

# 論文 加熱すりもみ法によるコンクリート塊からの高品質骨材回収の LCA 評価

島 裕和<sup>\*1</sup>・立屋敷久志<sup>\*2</sup>・橋本光一<sup>\*3</sup>・西村祐介<sup>\*4</sup>

**要旨:** 加熱すりもみ法によるコンクリート塊からの高品質骨材回収システムの環境負荷を、LCA の手法を用いて評価した。評価項目は CO<sub>2</sub> 排出量、セメント原料・骨材資源使用量、最終処分量とした。当該技術による再利用の他、最終処分するケース、再生路盤材とするケースの環境負荷を求め比較検討をおこなった。その結果、骨材回収時に副産する微粉をセメントの原料や、その水硬性を利用してセメント系固化材の混合材として利用することで、CO<sub>2</sub> 排出量は最終処分、再生路盤材、再生骨材の順に低下した。特に混合材として使用すれば、コンクリートリサイクルによって環境負荷が大きく低減されることが分かった。

**キーワード:** コンクリート塊、リサイクル、加熱、すりもみ、高品質、再生骨材、LCA

## 1. はじめに

高度成長期に多数建設されたコンクリート構造物が解体の時期を迎えることから、今後コンクリート塊の排出量は急増すると考えられる。著者らはコンクリート塊の路盤材以外の再利用方法として、加熱すりもみ法により高品質な再生骨材を製造し、レディーミクストコンクリートに再利用するための技術開発を行ってきた。そして、現在までに、処理能力が時間あたり 5t 程度のパイロットプラントにて、高品質な骨材が回収できることと、回収された骨材を使ったコンクリートの性能が普通骨材と同等であることを確認してきた<sup>1)</sup>。

しかし、低価格である骨材のリサイクルに加熱すりもみ法という高度処理を施すことに対する環境影響評価は実施されていなかった。そこで本研究では、当該技術の環境負荷を LCA の手法を用いて評価した。評価項目は地球温暖化やエネルギー資源枯渇に影響する CO<sub>2</sub> 排出量の他、骨材資源の保護や環境破壊に影響するセメント原料・骨材資源使用量、最終処分量とした。

## 2. 計算方法

解体されたコンクリート塊 1 トンを最終処分するケース、路盤材として再利用するケース、同コンクリート塊から高品質再生骨材を製造するケースの 3 ケースで、CO<sub>2</sub> 排出量、セメント原料・骨材資源使用量、最終処分量を計算した。

図-1 に各ケースを構成するプロセスと物量を示した。

### 2.1 各ケースの概要

#### (1) ケース 1 (最終処分)

環境負荷は輸送プロセスと最終処分プロセスであり、環境負荷は式(1)で表される。

#### (2) ケース 2 (路盤材として再利用)

図-1 に示されるように、環境負荷はコンクリート塊から再生路盤材を製造し、道路建設現場まで輸送するときの環境負荷から、バージン路盤材を製造し、同所まで輸送するときの環境負荷を差し引くことで求めた。環境負荷は式(2)で表される。

#### (3) ケース 3 (高品質再生骨材として再利用)

原コンクリート塊の質量に対する骨材の回収

\*1 三菱マテリアル(株) 環境リサイクル事業センター事業化推進部副技術主幹 工修 (正会員)

\*2 三菱マテリアル(株) 環境リサイクル事業センター事業化推進部部長補佐 (正会員)

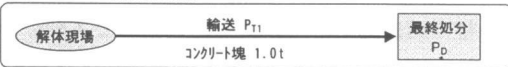
\*3 三菱マテリアル(株) セメントカンパニー生産管理部部長補佐

\*4 宇部三菱セメント研究所(株) 黒崎センター環境技術グループ主任研究員

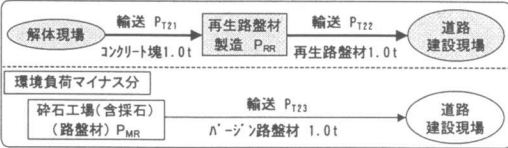
率と、回収時に副産する微粉の発生率は、骨材回収試験における平均的な値の粗骨材 35%，細骨材 30%，微粉 35%とした。

