

小型漁船のインベントリ分析に関する研究 -A: モデル船の建造・運航状況調査-

亀山 道弘*、木原 洸*、林 慎也*、千田 哲也*、
櫻井 昭男*、久津見 都*
深町 得三**、大熊 正造**、田子 廣政**、岡田 一成**、
本多 貴寿**
蒲谷 勝治***

Research on Application of Inventory Analysis to Fishing Boat -A: Investigation on ship model-

by

Michihiro KAMEYAMA, Takeshi KIHARA, Shinya HAYASHI,
Tetsuya SENDA, Akio SAKURAI, and Miyako KUTSUMI
Tokuzo FUKAMACHI, Shozo OHKUMA, Hiromasa TAGO,
Kazunari OKADA and Takahisa HONDA
and Shoji KABAYA

ABSTRACT

Life Cycle Assessment (LCA) is a technique for assessing the environmental potential impacts associated with products throughout their life cycle, from raw material acquisition, manufacturing, consumption and to final disposal. LCA requires LCI (Life Cycle Inventory) analysis as the first step, but there had been no LCI data on a ship, although, before this research started. A preliminary LCI analysis of two types of scallop fishing boats of 14 gross tonnage (GT), one is made of aluminum-alloy, the other of FRP (Fiber Reinforced Plastic), was performed as a portion of the research to institute an LCA methodology for ships.

This report comprises three parts: the first part, "A", provides the specifications and the ways of manufacturing and operation of the two scallop fishing boats based on field investigations except dismantling of the boats and recycling of used parts as well as analysis models for inventory analysis; the second part "B" provides the result of inventory analysis for the aluminum-alloy boat and the last part, "C", does the inventory analysis of the FRP boat.

* LCA研究グループ
** ヤマハ発動機(株)
*** 元ヤマハ発動機(株)

原稿受付 平成14年 6月 10日
審査済 平成15年 11月 18日

目次

1. はじめに	1
2. モデル船の概要	2
2.1 適用規則など	2
2.2 船体の構成	2
2.2.1 アルミ合金漁船	2
2.2.2 FRP漁船	2
3. 建造	10
3.1 アルミ合金漁船	10
3.1.1 建造工程と作業プロセス	10
3.1.2 建造システムデータ	12
3.2 FRP漁船	13
3.2.1 建造工程と作業プロセス	13
3.2.2 建造システムデータ	14
4. 運航	30
4.1 漁協の組織と事業概要	30
4.2 養殖	30
4.2.1 養殖の方法	30
4.2.2 作業内容	30
4.3 加工作業	30
4.4 操業方法と主機関の運転状態	30
4.4.1 ホタテ桁曳網漁法	30
4.4.2 操業手順	30
4.4.3 主機関の運転状態	31
4.5 保守・修理	31
4.5.1 保守作業	31
4.5.2 修理と整備	31
4.5.3 検査	32
4.6 使用年数	32
4.6.1 漁船使用年数	32
4.6.2 主機関使用年数	32
5. おわりに	32
6. 謝辞	32
参考文献	32

1. はじめに

世界的に環境問題がクローズアップされる中、環境マネージメントの国際標準規格であるISO (International Standardization Organization)14000シリーズの導入は欧米先進国のみならず、我が国においても浸透しつつある。特に製品の環境負荷を天然資源の生産から製品の廃棄までの一連の流れにおいて定量的に評価する手法であるライフ・サイクル・アセスメント(Life Cycle Assessment :LCA)手法はISO14040において規定され、各種産業界においてもその適用を深める状況にある。

LCAにおいて製品の環境負荷を定量的に評価するため

には、製品製造に対して投入されたすべての資源を入力とし、また、副産物を含む生産物と環境に影響を与えるすべての排出物を出力とし、その入出力全体を収支表として整理したインベントリを作成する必要がある。しかし、船舶は数多くの素材や部品を使用し、多種多様な加工・組立作業を経て建造されること、さらには船種や大きさによって運航形態が様々で多様なライフサイクルを有することからライフサイクル全般でのインベントリを算出する手法は検討されてきていない。そのため、著者等は船舶へのライフ・サイクル・インベントリ(Life Cycle Inventory: LCI)分析を適用することを目的とし、モデル船の解析を通じて船舶のLCI分析手法をモデル化する研究を開始した¹⁾²⁾³⁾。すでに大型外航船のLCI分析に関しては、研究成果の一部を報告している⁴⁾。

