

東京における都市農業の産地形成と多面的機能への展開 - 食料・水・エネルギーの観点から -

岸本慧大*・巖網林**

Geographical Structure of Production and Multiple Functions of Urban Agriculture in Tokyo - Perspective from Food-Water-Energy -

Keidai Kishimoto*, Wanglin Yan**

This study aims to show spatial characteristics of vegetables production in urban agriculture in Tokyo from the perspective of food-water-energy. We analyzed inputs and outputs of food, water and energy such as fuel for greenhouse, life-cycle energy and water for fertilizer and pesticide, vegetable production and its energy and water. As a result, in the near of city center, the result showed the variety of the structure in inputs and outputs, however, it tended to consume more water and energy and produce leafy vegetables. In the cities within 20-30 km from JR Yamanote Line, almost all cities resulted in the average structure, however, some cities reflected its characteristic vegetables production. In the suburbs over 30 km, some cities resulted in the average structure, others such as Hachioji and Ome cities showed the structure by business-like cultivation. It is expected that the integrated evaluation will be useful for the conservation and promotion of urban agriculture in terms of multiple functions and environmental load.

Keywords: 環境負荷 (environmental load), 多面的機能 (multiple function), 地域特性 (regional characteristics), 食料・水・エネルギー (Food-Water-Energy)

1. はじめに

2015年に都市農業振興基本法が制定され、都市内部の農地は「宅地化すべき」土地から都市に「あるべき」土地へと方針が転換された(農林水産省, 2016). 高度経済成長期にあたる1968年の都市計画法は宅地需要を優先していたものの、その後になって優良な都市環境が希求されるようになり、都市内部に緑地が求められるようになった。また、都市農業(Urban Agriculture)は、生態・社会・経済にわたって(Peng et al., 2015), 農業生産のみならず、雨水浸透機能や食育, などの多面的機能を提供していることが次第に明らかにされてきた(Lovell, 2010; 東, 1995). 日本の都市は伝統的に多くの農地が残されており(飯塚ほか, 2019), 同法ならびに都市農業振興基本計画では、都市農業を活用して、「環境共生型の都市」を目指していくことが明示されている(農林水産省, 2016).

東京大都市圏の都市農業は、都市化、地域特性、多面的機能の観点から、多様に発展してきた。例え

ば、都市化に伴う近郊農業化によって土地利用競合や他地域との生産性競合が生まれ(尾留川ほか, 1967), 都市の外延化に伴って野菜の生産構造は変容してきた(張, 1994). また、東京都では江戸東京野菜や地域ブランド野菜を普及・保全する活動を行っており、江戸川区では小松菜の産地形成(石原, 2015), 稲城市では多摩川梨の産地形成(山村・浦, 1982; 林, 2013)などがなされてきた。多面的機能が地域の特性に合わせて発展してきた様子は、練馬区の事例(鷹取, 2000), 小平市における交流形態に着目した事例(飯塚ほか, 2019), 立川市における都市の農村空間の商品化の事例(菊地・田林, 2016)などで明らかにされてきた。

ところが、こうした都市農業の多様な発展の一方で、園芸栽培や資本集中による高収益栽培、機械による商業的栽培も行われている。手放しに都市農業が推進されるのではなく、十分に吟味することが必要なのではないかというのが本研究の課題意識であ

* 学生会員 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 (Keio University)

〒252-0882 神奈川県藤沢市 5322 E-mail : keidai@keio.jp

** 正会員 慶應義塾大学環境情報学部 (Keio University)

る．ところが、都市農業が持続可能性にもたらす多面的機能と環境負荷を定量的に示した研究は数少ない(Sanyé-Mengual et al., 2018)．

そこで既往研究を概観すると、都市農業に携わる人への聞き取りや市民とのワークショップなどで、空間の再利用や食品輸送の短縮などのメリットと同時に、水の大量消費や地域の状況に対応していないこと、土壌管理などが環境負荷への不安として挙げられている(Sanyé-Mengual et al., 2019, 2018)．そこで環境負荷について定量的に評価した研究では、ボストンにおけるトマトとレタスを対象としたところ、都市農業が必ずしも炭素削減につながらないと指摘されている(Goldstein et al., 2016)．また、中国の北京近辺を対象とした研究では、伝統的農業とデリバリーを前提とした都市農業のカーボンフットプリントは、後者のほうが高いことが分かった(Hu et al., 2019)．このような持続可能性に対する都市農業のインパクト評価は、環境の側面ではほぼほとんどがライフサイクルアセスメント(LCA)やカーボンフットプリントによって評価されてきたが(Sanyé-Mengual et al., 2018)，その多くがエネルギー消費が中心の評価手法であった．

