

高炉スラグ産出時における環境負荷配分を考慮した高炉セメントの環境影響評価

広島大学 学生会員 ○柴崎 悠吾
 広島大学 フェロー会員 河合 研至
 太平洋セメント株式会社 非会員 桐野 裕介
 株式会社トクヤマ 正会員 新見 龍男

1. はじめに

普通セメントは製造過程で、多くの CO₂ を排出する。一方、高炉セメントは、普通セメントに高炉スラグ微粉末を混合するため、クリンカの構成比が引き下げられ、セメント製造過程の CO₂ 排出量を削減できる。これは、高炉スラグは鉄鋼生産過程で発生する副産物であり、高炉スラグ微粉末の製造における CO₂ 排出量が高炉セメント製造過程において考慮されておらず、すべて鉄鋼生産が受け持つことが前提となっているためである。しかし、ISO 14044 に定められているように、CO₂ 排出量などの環境負荷は共製品（主製品、副産物）すべてに配分されるべきである。そこで、本研究では高炉スラグ産出による環境負荷を正当に評価するために、生産量やコストなどを用いて CO₂ 排出量を配分し、高炉セメントの CO₂ 排出量への影響を考察した。

2. 評価方法

(1) 評価対象と使用データ

鋼材生産時の高炉スラグ 1t あたりの CO₂ 排出量を生産量もしくはコストにより高炉スラグ、鋼材、自社発生スクラップに配分する。さらに、求めた高炉スラグに配分される CO₂ 排出量を考慮して、高炉セメント製造時の CO₂ 排出量を算出した。評価は銑鉄製造から鋼材生産までを対象とし、天然原料の採掘は評価に含めなかった。日本鉄鋼連盟が公表している鉄鋼循環図²⁾を元に作成した鋼材生産までの主なライフサイクルを図1に示す。製造過程の中で発生する鋳物は生産量が少なく、価格のデータが収集できなかったため、本研究では考慮していない。また、製鋼スラグは廃棄物とし、評価対象外とした。高炉スラグや鋼材は種類や用途により単価が異なるが、本研究ではそれぞれを代表する単価として、高炉スラグの単価は建設物価の高炉スラグ微粉末³⁾、鋼材の単価は産業新聞の異形棒鋼⁴⁾、自社発生スクラップの単価は建設物価の鉄スクラップ H2³⁾の値を用いた。鉄鋼産業の CO₂ 排出量は環境省資料⁵⁾より 13626 万 t とした。

(2) CO₂ 排出量の配分方法

高炉スラグ産出時の CO₂ 排出量の配分は、生産量による配分とコストによる配分の二つの配分方法を用いた。コストによる配分式を式[1]に、生産量による配分式を式[2]に示す。

高炉スラグに配分される CO₂ 排出量（コスト）

$$= \left\{ \text{鉄鋼生産に伴う CO}_2 \text{ 排出量} \times \frac{\text{高炉スラグ生産量} \times \text{単価}}{\sum (\text{各鉄鋼製品生産量} \times \text{単価})} \right\} / \text{高炉スラグ生産量} \quad [1]$$

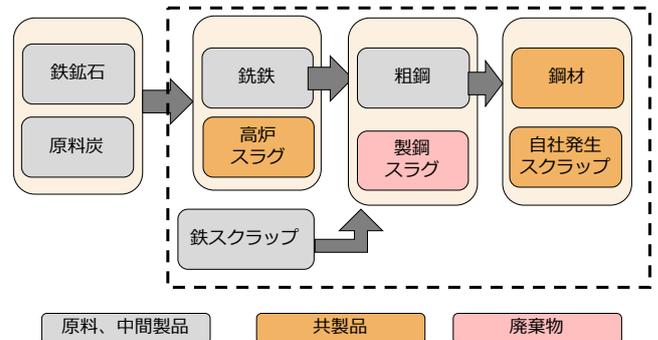


図1 鋼材生産までの主なライフサイクルと本研究におけるシステム境界（点線）

表1 各製品の生産量，単価，コスト

資源	生産量 (千 t)	単価 (万円/t)	コスト (億円)
高炉スラグ	23460	0.8	1877
鋼材	91570	7.2	65930
自社発生スクラップ	14100	2.25	3173
合計	129130	-	70980

キーワード 高炉スラグ，CO₂ 排出量，環境負荷配分，コスト，環境影響評価，鉄鋼

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 TEL082-424-7786

高炉スラグに配分されるCO₂排出量（生産量）

$$= \left\{ \text{鉄鋼生産に伴うCO}_2\text{排出量} \times \frac{\text{高炉スラグ生産量}}{\sum \text{各鉄鋼製品生産量}} \right\} / \text{高炉スラグ生産量} \quad [2]$$

