

## メトロマニラ郊外部を対象とした有機性廃棄物の地域内循環実現可能性

Assessing supply-demand balance of nitrogen toward local-scale organic material circulation: a case study of suburban residential district in Metro Manila

三瓶 由紀\* 原 祐二\* 村上 暁信\*\* パリホン アルマンド\*\*\* 土屋 一彬\*\*\*\* 横張 真\*\*\*\*\*

Yuki SAMPEI Yuji HARA Akinobu MURAKAMI Armand PALIJON Kazuaki TSUCHIYA Makoto YOKOHARI

**Abstract:** This study focused on assessing supply-demand balance of nitrogen in compost/vegetable productions at vacant lots in subdivisions as well as in barangays, in Quezon City in Metro Manila. We obtained data on the recommended rate of fertilizer application per each vegetable from the precedent studies. The analysis of composition of sample compost was conducted and a total nitrogen amount of locally produced compost was estimated. GIS was used for understanding spatial characteristics of nitrogen balance. We found that almost half of the subdivisions were faced to oversupply though several subdivisions were deemed to be in quite short supply. Cooperation among subdivisions in each barangay had a potential of better nitrogen balance; however, the current centralized composting facilities might not be good support for continued compost recycle system because of their distribution patterns. We proposed that the current barangay-based policies on organic waste management and urban agriculture should be more flexible and more attentions to coordinating system between subdivisions across barangay boundaries. This scheme can contribute to further organic material recycling within living spaces, thereby promoting sustainable living spaces in the suburban residential area.

**Keywords:** supply-demand balance of nitrogen, compost, vacant lots, subdivision development area, barangay, GIS

**キーワード:** 窒素需給バランス, 堆肥, 空地, サブディビジョン, バランガイ, GIS

### 1. 研究背景と目的

アジアの開発途上国では、急速な経済発展に伴い、社会基盤や法制度が十分に整備されぬまま都市圏への人口集中が進んだ結果、都市郊外部に都市農村混在地域が広がっている。これらの地域では、都市的土地利用は様々な形態の民有空地在内しながら拡大していることが知られている<sup>1)</sup>。

これらアジア開発途上国では、貧困層の食糧問題は深刻な課題であり<sup>2)</sup>、都市農業の振興が期待されている。同時に、都市部での廃棄物の急増も深刻な環境問題となっており<sup>3)</sup>、特に有機性廃棄物の低減は廃棄物処理負荷減少にむけた大きな課題である<sup>4)</sup>。こうした有機性廃棄物を資源として位置づけ、住宅地で発生する有機性廃棄物から堆肥を生成し、それを利用して近隣の空地で農作物生産を行うことで、有機性廃棄物の排出削減と都市農業振興の両者が推進される可能性がある<sup>5)</sup>。

これまでの研究により、堆肥の受入可能重量より、空地の農的利用による有機性廃棄物の循環利用が可能であることが指摘されている<sup>6)</sup>。また、空地を活用した農作物生産量と地域における野菜消費量の推定により、一定地域は農作物需給バランスが成立するポテンシャルを有することも示されてきた<sup>8)</sup>。しかし、これらの研究はあくまでも、重量についての把握にとどまる。作付けする品目によって必要とされる窒素量は異なっており、生ゴミから生成される堆肥の供給過剰、あるいは、不足が生じる可能性もある。

そこで、本研究では、地域住民の消費により排出される有機性廃棄物とそれにより生産される堆肥の利用について、物量ではなく、窒素を媒介とした需給バランスの観点から、定量的に把握する。それにより、環境負荷軽減にむけた循環システムの構築の可能性と実現に向けた方向性について検討することを目的とした。