ところで、食料・水・エネルギーは持続可能性の中心的存在であり(Liu et al., 2018)，そのつながりを可視化し管理することが重要視されている(Hoff, 2011)．この食料・水・エネルギーからのアプローチは、多くの研究に適用されてきたが、都市農業の定量的評価にはまだ適用されていない．都市農業には、水の消費やエネルギー消費への懸念と、多面的機能における水の土壌浸透や多品目栽培などといった、環境への利点・影響が見られる．これまで、食料・水・エネルギーの関連性に焦点を当てた可視化は行われてこなかった．

そこで本稿では、本研究の初歩的段階として、都市農業における農作業や資材量、収穫などを対象に、使用するエネルギーならびに水の量、生産される食料と同時に供給されるエネルギーならびに水の量を算出し、地域ごとの営農状況や産地形成との関係性を検証する．これにより地域の産地形成を主軸とした多面的機能の展開の方針付けになる．

2. 手法

2.1. 食料・水・エネルギーの存在量とフローのインベントリ

第一に、都市農業を取り巻く食料・水・エネルギーをインベントリする．農業を LCA の観点から評価した研究や(Hu et al., 2019; 小林・佐合, 2001; 西菌・茂木, 2007), 東京都による施肥基準(東京都, 2003)を参考に、投入(input), 支出(output)の関係性を整理した．ここでは、input は肥料の製造に係るエネルギーや水、output は食料と含有されるエネルギーと水を指す．

利用したデータは、農林業センサスをはじめとするセンサスデータならびに、既往研究やデータベースである．農林業センサスは、集計単位が大きいことや秘匿化処理が適宜なされているため、規模が小さい都市農業の実態を把握することが難しい．そこで、生産量や作付面積は東京都あるいは一部自治体が独自に集計した東京都農作物生産状況調査を利用した．また、農地面積やビニールハウス・ガラス室などの一部データについても、農林水産省の取りまとめよりも小さい集計単位で取りまとめている東京都公表のものを利用している．その他、表 1 のとおりにデータを収集した．

2.2. Input と Output の算出

食料・水・エネルギーのそれぞれ多面的機能と環境負荷について、製造過程の原単位、使用量の原単位、作付面積、などからその量を算出する．本稿では、使用するエネルギーならびに水の量、生産される食料と同時に供給されるエネルギーならびに水の量について算出する．

2.3. 対象地域の設定

対象地域は東京都の全 23 区と全 26 市と設定した．なお都市農業の定義は、平面的定義として「都市」の意味合いを問うものや、垂直的定義として「農業形態」を問うものがある．前者は、地理学の多くの研究で市街化区域内の農地を都市農業と扱うケースが多いが、その範囲は都市の実態を反映したものではなく(鷹取, 2000)，データの都合上等で行政境界を用いるケースもある．本研究においても区市よりも解像度の高いデータを得ることが困難であるこ

表 1 使用したデータ

項目		出典	年
機能	農地	農林業センサス(東京都集計)	2015
	作付面積・生産量	東京都農作物生産状況調査	2013
環境 負 荷	品目別エネルギー・水原単位	食品成分データベース	
	品目別農薬使用量原単位	経済産業省	2016
	農薬に係るエネルギー・水原単位	西菌ほか, 2007; Natalia et al., 2016	
	品目別施肥基準原単位	東京都	2003
	肥料に係るエネルギー・水原単位	小林ほか, 2001 (N, P205); Chen et al., 2018 (K20); 西菌ら, 2007 (堆肥); 泉澤ら, 2002 (堆肥)	
	ビニールハウス・ガラス室 施設に係るエネルギー・水原単位	農林業センサス(東京都集計) 西出, 1990; 日本政策金融公庫農林水産事業本部, 2017	2015
地域 特 性	歴史的変遷・伝統野菜	既往研究(地域に基づく)	

