

廃棄物の資源化を示す環境指標に関する考察－廃棄物・副産物の分類に関する検討－

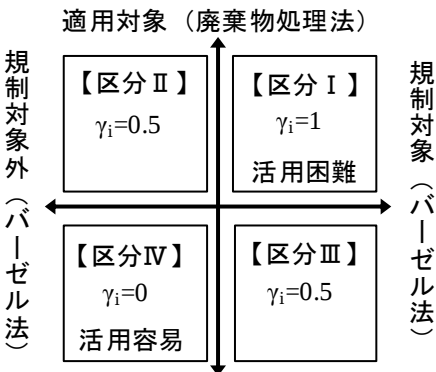
太平洋セメント(株) 正会員 ○久保田 修  
広島大学 フェロー会員 河合 研至  
太平洋セメント(株) 星野 清一  
太平洋セメント(株) 平尾 宙  
太平洋セメント(株) 正会員 田中 敏嗣

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<sup>1)</sup>。この中で、廃棄物に関わる指標（以下、廃棄物指標）は、バージン資源の使用と廃棄物の発生を抑えることに重点を置いたものとなっており、廃棄物・副産物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、その活用の難易度に大きな相違があることも確かである。河合ら<sup>2)</sup>は、セメント製造を対象としてこの廃棄物指標を検討し、効率的な資源循環の観点から廃棄物・副産物の活用難易度を反映させた更なる指標の必要性を論じた。これを受け、久我ら<sup>3)</sup>や星野ら<sup>4)</sup>は、各廃棄物・副産物のリサイクル率をその活用難易度を示す係数として導入することで、セメントの資源循環への貢献度を定量的に評価した。本報では、廃棄物・副産物の活用難易度を法令の区分から分類することで重み付けを行った廃棄物指標について検討した。

2. 法令区分に基づいた廃棄物指標の定式化

廃棄物・副産物に関わる法令の中で、廃棄物・副産物を一定の基準に従って区別しているものとして、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下、廃棄物処理法）と特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律（以下、バーゼル法）が挙げられる。廃棄物処理法では、廃棄物を占有者が自ら利用または他人に有償で売却することができないために不要になったものと定義し、廃棄物と副産物を価値の有無で区別している。一方、バーゼル法では価値ではなく、特定有害物質を含むか否かで区別している。これらに基づき、本報では図1に示すように、廃棄物・副産物を廃棄物処理法およびバーゼル法に基づき4つの区分に分類した。本分類では、バーゼル法と廃棄物処理法の両方とも適用されない品目が最も活用しやすく、反対に、両方とも適用される品目が最も活用しにくいと判断される。既往の廃棄物指標の重み付けに関する検討<sup>2)</sup>では、活用難易度が低い場合の係数を0とし、高い場合の係数を1としている。これを踏まえ本報でも、重み付けの係数として、区分Iに分類される品目には1を、区分IVに分類される品目には0を与えることとした。また、区分II、IIIについては今後検討の余地はあるが、ここでは暫定的に0.5を与えた。この考え方に従って、セメント製造において利用されている廃棄物・副産物を表1に示すように分類した。廃棄物処理法については公に有償取引されているか否かで判別し、バーゼル法については規制対象<sup>5)</sup>に該当するか否かで判別した。



適用対象外（廃棄物処理法）

図1 廃棄物・副産物の区分

表1 廃棄物・副産物の分類

| 区分  | 廃棄物・副産物                                              |
|-----|------------------------------------------------------|
| I   | 石炭灰、汚泥、スラッジ<br>建設発生土、燃えがら、ばいじん、<br>ダスト、廃油、廃白土、肉骨粉、ボタ |
| II  | 非鉄鉱滓等、木くず、廃プラスチック、<br>廃タイヤ、鋳物砂                       |
| III | なし                                                   |
| IV  | 高炉スラグ、フライアッシュ、<br>副産石こう、製鋼スラグ、再生油                    |

廃棄物指標の評価式には、既往の報告<sup>3)</sup>と同様に式[1]を用いた。また、式[1]中の $\gamma_i$ には、各廃棄物・副産物における活用の難易度を示す係数として、図1および表1より得られる各品目の係数を用いた。

キーワード 資源循環、環境指標、廃棄物、副産物、セメント、バーゼル法、廃棄物処理法  
連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株)中央研究所 TEL 043-498-3843

$$Iw' = \{ \sum (\gamma_i \times w_i) - Cw \} / (Uv + Ur) \quad [1]$$

$\gamma_i$  : 重み付け係数 ( $0 \leq \gamma_i \leq 1$ ),  $w_i$  : 各廃棄物・副産物の使用量,  $Cw$  : 廃棄物の発生量,  
 $Uv$  : バージン資源の使用量,  $Ur$  : 廃棄物・副産物の総使用量,

本式は、処理困難な廃棄物・副産物の活用を重要視することを意図しており、その評価値が高いほど活用困難な廃棄物を積極的に利用していることを示すと考えられる。

3. 廃棄物指標による各種セメントの評価および考察

式[1]を用いて、ポルトランドセメント (PC), 高炉セメント B 種 (BB), フライアッシュセメント B 種 (FB) を評価した。セメント品種毎の各廃棄物・副産物の使用量 ( $w_k$ ) については、既報<sup>4)</sup>に従い、表 2 に示す値を用いた。

