

平成30年6月13日現在

機関番号：17301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H07072

研究課題名(和文) 低炭素社会に向けたレアメタル国際依存リスクのホットスポットを検出するモデル開発

研究課題名(英文) Development of the Model to Identify the Hotspots for Reducing the Geo-Political Risk of Critical Metals

研究代表者

重富 陽介 (SHIGETOMI, Yosuke)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科(環境)・助教

研究者番号：30780358

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、昨今の温室効果ガス (greenhouse gas: GHG) 目標達成に必須となる新エネルギー技術に不可欠なレアメタルの国際依存リスク低減と低炭素社会形成を両立するために重要な知見を得た。まず、ネオジウム、コバルト、プラチナの国際貿易フロー構造の推定を実施し、ネオジウムとプラチナがグラビティモデルに整合的であることを確認した。続いて昨今の一億総活躍社会に着目し、その実施に伴って今後増減するGHG排出構造およびレアメタル依存構造の推計を行った。その結果、少子化の克服と所得増に伴い、同時にライフサイクルGHG排出量を7.8-29%、ネオジウム消費量を2-72%増加させると推計された。

研究成果の概要(英文)：This research has obtained essential results associated with policy implications for both national greenhouse gas mitigation target committed to the Paris Agreement and the geopolitical risk of critical metals necessary for the new energy technologies in Japan. First, the global flows of neodymium, cobalt, and platinum in 2005 were estimated using the international trade and country specific data, and I found that those of neodymium and platinum were consistent with the traditional gravity model of trade. Second, an EEIOA was carried out to estimations of life cycle greenhouse gases emissions derived from Japanese household consumption in 2030 under future scenarios with a focus on recent Japanese socio-economic policies. This implies that, compared with a business-as-usual scenario, the household emissions would need to be reduced by more 7.8-29% in order to meet the emission target that can be set using the emissions for 2009 and the reduction target proposed in the Paris Agreement.

研究分野：環境システム学、産業エコロジー学

キーワード：レアメタル 国際貿易 トレードオフ 国内経済政策 低炭素社会

1. 研究開始当初の背景

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 第5次評価書の第3部会の報告によれば、世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して2 未満に抑える「2 ターゲット」を達成するためには、太陽光発電や電気自動車等の新エネルギー技術の普及が不可欠とされている。2015 年に開催されたCOP21 (Conference of the Parties) のパリ協定を契機に、わが国でも加速度的な普及を実現しなければならない。一方で、新エネルギー技術にはレアメタル(プラチナ、コバルト、パラジウム等)の利用が必須であることに鑑み、米国エネルギー省や欧州委員会ではこうした金属を「クリティカルメタル(クリティカルマテリアル)」と称して、需要推計と供給リスクの同定、安定供給に向けた取組みを進めている。しかしながら、現在の金属資源リスクを多面的角度から可視化した先行研究は存在するものの、貿易構造の変化を内在した将来の「定量的な」資源リスクの推定は世界的にも未着手である。

2. 研究の目的

本研究は昨今の温暖化緩和目標であるパリ協定目標に沿った「2 ターゲット」達成に必須となる新エネルギー技術に不可欠なレアメタルの国際依存リスクに着目し、そのリスクの定量的な将来推計を可能とするモデル開発、さらにはリスク低減と低炭素社会形成を両立するために重要な両構造を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究で解析対象としたレアメタルは、ネオジウム、コバルト、プラチナの3種である。ネオジウムは、永久磁石として自動車や風力発電のモーターに用いられる。コバルトはリチウム二次電池の正極材料として電気自動車やハイブリッドカーに使用される。プラチナは自動車排ガスの浄化触媒や、電子材料として幅広く利用される金属である。

はじめに、先行研究で考慮できていなかった国際貿易構造に着目し、新エネルギー技術に重要なレアメタルの貿易構造の動学化を図った環境産業連関モデルの拡張を行なうために、計量経済学で著名な実証モデルである Gravity model of trade を利用した。モデルの基本となる一人あたり国内総生産(GDP) や人口、二国間距離のほか、経済・国間特性・レアメタル利用と密接な需要および供給に関する種々のパラメータを新たに設定することで(図1)、貿易構造の動学化を可能とするためのレアメタルの二国間フロー構造の推定を実施した。パラメータの値については、世界銀行における World Development Indicators や Data-Planet による Penn World Table、フランスの研究機関 CEPII による The CEPII Gravity Dataset の統計データを参照して取得した。



図1. レアメタル国際フロー構造の推定で考慮する要素 (ネオジウム)

