

廃棄物の資源化を示す環境指標に関する考察

広島大学	フェロー会員	○河合 研至
太平洋セメント(株)	正会員	田中 敏嗣
太平洋セメント(株)		平尾 宙
太平洋セメント(株)	正会員	久我龍一郎

1. はじめに

土木学会コンクリート委員会環境調和型コンクリート材料学の創造に関する研究委員会(218委員会)では、コンクリートの環境調和性を示す環境調和指標として、温室効果に関わる指標、廃棄物に関わる指標、地産池消に関わる指標を提案している。この中で、廃棄物に関わる指標は、バージン資源の使用を抑えることに重点を置いたものとなっており、リサイクル資源に関しては一様な取り扱いを取っている。しかし、有効活用を図るべき資源の中では、有効活用の難易度に大きな相違があることも確かである。セメント業界は産業副産物・廃棄物の積極的活用に取り組んでおり、セメント1tあたりの副産物・廃棄物使用量は481kg/t(2012年度)にまで達している。国内において資源循環型社会を構築していく中で、静脈産業としての重要な位置づけを担っている。セメント1tあたりの副産物・廃棄物使用量を高めることにより、副産物・廃棄物の使用量を増加させる努力が図られているものの、昨今のセメント生産量の激減は、総量としての副産物・廃棄物の使用量の増加を困難なものとしている。効率的な資源循環を図るためには、副産物・廃棄物の中で有効活用の困難なものについては、その活用が可能な産業において受け入れ、有効活用が容易なものについては、様々な産業で受け入れていくなど、副産物・廃棄物の種類に応じた活用方法が取られていくべきであると考え。そのため、上記の廃棄物に関する指標においても、有効活用の難易度を反映した指標化が本来は好ましいものと思われる。本稿では、上記を背景として、廃棄物の資源化を示す環境指標について検討した。

2. 環境指標の定式化

218委員会で提案している廃棄物に関わる指標 I_w を式[1]に示す。

$$I_w = \frac{\text{リサイクル資源使用量} - \text{廃棄物発生量}}{\text{バージン資源使用量} + \text{リサイクル資源使用量}} \quad [1]$$

ただし、リサイクル資源使用量 < 廃棄物発生量 のとき、 $I_w = 0$

ここで、式[1]のリサイクル資源には、副産物と廃棄物の両者が含まれる。現実には、厳密な定義付けが難しい点はあると思われるが、資源化において、廃棄物は副産物よりも資源化が困難であると一般的には考えられる。そこで、廃棄物の有効利用がより反映される指標として、以下の指標を検討した。

$$I_{w1} = \frac{\text{廃棄物資源使用量} - \text{廃棄物発生量}}{\text{バージン資源使用量} + \text{リサイクル資源使用量}} \quad [2]$$

$$I_{w2} = \frac{\sum \alpha_i \times w_i + \sum \beta_j \times b_j - \text{廃棄物発生量}}{\text{バージン資源使用量} + \text{リサイクル資源使用量}} \quad [3]$$

ただし、 α_i, w_i : 廃棄物資源 i の重みづけ, 使用量 ($0 < \alpha_i \leq 1$)

β_j, b_j : 副産物資源 j の重みづけ, 使用量 ($0 < \beta_j \leq 1$)

式[3]中の α_i, β_j は、それぞれ廃棄物資源、副産物資源における資源化の困難度を示す係数として導入した。

キーワード 資源循環, 環境指標, リサイクル資源, 副産物, 廃棄物, セメント

連絡先 〒734-8527 広島県東広島市鏡山一丁目4番1号 広島大学大学院工学研究院 TEL082-424-7788

いずれの指標も、リサイクル資源の活用の中で廃棄物資源の活用を重要視することを意図した指標であるが、式[3]において $\alpha_i=1$, $\beta_j=0$ とした場合が式[2]であり、 $\alpha_i=\beta_j=1$ とした場合が式[1]である。セメントの現状について、これらの指標を用いて以下で考察する。

