

建設廃棄物のリサイクルを考慮した経済評価に関する研究

福岡大学工学部 学生会員 森 康彦
 福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗
 福岡大学経済学部 非会員 藤本浩明 入江雅仁

1.はじめに これまで社会基盤施設を整備するにあたって、多くの天然材料を使用してきた。しかし、天然材料を利用することは、山や海などの自然環境を破壊し、生態系などに悪影響を与える。循環型社会の形成が叫ばれている中、天然資源の新たな利用を減少させ、地球環境保全のためにも建設・産業廃棄物を用いたリサイクル材を有効利用していく必要がある。しかし、リサイクル材の利用では、中間処理費用が材料価格に反映されるため、必然的に生産量が減り、市場価格は高くなる(図1参照)。したがって、せっかく生まれたリサイクル技術も利用されない状況となっている。そこで本報告では岐阜県で起きた陥没事故の事例として取り上げ、復旧工事を行う際に天然材とリサイクル材利用により発生するコストを、需要と供給の関係を鑑みた平均価格形成の最適化問題から、評価を行った結果について報告する。

2.検討方法 2-1 対象事例 2010年10月20日、岐阜県可児郡御嵩町顔戸の住宅地で東西約65m、南北約75mにわたって、地面が最大で深さ約3mの大規模な陥没が起き、住宅6棟が傾くなど被害が発生¹⁾した。ここは、太平洋戦争開戦前から戦後にかけて、盛んに垂炭の採掘が行われ、1968年に閉山している。この廃坑による地下空洞崩壊に伴う陥没は、これまでも町のいたるところで起きており、具体的な対策が求められている²⁾ところである。このような陥没を防止するためには、空洞充填が必要である。廃坑の広さは、約1,200万 m^3 であり、充填費用は1,500億円と県より試算²⁾されている。陥没事例詳細を表-1に示す。この充填補修費用は、社会が負担する費用なので社会的費用と位置付けることができる。この事例は垂炭採掘による事故であるが、天然砂を採掘して起きた事故と想定し、採掘と空洞埋戻しを考えたコストを算出し、経済評価を行う。

2-2 ミクロ経済学を用いた評価手法 図-2に市場の完全競争理論による需要と供給曲線を示している。また、表-2に図2中に示されている各費用が持つ意味とその面積などについてまとめている。ここで、図中の $P_n = \beta - q_n$ が需要曲線、 $P_n = \alpha_n q_n$ が供給曲線、 $P_n = (\sigma_n + \alpha_n) q_n$ が社会的費用を考えた供給曲線、点Eが均衡点である。そして、 $\triangle E O q_n^*$ で囲まれた面積が可変費用C、 $\triangle E O P_n^*$ で囲まれた面積が生産者余剰であり、 $\triangle g O h$ で囲まれた面積が固定費用 Φ 、可変費用から固定費用を引いた面積が利潤 π 、 $\triangle E O d$ で囲まれた面積が社会的費用S、 $\square E P_n^* O q_n^*$ で囲まれた面積が収入Rとなる。

3.経済的評価結果及び考察 3-1 天然材で充填する場合 今回事例とする空洞の広さは1,200万 m^3 かつ埋戻し費用が1,500億円である。したがって1 m^3 あたりの埋戻し費用は12,500円となる。ここで、均衡価格Eは図-2から次式(1)によって求めることができる。

写真-1 御嵩町の陥没写真¹⁾表-1 陥没事故詳細²⁾

事故現場	岐阜県可児郡御嵩町顔戸
発生日時	2010年10月20日
被害状況	陥没により住宅6棟が傾く 東西約65m、南北約76mに わたって地面が陥没
廃坑広さ	1,200万 m^3
充填費用	1,500億円

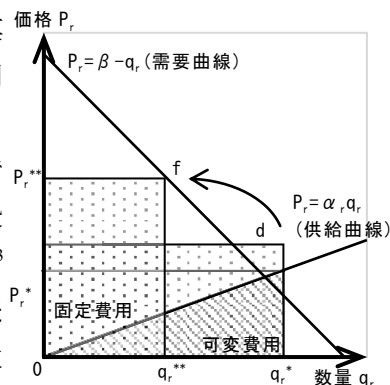


図-1 平均価格形成

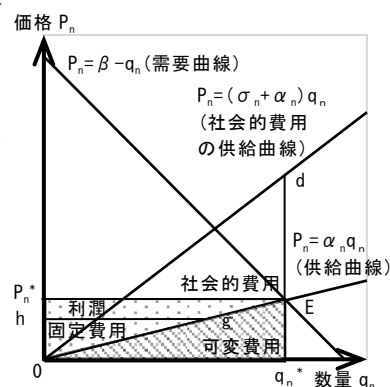


図-2 利潤最大化問題

表-2 各費用及び経済用語のまとめ

項目	意味	図の面積	天然材の金額
可変費用C	材料費・人件費など	$\triangle E O q_n^*$	360億円
固定費用 Φ	メンテナンス、設備費	$\triangle E O P_n^*$	120億円
社会的費用S	第三者が被る損失	$\triangle E O d$	1500億円
収入R	ある期間に得た金銭	$\square E P_n^* O q_n^*$	720億円
利潤 π	可変費用から固定費用を引いた残差	-	240億円
均衡点E	需要と供給曲線の交点	E	6000円
価格 P_n	価格(材料)	P_n	3000円
数量 q_n	数量(空洞体積)	q_n	1200万 m^3