続いて、昨今の国内少子高齢化対策を核とする社会経済政策(一億総活躍社会)に着目し、シナリオ別に2030年の家計最終需要額を推計した。想定したシナリオ(Policyシナリオ)は、社会経済政策の効果がないと想定したベースシナリオ(Business as Usual: BaUシナリオ)と比較して(1)夫婦共働き世帯や高齢世帯の所得増に伴って支出が増加し、(2)夫婦共働き世帯から子供が1人増えていくことで、(3)2016年から出生率が段階的(線形的)に回復して2030年に政府目標の1.8を達成することをもとに設定した。図2に世帯構造の変化の推定に関する概略を図示する。また、(2)の支出増加については、政府が見込む2025年20.4兆円の支出増を基準とし、BaUシナリオ耐久財中心の支出増のパターンとサービス中心の支出増のパターンも考慮した。推計した最終需要を環境産業連関モデルであるGLIOモデルに組み込み、国際サプライチェーンを経由して誘引されるネオジウム、コバルト、プラチナの採掘に伴う地政学的リスクを定量した。さらに、パリ協定目標に対する日本の国際公約である2030年に2013年度比でGHGを26%削減するという観点から、GLIOモデルによって推計する国内ライフサイクルGHG排出量の2030年値と目標値の乖離を計測した。

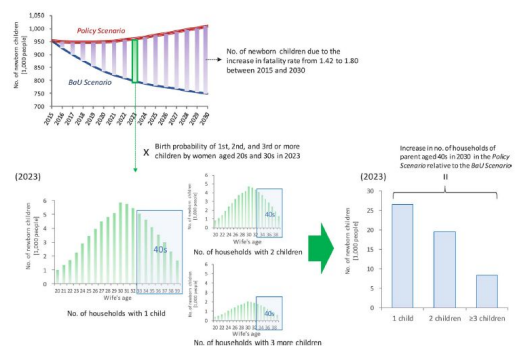


図2. 出生率回復によって推移する世帯構造の考え方(2023年の40代の世帯主の例)

4. 研究成果

2005年におけるネオジウム、コバルト、プラ

チナの国際貿易フローの推定を実施したところ、ネオジムとプラチナについては伝統的な Gravity model of trade に整合的であった。また、これらのフローは一人あたり GDP や人口、二国間距離のほか、輸入国側のネットワークインフラ状況や鉱山の有無等に影響を受けることが明示された。この傾向は特にネオジムフローで強く見られ、実施したモデルの決定係数は0.8を超えた。一方でコバルトは輸出入国における一人あたり GDP が統計的有意を示さず、決定係数も0.1を下回った。決定係数の点については、プラチナも同様であったため、今後は分析に含められなかった風力発電所や電気自動車の数など、これらのレアメタルフローに影響を及ぼしうる変数を考慮していくべきである。また、分析はデータの制約上単年に留まったため、対象年の前後のフローデータが利用できる段階でパネルデータを実施することで、確度の向上を行っていくことも検討していく必要がある。

こうした結果に鑑みて、一旦レアメタルフローの動学化から視点を変え、方法で述べたシナリオ別にレアメタルの地政学的リスクやライフサイクル GHG 排出量の将来推計の分析を実施した。Policy シナリオにおける子持ちの夫婦共働き世帯数は全体で 17%から 23%増加し、子供が3人以上、2人の共働き世帯はそれぞれ 29%、36%増加すると見込まれた。こうした世帯構成の変化とパターン別支出増をもとに環境産業連関分析を実施すると、BaU シナリオからネオジム、コバルト、プラチナの採掘量はそれぞれ 2-72%、4-27%、9-45%増加させることが示唆された。また、ライフサイクル GHG 排出量は 7.8-29%増加すると推計された。この増加の詳細な内訳を図3に示す。換言すると、分析の基準年となった2009年のライフサイクル GHG 排出量から計算したパリ協定目標に整合する国内ライフサイクル GHG 排出量の達成には、7.8-29%分のさらなる削減努力を実行する必要があるというトレードオフ構造が可視化された(図4)。さらに、仮に長期エネルギー需給見通しで議論されている家庭エネルギー部門と運輸部門における目標削減率を達成できたとしても、間接的な GHG 排出量を BaU シナリオ比で 17-28%削減しなければ、このトレードオフは解消されないことも明らかとなった。すなわち、エネルギー技術の発展だけでなく、消費者も日常の食生活の見直しや、健康増進による副次的な医療需要の削減に取り組んでいくことで、社会・経済・環境のネクサスを実現していくことが望まれる。

