

関与物質総量を考慮した建設副産物のリサイクル性評価に関する研究

名古屋大学大学院 学生会員 ○石原 和弥・奥岡 桂次郎
京都大学大学院 非会員 山末 英嗣
名古屋大学大学院 正会員 谷川 寛樹

1. はじめに

高度経済成長期に蓄積されてきた都市構造物が更新時期を迎えるにあたり、排出される建設副産物の増大が予想される。循環型社会構築に向けて建設副産物量の定量化ならびに再資源化は重要である。一方で、リサイクルの環境への影響を評価することも重要である。その方法として、新規資源からの生産との比較を行うことが有効であり、山末ら(2010)は関与物質総量

(Total Material Requirement, TMR) の観点からリサイクルの環境影響評価を行う手法を開発している。TMRとは物質集約度を示す指標の一つで、直接投入量、間接投入量、隠れたフローで表される。隠れたフローとは、直接・間接的な経済活動により生じる物質以外の、その活動に伴い起こる物質の移動や攪乱量である。この隠れたフローがTMRにおいて重要な概念であり、従来のLCAでは十分に議論されてこなかった領域である。この手法では、TMRを応用した指標を用い、都市に蓄積する資材(都市鉱山)からリサイクルする際のTMRを「都市鉱石TMR, Urban ore TMR (UO-TMR) (kg/kg)」、自然鉱石からのTMRを「自然鉱石TMR, Natural ore TMR (NO-TMR) (kg/kg)」と定義している。これらを比較することで、リサイクルの環境影響評価(リサイクル性)の評価を行っている。

本研究では地域レベルでの評価を行うことを目的とし、地理情報システム(GIS)を用いて、TMRを考慮して建設ストック量ならびに排出された建設副産物量を定量化した。その上でリサイクル性について評価を行った。

2. 研究手法

本研究では、福岡県北九州市を研究対象地として地域レベルでの評価を行なった。

(1) 建設資材のTMRの推計

TMRを考慮に入れた推計を行うため、天然資源からセメントコンクリート・モルタル・砂利・木材・鉄・アルミニウムをそれぞれ1トン得るのに必要なTMRを定量化する。

セメントコンクリートおよびモルタルの主な原料となるのはセメントの材料である石灰石・粘土・ケイ石・および骨材である。石灰石・粘土・ケイ石といった無機素材のTMRは、平成16年度埋蔵量統計調査を用

いて石灰石・粘土・石膏のTMRを推計する。骨材のTMRは中島ら(2006)の研究のヒヤリング調査より1.5kg/kgとする。木材・鉄およびアルミニウムのTMRは原田ら(2007)の推計結果を用い、それぞれ8.0kg/kg, 8.0kg/kg, 48kg/kgとする。これらTMRの値と稲津ら(2009)の先行研究により得られている資材投入原単位を乗じることで、TMRを考慮した建築構造別・年代別の原単位の整備を行う。

(2) 建設ストック量推計

建設ストックは、GISデータより抽出した建築構造別・年代別の建築物の延床面積と原単位を乗じることで以下の式により推計する。

$$Stock = \sum_n \sum_t (I_{n,t} * S_{n,t}) \quad (1)$$

ここで、 $I_{n,t}$ は構造種 n の建築年代 t における資材蓄積原単位、 $S_{n,t}$ は構造種 n の建築年代 t における建築物の延床面積を表す。

(3) 建設副産物量推計

建設副産物量は、2000年から2005年にかけて滅失した建築物をGISデータから把握する。そして建設ストックと同様に、建築構造別・年代別に延床面積を抽出し、原単位を乗じることで推計する。

(4) リサイクル性評価

リサイクル性の評価は、先にも述べた山末らが開発したTMR指標を用いる。UO-TMRとNO-TMRを比較検討することで、リサイクルによって資源を回収する際における、環境影響を議論することが可能となる。TMRが大きい値の場合、環境への影響が比較的大きいと考えることができる。このことから、UO-TMRがNO-TMRよりも小さい場合、そのリサイクルが環境に対して負荷が小さく、有効であると言える。このTMR指標に基づくリサイクルの有効性を、リサイクル性と定義し評価を行った。

表1 TMRを考慮した資材蓄積原単位

資材蓄積原単位 (kg/m ²)	1950	1959	1971	1974	1981	2000	
木造	総量	1,198	1,265	1,460	1,460	1,517	1,615
コンクリート構造	総量	4,075	5,288	5,301	5,301	5,694	5,694
鉄骨構造	総量	2,930	2,951	3,062	3,062	3,080	3,198

3. 推計結果

(1) 建設資材のTMR

石灰石・粘土・ケイ石のTMRはそれぞれ2.07kg/kg, 1.02kg/kg, 1.59kg/kgであった。これらの値と骨材のTMR1.5kg/kgよりセメントコンクリート及びモルタルのTMRは2.41kg/kg, 2.31kg/kgと推計された。得られたTMRの値より、整備した原単位を表1に示す。

(2) 建設ストック量および建設副産物量

2005年の全ての建築物における建設ストックの合計は0.65億トンであった。資材別にみるとコンクリートが最も多く、全体の64%を占める。TMRを考慮に入れると合計で2.19億トンであった。TMRを考慮に入れることでそれ自体の量はあまり大きくないものの、TMRの値が大きいアルミや鉄の占める割合が大きく上昇した。