均衡価格(E 円) : 材料単価(天然材(円))

$$=dE : 1 \text{ m}^3 \text{あたりの埋戻し費用(円)} \cdots (1)$$

天然砂の価格を図-3 に示す公表価格から 1 m^3 あたり 3,000 円とし、式(1)に代入すると、均衡価格 E は計算より、均衡価格 E は 6,000 円となる。したがって、可変費用 $\Delta E0q_n^*$ は均衡価格 E を用いて次式により求められる。

$$\text{天然材可変費用 } C_n = 1/2 \times 1,200 \text{ 万 } \text{m}^3 (q_n^*) \times 6,000 \text{ 円(均衡価格 E)} \cdots (2)$$

計算より天然材可変費用 C_n は 360 億円と算出できる。

今回の充填工事における利益は次式(3)より計算する。

$$\text{利益 } \pi_n = \text{収入 } R_n - (\text{社会的費用 } S + \text{可変費用 } C_n + \text{固定費用 } \Phi) \cdots (3)$$

ここで収入は $P_n^* \times q_n^*$ なので 720 億円、社会的費用は 1,500 億円、可変費用は 360 億円、固定費用が 120 億円掛かると仮定して、それぞれ(3)式に代入して計算すると利益は 1260 億円の赤字となる。天然材採掘にかかる可変費用は 360 億円で埋戻しにかかる費用は 1,500 億円と、差額が 1,140 億円となり、図-4 の様に示すことができる。したがって、天然材を採掘することにより、企業は 240 億円の黒字を出しているが、自然環境のことを考えると、赤字である。これは市場の失敗であり、天然材を採掘することを安易に許可してはいけないことがわかる。

3-2 リサイクル材と天然材の平均価格形成による比較 図-1 と図-5 の平均価格形成により求めた最適価格と最適量を比較すると、

$$P_r^{**} < P_n^{**} \cdots (4)$$

$$q_r^{**} > q_n^{**} \cdots (5)$$

実は、元来リサイクル材を用いた方が社会的に最適であることが判明する。

3-3 総合評価 廃坑の埋戻し材に天然材を利用すると、天然材は社会的費用と可変費用を足し合わせたものが総費用になるので、次の式(6)で表すことができる。

$$\begin{aligned} \text{総費用 } 1,860 \text{ 億円} &= 360 \text{ 億円(可変費用 } C_n) \\ &+ 1,500 \text{ 億円(社会的費用 } S) \cdots (6) \end{aligned}$$

式(6)より、天然材を用いる場合の総費用は 1,860 億円となる。一方、リサイクル材は前出したように 1,080 億円であるので、費用の面から比較すると天然材を利用したほうが、リサイクル材の利用に比べて 780 億円も費用増加することが明らかとなった。

4.まとめ 需要と供給の関係を鑑みた平均価格形成の最適化問題を用いて、空洞充填の事例から環境に与える費用を検討した結果、次のことが明らかとなった。

- 1) 空洞充填において天然材の採掘費用より埋戻し費用が 4 倍近く掛かることが示された。
- 2) 充填材にリサイクル材を利用することにより、環境に優しくかつ総費用も安くなることが明らかになった。

《参考文献》1) (岐阜) 陥没相次ぐ御嵩「亜炭坑跡」: http://chubu.yomiuri.co.jp/tokushu/dounaru/dounaru080123_2.htm

2) 御嵩町で住宅地陥没 廃坑原因か、6 棟傾き住民避難 — 岐阜新聞 Web: http://www.gifu-np.co.jp/news/kennai/20101020/201010201321_11946.shtml 3) 御嵩町 - Google マップ: <http://maps.google.co.jp/> 4) 建設物価調査会: 建設物

価, 2010.10 5) 奥野正寛, 『経済学入門』 6) 井堀利宏, 『公共経済学の理論』 7) 林敏彦, 松浦克己, 『テレコミュニケーションの経済学』 8) 一般社団法人 充填技術協会ホームページ: <http://www.juten-tc.com/> 9) 負の遺産としての地下空洞と地盤環境: <http://www.juten-tc.com/ronsetu1-2.htm> 10) 御嵩町陥没は特定鉱害 経産省確認、亜炭廃坑が原因 — 岐阜新聞 Web: http://www.gifu-np.co.jp/news/kennai/20101022/201010220843_11955.shtml

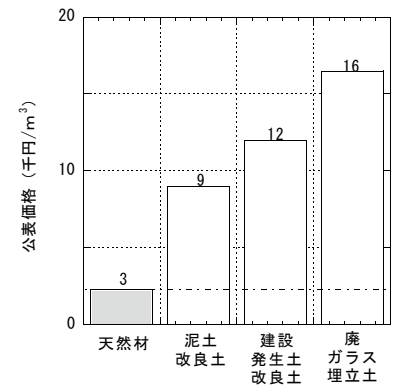


図-3 埋戻し材の公表価格⁴⁾

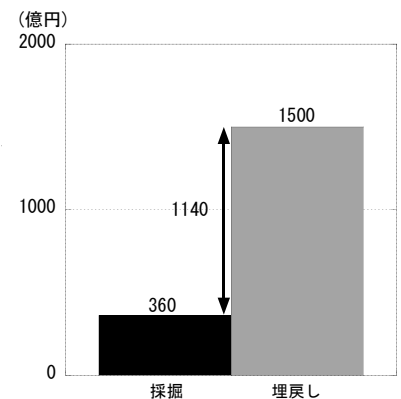


図-4 天然材の採掘と埋戻しに掛かる費用

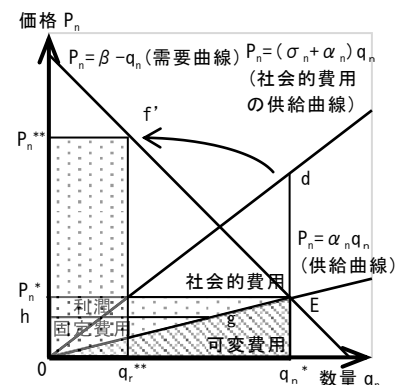


図-5 天然材の平均価格形成