

セメント・コンクリート産業を対象とした自然資源消費に関する研究

立命館大学理工学部 (正)天野 耕二

京都大学環境保全センター ○(学)村田 真樹* (正)酒井 伸一 (正)高月 紘

1. はじめに

大量の物資に特徴づけられた今日の経済社会と環境問題との関係を分析する上で、自然環境と経済活動の間、及び様々な経済主体間の物資やエネルギーの流れを定量的に把握することが不可欠であり、そのための新しい評価手法としてマテリアルフロー勘定があげられる。そこで、本研究では大量生産・大量消費型産業としてあげられ、社会資本形成において最も重要な素材のひとつであるセメント・コンクリートを対象として、マテリアルフロー勘定を用いて自然資源消費の評価を行うこととする。

2. 研究の対象

研究の対象となるのはセメント産業とコンクリートの原料であるセメントの需要の約7割を占めている生コンクリート産業に投入される資源である。具体的にはセメント産業では、石灰石、粘土質原料(頁岩、カオリン等)、シリカ質原料(ケイ石、白土等)、石膏などであり、生コンクリート産業では骨材(碎石、砂利、砂等)である。

3. 分析手法

マテリアルフロー勘定では自然環境から人間活動圏に対する物質の投入フロー量の把握について勘定を行う。これは、資源の枯渇や分配といった問題に目を向けるとともに、投入されたものは全て潜在的に廃棄物になることを考慮したためである。

マテリアルフロー勘定では、対象として取り扱うフローの中に、鉱業活動や建設活動による土壌の掘削や、農業生産による土壌の浸食などの、『土の移動』を加えている。これは土の移動が生態系や景観の破壊と結びついているという理由からである。また、輸入されている鉱物などの原材料について、相手国でそれらを自然環境から取り出して輸出されるまでに発生する、間接的なマテリアルフローを輸入している国の勘定に加えている。特に石炭や金属鉱物の露天掘りで掘削される覆土や採鉱、選鉱、精練による廃棄物などを重要な要素として取り上げている。(図3-1 参照)

こうして算出される人間活動への総投入量はTMR(総資源必要量)と名付け、その中でも原材料などの直接投入されるフロー量を DMI(直接資源投入量)、土の移動や輸入に伴う間接的なフローという経済活動に表れないフロー量を HMF(DMI に付随するフロー量)と区別し、マテリアルフロー勘定における指標として用いる。

4. 分析結果

分析結果は表4-1、表4-2、表4-3に示す通りである。

生コンクリート産業のHMFについては、骨材として投入される碎石や砂利、砂などはすべて表土や表層のものを用いられていることから発生しないものとみなし、0として勘定している。

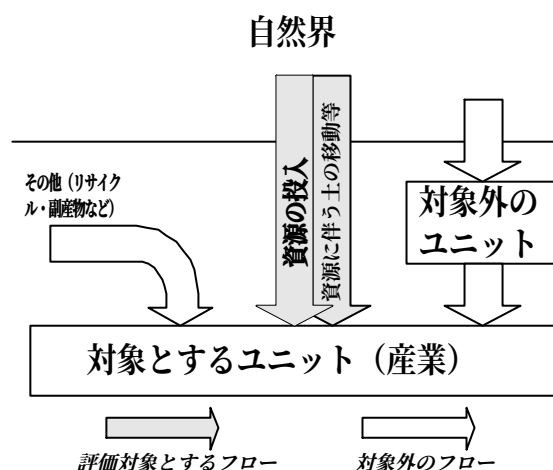


図3-1 マテリアルフロー勘定の概念図

* 連絡先：〒606-8317 京都市左京区吉田本町 京都大学環境保全センター

村田 真樹 Tel 075-753-7709 Fax 075-753-7710 email:murata@student.eprc.kyoto-u.ac.jp

表4-3に示している DMI(セメント)と TMR(セメント)は表4-1において求めた、セメント 1t 当たりの各原単位を用いて、生コンクリート産業に投入されたセメントが潜在的に持っていた DMI と TMR を算出した値である。

5. 考察

セメント産業においては DMI、HMF、TMR の各指標の値が 5 年の間大きな変動を示していないことから、少なくとも対象とした期間に省資源化の動きが無かったことがわかる。また、セメント産業は静脈産業と呼ばれる産業であるが、各指標の値としてみると大量の自然資源が消費されていることが分かる。しかし、セメントはインフラ整備の上で中心となる物資であり、今後も安定した生産を続けていくと考えられる。また、生産工程において画期的な変化が起こらない限り生産に必要な単位生産当たりの原料(DMI)要求量も減少しないと考えられる。よって、この産業において DMI、TMR を減少させ自然資源消費を減少させるには、今以上に他の産業から多くの副産物を受け入れることが現状で考えられる省資源化への対策だと考え