大型外航船を含め、船舶の大半は鋼鉄で建造されるが、小型船にあつては鋼鉄以外の素材も種々利用され、それに従って建造方法も大型鋼船とは異なる。特に小型漁船では、経済的な理由と思われるが繊維強化プラスチック(Fiber Reinforced Plastic:FRP)を利用したFRP漁船が多い。また、近年、保守性の向上あるいは環境への低負荷性等を目指してアルミニウム合金を利用したアルミ合金漁船の建造が多く見られるようになった。このように使用目的、大きさが同じであっても、異なる素材で、しかも異なる建造方法で作られた船舶の環境負荷がライフサイクルで見てどのように異なるかは現時点では明らかにされていない。

そこで、本研究では研究を進めている船舶のLCI分析手法の適用範囲を拡大するために、鋼船とは素材と建造方法が異なるFRP小型漁船とアルミ合金小型漁船をモデル船としてLCI分析を試みることにした。LCI分析を実施するに当たっては大型鋼船と異なるFRP漁船とアルミ合金漁船に特有の素材や中間投入材のインベントリデータ及び建造と運航段階の各要素行程(プロセス)のデータが必要になる。そのため、それぞれの建造と運航実態の調査を行った。ただし、ライフサイクルで評価するためには、解体・最終処分あるいはリサイクルのデータが必要であるが、小型漁船の再利用、解体及び回収したアルミニウム合金材あるいはFRP材をリサイクルする一般的な実施方法は確立されていないため、今回の調査範囲からは除くことにした。

本調査研究の目標は、小型FRP漁船と小型アルミ合金漁船のモデル船としてホタテ桁曳き漁船を選定し、それぞれの建造と運航に関するプロセスの詳細と現時点で取得できるプロセスデータを把握し、その調査結果に基づき建造と運航段階のLCI分析を実施し、二酸化炭素(CO₂)の排出量とそのプロセス毎の内訳を把握することとした。

本報告は、まずA編でモデル船の船体仕様、建造工程及び運航状態の実績等の調査結果を報告する。B編及びC編においてそれぞれアルミ合金漁船及びFRP漁船の建

造と運航段階に関するインベントリ分析の結果を報告する。

2. モデル船の概要

2.1 適用規則など

解析対象のモデル船とした小型漁船は、日本のある漁業協同組合(以下、「漁協」と言う)により、小型機船底引き網漁業を目的として国内の造船所で建造された船である。アルミ合金漁船は「漁協」の調査船として、FRP漁船は外海ホタテ桁曳き漁船として使用されている。総トン数は両船とも14トンであり、その概要を写真-2.1と写真-2.2にそれぞれ示す。

モデル船は漁船であり、その船体寸法、搭載機関の馬力については農林水産省の漁船法、漁船法施行規則及び漁船検査規則が適用される。また、漁船特殊規則では小型第1種漁船に分類される20トン未満、航行区域12海里以内の漁船である。船舶の構造、機関及び設備等を規定する船舶安全法の適用は同法第32条により除外されているが、アルミ合金漁船の船体構造は国土交通省の定める軽構造暫定基準に基づいて、FRP漁船の船体構造は造船会社の社内基準に基づいて、それぞれ設計されている。

2.2 船体の構成

モデル船の船体構造、機関仕様及び重量構成等を以下に示す。なお、以下、本報告では船の大きさ(容積)を表す総トン数の単位には「トン」を使用し、船が運べる貨物の重量等、物の重さを表す単位には「t」を使用する。

2.2.1 アルミ合金漁船

(1) 船体構造

アルミ合金漁船の主要目及び一般配置図を表-2.1及び図-2.1に示す。本船は、船首部に操舵室、船体中央部に漁労装置と船倉、そして、船尾部に主機関を備えている。船殻はアルミニウム合金製であり、本船の中央横断面図を図-2.2に示す。また、使用しているアルミニウム合金の板厚及び材質を表-2.2に示す。船底、船側及びデッキ用には厚さ6~9mm、また、キール部では場所により10mm又は20mmの板厚のA5083P系アルミニウム合金が使用されている。

(2) 主機関と艀装

主機関は出力650PSの4ストロークディーゼル機関で、燃料はA重油を使用し、地元の漁協から購入する。燃料油の消費率は160g/(PS・h)(定格出力)であり、潤滑油の消費率は約0.5g/(PS・h)である。また、発電機はAC用(220V、20kVA)及びDC用(24V、5kW)を各1基持ち、動力源

