

鉱山跡地埋め戻しにおける土石系循環資源利用の費用便益分析評価に関する研究

九州大学工学部
九州大学大学院

学生会員 ○日名子 慶
正会員 中山 裕文 島岡 隆行

1. はじめに

わが国で排出されている廃棄物等（廃棄物・副産物）のうち、がれき、無機性の汚泥、鉱さい、土砂等は、土石系と分類され、全排出量に占める割合は非常に大きい。しかし、今後、公共事業の削減による需要量の減少に対し、土石系廃棄物等の排出量は増加することが予想されており、需給バランスの崩壊が懸念されている。これに対応するため、本研究では、土石系循環資源の既存の需要先に加え、新規の需要先を加えた資源循環システムを対象とし、土石系循環資源に係る物質フローを整備するとともに、事業費用、便益に関するデータを基に、事業の純便益の観点から評価するための枠組みを構築することを目的とした。具体的には、土石系循環資源の新規需要先として亜炭廃坑の埋め戻し事業を検討している愛知県および岐阜県を対象とし、ケーススタディを行った。

2. 研究のフレームワーク

本研究は図1に示すフレームワークに従い研究を行った。この流れは、2つの分析に大別される。1つは土石系循環資源フローを把握するための物質フロー分析であり、もう1つは事業を行った際の費用便益分析である。この2つの流れによって、事業の費用、便益、環境負荷を評価した。

2.1 土石系循環資源フローの把握

物質フロー把握のために本研究では森口らによる容器包装リサイクル会計表の数値例¹⁾を参考に表1に示す土石系循環資源の投入・産出表の枠組みを構築した。この表において、行の項目は、上から土石系の天然資材、再生資材、その下に製品になる前の廃棄物・副産物が品目別に列挙されている。列の項目には、土石系資源に関連するアクティビティが書かれている。左から天然資材製造、再生資材製造、産業（資材の投入あるいは、廃棄物・副産物の排出を行う）、自治体、家計消費、搬入、搬出となっている。表中の+は投入、マイナスは産出を表しており、本研究では愛知県を対象に物量単位（ここでは重量）での数値を記入した。以上より、現状の物質フローを整理した。

2.2 土石系循環資源を利用する事業の費用便益分析

本研究では多くの公共事業の評価等に一般的に用いられている費用便益分析により土石系循環資源を利用する事業の評価を行った。この分析を用いることによって比較可能な同一単位で費用と便益を表現でき、便益と費用の差である純便益等を指標として、事業を評価することができる。

3. 亜炭廃坑埋め戻しを対象としたケーススタディ

3.1 陥没沈下の被害と亜炭鉱跡地埋め戻し事業の概要

岐阜県 A 町では戦前・戦中・戦後にかけて燃料として盛んに採掘され放置された亜炭の廃坑が広範囲に残存している。亜炭廃坑は、採掘後長期間を経た現在でも、前触れ無く陥没・沈下による被害を生じさせている。将来、巨大地震が起きた場合、深刻な被害が発生することが懸念され、亜炭廃坑の埋め戻しが必要とされている。

