

# セメント産業を含む静脈産業における廃棄物活用に関する指標の適用性

広島大学 学生会員 ○柴崎 悠吾  
 広島大学 正会員 小川 由布子  
 広島大学 フェロー会員 河合 研至

## 1. はじめに

セメント産業は他産業で排出された廃棄物や副産物の多くをセメントの原燃料として受け入れており、資源循環の役割を果たしているが、一般にはあまり知られていない。そのため、この資源循環の側面により環境負荷低減に貢献しているという実態をわかりやすく一般に向け発信する必要がある。

このような点を考慮して、廃棄物・副産物の資源化を表す廃棄物指標  $Iw_3$  が提案され、セメント製造における評価が行われている。

$$Iw_3 = \{\sum(\gamma_k \times W_k) - \sum(\gamma_k \times C_k)\} / (U_r + U_v) \quad [1]$$

$Iw_3$  : 廃棄物指標,  $\gamma_k$  : リサイクル資源・廃棄物  $k$  の未利用率 ( $1 - R_k / 100$ ),  $R_k$  : リサイクル資源・廃棄物  $k$  のリサイクル率 (%),  $W_k$  : リサイクル資源  $k$  の使用量 (kg/t),  $C_k$  : 廃棄物  $k$  の発生量 (kg/t),  $U_r$  : リサイクル資源の総使用量 (kg/t) ( $= \sum W_k$ ),  $U_v$  : バージン資源の総使用量 (kg/t)

しかし、セメント産業のみでの試算では、セメント産業に有利な指標式になっている可能性がある。そこで、本研究では、セメント産業同様に廃棄物・副産物の資源循環に大きな役割を果たす鉄鋼産業、製紙産業においても試算し、この指標の適用性を検討した。試算は式[1]に加え、式[2]についても行った。式[2]は、廃棄物の利用による影響と廃棄物の排出の影響を考慮した式である。これに対し式[1]は、式[2]に資源使用量の影響を加えた式である。

$$Iw_4 = \sum(\gamma_k \times W_k) - \sum(\gamma_k \times C_k) \quad [2]$$

$Iw_4$  : 廃棄物指標

## 2. 算出方法と使用データ

対象年を2006年、2011年、2014年として、鉄鋼産業、製紙産業について、 $Iw_3$  および  $Iw_4$  を試算した。鉄鋼産業、製紙産業で利用されるリサイクル資源、発生廃棄物の  $R_k$  には、環境省が公表している「産業廃棄物の排出及び処理状況等」に記される再生利用率を始めとして入手可能な種々のデータ<sup>2)3)4)</sup>を用いた。「その他」については、品目やリサイクル率が特定できないことから、環境省の集計データに示される産業廃棄物全体のリサイクル率を用いた。これにより得られた  $R_k$  を表1に示す。 $U_r$ ,  $W_k$ ,  $C_k$  については、鉄鋼産業、製紙産業ともに資源使用量、廃棄物排出量、製品生産量等の詳細データを産業全体として集約している文献を見つけることはできなかった。そのため、詳細データを公表している企業4社のデータをそれぞれの産業について集計し、これをそれぞれの産業の代表値とした。なお、鉄鋼産業については、高炉メーカーからデータ収集を行っている。このようにして得ら

表1 本研究で使用したリサイクル率  $R_k$  (%)

	2006年	2011年	2014年
高炉スラグ	100	100	100
フライアッシュ	100	100	100
石炭灰	97	98	98
汚泥、スラッジ	74	55	63
燃え殻、ばいじん、ダスト	68	71	75
木くず	64	79	83
廃プラスチック	39	54	59
製鋼スラグ	97	98	99
廃タイヤ	88	90	88
鉄スクラップ	99	98	99
古紙	72	78	81
紙くず	61	66	73
ASR	69	93	97
金属くず	93	96	94
その他	51	52	53

キーワード 環境影響評価, 廃棄物指標, リサイクル率, 鉄鋼産業, 製紙産業

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 事務室

TEL : 082-424-7819・7828

れた鉄鋼産業、製紙産業の  $U_v$ ,  $W_k$ ,  $C_k$  をそれぞれ表 2, 表 3 に示す。

### 3. 結果および考察

鉄鋼産業、製紙産業それぞれの年度ごとの  $I_{w4}$  を図 1 に示す。表 1, 表 2 に示すように、鉄鋼産業のリサイクル資源量、廃棄物量は大きく変化していないため、リサイクル率の影響が  $I_{w4}$  に大きく反映されている。特に廃棄物であるダストのリサイクル率の影響を大きく受け、リサイクル率の増加に伴い  $I_{w4}$  が増加している。一方、製紙産業の  $I_{w4}$  は年度を追うごとに減少した。これは、古紙の使用量増加による  $I_{w4}$  の増加量を、古紙のリサイクル率の増加による  $I_{w4}$  の減少量が上回ったためである。

次に、2011 年の統計データに基づくセメント産業、鉄鋼産業、製紙産業の  $I_{w3}$ ,  $I_{w4}$  の試算結果をそれぞれ図 2, 図 3 に示す。各産業を比較すると、両指標共に製紙産業で最も高く、次いでセメント産業、鉄鋼産業の順となった。製紙産業の  $I_{w3}$ ,  $I_{w4}$  が他産業に比べ高いのは、古紙を原料として多量に使用し、排出する廃棄物が非常に少ないためである。また、鉄鋼産業の  $I_{w3}$ ,  $I_{w4}$  が他産業に比べて低く負の値を示した原因は、原料として使用する鉄スクラップのリサイクル率が高いこと、および高炉メーカーを対象に評価を行ったためリサイクル資源は少なく排出する廃棄物の総量が多いことが挙げられる。今回の評価は高炉メーカーを対象に行ったため、実際の鉄鋼産業全体の評価は、今回の評価よりも良くなると考えられる。

