

# 産業廃棄物における広域移動マイレージの経年変化構造とマイレージ削減可能性の分析—主要 7 種類に対する考察と汚泥、木くずを対象とした詳細分析—

## Analysis on Yearly Trend of Wide-Area Mileage of Biomass Industrial Waste and Its Reduction Possibility -A Case Study for Sludge and Wood Waste-

佐藤 雅俊\*・吉田 登\*・谷川 寛樹\*\*

Masatoshi SATO, Noboru YOSHIDA and Hiroki TANIKAWA

**要旨：**本研究では、近年、距離、搬出量ともに増加しつつある産業廃棄物を対象に、移動量に移動距離を乗じたものを広域移動マイレージと定義し、がれき類、汚泥、ばいじん、鉱さい、廃プラ、廃油、木くずの 7 種類の廃棄物の広域移動マイレージの経年的な変化について考察を行った。さらに、汚泥及び木くずについて受け皿となる生産インフラや処理設備の能力をもとに、全国の総広域移動マイレージの削減可能性について線形計画モデルを用いて分析した結果、広域移動マイレージを汚泥では最大約 8 割、木くずでは最大約 6 割の削減が可能であることを明らかにした。

**キーワード：**産業廃棄物、広域移動マイレージ、最小化、汚泥、木くず

**Abstract：**In this paper, we defined wide-area transportation ton-kilometer that multiplied transportation distance by quantity of the transportation as wide-area transportation mileage of industrial waste and analyzed the possibility of its reduction by using a linear minimization model. As a result, it was revealed that the wide-area transportation mileage of sludge could be reduced up to 80 % of total and up to 60% in the case of wood waste at most.

**Key Words：** industrial waste, wide-area transportation mileage, minimization, sludge, wood waste

### はじめに

わが国では循環型社会への転換に向けた取り組みにより、リサイクル率は向上しているものの、依然として廃棄物発生量は高い水準が続いている。首都圏など都市部では、中間処理や最終処分施設の確保が困難を極めることから、廃棄物の中間処理、再資源化、最終処分目的で都道府県を越えて広域移動する産業廃棄物は、年々増加する傾向にある。環境省の調査によれば都道府県を越える広域移動量は 2004 年で 3261 万トンに達している。このように、廃棄物の焼却に伴う排ガスや埋立時の有害物質溶出などといった、廃棄物処理に伴い通常、問題とされる直接的な環境影響以外に、廃棄物の輸送に伴う排ガスや CO<sub>2</sub> 排出など輸送拡大に伴う間接的な環境影響が重要な課題となっている。

このような背景のもと、本研究では、環境省がまとめる産業廃棄物の広域移動状況調査における都道府県間及び自地域間での産業廃棄物の移動量データを基礎として、廃棄物の広域移動削減の可能性について分析を行う。忽那ら (2007) は、産業廃棄物の移動量データに都道府県間の移動距離を乗じて求めた広域移動トンキロを産業廃

棄物処理に伴う広域移動マイレージと定義し、その経年的な変化を分析して、広域移動マイレージが拡大傾向にあることを示した。さらに、佐藤ら (2008) は、がれき類、汚泥、ばいじん、鉱さい、廃プラ、廃油、木くずの 7 種類の廃棄物種類に着目し、これらの廃棄物種類ごとの広域移動マイレージを推計するとともに、その経年的な変化を分析した。そして、全国の総広域移動マイレージの最小化を目的として、各都道府県ごとの受入先許容量を変化させた場合の総マイレージの削減率と、そのときの都道府県間での取引量の変化を分析した。

これに対して、本研究では、まず、佐藤ら (2008) での先行研究の際に用いた報告値に誤りがあったため、再度、都道府県に照会することにより産業廃棄物排出量のデータを訂正して、再度、廃棄物種類ごとの広域移動マイレージについて分析を行った<sup>2)</sup>。また、佐藤ら (2008) の分析では、受入先の許容量を一律に変化させた場合のマイレージ削減率を計算したが、実際の生産インフラや廃棄物の有効利用施設の情報をもとに設定していないため、汚泥と木くずを対象に、生産設備等の情報をもとに受入能力を設定し、各都道府県ごとの受け取り先許容量を変化させた場合の総マイレージの削減率を分析した。