とから, 区市の行政境界を用いた集計単位を採用し, 区市全体を対象地域としている。また, 垂直的定義については, 日本では伝統的に多くの農地が残されていることもあり, 一般的な露地栽培と施設園芸を対象とする。

3. 結果

3.1. 投入されるエネルギー

都市農業における投入エネルギーとして, 肥料 (N, P, K, 堆肥), 農薬, 園芸栽培が挙げられた。区市ごとの投入エネルギーの内訳と, 収穫量あたりのエネルギー量を示したのが図 1 である。園芸施設がほとんどの区市で最も大きい割合を示し, おおよそ堆肥, 農薬, N, P, K と続いた。

区部では, 地域ごとに大きな差があること, 収穫量あたりのエネルギー量が大きい区がいくつかあることが特徴である。特に比較的農業生産量が多い足立区や江戸川区, 世田谷区などが当てはまった。他方で練馬区は東京都内でも有数の収穫量を誇る地域だが, 収穫量あたりのエネルギー量は小さい。

市部のうち 20-30km に位置する地域は, 比較的どの地域も似たような組成となった。ただし府中市は

園芸施設の割合が特に高く, 収穫量あたりのエネルギーが大きい。反対に稲城市は園芸施設の割合が小さく, 収穫量あたりのエネルギーが小さいことが特徴である。

30km より郊外においては, 肥料や農薬が占める割合が大きく, 反対に園芸施設の割合が小さくなった。収穫量あたりのエネルギーも低い傾向にある。地域の中でも特に生産量が多い八王子市や青梅市でその傾向は顕著である。

3.2. 投入される水

日本の農業のうち畑作の多くは灌漑を行っておらず, 畑地灌漑を行っているものは少ない。そこでここでは, 直接利用する水として園芸栽培のみで灌漑がおこなわれているとした。また間接的な水の利用として, 肥料(N, P, K, 堆肥)と農薬製造過程の使用水量を計算した。区市ごとの投入水の内訳と, 収穫量あたりに投入される水の量を示したのが図 2 である。

エネルギーと同様に, 区部は地域ごとの最が比較的大きいことが特徴である。足立区では, 園芸施設, 堆肥, P の割合がほかの地域に比べて大きく, 反対に N の割合が小さい。収穫量あたりに水を多く利用