微粉中の CaO は 25%程度で、炭酸カルシウムによるものはその 4分の 1 程度であるため、セメント原料として使用すれば、炭酸カルシウム以外のカルシウム源として CO<sub>2</sub> 排出量を低減させることが出来る。

● ケース 1 (最終処分)

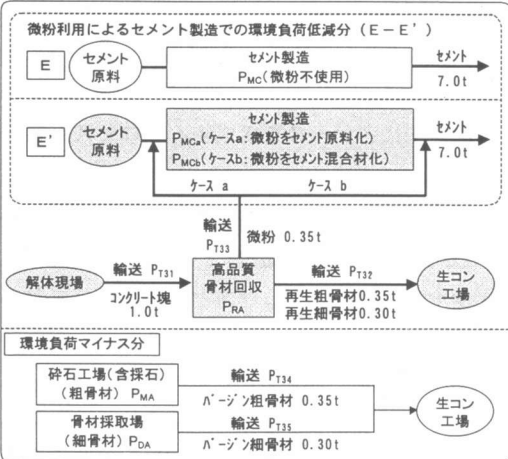


● ケース 2 (路盤材)



● ケース 3 (高品質骨材回収)

(3-a: 微粉をセメント原料化, 3-b: 微粉をセメント系固化材の混合材化)



ここで P: プロセス  
添字 T: 輸送, D: 最終処分, RR: 再生路盤材製造, MR: 砕石工場(含採石)製造  
RA: 再生骨材回収, MA: 砕石工場(粗骨材)製造, DA: 骨材採取場  
MC: セメント製造, MCa: セメント製造(微粉を原料化)  
MCb: セメント製造(微粉を混合材化)

図-1 コンクリート塊の処理のケース

また、微粉の比表面積はプレーン値で 5,000~11,000cm<sup>2</sup>/g であり、かつ約 300℃で加熱されているために水硬性を有することが確認されている。普通ポルトランドセメントに 20%置換したときの材齢 28 日での活性度指数は 100%程度であった<sup>2)</sup>。この結果から、微粉はセメント系固化材の混合材として使用できると考えられた。

そこで、微粉をセメント原料(ケース 3-a)やセメント系固化材の混合材(ケース 3-b)としてそれぞれ 50kg/t-セメント利用したときの環境負荷を、微粉を使用しないで製造した同量のセメントと比較することで環境負荷の低減分を求め、処理の環境負荷から差し引いた。なお、今回、セメント系固化材製造の原料原単位や環境負荷は普通ポルトランドセメントと同じとした。

また、路盤材のケースと同様に、バージン骨材供給までの環境負荷を減じた。これらのケースでの環境負荷を式(3-a)、式(3-b)にそれぞれ示す。

$$E_1 = E_{T1} + E_D \quad (1)$$

$$E_2 = E_{T21} + E_{RR} + E_{T22} - (E_{MR} + E_{T23}) \quad (2)$$

$$E_{3-a} = E_{T31} + E_{RA} + E_{T32} + E_{T33} - (E_{MA} + E_{DA} + E_{T34} + E_{T35}) - (E_{MC} - E_{MCa}) \quad (3-a)$$

$$E_{3-b} = E_{T31} + E_{RA} + E_{T32} + E_{T33} - (E_{MA} + E_{DA} + E_{T34} + E_{T35}) - (E_{MC} - E_{MCb}) \quad (3-b)$$

ここで、

E: 環境負荷 (CO<sub>2</sub> 排出量, セメント原料・骨材資源使用量, 最終処分量)

E<sub>1~3</sub>: ケース 1~3 での環境負荷合計

E<sub>i</sub>: プロセス P<sub>i</sub> での環境負荷

2.2 CO<sub>2</sub> 排出量の算出方法

CO<sub>2</sub> 排出原単位は産業連関表を元に作成された日本建築学会のデータベースのうち、海外生産や輸入等を考慮しない国内分を使用した<sup>3)</sup>。

