

FRP製救命艇のCO₂排出に関するLCI分析

大阪支所 材料研究グループ * 櫻井昭男、小野正夫
(株)石原造船所 東 登

1. まえがき

近年、地球環境への関心が高まるにつれ、FRP製品の廃棄やリサイクル性に対する問題がクローズアップされている。救命艇においても主要構造材にFRPを多用していることからその例外ではなく、全ライフサイクルを通じた環境負荷を評価し、改善することが求められている。

本研究ではその手がかりとして、FRP製の救命艇(以下、「救命艇」という。)の製造における環境負荷の概略を把握するために、現在製造が続けられている救命艇の製造の実績値に基づいてインベントリ分析を実施した。

2. 対象救命艇と調査範囲

2.1 対象救命艇

解析の対象とした救命艇は、全長5.4m、25人乗りのもので、全閉囲型救命艇と耐火救命艇である。モデル救命艇の主要目を表-1に示す。また、外観写真を図-1に示す。

表-1 モデル救命艇の主要目

名称	全閉囲型救命艇	耐火救命艇
記号	TR	FR
全長(m)	5.40	5.40
全幅(m)	2.30	2.30
喫水(m)	1.00	1.00
全高(m)	2.94	2.94
フックスパン(m)	4.80	4.80
最大搭乗人員(人)	25	25
船体重量(kg)	1,750	2,055
艀装品重量(kg)	180	180
乗員重量(kg)	1,875	1,875
合計重量(kg)	3,805	4,110



図-1 外観写真

2.2 調査範囲

救命艇のライフサイクルにおける全体プロセスフローと本解析の対象とするシステム境界を図-2に示す。救命艇のライフサイクルにはFRP資材、主機関の部品及び電力、燃料等のエネルギーの生産に加え、救命艇の製造、使用及び解体並びにリサイクル等のステージが含まれる。しかし、本解析では救命

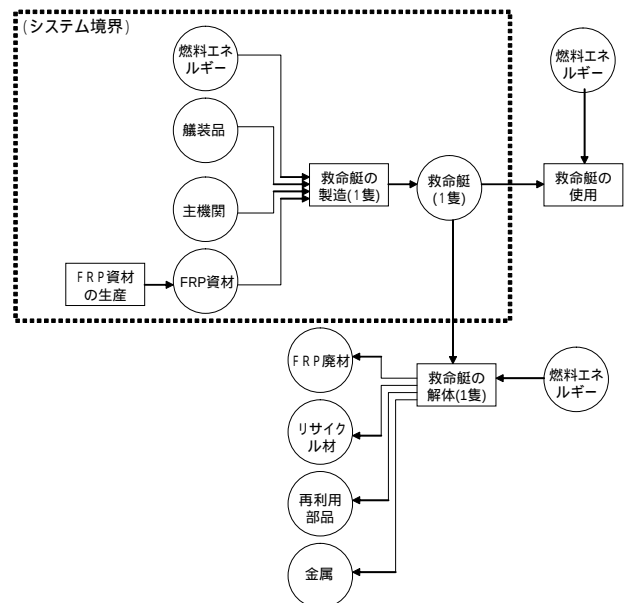


図-2 救命艇のライフサイクルシステムにおける全体プロセスフローとシステム境界

艇の製造のみを解析の対象とし、救命艇の使用、解体及びリサイクルはシステムの対象外とする。また、素材、部品及びエネルギー等の生産に関しては各種文献やデータベースからのインベントリデータを使用し、素材等の生産工程は対象としない。また、廃棄物の焼却等、建造に直接関係しない工程は含まない。

解析の対象とした環境負荷項目はCO₂である。また参考として、石炭、原油、天然ガス、水、原木、鉄鉱石、ガラス原料等の消費資源の消費及びポリスチレンモノマー、固形廃棄物、鉄スクラップ、アルミスクラップ等の排出物を考慮する。

3. 解析手法

3.1 解析手順

解析は、救命艇建造工場(造船所)からの聞き取り調査を元にプロセスフローを作成し、それぞれのプロセスで使用した資源、エネルギー、排出物等のデータを収集し、プロセスフローに沿ってデータを集計する、という手順で行った。

3.2 データの収集

解析に必要な船体、艀装品の重量、素材等の建造データは、建造工場での聞き取り調査結果に基づいて、実際の使用量をデータとして用いた¹⁾。燃料、電力、素材、運搬等に関するプロセスデータは、JEMAI-LCAデータベース²⁾の解析結果を使用し、独自の調査は実施しなかった。主機関及び艀装品等の部品に関するプロセスデータは部品の製造工程の省略及び使用する素材の簡略化を行った。サンディング・トリミング作業及び塗装作業に関しては、使用する機器のカタログ及びそれらの機能等に基づいてプロセスデータを作成した。