両配分により得られた高炉スラグのCO₂排出量を用いて、高炉セメントのCO₂排出量を算出した。その際に用いるポルトランドセメント（以下PC）のCO₂排出量はセメント協会データ⁶⁾より764.4kg/tとした。高炉スラグの置換率をx%とすると、高炉セメントのCO₂排出量は式[3]のように表せる。

$$\text{高炉セメントのCO}_2\text{排出量} = \text{PCのCO}_2\text{排出量} \times (1 - x/100) + \text{高炉スラグのCO}_2\text{排出量} \times x/100 \quad [3]$$

さらに、コストによる配分については、日々変動する単価を用いており、各鉄鋼製品の単価変動が高炉スラグのCO₂排出量に与える影響を検討するために、単価変動による感度分析も行った。

3. 結果および考察

生産量による配分、コストによる配分を行った高炉スラグ及び鋼材のCO₂排出量を表2に示す。生産量による配分では、単位生産量あたりのCO₂排出量はどの製品においても一定であり、高炉スラグのCO₂排出量はコストによる配分に比べ、非常に多い。また、コストによる配分では、CO₂排出量は鋼材に比べ、高炉スラグが非常に少なくなった。これは、高炉スラグの単価が鋼材の単価に比べ低いためである。

次に、高炉スラグの環境負荷を考慮した高炉セメントのCO₂排出量を図2に示す。生産量による配分では、高炉スラグを置換するとPCよりもCO₂排出量が多くなった。コストによる配分では、配分なしに比べるとわずかにCO₂排出量が多いが、配分なしと同様にPCよりもCO₂排出量は少なくなった。

最後に、単価変動による高炉スラグのCO₂排出量の変化を図3に示す。図3より、製品の単価変動により、高炉スラグのCO₂排出量は大きく変化しないが、高炉スラグの単価だけではなく、鋼材の単価にも影響されることが示された。

4. 結論

鋼材製造時のCO₂排出量を生産量もしくはコストにより配分することにより、高炉スラグの産出に伴うCO₂排出量を算定した。その結果、生産量による配分では高炉セメントは環境負荷増加につながり、コストによる配分では高炉セメントは環境負荷低減につながると評価された。

参考文献

- 1) ISO 14044 : Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines (2006)
- 2) 日本鉄鋼連盟：鉄の輪がつなぐ人と地球, pp.11 (2012)
- 3) 建設物価調査会：月刊建設物価平成29年-2017-10, pp.118,776 (2017)
- 4) web 産業新聞：国内市場価格INDEX, <<https://www.japanmetal.com/memberwel/marketprice>>2019年3月7日アクセス
- 5) 環境省：平成23年度版環境分野分析用産業連関表 (2019)
- 6) セメント協会：セメントのLCIデータの概要 (2013)

表2 高炉スラグに配分されるCO₂排出量の計算結果

配分方法	高炉スラグのCO ₂ 排出量(kg/t)	鋼材のCO ₂ 排出量(kg/t)
配分なし	0	1488
生産量による配分	1055	1055
コストによる配分	154	1382

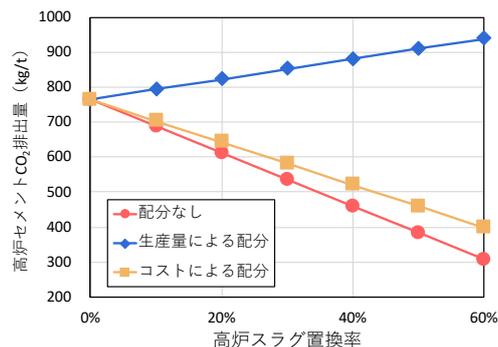


図2 高炉セメントのCO₂排出量

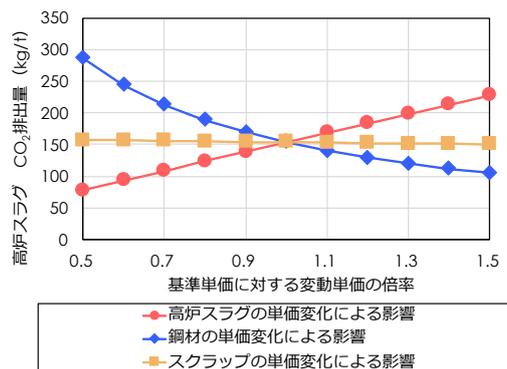


図3 単価変動による高炉スラグのCO₂排出量の変化