対応できない。

なぜならば, 緑地の利用目的,あるいは期待される機能によ

* 東京都立大学大学院都市科学研究科 ** (財)日本自然保護協会 *** 東京都立大学都市研究所

表－１ R緑地の区分と内容

R緑地 区分	緑地の機能	堆肥施用の考え方	都市内のR緑地の種類 ※1	投入可能な 堆肥区分※2
R_1	食用緑地。食用のための作物等を栽培するための緑地	最も安全性を重視すべき緑地であり、生産物が食物として人に摂取されても安全な堆肥のみが投入できる	田、畑、果樹園、菜園、牧草地等	C_1
R_2	準食用緑地。園芸花卉栽培や緑化樹栽培など、食用ではないが、他へ移動する植物を栽培するための緑地	R_1 に準じて安全な堆肥を投入できる	緑化樹栽培園、花卉栽培園、苗圃、植物園等	C_1, C_2
R_3	接触緑地。遊びやレクリエーション活動などを提供するのための緑地であり、活動を通して直接人と接触することを想定している緑地	人が接触しても安全な堆肥を投入できる	公園・学校・公共施設・事業所等の緑被地、集合住宅や一般住宅の庭、社寺境内等	C_1, C_2, C_3
R_4	存在緑地。景観の向上、気象の緩和、公害の軽減等環境保全のための緑地であり、直接人が接触することを想定していない緑地	最低基準を満たす堆肥を投入できる	道路緑地、緩衝緑地、景観緑地、工場緑地等	C_1, C_2, C_3, C_4

※1 屋上等人工地盤上の緑地やコンテナガーデン、プランター等についても、その用途によってこれら四つの区分に対応させるものとする。

※2 堆肥の四区分（ C_1, C_2, C_3, C_4 ）に期待される安全性は、 C_1 が最も高く、 C_4 が最も低い。ただし、中間に位置する C_2 と C_3 については、 C_2 が移動拡散のリスクを含めた安全性に主眼を置いているのに対して、 C_3 は人体との接触上の安全性に主眼を置いたものであり、いずれがより安全かを厳密に区別したものではない。堆肥の四区分（ C_1, C_2, C_3, C_4 ）については、表-2参照。

表－２ 堆肥の品質区分

堆肥の品質区分	主な堆肥材料	備考
C_1	植物性調理くず、等	最も安心して施用できる
C_2	食べ残し、動物性調理くず、剪定枝葉等植物性発生材、食品産業	化学物質等の残留の心配がなく、 C_1 に準じて安心して施用できる
C_3	汚泥・残渣、等	化学物質等の残留のリスクはないとはいえないが、堆肥として支障なく使える
C_4	下水汚泥、浄化槽汚泥、木質系廃材、等	重金属等の蓄積に注意しながら施用する

図－１ 都市内のR緑地の概念

て、投入可能な堆肥の質が異なると考えられるためである。例えば、同じ公園内の草地でも、子ども達が転げまわったり草花遊びをすることを想定した草地と、眺めることだけを想定した草地とでは、堆肥に期待される安全性は異なるであろう。

堀江ら（2004）が提示した堆肥施用が可能な「R緑地」という概念（図－１）は、有機性廃棄物に含まれる重金属や油分・塩分等の問題、異物の混入、安定性や安全性といったリスク、及び肥効やコストの問題を念頭に、堆肥の品質に応じた投入可能性によるR緑地の区分を提案したものであり（表－１）、堆肥を効率的に適材適所で土壌還元することが可能な空間を都市内に必要量確保することにより堆肥の需給バランスをとり、緑地本来のポテンシャルを活かしながら循環型システムを構築しようとするものである。