3.3 計算手法

計算は後述する救命艇製造のプロ

セスフローに基づいてプロセス行列を作成し、行列法^{3,4)}により解析を実施した。なお、計算処理には表計算ソフト(Microsoft Excel®)を使用した。

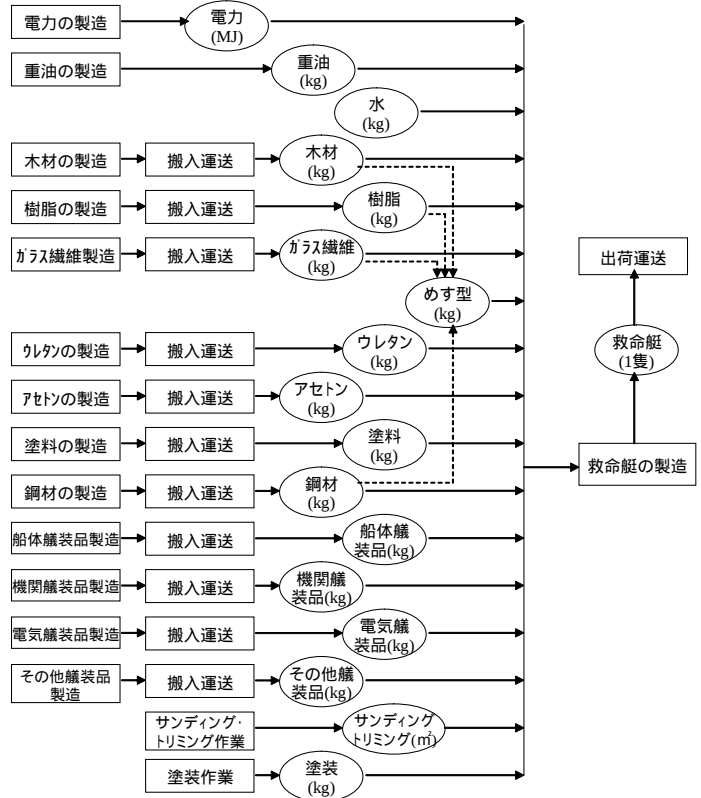


図 - 3 プロセスフロー

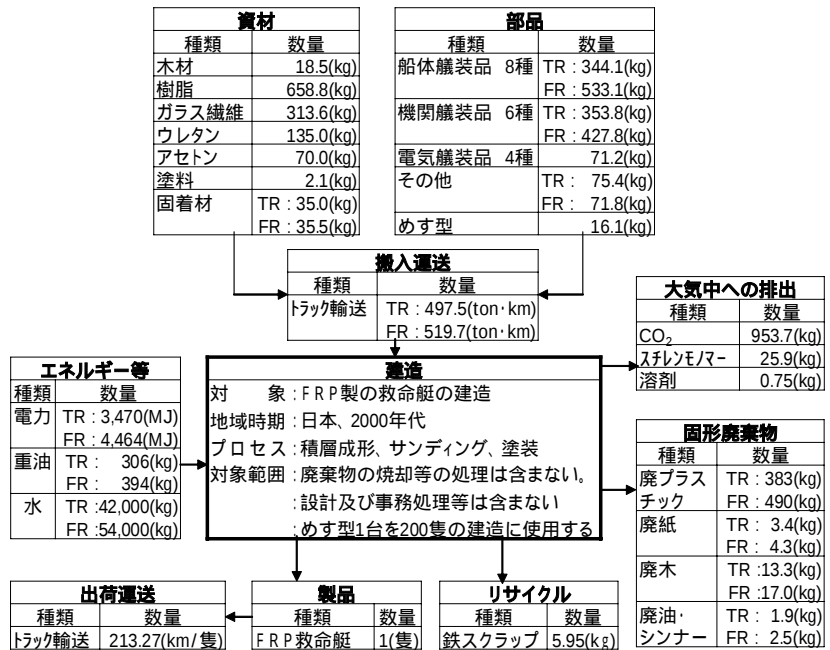


図 - 4 製造時における造船所の入出力データ

4. 解析

4.1 プロセスフロー

本解析で対象とした救命艇の製造工程をもとにしたプロセスフローを図-3に示す。製造段階では、工場への資材の搬入、切断やトリミング等の直接作業、照明や工場内での資材の運搬等の間接作業並びに製造設備または製造機器の使用及びその償却等が含まれる。しかし、本解析ではエネルギー消費と排出の観点から、トリミング、塗装等の直接作業、コンプレッサや照明等工場全体での電力使用、生産設備としての型、架台の使用、及び工場への資材搬入等のトラックの使用をインベントリ分析の対象とし、FRP端材のリサイクル及び廃棄物の処理は含まなかった。

