

# プロジェクト1

## ライフサイクルアセスメントにおける寿命の扱い

— 繊維強化複合材料のLCAデータ調査 —

伊藤 邦夫 (管理工学科)

### 1 はじめに

工業製品について、その設計の段階から、製品がもたらす製造—使用—廃棄の全生涯にわたる環境への影響を評価することが必要とされるようになってきている。本報告は、ガラス繊維強化複合材料(GFRP)について、LCAデータの現状を調査したものである。

### 2 LCAの流れ

LCAはインベントリ分析とインパクト分析の2段階で行われる。インベントリ分析では、製品のライフサイクルステージごとの自然界からの投入物(基本インプット)と自然界への放出物(基本アウトプット)を積算して、一生の間の基本インプット・アウトプットの和を求める。

各ステージでのインベントリ分析では、ステージをさらにサブプロセスに分けて各プロセスごとに、前プロセスからの投入物(経済物)とそのプロセスにおける基本インプット・アウトプットおよび次のプロセスへの産出物(経済物)を求めてゆく。

計算の原理においては、プロセス(図1)の解析により経済物ベクトル(( $\alpha$ ), 表1), 経済物収支特性行列(( $A$ ), 表1)および環境負荷項目特性行列(( $B$ ), 表1)を決めて、環境負荷ベクトル(( $\beta$ ), 表1)を式(1), (2)から求める。

$$(P) = (A)^{-1}(\alpha) \quad (1) \quad (\beta) = (B)(P) \quad (2)$$

$$(\alpha) = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \dots \\ \alpha_j \\ \dots \\ \alpha_r \end{pmatrix} \quad (A) = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1i} & \dots & a_{1q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{j1} & \dots & a_{ji} & \dots & a_{jq} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{r1} & \dots & a_{ri} & \dots & a_{rq} \end{pmatrix}$$

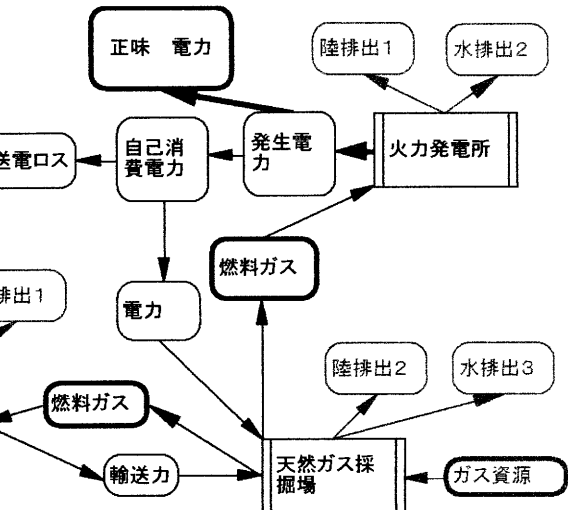


図1 電力を生産するプロセスの模式図

表1 模式図に対応するパラメータ

		i = 1, q			核プロセス
		q=3	ガス採掘場	輸送工場	
		$P_1$	$P_2$	$P_3$	
j = 1, r r=3	燃料ガス	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$\alpha_1$
	輸送力	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$\alpha_2$
	電力	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$\alpha_3$
k = 1, s s=6	ガス資源	$b_{11}$	$b_{12}$	$b_{13}$	$\beta_1$
	気排出1	$b_{21}$	$b_{22}$	$b_{23}$	$\beta_2$
	水排出2	$b_{31}$	$b_{32}$	$b_{33}$	$\beta_3$
	水排出3	$b_{41}$	$b_{42}$	$b_{43}$	$\beta_4$
	陸排出1	$b_{51}$	$b_{52}$	$b_{53}$	$\beta_5$
	陸排出2	$b_{61}$	$b_{62}$	$b_{63}$	$\beta_6$

$$(\beta) = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \dots \\ \beta_k \\ \dots \\ \beta_s \end{pmatrix} \quad (B) = \begin{pmatrix} b_{11} & \dots & b_{1i} & \dots & b_{1q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{k1} & \dots & b_{ki} & \dots & b_{kq} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{s1} & \dots & b_{si} & \dots & b_{sq} \end{pmatrix}$$

