

GRCの環境負荷

日本GRC工業会 技術部会

GRCはその造形性の良さから周囲環境にマッチしたビルのデザイン、又景観建材として使われております。環境負荷についても、GRCは高強度であるため薄肉軽量化を図れることから、同様な使用目的のプレキャストコンクリート製などと比べると、 m^3 当たりの重量は約1/3と軽く、セメントや骨材の使用量は比例して少なくなるため省資源材料であり、また環境破壊や大気汚染なども少ない材料といえます。特にGRCはセメントリッチな高強度モルタルを耐アルカリガラス繊維で補強して薄肉軽量化を図っていますが、反対にセメント量が多いと寸法変化が大きく設計上、形状、大きさに制限を受けます。このため単位セメント量の低減には多くの人と時間をかけて研究開発を行なってきました。その結果、単位セメント量は導入時と比べ30%低減されました。

では、GRCの環境負荷がどの位置にあるのか、客観的な数値での比較をLCAと云う手法で試算したので以下に報告します。

LCA(Life Cycle Assessment)の概要

LCAとは「製品やサービスがそのライフサイクル全体を通して環境に与える影響を分析、評価する一つの手法」で、

「原料採掘→輸送→製造→流通→使用→廃棄orリサイクル」迄を対象としますが、ライフサイクル全体でなく、プロセスの一部だけを評価することも可能です。

今回は、原料採掘→輸送→製造迄を対象としました。

LCAの手法として ISO14040 によると

1. 目標と範囲の設定
2. インベントリー分析 (ISO14041)
 - ・資源、エネルギー（鉄鉱石・石灰石・石油・石炭etc.）使用量
 - ・大気等への物質（ CO_2 ・ NO_x ・ SO_x ・フロン・重金属・廃棄物etc.）
3. インパクト評価 (ISO14042)
 - ・地球温暖化、酸性雨、オゾン層破壊、処分場枯渇、エネルギー、鉱物資源枯渇etc.
4. 結果の解釈 (ISO14043)

GRCのLCA

GRCの環境負荷への影響をプレキャストコンクリートと比較する。

カーテンウォール $1m^3$ 当たりとし、それぞれの配合を表1に示す。

表1 配合表

単位 (kg)

材料名	GRC (90kg/ m^3)	PC (294kg/ m^3)
普通ポルトランドセメント	35.2	51
砂利, 砂	35.2	124
砂利, 砂 (人工骨材)	0	77 (軽量骨材)
耐アルカリ性ガラス繊維	4.2	0
水	11.3	24
鉄筋など金属類	4.1	18.2
合計	90	294

* GRCは普通ポルトランドセメントを使用した標準的なものとする。

* PCは軽量骨材を用いた標準的なものとする。

* 資材調達から工場出荷までとする。

LCAの計算に用いた使用原単位（各原料から発生する排出物単位数）を表2に示す。

表2 使用原単位

単位 (kg)

原単位(材料1kgあたり)	CO ₂	SO _x	NO _x	ばいじん	出典元
普通ポルトランドセメント	7.50x10 ⁻¹	1.55x10 ⁻⁴	1.68x10 ⁻³	6.00x10 ⁻⁵	第4回エコバランス国際会議講演集
砂利・砂	7.56x10 ⁻³	1.48x10 ⁻⁵	6.74x10 ⁻⁶	3.99x10 ⁻⁵	未踏科学技術協会エコマテリアル研究会HP *1
砂利・砂(人工骨材)	2.34x10 ⁻¹	2.43x10 ⁻⁴	9.05x10 ⁻⁵	9.44x10 ⁻³	未踏科学技術協会エコマテリアル研究会HP *1
耐アルカリ性ガラス繊維	18.5x10 ⁻¹	9.26x10 ⁻⁴	6.85x10 ⁻⁴	6.45x10 ⁻⁵	日本電気硝子社提供
水	0	0	0	0	
鉄筋, 埋込金物など金属類	1.78x10 ⁰	7.01x10 ⁻³	2.31x10 ⁻³	1.48x10 ⁻²	未踏科学技術協会エコマテリアル研究会HP *1
重油(L)	3.05x10 ⁰	1.80x10 ⁻³	6.70x10 ⁻³	8.33x10 ⁻⁴	JMAI-LCA内DB ((社)産業環境管理協会)
電力(KWH)	4.24x10 ⁻¹	3.70x10 ⁻⁴	2.61x10 ⁻⁴	1.62x10 ⁻⁵	JMAI-LCA内DB ((社)産業環境管理協会)
軽油(L)	2.74x10 ⁰	1.40x10 ⁻³	2.90x10 ⁻³	3.98x10 ⁻⁵	JMAI-LCA内DB ((社)産業環境管理協会)

