

25. 環境負荷低減型エココンクリート

ENVIRONMENTALLY MITIGATABLE CONCRETE

水口 裕之^{*1}・玉井 元治^{*2}・岡本 享久^{*3}・

Hiroyuki MIZUGUCHI, Motoharu TAMAI, Takahisa OKAMOTO,

(社)日本コンクリート工学協会エココンクリート研究委員会

The Committee on Ecological Concrete of Japan Concrete Institute

ABSTRACT:The purpose of this study was to search environmentally mitigatable concrete. Environmentally mitigatable concrete is necessary to realize comfortable human's living environment and sustainable development. The utilization of waste products, such as blast-furnace slag, fly ash, municipal refuse and used concrete, for cement and/or concrete is very remarkable to save natural resources and energy. A porous concrete structure having continuous void can moderate the thermal change, the maximum rate of flow and the level of noises compared with a traditional concrete one, because it can be pervious to water and air and absorb noises, too.

KEYWORDS:Environmentally Friendly Concrete, Environmentally Mitigatable Concrete, Porous Concrete Waste Product

1. はじめに [1]

「持続可能な開発」を実現するために必要なものの一つに、この要請に応えられる材料の開発が考えられる。このような材料を「エコマテリアル」と名付け、未踏科学技術協会レアメタル研究会では、①人類の活動圏を拡げ、活動環境を拡張する(フロンティア性)、②人類の活動圏と外部環境との調和をはかる(環境調和性)、③活動圏の中で生活環境に豊かさを与える(アメニティ性)の3条件を満足するものとしている [1]。

主要な建設材料の一つであるコンクリートの主な素材であるセメントは、それを1 t製造する際に約800 kgの二酸化炭素を排出し [3, 4], また、従来の緻密なコンクリート構造物は生物との共生が困難で、必ずしも環境に調和しているものばかりとはいえ、現状では、コンクリートをエコマテリアルとはいえない。

しかし、「持続可能な開発」を実現するためには、建設活動が必要で、また、コンクリートは建設材料として必要であり、地球環境への負荷の少ないコンクリート、生物との接点を持つことができるコンクリート

^{*1}; (社)日本コンクリート工学協会エココンクリート研究委員会 副委員長 Co-chairperson of The Committee on Ecological Concrete of Japan Concrete Institute, 徳島大学工学部建設工学科 Dept. of Civil Engr., The Univ. of Tokushima, ^{*2}; 委員長 Chairperson, 近畿大学理工学部土木工学科 Dept. of Civil Engr., Kinki Univ., ^{*3}; 幹事 Secretary, 日本セメント(株)中央研究所 Center Institute, Nihon Cement Co. Ltd., 委員 Committee Member; 天羽 和夫・有富 範伊・大久保孝昭・親林 和生・金子 文夫・河合 研至・堺 孝司・佐藤 文則・島谷 幸宏・島田 裕泰・田淵 博・出村 克宣・福手 勤・古沢 靖彦・増井 直樹・丸山 久一・安田 登・柳橋 邦生

について開発することが不可欠である。地球環境とコンクリートとの関係には、セメント、骨材などの原材料の採取、セメントの製造、産業副産物の利用、コンクリート構造物の建設、リサイクルなどを通して、地形改変、エネルギー消費、不要物質や熱の排出などによる大気汚染、水質汚染、廃熱、廃棄物などによる環境への負荷と、生物とコンクリートとの共生のあり方などが考えられる。

そこで、地球環境に配慮したコンクリートの現状と課題について検討するため、日本コンクリート工学協会（以下「JCI」と書く）では平成6年度に「エココンクリート研究委員会」設置し、平成7年度まで2年間の活動をしてきた。本報告は、委員全員による調査研究の成果である「エココンクリート研究委員会報告書」[1]および「自然環境との調和を考慮したエココンクリートの現状と将来展望に関するシンポジウム論文報告集」[2]を基に、若干の追加を含めて、その一部である環境負荷低減型エココンクリートについて著者らが取りまとめたものである。なお、生物対応型エココンクリートについては、別報で報告する。