$I_{w3}$  は、 $I_{w4}$  に資源投入量の影響を考慮する。そのため、製紙産業のように総資源投入量が少ない産業は、 $I_{w3}$  が大きくなる。しかし、鉄鋼産業のように指標値が負の値を示す場合、資源を多く投入すればするほど、 $I_{w3}$  が上昇し、総資源投入量の影響が正しく反映されないことがわかった。すなわち、 $I_{w3}$  と  $I_{w4}$  では、廃棄物指標としては  $I_{w4}$  の方が妥当性は高いと考えられる。

### 4. 結論

今回の検討で以下のことがわかった。

- 1) 指標値は鉄鋼産業 < セメント産業 < 製紙産業の順に大きくなり、産業間のおおよその資源循環の貢献の程度がわかった。
- 2)  $I_{w3}$  では投入資源量の影響が正しく反映されない場合があるため、廃棄物指標としては  $I_{w4}$  の方が妥当性は高いと考えられる。
- 3)  $I_{w3}$  や  $I_{w4}$  は、リサイクル率の影響を大きく受ける

表 2 鉄鋼産業の  $U_v$ ,  $W_k$ ,  $C_k$  (kg/t)

鉄鋼産業		2006年	2011年	2014年
バージン資源 ( $U_v$ )		2355.6	2402.0	2312.7
リサイクル資源 ( $W_k$ )	国内鉄スクラップ	8.5	2.8	12.4
	廃プラスチック	2.2	2.7	2.6
	廃タイヤ	0.7	1.2	1.0
	ASR (自動車破砕残さ)	0.4	0.4	0.4
廃棄物 ( $C_k$ )	高炉スラグ	212.8	207.1	211.9
	製鋼スラグ	99.0	86.8	100.6
	ダスト	51.7	46.4	55.3
	スラッジ	8.4	7.2	8.9
	石炭灰	3.3	3.0	4.7
	その他	48.1	46.8	33.6

表 3 製紙産業の  $U_v$ ,  $W_k$ ,  $C_k$  (kg/t)

製紙産業		2006年	2011年	2014年
バージン資源 ( $U_v$ )		661.3	669.8	622.4
リサイクル資源 ( $W_k$ )	古紙	581.5	631.7	647.0
廃棄物 ( $C_k$ )	紙くず	10.9	13.0	18.1
	燃え殻・ばいじん	18.6	28.0	28.6
	汚泥	52.3	81.2	81.4
	金属くず	0.3	0.3	0.5
	廃プラスチック	2.7	4.1	4.2
	木くず	4.9	7.8	7.7
	その他	1.9	3.0	3.1

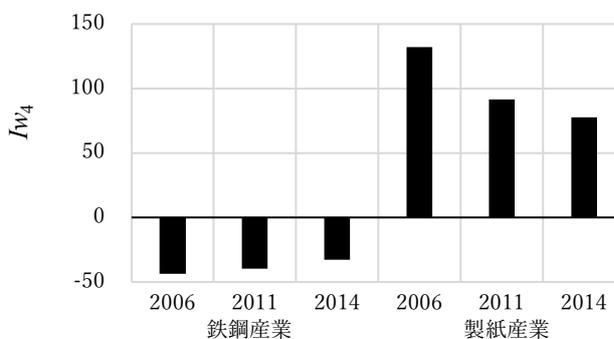


図 1 鉄鋼産業、製紙産業の年度ごとの  $I_{w4}$

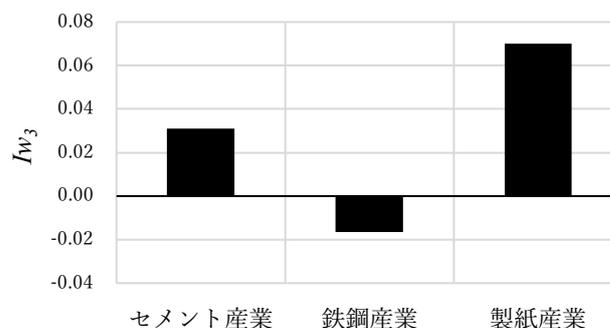


図 2 2011 年における各産業の  $I_{w3}$

ため、企業などが環境負荷低減のために、リサイクル資源の使用量を増やすと、それに伴ったリサイクル率の上昇により、指標値が減少することがある。

【参考文献】

- 1) 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，セメント・コンクリート論文集，Vol.69，pp. 679-686（2015）
- 2) 環境省：産業廃棄物の排出及び処理状況等（平成23年度実績）について、p.8（2013）
- 3) 産業環境管理協会：リサイクルデータブック 2015（2015）
- 4) 産業環境管理協会：リサイクルデータブック 2009（2009）

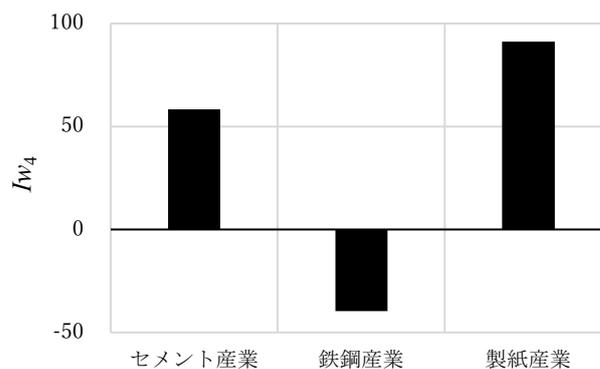


図 3 2011 年における各産業の  $Iw_4$