

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23510041

研究課題名(和文) 廃棄及び排せつを含む消費者行動の環境負荷評価に向けた廃棄物産業連関モデルの拡張

研究課題名(英文) Extension of the waste input-output model for consumer's environmental assessment including waste and discharge

研究代表者

高瀬 浩二 (Takase, Koji)

静岡大学・人文社会科学部・准教授

研究者番号：20350358

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：廃棄物産業連関表の拡張のために、排水や排せつを含む消費者行動に関わる環境負荷の検討を行った。既存の廃棄物産業連関モデルをもとに消費者の水使用、農地による炭素貯留効果、木材の国産資源活用等を取り込んだ分析を行った。また、家計の活動をそれらに必要な財と時間との関係で表される「消費技術」に分割し、それを用いて消費者行動に関わる金銭的、時間的制約を包括的に記述する分析モデルを開発した。この消費者モデルと拡張された廃棄物産業連関モデルにより低環境負荷な消費行動(いわゆる「持続可能な消費」)の概観図を示した。

研究成果の概要(英文)：To extend the waste input-output table, several environmental analyses of consumer behavior which include water usage and discharge were carried out. The analyses, based on the existing waste input-output model, concern the consumer's water uses, the carbon capture and storage in the soils of farmland, the accelerated usage of domestic timber, and so on. Furthermore, the consumer's expenditure on goods and time-usage are divided into nearly 40 consumption "technologies." A consumption "technology" is defined as a combination of goods and time necessary for some consumer activity. The consumption "technologies" are incorporated into the holistic consumer model under simultaneous monetary budget and time constraint. By integrated usage of this model and the extended waste input-output model, a social outlook for the low carbon lifestyle (or so-called sustainable consumption) is illustrated.

研究分野：環境学(環境影響評価・環境政策)

キーワード：産業連関分析 ライフサイクルアセスメント 消費技術 時間制約 消費行動

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 伝統的な経済モデルでは、所得・価格・家計属性等を所与とし、消費者が自らの効用(満足度)を最大化するように各財の購入量を決めると仮定される。一方、我々が生活をすれば、不可避免的に購入した財を発生源とした廃棄物が発生する。そのため、食べ残しや使用済みの財の廃棄も、消費者の行動に含まれている。したがって、一般家庭の生活に起因して排出される環境負荷を計測する消費のライフサイクルアセスメント(LCA)のためには、家計からの廃棄物の排出・運搬・処理の過程をも含める必要がある。この観点から、研究代表者は、中村(2000)、Nakamura and Kondo(2002)によって開発された廃棄物産業連関(WIO)モデルを消費者分析用に拡張した消費分析用WIOモデルを開発し、代替的な消費パターンの環境評価を行ってきた(Takase, Kondo and Washizu(2005)、高瀬・近藤・鷺津(2006)など)。

(2) 物質収支の観点から消費者の行動を整理すると、消費者生活に伴う上水道使用、下水道への排水や摂取した食材に起因するし尿の排せつ及びその処理をも含める必要があることが分かる。消費者の排せつを含む食品のLCAの試みのひとつとしてMunoz, et al.(2008)がある。ここで行われているのは食材起源の廃棄及び排せつに関する環境負荷の分析であり、専ら消費の「川下」側の環境負荷を計測していると言える。したがって、これは、廃棄物、生活排水、し尿排出量の変動要因である財の購入過程(消費の「川上」側)を含む消費者行動のシステム全体の分析には至っていない。以上のことから、消費のLCAとして、既存のモデルで考慮されてきた財の生産・流通、購入、摂取・使用、廃棄の各段階に加え、排水及び排せつを含む新しい消費者行動モデルの開発を着想するに至った。

(3) WIO分析は動脈部門と静脈部門の間の財と廃棄物の循環を定量的に把握する勘定体系と生産部門とそれに付随する廃棄物管理の環境負荷を計測する分析モデルである(中村(2000)、Nakamura and Kondo(2002))。WIO分析の基本モデルに消費者行動を外生的に与えることにより、家計の消費・廃棄行動を所与とした場合に、その行動が動脈・静脈部門を通して直接・間接に排出する環境負荷を計測することが出来る(Takase, Kondo and Washizu(2005)など)。しかし、現実には、家計の消費・廃棄行動は、価格、所得、時間、家計属性、環境意識などによって、複雑に変化する。そのため、シナリオ値が外生的に与えられるWIO基本モデルでは、家計による消費・廃棄行動に起因する環境負荷の増減を分析するためには、不十分な点がある。この点を改良すべく、研究代表者らは、WIO基本モデルに財の最終消費者である一般家庭の消