2. 環境負荷低減型エココンクリート[1]

JCIの研究委員会では、「エココンクリート」を地球環境への負荷低減に寄与するとともに、生態系と調和あるいは共生を図ることができ、快適な環境を創造することができるコンクリートと定義し、図-1に示すように①生物対応型エココンクリートと②環境負荷低減型エココンクリートとに分類した。

①の生物対応型エココンクリートは、生態系と調和あるいは共存を図るもので、凹凸や空隙を設け生物の生息場を確保したものであり、従来のコンクリートを用いて実現できる場合や、生物の生息に悪影響を及ぼさないよう従来のコンクリートの性質を改良したものである。

②の環境負荷低減型エココンクリートは、廃棄物、資源採取、汚染物質、消費するエネルギーなどによる環境負荷を低減させるのに効果があるものであり、コンクリートの製造時、コンクリートの使用時において、あるいはコンクリートを使用して環境負荷を低減させるものである。エコセメント、産業副産物などの利用、リユース、リサイクル、長寿命化、多孔質化などがある。

3. 使用資源、エネルギー、汚染物質の削減[1]

セメントやコンクリートの製造時、使用後、使用後における環境負荷を低減させるものとして、使用する資源やエネルギー、廃棄物のなどの節減があり、廃棄物や副産物の有効利用、コンクリート構造物のリユ-

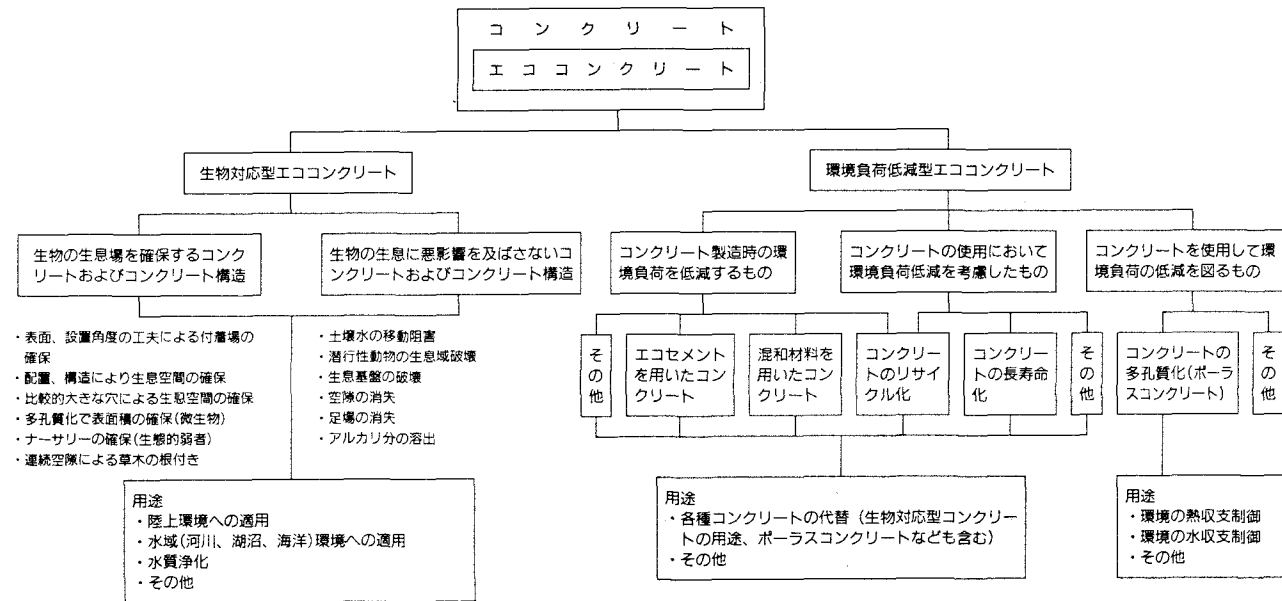


図-1 日本コンクリート工学協会のエココンクリートの概念 [1]

