

平成 30 年 5 月 22 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K20914

研究課題名(和文) In-use固定炭素に着目した人為的炭素循環モデルの構築

研究課題名(英文) Development of anthropogenic carbon cycle model focusing on materially retained carbon

研究代表者

大野 肇 (Ohno, Hajime)

東北大学・工学研究科・助教

研究者番号：20769749

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：産業連関マテリアルフロー解析を用いて、石油化学製品および木材に起因する炭素のうち、日本国内の経済活動に伴い製品へ固定されるものについて物質フローの可視化を行った。結果として、石油化学製品由来630万t、木材由来790万tの炭素が製品として日本国内に流入したことが明らかとなった(2011年)。この量は、2011年の年間CO2排出量の4.1%を占める。従って、製品中の炭素を長期に渡り有効利用し、廃棄時におけるCO2としての排出を防ぐことが可能であれば、一定量のCO2排出を回避することが可能であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The material flow of "materially retained" carbon derived from basic petrochemicals and timber in Japanese economic activities was visualized by the input-output based material flow analysis. As a result, we obtained that 6,300 kt and 7,900 kt of carbon were introduced to Japanese economy as a part of products in 2011 derived from the basic petrochemicals and timber, respectively. This amount of carbon corresponds to 4.1% of annual CO2 emission in 2011. It implies that if we use the carbon containing products as long as possible to prevent the carbon from emission in the waste treatment stage, we would be able to avoid substantial amount of CO2 emission.

研究分野：産業エコロジー

キーワード：資源循環 低炭素社会 マテリアルフロー解析 産業連関分析

1. 研究開始当初の背景

自然界における炭素の循環・吸収、人間活動に伴う CO₂ 排出及びその削減貯蔵技術に注目が集まる一方で、我々が日常生活において固定している炭素は明示されていない。私たちの生活に欠かすことができない樹脂製品は化石燃料由来であり、社会基盤金属である鉄鋼にも石炭由来の微量な炭素が含まれ、さらには我が国の住居の多くは木材で造られている。CO₂ 排出の主因である化石燃料の内、石油の約 20% が樹脂や繊維といった原料用途で用いられていることから、燃焼による年間の CO₂ 排出に加えて、無視できない量の炭素が年々製品として固定されていることが予測される。これは、IPCC が掲げる炭素循環の中で考慮されていない人為的な炭素の吸収という新たな媒体であると考えることができる。

2. 研究の目的

これまで自然界の炭素循環の中では、大気・海洋・土壌・森林が炭素吸収媒体として考えられてきた。一方で人間活動における化石燃料消費の約 20% が製品素材向けであり、一定量の炭素が社会に吸収・固定されていることが考えられる。そこで、本研究課題では、人間活動も炭素吸収媒体の一つであると考え、これまで明示されてこなかった人為的な炭素の固定に着目する。社会に製品として蓄積している炭素量を社会が持つ将来的な二酸化炭素(CO₂)排出ポテンシャルとして定量化することで、廃棄物リサイクル戦略やバイオマス利用促進等の環境配慮活動が CO₂ 排出量及び化石燃料需要に与える影響を評価するモデルを構築し、将来的な CO₂ 排出削減への具体的な方策を提案する。

3. 研究の方法

産業連関マテリアルフロー解析手法である WIO-MFA モデルを用いた。WIO-MFA モデルは、国内での産業活動を網羅した産業連関表を基本とし、約 400 部門の製品に対して複数の分析対象マテリアルの含有組成分析、並びにそれらの流入経路の遡及分析が可能である。本報告にて固定炭素源として着目する石油化学基礎製品及び石油化学系芳香族製品の多様な利用形態の把握において、当モデルの網羅的な解析は非常に有効である。

WIO-MFA モデルでは分析対象の素材 M を設定し、式(1)を用いて製品 P 中の M の組成 C_{MP} を分析する。

$$C_{MP} = A_{MP}(I - A_{PP})^{-1} \quad (1)$$

ここで、 A_{MP} 及び A_{PP} は歩留まり落ちや非物質投入を排除した投入係数行列であり、それぞれ P の単位生産あたりの M の物量投入、P の単位生産あたりの中間製品の投入を表している。モデルの詳細に関しては既報¹⁾に譲る。