(1) 輸送

単位物量・単位輸送距離あたりの CO<sub>2</sub> 排出量が与えられているのでこれを用いた。輸送距離を表-1 に示す。再生路盤材製造や高品質骨材回

表-1 設定した輸送距離

ケース	記号	自	至	輸送距離 (km)
1	P <sub>T1</sub>	解体現場	最終処分	50
2	P <sub>T21</sub>	解体現場	再生路盤材製造設備	20
	P <sub>T22</sub>	再生路盤材製造設備	道路建設現場	10
	P <sub>T23</sub>	砕石工場(路盤材)	道路建設現場	30
3	P <sub>T31</sub>	解体現場	高品質骨材製造設備	20
	P <sub>T32</sub>	高品質骨材製造設備	生コン工場	10
	P <sub>T33</sub>	高品質骨材製造設備	セメント工場	100
	P <sub>T34</sub>	砕石工場(粗骨材)	生コン工場	30
	P <sub>T35</sub>	骨材採取場(細骨材)	生コン工場	30

収の設備は、コンクリート塊の発生場所とそれぞれの使用場所の中間位置に設置されることを想定し、10~20kmの輸送距離を設定した。一方、最終処分場や微粉の受入先であるセメント工場までの運搬を遠距離に設定した。

### (2)最終処分

処分場造成と最終覆土工事の他、運営時に使用される重機の資本形成、燃料、維持管理で排出するCO<sub>2</sub>を考慮した。

### (3)セメント製造プロセス

微粉を原料もしくは混合材として利用した場合の低減量を次節で求め、文献値から差し引いたものを使用した。

### (4)その他のプロセス

年間処理量、設備費、重機、運転時の電力、

燃料、修理費等のデータを文献や統計から求めた。高品質骨材回収設備については回収試験での実績値も利用し、対応する排出原単位を使用してCO<sub>2</sub>排出量を計算した。

以上の条件で計算された各プロセスの単位物質量あたりのCO<sub>2</sub>排出量を表-2に示す。

## 2.3 微粉をセメント原料もしくは混合材として使用した場合のCO<sub>2</sub>排出低減量の計算

### (1)セメント原料として使用する場合

#### ①調合条件設定

セメント原料として微粉を使用した場合のCO<sub>2</sub>排出の低減量を求めるため、微粉の原単位を0~200kg/tセメントと変化させたときの石灰石、珪石、粘土、鉄原料の原単位を計算により求めた。原料スラグ、石炭灰、石膏の原単位は固定とし、