ス、リサイクル、長寿命化などが実施されている。これらに関しては、範囲が広大で多岐にわたるため、開発中あるいは提案されている主な2、3の項目について述べる。

3.1 エコセメント[5]

都市ゴミの焼却灰や下水汚泥などを主原料として製造されるエコセメントは、都市型総合廃棄物を利用したセメントである。製造フローと必要な原料の一例は、図-2のようであり、化学成分を調整するため添加剤を0.3t用いている。試作エコセメントの物理的特性は表-1、これを用いたコンクリートの圧縮強度の一例は図-3であり、実用の可能性があるが、強度発現、鉄筋の発錆などポルトランドセメントを用いたコンクリートとの挙動の違いは今後の課題である。なお、都市ゴミ焼却灰などに含まれる重金属類は硬化体とすればその溶出量は制限値内であると報告されている。

3.2 混合セメントの利用

高炉スラグ微粉末、フライアッシュを用いた混合セメントの利用は従来から利用されており、新しいものではない。しかし、資源採取量、エネルギー消費量や二酸化炭素排出量の削減のためには有効な方法であり、使用条件の再検討も行い、今後、さらに使用の増加が望まれる。これらの効果に関する検討結果の一例として、表-2がある。

3.3 完全リサイクルコンクリート[6]

図-4に示すように骨材にセメント原料となる石灰石やケイ石を使用し、使用後はこれを再びセメントおよびコンクリートの原料として用いる完全リサイクルコンクリートが提案されている。このようにして再生したコンクリートの品質は、表-3に示すように原コンクリートとほぼ同じ性能を示しており、このようなコンクリートの発展が望ま

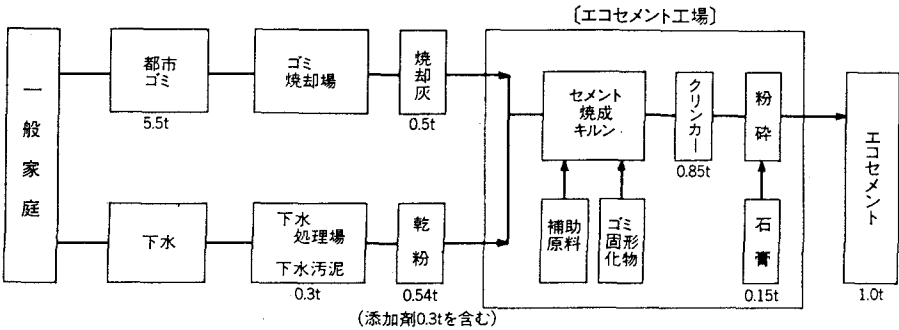


図-2 エコセメントの製造フロー[5]

表-1 エコセメントの物理的特性[5]

	比重	粉末度 (cm ² /g)	凝 結	
			始発 (h-min)	終結 (h-min)
エコセメント	3.13	4,300	0-28	0-42
早強セメント	3.13	4,340	2-08	3-15
普通セメント	3.17	3,220	2-22	3-20

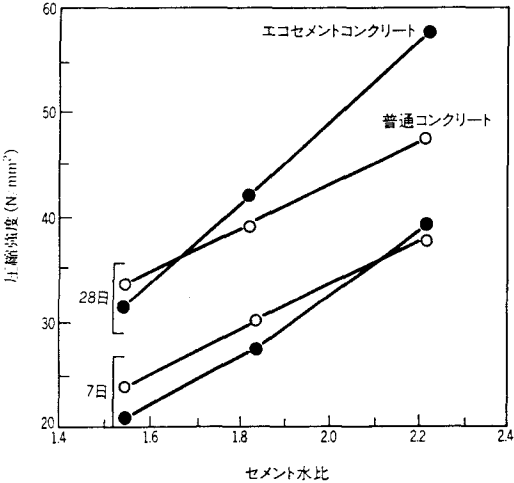


図-3 エコセメントを用いたコンクリートの強度[5]

