

廃棄物のリサイクルにおける経済評価の検討

福岡大学大学院 学生会員 ○江崎秀香

福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 山田正太郎 藤川拓朗

アッシュクリート(株) 正会員 東 健一

1.はじめに

わが国では、建設工事に伴う社会資本整備を進める上で、森林の伐採、農地の消失、生態系の破壊などの地球環境を壊してきた。今後循環型社会の構築の上で建設廃棄物のリサイクルを進めることは重要な課題の一つである。しかしながら、リサイクルに伴う中間処理コストの増加によってその促進は進んでいるとはいえない。また、施工実績のないリサイクル材は、安全性や耐久性などの面から使用されるまでに時間がかかっている。しかしながら、限られた資源の中でリサイクル材の使用の遅れは更なる環境悪化を引き起こしている。そこで、本研究では建設事業によって生じる環境影響をコストとして捉え、トータルのコストの中に直接コスト（内部コスト）だけでなく環境コスト（外部コスト）の概念を導入し、新しい建設事業の経済評価を行うことを目的とする。

2.環境コストを用いた経済評価方法

これまで、建設工事は材料費や運搬費などの直接コストのみが計算され、総コストとされていた。これに対し本研究では、建設工事に関する総コスト（ C_T ）を直接コスト（ C_M ）及び環境コスト（ C_E ）の和として捉えることとする¹⁾。一般に、環境コストとは、環境保全のために負担した投資額及び費用額をいい、企業の事業活動のうち環境負荷を抑制することを目的としたコストを意味している。国内では、表-1 に示すような方法が提唱されてきている。しかしながら不確定性の多い環境コストを正確にかつ精度よく決定することは非常に難しく、その利用には至っていない。そこで本研究では、盛土工事を事例として環境コストを考慮した経済評価を行なった。

表-1 国内の環境コスト算定手法

LCCO2(生涯二酸化炭素放出量)	二酸化炭素(CO2)発生量による変化
土木学会	LIME(日本版被害算定型影響評価手法)による評価 [資源使用量、大気排出物質、土地改良などを貨幣化]
地盤工学会九州支部	便益移転法による評価 [森林の公益的機能、生態系環境コストを貨幣化]
循環型社会形成推進基本法	数値目標として資源生産性概念導入 資源生産性: GDP(国内総生産)/天然資源など投入量で定義されて指標

3.盛土工事における環境経済評価

3-1 工事概要 本報告では、軟弱粘土地盤上に盛土工事による 8.5km の高規格道路を建設するという事例を取り上げ、経済評価を行なった。図-1 にこの工事の概要を示す。建設工事の対象とする地域は図に示すように有明粘土地盤が堆積しており、盛土工事においては流動破壊、沈下対策のため深層混合処理が必要な現場である。盛土高は 7.0m、全路体盛土 1,867,450m³、工期 5 年とする。また、この道路の建設される地域は、2 つの町からなる広域的な農村地域であり、合計人口は 32,000 人である。また高齢者率は 25.0% で過疎化が進んでいる。一帯の環境は、豊かな自然の風景が広がり、ほとんどが営々と続けられてきた干拓によってできた土地である。そのため海苔養殖が盛んで魚介類の宝庫であり、干潟特有のムツゴロウやトビハゼなどが生息していることでも知られている。

a) **標準工法**：この工法は、盛土材として、40km 離れた山地から運搬される土砂を使用する。また盛土下部の改良工法として深層混合処理を用い 12m 施工する。ここでセメント量 150kg/m³、安定に対する F_s 1.25 で改良率を決定する。

b) **リサイクルによる工法**：この工法は、盛土工を石炭灰で製作した単位体積重量の非常に軽いブロックにより構築するものである。したがって標準工法で用いる地盤改良が必要ない。ここで、石炭灰は 75km 離れた火力発電所から発生する石炭灰を建設現場に運搬し、現場付近に設置したモルタルプラントで石炭灰とセメントを主な材料に用いその中に気泡を混ぜることで重量の軽い石炭灰ブロックの製造を行い、盛土材として使用する。

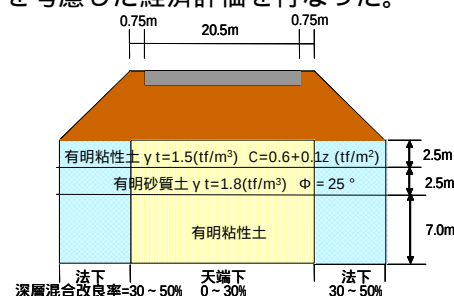


図-1 盛土断面図

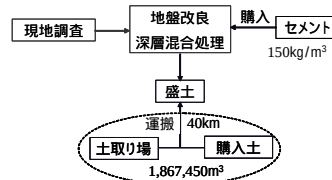


図-2 標準工法

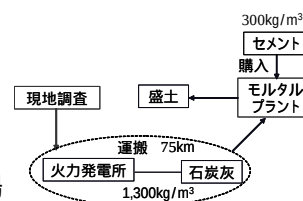


図-3 リサイクルによる工法

3-2 計算方法 表-2 に直接コストに必要な金額を示しているが、数量に単価を乗じたものがコストとなる。表-3 は今回リサイクル材として用いている石炭灰ブロックの詳細を示している。また表-4 に、算出法に関する基本的な考え方や、既

往資料から得られた原単位を示す。CO₂ の貨幣価値は $t\text{-CO}_2 = 3,000$ 円 ($t\text{-C}=11,000$ 円) 程度と仮定する¹⁾。生態系への影響におけるコストは CVM から求められた金額を用いている²⁾。ただし今回は、CVM の特別な調査は行っておらず、既往資料¹⁾ を活用して便益移転法を基本として算定している。また影響世帯数は、福岡県の産業廃棄物処理施設設置に関する条例で、説明を要する指定範囲として設定されている 3km という範囲を

