

船舶へのLCAの適用研究

---産業連関表に基づく造船の関連産業の影響分析---

環境・エネルギー研究領域 環境影響評価研究GR * 福元正明、亀山道弘、平岡克英

1. まえがき

図1は船舶のライフサイクルとして、資源採取から建造、運航、解体・リサイクルまでの工程の流れを表したものである。

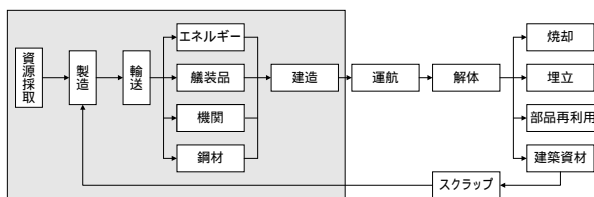


図1 船舶のライフサイクル

建造工程の実態として、主機や艦装品、ボルトナットなどの小物部品などは、造船所以外の多くの産業部門が製造したものを購入し造船所で据え付けることが多いし、船殻の大部分を占める鉄板は製鉄所から購入している。このことから船舶建造における環境負荷を考えると、造船部門だけでなく多くの関連産業部門との関わりについての全体像を把握しておくことは意義がある。図1の網掛け部分は建造工程の環境負荷を検討するとき対象とする範囲をイメージ的に表したものである。

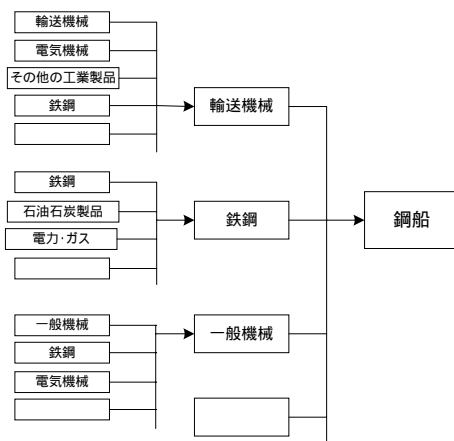


図2 鋼船と他産業との関係

産業連関表に基づいて鋼船部門と関連産業部門との影響分析を試みた。鋼船を建造するために図

2のように輸送機械、鉄鋼、一般機械、・・・が直接投入され、その輸送機械には、輸送機械、電気機械、・・・が二次的に投入されている。直接投入のときの投入額は幾らになるか、これらの投入が次々に波及した結果、究極的に排出されるCO₂は幾らになるかを分析する。

2. 使用データソースと分析範囲

(1) 使用データソース

平成7年産業連関表（そのうち、取引基本表、部門分類コード表を使用する）

「産業連関表によるエネルギー・二酸化炭素排出原単位'95(β版)」(以下において、環境研データベースと略称)

造船造機月報(平成7年12月分)

(2) 産業分類について

平成7年版の取引基本表は行519部門×列403部門の表である。船舶関係の分類は表1のように、輸送機械の中の船舶・同修理の分野として4部門、運輸の中の水運の分野として3部門に分類されている。環境研データベースは行も列も399部門に揃えてあるが、取引基本表の列403部門の一部を集約したもので、船舶関係の分類は同一である。造船造機月報には、その他の船舶、船用内燃機関、船舶修理、及び運輸の部門の報告はないが、鋼船の建造実績は収録されているので鋼船部門については産業連関表との対応付けができる。

表1 産業連関表の部門分類(船舶関係)

大分類	中分類	小分類	基本分類
輸送機械	船舶・同修理	船舶・同修理	鋼船
			その他の船舶
			船用内燃機関
運輸	水運	外洋輸送	外洋輸送
		沿海・内水運送	沿海・内水運送
		港湾輸送	港湾輸送

(部門数) 32行×32列 93行×93列 106行×106列 519行×403列

(3) 分析の範囲

取引基本表からは関連部門からの投入額ベースの影響を分析し、環境研データベースからはCO₂排出量について分析する。これらの分析結果を鋼船建造量の単位（総トン数）に換算するために造船造機月報を用いる。

環境研データベースは逆行列を提供しているので、鋼船建造のために関連部門で究極的にCO₂をどれだけ排出するかを分析する。産業連関表は、取引基本表に対応する逆行列を提供していないので投入額ベースの分析は行わない。

3．分析結果（投入額ベース）

産業連関表から得られる船舶・同修理部門の国内生産額は表2のように2.18兆円で、産業部門全体の0.23%を占める。鋼船は国内生産額1.29兆円、産業部門全体の0.14%を占める。