表-2 混合セメントの使用による廃ガス、エネルギーの削減量[4]

	セメントの種類	セメント生産量, Mt/年 (構成比, %)	電力使用量, Pwh/年	エネルギー使用量(1次), Tcal/年	二酸化炭素排出量, Mt/年
現 状 19 89 年	普通ポルトランド(クリンカー)	60.35 (80.3)	6.22	64.2	44.5
	高炉* (スラグ50%)	14.04 (18.7)	1.24	9.2	5.8
	フライアッシュ** (フライアッシュ20%)	0.62 (0.8)	0.05	0.3	0.4
	合 計	75.01 (100)	7.51	73.7	50.7
全 量 転 換	普通ポルトランド(クリンカー)	28.44 (37.9)	2.93	30.3	21.1
	高炉* (スラグ50%)	29.80 (39.7)	2.62	19.5	12.2
	フライアッシュ** (フライアッシュ20%)	16.77 (22.4)	1.39	14.3	9.9
	合 計	75.01 (100)	6.94	64.1	43.2
	削 減 量 (削減率, %)	-	0.57 (7.6)	9.6 (13.0)	7.5 (14.8)

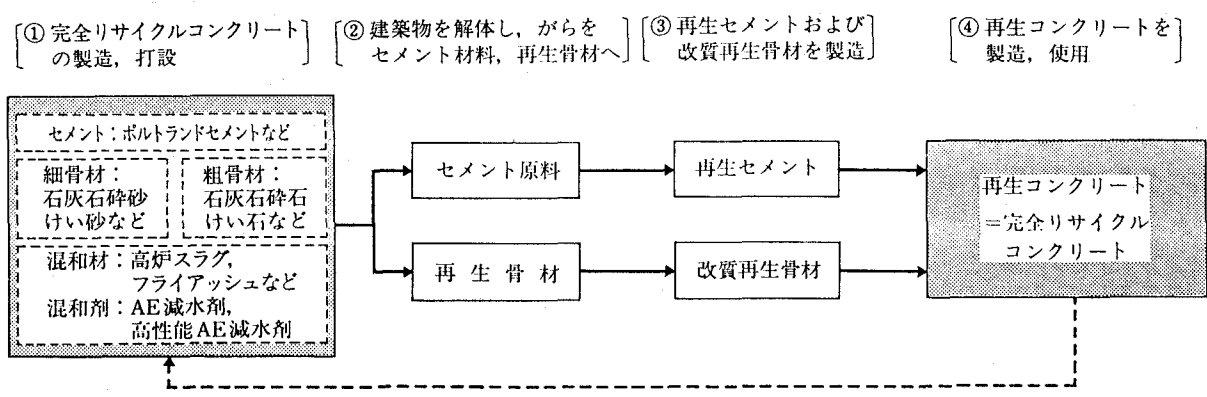


図-4 完全リサイクルコンクリート [6]

れる。しかし、これを実現するためには、膨大な石灰石が必要でその採取、運搬、再生用エネルギーなど総合的な環境負荷への検討が課題である。

3.4 廃棄コンクリートのリユース、リサイクル

廃棄コンクリートのリユース、リサイクルについては、表-4の方法[7]が考えられ、実現されている。リユースの一例としては、図-5[7]があり、解体したコンクリート部材をそのまま用いている。再生骨材として用いることについては、古くから研究され実用化されている[8]。これによって使用する資源やエネルギーは削減でき、二酸化炭素の排出量も減少できると考えられる。しかし、どのようなシステムとすることによって、最も環境への負荷を低減できるかについての定量的検討結果は見あたらないようであるが、この評価方法について、藤井は[9]図-6のLCAによる手法を示している。

4. 多孔質（ポーラス）コンクリートの利用[1]

多孔質コンクリートには、主として連続空隙を持つものと、主として独立空隙を持つものがある。ここでは、主として連続空隙を持つ多孔質コンクリートをポーラスコンクリートと呼び、その環境への負荷低減効果について述べる。