は主機関である。

漁労装置として本船はトロールウインチ、カーゴウインチ、デリックブーム及びトロールドビット等を有する。

(3) 軽荷重量と載貨重量

漁場へむけて出港する時とホタテ貝を満載して漁場を発つ時の計画載貨重量を表-2.3に示す。船体重量(軽荷重量)は25.9tであり、満載時の漁獲物の重量は18tである。

船体重量を船殻、機関、電気、漁労装置及び一般艀装に分類した場合の重量構成と各部の占める重量比を表-2.4と図-2.3に示す。船殻重量が船体に占める割合は約42%であり、大型船舶に比べその割合は小さい。船殻重量に占める主な構造材の材質と重量を表-2.5に示す。アルミニウム合金の板材、型材及び管材で全体の約90%を占め、そのうち溶接材料と塗料が各々約6%と約4%を占める。なお、重量構成の詳細を資料1に示す。

2.2.2 FRP漁船

(1) 船体構造

FRP漁船の主要目及び一般配置図を表-2.6及び図-2.4に示す。アルミ合金漁船と同様の構成となっているが、船殻はFRP製である。本船の横断面図を図-2.5に示す。また、主な部分のFRPの積層数(プライ数)を表-2.7に示す。船体の船底、船側及びデッキ用に厚さ約7~8mmのFRP板を、キール部に板厚約15mmのFRP板を使用している。また、心材や補強材としてウレタンフォーム、アクリルの発泡体及び木材を使用している。

(2) 主機関と艀装

主機関はアルミ合金漁船と同様の4ストロークディーゼル機関であるが、出力は550PSと小さい。燃料油消費率は162g/(PS・h)(定格出力)であり、潤滑油の消費率は約0.5g/(PS・h)である。また、発電機と漁労装置はアルミ合金漁船と同様であるが、船倉はFRP製である。

(3) 軽荷重量と載貨重量

FRP漁船の計画載貨重量を表-2.8に示す。船体重量(軽荷重量)は26.3tであり、満載時の漁獲物の重量はアルミ合金漁船と同じ18tである。

船体重量を船殻、機関、電気、漁労装置及び一般艀装に分類した場合の重量構成と各部の占める重量%を各々表-2.9及び図-2.6に示す。船殻重量が船体に占める割合は、アルミ合金漁船とほぼ同じ42%であった。船殻重量11.0tに占める材料の内訳を表-2.10に示す。ポリエステル樹脂やガラス繊維等のFRP材が全体の約85%を占め、ラワン材及び固着釘が各々約10%と約4%を占めた。なお、重量構成の詳細を資料2に示す。