4. 研究成果

石油化学製品由来 630 万 t、木材由来 790 万 t の炭素が製品として日本国内に流入したことが明らかとなった(2011 年)。この量は、2011 年の年間 CO₂ 排出量の 4.1% を占める。石油化学由来の炭素は主に樹脂を介して様々な製品に広く用いられるが、木材由来の炭素の多くは建材として建築物に多く用いられることが分かった。また、図 1 に示すように、炭素は様々な形態で製品中に含まれ、社会において利用されている。

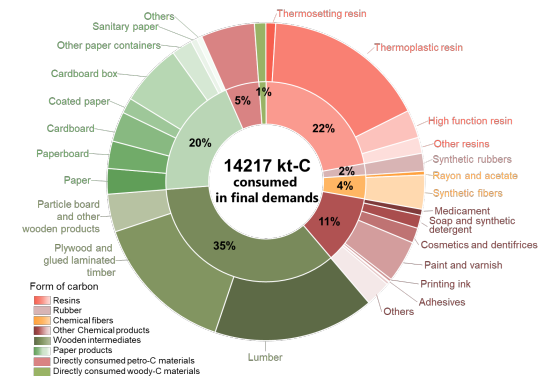


図 1 In-use 炭素の利用形態(2011 年)

極論としては、製品中の炭素を長期に渡り有効利用し、廃棄時における CO₂ としての排出を防ぐことが可能であれば、一定量の CO₂ 排出を回避することが可能であることが示唆された。しかしながら、図 1 に示すように炭素は多岐にわたる形態で利用されていることから、個別にリサイクルすることが難しく、現状の政策や商業的に用いられている技術だけでは、多くの炭素が散逸していると考えられる。一方で、炭素を含む廃棄物のリサイクル手法は日々研究開発が行われ、一部はライフサイクルアセスメントを用いた技術評価により CO₂ 排出削減に寄与すると明らかになっている。このような革新的な技術の導入と、その開発導入を支援する政策が今後の低炭素社会構築において求められると考えられる。

また、産業連関マテリアルフロー解析を動的に拡張した MaTrace モデル²⁾を用い、革新的な技術が導入された際の、炭素利用形態の変遷の可視化に取り組んだ。最終製品の中で最も炭素含有量の大きい自動車中のプラスチックに着目し、結果として廃自動車処理で発生する破碎残渣(ASR)の高度リサイクルによって 2050 年における炭素の残存率が 27 倍にも向上する(現状 0.44% 12%)ことが推計され、ASR のリサイクル技術の開発導入の重要性が示唆された。図 2 及び図 3 にそれぞれ現状技術と、先進技術の利用における炭素利用の変遷を示す。加えて、自動車以外の製品においても、廃プラスチック回収率を上げることが、炭素の長期利用に大きく寄与することが明らかとなった。