られる。ただ、これは副産物を生成している産業の生産状況に左右されるため、安定した供給が得られるかどうかという点に疑問が残る。従って、セメント産業に関しては、現在 DMI、HMF、TMR の各指標の値を減少させることは困難と考えられ、セメント産業は自然資源浪費型産業構造をとっているといえる。

次に生コンクリート産業においては大量に自然資源(骨材)が投入されていることが分かる。その値をセメント産業と比べてみると、DMI で 2.0 倍から 2.7 倍、TMR で 1.2 倍から 1.6 倍となっている。また、得られた DMI、TMR の値は 1990 年度から 1994 年度までの間に顕著な減少を示しているが、これは生コンクリート自体の生産量の減少に起因するものであって、リサイクルの促進等の結果ではないと考えられる。従って、生コンクリート産業においては分析対象とした 5 年間の間省資源化の動きは見られないといえる。これらのことに最近の天然骨材採取可能地域減少等の状況を踏まえて考えると、生コンクリート産業は廃コンクリートがら使用等の省資源化の動きを今以上に促進させる必要があると考えられる。また、生コンクリート産業には大量のセメントがセメント産業から投入されていることから、本研究では生産量当たりの原単位の作成を行い、生コンクリート産業の評価を行う際に生コンクリート産業にセメントが投入されるためにどれだけの自然資源が消費されているかを原単位より算出し、結果の中に示した。これにより、生コンクリート産業だけで算出した DMI、TMR と比べ原単位にして 0.5t から 0.6t 程度増加した値を得た。このように原単位を用いて産業としての総 TMR を明らかにすることにより、生コンクリート産業がもつ真の自然資源使用量を明らかにできるのではないかと考える。

表4-1 セメント産業におけるマテリアルフロー勘定結果(千 t)

		1990年度	1991年度	1992年度	1993年度	1994年度
石灰石	DMI	91,570	95,180	100,969	99,433	100,694
	HMF	5,023	5,221	5,538	5,454	5,523
粘土	DMI	13,502	12,190	13,357	12,732	13,843
	HMF	2,383	2,151	2,357	2,247	2,443
ケイ石	DMI	4,580	4,615	5,098	5,115	5,429
	HMF	241	243	268	269	286
天然石膏	DMI	965	1,037	977	1,023	1,024
石炭	DMI	9,270	9,553	10,024	9,288	9,509
	HMF	68,945	71,834	75,682	70,415	72,382
重油	DMI	0.268	0.260	0.265	0.323	0.328
DMI合計		119,824	122,575	130,425	127,591	130,500
HMF合計		76,591	79,499	83,846	78,386	80,634
TMR		196,415	202,024	214,271	205,977	211,133
セメント生産実数		89,431	92,046	96,212	94,886	97,641
DMI/生産実数(t/t)		1.340	1.332	1.356	1.345	1.337
TMR/生産実数(t/t)		2.196	2.195	2.227	2.171	2.162

表4-2 生コンクリート産業におけるマテリアルフロー勘定結果Ⅰ(千 t)

		1990年度	1991年度	1992年度	1993年度	1994年度
骨材	DMI	322,781	309,755	274,770	257,519	260,678
	TMR	322,781	309,755	274,770	257,519	260,678
生コンクリート出荷量(千 m^3)		172,088	165,087	146,698	138,211	140,347
TMR/出荷量(t/ m^3)		1.876	1.876	1.873	1.863	1.857

表4-3 生コンクリート産業におけるマテリアルフロー勘定結果Ⅱ(千 t)

		1990年度	1991年度	1992年度	1993年度	1994年度
生コンクリート出荷量(千 m^3)		172,088	165,087	146,698	138,211	140,347
DMI(生コンクリート)		322,781	309,755	274,770	257,519	260,678
DMI(セメント)		67,363	64,187	58,012	54,169	54,852
DMI計		390,144	373,942	332,782	311,688	315,530
DMI計/出荷量(t/ m^3)		2.267	2.265	2.268	2.255	2.248
TMR(生コンクリート)		322,781	309,755	274,770	257,519	260,678
TMR(セメント)		110,395	105,773	95,274	87,435	88,698
TMR計		433,176	415,528	370,044	344,954	349,376
TMR計/出荷量(t/ m^3)		2.517	2.517	2.522	2.496	2.489

