

プロジェクト1

複合材料大型構造物のLCAに関する研究

伊 藤 邦 夫 （管理工学科）

1 はじめに

構造物、製品の設計においては、環境負荷の低減のために長期使用を前提としなければならない。環境負荷の低減のためには、さらに、製品の設計時にそれらの環境生涯評価（LCA）を行いつつ設計を進めることが必要である。

本研究では、繊維強化プラスチック製の薬品貯蔵タンクと浄化槽を例として LCA によって設計が製品の環境に及ぼす影響を評価した。

2 方法

LCA の手法¹⁾は ISO14040 に準拠した。ライフサイクルのステージは製造、使用、廃棄の3段階とし、廃棄方法は全て埋め立てとした。環境負荷項目としては、エネルギー消費量・大気汚染物質（CO₂, SO_x, NO_x）を対象とした。影響評価には、日本版影響評価手法²⁾を使用して、影響カテゴリとしては、温室効果ガス、酸性化寄与物質、資源消費（石炭、原油、天然ガス）を考慮した。

3 結果

3.1 インベントリ分析

化学薬品貯蔵タンクは寿命 10 年、容量 70m³の直立タンクである。JIS 規格に従った従来型（タンク A）と新設計により壁を薄くした軽量型（タンク B）を比較した。

汚水浄化槽の機能単位は、対象人数 100 人、BOD 流出量 20mg/l 以下、寿命 30 年とした。旧建設省告示による従来型製品（浄化槽 A）、新設計の軽量型製品（浄化槽 B）、対象人数 5 人の小型の製品（浄化槽 C）である。浄化槽 C はインベントリデータを 20 倍することにより浄化槽 A, B と比較した。

入出力物のコードを表 1 に示す。メーカーから提供された製品 1 台当たりの数値を表 2 に示す。入出力物の単位量から発生する環境負荷項目の量を表 3 に示す。表 3 の細字で示された値は、（社）日本航空宇宙工業会³⁾のデータを影山⁴⁾が修正・追加したものである。太字のデータは、産業連関表法⁵⁾で求めた値を近似値として採用ものである。用いた近似項目を表 4 に示す。

表 1 入出力物コード

段階	項目	入出力物質	単位	コード 番号
製造	ガラス繊維	ダイレクトロービング	kg	G1
		合糸ロービング	kg	G2
		チョップドストランド	kg	G3
		マット	kg	G4
製造	樹脂	ロービングクロス	kg	G4
		不飽和ポリエステル樹脂(UP)	kg	R1
	副資材	ビニルエステル樹脂	kg	R2
		メチルエチルケトン	kg	S1
		ナフテン酸コバルト	kg	S2
		FRP(蓋)	kg	S3
		マイラーフィルム	kg	S4
		鋼	kg	S5
		炭酸カルシウム	kg	S6
		硬質塩化ビニル	kg	S7
		ポリプロピレン	kg	S8
		t-Butyl peroxybenzoate	kg	S9
	洗浄剤	アセトン	kg	C1
	電力(1次工程)	電力(加重平均)	kwh	E1
	燃料	A重油	l	F1
		LPG	l	F2
	電力(2次工程)	電力(加重平均)	kwh	E2
使用	電力	電力(加重平均)	kwh	E3
	污泥処分費		万円	D1
	保守点検費	付属機器交換	万円	M1
		メンテナンス費用	万円	M2
廃棄	製品材料	点検費用	万円	M3
		全て埋め立て	kg	D2

表2 入出力物の量

コード 番号	タンク A	タンク B	浄化槽 A	浄化槽 B	浄化槽 C
G1	1130	875	570	290	9
G2	695	515			
G3	140	130	60	45	
G4	80	70			
R1	1110	880	1100	630	18
R2	300	300			
S1	14	12	14	7.5	
S2	7	6			
S3	129	129			
S4	5.32	5.32			
S5			1100	465	
S6			610	310	
S7			167	65	16
S8				220	69
S9					1
C1	1	1	100	100	1
E1	5800	4700	710	680	17.5
F1					6.23
F2					2.12
E2			2000	2000	9.5
E3			205000	267000	13140
D1			1700	3420	67
M1			165	224	15
M2			18	27	9
M3			720	1440	180
D2	3445	2760	3600	1960	200

表2と表3から求めた環境負荷項目の量を図1および図2に示す。

タンクの場合にはタンクAの値を1とする、浄化槽の場合は浄化槽Aの値を1とする相対値で示してある。棒の中の区分はライフステージのそれぞれからの寄与を示している。廃棄からの寄与は、埋め立てとしたので、実際上ゼロである。浄化槽の使用ステージはさらに保守点検、汚泥処分、電力のサブステージ(表1参照)に分けて示してある。

3.2 影響分析

日本版影響評価手法⁶⁾によって求められた温室効果ガスと酸性化寄与物質の1kg当たりの影響量(円)を表5に示す。

表3の環境負荷項目と表5の分子式の対応は次のように付けた。CO2については表5の温室効果ガスの値を、SOxについては表5の酸性化物質のSO2の値を取った。NOxについては、

