

東京都における廃棄物リサイクル促進政策のシミュレーション分析

筑波大学 野崎乃倫子*

筑波大学 盧克宇

筑波大学 水野谷剛

筑波大学 ヤバール ヘルムート

筑波大学 氷鮑揚四郎

廃棄物の排出は、社会経済活動に必要な天然資源の投入の結果である。そのため、単に廃棄物の発生を抑制することは、経済の停滞を招くことになる。そうではなく、経済活動に必要な天然資源の投入を極力抑えるためには、発生した廃棄物をそのまま埋立処分に流さず埋立処分に回す量を減らす、つまり廃棄物を経済活動内に戻すという循環が必要である。これをマテリアルリサイクル、エネルギー利用の両面から検討したより強固な確立によって、経済と環境のトレードオフ関係の改善が図られる。とりわけ韓国とも肩を並べるほどの経済力を有する東京都の社会経済活動は、環境に与える影響も大きい。特に、廃棄物の大量発生は廃棄物の埋立地問題となり、埋立残余容量の逼迫は今もなお大きな課題である。東京都内の消費活動は他地域からの流入物にも多く依存していることからその処理責任としても、排出される多量の廃棄物の徹底した活用による持続可能な資源利用は不可欠といえる。

そこで本研究では、地域経済規模の維持・拡大やマテリアルリサイクルの拡大及び温室効果ガス排出量の削減という経済・環境の両面に関する前提のもと、廃棄物リサイクルを促進する経済環境政策を解明することを目的とする。研究対象地域は東京都とし、廃棄物排出量の削減と温室効果ガス排出削減を主眼に、廃棄物のリサイクルに関してマテリアルリサイクルとエネルギー利用双方の徹底を図る。その際の新産業導入促進の効果を廃棄物排出税補助金による最適な政策を含めてモデルシミュレーションによって明らかにする。

モデルは、従来の産業連関モデルにマテリアルリサイクルとエネルギー利用で構成される新廃棄物処理産業を新産業として導入する。さらに新産業導入による循環型社会の一層の促進に関し詳細に分析するため、廃棄物フロー式及び温室効果ガスの総排出量を表す式、エネルギーフロー式を付加した拡大産業連関モデルとする。GRP(Gross Regional Product: 域内総生産)を目的関数とし、温室効果ガス排出量制約のもとで最大化問題として解くことで、循環型社会の一層の促進に向けた政策がいかであるべきか、定量的に分析する。

Simulation Analysis of Policy for Waste Treatment in Tokyo

Noriko NOZAKI* (University of Tsukuba)

Keyu LU (University of Tsukuba)

Takeshi MIZUNOYA (University of Tsukuba)

Helmut YABAR (University of Tsukuba)

Yoshiro HIGANO (University of Tsukuba)

Waste generation is the result of input of natural resources necessary for socio-economic activities. This means simply reducing waste discharged leads to economic stagnation. Rather, to minimize input of natural resources required for economic activities, we need to decrease amount going to landfill sites by not delivering it directly to final disposal, namely we need a cycle returning waste into economic activities. By firmly establishing this cycle through both material recycling and energy utilization, the trade-off relation between economy and environment will be improved. In particular, socio-economic activity in Tokyo has strong impact on environment same as countries like Korea. Enormous amount of generated waste has raised a landfill disposal problem, and the remaining capacity of final disposal sites is still in a crisis. Moreover, consumption in Tokyo area relies much on materials come from other region. Therefore, it is necessary to use sources sustainably by utilizing waste emitted thoroughly as responsibility for disposal.

The objective of this study is to clarify environmental economic policy for promoting establishment of sound material-cycle society subject to keeping or expanding the regional economic scale, and enhancing the amount of material recycling and reducing greenhouse gas (GHG) emissions. The study area is Tokyo Metropolitan city. We consider both material recycling and energy utilization and find out optimal policy for environmental quality and economic situation.

We construct an expanded input-output model with new waste treatment sector consists of material recycling and energy utilization. The model includes economic activity structure, the flow of waste and energy, and emissions of GHG. Gross Regional Product (GRP) is maximized as the objective function. We quantitatively analyze how much tax and subsidy on discharging waste is required for sound material-cycle society thoroughly.