表2 船舶・同修理部門の国内生産額

単位	100万円	%
基本分類	国内生産額	全産業部門における割合
鋼船	1,292,067	0.138
その他の船舶	79,942	0.008
船用内燃機関	503,098	0.054
船舶修理	305,995	0.033
(船舶・同修理部門計)	2,181,102	0.233
(全産業部門計)	937,100,631	100.000

鋼船部門の国内生産額の内訳は、産業部門全体からの投入額が0.90兆円、鋼船部門で獲得した粗付加価値が0.392兆円である。産業部門全体からの投入額0.90兆円の内訳を、産業部門（大分類）毎に投入額の大きい順に表したものが図3である。

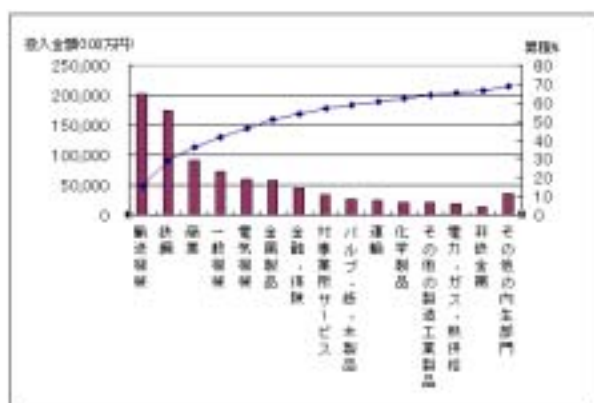


図3 各部門からの直接投入額

投入額が1位の輸送機械部門と2位の鉄鋼部門の内

訳（基本分類）を表3に示す。

表3 輸送機械部門と鉄鋼部門の詳細

大分類	基本分類	投入金額(100万円)	割合%
輸送機械	船用内燃機関	198,699	15.36
	その他の船舶	3,899	0.27
鉄鋼	熱間圧延鋼材	97,243	7.53
	鉄鋼シェース/リット素	42,512	3.29
	冷間圧延鋼材	14,779	1.14
	鋼管	9,976	0.77
	鉄鋼屑	5,798	0.45
	その他の鉄鋼製品	9,264	0.72

1位の輸送機械部門では船用内燃機関部門の投入額が最も大きい。鉄鋼部門では熱間圧延鋼材の投入額が最も大きい。

4．分析結果（CO₂ベース）

環境研データベースによると国内全体で排出するCO₂の88%を産業部門全体が占め、12%を家計消費支出が占める。産業部門全体のCO₂排出量のうち船舶・同修理部門で直接排出される割合は0.022%を占め、鋼船部門で直接排出される割合は0.009%を占める。（表4を参照のこと）

表4 船舶・同修理部門から直接排出されるCO₂とその割合

単位	t-CO ₂	%	%
基本分類	排出量	国内全体における割合	全産業部門における割合
鋼船	26,138	0.008	0.008
その他の船舶	2,346	0.001	0.001
船用内燃機関	32,555	0.010	0.011
船舶修理	4,539	0.001	0.002
(船舶・同修理部門計)	65,578	0.020	0.022
全産業部門	294,542,437	87.957	100.000
家計消費支出	40,329,479	12.043	
国内全体	334,871,916	100.000	

産業部門全体からの鋼船部門への平成7年中の投入額は、前述の表2のとおり0.90兆円であったが、その投入額に見合う生産を行うため産業部門が二次的に排出したCO₂の量を図4に示す。排出量1位は電力・ガス・熱供給部門で、2位は鉄鋼部門であった。

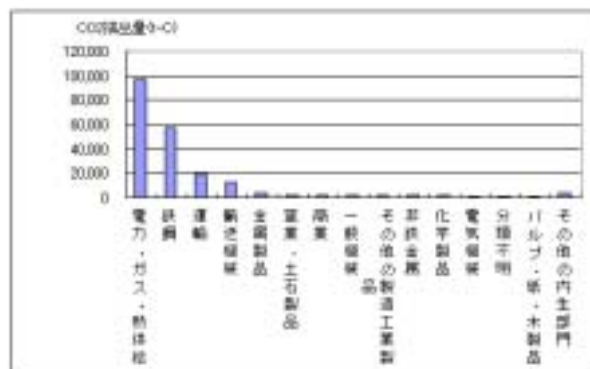


図4 各部門が二次的に排出するCO₂量

環境研データベースが提供する逆行列を用いて、平成7年分の鋼船建造のために、関連部門が波及効果を含めて究極的にCO₂をどれだけ排出したかを推定した。全産業部門で167万t-C、排出量1位は鉄鋼部門で98万t-C（全産業部門における割合58.9%）、2位は電力・ガス・熱供給部門で37万t-C（21.9%）である。鋼船部門は、4位の輸送機械の一部門として2.6万t-C（1.6%）を排出した。なお、鋼船部門と関連の深い船用内燃機関部門は1.6万t-C（0.96%）を排出し、両方で輸送機械部門の大部分を占める。部門(大分類)毎の排出量のパレート図を図5に、部門毎の内訳（基本分類）を表5に示す。