### 2. 研究方法

#### (1) 研究対象地

研究対象地として、フィリピン・マニラ首都圏のケソン市を選

択した(図-1)。フィリピンでは共和国法 RA9003 (2001年1月)により、市や町などの地方自治体は、リサイクルや有機性廃棄物の堆肥化の推進により、最終処分量の25%減量、埋め立て以外の最終処分場の閉鎖も踏まえた廃棄物管理計画(Solid Waste Management Plan:以下 SWMP)を策定することが定められている。ケソン市は、マニラ首都圏において最初に SWMP を策定するなど、有機性廃棄物利用を先進的に行っており<sup>7)</sup>、循環システムの構築の可能性と、実現に向けた方向性の検討という研究目的の達成において適した事例地区と考えられる。

フィリピンの地方行政の最上位単位は、province (州) と region (地方) であり、その中に city (市) が存在し、市はさらに、フィリピンの最小行政単位である barangay (以下、バランガイ) に分割される。バランガイは、地方自治法に規定されたフィリピンの最小行政単位であり、行政権、司法権、立法権を保有しているほか、上述した RA9003 (2001年1月) では、バランガイにおいて、リサイクルや堆肥化を行う施設(Material Recovery Facility:以下 MRF)を設置し、堆肥化等を推進するよう定められている。

こうしたバランガイ内には「サブディビジョン(subdivision)」<sup>9)</sup>と呼ばれる開発単位が存在する。サブディビジョン開発地域では、地権者により構成される住宅所有組合(Home Owners Association:以下, HOA)によって、道路等の共有部分の整備・管理が行われているほか、日常生活のルール等が決められている。空地の利用に積極的な HOA は複数あり、空地の農的利用を推進する取り組みを行うサブディビジョンも実際に存在している。また、住宅地に存在する空地の性質は、各 HOA の指針に合致しており、HOA による取り組みの影響が大きいとの報告もある<sup>10)</sup>。これらのことからサブディビジョンは、空地利用の観点から見た場合、地域における最小コミュニティ単位と想定される。