\* 和歌山大学システム工学部環境システム学科

\*\* 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻

## 2. 分析の方法

### 2.1 産業廃棄物マイレージの算定

#### 1) 産業廃棄物の広域移動マイレージの定義

山下ら(2004)に示されるように、フードマイレージ(food mileage)は食料の生産地から消費地までの距離がなるべく近い食料を食べることで、輸送に伴うエネルギーを出来るだけ減らし、環境への負荷を軽減するために食料品を評価する指標であり、中田(2003)の試算によると、2000暦年における日本の食料輸入量は約5,300万トンにのぼり、輸送距離を掛けて得られるフードマイレージは約5,000億トン・キロメートルとなる。同様の考え方を、廃棄物に適用し、各都道府県の産業廃棄物の広域移動マイレージを、ある地域(都道府県)から中間処理や最終処分のために各地域に搬出された産業廃棄物の量(トン)に搬出距離(km)を掛けたものとし、式(1)のように定義する。

$$WM_i = \sum_{m=1}^{42} \sum_{k=1}^n W_{i,k,m} \cdot L_{i,m} \quad (1)$$

但し、 $WM_i$ : 都道府県*i*における産業廃棄物マイレージ( $t \cdot km$ )、 $W_{i,k,m}$ : 都道府県*i*から都道府県*m*に搬出される第*k*種の産業廃棄物量( $t$ )、 $L_{i,m}$ : 都道府県*i*から都道府県*m*までの廃棄物の移動距離(km)

#### 2) 産業廃棄物移動量

環境省(2001-2005)がまとめる、廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環的利用実態調査報告書(広域移動状況編 統計表)における都道府県間及び自地域間での産業廃棄物の移動量データを用いる。本調査では、中間

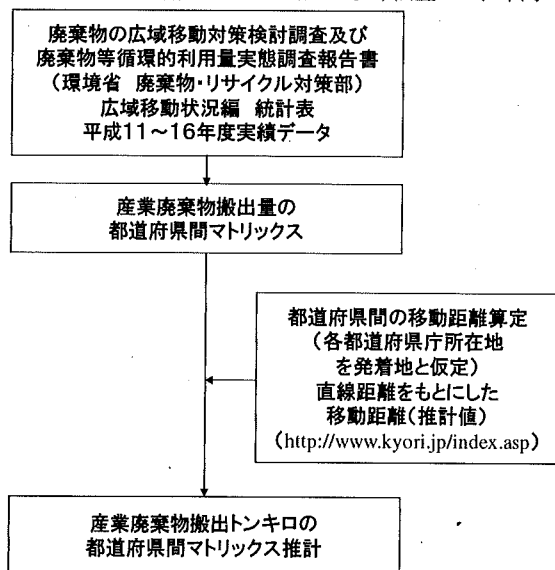


図1 廃棄物広域移動マイレージの算定フロー

処理目的、最終処分目的の区分ごとに移動量が集計されており、各値を利用した。

#### 3) 移動距離

国土交通省の街区レベル位置参照情報を基本データとして、システム構築された全国的位置情報(緯度・経度)データベースをもとにウェブサイト上で動作する距離計算ソフトを用いて各都道府県庁所在地の2点間の移動距離を用いた。本研究では、住所データをもとに簡便に移動距離計算ができるためこのソフトを用いたが、この距離計算ソフトでは直線距離をもとに換算係数を掛けて移動距離を簡易計算しており、他の移動距離計算ソフトによる計算値とに若干の差異が生じることに留意する必要がある。例えば和歌山県と各都道府県間の移動距離について、地理情報を用いた他のソフト(例として道路ナビ)と比較すると本研究で用いたソフトでの計算値は約9%小さい値となった。

以上の算定フローを整理し、図1に示す。

### 2.2 総マイレージ最小化の分析

#### 1) マイレージ最小化の線形計画モデル

以下の式をもとに、各都道府県における産業廃棄物受入れ先の処理能力を制約条件として、総広域移動マイレージの最小化を目的関数とする線形計画モデルを解く。ここで、受入先の処理能力については、まず現状の受入量が処理能力に等しいと仮定し、この処理能力を許容倍率*w*により一律に変化させた場合のマイレージ変化について感度分析を行う。次に汚泥と木くずについては、以下に詳述するように受入先の動脈産業を仮定して、各産業の生産量等から受入れ能力を設定する。

$$\text{subject to: } \sum_{j=1}^n x(i,j) = a(i) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x(i,j) \leq c(j) \quad (3)$$

$$c(j) = w \times b(j) \quad (4)$$

$$\text{minimize: } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x(i,j) \times d(i,j) \quad (5)$$