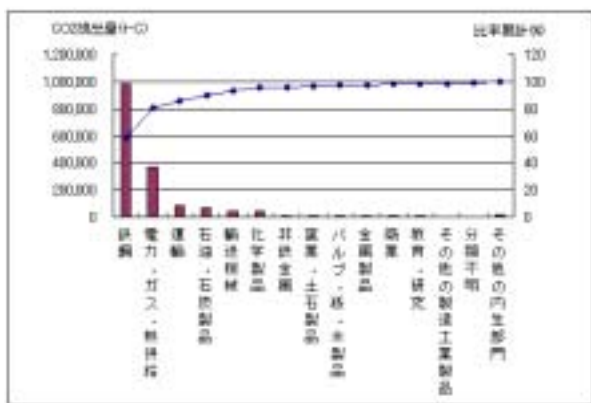


図5 波及効果を考慮したときの究極のCO₂排出量

表5 CO₂排出量の詳細（基本分類毎）

大分類	基本分類	CO ₂ 排出量(t-C)	比率%
鉄鋼(1位)	鉄鉄	798,630	47.48
	フェロアロイ	60,276	3.61
	鋼鉄品及び鍛造品(鉄)	50,720	3.03
	熱間圧延鋼材	41,704	2.5
	その他の鉄鋼製品の合計	47,629	2.85
電力・ガス・熱供給(2位)	鉄屑	-10,311	-0.62
	事業用電力	269,644	16.13
	自家発電	96,811	5.73
	その他の電力等の合計	705	0.05
輸送機械(4位)	鋼材	261,36	1.56
	船用内燃機関	160,66	0.96
	鉄道車両修理	154	0.01
	その他の船舶	103	0.01
	自動車部品	92	0.01
	その他の輸送機械	12	0
	船舶修理	6	0

5. 分析結果と評価（比較）

- 表2と表4から、全産業部門における鋼船の国内生産額の割合(0.138%)と較べると、直接排出されるCO₂の割合(0.009%)は非常に小さいことが分かる。
- 図1と図2から、鋼船部門への年間の投入額が

多い順に、輸送機械、鉄鋼、商業となるが、その投入のために二次的に排出したCO₂量が多い部門は、電力・ガス・熱供給部門、鉄鋼、運輸の順となり、投入額の場合と比べて順位が異なる。

- 図5から、波及効果を含めて究極的にCO₂をどれだけ排出したかで見ると、鋼船部門自体の排出量は1.6%に過ぎず、大部分は関連部門で排出されていることが分かる。特に鉄鋼部門と電力・ガス・熱供給部門からの排出量が大きく、この二つの部門だけで8割を超える。

6. 10,000G/T鋼船建造で排出されるCO₂量(試算)

- 造船造船月報によると平成7年に建造された鋼船は、起工、浸水、しゅん工のタイミング毎に少し異なっている。しゅん工ベースで868万G/Tである。図6はその概要であるが、しゅん工ベースの内訳は輸出貨物船が559万G/T(64%)、輸出油送船が228万G/T(26%)と大部分を占める。その他の八つの船種(用途)は合計しても81万G/T(10%)にすぎない。

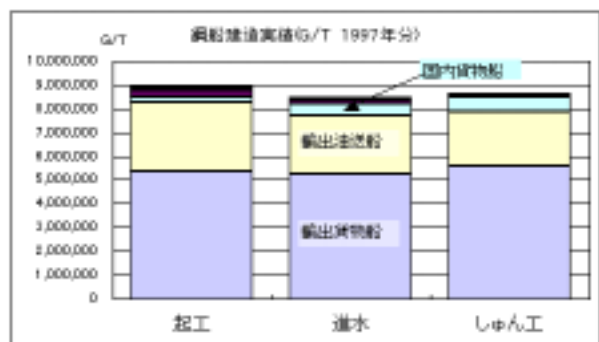


図6 鋼船建造実績(1997年分)

しゅん工隻数は875隻で、1隻あたり平均9,923G/Tであるが、表6から分かるように船種毎のバラツキが大きい。

表6 用途毎の平均G/T、しゅん工隻数

用途	1隻当りのG/T	しゅん工隻数
輸出貨物船	25,757	217
輸出油送船	39,949	57
輸出その他	140	8
国内貨物船	3,529	180
国内油送船	779	85
国内自動車輸送船	3,064	21
国内漁船	167	77
国内客船	137	20
国内貨客船		0
国内その他	129	200
平均	9,923	合計 875