表-2 CO<sub>2</sub>排出原単位および各プロセスでの単位物質量あたりのCO<sub>2</sub>排出量

プロセス	項目	CO <sub>2</sub> 原単位	単位	参考文献	対象物質量	単位	価格もしくは使用量	単位	使用年数(年)	参考文献	単位物質量あたりのCO <sub>2</sub> 排出量(kg-CO <sub>2</sub> /t)	備考
輸送	道路貨物輸送	0.176	kg-CO <sub>2</sub> /トンキロ	3							0.176	1kmあたり
最終処分 (面積66,000m <sup>2</sup> 容積660,000m <sup>3</sup> 使用5年 容重1.3)	造成	5.65	kg-CO <sub>2</sub> /千円	4	461,500	t	400,000	千円	5		4.897	
	最終覆土	5.65	kg-CO <sub>2</sub> /千円	4	461,500	t	132,000	千円	4		1.616	2,000円/m <sup>2</sup>
	軽油	38.67	kg-CO <sub>2</sub> /千円		92,300	t/年	8,580	千円/年	5		3.595	
	維持管理費	5.65	kg-CO <sub>2</sub> /千円	3	92,300	t/年	30,000	千円/年			1.836	法面養生、搬入路付替等
	重機	3.302	kg-CO <sub>2</sub> /千円		92,300	t/年	160,000	千円	5	4	1.145	フルーザー-5台
	合計											13.089
再生路盤材製造 (年間処理量 60,000t)	製造設備	3.302	kg-CO <sub>2</sub> /千円		60,000	t/年	40,300	千円	8		0.277	
	電気	0.499	kg-CO <sub>2</sub> /kwh		60,000	t/年	657,000	kwh/年	6		5.464	
	軽油	38.67	kg-CO <sub>2</sub> /千円	3	60,000	t/年	720	千円/年			0.464	
	修繕	2.053	kg-CO <sub>2</sub> /千円		60,000	t/年	1,209	千円/年			0.041	製造設備×3%とした
	重機	3.302	kg-CO <sub>2</sub> /千円		60,000	t/年	60,000	千円	5		0.660	3台、20,000千円/台とした
	合計											6.907
パーシブル路盤材 パーシブル粗骨材 製造 (碎石統計)	電気	0.499	kg-CO <sub>2</sub> /kwh		1	t	2,711	kwh/t			1.353	
	灯油	0.0706	kg-CO <sub>2</sub> /MJ		1	t	1,752	MJ/t			0.124	碎石の全国統計から
	軽油	0.0735	kg-CO <sub>2</sub> /MJ		1	t	38,261	MJ/t			2.813	1tあたりの使用量を算出
	重油	0.0717	kg-CO <sub>2</sub> /MJ		1	t	2,810	MJ/t			0.201	
	修繕	2.053	kg-CO <sub>2</sub> /千円	3	1	t	0.108	千円/t			0.222	製造原価より
	火薬	3.901	kg-CO <sub>2</sub> /千円		1	t	0.044	千円/t			0.172	
	重機	3.302	kg-CO <sub>2</sub> /千円		1	t	0.628	千円	5		0.415	重機保有台数より計算、 各種重機の平均価格を 20,000千円とした
	合計											5.299
高品質骨材製造 (時間処理量 30t 年間処理量 216,000t)	製造設備	3.302	kg-CO <sub>2</sub> /千円		216,000	t/年	1,100,000	千円	10		1.682	
	電気(骨材回収)	0.499	kg-CO <sub>2</sub> /kwh		1	t	27	kwh/t			13.473	5t/h設備での実績値
	電気(前処理)	0.499	kg-CO <sub>2</sub> /kwh		1	t	3	kwh/t			1.497	90kwh/30t
	A重油	0.0717	kg-CO <sub>2</sub> /MJ	3	1	t	333	MJ			23.873	5t/h設備での実績値
	軽油	38.67	kg-CO <sub>2</sub> /千円		216,000	t/年	2,400	千円/年			0.430	
	修繕	2.053	kg-CO <sub>2</sub> /千円		216,000	t/年	33,000	千円/年			0.314	製造設備×3%
	重機	3.302	kg-CO <sub>2</sub> /千円		216,000	t/年	80,000	千円	5		0.245	4台、20,000千円/台とした
	合計											41.513
細骨材採取 (年間採取量 136,000t)	製造設備	3.302	kg-CO <sub>2</sub> /千円		136,000	t/年	139,515	千円	8		0.423	水洗・配電設備等
	電気	25.525	kg-CO <sub>2</sub> /千円		136,000	t/年	12,500	千円/年			2.346	
	軽油	38.67	kg-CO <sub>2</sub> /千円	3	136,000	t/年	10,112	千円/年			2.875	
	修繕	2.053	kg-CO <sub>2</sub> /千円		136,000	t/年	24,900	千円/年			0.376	
	重機	3.302	kg-CO <sub>2</sub> /千円		136,000	t/年	117,850	千円/年	5		0.572	5台、23,570千円/台
	合計											6.593
セメント製造(微粉不使用)		749.5	kg-CO <sub>2</sub> /tセメント	10							749.5	
セメント製造(微粉を原料に使用)		739.6	kg-CO <sub>2</sub> /tセメント								739.6	微粉原単位50kg/tセメント
セメント製造(微粉を混合材に使用)		712.0	kg-CO <sub>2</sub> /tセメント								712.0	微粉原単位50kg/tセメント