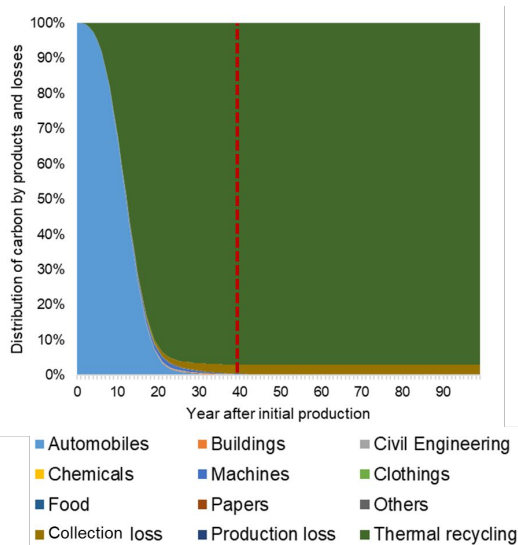


図2 現状の ASR 処理技術における炭素利用変遷

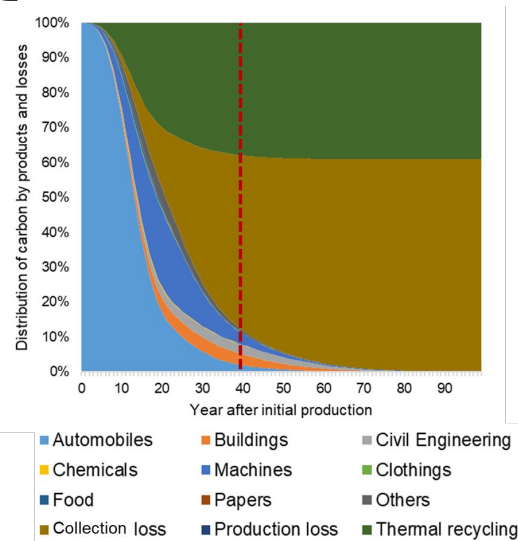


図3 先進的 ASR リサイクル技術を導入した際の炭素利用変遷

<参考文献>

- 1) S.Nakamura and K.Nakajima, Materials Transactions, 46 (12), (2005), pp.2550-2553
- 2) Nakamura, S., Kondo, Y., Kagawa, S., Matsubae, K., Nakajima, K., Nagasaka, T.: Environmental Science and Technology, 48 (13), (2014)

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 1 件)

- ① Hajime Ohno, Hirokazu Sato, Yasuhiro Fukushima, Configuration of Materially Retained Carbon in Our Society: A WIO-MFA-Based Approach for Japan,

Environmental Science and Technology, 52 (2018) 3899-3907, 査読有
10.1021/acs.est.7b06412

[学会発表](計 9 件)

① Hajime Ohno, Yasuhiro Fukushima, Carbon Retention in Our Society, Gordon research Conference for Industrial Ecology, 2016.06.19-24, Vermont, U.S.

② Hajime Ohno, Yasunori Kikuchi and Yasuhiro Fukushima, Revealing In-use Carbon Retention in Our Society, Industrial Ecology SEM-Asia pacific conference, 2016.09.28-30, Nagoya, Japan

③ Hajime Ohno, Yasunori Kikuchi and Yasuhiro Fukushima, Quantification of the In-Use Carbon Retention in the Society, Ecobalance 2016, 2016.10.04-06, Kyoto, Japan

④ 大野肇、佐藤博一、福島康裕、人為的炭素滞留・循環構造の体系的検討、第 12 回日本 LCA 学会研究発表会、2017.03.01-03、つくば

佐藤博一、大野肇、福島康裕、産業関連マテリアルフロー解析を用いた誠意品由来固定炭素量の時系列定量分析、第 12 回日本 LCA 学会研究発表会、2017.03.01-03、つくば

Hajime Ohno, Hirokazu Sato, Yasuhiro Fukushima, Metabolism of materially retained carbon derived by petrochemicals in our society, ISIE/ISSST 2017 Joint Conference, 2017, Chicago, U.S.

Hirokazu Sato, Hajime Ohno, Yasuhiro Fukushima, Uncovering fate of carbon contained in highly-fabricated products, EcoDesign2017, 2017, Tainan, Taiwan

大野肇、産業関連分析を用いた化学物質のサプライチェーンと物質フローの可視化、化学工学会東北支部第 25 回若手の会セミナー、招待講演、2017、鳴子、宮城

大野肇、佐藤博一、福島康裕、動的マテリアルフロー解析を用いた自動車長寿命化と ASR リサイクル技術導入の炭素滞留維持効果定量化、第 13 回日本 LCA 学会研究発表会、2017、東京

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大野 肇 (OHNO Hajime)
東北大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：20769749

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

福島 康裕 (FUKUSHIMA Yasuhiro)
菊池 康紀 (KIKUCHI Yasunori)
佐藤 博一 (SATO Hirokazu)