今回、セメント産業、生コンクリート産業の分析を通して、これらの産業に対して自然環境から資源が投入されているだけではなく、他の産業からも様々な廃棄副産物が物資によっては大量に投入されていることが確認された。その中でも、石灰石は直接自然界からも大量に投入されており(石灰石年間消費量の内約 8 割をセメント・コンクリート産業で消費)、また、廃棄副産物もしくは製品中の石灰質として間接投入されていることが明らかとなった。そこで、石灰石が自然界より搾取されセメント産業、生コンクリート産業にいたるまでのフローの作成を行った。フロー図 5-1 は石灰石の主成分であるカルシウムの移動を追うことにより石灰石換算値を算出し、作成したものである。フローより石灰質原料に関するセメント産業、生コンクリート産業を取り巻く他の産業との関係が明確となった。両産業は自然資源浪費型の産業であり改善が必要と述べたが、両産業は化学工業、鉄鋼産業より大量の廃棄副産物(化学石膏、高炉スラグ等)を石灰質原料として取り入れていることが明らかとなった。化学工業からの投入により 2,069(千 t)、鉄鋼産業からの投入により 10,666(千 t)の石灰石が廃棄副産物の投入により節約されたこととなる。実際に投入されている石灰石と比べると少量の節約ではあるが、循環型社会形成に貢献しているという点においては評価に値すると思われる。

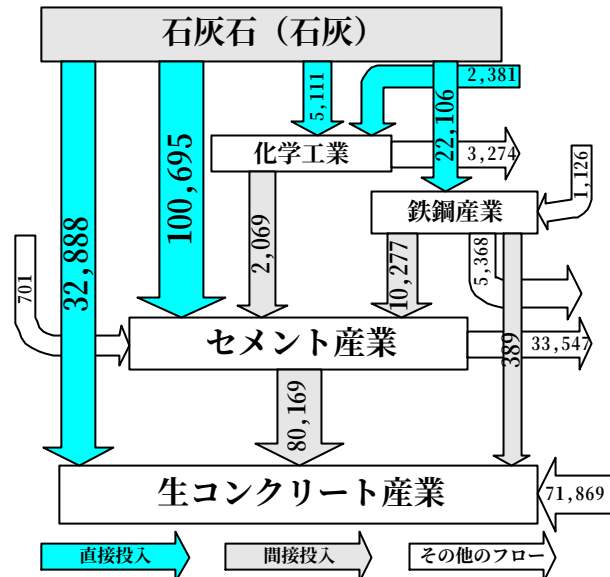


図5-1石灰石の理論収支フロー
(単位: 千t (石灰石換算値))

6. 結論

以上のようなことよりセメント産業と生コンクリート産業は自然資源浪費型の産業形態をとっているといえる。従って、セメント産業、生コンクリート産業における資源消費見合っただけの廃棄物が発生すると考えられる。ここでセメント製品やコンクリートについて考えたとき、セメントやコンクリートの性質、利用形態上、これらは現在我々の社会にライフストックとして大量に蓄積され、数十年というタイムスパンを経た後に廃棄物となる。しかし、数十年後であってもこれら廃棄物の適正処理を迫られることは明白である。よって、現在行われている処分方法が数十年後においても適正であるかどうかについて見直した上で処理対策を講じておく必要があると思われる。また、考察においてもふれた単位生産当たりの原単位要求量は、廃棄されるセメント 1t に対して消費されている自然資源であるともいえる。これより、実際に廃棄されているもの以上の資源、物資が違う場所で自然環境より消費・廃棄されているといえる。従って、セメント・コンクリートがらの廃棄量を考える際、この原単位を乗じた真の廃棄物発生量として考えることも資源消費について考慮する上で重要ではないかと考えられる。

また、考察で用いたような成分の収支分析を実施することは対象とするものにもよるが、入り組んだ産業間における物資の移動を把握するためには有効な方法であり、産業間で形成されている廃棄副産物フローの把握に有用と思われる。同様の分析を多岐にわたって行っていくことにより、廃棄物や廃棄副産物の産業間におけるフローの把握、廃棄副産物の新たなフロー形成の可能性の模索等にも役立つものではないと思われる。

[参考文献]

- 1) 森口祐一、吉田雅哉；マテリアルフロー測定と資源輸入の環境負荷分析，第 13 回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集，37-42 (1997)
- 2) ALBERT ADRIAANSE, STEFAN BRINGEZU, ALLEN HAMMOND, YUICHI MORIGUCHI, ERIDC RODENBURG, DONALD ROGICH, HELMUT SCUTZ ; RESOUC FLOW : THE MATERIAL BASIS OF INDUSTRIAL ECONOMIES, WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI)
- 3) 社団法人セメント協会編；セメントの常識 (1994)
- 4) 社団法人日本セラミックス協会編；セラミック工学ハンドブック，819-825, 836-837, 894-895, 901-969, 技報堂 (1989)