写真-2.1 アルミ合金漁船

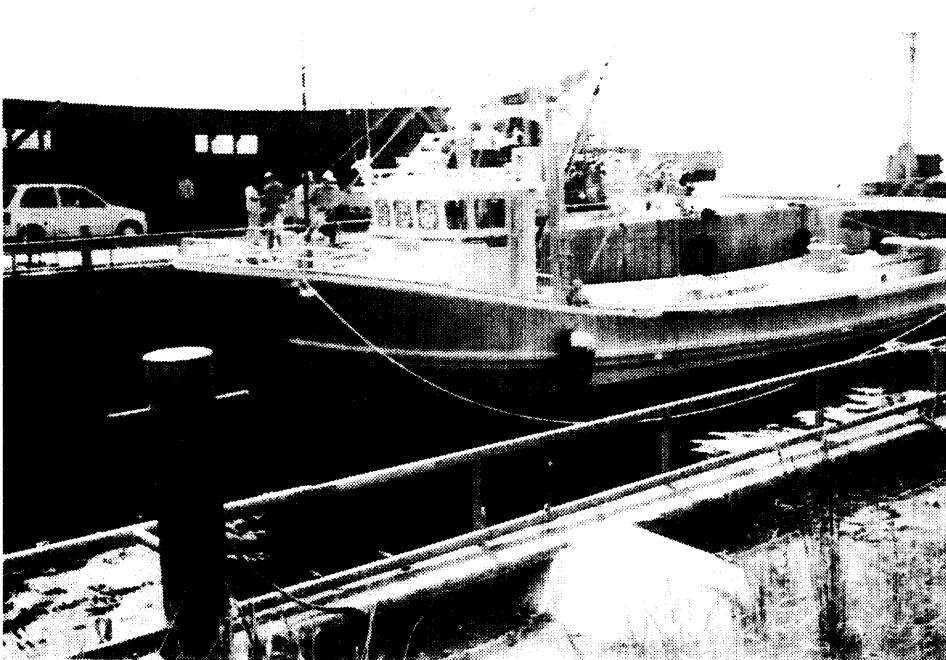


写真-2.2 FRP漁船

表-2.1 アルミ合金漁船の主要目表

全長	21.66m
全幅	4.78m
型深さ	1.21m
登録長	17.60m
登録幅	4.38m
登録深さ	1.20m
測定長	19.20m
測定幅	3.90m
測定深さ	1.20m
計画総トン数	14トン
主機関	YANMAR 6LX-ET (定格出力) 650PS
定員	6人
用途	小型機船底びき網漁業
燃料油の種類	A重油
燃料油の消費量	160g/(ps・hr)
発電機動力	主機駆動

