

科学技術振興調整費による研究開発

- 1 材料の低環境負荷ライフサイクルデザイン実現のための バリアフリープロセッシング技術に関する研究

Study on Barrier-Free Processing Technique for Realization of Environmental Life-Cycle Design on Building Materials

(研究期間 平成 11～15 年度)

材料研究グループ

濱崎 仁

伊藤 弘

棚野博之

Dept. of Building Materials and Components

Hitoshi Hamasaki

Hiroshi Ito

Hiroyuki Tanano

Synopsis- This study examine about the framework of the environment conscious design and materials efficiency on building materials and components. This report shows proposed ELCD (Eco-Life Cycle Design) matrix and the mind-set of evaluation method of materials efficiency.

【研究目的及び経過】 本研究は、文部科学省科学技術振興調整費「材料の低環境負荷ライフサイクルデザイン実現のためのバリアフリープロセッシング技術に関する研究」(主担当：(独)物質・材料研究機構)の一環として行っている研究であり、建築研究所では、小課題「物質・材料効率評価のための設計因子の抽出」における「建築用材料の適用設計因子の抽出」を担当している。

本研究全体の目標は、部材や素形材に要求される目的当たりの資源・物質総投入量の有効性、すなわち“物質・材料効率”の向上に向けた材料のライフサイクルデザインを可能とする技術の確立を目標とする。これを通じて、材料に求められる設計上の要求をより効率的な物質・材料消費で実現する技術基盤を構築し低環境負荷型

の材料技術の開発を目指すというものである。

建築分野では、上記のような研究全体の趣旨を踏まえ、低環境負荷、高物質・材料効率型の建築材料・部材の設計手法の確立を目指し、建築材料・部材にそのライフサイクル全般にわたって要求される項目を整理し、低環境負荷、高物質・材料効率を実現する設計手法の枠組み構築のための検討を行った。

【研究内容】 本研究は、平成 11 年度から 13 年度までの第 1 期、平成 14 年度および 15 年度の第 2 期に分けて研究が進められた。第 1 期では、主に建築材料・部材に求められる性能を環境負荷低減の観点からそのライフサイクル全般にわたって整理、把握することを目的とした ELCD (Eco Life-Cycle Design) マトリクスについて検討

表 - 1 ELCD マトリクス (修正版)
 Eco Life-Cycle Design Matrix (Modification Edition)

要求項目	ライフサイクル段階	A 製造 (建材)	B 流通 (輸送・保管)	C 建設 (設計・施工)	D 供用	E 維持保全 (修理・改修)	F 解体
	対象とする形態	材料	材料	建物・部材	建物	建物・部材	建物
1) 資材使用量の適正化	資材使用量	・材料使用量の低減 ・再生材料の使用率		・再生可能な構工法の採用	・生活用水の使用量低減	・耐用年数内の修理 ・消耗品等の交換等の頻度、必要性	
	副資材使用量		・梱包材使用の低減				
	占有空間の適正化			・部材断面の低減			
2) 発生物の抑制	長寿命化、高耐用化			・現場排出物の発生率と再利用状況	・部材の変態性向上技術の採用	・部材等の交換 ・周期と維持保全容易性	
	リサイクル・リユース	・製造時排出物の発生率と再利用状況				・リサイクルの把握および向上	
	最終処分					・解体容易性、分別容易性 ・処分形態(焼却・安定)管理の割合	
3) エネルギー使用量の適正化		・製造時のエネルギー削減効果 ・代替エネルギーの使用 ・エネルギー使用の平準化	・輸送エネルギー削減効果(減容化、サウナ処理等の実現)		・PAL、CEC 等 ・自然エネルギーの積極的利用技術の採用		
4) 汚染物質の発生削減	室内環境への影響				・VOC 等発生抑制		
	地中環境への影響	・大気汚染等への抑制技術の採用		・揮発性有機溶媒の使用 ・有害物質発生の可能性 ・騒音、振動、悪臭等の発生、抑制度			
	地球環境への影響	地球環境汚染物質の発生の有無、抑制度					

を行った。第 期では、ELCD マトリクスの具体化とともに、物質・材料効率評価の枠組みを検討し、いくつかの材料について試算を行うとともに建築分野における物質・材料効率評価の考え方の提案を行った。