準用した。土取り場に関しては、森林を 10m 掘削すると仮定し、面積から評価を行なっている。表-4 の環境コストで ● は建設工事を行うことで直接的に環境に影響を与える項目であり、○ は一般にサブシステムと言われ、間接的にではあるが確実にその要因によって環境への影響があると考えられている項目を示している。今回の試算においては工事における環境コストに重点を置いているため石炭灰生成にかかる CO₂ 負荷や材料運搬に伴う CO₂ の排出量による環境コストを考慮していない。

3-3 計算結果及び考察 図-4 に直接コストの金額を示している。その結果リサイクル工法が 18 億円ほど高くなっている。この工法における主な直接コストは、石炭灰ブロック製造に伴うセメント費が高いことが原因である。図-5 に両工法の環境コストの比較を示している。標準工法における主な環境コストは購入砂を土取り場からとる場合の森林の公益的機能環境コストと改良用材料の製造に伴うコストである。リサイクル工法における主な環境コストは、石炭灰ブロック製造による住環境悪化のコストである。図-5 より環境コストは 34 億円程度標準工法が高くなっているが、要因としては、リサイクル工法では全く負荷のない土取り場における森林の破壊が最も大きい。生態系への影響については、過疎地で工事が行なわれており、乗じる世帯数が少ないため今回の試算において影響の少ない金額となった。ここでは、工期である 5 年間分のコストを計算しているが、生態系や森林は 1 度壊してしまえば元に戻るまでにかなりの時間がかかり、そのことを考慮するとさらに環境コストの誤差は大きくなることが分かる。ここで更に、環境に対して十分な配慮がなされていない工法 (標準工法) に比べ環境負荷を低減するために増加した費用 (図-4, 費用 (Cost): C) と、代替工法を採る事で減少した環境負荷分のコスト (図-5, 便益 (Benefit): B) の比 (B/C) を用いて分析を行った。その結果、1.91 となり石炭灰を用いたリサイクル工法は環境に優しく経済的であるということが分かった。

4.まとめ

山砂を用いた工法は、森林伐採による公益的機能の損失が環境コストに大きく影響を及ぼす。総コストはリサイクル工法が安くなり、費用便益分析においてもリサイクル工法が 1.91 で環境に優しく経済的である。

1 度壊された環境が回復するまでには、かなりの時間がかかる。したがって、コストの計算には工期以外の時間の考え方を入れる必要があると思われる。

表-2 直接コスト (1km 当り)

規格・仕様	標準工法	リサイクルによる工法	
		数量	単価 (円)
用地費	宅地価格	47200m ²	45,000
地盤改良	深層混合処理	6,000	-
石炭灰ブロック	堤体部	-	219700m ³
盛土	盛土高 7.0m	219700m ³	5,000
法面工	-	36677m ²	2,000
路床	-	475,300	237,650,000

表-3 石炭灰ブロックの内訳

材料	量	単位	総量
石炭灰ブロック個数	3,35	m ³ /個	327,910 個
石炭灰ブロック体積	1.7	t/m ³	1,098,499 m ³
石炭灰	1.3	t/m ³	1,428,048 t
セメント	0.3	t/m ³	329,550 t
鉄筋	28.2	kg/個	9,247 t
型枠	1.72	t/m ³	61.92 t
振動台電力	30	kw	1,639,550 kwh

表-4 考慮すべき環境コスト

環境コスト	算定に当たっての基本的な考え方	原単位	
		標準工法	リサイクルによる工法
E(c1) ● 森林等の伐採に伴う公益的機能の損失	代替法	2,995 千円/ha/年 ¹⁾ × 掘削された森林の面積 (ha)	-
E(c2) ● 生態系への影響	CVM	6,500 円/世帯/年 ²⁾	58 円/世帯/年 ³⁾
E(c3) ● 住環境の悪化 ● 振動・騒音・粉塵による環境コスト	ヘドニック法	128 円/t ¹⁾ × 天然財採取量	384 円/t ¹⁾ × 石炭灰ブロック製造量
E(i) ○ 改良用材料の製造に伴う環境コスト	CO ₂ 換算	-	-
E(o) ○ 重機・運搬車両の製造に伴う環境コスト ○ 機械設備の製造に伴う環境コスト ○ 重機・設備などの運搬に伴う環境コスト ○ 電力・燃料・用水施設に伴う環境コスト ○ 廃棄物処理に伴う環境コスト	CO ₂ 換算	CO ₂ 排出原単位 × 天然材採取量	石炭灰・セメントなどの排出原単位 × 数量 × 単価

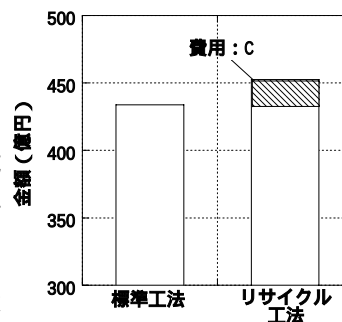


図-4 直接コスト

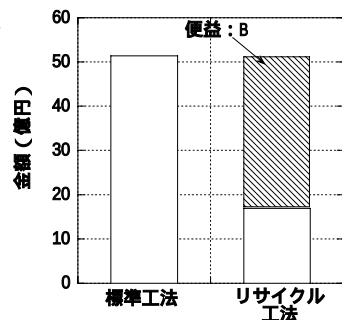


図-5 環境コスト

《参考文献》1) 国土交通省：総合的な建設事業コスト評価指針，試案，2002，2) 地盤工学会九州支部：環境と経済を考慮した有効利用に関する研究，2003.，3) 土木学会：コンクリート構造物の環境性能照査指針，2005