3. 環境指標に関する考察

セメント協会から公表されている LCI データ^{2),3)}を基に、2006 年度、2011 年度の普通ポルトランドセメントについて環境指標を算出した結果を表 1 に示す。なお、表 1 には副産物・廃棄物の使用量と原料・エネルギーの使用量^{4),5)}を基に、 I_w の算出を行った試算結果をあわせて示す(表中の「総量より算出」)。過去には LCI データが公表されていなかったため、過去の数値と最近の数値を比較するために、この数値を算出した。表 1 において、LCI データより算出した I_w と比較して、総量より算出した I_w の数値が大きくなっているのは、後者が混合セメントを含んでいるためである。また、表 2 には、表 1 の算出結果における年度間の環境指標の増加率を示した。

表 1 環境指標の試算結果 ($\alpha_i=1$)

年度	LCI データより算出			総量より算出 (I_w)
	$\beta_j=0$ (I_w1)	$\beta_j=0.5$ (I_w2)	$\beta_j=1$ (I_w)	
2011	0.154	0.185	0.217	0.236
2006	0.102	0.130	0.158	0.218
2000	—	—	—	0.182
1995	—	—	—	0.146
1990	—	—	—	0.140

表 2 試算した環境指標の増加率 ($\alpha_i=1$)

年度	LCI データより算出			総量より算出 (I_w)
	$\beta_j=0$ (I_w1)	$\beta_j=0.5$ (I_w2)	$\beta_j=1$ (I_w)	
2006→2011	1.510	1.423	1.373	1.082
2000→2006	—	—	—	1.198
1995→2000	—	—	—	1.246
1990→1995	—	—	—	1.042

表 1 において、自明のことではあるが、 β_j の値を大きくとるほど指標の値は大きくなる。しかし、表 2 における年度間での指標の増加率は、 β_j の値を大きくとるほど小さくなっている。また、総量より算出された I_w では、1995 年度以降、年度を追うごとにその数値が小さくなっている。総量より算出された I_w の増加率に関する傾向は、副産物・廃棄物を積極的に原燃料として受け入れて以降、使用量が高止まりしつつある最近の傾向を示す結果と思われる。しかし、その反面、 $\beta_j=0$ とした I_w1 では、数値が 2006 年度から 2011 年度にかけて 1.5 倍となっていることから、リサイクル資源の受け入れは高止まりしつつも、処理が困難な廃棄物の受け入れは相対的に増加しており、以前にも増してより高度な資源循環を果たしていると考えられる。

ここでは、便宜的に式[3]における α_i を一律に 1 とし、 β_j を一律に 0, 0.5, 1 として試算した場合について示したが、本来であれば、廃棄物資源、副産物資源の種類ごとにこの重みづけが決定され、それによって資源化の困難さが示されるべきものと考えられる。この点については、今後の課題としたい。

4. おわりに

本稿では、副産物・廃棄物の資源化を図るうえでの環境指標について新たな定式化を試み、その試算結果について考察を行った。その中で、218 委員会における提案式は、リサイクル資源の総量を環境指標化するものとはなっているものの、副産物や廃棄物の処理の困難さを反映した環境指標とはなっていないことを、セメントを事例として取り上げた。

資源循環には様々な形態が存在するため、廃棄物に関する環境指標化を一義的に行うことは非常に困難かもしれないが、より多くのリサイクル可能資源が適材適所で循環されるような指標を今後とも検討していくことが必要である。

参考文献

- 1) 土木学会, 環境調和型コンクリート材料学の創造に関する研究委員会成果報告書, コンクリート技術シリーズ 96, pp.4-9, 2011.8
- 2) セメント協会, セメントの LCI データの概要, 2008.6
- 3) セメント協会, セメントの LCI データの概要, 2013.7
- 4) セメント協会, セメント協会 最近二十年の歩み, pp.88-91, 2013.10
- 5) セメント協会, セメントハンドブック 1994 年度版