サブディビジョン外には、土地改革により社会住宅として整備された住宅密集地や、不法占拠者が居住するコンクリートブロッ

\*和歌山大学システム工学部 \*\*筑波大学大学院システム情報工学研究科 \*\*\*フィリピン大学ロスバニョス校林業・生物資源学科

\*\*\*\*筑波大学生命環境系 \*\*\*\*\*東京大学大学院工学系研究科

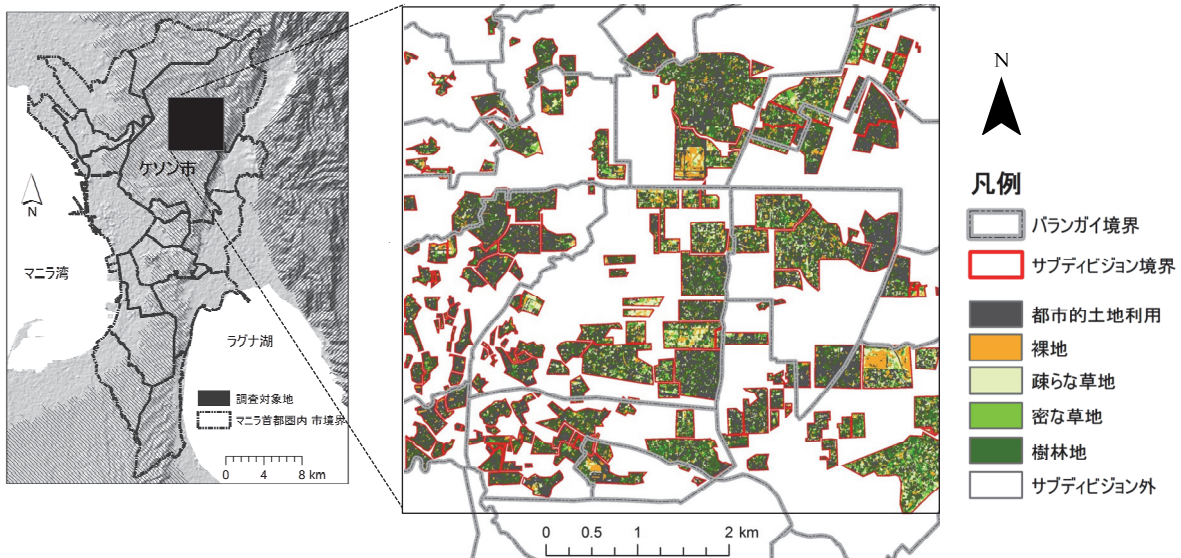


図-1 研究調査対象地域

クを積み上げ、トタンをふいた不良住宅が密集する地域が多くみられる。

### (2) 地域内循環の可能性を検討する空間単位

地域内循環を検討する上では、運送にかかる負荷等を考慮すると、出来るだけ小単位で地域循環を構築させていくことが望ましいが、生ゴミの回収や堆肥の生成には、一定の組織的対応が求められる。また有機性廃棄物由来の堆肥を農業利用する上では質の信頼性の確保は重要な要素となる。配布回収や組織的対応、質の管理の観点からは最小コミュニティ単位であるサブディビジョンが望ましいと考えられる。

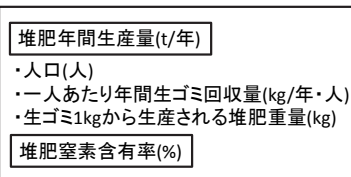
一方で、堆肥生成装置の導入などの設備投資には高額な費用が必要であり、補助金などの助成制度の適用有無も重要な要素と想定される。現在の政策では、最小行政単位であるバラングアイを対象として助成金の支給や設備の導入が行われており、設備投資の観点からは最小行政単位であるバラングアイが現実的とも考えられる。

そこで、本研究では各サブディビジョン内での需給バランス、および、バラングアイごとにサブディビジョンが連携した場合の、需給バランスについて、現状ならびに将来ポテンシャルについて検証を行うこととした。なお、当然のことながら、サブディビジョン外にも居住地や空地は存在する。しかし前述したように、生ゴミの回収や堆肥の配布に加え、堆肥の質の管理の面からも住民側の一定の組織的対応が必要と考えられる。そこで本研究では、実現可能性の観点から、このサブディビジョン内だけを対象とした場合について検証することとした。

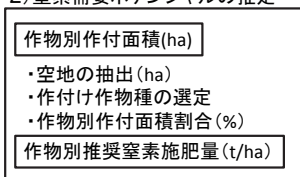
### (3) 調査方法

図-2 に示した流れでコンポストの需給バランスの解析を行う

#### 1) 窒素供給可能量の推定



#### 2) 窒素需要ポテンシャルの推定



空地菜園側の受入可能量

堆肥生産による窒素供給可能量

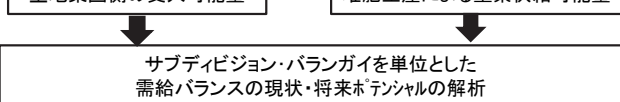


図-2 需給バランスの解析フロー

た。需要と供給の関係についての解析には、コンポスト成分中の窒素含有量と農地における窒素の受入可能量を基準として年単位で検討した。

#### 1) 有機性廃棄物由来の窒素供給可能量の推定

人口あたりの生ゴミ由来の堆肥生産量は、古谷ら<sup>7)</sup>による、ケソン市ホーリースピリット・バラングアイにおける調査の値を参考に、人口一人あたりの年間生ゴミ回収量を 10.6Kg、生ゴミ 1kg から作られる堆肥製造量を 0.84kg として算定した。