表5の酸性化物質のNOとNO2の値の平均に温室効果ガスのN2Oの値を加えた値を取った。このようにして求めた値を表6に示す。

表3のエネルギーについては、日本の1次エネルギー構成に占める割合とそれぞれの発熱量からエネルギー消費による石炭、原油、天然ガスの資源消費量を求めて、日本版影響評価手法⁶⁾における資源消費に基づく統合化係数を適用した(表7参照)。

表3 環境負荷原単位

コード 番号	工程エネルギー (MJ)	CO2 (kg)	SOx (kg)	NOx (kg)
G1	29.91	2.06	0.0025	0.0142
G2	30.05	2.05	0.0024	0.0137
G3	42.03	2.81	0.0034	0.0176
G4	35.06	2.36	0.0028	0.0147
R1	62.79	5.00	0.0063	0.0187
R2	34.85	2.38	0.0030	0.0024
S1	0.99	3.18	0.0000	0.0069
S2	157.06	10.30	0.0140	0.0100
S3	46.65	2.94	0.0042	0.0033
S4	62.79	5.00	0.0063	0.0187
S5	23.52	1.35	0.0000	0.0000
S6	1.24	0.09	0.0001	0.0000
S7	20.22	1.25	0.0018	0.0014
S8	24.39	2.00	0.0032	0.0090
S9	285.57	18.73	0.0254	0.0182
C1	24.22	1.83	0.0027	0.0071
E1	9.46	0.45	0.0004	0.0004
F1	42.30	2.89	0.0034	0.0062
F2	54.20	3.20	0.0015	0.0011
E2	9.46	0.45	0.0004	0.0004
E3	9.46	0.45	0.0004	0.0004
D1	180.07	42.12	0.0471	0.0149
M1	518.22	41.34	0.0532	0.0360
M2	485.79	37.92	0.0527	0.0338
M3	268.10	18.22	0.0312	0.0160
D2	0.03	0.00	0.0000	0.0000

表4 負荷原単位の入出力物近似項目

コード番号	産業連関表項目名
R2	熱硬化性樹脂
S2	その他の有機化学工業製品
S3	プラスチック製品
S6	その他の窯業・土石製品
S7	熱可塑性樹脂
S9	その他の有機化学工業製品
D1	廃棄物処理(産業)
M1	ポンプ及び圧縮機
M2	その他の一般機械器具及び部品
M3	機械修理

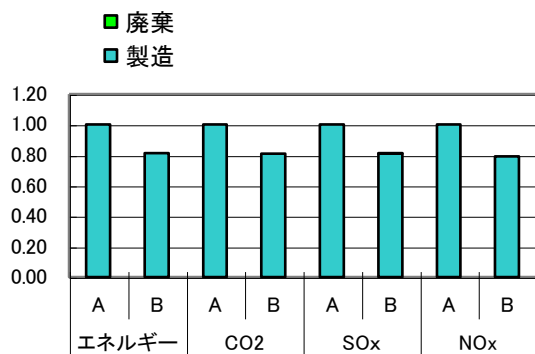


図1 薬品貯蔵タンクのステージごとのインベントリデータ（タンク A 基準）

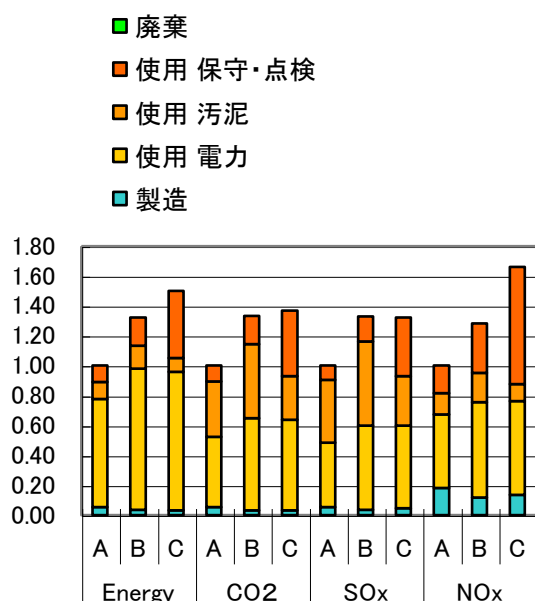


図2 汚水浄化槽のステージごとのインベントリデータ（浄化槽 A 基準）

環境負荷項目の量に上述した統合化係数を乗じて求めた統合化結果を図1および図2に対応させて図3および図4に示す。

4 考察

使用段階における環境負荷が無い薬品貯蔵タンクでは、設計基準の変更による軽量化の効果は明瞭で、製品の重量比 1.00 : 0.80 と環境影響の統合化結果の比 1.00 : 0.80 は等しい。

浄化槽の場合でも、従来型 A とコンパクト型 B の製造段階での統合化結果の比は 1.00 : 0.