今後は実証モデルの拡張・改善により、より確度の高い分析を実施していくことが課題となる。

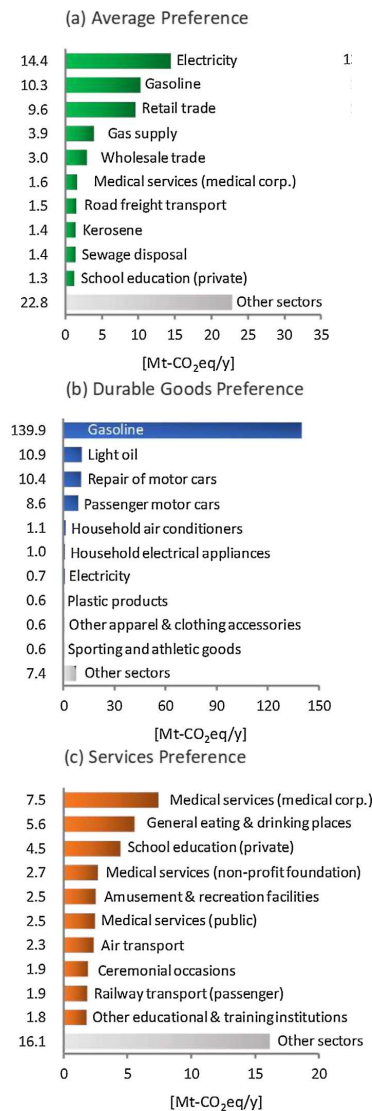


図3. CFの増大要因となるシナリオ別トップ10商品

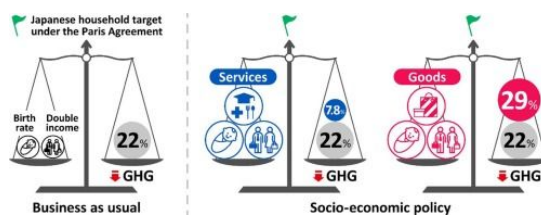


図4. パリ目標達成に向けて必要な家計消費由来のライフサイクル GHG 排出量

### 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3件)

Shigetomi, Y., Nansai, K., Kagawa, S., Tohno, S. (2018) Fertility-rate

recovery and double-income policies require solving the carbon gap under the Paris Agreement, *Resources, Conservation & Recycling*, 133, 385-394. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.11.017 (査読あり)

Nansai, K., Nakajima, K., Suh, S., Kagawa, S., Kondo, Y., Takayanagi, W., Shigetomi, Y. (2017) The role of primary processing in the supply risks of critical metals, *Economic Systems Research*, 29(3), 335-356. DOI: 10.1080/09535314.2017.1295923 (査読あり)

Shigetomi, Y., Nansai, K., Kagawa, S., Kondo, Y., Tohno, S. (2017) Economic and social determinants of global physical flows of critical metals, *Resources Policy*, 52, 107-113. DOI: 10.1016/j.resourpol.2017.02.004 (査読あり)

〔学会発表〕(計4件)

Shigetomi, Y., Nansai, K., Tohno, S.: How carbon footprint of households is affected by the Japan's new policy to raise birthrate and income? The 8th International Conference on Industrial Ecology, Chicago, USA, June 2017.

Shigetomi, Y., Nansai, K., Kagawa, S., Tohno, S.: Carbon footprint mitigation of Japanese households for achieving the Paris Agreement under the demographic and income scenarios, The 25th International Input-Output Conference, Atlanta, USA, June 2017.

重富陽介, 南齋規介, 加河茂美, 東野達: 一億総活躍社会におけるパリ協定達成への課題, 第12回日本LCA学会研究発表会, 産業技術総合研究所, 2017年3月.

Shigetomi, Y.: Promotion of household social policies with adoption of the Paris Agreement in Japan, The 12th EcoBalance International Conference, Kyoto, Japan, October 2016.

〔図書〕(計1件)

Shigetomi, Y., Nansai, K., Shironitta, K., Kagawa, S. (2017) Chapter 16: Revisiting Japanese carbon footprint studies, *Environmental and Economic Impacts of Decarbonization: Input-Output Studies on the Consequences of the 2015 Paris Agreements*, (Eds:) Dejuán, Ó., Lenzen M., Cadarso, M-Á, 335-350, Routledge.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

重富 陽介 (SHIGETOMI, Yosuke)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科 (環境)・助教

研究者番号: 30780358