但し、 $i$ : 搬出元都道府県、 $j$ : 搬出先都道府県、 $a(i)$ : 各都道府県の搬出量、 $b(j)$ : 各都道府県の搬入量、 $w$ : 搬入量の許容倍率、 $c(j)$ : 総搬入量、 $x(i,j)$ : 各都道府県間での搬出搬入量、 $d(i,j)$ : 各都道府県間の移動距離、 $Z$ : 総広域移動マイレージ

#### 2) 汚泥の受入れ能力

汚泥の受入れ先としてセメント産業を想定する。セメント協会が提示する全国のセメント生産量に対して、工業統計表に計上される都道府県別のセメント製品出荷額をもとに按分した都道府県別のセメント生産量を基礎に、セメント協会(2007)による汚泥等廃棄物活用量401kg/セメント*t*(H16年度値)から、セメント生産量の4割を各都道府県の汚泥の受入れ上限量とした。参考までに大西ら(2005)においても企業ヒアリングにより4割まで

の汚泥投入が設定されている。この値に対する環境省(2001~2005)での平成16年度の受入れ量との比率から、受入倍率を設定する。以下に、各都道府県の受入倍率を示す(受入れ上限量が現状の2倍以上ある場合には一律2.0とした)。

1.0 倍…埼玉、千葉、神奈川、新潟、大阪、山口

1.1 倍…岩手、富山、徳島

1.2 倍…広島、福岡

1.3 倍…青森、愛媛

1.4 倍…東京、和歌山

1.5 倍…北海道、静岡

1.6 倍…佐賀

1.8 倍…山梨

1.9 倍…宮城、兵庫、高知、宮崎

2.0 倍…その他

### 3) 木くずの受入能力

木くずの受入先として、製紙、石炭火力、セメント、木質バイオマス発電を想定する。まず製紙では、日本製紙連合会(2008)が掲げる環境に関する自主行動計画(温暖化対策)における廃材・パークの投入目標量1,930千BDI/年(2012年、絶乾ベース)を、通常の水分率(45%)状態に換算して製紙業での受入量を算定した。セメントの場合と同様、経済産業省「工業統計表」におけるパルプ・紙・紙加工品製造業の製造品出荷額から、地域ごとの受入可能量を求める。次に石炭火力では、石炭エネルギーセンター(2004)による発電での石炭使用量(2004年)77,876千tに、現状での石炭火力発電所における木くずの混焼可能量5%(重量比)を乗じて石炭火力発電全体での木くず受入れ可能量3,894千tを算定し、各石炭火力発電所の発電量から割合を決定して、各発電所ごとの木くず受入れ可能量を推計し、それを都道府県別ごとにまとめたものを石炭火力での受入れ可能量とした。5%の木くず混焼率(重量ベース)は、島根県(2009)に掲載された四国、北陸、関西電力の木くず混焼率3%程度(発電量ベース)に環境省(2002)から計算した石炭/木くずの発電量比 $26.6\text{MJ/kg}/14.1\text{MJ/kg}=1.9$ を乗じた値、約5.7%をもとに5%の混焼率を設定した。セメントでの受入れ量は、セメント協会(2004)の廃棄物・副産物有効活用対策資料にまとめるセメント産業全体の木くず受け入れ量(2004年)305千tをもとに、汚泥の場合と同様にセメントの製品出荷額に応じて各都道府県の受入れ可能量を求める。木質バイオマス発電については、グリーンエネルギー認証センターが認定する10の木質バイオマス発電施設(総設備容量43300kw)に対して、代表的な2つの導入事例<sup>3)</sup>(銘建工業・兵庫パルプ)の平均受入れ量 $3.8\text{t/kw/年}$ を各発電施設に適用して、これを所在する各都道府県の受入れ可能量とした。