4.1 熱収支の改善

普通のコンクリートの熱伝導率は1.2~1.3kcal/m/h・℃程度で、夏期には熱くなり、ヒートアイランド現象を起こす要因の一つとなり、逆に、冬期には底冷え現象を起こすこととなる。ポーラスコンクリートは、多孔質体であるため、一般に熱伝導率は0.8kcal/m/h・℃程度以下であり、夏は温度上昇を抑制し、冬は保温効果がある。

表-3 完全リサイクルコンクリートの品質の一例 [6]

		通常強度		高強度	
		原	再生	原	再生
性質	設計基準強度 (N/mm ²)	24	24	60	60
	圧縮強度(4週) (N/mm ²)	31.6	35.2	67.6	66.8
	ヤング係数(4週) (N/mm ²)	39 100	39 000	48 000	46 500
調合	ス ラ ン プ (cm)	18	18	21	21
	水セメント比 (%)	58	58	30	30
	空 気 量 (%)	4	4	2	2
	水 (kg/m ³)	184	170	171	171
	セメント (kg/m ³)	320	296	571	571
	細 骨 材 (kg/m ³)	732	862	600	600
	粗 骨 材 (kg/m ³)	1 048	971	1 057	1 057
化学混和剤 (ml/m ³)		805	805	4 100	4 100

表-4 解体コンクリートの利用例 [7]

利 用 形 態		用 途
部材を利用		漁礁・数石等
20 cm～40 cm の塊状		割石・床固め材等
破 砕 材	粗 割 材	路盤材・埋戻し材・基礎材等
	粗 骨 材	コンクリート用・路盤材
	細 骨 材	アスファルト用・埋戻し材等
(処理で副産された粉末)		地盤改良・フィラー等

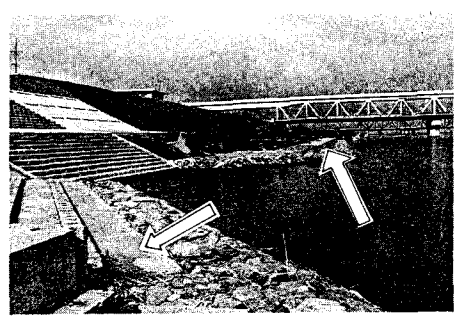


図-5 解体コンクリートのリユース例 [7]
解体した梁部材をそのまま使用

ポーラスコンクリートを基盤として、植栽した緑化コンクリートとすると、植物が含む水分や、構成される空気層などの断熱効果によって、コンクリート構造物の温度変化を抑制し、微気象の調節機能がある。また、緑によって景観向上にも貢献している。連続空隙を持つポーラスコンクリートなど透水性のあるコンクリートを用いた舗装によっても、水分の移動、蒸発などによって同様の効果が期待される(図-7参照[10])。

4.2 水収支の改善 [11]

透水性のあるコンクリートを用いた舗装、透水性を持たせたブロック舗装、浸透柵、浸透トレンチ、浸透側溝などを設けた舗装などでは、雨水を地下に浸透させることができ、図-8 [11] に示すようにピーク流量を大幅に低減できるとともに、水収支を自然地盤に近づけることができる。