Keywords: Input-Output analysis, waste, material recycling, energy utilization

東京都における廃棄物リサイクル促進政策のシミュレーション分析

筑波大学 野崎乃倫子[※]

筑波大学 盧克宇

筑波大学 水野谷剛

筑波大学 ヤバール ヘルムート

筑波大学 氷鉤揚四郎

1. はじめに

環境対策の必要性は世界的には森林の消失等自然環境の悪化から、日本では公害という人体への実害を契機に切に訴えられるようになった。いわゆる四大公害をもたらした高度経済成長期の日本社会は大量生産・大量消費・大量廃棄型社会であった。廃棄物の大量発生は廃棄物の埋立地問題となり、全国各地で海面埋立を拡大した。従来の生産、消費、廃棄の一方通行型の社会から循環型社会への転換で、経済活動を維持・発展させつつも環境の許容能力の限界を考慮する視点が重視されるようになったものの、埋立地の残余容量の危機は現在もなお続いている。

廃棄物の排出は、社会経済活動に必要な天然資源の投入の結果である。そのため、単に廃棄物の発生を抑制することは、経済の停滞を招くことになる。そうではなく、経済活動に必要な天然資源の投入を極力抑えるためには、発生した廃棄物をそのまま埋立処分に流さず埋立処分に回す量を減らす、つまり廃棄物を経済活動内に戻すという循環が必要である。これをマテリアルリサイクル、エネルギー利用の両面から検討したより強固な確立によって、経済と環境のトレードオフ関係の改善が図られる。特に、韓国とも肩を並べるほどの経済力を有する東京都の社会経済活動は、環境に与える影響も大きい[1]。加えて、東京都内の消費活動は他地域からの流入物にも多く依存していることからその処理責任としても、排出される多量の廃棄物の徹底した活用による持続可能な資源利用は不可欠といえる。

そこで本研究では、東京都を研究対象地域として、廃棄物のリサイクルを徹底した場合の経済、環境への影響を分析し、循環型社会の更なる推進の可能性を検討する。

2. 研究の目的・手法

本研究は、地域経済規模の維持・拡大やマテリアルリサイクルの拡大及び温室効果ガス排出量の削減という経済・環境の両面に関する前提のもと、循環型社会の形成を一層促進するための経済環境政策を解明することを目的とする。研究対象地域は東京都とし、廃棄物排出量削減と温室効果ガス排出量削減を主眼に、マテリアルリサイクルとエネルギー利用双方の徹底を図る。その際の新産業導入促進の効果を税補助金による最適な政策を含めてモデルシミュレーションによって分析する。

本研究では、東京都の産業、家計、公的部門の各経済主体による経済活動について、海外との輸出入及び他地域との移出入を含めて詳述されている競争・非競争混合型地域間産業連関表を用いる。新産業として廃棄物をマテリアルリサイクル及びエネルギー利用する新廃棄物処理産業を導入した上で、産業連関モデルを構築する。この際、廃棄物を単に処理し埋立処分等する従来廃棄物産業とエネルギー産業は、新産

業と競合関係にあるため別個の部門として扱う。モデルは GRP を目的関数とした最適化モデルである。これに、新産業導入による循環型社会の一層の促進に関し詳細に分析するため、廃棄物フロー式、温室効果ガス総排出量を表す式、エネルギーフロー式を付加させる。さらに線形計画問題に拡大した拡大産業連関モデルを構築し、コンピュータによるシミュレーション分析を行う。新産業の活動拡大は廃棄物排出税の徴収を財源とした補助金政策により行う。また、シミュレーションの際、温室効果ガス排出量を現状よりも削減するという制約を与える。この制約のもと、GRP の最大化問題を解くことで、最適な税率と効果を明らかにする。

3. 既存研究と本研究の位置づけ

環境経済政策に関する研究は数多く行われている。磐田ら[2]はバイオマスの特にか畜排せつ物に関して施策実施による多様な効果を定量化するためのモデルを開発し費用対効果の検討を行った。氷鉤[3]は環境問題の本質は「物質収支バランス原則」にあるとの認識のもと、物質収支と価値循環を考慮した線形エコシステムモデルによって環境付加価値税を導出した。その後の物質収支モデルをベースにした研究のうち廃棄物に関する研究として内田ら[4]や三橋[5]がある。両者とも主にバイオマスのエネルギー利用に着目しているが、循環型社会の形成促進を考える場合、エネルギー利用だけでなくマテリアルリサイクルされる廃棄物も含めて検討する必要がある。従って本研究では、廃棄物全般の活用の観点からエネルギー利用だけでなく廃棄物の埋立処分量の削減に焦点を当てる。