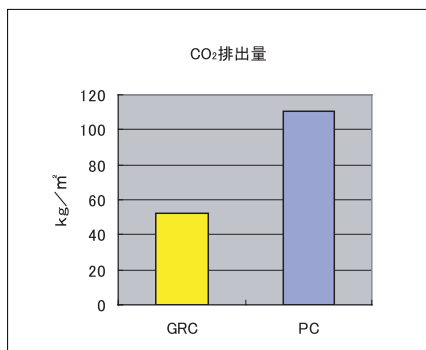
*1:<http://www.nrim.go.jp:8080/ecomat/db/dai.htm>

表1の配合表で使用原料に表2の原単位を用い計算した結果を表3に示す。

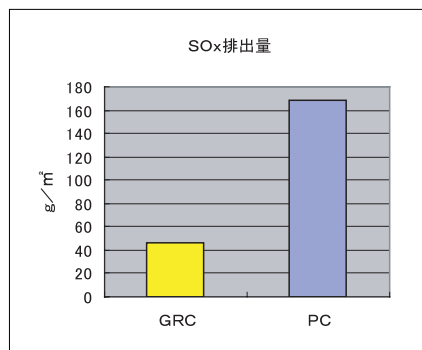
表3 GRC, PC 1㎡当たりの排出物計算結果

プロセス	材料の種類	GRC (1㎡=90kg)					PC (1㎡=294kg)				
		使用量	CO ₂	SO _x	NO _x	ばいじん	使用量	CO ₂	SO _x	NO _x	ばいじん
	単位	kg	kg	g	g	g	kg	kg	g	g	g
資材調達	普通ポルトランドセメント	35.2	26.40	5.46	59.14	2.11	51	38.25	7.91	85.68	3.06
	砂利・砂	35.2	0.27	0.52	0.24	1.40	124	0.93	1.84	0.84	4.95
	砂利・砂(人工骨材)	0					77	18.02	18.71	6.97	726.88
	耐アルカリ性ガラス繊維	4.2	7.77	3.89	2.88	0.27	0				
	水	11.3					24				
	鉄筋, 埋込金物など金属類	4.1	7.30	28.7	9.47	60.68	18.2	32.40	127.6	42.04	269.36
製造	電力 (KWH)	12.4	5.18	4.63	3.15	0.19	9.56	4.05	3.54	2.50	0.15
養生	重油(L)	0.45	1.37	0.81	3.02	0.37	1.47	4.48	2.65	9.85	1.22
	電力(KWH)	0.67	0.28	0.25	0.17	0.01	2.16	0.92	0.80	0.56	0.03
輸送	軽油(L)	1.29	3.53	1.81	3.74	0.05	4.2	11.51	5.88	12.18	0.17
	合計		52.1	46.1	81.8	65.1		110.6	168.9	160.6	1005.8

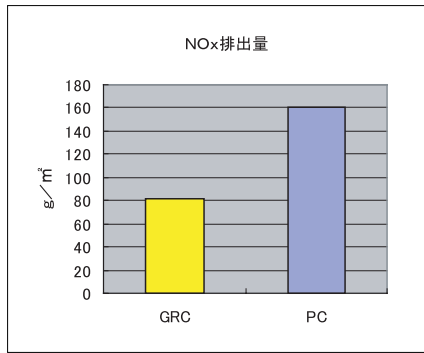
この計算結果を、インベントリー分析として、CO₂・NO_x・SO_x・ばいじんの排出量をそれぞれグラフ1～4に示す。