2000年から2005年にかけて排出された建設副産物量を図1に示す。TMRを考慮することで鉄の占める割合が大きく増加していることがわかる。

(3) リサイクル性評価

前項の結果よりTMRという観点で捉えた場合、鉄の割合が大きいことが示された。そこで鉄スクラップについて、TMRの観点からリサイクル性評価を行った。各種建築構造のうち、鉄骨構造の基礎を除く地上部分の鉄を形鋼とし、その他の鉄は棒鋼と仮定し、それぞれを形鋼としてリサイクルする場合と棒鋼としてリサイクルする場合の評価を行った。鉄のNO-TMRは原田ら(2007)の推計値(8.0kg/kg)を使用する。

図2に形鋼・棒鋼をそれぞれ形鋼・棒鋼にリサイクルする場合の結果を示した。結果の値はNO-TMRとUO-TMRの差分値に建設副産物量を乗じた値を示している。値が大きいほどリサイクル性が高いことを意味する。値が0の地域は建設副産物が発生しておらず、評価できない地域である。

高品質な形鋼をリサイクルする場合、多くの地域で高いリサイクル性が示された。棒鋼をより高品質な形鋼にリサイクルする場合、希釈量が増加するため、そのリサイクル性はあまり高くない結果となった。

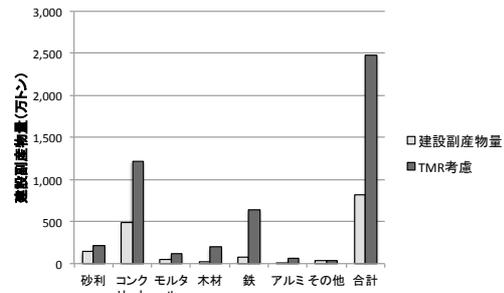


図1 建設副産物発生量

4. まとめ

本研究では、北九州市を研究対象地として、TMRを考慮した建設ストック量ならびに建設副産物排出量の定量化を行ない、そのリサイクル性について評価を行った。鉄の品質を棒鋼だけではなく形鋼についても考えることで、より効率的な検証することが可能となった。今後は他の資材でも評価を行い、建築物全体でのリサイクル性について検討を行なって行く必要がある。

謝辞：本研究は、環境省循環型社会形成推進科学研究費補助金(K113002)の助成を受けて行われたものである。ここに感謝の意を記します。

参考文献

- 1) 山末英嗣・南埜良太・沼田健・中島謙一・村上進亮・醍醐市朗・橋本征二・奥村英之・石原慶一：都市鉱山に含まれる元素・素材の関与物質総量を用いたリサイクル性評価手法の開発～都市鉱石TMRの枠組み構築～, 日本金属学会誌, 第74巻, 第11号, pp.718-723, 2010.
- 2) 経済産業省 資源エネルギー庁：平成16年度埋蔵量統計調査, 2004.
- 3) 中島謙一・原田幸明・井島清・長坂徹也：関与物質総量(TMR)の算定-エネルギー資源および工業材料のTMR, Journal of Life Cycle Assessment, Vol.2, No.2, pp.152-158, 2006.
- 4) 原田幸明：希少資源・元素の現状, あたりあ, 第46巻, 第8号, 2007.
- 5) 稲津亮・谷川寛樹・大西暁生・東修・石峰・井村秀文：複数年の空間情報を用いた都市重量の変化に関する研究—建築物・道路を対象とした和歌山市中心部でのケーススタディ, 環境情報科学論文集, Vol.23, pp.89-91, 2009.
- 6) 谷川寛樹・山末英嗣・稲津亮・前新将：4D-GISを用いた都市重量の変化と建設資材のTMR指標によるリサイクル性に関する検討, 環境システム研究論文集, vol.38, pp.413-419, 2010.

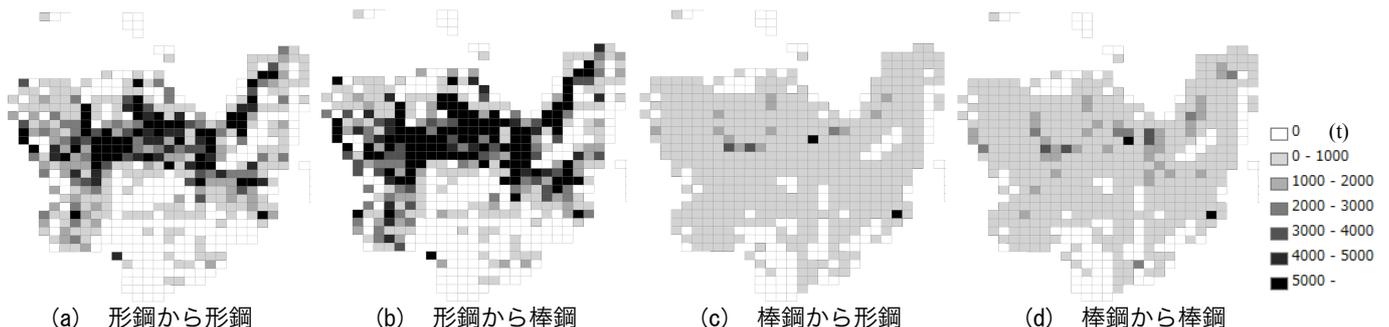


図2 1kmメッシュごとのNO-TMRとUO-TMRの差分値