費・廃棄行動を明示的に組み込んだ消費分析用WIOモデルを開発した(高瀬・近藤・鷺津(2006)など)。これにより、生活時間や予算の制約や市場価格に直面する消費者の消費・廃棄行動が直接・間接に引き起こす環境負荷の比較が可能となった。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究課題は、消費者の日常生活に起因して直接・間接に排出される環境負荷を計測するため、上記の消費分析用WIOモデルで考慮されてきた財の生産・流通、購入、摂取・使用、廃棄の各段階に加え、生活排水や排せつを含む新しい消費者行動モデルを開発することを主たる目的とする。これを用いて、代替的な消費パターンに起因する環境負荷評価、すなわち、消費のLCAを行う。同時にその過程でWIOモデルの拡張に関わる概念整理を行う。

(2) このモデルにより、廃棄・排水・排せつを含めた消費者の行動に起因して直接・間接に排出される温室効果ガス(GHG)、水消費量、埋立容積等の環境評価を実施することができる。これは、従来型の消費のLCAの評価範囲を排水や排せつにまで拡張しようとするもの(消費の「川下」への拡張)であると位置づけられる。一般的なLCAでは、ある財の生産活動で排出される環境負荷をはじめ、その財の材料生産から排出される環境負荷、その材料の材料生産から排出される環境負荷、さらには原材料の発掘から排出される環境負荷を総合的に評価する。消費者が「環境にやさしい」と思われる行動をとった場合、その行動が社会全体の環境負荷低減に貢献することは保証されない。たとえば、消費者が家庭での洗濯を減らすなど、家庭からの直接の水使用量を減らす行動を取ったとする。そのとき、家計での直接の上水道使用量が減ることは明らかである。しかしながら、その行動は家計の行動を変化させるだけでなく、たとえば、クリーニング業の生産活動を増加させることにつながる。また、クリーニング業の活動が変化することにより、当該業種の水使用量が変化する。さらには、洗剤製造、輸送等の他業種にも影響を与える。そのため、家計の行動が引き起こす様々な生産部門の活動の変化を通して、当初の目的に反して、社会全体の水使用量を増やしてしまう可能性は否定できない。このように、消費者行動に起因する生産の波及に加えて、環境負荷排出の波及を比較的容易に計測できることが、環境分析用に拡張された産業連関分析(environmentally-extended input-output analysis, EEIOA)及びその一つであるWIOモデルを用いた環境負荷計測の利点である。この観点から、本研究は上記のように拡張したWIOモデルを用いた消費のLCAを行う。

### 3. 研究の方法

(1) 本研究の基礎データベースの一つである廃棄物産業連関表(WIO表)の拡張を目指し、既存のWIOモデルをもとに消費者の水使用、農地による炭素貯留効果、木材の国産資源活用等を取り込んだ分析を行った。

(2) 消費者行動の環境評価では、GHG排出量についての分析は一般的に行われているが、水消費量については、あまり行われていない。そこで、既存のWIO表に小野ら(2010)が開発したウォーターフットプリント原単位データベースを組み込んで分析を行った。これにより、既存のWIO表に含まれる環境負荷であるGHG排出量、埋立容積に加え、水使用量及び水消費量についても検討することが可能となった。東京都水道局の発表によると、家庭での水の使われ方の内訳は、トイレ28.0%、炊事23.0%、洗濯16.0%、風呂24.0%、洗面その他9.0%である(平成18年度)。そのうち、炊事については内食に対して外食、洗濯については自宅での洗濯に対してクリーニング店の利用、入浴については自宅での入浴に対して公衆浴場の利用など、選択可能な代替的な消費モード(消費者にとっての選択肢)がある。そこで、GHG排出量と水消費量の2つの環境負荷について、食、洗濯、入浴に関する消費者行動を家計外あるいは家庭外にアウトソーシングすることによる社会全体の環境負荷への影響に関するシナリオ分析を行った。消費者行動の変更前後で総支出額を揃え、所得に関するリバウンド効果を考慮した試算結果を検討した。その結果、食生活のモード変更は、GHG排出量を減らす効果があるが、社会全体の水消費量をかえって増加させてしてしまうことが示された。また、洗濯のモード変更は、社会全体のGHG排出量と水消費量の両方を削減する効果があることが示された。最後に、入浴のモードシフトについては、GHG排出量削減の効果はあるものの水消費量を増加させるという結果を得た。すなわち、家庭での直接の水使用量を減らすことが社会全体のGHG排出量及び水消費量を減らすことには必ずしもつながらない可能性が示唆された。これらの結果は、Takase and Nakamura (2013) (学会発表) で報告された。