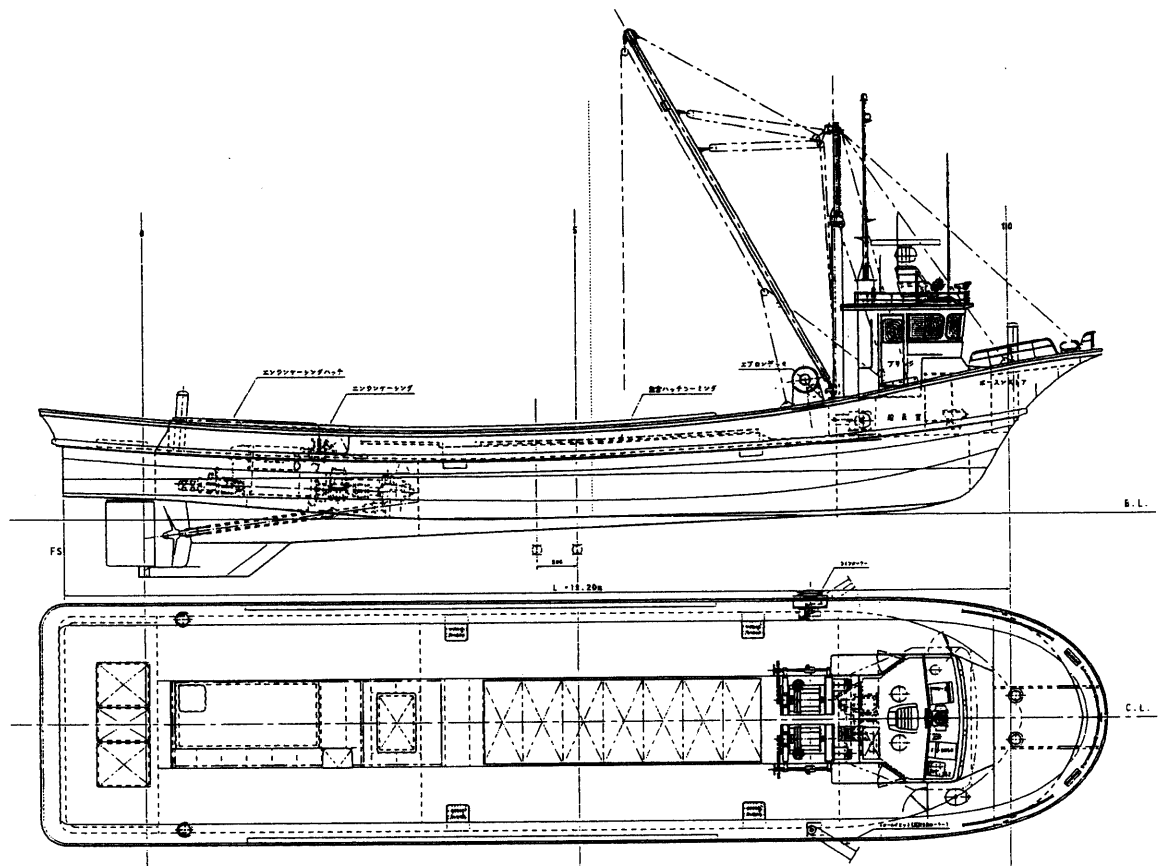


図-2.1 アルミ合金漁船の一般配置図

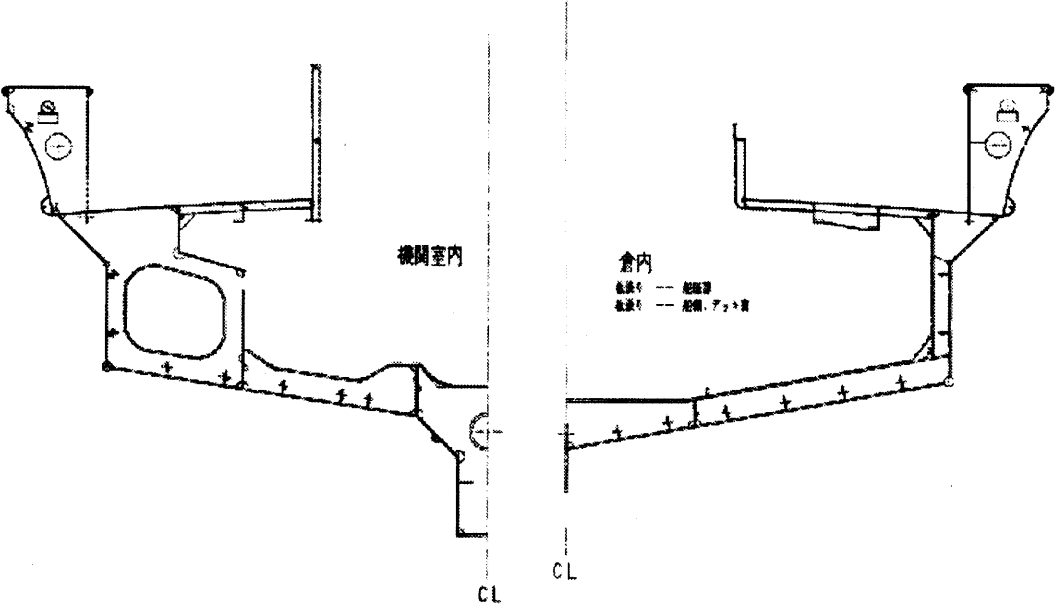


図-2.2 アルミ合金漁船の中央断面図

表-2.2 船殻材料表(アルミ合金漁船)

部位	材料	板厚(mm)	材質
船底板	溶接πセクション 平板	9	A5083P
船側板	溶接πセクション 平板	7又は8	A5083P
デッキ板	平板	6	A5083P
キール	単板部、ボックス部	20、10	A5083P
プルワークプレート	平板	6	A5083P
上部構造板材	平板	4又は5	A5083P
主船体主要型材	平板材、バルブプレート材	—	A5083S
上部構造主要型材	平板材、バルブプレート材	—	A5083S

表-2.3 計画載荷重量表(アルミ合金漁船)

単位(t)		
項目 \ 状態	満載出港	満載漁場発
軽荷排水量	25.9	25.9
燃料油	2.5	1.9
乗組員	0.4	0.4
調査道具	1.2	1.2
漁具	—	—
サンプル	—	18.0
漁獲物	—	—
合計	30.0	47.4

(注) 本船は調査船であるため、搭載可能な漁獲物をサンプルと記した。

表-2.4 船体の重量構成表(アルミ合金漁船)

項目	重量(t)	(%)	主な部品
1. 船殻	10.7	41%	塗料を含む。
2. 機関艙装	5.6	22%	主機関、減速機、プロペラ軸、プロペラ等
3. 電気艙装	1.6	6%	発電機、バッテリー、電線等
4. 漁労装置	4.9	19%	トロールウインチ、トロールワイヤ、カーゴウインチ等
5. 一般艙装	3.1	12%	門型マスト、デリックブーム、舵板等
合計	25.9	100%	