4. 東京都の現状調査

4.1 東京都温室効果ガス排出の現状

東京都環境局による最新のデータによれば、都内の温室効果ガス排出量は 2013 年度速報値で 7,010 万トン-CO₂換算であり、全国の温室効果ガス排出量のうち 5.0%を占める[6][7]。東京都では温室効果ガスの削減に関して「2020 年までに、東京の温室効果ガス排出量を 2000 年比で 25%削減する」という目標を掲げている[8]。これに対し、現状は 2000 年比で削減どころか増加している。2000 年の温室効果ガス排出量は 6,180 万トン-CO₂換算であり、2011 年の排出量からは約 28.6%、2013 年の排出量からは約 33.9%削減しなければ目標値に届かないというのが現状である。

図 1 によりエネルギー消費量とともにその推移をみると、2010 年まではほぼ同じような傾向を示していたが、2011 年以降は乖離していることが分かる。これは東日本大震災後、節電の気運が高まりエネルギー消費量は大幅に減少している一方で、原子力発電所の運転停止に伴い電力の二酸化炭素排出係数が高くなり、温室効果ガスの排出量は増加してしまっていることによるものであった。今後はいかにエネルギーの温室効果ガス排出係数を下げることが課題となる。

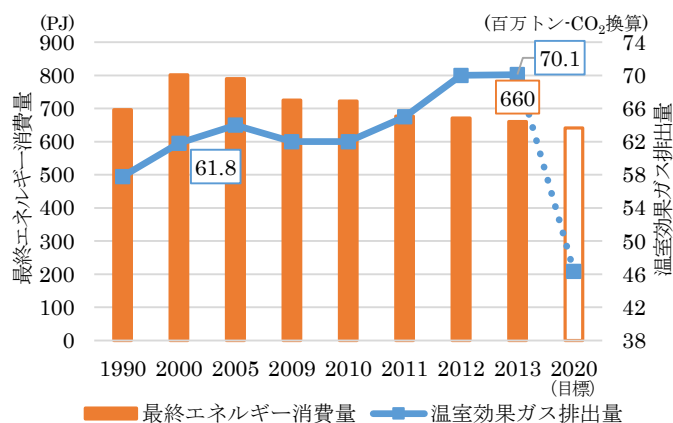


図1 都内の温室効果ガス排出量及びエネルギー消費量
(出所：東京都[6][7])

4.2 東京都の廃棄物の現状

4.2.1 廃棄物処理状況

図2は東京都内で排出された廃棄物の流れを示している。大部分が中間処理として焼却により減量化され、埋め立てられている。総資源化・再利用率が廃棄物排出量に占める割合を計算すると約27%であるが、多摩地域の一般廃棄物の総資源化率は約38%であり、東京都全体としてさらにリサイクル率を向上させる余地があると考えられる[11]。

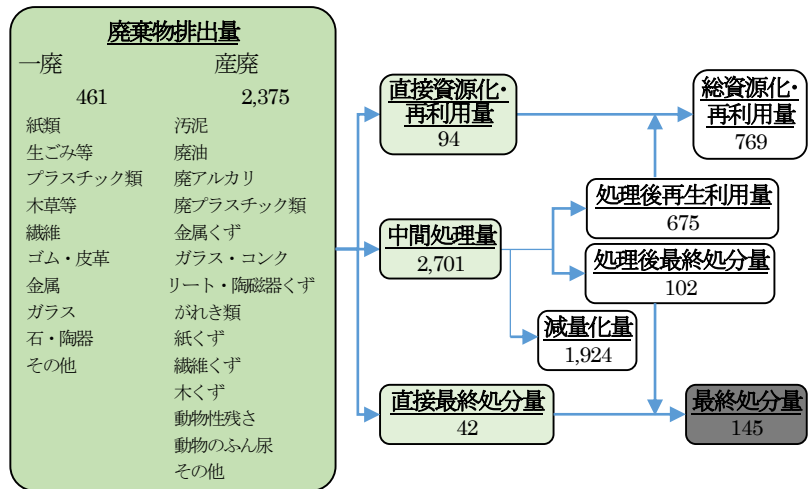


図2 都内の廃棄物の流れ (単位: 万トン)
(出所: 東京都[9]、環境省[10])