（２）R緑地の必要面積（地区xにおけるモデル）

（i）有機性廃棄物から生産される堆肥の量

ある地区xにおいて発生する有機性廃棄物から生産される堆肥の量 P^x は、次のように表すことができる。

$$P^x = f(W^x, \alpha^x, \beta^x)$$

P^x ：地区xにおける有機性廃棄物から生産される堆肥量

ただし、 $P^x = P_1^x + P_2^x + P_3^x + P_4^x$

（ P_n^x は品質区分 C_n の堆肥の生産量であり、 $n=1,2,3,4$ ）

W^x ：地区xにおける有機性廃棄物の発生量

ただし、 $W^x = W_1^x + W_2^x + \dots + W_j^x + \dots + W_J^x$

（ $1, 2, \dots, j, \dots, J$ は廃棄物の種類）

α^x ：地区xにおける堆肥化率（発生量のうち、堆肥化する割合）

ただし、 $\alpha^x = \alpha_1^x, \alpha_2^x, \dots, \alpha_j^x, \dots, \alpha_J^x$

（ α_j は廃棄物の種類jの堆肥化率）

β^x ：地区xにおける、堆肥化による重量減少の割合

ただし、 $\beta^x = \beta_1^x, \beta_2^x, \dots, \beta_j^x, \dots, \beta_J^x$

（ β_j は廃棄物の種類jの堆肥化による重量の減少率）

（ii）R緑地必要面積の算出

ある地区xにおけるR緑地の必要面積 S^x は、次のように表すことができる。

$$S^x = S_1^x + S_2^x + S_3^x + S_4^x$$

$$S_n^x = P_n^x / \gamma_n^x$$

S^x ：地区xにおけるR緑地必要面積

S_n^x ：地区xにおけるR緑地区分 R_n の必要面積

（ただし、 $n=1,2,3,4$ ）

P_n^x ：地区xにおける品質区分 C_n の堆肥の生産量

γ_n^x ：地区xにおけるR緑地区分 R_n 1㎡あたりの堆肥投入量

（３）都市に必要な緑の指標としてのR緑地面積

さて、都市内にどの程度の緑が必要かについては、従来、いくつかの指標が用いられている。例えば、「一人あたり公園面積」は都市公園法（昭和31年）において一人あたり6㎡（平成5年より10㎡）という法的な基準が設定されており、特に欧米諸国との比較でわが国の都市における公園の不足を示すのに用いられているが、この概念について小野（2003）は統計論的な公衆衛生観の下地と、公共性を公平性に読み替えた、分配する側からの論理であることを指摘している¹¹⁾。また、緑の認識度と満足度の意識調査から望ましい「緑被率」あるいは「緑被地率」、「緑視率」を明らかにすることが試みられてきた¹²⁾¹³⁾。

これに対しR緑地の概念は、人が都市生活を営む上で、自らの排出物質のうち土壌還元可能な物質を圏外に持ち出すことなく循環的に処理するための必要量であり、達成すべき最低基準として設定することが可能であると考えられる。

3. 武蔵野市におけるR緑地の必要面積と現状

（１）武蔵野市におけるR緑地必要面積

ここでは、2000年に実施された「武蔵野市自然環境等実態調査」¹⁴⁾及び「武蔵野市市政統計（2003年版）」¹⁵⁾のデータを用いて、武蔵野市において発生する有機性廃棄物のうち、生ゴミ W_1 、草

木類（剪定枝葉・落葉・刈草等） W_2 を対象としてこれらを堆肥として土壤還元するために必要なR緑地面積の試算を行った。生ゴミと草木類を取り上げたのは、市が直接収集処理している通常ゴミの組成のなかで割合が高い有機性廃棄物が厨芥（生ゴミ）と草木類であり、排出時の推計量で各々約29%と17%を占めていることによる。なお、生ゴミと草木類の発生量は、平成10年度から14年度までの5年間のゴミ搬入量の年平均値に基づき算出し、堆肥化による重量減少の割合 β^* を0.2⁽⁶⁾、1㎡あたりの堆肥施用量を2kg/年⁽⁵⁾とした。