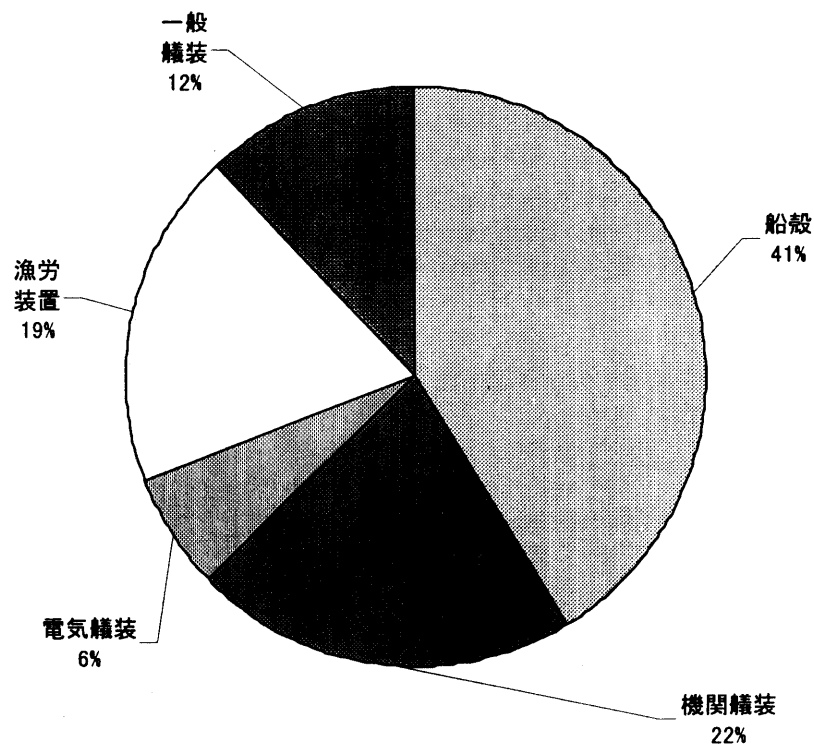


図-2.3 船体に占める各部の重量の割合(アルミ合金漁船)

表-2.6 FRP漁船の主要目表

全長	21.66m
全幅	4.78m
型深さ(D')	1.21m
登録長	17.60m
登録幅	4.18m
登録深さ	1.38m
測定長	19.20m
測定幅	3.90m
型深さ(Dm)	1.20m
計画総トン数	14トン
主機関	YANMAR 6LAH-ST (定格出力)550PS
定員	5人
用途	小型機船底びき網漁場
燃料油の種類	A重油
燃料油の消費量	162g/(ps.hr)
発電機動力	主機駆動

表-2.5 船殻の主な構造材の材質と重量(アルミ合金漁船)

構造材の種類	材質	使用重量(kg)	(%)
1. 板材	A5083	7.5E+03	70
2. 型材	A5083	1.9E+03	18
3. 管材	A5083	2.3E+02	2
4. 管材ワイヤー	A5183	5.7E+02	5
5. 溶接棒	A5183	5.0E+01	1
6. 塗料(水線上)	-	3.4E+02	3
7. 塗料(船底部)	-	9.1E+01	1
合計		1.1E+04	100