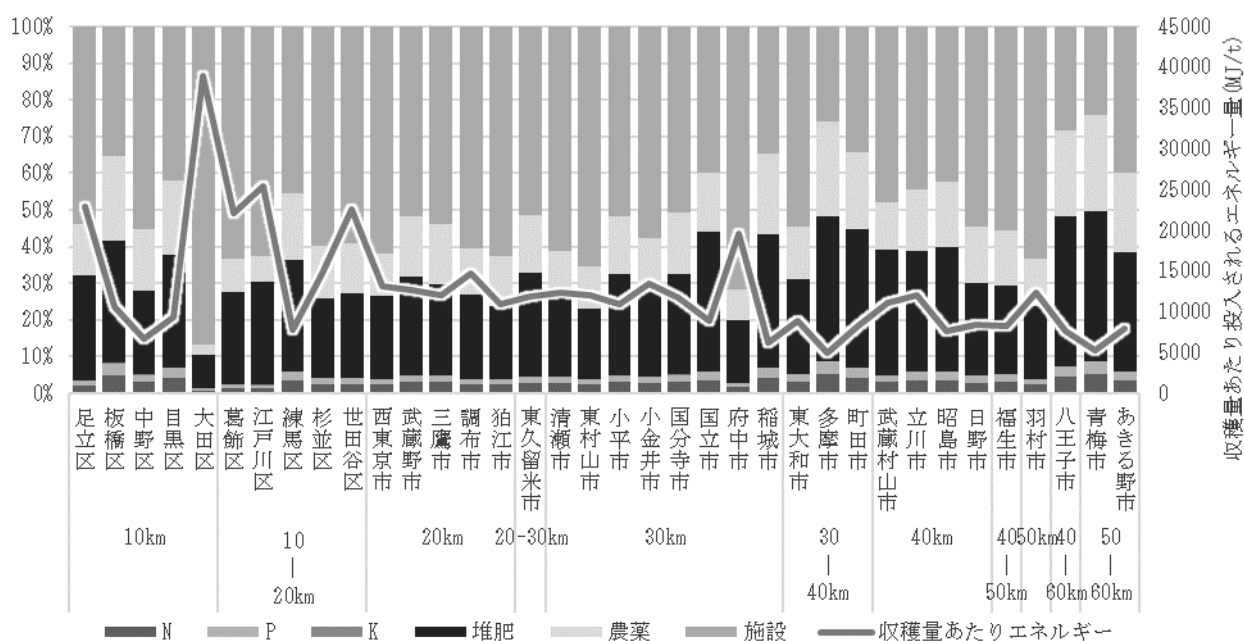


図1 投入エネルギーの内訳と収穫量あたりの投入エネルギー量

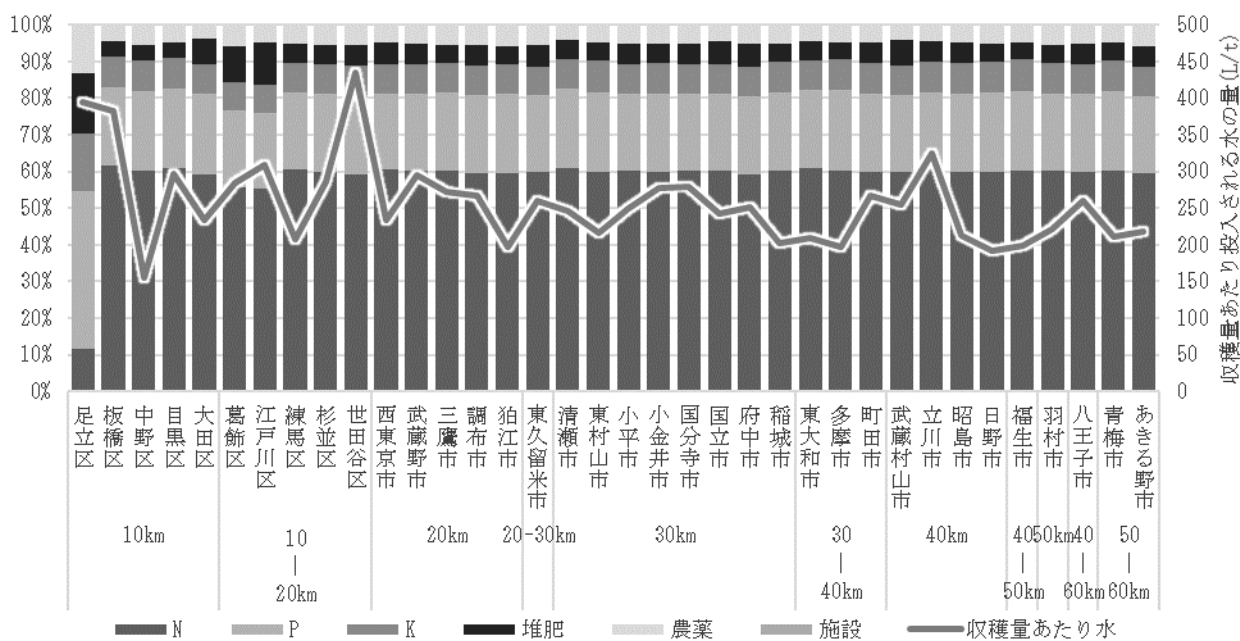


図2 投入された水の内訳と収穫量あたりの投入された水の量

することも特徴である。世田谷区や板橋区は、水消費の内訳の組成はほかの地域と大きな差はないが、収穫量あたりに必要な水の量が大きい。

市部においては、水消費の内訳の組成に大差はない。ただし立川市においては収穫量あたりの水の量が大きい一方、東大和市や日野市、福生市などを

はじめ、30-50km 圏内の市でやや低い値を取る傾向にあった。

3.3. エネルギーベースでみた食料生産

図3は、生産される野菜をエネルギーベースで示したものである。文部科学省が提供している食品成分データベースをもとに試算した。この試算により、

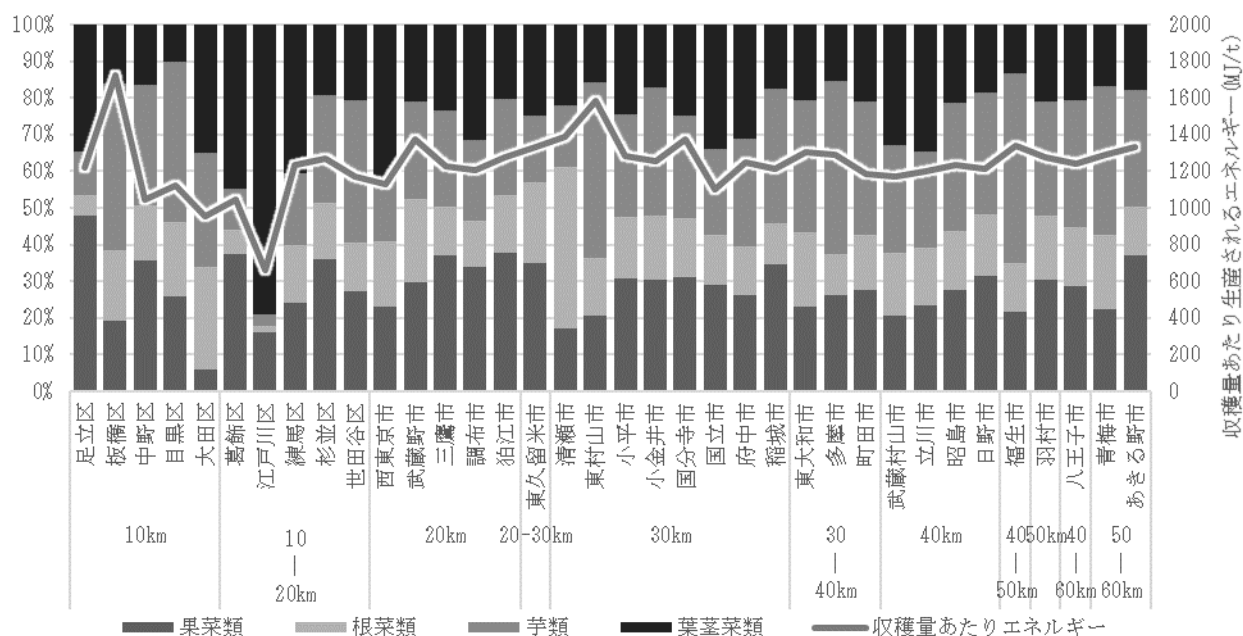


図3 生産されたエネルギーの内訳と収穫量あたりの生産エネルギー量