表5 影響評価のための統合化係数

	分子式	Ver2(1/kg)
温室効果ガス	CO2	9.42E-01
	N2O	2.79E+02
酸性化寄与物質	SO2	3.47E+01
	NO	3.81E+01
	NO2	2.48E+01

表6 影響評価に用いられたガスの統合化係数

	Ver.2
CO ₂	9.42E-01
SOx	3.47E+01
NOx	3.10E+02

表7 資源消費の統合化係数

	エネルギー 構成割合(%)	発熱量 (MJ/kg)	Version 2 (1/kg)
石炭	17.4	26.60	1.22
原油	52.0	42.44	2.06
天然ガス	12.7	76.74	2.02

65 であり、製品重量比 1.00 : 0.54 にほぼ等しい。

しかし、浄化槽の場合には使用段階で発生する負荷が全環境影響の 90%以上を占めるのに加えて、コンパクト化すると、槽の内部構造が複雑になることに対応して、処理水循環ポンプの電力消費と発生汚泥の増加が起こる。全生涯での統合化結果の比は 1.00 : 1.32 となり、コンパクト型 B の方が従来型 A よりも結果的に環境影響が大きいということになる。ただし、この結論は使用段階の評価の確かさに大きく影響される。

また、コンパクト型 B の設置土地面積が小さく、設置工事も少ないというメリットは今回の LCA では考慮されていない。

100 人用従来型 A と 5 人用小型 C を比較するならば、環境影響においてもスケールメリット

が認められる。

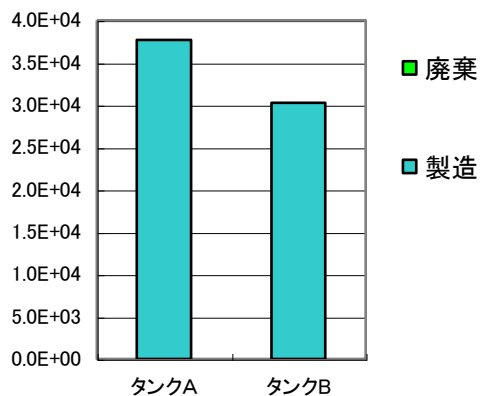


図3 薬品貯蔵タンクの統合化結果(Ver. 2)

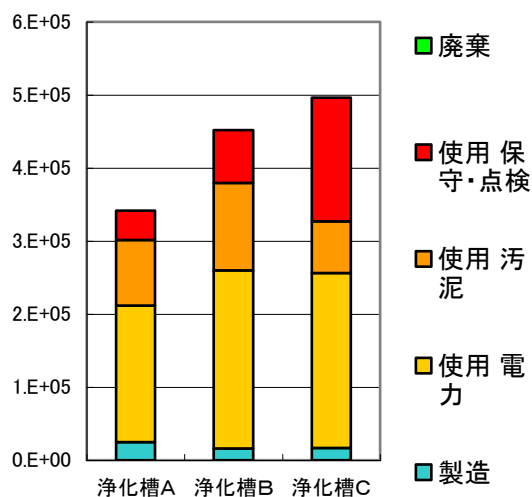


図4 浄化槽の統合化結果(Ver. 2)

5 まとめ

繊維強化プラスチック製タンクについて、設計が製品の環境に及ぼす影響を ISO14040 に準拠しつつ日本版影響評価手法によって評価した。

この結果は、以下にのような一般的傾向の具体的な例であると考えられる。

- 1) 薬品貯蔵タンクのように使用段階の環境負荷がない場合には、製品の重量が環境影響を直接支配する。
- 2) 汚水浄化槽のように使用段階が環境負荷の主要部分となる場合には、製品の重量よりはむしろ消費電力などの運転保守によって発生する負荷が環境影響にとって支配的となる。

なお、本研究は邊 吾一教授（機械工学科）との共同研究⁷⁾である。データを提供してくださったメーカーおよび計算を行った宅間 早苗氏（生産工学研究科博士前期課程）に感謝します。

参考文献

- 1) 石川雅紀：「実践 LCA－ISO14040 対応」，サイエンスフォーラム，（1999）
- 2) LCA プロジェクト成果報告書（2003）
<http://www.tech.nedo.go.jp/> 成果報告書データベース NEDO 報告書バーコード番号 100000881
- 3) 日本航空宇宙工業会，「複合材料のインベントリーデータ構築に関する調査報告書」，（1999）
- 4) 影山和郎，「複合材料のLCA事例と解析ソフト」，東京大学工学系研究科 環境海洋工学専攻，（2001）
- 5) 南齋規介，森口祐一，東野達，「産業連関表による環境負荷原単位データベース(3EID)-LCA のインベントリーデータとして-」，（2002）
独立行政法人 国立環境研究所
<http://www-cger.nies.go.jp/cger-j/db/d031/3eid.html>
- 6) LCA 日本フォーラム
<http://www.jemai.or.jp/lcaforum/index.cfm>
JLCA-LCA database 2004Fy 2nd Edition
- 7) Kunio Ito and Goichi Ben, “Influence of Design Specification on LCA of Large Structures Made of GFRP”, Proc. of The Sixth International Conference on EcoBalance, (2004), p. 271-272