(注)6.塗料(水線上)にはデッキ、上部構造及び船体内部を含む。

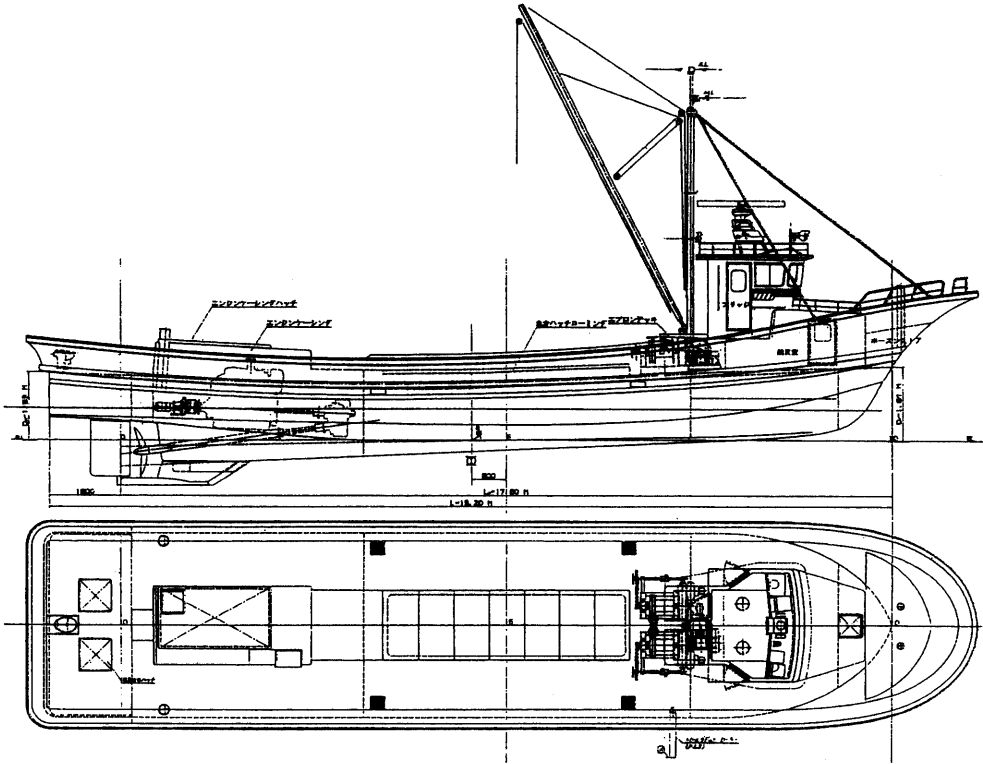


図-2.4 FRP漁船の一般配置図

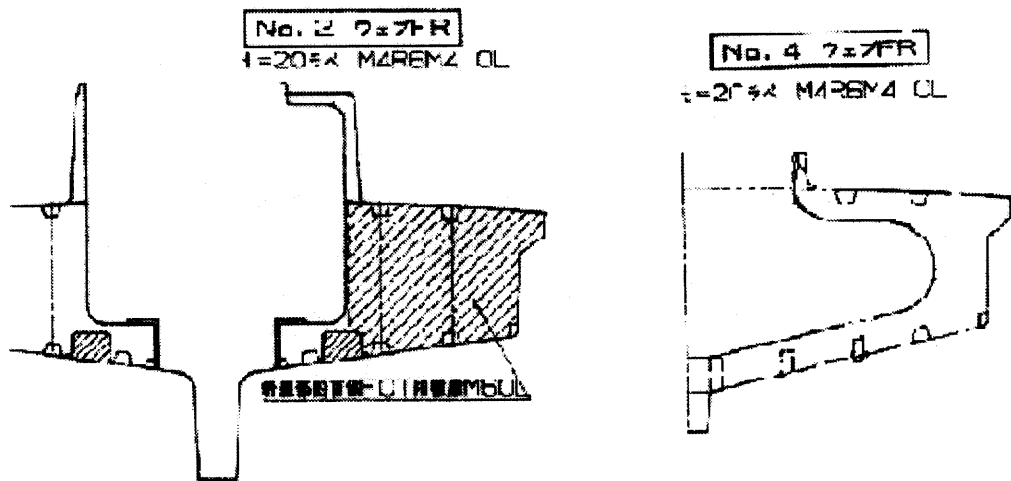


図-2.5 FRP漁船の横断面図

表-2.7 FRP漁船各部のFRP積層数(プライ数)

部位	プライ数
1. キール外板	16
2. 船底外板	9
3. 船側外板	8
4. 上甲板	8
5. フルワークプレート	8
6. 上部構造	—
7. 船底縦肋骨	6
8. 船側縦肋骨	4
9. 甲板縦肋骨	4

表-2.8 計画載荷重量(FRP漁船)

単位(t)

項目	状態	満載出港	満載漁場発
軽荷排水量		26.3	26.3
燃料油		2.5	1.9
乗組員		0.4	0.4
調査道具		—	—
漁具		1.2	1.2
サンプル		—	—
漁獲物		—	18.0
合計		30.4	47.8

表-2.9 重量構成表(FRP漁船)

項目	重量(t)	(%)	主な部品
船殻	11.0	42	塗料を含む
機関艙装	3.7	14	主機関、減速機、プロペラ軸、プロペラ等
電気艙装	1.3	5	発電機、バッテリー、電線等
漁労装置	5.1	19	トロールウインチ、トロールワイヤ、カーゴウインチ等
一般艙装	5.2	20	門型マスト、テリックブーム、舵板等
合計	26.3	100	