サブディビジョン内における人口は、1)バラングアイごとに建物件数を把握し、人口データから、建物一軒あたりの人口をバラングアイ別に算定、2)サブディビジョン内に位置する建物件数の算定<sup>11)</sup>、3)サブディビジョン内の建物件数と建物一軒あたりの人口から、サブディビジョン内の人口の割戻し、の手順で推計した<sup>12)</sup>。データについては、人口は 2000 年のケソン市人口統計を使用した。そのほかについては、National Mapping and Resource Information Authority (NAMRIA)により 2003 年に作成された、建物データ (ベクタ)、サブディビジョン境界 (ベクタ)、バラングアイ境界 (ベクタ) の各データを使用した。以上を ArcGIS10.0 にて解析した。

堆肥の窒素含有率は、2008 年 3 月 26 日、4 月 1 日の両日に作成された堆肥から 4 サンプルを採取し、成分分析を Department of Agriculture の The Bureau of Soils and Water Management (BSWM)に依頼して求めた。

#### 2) 空地の菜園利用による窒素需要ポテンシャルの推定

菜園利用されていると想定される空地の抽出にあたっては、Hara ら<sup>8)</sup>にて作成された土地被覆データを使用した。データの作成基準と方法については、上記の先行研究で述べられているので、ここではそれを要約し、簡潔に述べる。

2010 年 2 月に撮影されたオルソ幾何補正済みの World View-2 マルチスペクトル画像を使用し、Nearest Neighbor 法によるオブジェクトベース画像分類を行った。これらの作業には eCognition Developer 8.0 (Definiens 社、ドイツ)を使用した。最終的に土地被覆は、1) 都市的土地利用、2) 裸地、3) 疎らな草地、4) 密な草地、5) 樹林地、5 カテゴリに分類された。これらのうち、疎らな草地を、菜園として利用されている可能性が高い土地としてとらえ算定した。さらに密な草地を、積極的に農地利用を行った場合に菜園として利用が期待できる土地としてとらえ、将来ポテンシャルの算定に使用した<sup>13)</sup>。

空地において生産が想定される作物として、表-1 に示す 8 種

表-1 空地で栽培する作物と栽培面積割合, 1haに推奨される窒素施肥量

	直販所における販売量(個/週)	栽培面積の比率(%)	推奨窒素施肥量(Nkg/ha・年)	窒素施肥量(Nkg/ha)
Tomato	63	22.4	239.7	53.7
Eggplant	38	13.5	239.7	32.4
Bittergourd	37	13.1	101.1	13.2
Stringbean	33	11.7	103.7	12.1
Kangkong	31	11.0	183.2	20.1
Okra	30	10.6	233.3	24.7
Patola	26	9.2	101.1	9.3
Sweet potato	24	8.5	233.3	19.8
			小計	185.4

を選択した。これらは、Hara ら<sup>8)</sup>の野菜直販所調査において、販売が確認された、対象地域内で生産されている作物（以下、地場野菜と呼ぶ）である。調査期間を通じて販売された地場野菜の個数の8割以上を、これら8種でしめていた。空地における各地場野菜の作付面積の割合は、この直販所において販売された量を参考に設定した（表-1）。

作物ごとの窒素施肥量は文献値<sup>14)</sup>から割り出した。これらと同じく表-1に整理する。なお、本研究による1haあたりの堆肥重量は24.8t/年であり、利用重量を参考に算定した古谷ら<sup>7)</sup>の33.3t/年(0.6haあたり年間20t)の約3/4であった。

### 3. 結果と考察

#### (1) 現状の推計

分析の結果を図-3a, 表-2に示す。

需給比が1.0を超えている場合は受入が供給を上回っていることになり、生産される堆肥以上に受入可能性があるという結果となっている。180サブディビジョンのうち、105(58.3%)が1.0未満であった。単独で循環圏を形成するポテンシャルを有するサブディビジョンも存在するが、半数以上は供給過多になる可能性が高いことが示唆された。