以上の合計値に対する各都道府県における現状(H16年)

の受入れ量との比率から、以下のとおり受入倍率を設定する。

1.0 倍…北海道・岩手・宮城・秋田・山形・栃木・群馬・埼玉・千葉・東京・神奈川・新潟・富山・山梨・長野・岐阜・静岡・愛知・三重・滋賀・京都・大阪・兵庫・奈良・和歌山・鳥取・島根・岡山・香川・福岡・佐賀・大分・宮崎・鹿児島

1.1 倍…青森

1.3 倍…広島・山口

1.5 倍…茨城

1.8 倍…福井

2.0 倍…その他

### 3) SOx削減量及びCO<sub>2</sub>削減量への換算

大気汚染物質やCO<sub>2</sub>排出量への換算には輸送手段の分担率を考慮することが必要であるが、異なる輸送手段選択を内部化して最適化問題を構成するためには、例えばコスト構造を明らかにした上で総輸送費用最小化などを目的関数とする、あるいは何らかの分担率決定モデルを内在化させる必要がある。本研究は総マイレージの最小化モデルであり、輸送手段の分担率を考慮できるモデルとして構成されていない。しかしながら廃棄物輸送を扱う以上、環境負荷削減について定量的な分析を行うことは重要であるため、現状、廃棄物の輸送重量ベースで自動車輸送が卓越(約8割)していることをふまえ、本モデルでは海運、鉄道の輸送手段を考慮せず、全てトラック輸送と仮定した削減量を参考値として推計する。営業用ディーゼル4tトラックによる輸送を仮定し、広域移動マイレージの削減量(t・km)に対して、経済産業省・国土交通省(2006)による営業用トラックの輸送トンキロあたりSOx排出原単位 $1.02\text{g-SO}_2/\text{t}\cdot\text{km}$ 、CO<sub>2</sub>排出原単位 $173\text{g-CO}_2/\text{t}\cdot\text{km}$ を乗じてSOx、CO<sub>2</sub>削減量への換算を行う。

## 3. 分析結果

### 3.1 種類別広域移動マイレージ経年変化

H11~16年を対象に、特に、広域移動マイレージの大きい7種類の産業廃棄物(がれき類、ばいじん、汚泥、鉾さ、廃プラ、廃油、木くず)のマイレージ経年変化を分析した結果を図2に示す。ばいじんや汚泥などの残さ類のマイレージが大きいことが分かる。平成14年にばいじんの値が大きく落ち込んでいるほかは、年により多少の増減はあるものの全体としては増加傾向で推移している。ちなみに、H14年のばいじんの場合、搬出側では、設備容量の大きい石炭火力発電施設を有する福島県、愛知県、徳島県などの移動量と移動距離が減少したことによるものと考えられる。また、受入れ側では、セメント産業などが位置する山口県

