

貿易統計を用いた有害金属の国間フロー解析

広島大学 学生会員 ○遠藤昂平

広島大学 正会員 布施正暁

1. 背景・目的

水俣条約の制定を機に、有害金属の国間フローを監視・制御する動きが加速している。有害金属の国間フロー監視では対象金属をライフサイクル全体で把握する必要があり、その際に貿易統計が利用されている¹⁾。貿易統計には不整合問題（輸入国報告値と輸出国報告値が異なる問題）²⁾と新・中古製品混合問題（品目分類で両製品の区別がない問題）³⁾が存在するが、既存研究において、その対処が行われていないのが現状である。そこで、本研究は貿易統計の不整合問題と新・中古製品混合問題に対処した有害金属の国間フロー解析法を提案し、鉛のケーススタディを行うことを目的とする。

2. 有害金属の国間フロー解析法の提案

本研究で提案する有害金属の国間フロー解析法は 3 つの Step をもつ。以下、順を追って説明する。

Step.1: 不整合問題の修正

貿易統計が提供する金額、重量、数量単位の輸入・輸出報告値から整合度を算出し、8 パターンにデータの類型化を行い、各パターンに応じた修正法を適用する（Table 1）。表中でパターンを識別する「Accept」と「Not Accept」は次式の整合度より判定される。

$$\text{Accept: } |\ln(I_{ijkt}/E_{ijkt})| \leq SD_{kt}/2 \quad (1)$$

$$\text{Not Accept: } |\ln(I_{ijkt}/E_{ijkt})| > SD_{kt}/2 \quad (2)$$

ここで、 i, j : 輸出, 輸入国, k : 製品, t : 年, I, E : 輸入, 輸出報告値, SD : 整合度の標準偏差である。

Table 1 で、ABCD パターンと判定された場合、重量単位輸入・輸出報告値は修正せずに使用される。EFG パターンと判定された場合は、A パターンの輸入・輸出報告値から単位換算係数を算出し、対応する EFG パターンの金額もしくは数量単位の輸入・輸出報告値に乗じて重量単位輸入・輸出報告値を推定する。

Table 1 整合度に応じた貿易統計修正法

パターン	重量単位	金額単位	数量単位	修正法
A	Accept.	Accept.	Accept.	修正無
B	Accept.	Accept.	Not Accept.	修正無
C	Accept.	Not Accept.	Accept.	修正無
D	Accept.	Not Accept.	Not Accept.	修正無
E	Not Accept.	Accept.	Accept.	単位換算法
F	Not Accept.	Accept.	Not Accept.	単位換算法
G	Not Accept.	Not Accept.	Accept.	単位換算法
H	Not Accept.	Not Accept.	Not Accept.	基準価格法

H パターンと判定された場合は、輸入・輸出の重量価格をそれぞれ求め、基準となる世界平均重量価格と比較し、値の近い重量単位輸入報告値または輸出報告値を修正値として採用する。

Step.2: 新・中古製品混合問題の修正

新製品と中古製品が混合した金額・重量単位輸入・輸出報告値から価格分布を作成し、その形状より新製品と中古製品を分割する。新・中古製品分布が乖離する場合は価格閾値より分割する。新・中古製品分布が混合する場合は混合分布モデル³⁾より分割する。

Step.3: 有害金属の国間フロー推定

有害金属の国間フロー量は、不整合問題と新・中古製品混合問題を修正した国間貿易重量に対象有害金属含有製品の有害金属組成率を乗じることで得られる。

3. 鉛のケーススタディ

2. で提案した国間フロー解析法を鉛に適用する。対象とする鉛含有製品を Table 2 に示す。対応する鉛組成は既存文献値⁴⁾を、貿易統計は国連データベース⁵⁾から入手し、2015 年における鉛の国間フロー解析を行った。まず、貿易統計不整合問題への本修正の妥当性を検証するため、ライフステージ別の対象製品の輸入・輸出報告値間の級内相関係数について不整合問題の修正前後の比較結果を Fig.1 に示す。さらに、新・中古製品混合問題修正前後のライフサイクル別の鉛の世界フロー量の比較結果を Table 3 に示す。

キーワード 有害金属, 貿易統計, 不整合問題

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻

TEL: 082-424-7819・7828

Table 2 鉛含有製品の概要

ライフステージ	製品名	製品数
採掘	鉛鉱石	1
製錬	鉛合金、酸化鉛	6
材料製造	鉛シート・パイプ、ブラウン管、ほか	10
製品製造	新バッテリー、新乗用車、ガラス類、ほか	40
使用	中古バッテリー、中古乗用車、他	37
廃棄・リサイクル	廃バッテリー、鉛スクラップ	2

Fig. 1 より、不整合問題の修正後で各ライフステージの級内相関係数が向上する結果が得られた。また、Table 3 より、鉛の世界フロー量において推定の幅が修正後に減少する結果と、製品製造と使用の国間フローを区別する結果が確認できた。以上より、本解析法は貿易統計の不整合問題を緩和し、新・中古製品混合問題を解消することに成功した。