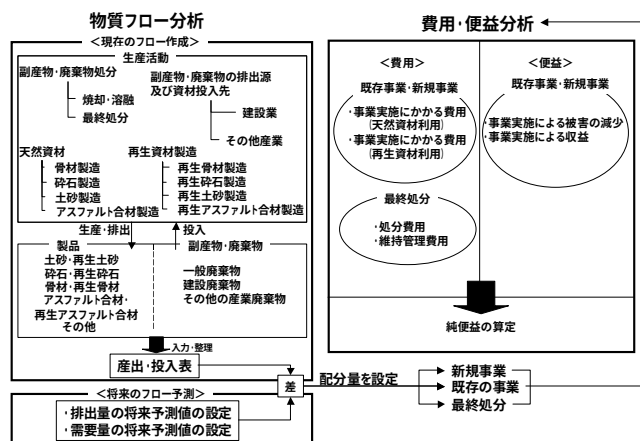


図1 研究のフレームワーク

表1 土石系循環資源の投入・産出表（数値は愛知県の例）

土石系資源に関連する アクティビティ		天然資材	天然・再生	再生資材	生産活動										自治体			消費		消費	
		土砂・砕石・骨材製造	その他の天然材料製造	アスファルト・骨材製造	砕石・再生土砂・骨材製造	再生土砂・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造	再生アスファルト・骨材製造
製品・廃棄物・副産物	天然																				
	再生																				
	再生																				
	再生																				
	再生																				
	再生																				
	再生																				
	再生																				
	再生																				
	再生																				
その他の資源・サービス	一般廃棄物																				
	一般廃棄物																				
	一般廃棄物																				
	一般廃棄物																				
	一般廃棄物																				
	一般廃棄物																				
	一般廃棄物																				
	一般廃棄物																				
	一般廃棄物																				
	一般廃棄物																				
環境	環境																				
	環境																				
	環境																				
	環境																				
	環境																				
	環境																				
	環境																				
	環境																				
	環境																				
	環境																				

3.2 将来の土石系循環資源フローに関するシナリオ

将来、公共事業等の縮減のため、建設資材として利用されている土石系循環資源の需要が減少し、余剰となるシナリオを考え、以下の仮定をおいた。①溶融スラグ：道路用資材等として利用されている溶融スラグは、将来需要が伸びず余剰となる。②石炭灰：発生した石炭灰は他県でセメント原料等として利用されているが、セメント需要の減少により石炭灰が余剰となる。これらの余剰分を新規需要先として岐阜県の亜炭廃坑の埋め戻しに用いることを検討した。

3.3 費用便益分析

(1)費用：この事業では、充填材の母材としてキラ（砕石工場、珪砂工場から発生する副産物粘性土で東海地方固有の呼び名）を使用する。この母材の一部に、循環資源として溶融スラグと石炭灰を代替材として利用することができる。循環資源を利用しないケース 1、循環資源を無償で受け入れて利用するケース 2、循環資源を逆有償で受け入れて利用するケース 3 のそれぞれについて費用を算定した。ケース 3 では、キラを有償物、循環資源を逆有償物とし、循環資源を利用する際には、廃坑の埋め戻しを行う事業者が、排出業者から処理費用に相当する額を受け取ることとした。表 2（ケース 1）、表 3（ケース 2、3）に示す埋め戻し材の標準配合より、キラと循環資源の利用量が求まるのでこの値と各資源の単価より各ケースの材料費を算定し、その他の費用との和から総費用の値を計算した。以上より、事業費用として表 4 に示す結果が得られた。極端な例ではあるがケース 2 は、ケース 1 より約 1 億 4 千万円の材料費を削減でき、ケース 3 はケース 2 より、さらに約 4 億 1 千万円の材料費削減が可能となる。これは石炭灰と溶融スラグの取引単価がキラの取引単価と比較して大きな値になっていることが影響していると考えられる。

(2)便益：亜炭廃坑の埋め戻しによって回避される陥没等の被害額を便益として算定した。A 町の記録によると、過去 37 年に発生した陥没による被害の事例のうち、復旧工事額の記

録が残っている公共施設、農地、家屋等は 198 件、復旧工事費の総額は約 23 億円であった（表 5）。被害が発生しているすべての地域の亜炭廃坑を対象に埋め戻しを行うことは費用面でみて現実的でないため、本研究では廃坑の最浅深度が 15m 以下の危険地域のうち、表 6 に示す公共性の高い 13 施設の地下空間 164,375 m³ を対象に、充填材として循環資源を用い、埋め戻しを行う事業を検討した。過去の記録から、公共施設の陥没被害の 1 年あたり発生頻度を求めると、0.054 件/年となった。また、表 6 に示す公共施設の建設費を陥没が発生した場合の被害額と考え、1 件あたりの平均被害額を算出すると、9 億 4 千万円となった。以上より、予想被害額は、対象期間を 10 年とすると約 5 億円、30 年で約 15 億円、50 年で約 25 億円となる（表 7）。埋め戻し事業により、この被害が回避できる（便益）ことになる。

(3)純便益：対象期間 30 年で費用、便益をグラフにすると図 2 のようになった。便益と費用の差が純便益となることから純便益はケース 1 では約 1 億 2 千万円、ケース 2 では 2 億 6 千万円、ケース 3 では 6 億 8 千万円となり、どのケースも事業実施による費用を便益が上回った。特に石炭灰、溶融スラグを埋め戻し材として受け入れる際に処理費用を受け取ることができれば事業費用を約 40%削減でき、純便益も増大した。