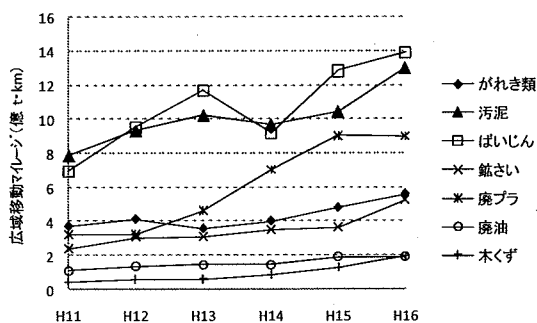


図2 産業廃棄物広域移動マイルージの経年変化

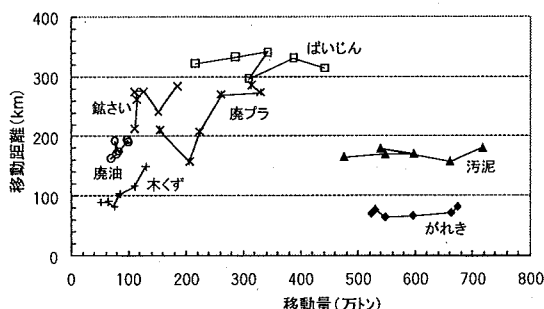


図3 広域移動産業廃棄物の種類別移動量と移動距離の経年変化

における受入れ量の減少が大きく寄与したものと考えられる。次に、移動量と移動距離経年変化について分析した結果を図3に示す。縦軸を移動距離 (km)、横軸を移動量 (t) として構成される長方形の面積が、その廃棄物の広域移動マイルージを表している。7種類の廃棄物における移動量と移動距離の傾向を大別すると、2つの類型に分けられる。1つは、がれき類、ばいじん、汚泥の類型であり、移動距離にあまり変化はなく、移動量が増加する傾向にある。がれき類や汚泥の重量物は運送費のかさむ遠方へは搬送されにくい、また重金属を含むばいじんのように特殊な廃棄物では受入先が固定化しやすい、などの理由から移動距離にあまり変化がないものと考えられる。もう1つは鉛、廃プラ、廃油、木くずの類型であり移動量と移動距離の両方が増加する傾向にある。前のがれき類等の類型に比して原料や燃料として有効利用できる可能性が高いため移動先が広範に拡大したためと考えられる。

### 3.2 広域移動マイルージの最小化

#### 1) 受入れ可能量を一律に変化させた場合

循環型社会基本計画では、地域の特性や循環資源の性質等に応じた最適な規模の循環を形成する「地域循環圏」の考え方が盛り込まれている。環境省 (2008) によれば、地域循環圏とは、廃棄物の適正処理を前提に、温暖化対策や生物多様性の保全などの環境面や、希少性や有用性などの資源面、さらに輸送効率や処理コストなどの経済面の各観

点から、循環資源ごとに地域の特性を踏まえて最適な範囲での循環を目指すものとされている。地域ごとの廃棄物資源の受け皿となる生産主体や資源循環のインフラの整備状況を考えれば、広域移動が必要な場合も生じるが、ここでは、最適な規模の循環を考える上で、どの程度まで廃棄物の広域移動を削減できるかを考えてみるために線形計画法によるモデル化を行い、分析した。

総広域移動マイルージの最小化に大きく影響を与える要因は、当然ながら、各地域 (都道府県) での受入れ可能量である。ここでは、まず、各地域の受入れ可能倍率を一律に増加させることで、総広域移動マイルージの変化にどう影響が及ぶかについて検討した。平成16年を対象に分析した結果を図4に示す。ばいじんは7種類の中で一番移動距離の長い廃棄物であるが、受入れ倍率を0.1~0.3倍高めることで、マイルージが現状の64%~50%まで大きく削減されることが分かる。その他の6種類についても受入れ倍率が0.1倍増加することにより削減幅の大きい廃プラ、廃油で現状の46%まで、削減幅の小さいがれきでも現状の90%までマイルージ削減の可能性があると示されている。このように、広域移動マイルージの削減のためには、2倍といった大きな受入れ能力拡大は必要なく、0.1~0.2倍程度の受入れ倍率増加によりマイルージが相当程度削減される可能性があることが示されている。

この0.1倍の受入れ可能倍率増加に対して、各廃棄物種類ごとの広域移動マイルージの収支を整理した結果を図5に示す。通常は、より互いに近い都道府県への移動の組み合わせにより、ほぼ全ての地域で広域移動マイルージが削減されるが、ばいじんにおいては、総マイルージが減少する中でマイルージがかえって増加した地域も見受けられる。主なばいじんの受け入れ先である山口・大分・愛媛におい

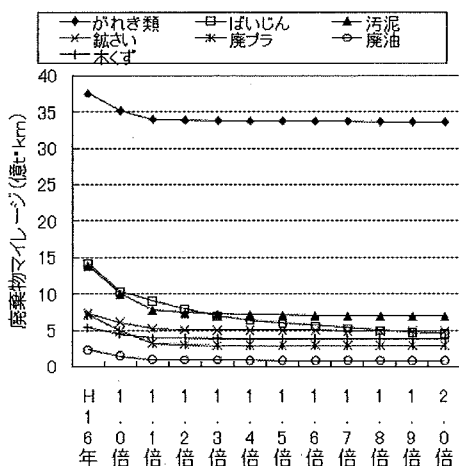


図4 廃棄物の受入れ許容倍率を一律に増加させた場合の広域移動マイルージの変化(H16)