(3) 農林水産省資料によれば、農地土壌は、適切な営農活動を通じて炭素を貯留することにより二酸化炭素の吸収源となりうる。植物体中の炭素の一部は、腐植物質等の難分解性の物質となり、土壌有機炭素として長期間貯留されるからである。耕種農業部門で取り組まれている有機農法は、化学肥料使用量の減少に伴うGHG排出量の削減効果だけでなく、家畜きゅう肥を介した土壌への炭素貯留の意味でも、総合的なGHG排出量削減に寄与することが期待されている。従来型の食品LCAでは、このような炭素貯留が考慮されていないため、食生活に起因する環境負荷が過大評

価されている可能性がある。この問題点を解決すべく、農業部門による炭素貯留効果を考慮した勘定体系の推計と分析モデルの開発を行った。公表されている産業連関表をベースとし、農林水産省の資料、農業関連の実験データ等を組み合わせ、農地の炭素貯留効果を考慮するための炭素貯留効果分析用産業連関表(炭素貯留10表, 2005年)を整備した。これを用いて、食生活に起因して直接・間接に排出されるGHG排出量(内包型GHG排出量)、耕種農業部門で化学肥料の使用を減らすことによるGHG削減量、耕種農業で家畜きゅう肥の使用を増やすことによる土壌への炭素貯留量(内包型GHG炭素貯留量)を評価した。さらに、有機農法によるGHG排出量の削減分を排出権市場で売却した場合の食料生産費への影響についてのシナリオ分析を行った。ここで整備した炭素貯留10表を用いた消費者行動の環境評価は、平湯・高瀬・板・鷲津(2014) (雑誌論文) で報告された。

(4) WIOモデル拡張の一環として、国産木材と輸入木材の代替の技術的可能性と環境影響評価の方法について検討を行った。農林水産省資料によれば、わが国の森林面積の40%を人工林が占めており、それら林地の樹木は伐採時期を迎えている。しかし、輸入材に押される形で国産材は十分に利用されていない。その結果、林業収入の減少、林業従事者の後継者不足といった現象が引き起こされ、林業の低迷につながっている。そして林業の低迷が、さらに国産材の利用促進を妨げるといった悪循環を招いている。同じ樹木でも40年程度で成長による二酸化炭素吸収のピークを迎え、それ以後は吸収能力が衰えると言われることから、国産材を有効利用し林地の高齢化を防ぐことは地球温暖化問題にも貢献する。一方で世界では、2000年から2010年までの10年間に、植林等による増加分を差し引いて、年平均で500万ha以上の森林が失われており、森林破壊に伴う洪水や干ばつなどの自然災害の増加や生物多様性の減少が懸念されている。そこで、WIOモデルへのバイオマス使用の環境影響の取り組みを目指す過程の一環として、住宅用建材の国産化と輸入代替によって、国内森林の若返り及び海外の森林保全によってもたらされる効果の大きさとその環境保全効果を試算した。この結果は、村野・高瀬・鷲津(2012) (学会発表) で報告された。

(5) 研究代表者らが開発した消費分析用WIOモデル(高瀬・近藤・鷲津(2006)など)では、財価格、所得、生活時間を所与として、消費者が効用を最大化するように各消費技術の稼働水準を選ぶと仮定されていた。ここで、各消費技術は、食や移動などの消費行動の目的を達成するために必要な消費財と時間の組み合わせ(たとえば、内食ならば食材、

