

京都大学大学院 工学研究科 学生員 ○磯田 隆行
 京都大学大学院 工学研究科 正会員 稲積 真哉
 京都大学大学院 工学研究科 正会員 大津 宏康

1. はじめに

我が国では、近年において資源の枯渇や最終処分場のひっ迫、環境意識の高まりといった様々なバックグラウンドから資源のリサイクルが推進されている。

本研究では、「循環資源」として位置付けられる建設系廃棄物の中でも、再資源化等率が低い建設汚泥のリサイクルについて着目する。建設汚泥のリサイクルが阻害される最も大きな原因には、再資源化処理に要するコスト等によってバージン材と比べて材料単価が高くなる市場性の低さが挙げられる。しかしながら、元来、リサイクルを実施する目的は環境に負荷を与えないことであるため、実際に要する費用のみで評価を行うべきではないと考えられる。そこで、本研究では環境会計を用いて環境への負荷をコストベースに換算することで、実コストと環境への影響のバランスを考慮した環境効率評価モデルを構築する。さらに、構築した評価モデルを用いて、建設汚泥のリサイクルにおける環境効率評価を行う。ここで、リサイクルには様々な要素が複雑に絡み合っているため、環境効率評価において一意的な優劣が決まることはない。そこで、感度分析を用いて、建設汚泥のリサイクルにおいて影響度の大きい要因を決定する。

2. 環境効率評価モデルの構築

本研究では、実際に要する費用を直接コスト、環境への負荷をコストベースに換算したものを環境コストと呼ぶ。さらに、両者を足し合わせたものをトータルコストとして、環境効率指標と定義する。なお、建設系廃棄物の環境コストの算出には、大嶺らの報告¹⁾を参照している。建設汚泥のリサイクルを阻害する要因は前述した市場性の低さに留まらない。建設汚泥の再資源化処理施設が日本中に偏在しているため、輸送の長距離化が問題となる。また、建設汚泥自体に含まれる重金属による生態系への影響や、固化材による高アルカリ性も挙げられる。これらを考慮するために、ライフサイクル全体における直接コスト・環境への影響をピックアップする必要がある。

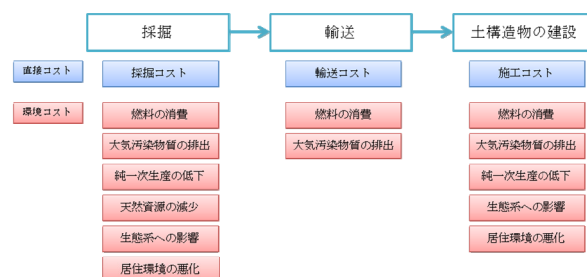


図1 バージン材におけるライフサイクル

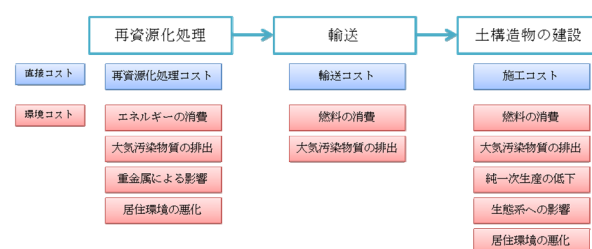


図2 リサイクル材におけるライフサイクル

る。バージン材とリサイクル材におけるライフサイクルと、各行程で発生し得るコストを図1および図2に示す。

直接コストの算出式を式(1)に示す。

$$C = C_I + C_S + C_T + C_K$$

$$C_S = WS$$

$$C_T = WLT$$

$$C_K = WDK$$
(1)

ここで、 C : 直接コスト、 C_I : イニシャルコスト、 C_S : 処理コスト、 C_T : 輸送コスト、 C_K : 保管コスト、 W : 材料の体積 (m^3)、 S : 各材料の処理に要する単価 ($\text{円}/\text{m}^3$)、 L : 輸送距離 (km)、 T : 輸送に要する単価 ($\text{円}/\text{t}\cdot\text{km}$)、 D : 保管日数 (day)、 K : 各材料の保管に要する単価 ($\text{円}/\text{t}\cdot\text{day}$) である。

環境コストの算出式を式(2)に示す。

$$E = E_O + E_T + E_{C1} + E_{C2} + E_{C3} + E_{C4}$$
(2)

ここで、 E : 環境コスト、 E_O : 材料製造に伴う環境コスト、 E_T : 輸送に伴う環境コスト、 E_{C1} : 森林等の公益的機能に関する環境コスト、 E_{C2} : 生態系への影響に関する

環境コスト、 E_{C3} ：天然資源の採取に関する環境コスト、 E_{C4} ：居住環境の悪化に関する環境コストである。環境への負荷を換算する際には、様々な環境影響評価手法が用いられる。手法により適用範囲や計算方法が異なっているため、要素の特性や評価目的によつて的確な手法を選択する必要がある。特に、材料製造・輸送に伴う環境コスト(E_O , E_T)は、 CO_2 負荷に換算して算出を行う。なお、 CO_2 貨幣価値原単位には、国土交通省が定めている 2,890 円/t- CO_2 を採用する。