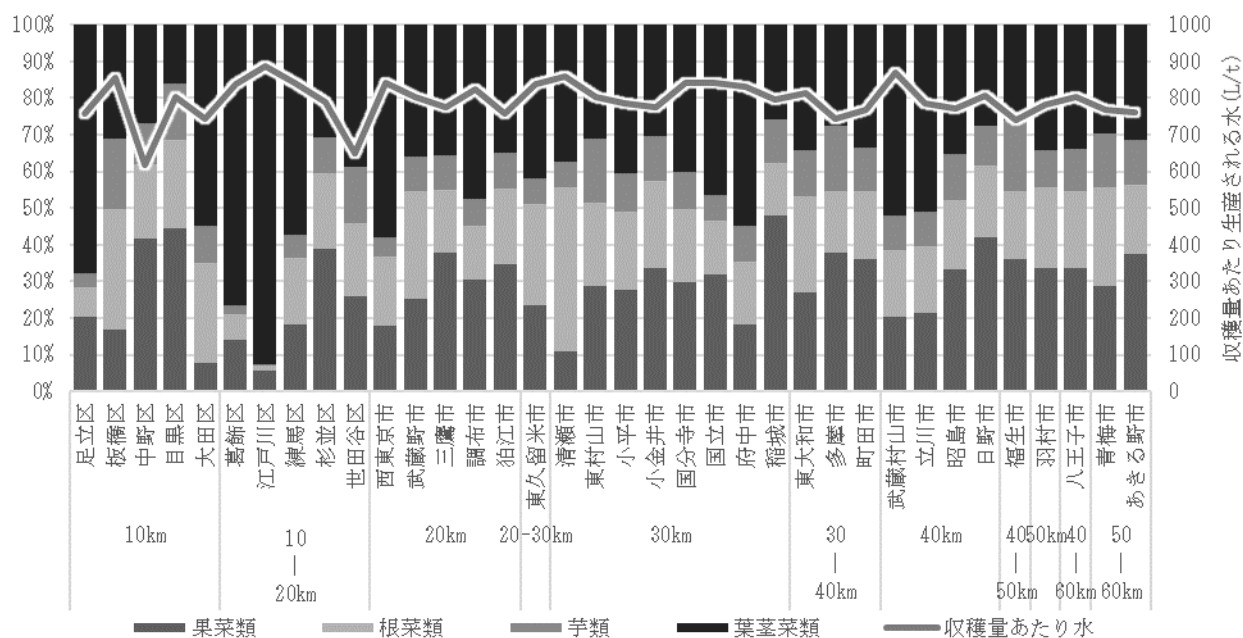


図4 生産された水の内訳と収穫量あたりの生産された水の量

各地域でどのような野菜が生産されているのかが可視化される。

ここでも、区部は地域ごと差異が顕著に示された。江戸川区、葛飾区、練馬区などでは葉茎菜類が大きい割合を占めた。また、江戸川区、葛飾区、目黒区などは収穫量あたりのエネルギー量が低い地域であ

った。

20-30km 圏内の市部は、おおむねどの市も似たような結果を示したが、西東京市や清瀬市、東村山市は特徴的な結果を示している。西東京市は、葉茎菜類の割合が40%におよび、練馬区や葛飾区に匹敵する高水準であった。清瀬市は、根菜類の割合が大き

く、都内で最大となっている。他方で東村山市は芋類の割合が非常に大きい。

30km より郊外の地域では、大きな特徴を示す市はあまりない。全体的に芋類が 30km より都心の地域に比べると大きい傾向にある。

3.4. 水ベースでみた食料生産

図 4 は、生産される野菜に含まれる水分量の内訳と、収穫量あたりの水分量を示したものである。

