費用便益を考慮したリサイクル材の最適価格形成

福岡大学大学院　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　社会基盤施設は我が国の経済成長や国民生活の向上に寄与するなど、必要不可欠な存在である。我々は、その施設を整備するにあたり、多くの天然材を使用してきた。しかし、天然材を利用することは、新たに山を削るなど、環境破壊に繋がり、生態系などに悪影響を与えると考えられる。循環型社会の形成が求められている現代では、新たな天然資源の利用を減少させ、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。

そこで本報告では、岐阜県で起きた陥没事故の事例を取り上げ、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[1]の関係を鑑みた平均価格形成[2]の最適化問題から、評価を行った結果について報告する。

写真-1　陥没現場写真[4]

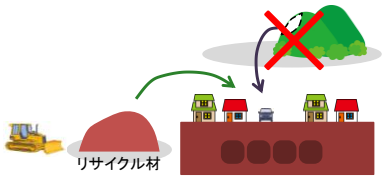

図-1　陥没現場埋戻し図

表-1　陥没事故詳細[4]

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

2.循環型社会とリサイクル材　循環型社会とは、廃棄物をリサイクルし、再資源化していく社会のことである。そのリサイクルにもメリットとデメリットがある。建設リサイクルのメリットとしては、廃棄物処分場の建設費用や、事業コストの縮減効果だけでなく、事業で必要な土や砕石を新たに切り出さない分、山を削らなくてよいという利点がある（**図-1**）。デメリットとして、各分野において、高度な技術力が必要である。また、需要者が納得する品質を確保する必要性や、中間処理に膨大な費用がかかるため、リサイクル材の市場価格が高騰してしまう点である[3]。結果として、価格が安い天然材利用に依存しているのが現実である。

3.検討方法

3-1 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大規模な陥没が起き、住宅 6 棟が傾くなど被害が発生した[4]。現場写真を**写真-1** に、陥没事例詳細を**表-1** に示す。この廃坑による地下空洞崩壊に伴う陥没は、これまでに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ところである[5]。このような陥没事故を防ぐために、空洞充填が必要である[6]。この事例は亜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、ミクロ経済学を用いた評価を行う。

3-2 公共料金と平均価格形成　平均価格形成[7]とは、価格を高く設定し、収入だけで総費用を賄う方法であり、設備費やメンテナンス費が膨大に掛かる公共施設などの料金設定に用いられている。リサイクル材も同様に中間処理費用が大きく掛かるため、本研究では平均価格形成を用いてリサイクル材の市場価格を設定した。

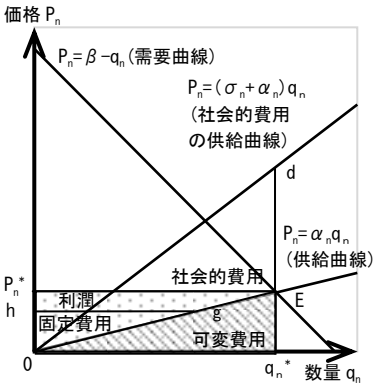

図-2 利潤最大化問題

3-3 費用便益分析　**図-2** に市場の完全競争理論による需要（便益）と供給（限界費用）曲線を示している。また、**表-2** に**図-2**中の各費用の意味と面積についてまとめている。

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	$\triangle E0q_n^*$	360億円
固定費用Φ	メンテナンス、設備費	$\triangle E0P_n^*$	120億円
社会的費用S	第三者が被る損失	$\triangle E0d$	1500億円
収入R	ある期間に得た金銭	$\square EP_n^*0q_n^*$	720億円
利潤π	可変費用から固定費用をひいた残差	−	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

キーワード　環境コスト，　リサイクル，　費用便益分析，
連絡先　〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8-19-1 福岡大学大学院工学研究科建設工学専攻 TEL：092-871-6631(ext.6464)

4.経済的評価結果及び考察

4-1 天然材で充填する場合の費用と利益 今回事例とする空洞の広さは1,200 万m^3 かつ埋戻し費用は1,500 億円であるため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-1**から次式(1)によって求めることができる。

均衡価格(E 円)：材料単価(天然材(円)) ＝ dE：1 ㎥ あたりの埋戻し費用(円)・・・(1)

天然砂の価格を公表価格[8]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、6,000 円となる。したがって、可変費用△ $E0q_n^*$は均衡価格E を用いて次式により求められる。

天然材可変費用C_n＝1/2×1,200 万m^3 (q_n^*)×6,000 円(均衡価格E) ・・・(2)