4.2.2 バイオマスの発生状況

東京都内のバイオマス年間発生量は、バイオマス活用推進計画に掲載されている日本全体の年間発生量をもとに関係する産業の生産額や事業所数、人口、廃棄物量等を用いて推計した。その結果を図3に示す。この値をもとにバイオマスの年間エネルギーポテンシャルを推計すると95,000TJであるとの結果が得られた。これは東京都の消費エネルギー量の14.4%に相当する[6]。

この廃棄物系バイオマスをエネルギーに転換する技術は様々開発されている。本研究では都内の実績を踏まえ、また、バイオマス活用推進基本計画や食品リサイクル法基本方針で再生利用手法として取り上げられており、かつ実証事業や実用化の進んでいる技術を中心に対象とする。

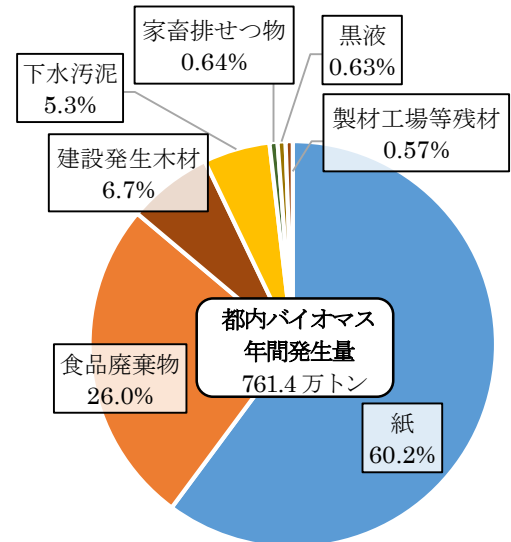


図3 都内発生バイオマスの組成
(出所: 環境省[10][14]、バイオマス活用推進会議[12]、農林水産省[13]、築城[15]、総務省[16][17]、東京都[18])

5. シミュレーションモデルの概要

モデルは従来の産業連関モデルに廃棄物をマテリアルリサイクルとエネルギー利用する新廃棄物処理産業を新産業として導入したものである。ここにさらに、廃棄物フロー式、温室効果ガスの総排出量を表す式、エネルギーフロー式を加えることで新産業の導入による循環型社会形成の一層の促進に関して詳細に分析する。

モデルの概要を図にすると以下のようなになる。モデル内の産業分類は、通常財・サービス産業、エネルギー産業、従来廃棄物処理産業、新廃棄物処理産業のマテリアルリサイクルとエネルギー利用の5つである。従来廃棄物処理産業と新廃棄物処理産業、また、エネルギー産業と新廃棄物処理産業のうちのエネルギー利用は競合関係にあるため、それぞれ別個に捉える。マテリアルリサイクルとしてガラス、紙、PETボトル、プラスチック、金属のリサイクルを考慮し、またエネルギー利用にはメタン発酵、合成ガス、木

質ペレット、炭化、エチルアルコール、バイオディーゼル、燃焼発電、スーパーごみ発電、燃料電池の9つを対象とする。この新産業の活動拡大を廃棄物の排出に対して課す税によって促進し、GRPの減退を招くことなく温室効果ガス排出量を抑制する政策を検討する。