【研究結果】

1) ELCD マトリクスの提案

第 期においては、ELCD マトリクスの提案、評価の考え方についてけんとうを行った。マトリクスの評価軸の考え方として、マトリクスの X 軸はライフサイクルの各段階、Y 軸は評価すべき性能を項目ごとに整理、分類したものとした。具体的には、X 軸が、「製造」、「建設」、「供用」、「維持保全」、「解体」、共通項目として「輸送・保管」の 6 段階、Y 軸は、「資源使用量の適正化」、「生産物の機能・性能の確保」、「発生物の抑制」、「エネルギー消費の適正化」、「汚染物質の諸環境への発生削減」、共通項目として「コストの低減」の 7 項目とした。マトリクスによる整理は、全体像の把握、共同作業の円滑化の向上、第三者に対する説得性の向上などといった利点はあるものの、マトリクスの煩雑さ、異なる時系列(性能の発揮段階)や他の性能項目との相関性の評価といった部分などで問題も残る。また、既往の規準類、評価ツールの調査の結果では、エコマーク等の評価規準類は、製造段階における資源使用量、再生材料の使用率などに評価が集中しており、CASBEE、BREEAM 等の評価ツールでは、製造段階、供用段階に評価項目が集中している。

以上を踏まえ、第 期では、ELCD マトリクスの修正を行った。修正にあたっての考え方は以下の通りである。表 - 1 に ELCD マトリクスの修正版を示す。

評価の必要性、定量化の可能性に応じて評価する。

設計・施工段階における評価ツールとして適用する。

建物として最低限の性能、機能を満足すること。

2) 物質・材料効率評価の考え方

物質・材料効率を定量的に評価する場合の考え方を(1)式に示す。(2)式は、(1)式を具体的に展開したものであり、物質・材料効率の評価は(2)式によるものとして検討を行った。

$$\text{物質・材料効率} = \text{要求性能} / \text{総資材投入量} \quad (1)$$

$$= \text{材料の基本性能}^1 (1 \pm p) / \text{総資材投入量} (1-r) \quad (2)$$

ここに、

p : 性能の向上(低下)率(%/100)

r : 再生材料使用率(%/100)

表 - 2 強度および耐久性を同一とした場合のセメント系材料の物質・材料効率の試算結果
Trial Calculation Result of Materials Efficiency (In case strength and Durability are the same)

材料	OPC	EC	RPC	骨材	鋼繊維	エネルギー投入量 (MJ/m ³)	再生材料使用率 (%)	物質・材料効率 ¹
1材料 ¹ -原単位(kJ/kg)	3,804	3,789	5,462	588	13,016			
再生材料使用率(%)	0	47	0	0	0			
OPC	300			1,786		2,191	0	1.00
EC		303		1,733		2,166	6.4	1.08
EC-S		350		1,703		2,327	7.4	1.02
EC-D		379		1,678		2,423	7.8	1.00
RPC			1,240	2,356	49.6	8,803	0	1.24 ²

1 : OPC を 1 として算定

2 : 実験結果より表中の調査における RPC の強度を 5 倍として算定

¹ : 材料の基本性能は、処女材料を用いた場合の一般的な性能であり、部位、部材、目的等によって異なる

本検討では、これらの評価の考え方についてケーススタディを通して検証した。ここでは、躯体材料として、各種セメント系材料をコンクリートとして使用する場合の比較を行った。対象としたセメントは、普通ポルトランドセメント(OPC)、エコセメント(EC)、反応性微粉末(RPC)とした。物質・材料効率評価を行う場合にまず整理しなければならないことは、要求性能としてどのような性能を評価するかということである。構造材料に求められている性能としては、力学性能、耐久性、施工性、意匠性など様々な要求性能がある。ここでは、構造材料の最も基本的な性能として、力学性能(強度)と耐久性という観点から検討を行った。

表 - 2 に物質・材料効率の試算結果を示す。EC については、強度(EC-S)および耐久性(EC-D)が OPC と同一となる調査を既往の実験結果¹⁾より求めて算定の根拠としている。EC は原料の約 50% が再生材料であるが、コンクリート全体で見ると再生材料の使用率は 8% 程度であり、また、EC は、OPC と同等の性能を得るためには、水セメント比を低減し、単位セメント量を増加させる必要があるため、物質・材料効率という尺度で評価した場合には、OPC とほぼ同等ということになる。これに対して RPC の場合には、エネルギー投入量は OPC の 4 倍程度となるものの、強度レベルでは 5 倍程度の性能となるため、物質・材料効率は向上しており、一見、環境負荷の大きく見える材料でも、物質・材料効率の考え方を導入することによって適切に評価できることが分かる。新材料や再資源化材料は、エネルギー投入量の増大や力学性能の低下によって、開発、普及が阻害されている面があることも否めないが、物質・材料効率を適切に評価することによって、このような材料に対する技術開発のドライビングフォースと成り得るものと考えられる。

【参考文献】

- 1) 例えば、濱崎ほか：「環境負荷低減型セメントを用いたコンクリートのフレッシュ時および硬化後の諸物性」、セメント・コンクリート論文集 No.54、pp.687-692、2001.2