ここでも、区部は地域ごとの差異が大きい。また足立区、葛飾区、江戸川区はエネルギーと同様に葉茎菜類の割合が大きい。収穫量あたりで見ると大きな特徴は見られない。

市部においても、都心からの距離による違いは明瞭ではないが、いくつか特徴的な結果を示す市が見られた。西東京市や府中市は葉茎菜類が大きく、清瀬市は根菜類、稲城市は果菜類がそれぞれ大きい。また 30km より郊外では、武蔵村山市や立川市において葉茎菜類が大きくなった。

4. 考察とまとめ

3 章では、使用するエネルギーならびに水の量、生産される食料と同時に供給されるエネルギーならびに水の量が、地域によって異なることが示された。得られた結果として、主に以下の点があげられる。

- ① 区部においては地域ごとの差異が顕著に現れた。特に足立区、大田区、葛飾区、江戸川区、練馬区、世田谷区は、それぞれ特徴的な結果を示している。
- ② 20-30km 圏内にある市では、地域ごとの差異は比較的小さく、平均的な結果を示していた。ただし、生産における水やエネルギーにおいて、西東京市や清瀬市、東村山市、府中市が特徴的な結果を示している。
- ③ 30km より郊外においては、区部ほどではないが地域ごとの差異が見られる。