その一方で需給比が3.0以上にもなるサブディビジョンも38(21.1%)存在していることも明らかになった。供給過多のサブディビジョンと供給不足のサブディビジョンは混在していること、対象地域内の全てのサブディビジョンで生産・消費される堆肥の需給バランスは1.465であったことから、サブディビジョン同士の連携により、循環圏の構築が実現されるポテンシャルはあることが示唆された。なお、この値は、バランガイ・ホーリースピリットにおいて堆肥利用は生産の約4倍のポテンシャルがあったとした古谷ら<sup>7)</sup>の値に比べて低い。その理由として、窒素施肥量を参考としたことで1haあたりの堆肥受入量が少なく算定されていること、また古谷ら<sup>7)</sup>はバランガイの全人口・空地で検証している

のに対して、本研究ではサブディビジョン内だけを対象としているという違いがあるためと考えられる。

次に、バランガイ毎にサブディビジョンが連携した場合の需給バランスを表-3に示す。7カ所中4カ所で、需要が供給を下回る可能性が高いことが示された。

また、現状では、堆肥化処理はMRFが主に行っており、概ねバランガイの中心に1カ所設置されているのみであり<sup>15)</sup>、サブディビジョンによっては長距離輸送が必要になる可能性がある。MRFまでの距離を代替するものとして、各サブディビジョンとバランガイの重心間距離を算定した。New Eraをのぞいた全てのバランガイで、重心から各サブディビジョンまでの平均距離は500m以上であった。また、バランガイの重心から最も近いサブディビジョンまでの距離となる最小距離ですら200mを超えているバランガイは4カ所と半数以上であった（表-3）。

東南アジアの都市で「抵抗無く歩ける距離」は100~200mであるとの指摘もある<sup>16)</sup>。これをふまえると、いずれのバランガイも車で回収することが必要になると考えられるが、車で回収する場合、回収率が低減する<sup>17)</sup>。以上を踏まえると、バランガイの中心部に1カ所堆肥設備を設置するという現状の施策をふまえて検討する場合、バランガイ毎にサブディビジョンが連携する場合でも、現実的には、循環圏の構築につながらない可能性が高いと考えられた。

表-2 需給バランスランク別にみたサブディビジョン数

	現状の推計		将来ポテンシャル	
	サブディビジョン数	%	サブディビジョン数	%
10.0以上	11	6.1	16	8.9
3.0以上10.0未満	27	15.0	30	16.7
1.0以上3.0未満	37	20.6	47	26.1
0.5以上1.0未満	27	15.0	40	22.2
0.5未満	78	43.3	47	26.1