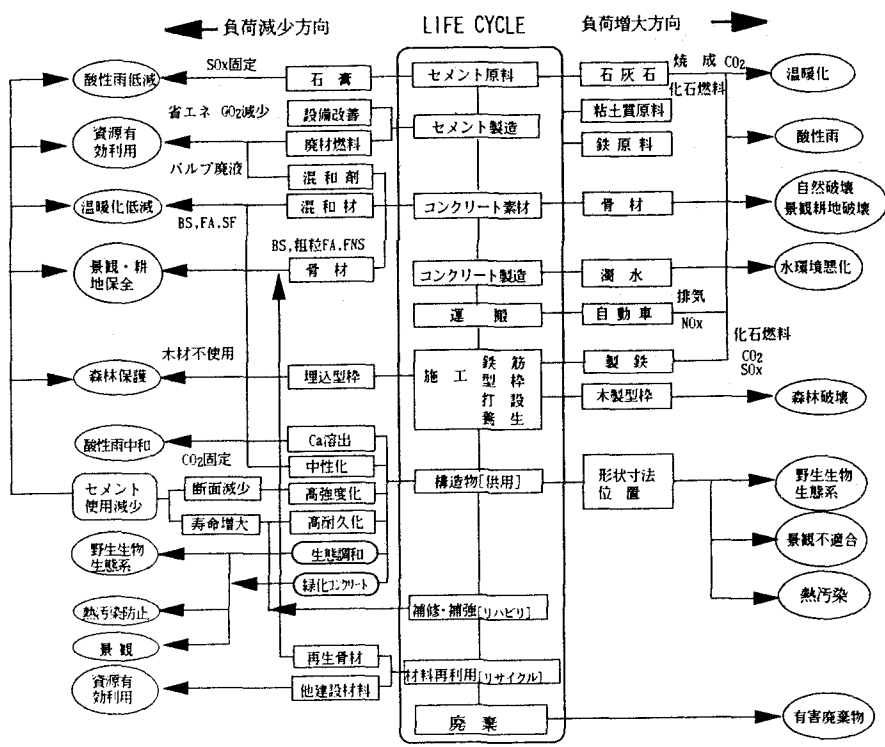


図-6 コンクリートのライフサイクルと環境への負荷 [9]

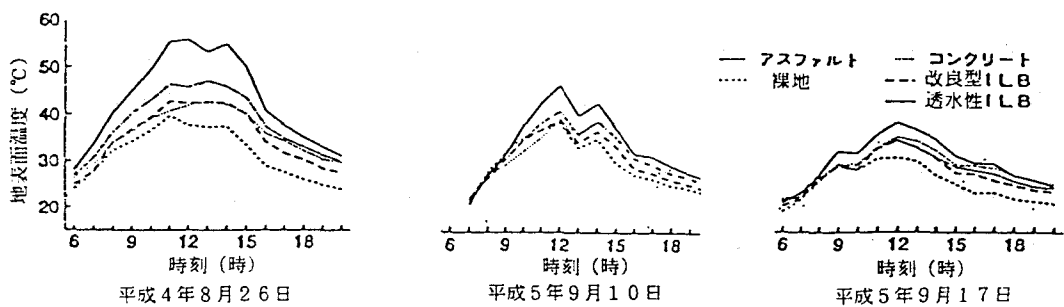


図-7 各種舗装材による地表温度の違い [10]

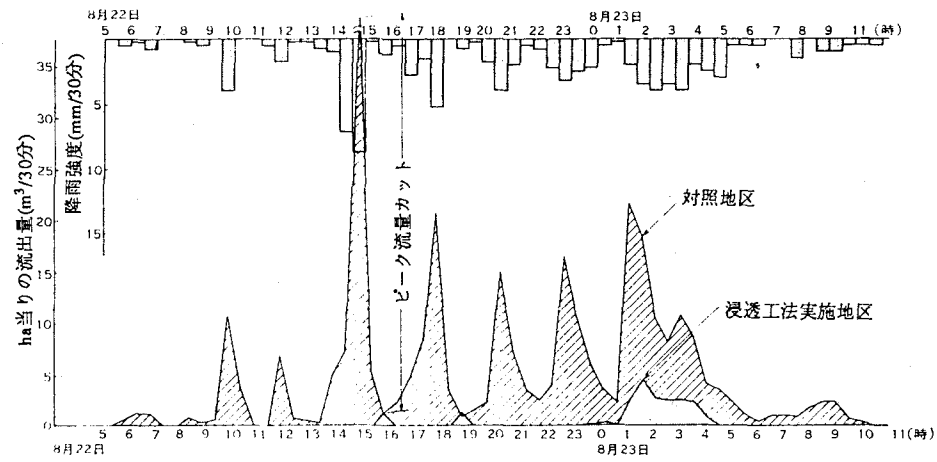


図-8 地下浸透工法を適用した地域の降雨量とピーク流量 [11]