4.2 建造データ

解析に際し、入力データとして使用した造船所の投入電力、素材及び部品の使用量、各種作業の作業量並びに廃棄物の排出量の内訳を図-4に示す。

電力、重油、水は造船所の全使用量を当該船の建造工程数で按分して算出した。樹脂はゲルコート樹脂、一般積層用樹脂のいずれも同一のポリエステル樹脂とみなした。ガラス繊維はガラスマット、ローピングクロス、ガラスローピングのいずれも同一のガラス繊維と見なした。積層に使用されるめす型は200回の積層で償却する事とし、1回の製造には型重量の0.5%を使用するものとして計算した。

リサイクル資源としては、めす型に使用される鋼材が鉄スクラップとして排出される。また、大気中へは工場で使用した重油の燃焼によりCO₂が排出される。樹脂の硬化の過程では樹脂中に溶解しているスチレンモノマーが排出される。

4.3 製造インベントリデータ

(1) 素材、エネルギー

樹脂やガラス繊維等の素材、電力、燃料及び各種の部品の製造に関するプロセスデータは、原材料の採掘から製造までのすべてのプロセスを含む製造インベントリデータとして処理し、JEMAI-LCAデータベース²⁾の解析結

果を使用した。なお、それぞれの解析においては、本報告で対象とする資源、CO₂等排出物及び固形廃棄物のデータのみを計算し、他の消費資源や排出物等は省略した。

(2) 部品

艀装品やめす型の製造について直接のインベントリデータはない。一般に部品の製造では、部品に使用される素材の製造段階でのエネルギー使用量が大きく、部品の組み立て段階でのエネルギー消費量は比較的少ないと考えられる。そのため、本解析においては船体艀装品等の部品の製造インベントリデータは製造工程を省略し、構成する素材の種類を簡略化してプロセスデータとすることとした。

(3) 作業プロセス

解析に使用した作業プロセスは、サンディング・トリミング、塗装及び運送である。

サンディング・トリミングは全て電気サンダーで行うと仮定した。500Wの電気サンダーにより5分間で1m²の広さを0.5mmの深さでサンディングでき、このときに生じる研磨粉(固形廃棄物)は比重1.5として750g発生するものとして、プロセスデータを作成した。

塗装作業はローラー塗りとし、付着量は使用量の95%とした。塗装で使用する塗料はすべてエポキシ樹脂と単純化して考えた。付着しなかった塗料は固

表-2 環境的入出力

区分	名称	単位	入出力量	
			T R 艇	F R 艇
環境からの 入力	石炭	(kg)	-524.805	-690.843
	原油	(kg)	-1800.64	-1939.2
	天然ガス	(kg)	-98.9556	-114.135
	水	(kg)	-282894	-300676
	原木	(kg)	-23.1415	-23.2024
	鉄鉱石	(kg)	-402.164	-554.897
	ガラス原料	(kg)	-395.274	-395.845
	ボーキサイト	(kg)	-10.2856	-10.3696
金属 スクラップ	鉄スクラップ	(kg)	-207.492	-288.891
	アルミスクラップ	(kg)	-2.32783	-2.34683
環境への 排出	CO ₂	(kg)	6198.788	7131.608
	スチレンモノマー	(kg)	26.5952	26.5952
	固形廃棄物	(kg)	775.9356	975.6311

形廃棄物とした。以上のデータをもとに、塗装作業のプロセスデータを作成した。

救命艇建造のための資材、部品等の搬入輸送のインベントリデータとして、他品種少量輸送が主であるため、JEMAI-LCAの「Truck diesel 4t」(4トン車)の解析結果を使用した。また、製造した救命艇は10トン車で輸送するため、出荷輸送のインベントリデータにはJEMAI-LCAの「Truck diesel 10t」(10トン車)の解析結果を使用した。

4.4 インベントリ分析結果

プロセスフロー、プロセスデータ及び素材等の製造インベントリデータに基づいて作成した救命艇(TR艇及びFR艇)の製造に関するプロセス行列の経済的入出力部の逆行列から求めたプロセス量行列のうち、環境的入出力を表-2に示す。