インパクト分析では、基本インプット・アウトプットの和の環境に及ぼす影響を評価する。影響

については(表2), まず領域を考えて、環境負荷項目, すなわち、影響評価の対象物質の領域ごとの働きを数値化する。この数値化は、原理的には

科学的知見に基づく。どの領域を重視するかは人々の合意に依存する。

### 3 入手可能なデータ

インベントリデータに関しては、影山<sup>1)</sup>は、GFRPの構造物について、ライフサイクルを、製造—使用—廃棄の3ステージに分けた。製造ステージは、ガラス繊維・樹脂を製造するプロセス、製品を成形プロセスに分けられる(表3)。中間基材は、繊維と樹脂および(この表では省略されている)副資材を使って中間素材を製造するプロセスを表す。表3に例として示す産出物を単位量(1kg)産出するプロセスでの基本アウトプットとしてのCO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>の量、およびそのプロセスへの経済物インプットとしての電力、蒸気、燃料の値の報告はある<sup>1), 2)</sup>。すなわち、表1の列ごとのデータは、この範囲で入手できる。電力、蒸気、燃料の基本インプット・アウトプットは別のデータ<sup>1), 3), 4)</sup>から求めることになる。

インパクトデータについて、伊坪達のグループ<sup>5)</sup>は、影響領域の相対的重み付けのために保護対象という概念を導入している(表2)。各影響領域の変化の予想に基づいて、将来の変化のシナリオを保護対象ごとに作成、複数のシナリオを人々がどの順で受け入れるかを世論調査して、影響領域の重みを決定した。1つの対象物質については、関連する複数の領域を通じての影響の和がその物資のインパクトということになる。表2に例を示すような物質について、インパクトの値が公表されている<sup>5)</sup>。

### 4 まとめ

ガラス繊維強化複合材料の製品について、限界はあるもののインベントリデータおよびインパクトデータは入手可能である。

今後は、具体的な製品のライフサイクルをシナリオ化して、すなわち、表1にどのような列を設定するかを決めて、LCAを実行して、製品間の違いを数値化する。

### 5 参考文献

- 1) 影山和郎, 複合材料のLCA事例と解析ソフト, (2001.01)
- 2) (社)日本航空宇宙工業会, 複合材料のインベントリデータ構築に関する調査報告書, (1999.07)
- 3) (独)国立環境研究所 産業連関表による環境負荷原単位データブック, (2002.03)
- 4) (財)電力中央研究所 1995年産業連関表を用いたエネルギーおよび温室効果ガス原単位の推

表2 影響評価における影響領域と保護対象および関連する対象物質の例<sup>5)</sup>

保護対象	影響領域	対象物質の例
人間の健康	地球温暖化	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , HFCs
	オゾン層破壊	HCFC-22, CCl <sub>4</sub>
	光化学オキシダント	NMVOCS
	都市域大気汚染	PM, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>
	有害化学物質(重金属含む)	ヒ素, ベンゼン, TCDD
生物多様性	生態毒性	ヒ素, トリクロロエタン
	土地利用	土地改変面積
	資源消費	石油, アルミ
	廃棄物	総廃棄物量
一次生産	地球温暖化	
	オゾン層破壊	
	酸性化	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub>
	光化学オキシダント	
	土地利用	
	資源消費	
	廃棄物	
社会資産	地球温暖化	
	オゾン層破壊	
	酸性化	
	富栄養化	COD, 全窒素, 全燐
	光化学オキシダント	
	資源消費	
	廃棄物	

表3 GFRPのライフステージにおけるサブプロセスの例<sup>1)</sup>

項目	材料・方法
ガラス繊維	ダイレクトロービング
	合糸ロービング
	チョップドストランドマット
樹脂	不飽和ポリエステル樹脂(UP)
	エポキシ樹脂(EP)
	フェノール樹脂(PF)
中間基材	ガラス繊維ダイレクトプリフォーム
	SMC
成形	ハンドレイアップ法
	スプレイアップ法
廃棄	GFRP
	全て埋め立て

計(2002)

- 5) (独)産業技術総合研究所 LCA手法研究チーム, <http://lcadb.jemai.or.jp/>