セメント工場を中核とする環境配慮型の産業コンプレックスの形成による環境負荷の低減効果に関する研究

大阪大学大学院　　正会員　盛岡　通
大阪大学大学院　　正会員　藤田　壮
大阪大学大学院　○　学生会員　高橋　友幸

１．はじめに

本稿は環境負荷低減型の産業コンプレックスの中核になる産業としてセメント製造業を取り上げ，その製造工場と他の製造業セクターの複合立地による環境負荷の削減効果を定量的に評価することを目的とする．すなわち，セメント産業のマテリアルフローを算定するとともに，セメント産業との循環型の複合立地により高い環境負荷の削減が期待できる鉄鋼業と火力発電のモデルプラントのマテリアルフローを明らかにしたうえで，セメント産業が単独で立地する場合と他産業セクターと循環型の複合立地が実現するケースについてのマテリアルフローを定量的に比較する．さらに，循環型の複合立地の環境削減効果を明らかにするために，環境負荷の代表指標として廃棄物の最終処分量及びCO_2発生量等をとりあげ，単位生産量に対するの削減効果を二つの複合立地のケースで算定した．そのうえで，複合立地からの生み出される社会的サービスを売上額で代替して二つのケースでの環境効率を算定することによって両者の改善効果についての比較を行った．

２．マテリアルフローの算定

図-1 と図-2 における各産業間の規模（主生産品の製造量）の決定プロセスを以下に述べる．まず，各混合セメントの年間製造量を千 t とし，次に各セメントの製造で使用される副産物量を算出し，この副産物量をもとに副産物を発生する産業で生産される主生産品の量を算出した．それゆえ，ここで求めた産業の規模関係は最終処分量を最小化する規模関係になっている．

表-1 のポルトランドセメント，粗鋼，電気に関する値は『エネルギー・二酸化炭素排出原単位』[1]，『産業連関表』[2]より算出したものである．また，スラグセメント，フライアッシュセメントに関する値はポルトランドセメントの値をもとに図-1 と図-2 で示したマテリアルフローに基づいて算出した値である．これらの値をもとに産業コンプレックスの形成によるCO_2発生量の削減効果をみる．

表-1 主生産品の製造に伴って発生する CO2 量

物質名	CO_2発生量	単位
ポルトランドセメント	193.0	$t/10^3t$
スラグセメント	107.5	$t/10^3t$
フライアッシュ	154.5	$t/10^3t$
粗鋼	400.8	$t/10^3t$
電気	132.9	$t/10^6kWh$

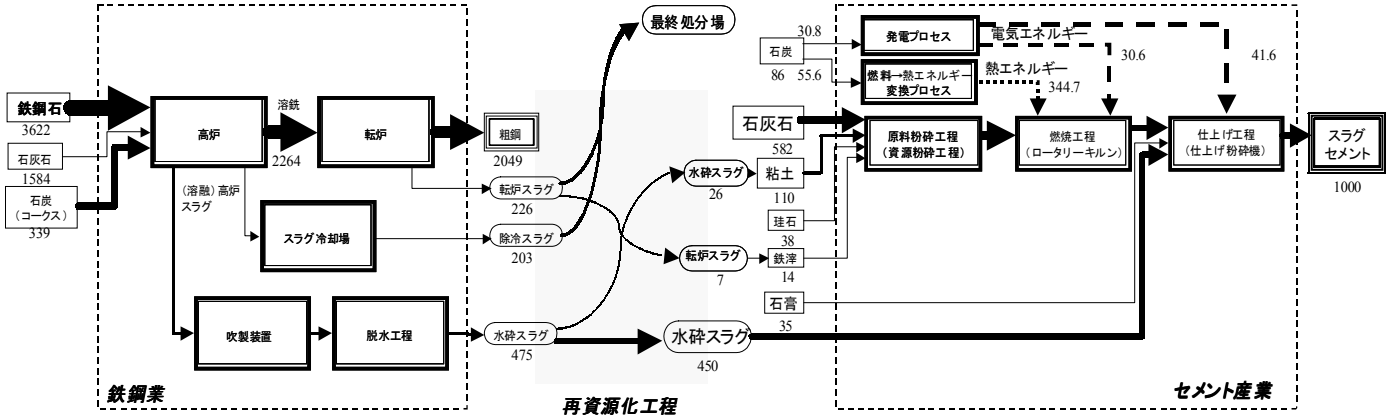

図-1 鉄鋼所とセメント工場の循環複合ケース

キーワード：静脈産業，セメント産業，環境効率
連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学工学部環境工学科第 6 講座，tel:06-6877-5111(ext.3553)