4 章では、これらの結果をもとにして、産地形成ならびに多面的機能の展開について考察する。さらに今後の研究の課題として、統合的評価に向けての取り組みを考察する。

4.1. 産地形成

①の結果は、都心部が消費の中心地に近接していることを活かして、コマツナ(石原, 2015)をはじめとした軟弱野菜の栽培や、花卉(足立区, 2011)の栽培などが行われていることが反映されていると考えられる。これらはハウスによる栽培管理が行われることで商品価値を高めることができる。また、肥料の投与も積極的である。このように、鮮度が重視され商品価値の高い軟弱野菜や花卉が、資本投下によって生産性の高い環境下において栽培されている様子が、水やエネルギーの投入・生産の結果に反映されていると考えられる。ただし、都心部は農業規模が小さいため、地域によっては極端な値を取ることがあったと考えられる。

②の結果は、市部東部の多くが似たような環境に位置することが反映されたと考えられる。地域の大部分が武蔵野台地上に位置し、都心から電車で 30 分以内に到達できるベッドタウンになっている。ただし特徴的な市として挙げられた地域は、その中でも特異な産地形成が行われており、清瀬市におけるニンジン生産、東村山市におけるサツマイモなどが反映された。

③の結果は、武蔵村山市や立川市といった比較的中心地に近い地域と、八王子市や青梅市といった生産量が多い地域で、営農状況の違いが大きく反映されている。中心地に近い地域は、10-30km 圏内の都市と似たような結果が示されたが、八王子市や青梅市は、都内のなかでは粗放的な生産であることが反映されている。

都心ほどエネルギーや水を多く消費することで葉茎菜類の生産など軟弱野菜を生産し、広く市部で果菜類など、郊外はエネルギーや水の消費が少ない芋類の生産などが行われている。また、地域ごとに特徴のある野菜を生産し、その地域に独自の産地を形成している区市がいくつかあり、それを反映して得意な食料・水・エネルギーのフローが見られた。

4.2. 統合的評価に向けて

4.1 における産地形成と食料・水・エネルギーの関係により、環境負荷や多面的機能に対する都市農業のパフォーマンスを可視化することができるように

なる。例えば区部における多くの資本を投下した営農は、水やエネルギーを地域外部に依存しており高い環境負荷がある一方、鮮度が高い野菜を生産する多面的機能の一つを供給する。一方、主に郊外で行われる芋類の栽培においては、園芸施設などによる環境負荷が小さい一方より広い地域に商品が輸送される必要がある。このように、インプットとアウトプットに見られる様々な指標の中に、依存関係、相乗関係、相殺関係、代替関係などが指摘できる。

しかしながら本稿では、雨水浸透機能や残渣などといった一部指標に対する評価が行われていない。また食料・水・エネルギーのうち、食料と水の相互関係については十分に検討されていない。相互関係を測る指標はフットプリント指標などで提案されているものの、利用可能性については検討の余地が大いにある。データをより多岐にわたって収集し解析すること、異なる集計単位である食料・水・エネルギーについて統合的な指標から評価することが今後の課題となる。

謝辞

本稿は、東急財団調査・試験研究・活動助成金「都市農業評価のための食料・水・エネルギーネクサスモデリング：多摩川流域を対象として」（代表者：岸本慧大，課題番号 No. 2020-219）ならびに JST ベルモント・フォーラム国際共同研究「可動型ネクサス：デザイン先導型都市食料・水・エネルギー管理のイノベーション（M-NEX）」（代表者：巖網林，課題番号 No. 11314551）による研究成果の一部である。ここに記して謝意を示す。

参考文献

東正則（1995）農地は緑地か。「都市問題」，**86**（12），41-52。
足立区（2011）あだち都市農業振興プラン（中間見直し）：地域と共生し、協働して育む産業・都市農業あだち。
飯塚遼・太田慧・菊地俊夫（2019）都市住民との交流を基盤とする都市農業の存続・成長戦略：東京都小平市の事例。「地学雑誌」，**128**（2），