救命艇の建造に関するCO₂排出量はTR艇が6,199(kg)、FR艇が7,132(kg)であった。CO₂排出量のプロセス毎の内訳を図-5に示す。TR艇では、ガラス繊維の生産に係わるCO₂排出量が全体の約30(%)、工場での建造作業(重油の燃焼)と電力の製造が約15(%)、鋼材及び樹脂の製造が約14(%)を占めた。またFR艇では、ガラス繊維の生産に係わるCO₂排出量が全体の約26(%)、工場での建造作業(重油の燃焼)と電力及び鋼材の製造が16～17(%)、樹脂の製造が約11(%)を占めた。なお、部品の製造プロセスを素材の重量のみ考慮したため、CO₂排出は主として電力の製造等のエネルギー及び素材の製造に関するプロセスから排出される結果となっている。

5. まとめ

本解析では、FRP製救命艇の建造の実績に基づい

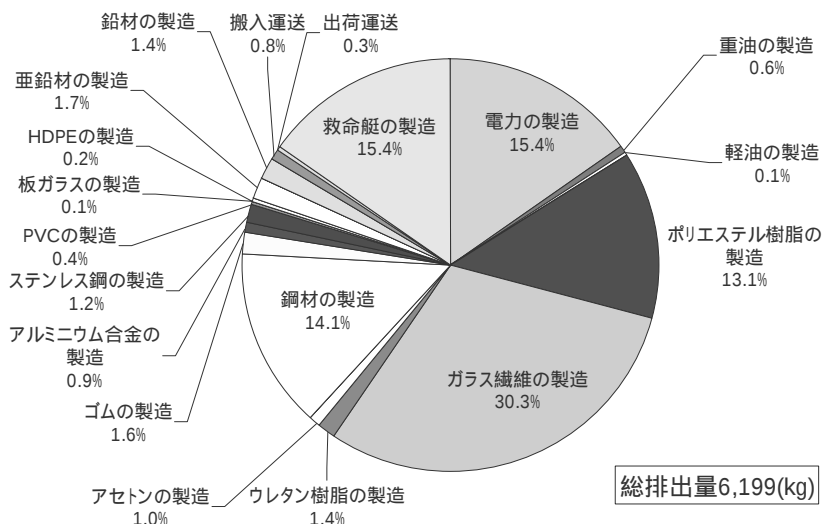


図 - 5(a) CO₂ 排出内訳 (TR艇)

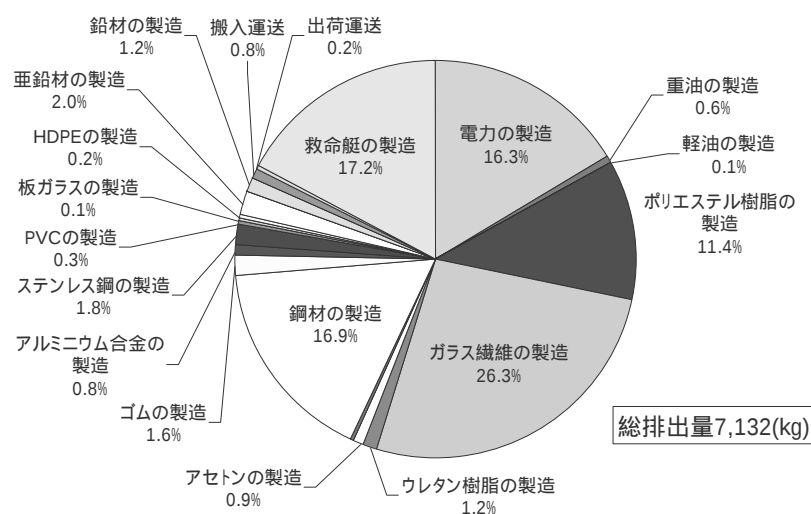


図 - 5(b) CO₂ 排出内訳 (FR艇)

てインベントリ分析を実施し、CO₂排出量とその内訳をプロセス単位で明らかにした。得られたデータをもとに、引き続き、インパクト評価等を実施し、環境負荷低減のための製造工程管理と効果的なリサイクル法について提案に繋げたい。

参考文献

- 1) (社)産業環境管理協会
- 2) NEC LCAサポートデータベース、データ提供：(社)産業環境管理協会
- 3) 戦略LCA研究フォーラム、LCA製品の環境ライフサイクルアセスメント、1995年11月、第1版第2刷、p178
- 4) R.Heijungs, etc, Environmental Life Cycle Assessment of Products-Guide & Backgrounds, October 1992、ISBN90-5191-064-9