3. 建設汚泥のリサイクルにおける環境効率評価

前章で構築した環境効率評価モデルを用いて、バージン材とリサイクル材におけるトータルコストを比較・検討する。仮定条件として、バージン材とリサイクル材の質は同等として、土構造物の建設工法に差異は発生しないとする。換言すれば、土構造物の建設における直接コスト・環境コストは考慮しない。また、建設汚泥に含まれる重金属は鉛とする。しかしながら、実際のケースでは重金属が含まれている事例が少なく、建設省監修の「建設汚泥リサイクル指針」においても重金属の対策は述べられていないため、重金属を考慮する場合と重金属を考慮しない場合の2パターンで環境コストを算出する。建設する土構造物の体積を 300m^3 で計算を行い、状況に応じて変動する要素を表1に示す。中央値は、資料調査において平均値、最も妥当と考えられる値を採用する。表1の数値を用いて、トータルコストにおいて感度分析を行った。感度分析とは、インプットとなる複数の要素のうち一つのみを最小値から最大値まで変化させ、他の値は中央値に固定させたときにアウトプットの値の変化を把握する手法である。アウトプットの変動幅によって、要素のインプットとしての影響度を知ることができる。

感度分析を行った結果を図3に示す。中央値での環境効率評価では、リサイクル材よりもバージン材が優れて

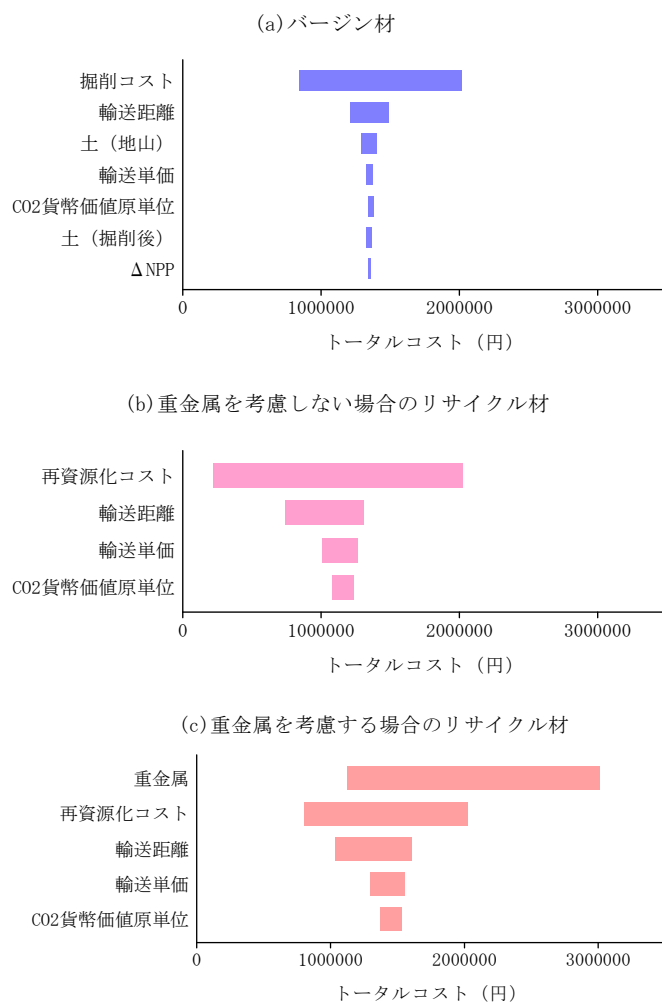


図3 感度分析の結果

いる結果が得られた。また、感度分析を行った結果から、「採掘コスト」、「再資源化処理コスト」、「重金属含有量」がトータルコストにおいて影響度の大きい要素である。リサイクルの障害となりうる処理コストの影響を示すことができた。よって、建設汚泥のリサイクルを促進させるならば上記の3要素について改善していく必要がある。特に、重金属の有無はリサイクル材を使用するかの指標となり得る。

4. おわりに

構築した環境効率評価モデルを用いることで、建設系廃棄物のリサイクルを環境への影響をも含めた社会的な指標で定量的に評価することが可能となった。また、感度分析を行うことで影響度の大きい要素を把握し、対策を講じるべき優先順位を把握した。

参考文献

- 1) 大嶺 聖・松雪清人：建設発生土および廃棄物の有効利用における環境経済評価モデル，2003.
- 2) 伊坪徳宏・稲葉 敦：ライフサイクル環境影響評価手法，丸善，2005.

表1 各要素の変動幅

	最小値	中央値	最大値
土構造物 (m^3)	-	300	-
輸送距離 (バージン) (km)	0	2.5	5
輸送距離 (リサイクル材) (km)	10	20	25
採掘コスト (円/ m^3)	1,000	3,000	5,000
再資源化コスト (円/ m^3)	2,000	5,000	8,000
輸送単価 (円/t·km)	58	69	83
ふけ率	1.26	1.47	1.70
ΔNPP	0	2	9
重金属含有量 (mg/kg)	0	23.1	150
採掘面積 (ha)	-	0.1	-