171-187。

石原肇（2015）東京都江戸川区における市場出荷型コマツナ産地の存続戦略。「地球環境研究」，**17**，83-100。

泉澤啓・佐藤好克・斎藤善則・高橋正弘（2002）畜産系堆肥化施設のLCAによる評価について。「宮城県保健環境センター年報」，**20**，98-102。

菊地俊夫・田林明（2016）東京都多摩地域における農村空間の商品化にともなう都市農業の維持・発展メカニズム：立川市砂川地区を事例として。「E-Journal GEO」，**11**（2），460-75。

小林久・佐合隆一（2001）窒素およびリン肥料の製造・流通段階のライフサイクルにわたるエネルギー消費量とCO2排出量の試算。「農作業研究」，**36**（3），141-151。

鷹取泰子（2000）東京近郊における都市農業の多機能性システム：東京都練馬区西大泉地区を事例として。「地学雑誌」，**109**（3），401-417。

張貴民（1994）東京大都市圏における野菜生産の地域的展開。「地理科学」，**49**（1），25-41。

東京都（2003）施肥基準。

西薗大実・茂木裕美（2007）野菜の生産・流通における環境負荷のLCA的考察。「群馬大学教育学部紀要 芸術・技術・体育・生活科学編」，**42**，145-157。

西出勤（1990）施設園芸における水利用実態と用水計画。「農業土木学会誌」，**58**（11），1109-1114。

日本政策金融公庫農林水産事業本部（2017）施設園芸（トマト）の規模と収益性に関する調査。

農林水産省（2016）都市農業振興基本計画。

林琢也（2013）東京都稲城市における農家直売所の経営特性：都市における「農」の役割を考える。「地域生活学研究」，**4**，25-36。

尾留川正平・山本正三・佐々木博・金藤泰伸・朝野洋一・高橋伸夫・斎藤功（1967）大都市圏における市街地農業の生態：東京西郊小金井市の事例。「地学雑誌」，**76**（5），229-256。

山村順次・浦達雄（1982）都市化地域における観光農園の動向：川崎市多摩川沿岸を例として。「新地理」，**30**（2），1-18。

- Chen, W., Geng, Y., Hong, J., Yang, D., Ma, X. (2018) Life cycle assessment of potash fertilizer production in China. *Resources, Conservation and Recycling*, **138**, 238-245.
- Goldstein, B., Hauschild, M., Fernández, J., and Birkved, M. (2016) Testing the environmental performance of urban agriculture as a food supply in northern climates. *Journal of Cleaner Production*, **135**, 984-994.
- Hoff, H. (2011) Understanding the nexus. *Background paper for the Bonn2011 Nexus Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus*. Stockholm.
- Hu, Y., Ji, Z., Xiangbin, K., Jin, S., and Yu, L. (2019) Carbon footprint and economic efficiency of urban agriculture in Beijing: a comparative case study of conventional and home-delivery agriculture. *Journal of Cleaner Production*, **234**, 615-625.
- Liu, J., Vanessa, H., Godfray, H.C.J., Tilman, D., Gleick, P., Hoff, H., Pahl-Wostl, C., Xu, Z., Chung, M., Sun, J., and Li, S. (2018) Nexus approaches to global sustainable development. *Nature Sustainability*, **1**, 466-476.
- Lovell, S. (2010) Multifunctional urban agriculture for sustainable land use planning in the United States. *Sustainability*, **2**, 2499-2522.
- Natalia, T., and Robert, M. (2016) Life-cycle assessment of neonicotinoid pesticides. *Journal of Fertilizers and Pesticides*, **7**(1).
- Peng, J., Liu, Z., Liu, Y., Hu, X., and Wang, A. (2015) Multifunctionality assessment of urban agriculture in Beijing City, China. *Science of The Total Environment*, **537**, 343-351.
- Sanyé-Mengual, E., Orsini, F., and Gianquinto, G. (2018) Revisiting the sustainability concept of urban food production from a stakeholders' perspective. *Sustainability*, **10**.
- Sanyé-Mengual, E., Specht, K., Grapsa, E., Orsini, F., and Gianquinto, Giorgio. (2019) How can innovation in urban agriculture contribute to sustainability? A characterization and evaluation study from five western European cities. *Sustainability*, **11**(15).