生ゴミや草木類の中には野菜くずのように安全性の高い堆肥材料が含まれ、これらについては本来、 R_1 や R_2 区分の農地への土壤還元が可能である。しかしながら次の2点において R_1 及び R_2 （農地）での土壤還元には無理があると考えられる。第一に、既に1.で述べたように、堆肥の農業利用には限界があることが指摘されているが、武蔵野市においても現存する農地は50.65ha（2000年）にすぎない。農業センサスによれば昭和25年（1950年）には73,149人の人口に対して269.75haの農地が存在しており、発生する生ゴミの全てを農地還元するに十分な面積であったと想定されるが、現在の省力化・効率化指向の農業形態の中では、たとえ堆肥を多用する有機農業への相当な転換が図られたとしても、都市化により農地が減少し、人口が増加した状況では需給バランスをとることは困難であろう。第二に、農地に還元しても安心な安全性を確保するためには、ある程度厳密な分別収集が前提となるが、近年では食の多様化を反映して家庭から発生する生ゴミは複雑化している。調理の過程で出る野菜くずのみを収集することは可能でそれほどの困難を伴うものではないとしても、排出者と収集者の双方で手間を含むコスト負担が大きくなるだろう。農地の側にしてみれば、同じように堆肥を使うにしても、収集に手間もコストもかかる割に出所がはっきりしない生ゴミ堆肥よりも、生鮮市場や八百屋や食品産業からの有機性廃棄物を活用する方が現実的であろう。生産物を商品にする以上、肥効やコストの問題は無視できない。このように、市が収集する生ゴミや緑ゴミからのリサイクル堆肥を R_1 及び R_2 へ土壤還元することには需給バランスと手間やコストの点で無理がある。そこで、本研究においては、 R_3 区分への土壤還元を想定した。なお、これらは R_4 区分への土壤還元については支障なく可能である。

その結果、武蔵野市において発生する生ゴミ W_1 の土壤還元に必要なR緑地面積は、114.29ha、草木類 W_2 の土壤還元に必要なR緑地面積は、68.49haとなった。市内に現存する緑被地のうち農地以外の面積は、224.73haであることから、もしもこれらの緑被地を全てR緑地（ R_3 ＋ R_4 区分）としてカウント出来れば、武蔵野市においては、生ゴミと草木類に対するR緑地確保の目途は立つことになる。

（2）武蔵野市における緑被地とR緑地

（i）市全域

市域全体では262.31haの緑被地が存在している（2,000年度）。これを、土地利用別の緑被状況からR緑地の区分に整理し、R緑地の必要面積と比較したのが、表－3である。

ここで、 R_4 は下水汚泥や浄化槽汚泥、及び木質系廃材等からの堆肥の土壤還元を対象としている。本研究においては、 R_4 を統計データとして把握できた下水汚泥を堆肥化して土壤還元する場合の必要面積として算出しているが、現存する面積と比較しての充足度は著しく低い。下水汚泥に含まれる成分には肥効が期待できる肥料成分が含まれ、堆肥化による緑地での利用にも実績があるが、近年では特に重金属類や環境ホルモンの問題も懸念されており、一定レベルの安全性を確保しようとするれば堆肥化処理にかかるコストの問題も無視できない。発生量が多量であるため、基本的に人との接触を前提としていない R_4 区分の緑地は、空間

表－3 武蔵野市におけるR緑地面積

区分	必要面積(ha)	存在面積(ha)	武蔵野市における緑被地データによる区分 ^{※3}
R_1	—	50.65	農用地、及び他の用地で農地に区分された緑被地
R_2	—		
R_3	182.78 ※1	186.80	公共用地、商業・業務地、住宅地、非宅地における樹木地及び草地
R_4	172.61 ※2	26.69	工場地、道路、鉄道等用地における樹林地及び草地
合計	355.39	213.49	