目標とするクリンカー諸率は、普通ポルトランドセメントの国内セメント工場の平均値を用い、

$$HM (CaO/(SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3))=2.13$$

$$SM (SiO_2/(Al_2O_3+Fe_2O_3))=2.66$$

$$IM (Al_2O_3/Fe_2O_3)=1.67$$

と設定した<sup>11)</sup>。石灰石、粘土、珪石、鉄原料の化学成分値は国内セメント工場の平均値を用い、原料スラグと石炭灰については適宜設定した。使用原料の化学成分値を表-3に示す。また、調合計算の結果を表-4に示す。

表-3 使用原料の化学成分値

種類	化学成分(%)							
	lg.loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O
微粉	12.8 (4.66)*	46.3	8.1	2.7	24.7	1.1	0.9	2.27
石灰石	43.0	1.1	0.3	0.3	54.2	0.5	0.0	0.03
粘土	7.8	64.3	14.1	5.1	2.7	1.7	0.2	2.63
珪石	1.3	91.1	4.1	1.5	0.1	0.5	0.0	0.69
鉄原料	9.1	16.4	5.3	54.4	9.4	1.5	1.7	0.53
原料スラグ	1.5	35.2	12.7	1.0	40.3	6.8	0.4	0.46
石炭灰	3.3	53.9	28.7	6.2	3.5	0.9	0.1	0.67

\*かつこ内は熱分析から求めた脱炭酸によるCO<sub>2</sub>の発生量

表-4 調合計算結果

種類	原単位(kg/t-セメント)				
	0	50	100	150	200
微粉					
石灰石	1,081	1,059	1,036	1,014	992
粘土	114	87	60	34	7
珪石	70	64	57	51	44
鉄原料	30	30	30	31	31
原料スラグ	100	100	100	100	100
石炭灰	50	50	50	50	50
石膏	35	35	35	35	35

②原料調合からのCO<sub>2</sub>排出量の計算

炭酸カルシウム以外のカルシウム源を含む微粉を原料に用いることで、石灰石の原単位が低下し、脱炭酸によるCO<sub>2</sub>の排出が抑えられるのと同時に、脱炭酸に必要な熱量が不要になることから燃料原単位も低下し、燃料の燃焼により排出するCO<sub>2</sub>も低減する。

各微粉原単位において、石灰石からの脱炭酸で排出するCO<sub>2</sub>を式(4)で求める。また、微粉にも炭酸カルシウムが含まれるため、熱分析から求めたデータを用い排出するCO<sub>2</sub>を式(5)で計算し、石灰石と微粉から排出したCO<sub>2</sub>排出量の合計を式(6)で求めた。さらに、脱炭酸に要する熱量を式(7)で求め<sup>12)</sup>、その熱量に相当する燃料から排出するCO<sub>2</sub>は、石炭の最終消費段階における単

位熱量あたりのCO<sub>2</sub>排出量を用い、式(8)にて計算した<sup>3)</sup>。最後に式(9)にて、合計のCO<sub>2</sub>排出量を求め、微粉原単位0kg/t-セメントのときとの差を微粉による各原単位におけるCO<sub>2</sub>削減量とした。結果を表-5に示す。

$$CO_{2\text{ dec 石灰石}} = M_{\text{石灰石}} \times CaO_{\text{石灰石}} / 100 \times 44/56 \quad (4)$$

$$CO_{2\text{ dec 微粉}} = M_{\text{微粉}} \times CO_{2\text{ 微粉}} / 100 \quad (5)$$

$$CO_{2\text{ dec}} = CO_{2\text{ dec 石灰石}} + CO_{2\text{ dec 微粉}} \quad (6)$$

$$Q_{\text{dec}} = CO_{2\text{ dec}} \times 100/44 \times Q_{\text{石灰石}} / 100 \times 4.18 \quad (7)$$