4.3 吸音, 消音およびその他

ポーラスコンクリートを用いることによって, 反射音を減らす吸音と, 舗装面における走行車両のタイヤからの発生音を減少させる消音効果とがある。吸音性は空隙率, 空隙形状・分布状況, 厚さなどによって影響される[12]。タイヤによる発生音は図-9 [13]に示すように減少できる。また, 舗装面や壁に多孔質コンクリートを用いると乱反射によって眩惑の解消も期待される。

さらに, 多孔質としたコンクリートは, 緻密な一般のコンクリートよりも早く二酸化炭素を吸収する能力がある[14]。これらも広い意味でのエココンクリートといえよう。

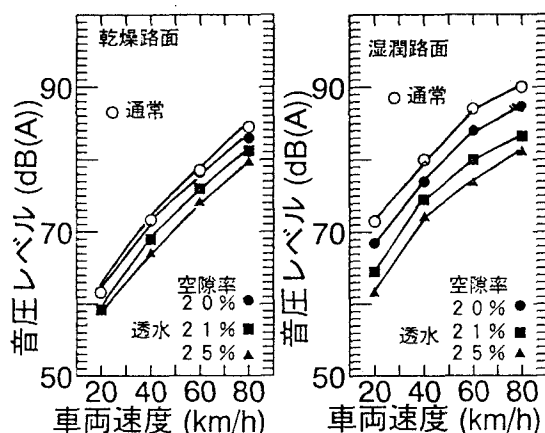


図-9 車両速度と音圧レベルとの関係 [13]

5 おわりに

以上述べてきたように, 環境負荷低減型エココンクリートを使用することによって, 従来のコンクリートに比べて, 環境に与える負荷を低減できることが分かった。しかし, どのようなシステムとすることが環境への負荷が最も少なくなるか, コンクリート構造物としてどのように利用できるかについては, 現在明らかにされていない点も多く今後の課題である。また, 図-1に示すエココンクリートについては, 未検討の分野が残っており, このようなコンクリートやコンクリート構造物を実現させるためには, 更に検討しなければならない課題も多く, 今後の研究に期待したい。

参考文献

- [1] (社)日本コンクリート工学協会; エココンクリート研究委員会報告書, 1995.
- [2] (社)日本コンクリート工学協会; 自然環境との調和を考慮したエココンクリートの現状と将来展望に関するシンポジウム論文報告集, 1995.
- [3] Sersale, R.; Advances in Portland and Blended Cements, 8th International Congress on the Chemistry of Cement, Vol. 1, pp. 261-302, 1992.
- [4] [2]と同じ, pp. 9-14.
- [5] 小野義徳, 大森啓至, 田熊靖久; 都市ゴミ焼却灰から製造されるエコセメント, セメントコンクリート, No. 586, pp. 1-8, 1995.
- [6] 友澤史紀; コンクリートの完全リサイクル化に向けて, セメントコンクリート, No. 578, pp. 1-8, 1995.
- [7] 河野広隆; コンクリート解体材の再利用の現状と可能性, コンクリート工学, Vol. 33, No. 10, pp. 91-96, 1995.
- [8] 阿部道彦; 再生骨材を用いたコンクリート, コンクリート工学, Vol. 33, No. 12, pp. 110-116, 1995.
- [9] [2]と同じ, pp. 1-8.
- [10] 須田重雄; ポーラスコンクリートの新しい用途, 無機マテリアル, Vol. 3, p. 136, 1996.
- [11] [1]と同じ, pp. 38-41.
- [12] 松尾伸二, 丸山久一, 清水敬二, 江本佑橘; 透水コンクリートの透水・透湿・吸音特性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 15, No. 1, pp. 525-530, 1993.
- [13] [2]と同じ, pp. 56-60.
- [14] 小川洋二, 河野清, 島弘; 炭酸ガスを吸うポーラスコンクリート, セメントコンクリート, No. 568, pp. 12-16, 1995.