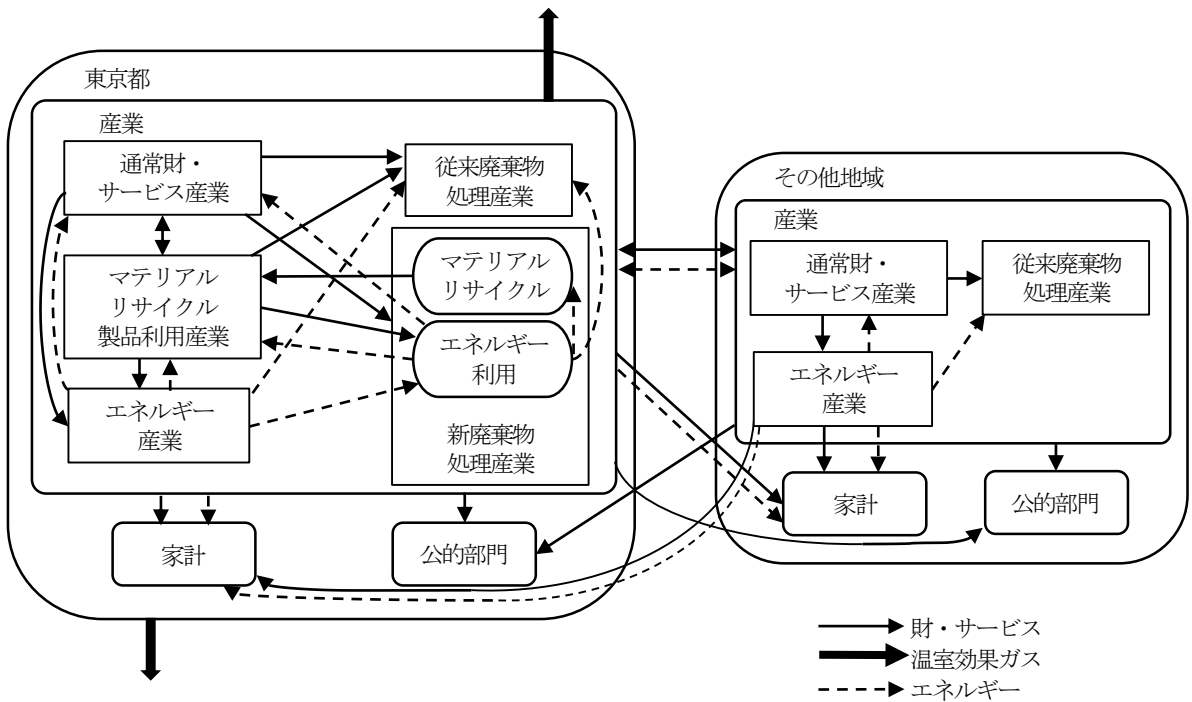


図4 通常財・サービス、エネルギー、温室効果ガスのフロー

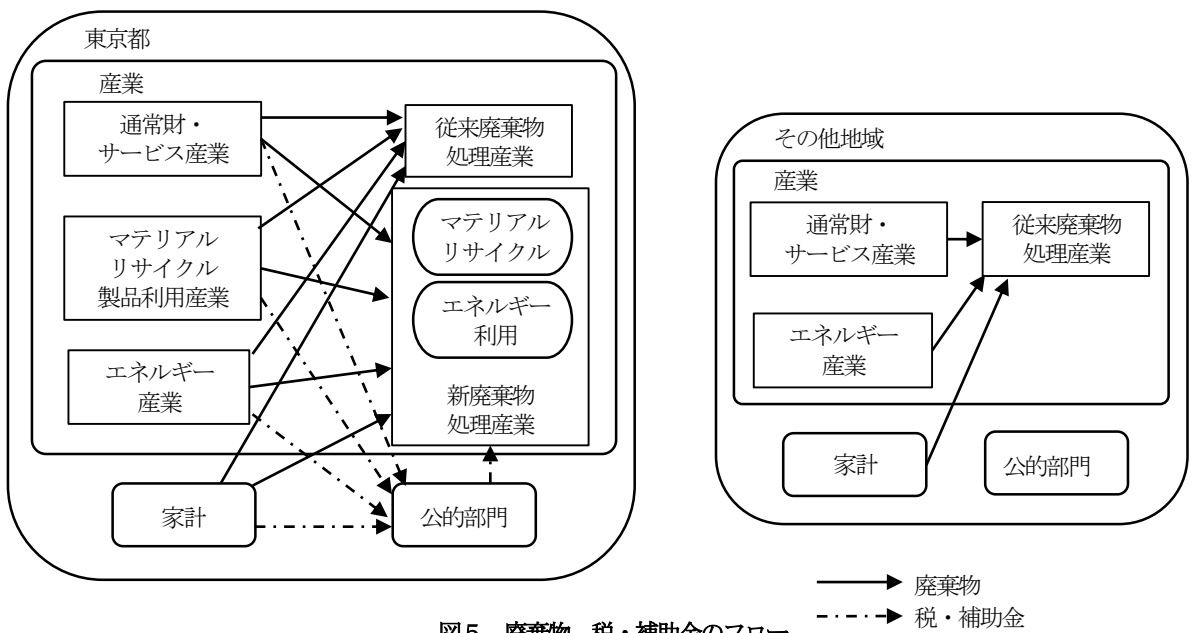


図5 廃棄物、税・補助金のフロー

シミュレーションは、ケース0（新産業なし）、ケース1（新産業あり、税補助金なし）、ケース2（新産業あり、税補助金あり）の3つのケースで行う。

6. シミュレーション結果

図6に GRP 及び GDP について温室効果ガス排出量制約を変化させた場合の変化を示す。温室効果ガス排出量制約を厳しくするにつれて GRP 及び GDP は減退するが、ケース1のほうが下がり方は緩やかである。また、ケース0では排出量制約-6%までしか解が得られなかったが、ケース1では-14.5%まで解を得ることができた。これらのことから、新産業の導入により減退の幅は抑制されることが明らかである。GRP に関しては、GHG 排出量2011年度比-8%までは経済活動を維持できることがわかった。