各種セメントの評価結果を図 2 に示す。評価値は高炉セメント B 種<フライアッシュセメント B 種<ポルトランドセメントの順に大きくなっており、廃棄物・副産物の総使用量 ( $Ur$ ) が多い混合セメントに比べて、総使用量が少ないポルトランドセメントの方が高い結果を示した。これは、混合セメントでは区分Ⅳに分類される活用難易度の低い品目を多く使用しているのに対し、ポルトランドセメントでは区分Ⅰに分類される活用難易度の高い品目を多く使用していることによる。

次に、法的区分を用いた廃棄物指標の評価結果と、既報<sup>3,4)</sup>で提案されているリサイクル率を用いた廃棄物指標の評価結果を比較した。評価に必要なリサイクル率は、既報<sup>3)</sup>の値を用いた。両指標値の比較結果を図 3 に示す。両評価結果は、値自体は異なるものの相関係数は 1 となり相対的には整合性の高いことが確認された。本結果より法的区分による活用難易度を反映させた廃棄物指標も、既往のリサイクル率を用いた廃棄物指標と同様に、廃棄物・副産物の活用難易度を考慮したセメントの廃棄物指標として適用できる可能性が示唆された。

4. まとめ

処理困難な廃棄物・副産物の有効活用という観点から、廃棄物・副産物をバーゼル法と廃棄物処理法に基づいて分類することで、それらの活用難易度を反映させた廃棄物指標を作成した。本指標により、ポルトランドセメント、高炉セメント B 種、フライアッシュセメント B 種を評価した結果、ポルトランドセメントが最も高く評価された。

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  
2)河合ほか, 廃棄物の資源化を示す環境指標に関する考察, 土木学会年次学術講演会, 69 (V-212), pp.423-424, 2014  
3)久我ほか, ポルトランドセメント製造による廃棄物・副産物の資源化を表す環境指標に関する検討, セメント・コンクリート論文集, 68, pp.510-515, 2015  
4)星野ほか, セメントの廃棄物・副産物の資源化を表す環境指標による各種セメントの評価, 第 69 回セメント技術大会講演要旨, 2015  
5)環境省, 経済産業省, 廃棄物等の輸出入管理の概要, 2014

表 2 各廃棄物・副産物の使用量

|                       | $w_k$ (kg/ton-cement) |       |        |
|-----------------------|-----------------------|-------|--------|
|                       | PC                    | BB    | FB     |
| 高炉スラグ                 | 0.0                   | 426.0 | 0.0    |
| フライアッシュ(混合材)          | 0.0                   | 0.0   | 155.0  |
| 石炭灰                   | 115.8                 | 66.5  | 97.8   |
| 汚泥、スラッジ               | 46.4                  | 26.7  | 39.2   |
| 副産石こう                 | 37.5                  | 21.5  | 31.7   |
| 建設発生土                 | 33.8                  | 19.4  | 28.6   |
| 燃えがら, ばいじん, ダスト       | 24.2                  | 13.9  | 20.5   |
| 非鉄鉱滓等                 | 11.7                  | 6.7   | 9.9    |
| 木くず                   | 10.2                  | 5.8   | 8.6    |
| 廃プラスチック               | 7.6                   | 4.4   | 6.4    |
| 製鋼スラグ                 | 7.7                   | 4.4   | 6.5    |
| 廃油                    | 4.6                   | 2.6   | 3.9    |
| 廃タイヤ                  | 1.3                   | 0.7   | 1.1    |
| 鋳物砂                   | 9.1                   | 5.2   | 7.7    |
| 廃白土                   | 4.3                   | 2.5   | 3.6    |
| 再生油                   | 3.3                   | 1.9   | 2.8    |
| 肉骨粉                   | 1.1                   | 0.6   | 0.9    |
| ボタ                    | 0.0                   | 0.0   | 0.0    |
| その他                   | 10.5                  | 6.0   | 8.9    |
| 廃棄物・副産物の総使用量 ( $Ur$ ) | 329.3                 | 615.0 | 433.2  |
| バージン資源の使用量 ( $Uv$ )   | 1326.8                | 761.6 | 1121.1 |

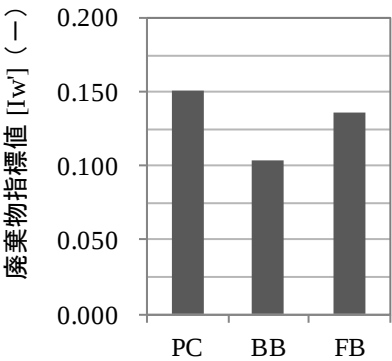


図 2 廃棄物指標による評価結果

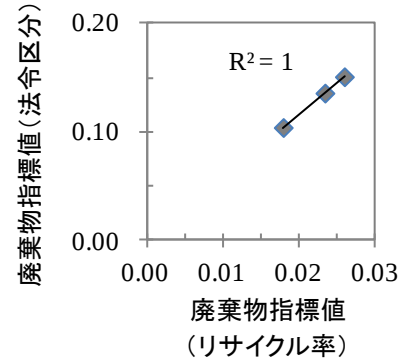


図 3 リサイクル率を反映した廃棄物指標との比較