光熱費，食事時間と炊事時間，外出ならば食事代と食事時間等）で表現される。また，各消費技術の稼働水準は，それぞれの物量単位（たとえば，移動ならば人 km，食ならば食材摂取量）で定義されている。本研究では，上記の消費分析用 WIO モデルの拡張を図るべく，消費生活をより多くの選択肢に分割し，複数の消費技術を追加した。特に本研究課題の主たる分析対象である水使用に関わる洗濯について，自宅での洗濯とクリーニング店の利用の 2 種類のモードについて，必要となる消費財の種類とその消費額，それぞれのモードで洗濯重量あたりに必要な時間を整備した。また，その他の消費行動についても，家計の行動に起因する環境負荷を分析するため，家計のさまざまな活動（移動，食，余暇の過ごし方等）について消費財と必要時間を整理した。消費技術の稼働時間は総務省統計局『平成 18 年社会生活基本調査』の公表データをもとに推計を行った。さらに，消費技術に関する消費財の購入については，『平成 17 年（2005 年）産業連関表』の取引基本表及び部門別品目別国内生産額表等をもとに推計した。上記で定義された消費技術を用いて，所得と時間の 2 つの制約下での消費者行動をモデル化し，家計の消費行動に起因する GHG 排出量を最小化する線形計画問題を解くことにより，低環境負荷な消費行動（持続可能な消費）の概観図を例示した。消費から得られる満足度の最大化（効用最大化）を消費者の行動原理としていた既存研究（高瀬・近藤・鷺津（2006）など）に比べて，この研究では，消費者が社会全体の環境負荷を低減するためのステイクホルダーであると位置づけることとなる。これらの結果は，高瀬他（学会発表， ， ， ）で報告された。

(6) WIO モデルを用いた環境分析に関わる概念整理のため，既存の産業連関表及び WIO 表を用いた消費者行動の環境評価に関わる諸問題を整理し，それらに対するひとつの解決策を提示した。同時に，産業連関モデルにおける部門統合とその影響について，生産誘発係数の計算方法の整理と都道府県比較に関する理論的な検討を行った。これらの結果は，高瀬（2015）（雑誌論文 ）及び高瀬（2013）（雑誌論文 ）で報告された。

#### 4. 研究成果

(1) 本研究で拡張された WIO モデル及び WIO 表を用いて，低環境負荷の生活様式（持続可能な消費）に関する典型的な複数のシナリオについて，消費者による消費・廃棄行動に起因して直接・間接に排出される環境負荷の現状消費パターンからの増減を測定した。シナリオの設定，対象とする環境負荷因子，消費技術の分類等により，詳細な結果は異なるが，概ね，以下の結果が得られた。

(2) いわゆる「環境にやさしい」とされてい

る仮想的シナリオ消費パターンの方が，現状の消費パターンより，消費・廃棄行動に起因して直接・間接に排出される環境負荷が少ないことを示し，それらが実際に低環境負荷の消費パターンであるとの結論を得た。ただし，GHG 排出量に加えて埋立容積や水消費量など，対象とする環境負荷因子が複数の場合は，消費者行動の変更が環境負荷に与える影響の評価は設定されたシナリオに大きく依存することから，より詳細な検討が必要であることが示された。

(3) 本研究で検討を加えた消費者の水使用，農地による炭素貯留効果，木材の国産資源活用等を WIO モデルに整合的な形で既存の WIO 表に取り組みことは今後の課題である。これらを用いることにより，廃棄・排水・排せつを含めた消費者行動に起因して直接・間接に排出される環境負荷を分析する環境負荷分析用 WIO モデルの消費の「川下」へのさらなる拡張が期待される。

#### < 引用文献 >

中村慎一郎（2000），廃棄物処理と再資源化の産業連関分析，廃棄物学会論文誌，11(2)，pp.84-93.

Nakamura, S. and Y. Kondo (2002), Input-output analysis of waste management, Journal of Industrial Ecology, 6, pp.39-64.

Takase, K., Y. Kondo, and A. Washizu (2005), An analysis of sustainable consumption by the waste input-output model, Journal of Industrial Ecology, 9, pp.201-219.