本解析法による 2015 年における鉛の国間フローの解析例を、Fig. 2, 3 に示す。Fig. 2 は上位 20 カ国を対象とした鉛の正味輸出入フロー推定結果を、Fig. 3 は鉛のライフサイクルにおける国間フローネットワーク図を示している。鉛の国間フロー解析は、地球規模での鉛のライフサイクルを追跡でき、どの国がどの段階で鉛をどの程度供給するか、もしくは需要するか、の定量情報の把握を可能にさせる。

4. 結論

本研究は有害金属の国間フローの監視・制御に不可欠な有害金属の国間フロー解析法を提案した。本解析法の特長は、国間フローの基礎統計である貿易統計の不整合問題と新・中古製品混合問題に対処した点である。鉛のケーススタディを通じて、本解析法の妥当性を検証するとともに有効性を提示した。

参考文献

- 1) Johnson, J., Graedel, T.E., The "hidden" trade of metals in the United States. J. Ind. Eco. 12, pp.739-753 (2008)
- 2) 小坂浩之, 鹿島茂, 坂本将吾, 布施正暁, “貿易統計不整合問題の調整による国際貨物流動量の推計精度の検討”, 土木学会論文集 D3 (土木計画学) Vol.71 No.5, pp.673-680 (2015)
- 3) Kohei Endo, Masaaki Fuse : Development of Estimation Method for Trade Flows of Used Products, Proceeding of international Conference on Civil and Environmental Engineering, pp.124-125 (2016)
- 4) Mao, J.S., Dong, J., Graedel, T.E., The multilevel cycle of anthropogenic lead: I. Methodology. Resour. Conserv. Recycl. 52, pp.1058-1064 (2008)
- 5) UN comtrade : <http://comtrade.un.org/>

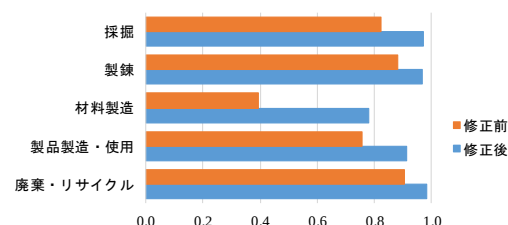


Fig. 1 不整合問題修正前後におけるライフステージ別級内相関係数の比較結果

Table 3 2015 年での鉛の世界フロー量の推定結果

ライフステージ	修正前 (Mg-Pb)	修正後 (Mg-Pb)
採掘	1570-1630	1620-1630
製錬	1760-1800	1740-1870
材料製造	122-155	152-157
製品製造	n.a	1500-1520
使用	n.a	791-804
廃棄・リサイクル	756-854	844-844

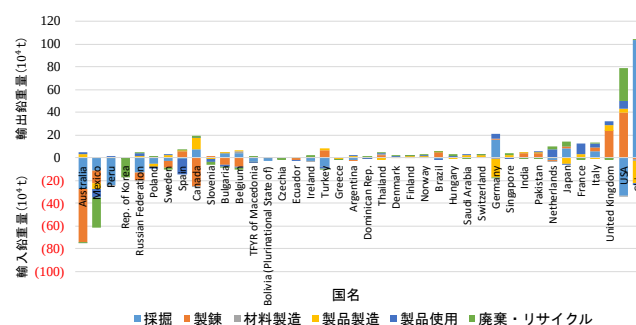


Fig. 2 2015 年での上位 20 カ国を対象とした鉛の正味輸出入フロー推定結果

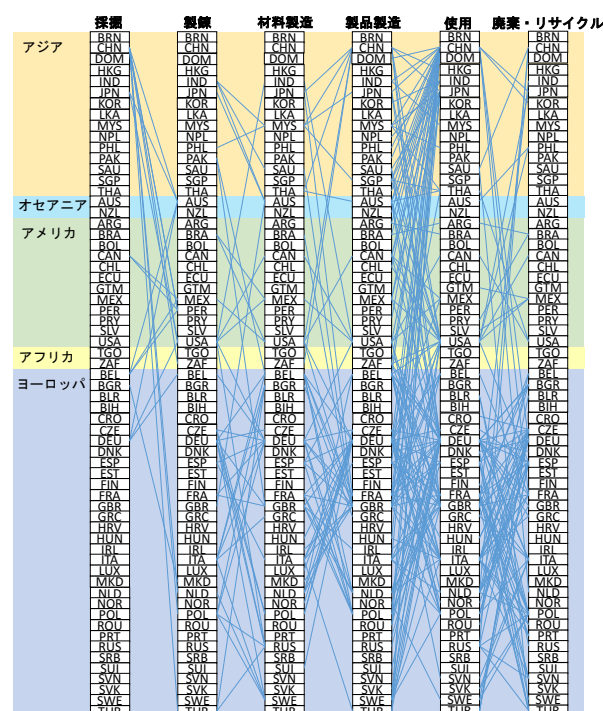


Fig. 3 2015 年での鉛の国間フローネットワーク図