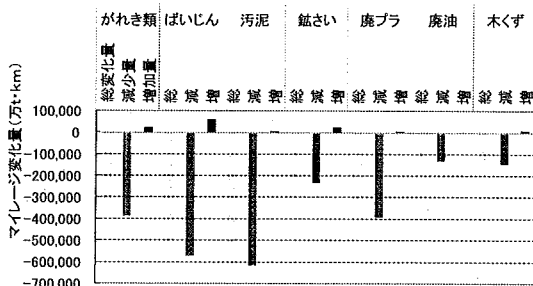


図5 廃棄物種類ごとの広域移動マイルージの収支 (H16、倍率を0.1 づつ増加させた場合)

て、山口では愛知・徳島、大分では兵庫・愛知、愛媛では北海道、大阪などといった遠方からの受入れが増加したことがマイルージを上昇させる主な原因と考えられる。

## 2) 受入れ可能量をインフラ能力により設定した場合 —バイオマス系廃棄物(汚泥、木くず)の分析

先の分析で受入れ倍率として設定した値は、実際にはその地域ごとの受け皿となる生産インフラや廃棄物処理設備等の状況により一律ではなく、地域ごとに異なる。ここでは、低炭素化社会等の点から付加価値を有し、有効利用の観点から地域間の取引が今後も進んでいくと思われる、バイオマス系廃棄物(汚泥、木くず)に着目した。2章で示したように、汚泥の場合にはセメント、木くずの場合には製紙、石炭火力、セメント、木質バイオマス発電という受け皿を想定して設定した倍率のもとでの総マイルージ最小化の分析をおこなった。汚泥、木くずにおける最小モデル適用後の広域移動マイルージ変化をそれぞれ図6、7に示す。また、その際に大きく増減した地域間移動を汚泥、木くずについて図化したものをそれぞれ図8、9に示す。分析の結果、汚泥においては、最小化モデルにより約7.2億t・kmの広域移動マイルージが削減され、これは汚泥の現状H16年時点の広域移動マイルージ全体8.7億t・kmの82%削減に相当する。これは一律削減の場合であれば約1.4倍の設

最小化モデル適用後の  
広域移動マイルージ変化  
(汚泥、H16、単位: 千t・km)

- -190,000 ~ -160,000
- -160,000 ~ -400,000
- -400,000 ~ -200,000
- -200,000 ~ 0
- 0 ~ 5,000

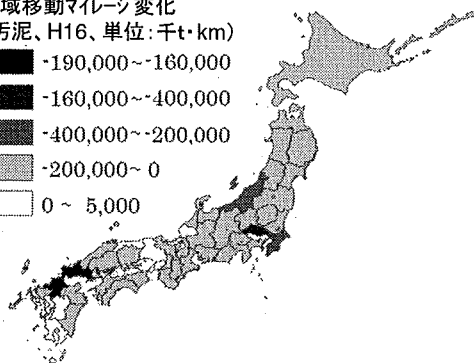


図6 広域移動最小化でのマイルージ変化(汚泥、H16)

定に相当する削減割合であることから、地域ごとのセメント生産設備能力に応じて設定する場合においても、一定の受入れ能力を見込めることが分かる。CO<sub>2</sub>換算では約12万t-CO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>換算では約730t-SO<sub>2</sub>の削減量に相当する。削減された地域間移動をみると、特に遠方地域からセメント産業が卓越する福岡、山口地域へと運ばれていた汚泥の広域移動が大きく削減され、兵庫などがその受け皿となったことが示されている。これらは、全国のセメント産業の中で、広域移動削減という点から重要な位置にある地域であることが示唆される。木くずの場合、削減マイルージは約1.2億t・kmであり、木くずの現状H16年時点の広域移動マイルージ全体1.9億t・kmの60%削減に相当する。木くずの場合、製紙、石炭火力などの施設能力に影響を受けており、木くずの受け皿となる製紙やセメントでは山口や宮城などが重要な役割を果たしている。結果として、北海道、香川、愛媛などの遠方地域からの排出が削減されている。これは、一律削減の場合であれば約1.1倍未満の設定に相当する削減割合であり、汚泥の場合と比較して、あまり大きな受入れ量拡大を必要としない結果となった。このように、実際の受け皿となるインフラ設備に基づく場合、廃棄物によっては、受入れ可能倍率にかなり幅が生じる可能性があることが示唆される。環境負荷削減効果は、CO<sub>2</sub>換算で約2万t-CO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>換算では約120t-SO<sub>2</sub>の削減量に相当する。