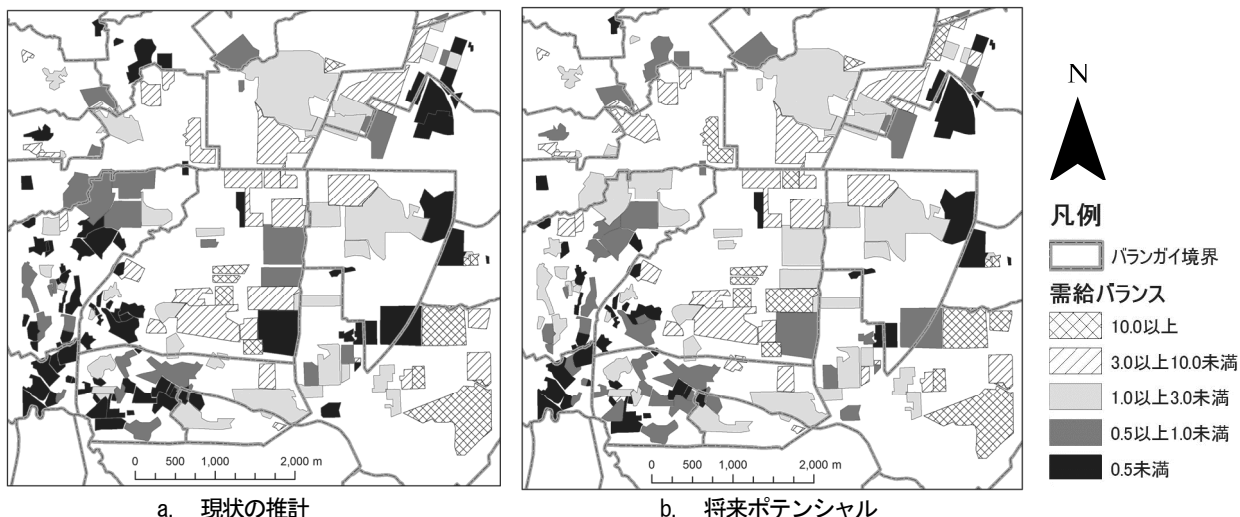


図-3 サブディビジョン別にみた需給バランス

表-3 バランガイ別にサブディビジョンが連携した場合の需給バランス、並びに、サブディビジョンとバランガイの重心間距離

	人口 (千人)	サブディビジョン数	需給バランス		距離		
			現状の推計	将来ポテンシャル	平均(m)	最大(m)	最小(m)
Culiat	49.6	28	0.819	1.241	644.7	1220.3	31.6
Fairview	30.3	6	2.845	4.014	677.8	1264.5	159.0
Holy Spirit	89.5	8	0.915	1.203	717.8	1151.7	266.6
New Era	5.5	3	1.126	1.417	355.9	505.4	259.1
New Era (Constitution Hills)	109.7	3	0.203	0.307	582.0	760.7	302.8
Pasong Tamo	64.7	4	2.402	3.114	517.3	679.7	347.1
Santa Lucia	18.7	36	0.358	0.936	1028.4	1788.3	167.9

## (2) 将来ポテンシャル

また現状で菜園利用されていないと想定される空地の農地利用を推進した場合の需給バランスについても算定した結果、1.0 未満のサブディビジョンは 87 (48.3%) と、多少は減少するものの、半数近くのサブディビジョンが供給過多になる傾向が示された (図-3b, 表-2)。需給バランスが低いサブディビジョンの多くは、建物が密集した都市的土地利用が卓越している状況であり、受入先となりうる空地自体が元々少ないことによると考えられる。また、バランガイごとにサブディビジョンが連携した場合についても、現状の推計で 1.0 を下回った 4 つのバランガイのうち 2 つは、依然として需要が供給を下回ることがわかった (表-3)。

これらより、空地における農業を振興するといった都市農業施策の推進によって、需給バランスをある程度改善することは出来るが、サブディビジョンを通じた地域循環圏の構築に向けては、それだけでは十分な対策にならない可能性が高いと考えられた。

## 4. まとめと今後の課題

本研究では、フィリピンのマニラ首都圏を対象として、空地の農地的利用による環境負荷軽減にむけた循環システムの構築の可能性と、実現に向けた方向性を、窒素を媒介とした需給バランスの観点から、サブディビジョンとバランガイの二つの空間スケールについて考察した。解析の結果、各サブディビジョンの需給バランスについてみた場合、半数以上のサブディビジョンでは単独で循環圏を構築しえない可能性が高いことが示された。また、同一バランガイ内に属するサブディビジョン同士が連携する場合、現状で展開されている堆肥設備の導入のような対策では、循環圏の構築につながらない可能性があること、農業振興施策の展開により空地の菜園利用を推進した場合でも、各サブディビジョン内やバランガイ内のサブディビジョンの連携による地域循環圏の構築には十分とはいえないことが示唆された。

今回の調査では、地域循環圏の構築に向け、現状と可能性について定量的な面から把握を試みたが、生ゴミの回収や堆肥利用を現実化するには、HOA や空地の所有者、空地における菜園利用者の理解・協力を得ることが不可欠である。これらの各主体の社会的関係も実現可能性に大きな影響を与えると想定され、住民・土地所有者の意識調査や、各主体間の関係性など、さらなる社会調査も必要であると考えられる。また、図-3 にみられるように、供給不足になるサブディビジョンと供給過多になるサブディビジョンが、バランガイを超えて隣接している箇所も存在しており、循環圏構築に向けてはバランガイを超えた連携を視野も入れることも可能と考えられる。バランガイを超えた取り組みをした場合、どの程度需給バランスやアクセス性が向上するかについての定量的把握も、今後期待される。