税補助金政策を導入した場合の生産額当たりの廃棄物排出量の変化を図7に示す。解を得たいずれの廃棄物排出税率でも GRP を維持できる-8%までに1を大きく下回る水準に達している。

以上より、東京都が掲げる温室効果ガス排出量目標の2011年度比-28.6%達成には及ばなかったものの、本研究で取り上げた廃棄物リサイクルの徹底だけでも一定のトレードオフ関係の改善効果が得られることがわかった。

7. まとめ

本研究では廃棄物のリサイクルによる徹底利用の経済、環境への影響を分析した。東京都を対象とし、廃棄物の利活用に焦点を当て、東京都及びその他地域の社会経済活動を考慮することができる地域間モデルを構築した。モデルには廃棄物のフロー、温室効果ガス排出、エネルギーフローを組み入れた。さらに温室効果ガス排出量制約をかけたことで、従来の単なる社会経済モデルではなく複雑に影響を及ぼし合う環境負荷を評価できるモデルを構築し、シミュレーションを行った。

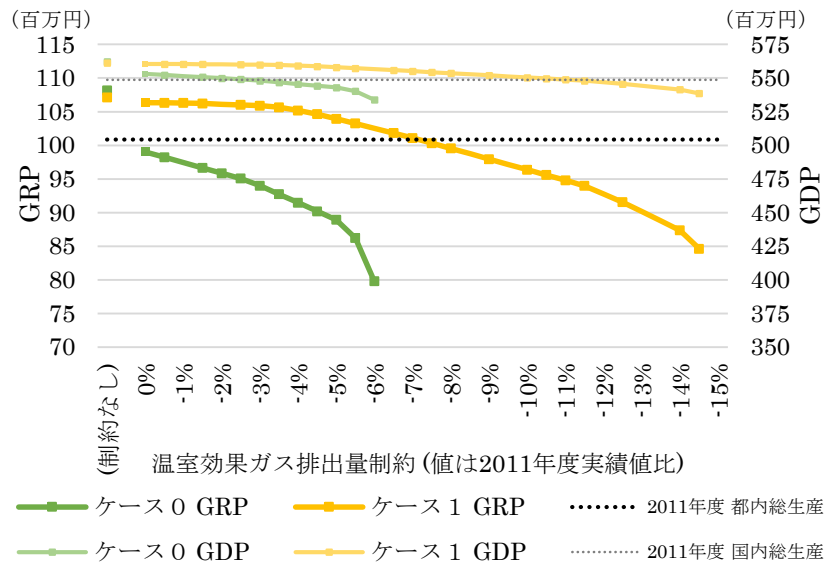


図6 ケース0,1 : 温室効果ガス排出量制約による GRP 及び GDP の変化

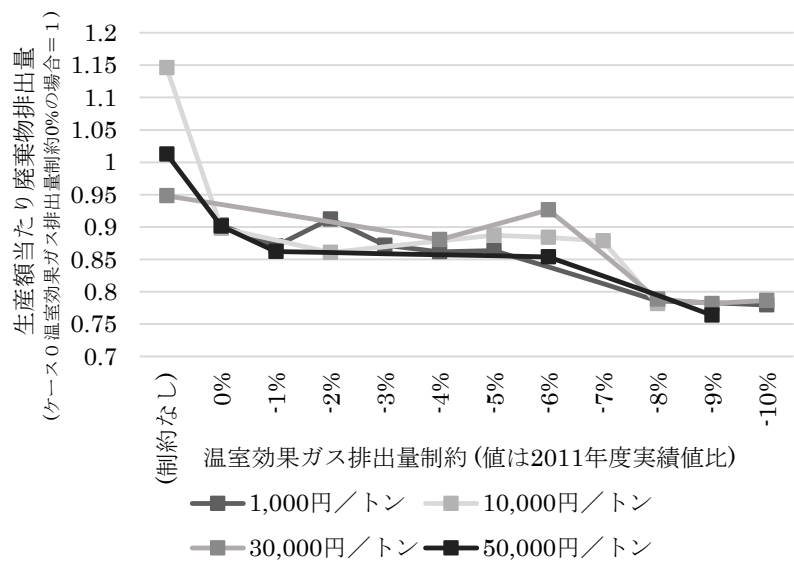


図7 ケース2 : 生産額当たり廃棄物排出量の変化

モデルの動学化、バイオマスの種類の偏在性を考慮したより地域の現状に沿った内容で地域振興策としての政策の検討、交通ネットワークを考慮した廃棄物活用施設の最適な設置場所の検討、水質や土壌汚染など太陽光や風力等他の評価指標を含め、また、対象を再生可能エネルギー全般に広げた総合評価を行うことが今後の課題である。

参考文献

- [1] 総務省統計局、世界の統計 2015、2015 年、pp60-86、<http://www.stat.go.jp/data/sekai/pdf/2015al.pdf> (アクセス日: 2015 年 7 月 19 日)
- [2] 磐田朋子・島田荘平、家畜排せつ物対策に伴う環境・社会便益評価モデルの構築 (家畜排せつ物有効利用に向けた自治体予算配分に関する研究)、2008 年、日本エネルギー学会誌、87(9)、pp.719-730
- [3] 氷鉋揚四郎、環境質プログラミングモデルによる環境付加価値税の導出、1996 年、地域学研究、26(1)、pp.181-187
- [4] 内田晋・氷鉋揚四郎、廃棄物のエネルギー利用促進政策の評価、2006 年、地域学研究、36(1)、pp.21-35
- [5] 三橋幹太、東京都における新エネルギーによる環境負荷削減効果に関する研究、2006 年、筑波大学大学院環境科学研究科 修士論文
- [6] 東京都環境局、都内の最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量(2013 年度速報値)、2015 年、<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/climate/other/attachement/2013sokuho.pdf> (アクセス日: 2015 年 7 月 19 日)
- [7] 東京都環境局、都における最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量総合調査 (2012 (平成 24) 年度実績)、2015 年、<https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/climate/attachement/2012GHGsummary.pdf> (アクセス日: 2015 年 7 月 19 日)