$$CO_{2\text{ fuel}} = Q_{\text{dec}} \times 0.09059 \quad (8)$$

$$CO_2 = CO_{2\text{ dec}} + CO_{2\text{ fuel}} \quad (9)$$

ここで、

CO<sub>2 dec 石灰石</sub> : 石灰石の脱炭酸によるCO<sub>2</sub>排出量

CO<sub>2 dec 微粉</sub> : 微粉の脱炭酸によるCO<sub>2</sub>排出量

CO<sub>2 dec</sub> : 脱炭酸によるCO<sub>2</sub>排出量

M<sub>石灰石</sub> : 石灰石の原単位

M<sub>微粉</sub> : 微粉の原単位

CaO<sub>石灰石</sub> : 石灰石のCaO量

CO<sub>2 微粉</sub> : 微粉中のCO<sub>2</sub> (表3より4.4%)

Q<sub>dec</sub> : 脱炭酸に要する熱量

Q<sub>石灰石</sub> : 石灰石の脱炭酸に要する熱量 (文献より42.5kcal/mol)

CO<sub>2 fuel</sub> : 燃料から発生するCO<sub>2</sub>排出量

CO<sub>2</sub> : 脱炭酸と燃料から発生するCO<sub>2</sub>排出量

(2)セメント系固化材の混合材で使用する場合

混合材として利用する場合のCO<sub>2</sub>排出低減量は、微粉で置き換えられたセメントのCO<sub>2</sub>排出量と等しいと考え、式(10)で求めた<sup>10)</sup>。結果を表-5に併せて示す。

$$CO_2 = U_c \times M_{\text{微粉}} / 1,000 \quad (10)$$

ここで、U<sub>c</sub>:セメント製造のCO<sub>2</sub>排出原単位

表-5 微粉によるCO<sub>2</sub>低減量

セメントでの利用方法	項目	単位	微粉原単位(kg/t-セメント)				
			0	50	100	150	200
原料	CO <sub>2 dec 石灰石</sub>	kg/t-セメント	460.4	450.8	441.2	431.8	422.2
	CO <sub>2 dec 微粉</sub>	kg/t-セメント	0.0	2.3	4.7	7.0	9.3
	CO <sub>2 dec</sub>	kg/t-セメント	460.4	453.1	445.9	438.8	431.6
	Q <sub>dec</sub>	MJ/t-セメント	1858.8	1829.6	1800.3	1771.7	1742.4
	CO <sub>2 fuel</sub>	kg/t-セメント	168.4	165.7	163.1	160.5	157.8
	CO <sub>2</sub>	kg/t-セメント	628.8	618.9	609.0	599.3	589.4
	微粉によるCO <sub>2</sub> 低減量	kg/t-セメント	0.0	9.9	19.8	29.5	39.4
混合材	微粉によるCO <sub>2</sub> 低減量	kg/t-セメント	0.0	37.6	75.2	112.1	149.7

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 環境負荷の計算結果

##### (1) CO<sub>2</sub> 排出量

各ケースでの CO<sub>2</sub> 排出量を図-2 に示す。ケース 1 (最終処分) では造成と重機の燃料である軽油からの排出量が大きく、排出量は 21.9 (kg-CO<sub>2</sub>/t-コンクリート塊) と 4 ケース中で最大であった。また、ケース 2 (路盤材) での排出量は、バージン材製造分をキャンセルして 1.6 (kg-CO<sub>2</sub>/t-コンクリート塊) であった。

一方、ケース 3 (再生骨材) では再生骨材製造で 41.5 (kg-CO<sub>2</sub>/t-コンクリート塊) の CO<sub>2</sub> が排出され、そのなかでも、加熱で排出される CO<sub>2</sub> 量は 23.9 (kg-CO<sub>2</sub>/t-コンクリート塊) で、すりもみ (電力) で排出される CO<sub>2</sub> 量を上回っていた。しかし、微粉を原料もしくは混合材として用いたときのセメント製造での CO<sub>2</sub> 低減分がそれぞれ 69.3, 262.3 (kg-