謝辞: 本研究は、旭硝子財団研究助成 (No.2010-72) ならびに日本学術振興会の最先端・次世代研究開発支援プログラム (課題番号 GZ005) の支援を受けて実施された。ここに記して感謝の意を表する。

## 補注及び引用文献

- 1) Murakami, A., Zain, A.M., Takeuchi, K., Tsunekawa, A. & Yokota, S. (2005): Trends in urbanization and patterns of land use in the Asian mega-cities Jakarta, Bangkok, and Metro Manila. *Landscape and Urban Planning* 70, 251-259.
- 2) Hara, Y., Ogasawara, T., Palijon, A.M. and Takeuchi, K. (2007): Quantitative and qualitative characteristics of greenery in suburban residential districts of Metro Manila. *Proceedings of International Symposium on City Planning*, 418-427.
- 3) 社団法人海外環境協力センター (2004): 廃棄物分野における国際協力のあり方 配慮すべき基本的事項について: 廃棄物分野国際協力研究会, 58pp.
- 4) 高橋裕・加藤三郎・武内和彦・安城哲三・和田英太郎 (1998): 「岩波講座地球環境学 8 地球環境と巨大都市」, 岩波書店, 290pp.
- 5) 小島道一 (2008): アジアにおけるリサイクル: アジア経済研究所, 382pp.
- 6) 武内和彦・原祐二 (2006): アジア巨大都市における都市農村循環社会の構築. *農村計画学会誌*, Vol. 25, No3, 201-205.
- 7) 古谷 崇・原 祐二・村上 暁信・パリホン アルマンド・横張 真 (2009): マニラ首都圏郊外における有機性廃棄物の処理実態とその地域内循環の可能性: *ランドスケープ研究* 72, 719-722.
- 8) Hara, Y., Murakami, A., Tsuchiya, K., Palijon, A.M. and Yokohari, M. (2013): A quantitative assessment of vegetable farming on vacant lots in an urban fringe area in Metro Manila: Can it sustain long-term local vegetable demand?. *Applied Geography* 41, 195-206.
- 9) ここでのサブディビジョンの定義は村上ら (文献 10) の定義に準ずる。
- 10) 村上 暁信・渡辺 祐也・原 祐二・横張 真・パリホン アルマンド (2010): メトロマニラ郊外部のサブディビジョン開発地域における空地の分布と利用状況に関する研究: *ランドスケープ研究* 73, 607-610.
- 11) サブディビジョンが複数のバランガイにまたがる場合は、バランガイごとに建物数の算定・人口推計し、サブディビジョンごとに集計した。
- 12) 解析の対象には、総面積の 8 割以上が調査対象地域に含まれるサブディビジョン・バランガイを対象としている。
- 13) このとらえ方は Hara ら (文献 8) の定義に準ずる。
- 14) PUVeP (2008): Philippine allotment garden manual - With an introduction to ecological sanitation. Periurban Vegetable Project. Xavier University, College of Agriculture, Cagayan de Oro City, Philippines, 104pp.
- 15) Environmental Protection and Waste Management Department (2007): Program Evaluation Sinop Basura Sa Barangay A Community-Based Solid Waste Management Program for Quezon City, 8pp.
- 16) 岡 並木 (1981): 『都市と交通』, 岩波新書, 東京, 223pp.
- 17) Hara, Y., Furutani, T., Murakami, A., Palijon, A.M. and Yokohari, M. (2011): Current organic waste recycling and the potential for local recycling through urban agriculture in Metro Manila. *Waste Management & Research* 29, 1213-1221.