※1 生ゴミと草木類の土壤還元に必要なR緑地面積

※2 一人あたり年間下水汚泥発生量約1,100kgの一部12%（参考文献）を堆肥化した場合として算出

※3 土地利用区分のうち、水面・河川等及び林野は除いた

の利用密度が高い都市部においては追加的に新たに確保することには限界があるであろう。このため、下水汚泥の堆肥化による土壤還元を市町村レベルでシステム化するのには無理があると考えられる。

生ゴミと草木類の堆肥化による土壤還元の主眼を置くと、 R_3 区分の緑地が確保できるかどうかが問題となる。表－3にあるように、市全域として捉えると、この区分においては必要面積が充足されているように見える。

（ii）町丁目別

次に町丁目別にR緑地必要面積をみる。市全体のR緑地必要面積をもとに、生ゴミ発生量については人口比から、草木類発生量については緑被地面積比から、それぞれ、土壤還元に必要なR緑地面積を一人あたり8.74㎡、緑被地1haあたり2,611㎡として算出した。さらに、町丁目ごとに、農地以外の緑被地面積と、施設別緑被状況として計測されている都市公園・遊歩道・大規模公園（都立公園）・その他の公園・市施設・公共教育施設・公共住宅といった公園・公共施設内緑被地面積を算出し、R緑地必要面積と比較して充足率を示したのが、図－2である。なお、町丁目ごとの人口及び緑被地面積についても、2000年度の武蔵野市自然環境等実態調査の数値を用いている。

市全域で緑被地面積とR緑地必要面積とを単純に比較すれば、地域におけるR緑地の確保は一見容易そうではあるが、図－2に示したように、充足の程度は町丁目によって相当の違いがある。緑被地の所有区分を問わなければ R_3 区分のR緑地は充足している町丁目も少なくないが、これらのうち、公園・公共施設内緑被地による充足率が著しく高い御殿山1丁目、八幡町2丁目及び桜堤3丁目はいずれも大規模公園である都立公園を有しているためであり、吉祥寺北町5丁目と緑町3丁目については市営の陸上競技場や運動場を有していることによるものである。他の町丁目に存在するR緑地としては、比較的小規模な公園等を除けば一般の宅地の庭が担っており、これらの庭への土壤還元をシステムに組み込むことが不可欠であると考えられる。

4. 武蔵野市におけるR緑地確保の可能性

地域においてR緑地必要面積を確保するためには、二つの考え方があ

第一は、不足しているR緑地必要面積を新たに確保することであり、これには、新たな公園等の設置、及び既存の公園等における地表面の見直しによる堆肥施用可能面積の拡大が必要になる。この際、町丁目単位で考えれば、図－2で示したように、 R_3 必要面積に対する農地以外の緑被地の充足率が低い町丁目での公園等設置を優先させていくという選択があるだろう。

第二は、生ゴミの発生抑制である。これには、各世帯における

図－２ 町丁目ごとのR緑地必要面積に対する緑被地の充足率

生ゴミ排出量の削減と、各世帯あるいは集合住宅ごとで生ゴミ処理機等を使用して各世帯の庭等に土壌還元することによる世帯からの生ゴミ収集量の削減が含まれる。現在、都市部の多くの自治体では、収集ゴミに占める割合が大きい生ゴミの削減を目的として、コンポスト容器や電動式生ゴミ処理機の購入斡旋・助成事業を実施している。しかしながら、助成実績は伸び悩んでいるうえ、この事業による生ゴミ削減の効果について検証されておらず、生ゴミ削減効果を期待するというよりもむしろ市民の環境意識の啓発を目的に実施されているという面がある（堀江ら 2004）¹⁷⁾。武蔵野市においても家庭用生ゴミ処理機購入時の助成や、市施設や公団団地に生ゴミ処理機を設置し、生ゴミ削減に取り組んでいるが、費用対効果を考慮しながら、より戦略的に、町丁目単位での生ゴミ発生削減目標を町丁目単位で存在するR緑地との関係で示すことによって、生ゴミ削減と緑のまちづくりとをリンクさせながら進めていくことができると考えられる。