- [8] 東京都、東京都気候変動対策方針、2007 年、pp.1
- [9] 東京都環境局、東京の資源循環 2013、2014 年、<https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/resource/attachement/3RsInTOKYO2013.pdf> (アクセス日: 2014 年 7 月 23 日)
- [10] 環境省、一般廃棄物処理実態調査結果 平成 23 年度調査結果、http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h23/index.html (アクセス日: 2014 年 5 月 3 日)
- [11] 東京都、東京都統計年鑑 19-9 ごみ・し尿、2013 年、<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/tnenkan/2011/tn11q3i019.htm> (アクセス日: 2014 年 7 月 30 日)
- [12] バイオマス活用推進会議、バイオマスをめぐる現状と課題 第 4 回バイオマス活用推進会議資料、2012 年、http://www.maff.go.jp/j/budget/2014/pdf/53_26_kettei.pdf (アクセス日: 2013 年 8 月 5 日)
- [13] 農林水産省、平成 22 年度 食品循環資源の再生利用等実態調査報告書、<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001102810> (アクセス日: 2014 年 3 月 19 日)
- [14] 環境省、平成 23 年度廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環利用量実態調査報告書 (廃棄物等循環利用量実態)、<http://www.env.go.jp/recycle/report/h24-01/> (アクセス日: 2014 年 3 月 19 日)
- [15] 築城幹典・原田靖生、我が国における家畜排せつ物発生の実態と今後の課題、1997 年環境保全と新しい畜産、pp.15-29
- [16] 総務省統計局、畜産統計調査 確報 平成 25 年畜産統計、<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001115087> (アクセス日: 2014 年 3 月 19 日)
- [17] 総務省統計局、平成 24 年経済センサスー活動調査、<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/NewList.do?tid=000001056219> (アクセス日: 2014 年 8 月 3 日)
- [18] 東京都総務局統計部、平成 17 年 (2005 年) 東京都産業連関表、東京都の統計、<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/sanren/2005/sr05t1.htm> (アクセス日: 2014 年 2 月 15 日)