## おわりに

本研究では、近年、産業廃棄物の広域移動を対象に、移動量に移動距離を乗じた広域移動マイルージを指標としてがれき類、汚泥、ばいじん、鉱さい、廃プラ、廃油、木くずの7種類の廃棄物の広域移動マイルージの経年的な変化について考察を行った結果をもとに、バイオマス系産業廃棄物である汚泥及び木くずについて、有効利用の受け皿となる生産インフラや処理設備の能力をもとに設定した受入

最小化モデル適用後の  
広域移動マイルージ変化  
(木くず、H16、単位: 千t・km)

- -60,000 ~ -40,000
- -40,000 ~ -10,000
- -10,000 ~ -1,000
- -1,000 ~ 0
- 0 ~ 8,000

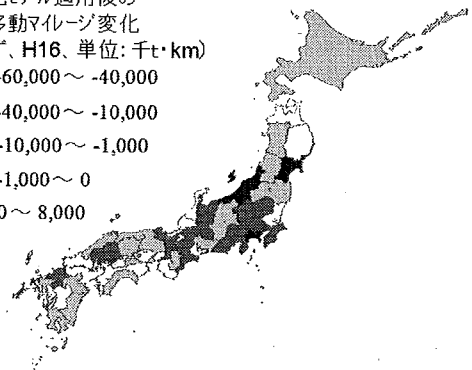


図7 広域移動最小化でのマイルージ変化(木くず、H16)

汚泥利用産業を受け皿とした廃棄物マイルージ最小化  
(H16年、汚泥)

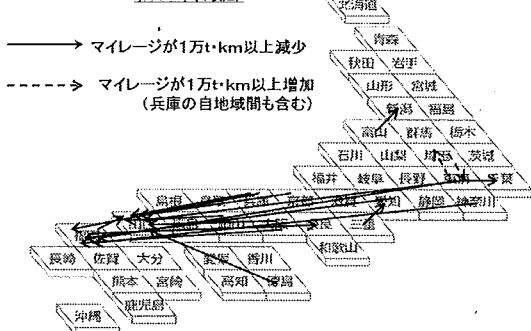


図8 マイレージ増減の大きい地域間移動(汚泥、H16)

れ可能量を制約条件とする、総広域移動マイルージ最小化の線形計画モデルを用いてマイルージ削減可能性について分析を行った。

分析の結果として、

1) 広域移動マイルージを汚泥では最大約8割、木くずでは最大約6割の削減が可能である。廃棄物移動トンキロが削減されることにより、トラック輸送を仮定すると汚泥の場合CO<sub>2</sub>換算では約12万t-CO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>換算では約730t-SO<sub>2</sub>の削減、木くずではCO<sub>2</sub>換算で約20万t-CO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>換算で約120t-SO<sub>2</sub>の削減を見込めることが推計された。

2) 生産インフラや処理設備の能力をもとに設定した受入れ可能量を制約条件とする場合、汚泥と木くずでは、一律に換算した受入れ可能倍率が汚泥の1.4倍に対して木くずでは1.1倍未満と大きく異なることから、廃棄物種類ごとに異なる実際の受け皿となる動脈生産設備の設置状況により、受入れ可能倍率に幅が生じる可能性が示唆される。

3) 廃棄物マイルージ最小化モデルの適用により、廃棄物の広域移動削減という観点から重要な位置にある地域として汚泥の受け皿となるセメントでは兵庫、木くずの受け皿となる製紙やセメントでは山口や宮城などを抽出した。

の結果を得た。

今後、これを大気汚染物質削減などの環境負荷削減効果に結びつけるためには、各輸送手段の選択機構を内在させることにより分担率を考慮したモデルへと発展させる必要がある。また、今回は全国の総マイルージ削減を目的関数としているため、今後、地域循環圏形成の観点からは、受け皿となる再資源化・適正処理施設の立地などの循環形成の影響要因を制約条件として組み込むことにより、地域ごとの特性をふまえた最適な範囲での循環形成への知見を提供しうるモデルへと発展させていくことが課題となる。