5. おわりに（結論と今後の課題）

本研究においては、武蔵野市の事例を取り上げて、既存の緑被地のデータを用いてR緑地面積の把握し、地域におけるR緑地確保による緑地を活用した循環型システムの構築の可能性を考察した。

その結果、第一に、市内で発生する有機性廃棄物からの堆肥を農地還元するには農地の絶対量が不足しており、収集の手間とコストの点でも無理があること、第二に、下水汚泥堆肥の緑地への還元は還元先であるR₃区分の緑地の確保が特に都市内では困難であり、市町村レベルでシステム化するには限界があること、第三に、生ゴミ・草木類の堆肥化還元は、町丁目によっては可能であること。その場合、一般の宅地の庭をシステムに組み込むことが不可欠であること。第四に、町丁目ごとに必要なR緑地（R₃区分）を確保することと、家庭へのコンポスト容器や電動式生ゴミ処理機の導入による生ゴミ発生量の削減とによって、町丁目ごとに生ゴミ及び草木類の堆肥の土壌還元システムを成立できる可能性がある、ということが示された。

本研究においては、緑被地のデータを用いているが、これは緑被の投影面積をカウントしているために地表面の状態によってR緑地としてカウントできない場合がある。これについては、現地調査による地表面の確認が必要であり、今後の課題として保留されている。

引用文献

- 1) 農林水産省農業環境技術研究所（2000）：農業を軸とした有機性資源の循環利用の展望：農業環境研究叢書第13号，農林水産省農業環境技術研究所
- 2) 東京都都市計画局総合計画部都市整備室（1999）：東京都水循環マスタープランー望ましい水循環の形成を目指してー：東京都
- 3) 江東区土木部水辺と緑の課みどりの係（2001）：江東区のみどりを管理する人のための手引き みどりのリサイクルって何？：江東区
- 4) 清田秀雄（2002）：開始13年！人と地域生態系の関わりを重視した「緑のリサイクル事業」：月刊廃棄物 28(7), 10-15
- 5) 岩田進午・松崎敏英（2001）：生ゴミ堆肥リサイクル：家の光協会
- 6) 中島秀治（2003）：近年の堆肥・有機質肥料等を農地へ施用するときのリスク：農業および園芸 78(10), 63-68
- 7) 益永利久（2003）：生ゴミの肥料化・堆肥化は問題解決をしながら進めるべき：月刊廃棄物 29(11), 8-12
- 8) 広原隆・横張真・加藤好武・渡辺貴史（2002）：農住混在地域における小規模物質循環の構築に関する基礎的研究：ランドスケープ研究 65(5), 889-892
- 9) 原科幸爾・武内和彦（2004）：長野県佐久市を事例とした地域循環型の生物資源利用システムに関する研究：ランドスケープ研究 67(5), 741-744
- 10) 堀江典子・萩原清子（2004）：有機性廃棄物の循環からみた都市内緑地のあり方に関する考察：環境システム研究論文集 32, 101-109
- 11) 小野良平（2003）：公園の誕生：吉川弘文館
- 12) 田畑貞寿（2000）：緑と地域計画Ⅰ都市化と緑被地構造：古今書院
- 13) 水上象吾・萩原清子（2001）：都市の居住環境における緑量評価ー緑視率の目標水準についてー：環境情報科学論文集 15, 1-6
- 14) 武蔵野市（2001）：武蔵野市自然環境等実態調査報告書：武蔵野市
- 15) 武蔵野市（2003）：武蔵野市政統計：武蔵野市
- 16) 東京都産業労働局農林水産部農業振興課（2003）：たい肥ガイドブック：東京都
- 17) 堀江典子・萩原清子（2004）：循環型社会形成の取り組み事例における多視点・多基準・多主体の扱いに関する考察：日本地域学会第41回年次大会学術発表論文集, 309-314