CO<sub>2</sub>/t-コンクリート塊) と大きく、ケース全体では、それぞれ -24.2, -217.3 (kg-CO<sub>2</sub>/t-コンクリート塊) となった。特にセメント系固化材の混合材として用いるケース 3-b で環境負荷低減の効果が大きいことがわかった。加熱工程で排出される CO<sub>2</sub> 量については、極力廃熱等を利用し低減することが望ましいと考えられる。

##### (2) セメント原料・骨材資源使用量

結果を図-3 に示す。再生骨材のケースではバージン粗・細骨材の他、セメント原料が削減されており、路盤材のケースより優れている。混合材として利用するケースでは、微粉がセメントに置き換えられるため、原料原単位の大きい石灰石の使用量が大きく削減された。

##### (3) 最終処分量

結果を図-4 に示す。単純な結果であるが、重要な環境負荷項目の一つとして評価すべきである。

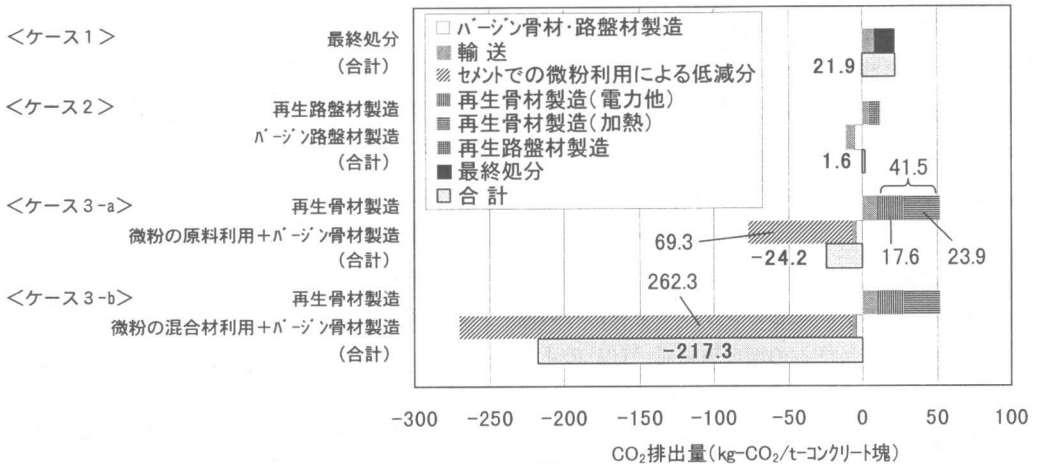


図-2 各ケースでの CO<sub>2</sub> 排出量

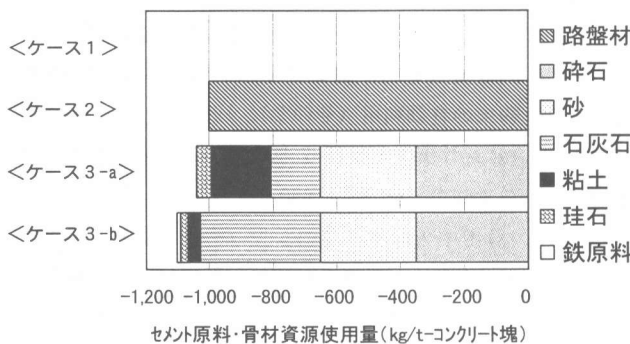


図-3 各ケースでの天然鉱物資源使用量

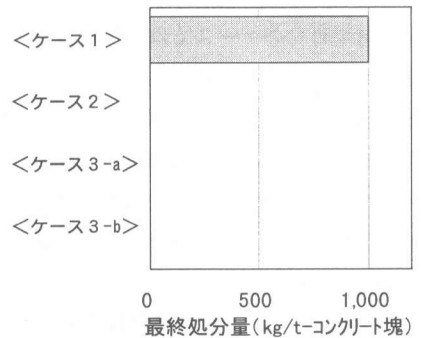


図-4 各ケースでの最終処分量

### 3.2 高品質骨材回収の適用性の検討

加熱すりもみの単体プロセスで発生する CO<sub>2</sub> 排出量は大きかったが、微粉のセメント製造での利用を考慮したシステムでは、CO<sub>2</sub> 排出量とセメント原料・骨材資源使用量の評価項目において、路盤材や最終処分より環境負荷が低いことがわかった。骨材の高品質化により用途制限を不要としただけでなく、微粉に付加価値を与えセメント系固化材の混合材としての利用を可能とした点で、加熱すりもみは資源循環型社会に適応できる有効なプロセスであることが確認された。