補注

<sup>1)</sup> 本論文は、忽那ら(2007)、佐藤ら(2008)(いずれも審査付でない研究発表会論文)の成果の一部を組み入れて構成するとともに、これらの論文をもとに汚泥、木くずのバイオマス系産業廃棄物について、受け皿

木くず利用産業を受け皿とした廃棄物マイルージ最小化  
(H16年、木くず)

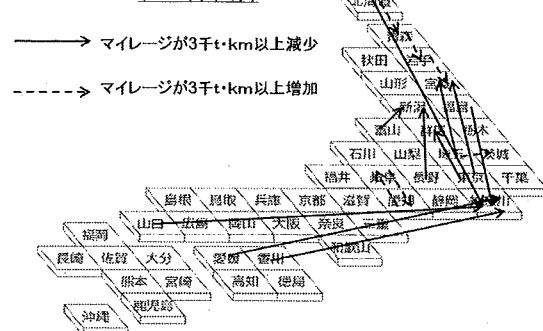


図9 マイレージ増減の大きい地域間移動(木くず、H16)

となる生産インフラ等の設備データをもとに詳細な最小化モデルの分析を新規におこなった結果を含めてとりまとめたものである。

<sup>2)</sup> 一部の都道府県で、調査報告書への数値記載ミスなどにより、ある年度における搬出量が、他の年より大幅に増加されて報告されている可能性が伺われたため、担当各所への照会をもとに訂正を行った。

<sup>3)</sup> バイオマスタウン真庭ホームページ(2006.6.26更新) 銘建工業の木質バイオマス事業<[http://www.net626.co.jp/maniwa\\_baio/index.html](http://www.net626.co.jp/maniwa_baio/index.html)>, 2009.5.31 参照 及び兵庫県ホームページ(2006.9.1更新) 暮らし・環境 廃棄物・リサイクル 登録番号第7号「利活用バイオマスの種類と製品等について」<[http://web.pref.hyogo.jp/a104/a104\\_000000023.html](http://web.pref.hyogo.jp/a104/a104_000000023.html)>, 2009.5.31 参照

#### 引用文献

- 環境省(2001-2005) 廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環の利用量実態調査報告書(広域移動状況編 統計表)(1999~2004年度実績)。
- 環境省(2002) 地球温暖化対策の推進に関する法律施行令排出係数一覧表。
- 環境省(2008) 平成20年版 環境・循環型社会白書。
- 経済産業省・国土交通省(2006) ロジスティクス分野におけるCO<sub>2</sub>排出量算定方式共同ガイドライン Ver.2.0。
- 忽那洋助・吉田登(2007) 都道府県における産業廃棄物処理に伴う広域移動マイルージの推計とその経年変化, 土木学会第35回環境システム研究論文発表会講演集, 319-324。
- 中田哲也(2003) 食料の総輸入量・距離(フード・マイルージ)とその環境に及ぼす負荷に関する考察, 農林水産政策研究, 第5号, 45-59。
- 日本製紙連合会(2008) エネルギー部門 第11回(2008年度)「環境に関する自主行動計画(温暖化対策)フォローアップ調査結果」。
- 大西悟・藤田壮・長澤恵美里・村野昭人(2005) 循環型産業システムの計画とその環境改善効果の算定-川崎エコタウンにおける循環型セメント事業のケーススタディー-, 土木学会環境システム研究論文集, Vol.33, pp.367-376。
- 佐藤雅俊・吉田登(2008) 産業廃棄物広域移動マイルージの変化構造と施設能力増加によるマイルージ削減可能性の分析, 土木学会第36回環境システム研究論文発表会講演集, 119-124。
- 石炭エネルギーセンター(2004) 石炭情報システム(ICIS)3.電力分野 [日本] 電力業の主要燃料消費量推移, 2004
- セメント協会(2004) 『セメント業界の廃棄物・副産物の使用状況』表1 セメント業界の廃棄物・副産物使用量の推移, 2004
- 山下悠一・鈴木宣弘・中田哲也(2004) 食べたで地球が変わる〜フードマイルージと食・農・環境へ, 創森社, 152pp。