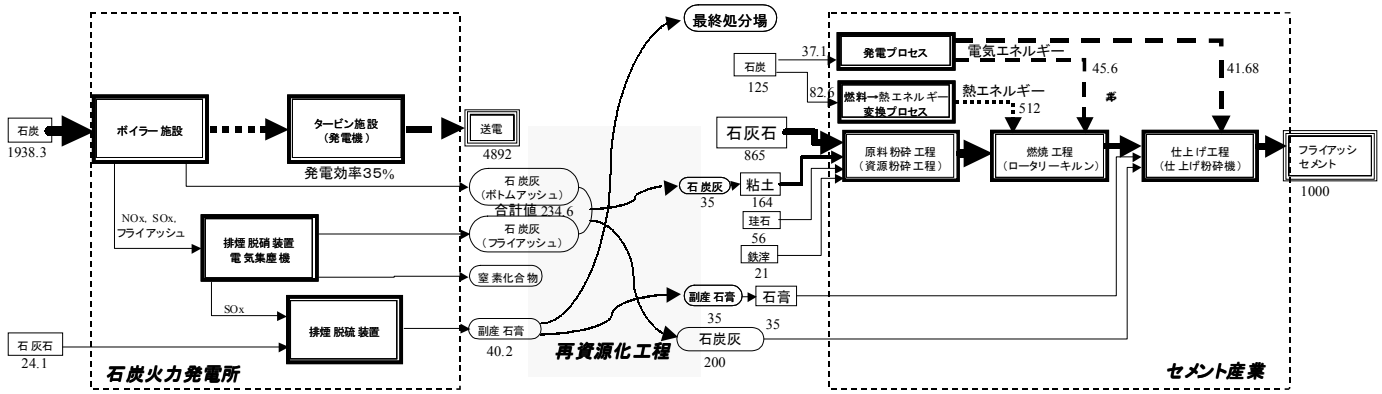

図-2 火力発電所とセメント工場の循環複合ケース

3．循環複合の形成による環境負荷低減効果

“循環複合ケース”とはセメント工場と鉄鋼所または石炭火力発電所が循環型の産業コンプレックスを形成した場合を指し，個々のセクターが再資源化のやり取りを行わない場合を“個別生産ケース”と呼ぶ.

表-2 産業コンプレックスの形成による物量タームでの環境負荷低減

		鉄鋼所とセメント工場			石炭火力発電所とセメント工場		
		単独立地型	循環複合型	削減率(%)	単独立地型	循環複合型	削減率(%)
環境負荷	最終処分量[t]	906	423	46.7	275	5.20	1.9
	CO_2発生量[t]	1014	929	91.6	843	805	95.5

最終処分量とはセメント産業と産業コンプレックスを形成する産業から発生する廃棄物･副産物のうちで最終処分されるものをさす．また，CO_2 排出量とはセメント産業及びこれと産業コンプレックスを形成する産業における製造活動で発生する総 CO_2 量をさす.

鉄鋼業では発生する副産物の種類の多さとそれぞれの発生量の多さから，セメント産業に引き取られない分量が多くなる．一方，火力発電所では発生する副産物の種類が少数であり，石炭灰以外の物質の量が少なることから，最終処分量をみた場合，鉄鋼業よりも火力発電のほうが効果が大きいといえる．また，各混合セメトを製造することによって CO_2 発生量が減少する理由としては，混合セメントの製造時にはポルトランドセメントの製造時よりも CO2 排出量の多いクリンカーの製造量が少ないことをあげることができる.

さらに，循環型の複合立地の二つのケースでの環境改善効果を比較するために環境効率指標を援用する．環境効率は OECD が「人間の要求を満たすために有効に用いることができる生態系資源の効率性」と定義するなど，社会環境システムの持続可能性を定量的に測定するための有用な指標とされており，盛岡らは環境効率を用いて，異なる「循環複合体」について「製品ベースで循環効率の向上を評価するための算定手段」として具体的な算定を試みている[3]．本稿では，環境効率指標の分母となる環境負荷項目を CO_2 の発生量として，指標の分子となる社会サービス量を複合集積から生み出す「総売上金額」を代替的数値として取り上げて，環境効率を算定した．算出結果を表-3 に示す.

表-3 産業コンプレックスの形成による環境効率の改善

		鉄鋼所とセメント工場			石炭火力発電所とセメント工場		
		単独立地型	循環複合型	増加率(%)	単独立地型	循環複合型	増加率(%)
効率	CO_2発生量が環境負荷の場合	7.3	7.7	5.1	13.6	13.7	0.9

4．まとめ

環境効率の指標を用いて産業コンプレックスの評価をおこない，鉄鋼業とセメント産業が複合をした場合の方が循環複合型の産業コンプレクスを形成した場合に効果的であることを示した.

---

1 エネルギー・二酸化炭素原単位，森口祐一，南斎規介，1997

2 産業連関表 1995 年部門別国内生産額表，総務庁，1999

3 盛岡通，社会実験地での循環複合体のシステム構築と環境調和技術の開発， 1999