天然材可変費用C_n は360 億円と算出できる。さらに、今回の充填工事における利益は次式(3)より計算する。

利益π_n＝収入R_n －(社会的費用S ＋ 可変費用C_n ＋ 固定費用Φ)・・・(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、それぞれを(3)式に代入して計算すると企業の利益は 1260 億円の赤字となる。すなわち、これは「市場の失敗」[4]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。

4-2 需要(便益)と供給(限界費用)の関係を鑑みた平均価格形成の最適化問題 **図-3**と**図-4**に埋戻しを考えた天然材とリサイクル材の平均価格形成の概念を示す。天然材とリサイクル材の最適価格と最適量を求めるための最適化問題を解くことにより、天然材とリサイクル材の最適量と最適価格を算出でき、比較することができる。固定費用の面積を変えずに、f 点と需要曲線がぶつかるところが、収入で総費用を賄える最適解である。埋戻しを考えた天然材とリサイクル材の最適量と最適価格を比較すると、以下のように表すことができる。

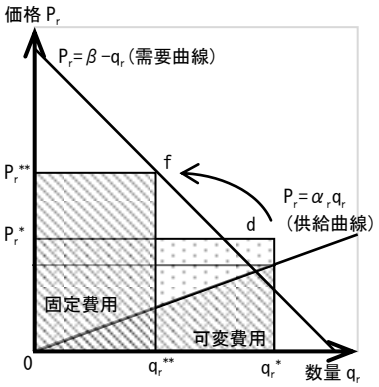

図-3 リサイクル材の平均価格形成

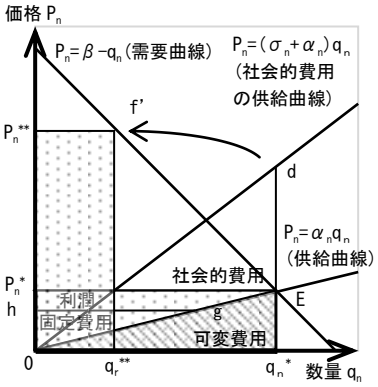

図-4 天然材の平均価格形成

$$P_r^{**} < P_n^{**} \cdots (4) \qquad q_r^{**} > q_n^{**} \cdots (5)$$

ここで、P_r^{**}はリサイクル材の最適価格、P_n^{**}は天然材の最適価格、q_r^{**}はリサイクル材の最適量、q_n^{**}は天然材の最適量を意味する。両図を比較すると、リサイクル材の方が、最適価格が天然材に比べ安く、最適量は、リサイクル材の方が天然材より多いことが分かる（**図-5**）。これからは、この結果にあるように、天然材利用を減らし、将来性を考え、リサイクル材を利用していくべきである。

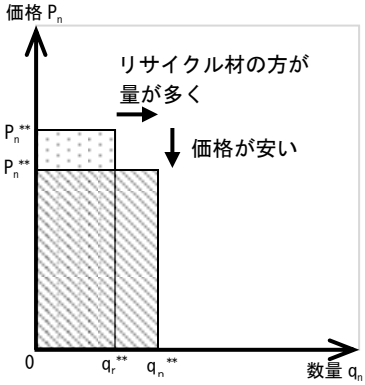

図-5 リサイクル材と天然材の価格と最適量を比較

4-3 総合評価 副産物の有効利用は、最終処分場の延命化に繋がる。また、長期的に考えると、環境負荷低減やコスト縮減にも効果を持つことは周知の事実である。建設業界において、なかなかリサイクル材の利用が進まない理由は、やはりコスト重視のこれまでのやり方から抜け出せないためである。しかし、今回行ったミクロ経済学を用いた評価から従前の考え方が誤っていることが改めて明らかになった。今後は行政がこのような検討を含めて社会資本整備事業を進めるべきと言える。

5.まとめ 経済学の需要（便益）と供給（費用）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)ミクロ経済学の観点から試算した結果、天然材採掘は赤字になる結果となり、安易に天然材採掘することを許可してはならないことを示した。2) 充填材にリサイクル材を利用することにより、天然材採掘による環境破壊を防ぎ、総費用も安くなることが明らかになった。

《参考文献》1) 奥野正寛,『経済学入門』， 2) 井堀利宏,『公共経済学の理論』， 3) 土木学会誌, Vol.96 No.4 April 2011/pp.18-20, pp.26.
4)（岐阜）陥没相次ぐ御嵩「亜炭坑跡」: http://chubu.yomiuri.co.jp/tokushu/dounaru/dounaru080123_2.htm, 5) 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，6) 一般社団法人　充填技術協会ホームページ：http://www.juten-tc.com/, 7)林敏彦,松浦克己,『テレコミュニケーションの経済学』， 8)建設物価調査会：建設物価,2010 10.