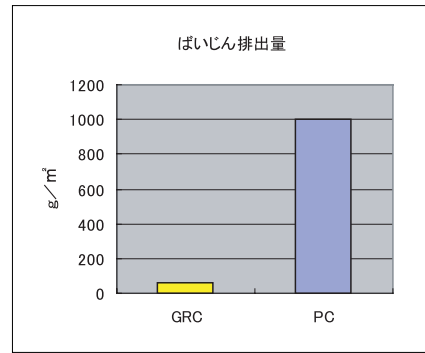
グラフー1



グラフー2



グラフー 3

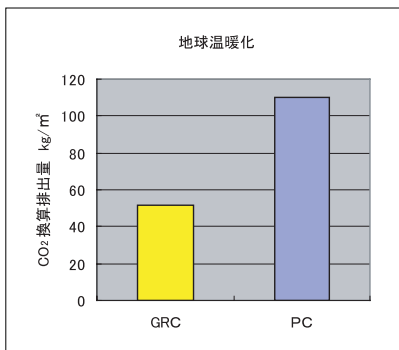


グラフー 4

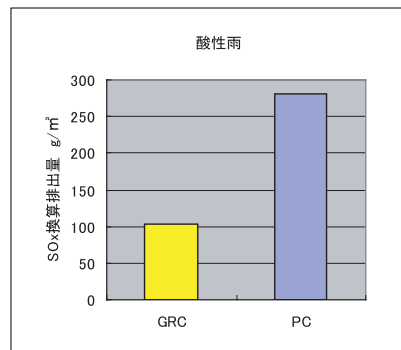
次に上記の結果を基に、地球温暖化、酸性雨、大気汚染の3項目に付きインパクト分析を行うと、

- (1) 地球温暖化の要因は
 $CO_2 \times 1$
 で計算され、 CO_2 換算排出量をグラフ 5 に示す。
- (2) 酸性雨の要因は、
 $SO_x \times 1 + NO_x \times 0.7$
 で計算され、 SO_x 換算排出量をグラフ 6 に示す。
- (3) 大気汚染の要因は、
 $SO_x \times 1 + NO_x \times 1.4 + \text{ばいじん} \times 1.09$
 で計算され、 SO_x 換算排出量をグラフ 7 に示す

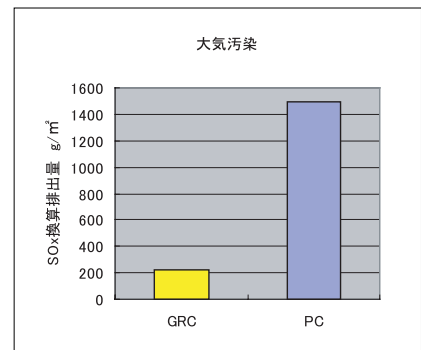
以上、いずれもGRCが優れ環境に優しい材料であるといえる。



グラフー 5



グラフー 6



グラフー 7

おわりに

ここで計算に入れていない、産業廃棄物の問題についても日本GRC工業会全体で取り組んでいます。GRCの原料は基本的にはコンクリートと同じ、セメントと骨材（砂）それにガラス繊維ですが、ガラス繊維の成分はSiO₂が主で砂と同じ成分なので、産廃やりサイクルの考え方もコンクリートと同様と考えています。現在ではコスト面から、粉碎しコンクリートの添加材料にする方法くらいしか応用されていませんが、他の用途への応用など鋭意研究中であります。また、廃棄についても特に毒性や特定指定物質ではないので、一般のコンクリートと同様の考え方であります。

環境負荷低減、環境保護、エコ材料などが大きく取り上げられる現代になって、**GRCは環境に優しい建材**の典型的なものといえるのではないかと考えられます。