しゅん工船船価の合計は1.15兆円である。G/Tあたりの船価は、国内客船の319万円から輸出油送船の9.9万円まで船種による差が大きい。

(2) 次の前提のもとで試算を行う。

産業連関表によると鋼船の国内生産高は1.29兆円であり、造船造機月報のしゅん工船船価合計よりも多い。その理由として、産業連関表の鋼船の生産額には改造の生産額が含まれることや、起工・浸水・しゅん工の時間差があることなどが考えられる。本件では、環境研データベースが提供するCO₂排出原単位(国内生産額百万円あたりのCO₂排出量)としゅん工船船価の掛算でCO₂排出量を求めることにする。

船種毎のしゅん工船のG/T、隻数、船価の平均値を用いて試算する。

物量収支の観点からは船舶の自重(軽荷重量)ベースでCO₂排出量を求めることが望ましいが、造船造機月報との整合を保つためG/Tベースで試算する。

(3) 試算の結果は次のとおりになった。

10,000G/Tの鋼船を建造するときに、関連部門への波及効果を含めて究極的に排出されるCO₂の総量は、1714 t-Cになると推計される。その内訳は、鋼船部門自身で27 t-C(1.6%)、鋼船部門と関連の深い船用内燃機関部門で16 t-C(0.96%)排出される。産業部門(大分類)毎の排出量1位は鉄鋼部門で1,009 t-C(58.9%)、2位は電力・ガス・熱供給部門で376 t-C(21.9%)排出される。この1位と2位の部門だけで全体の90%以上を排出することになる。産業部門(大分類)毎の排出量の推計結果を図7に示す。

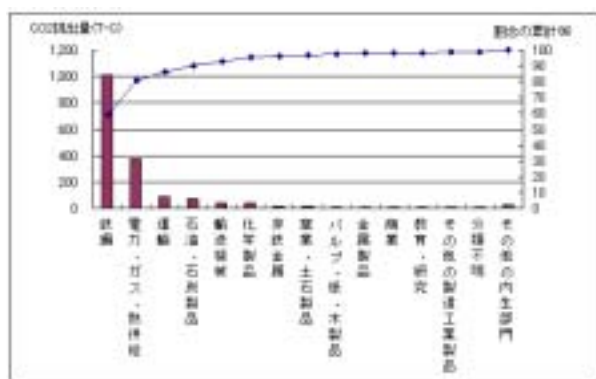


図7 10,000G/T鋼船建造による究極のCO₂排出量

7. おわりに

平成9年度から現在まで当研究所において船舶へのLCA適用研究で用いられてきた環境負荷の推定方法は、例えば船舶建造の場合、鋼板、艤装品等の搬

入から、水切、ショットブラスト、切断、曲げ、溶接、塗装、ブロック組立、・・・、海上試運転、引渡までの各行程毎に、インプットとなる資源やエネルギー、アウトプットとなる製品や排出物を数値化し、これらの数値を積み上げることで建造工程全体の環境負荷を求めるというもの(積上げ法)である。

積上げ法にはいくつかの課題があるが、産業連関表に基づく分析は幾つかの課題に応えることができる。

船舶の膨大な部品点数、多品種少量生産という特徴から、積上げ法ですべてのインベントリを調査することは現実的に不可能であるので、CO₂排出量の多い産業部門を絞り込むことが望ましい。そのための情報を提供する。

積上げ法で求めた結果がどの程度、的をえているかを確かめることができる。

産業連関表に基づく分析は、積上げ法を支援するものであると考えられる。産業連関表における部門の網の目は船舶の建造工程を分析するには粗すぎるし、部門間の金額のやり取りからは平均的なものしか得られない。そのためLCAの本来目的である、環境負荷の多い工程を特定しその工程を改善するということを、この分析法だけで行うことはできないからである。

謝辞

参考文献 3)をご紹介いただいた独立行政法人国立環境研究所主任研究員の近藤美則様にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 木原 洸 他：船舶におけるLCA(Life Cycle Assessment)、平成10年度春季(第71回船舶技術研究所研究発表会講演集、pp11-14、(1998)
- 2) 木原 洸：船舶へのLCA適用に関する研究、平成13年度(第1回)海上技術安全研究所講演会
- 3) 森口 祐一 他：産業連関表によるエネルギー・二酸化炭素排出原単位'95(β版)、
<http://aerosol.energy.kyoto-u.ac.jp/~lca/I-Otable/public.html>