高瀬浩二・近藤康之・鷺津明由（2006），廃棄物産業連関モデルによる消費者行動の分析：所得と生活時間を考慮した環境負荷の計測，日本 LCA 学会誌，2(1)，pp.48-55.

Munoz, I., L. M. i Canals, and R. Glift (2008) Consider a spherical man: A simple model to include human excretion in life cycle assessment of food products, Journal of Industrial Ecology, 12, pp.521-538.

小野雄也・堀口健・伊坪徳宏（2010），産業連関分析を用いた日本におけるウォーターフットプリント原単位データベースの開発，LCA 学会誌，Vol.9，No2，pp.108-115.

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者，研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 6 件)

高瀬浩二，産業連関表を用いた消費者行動の環境評価に関わる諸問題，経済研究（静岡大学），20 巻，2015（掲載確定），

査読無

<http://ir.lib.shizuoka.ac.jp/>

上藤一郎・山下隆之・高瀬浩二・塚本高士・片岡達也・勝山敏司, 地域別経済指標に基づく静岡 SD モデルの開発とその拡張: 静岡県内各市町における基盤産業の分析, 地域研究(静岡大学), 6 巻, 2015, pp.23-33, 査読無

DOI: 10.14945/00008142

平湯直子・高瀬浩二・板明果・鷲津明由, 店舗特性別・品目別販売過程におけるCO2 排出情報の推算: 食品スーパーマーケットの事例, 日本 LCA 学会誌, 10(1), 2014, pp.25-39, 査読有

上藤一郎・山下隆之・高瀬浩二・塚本高士・片岡達也・勝山敏司, 地域別経済指標に基づく静岡 SD モデルの開発とその拡張: 静岡県の人口移動に関する統計的分析, 地域研究(静岡大学), 5 巻, 2014, pp.29-41, 査読無

DOI: 10.14945/00007818

上藤一郎・浅利一郎・山下隆之・高瀬浩二, 地域別経済指標に基づく静岡 SD モデルの開発: 産業別にみた地域経済圏の統計的分析, 地域研究(静岡大学), 4 巻, 2013, pp.23-34, 査読無

DOI: 10.14945/00007368

高瀬浩二, 産業連関モデルによる生産誘発係数の都道府県比較, 経済研究(静岡大学), 17 巻, 2013, pp.159-175, 査読無

DOI: 10.14945/00007082

〔学会発表〕(計 6 件)

Koji Takase and Yasushi Kondo, An analysis of consumer's choice and its GHG implication under monetary budget and time constraint, International Society for Industrial Ecology Conference 2015, 2015/7/7-10 (発表確定), サリー(イギリス)

Koji Takase and Yasushi Kondo, Modeling consumer's choice and its GHG implication under simultaneous consideration of available income and time, The 11th International Conference on EcoBalance, 2014/10/27-30, つくば国際会議場(茨城県・つくば市)

Koji Takase and Yasushi Kondo, Environmental policy and consumer behavior under monetary budget and time constraint, The 22nd International Input-Output Conference, 2014/7/15-18, リスボン(ポルトガル)

Koji Takase and Yasushi Kondo, An analysis of consumer behavior including waste discharge and time-use, The 21st International

Input-Output Conference, 2013/7/8-12, 北九州国際会議場(福岡県・北九州市)  
Koji Takase and Shinichiro Nakamura, An analysis of sustainable consumption in terms of CO<sub>2</sub> and Water, The 7th International Conference of the International Society, 2013/6/25-28, ウルサン(大韓民国)  
村野昭人・高瀬浩二・鷲津明由, 木材の国産資源の活用による環境保全効果の評価, 第7回日本 LCA 学会研究発表会, 2012/3/7/9, 東京理科大学野田キャンパス(千葉県・野田市)

〔図書〕(計 1 件)

鷲津明由・中野諭・朝倉啓一郎・高瀬浩二・古川貴雄・新井園枝・林和弘・奥和田久美, 拡張産業連関表による再生可能エネルギー発電施設建設の経済・環境への波及効果分析, 文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術動向研究センター Discussion Paper No.96, 2013, 1-56, 査読無

<http://hdl.handle.net/11035/2419>

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ipc.shizuoka.ac.jp/~jktakas/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高瀬 浩二 (Takase Koji)

静岡大学・人文社会科学部・准教授

研究者番号: 20350358