4. まとめ

本研究では逆有償で循環資源を利用することによって得られる効果が約 5 億 6 千万円にも及ぶことがわかったが、3 つのケースについての検討しか行っていないため、さらに多くのケースについて分析し、循環資源を利用することによる効果を把握する必要がある。そのために今後次第に高くなっていくことが予想される循環資源の処分単価を予想し、様々な値に設定することが望ましいと考えられる。さらに、循環資源の種類によって将来の排出量や処分単価が異なることから、埋め戻し材に利用する各循環資源の量も様々な値に設定する必要があると考えられる。

〔参考文献〕1) 森口祐一、田崎智宏：マクロ環境会計を用いた容器包装リサイクル法に関わる物質・金銭フローの表現、平成 18 年度廃棄物処理等科学研究総合研究報告書「地域資源循環に係る環境会計表の作成とその適用」pp7～22,2007

表 2 ケース 1 の標準配合

材料名	充填材の種類	キラ充填材
母材	粘土キラ (kg)	400
	砂キラ (kg)	200
	石炭灰 (kg)	0
	溶融スラグ (kg)	0
固化材	セメント系固化材 (kg)	50
	水 (ℓ)	759

表 3 ケース 2、3 の標準配合

材料名	充填材の種類	石炭灰・溶融スラグ充填材
母材	粘土キラ (kg)	300
	砂キラ (kg)	0
	石炭灰 (kg)	150
	溶融スラグ (kg)	150
固化材	セメント系固化材 (kg)	50
	水 (ℓ)	759

表 4 各ケースの費用

費用など	ケース 1	ケース 2	ケース 3
母材	粘土キラ、砂キラを利用	粘土キラ、石炭灰、溶融スラグを利用 (処理費用受け取りなし)	粘土キラ、石炭灰、溶融スラグを利用 (処理費用受け取りあり)
利用量 (t)	粘土キラ 65.750 砂キラ 32.875	粘土キラ 49.313 石炭灰 24.656 溶融スラグ 24.656	粘土キラ 49.313 石炭灰 24.656 溶融スラグ 24.656
購入・処理単価 (円/t)	粘土キラ 2,900 砂キラ 2,900	粘土キラ 2,900 石炭灰 0 溶融スラグ 0	粘土キラ 2,900 石炭灰 ※-9715 溶融スラグ ※-6930
材料費 (百万円)	286	143	-267
その他の費用 (百万円)	1,114	1,114	1,114
総費用 (百万円)	1,400	1,257	847

※-は循環資源排出業者からの費用の受け取りを表す

表 5 過去の被害状況

対象地域	岐阜県A町		
対象期間	1970～2006年(37年)		
対象施設	保育所、幼稚園、小学校、高校、公民館、町役場、郵便局、病院、老人ホーム		
被害の発生件数	公共施設	建造物	2件
		道路	13件
		農地	110件
		家屋	73件
復旧費用	公共施設	建造物	25万～2億7千万円/件
		道路	21万～417万円/件
		農地	11万～5490万円/件
		家屋	10万～5810万円/件

表 6 対象施設の建設費

施設名	延べ床面積 (m ²)	総建設費 (百万円)
保育所	803	153
幼稚園	1,292	787
小学校	8,069	1,580
中学校①	5,945	1,185
中学校②	4,116	832
高等学校	10,533	2,136
病院①	1,200	228
病院②	2,500	475
郵便局①	1,500	285
郵便局②	150	29
老人ホーム	9,500	1,805
公民館	3,025	575
町役場	11,200	2,128
計		12,197
平均		938

表 7 対象期間ごとの被害額

平均 (百万円)	938
発生頻度 (件/年)	0.054
被害額 (百万円)	対象期間10年 507 対象期間30年 1,521 対象期間50年 2,536

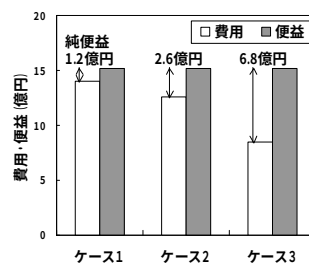


図 2 各ケースの費用、便益