実際に当該技術によるコンクリートリサイクルを行う場合、微粉はセメント原料とセメント系固化材の混合材の両方で使用するのが現実的と考えられるが、より環境負荷の低い混合材としての利用を進めるべきと考えられる。筆者らは、実機セメント仕上げミルにて、混合材として微粉を 5%程度含むセメントを製造し、モルタル試験にて物理的性状が普通セメントと同等であることを確認している<sup>13)</sup>。今後、セメント混合材の 5% 枠の拡大や、微粉混合セメントの規格化の可能性も視野に入れ、微粉のセメント混合材としての利用拡大を図っていくことが重要と考えられる。

### 4. まとめ

加熱すりもみ法によるコンクリート塊からの高品質骨材回収システムの環境負荷を、LCA の手法により評価した結果、以下の知見を得た。

(1) 各処理での CO<sub>2</sub> 排出量は、最終処分のケースで 21.9 (kg-CO<sub>2</sub>/t-コンクリート塊)、再生路盤材のケースで 1.6 (kg-CO<sub>2</sub>/t-コンクリート塊)であったのに対し、高品質再生骨材のケースでは、微粉をセメント原料とする場合は -24.2 (kg-CO<sub>2</sub>/t-コンクリート塊)、混合材化する場合は -217.3 (kg-CO<sub>2</sub>/t-コンクリート塊)と特に混合材で用いる場合に環境負荷低減の効果が大きかった。微粉を両方法で使用することで、環境負荷の低いコンクリートリサイクルが実現できることが分かった。

(2) セメント原料・骨材資源使用量、最終処分量での評価においても、当該技術の環境負荷は再生

路盤材のそれより低かった。

### 参考文献

- 1) 島 裕和他：加熱すりもみ法によるコンクリート塊からの高品質骨材回収技術の開発，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.22，No.2，pp.1093-1098，2000
- 2) 立屋敷久志他：再生骨材微粉を混和した高流動コンクリートの諸性質第2報（その1）再生骨材微粉の性質と高流動コンクリートの調合，日本建築学会大会講演梗概集，pp.1075-1076，2000
- 3) 日本建築学会：建物の LCA 指針（案），1999
- 4) 田中信壽著：環境安全な廃棄物埋立処分場の建設と管理，技報堂出版，pp.99-121，2000
- 5) 厚生省水道環境部産業廃棄物対策室監修，社団法人全国産業廃棄物連合会編：よくわかる産業廃棄物処理の実務，第一法規，pp.245-246，1994
- 6) 建設省土木研究所他：共同研究報告書「コンクリート副産物の土木事業における利用ガイドブック」，pp.43-48，1997
- 7) 通産省生活産業局窯業室編：砕石統計年報，1999
- 8) (社) 日本砕石協会：中小企業活路開発調査・実現化事業報告書「21世紀を迎える砕石業の経営戦略化ビジョン」，1999
- 9) 日本コンクリート工学協会北海道支部：コンクリートのリサイクル，1999
- 10) (社) セメント協会 LCAWG：リサイクル原料の利用にともなうセメント製造の環境影響評価，第4回エコバランス国際会議講演集，pp.497-500，2000
- 11) (社) セメント協会：建設副産物利用促進専門委員会報告，コンクリート塊から発生する微粉末の有効利用（その2），1998
- 12) 荒井康夫：改訂 2版セメントの材料化学，大日本図書，pp.57，1990
- 13) 田中久順他，廃コンクリートの微粉を混合したセメントの物性，セメントコンクリート論文集，2001（投稿中）