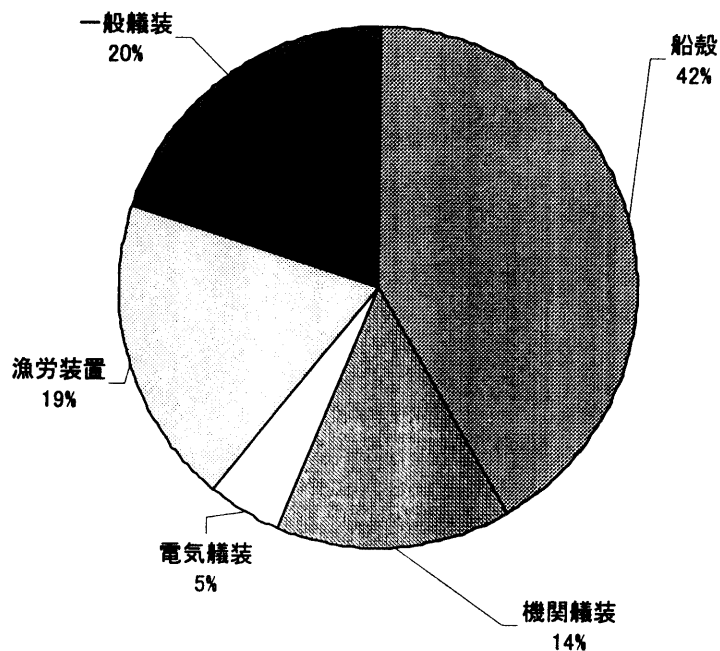


図-2.6 船体に占める各部の重量割合 (FRP漁船)

表-2.10 FRP漁船の船殻重量の内訳表

番号	材料名	数量	単位	備考	重量	単位	%
1	外装ゲルコート				2.3E+02	kg	2.1
2	内装ゲルコート				2.2E+02	kg	2.0
3	ポリエステル樹脂				5.2E+03	kg	47.4
4	ミツシマツシュベ-スト				5.0E+02	kg	4.6
5	硬化剤			調合比1%	5.7E+01	kg	0.5
6	ガラス繊維				3.1E+03	kg	28.0
	小計(1-6)				9.3E+03	kg	85.0
7	ウレタンフォーム	1.8E+00	m ³	$\rho = 0.03$	5.4E+01	kg	0.5
8	ラワン材	8.3E-01	m ³	$\rho = 0.59$	4.9E+02	kg	4.5
9	ラワンベ-ニヤ(ラベ-)						
	t 9 ラベ-	4.2E+01	m ²	$\rho = 0.60$	2.3E+02	kg	
	t12 ラベ-	4.7E+00	m ²		3.4E+01	kg	
	t15 ラベ-	1.2E+01	m ²		1.1E+02	kg	
	t20 ラベ-	2.1E+01	m ²		2.6E+02	kg	
	t30 ラベ-	9.5E-01	m ²		1.7E+01	kg	
	t40 ラベ-	1.2E+00	m ²		2.9E+01	kg	
	小計(9)				6.7E+02	kg	6.1
10	BM4(t 4ハ-ル-ンマ-ツ)	2.1E+01	m ²		3.3E+00	kg	0.0
11	t15 KC(クレゲ-セル)	8.5E+00	m ²		1.3E+01	kg	0.1
12	固着釘				4.0E+02	kg	3.6
13	防汚塗料				5.3E+01	kg	0.5
	合計				1.1E+04		100

副資料

アセトン	9.8E+02	L	$\rho = 0.79$			
------	---------	---	---------------	--	--	--

3. 建造

モデル船の建造工程の概要、作業内容および建造に必要な資材やエネルギーの使用量及び排出物を把握するために、国内造船所でヒアリング調査し、システムデータとしてまとめた。

調査対象とした工場は、現在は専らFRP船の建造を行っており、その生産工場としては世界屈指の規模である。ただ、1994年から1996年までの約3年間はアルミ合金漁船も並列して建造され、合計5隻、積算で約100トンの実績がある。その建造能力と建造方法は国内の平均的なものであったと考えられるので、アルミ合金漁船とFRP漁船両方の建造プロセスを本工場で調査した。

造船所の組織構成の概要と作業分担の一例を図-3.1に示す。造船所全体の作業人数はFRP船の設計と建造を含めて約175名で、この他、外部社員として200名以上が従事している。造船所全体の配置図を図-3.2に示す。造船所は土地95,000㎡、工場建屋、事務棟、部品倉庫及び圧縮空気を製造する動力室等の建物20,800㎡並びに昇降進水装置を有する。

生産する主な船種は各種のヨットやボート(60FTクラスまで)及び中型・大型漁船(総トン数50トン)等である。生産能力はヨット36フィート級換算で年30~35隻である。

以下に、アルミ合金漁船とFRP漁船それぞれの建造工程と作業プロセス及びシステムデータの概要を順に述べる。

3.1 アルミ合金漁船

3.1.1 建造工程と作業プロセス

造船所における建造工程での作業範囲は以下のとおりである。

- ・建造船舶の各種設計及び工作機械用のデータ作成
- ・アルミ合金板、アルミ合金管又は電線等の購入
- ・素材の切断、溶接、塗装等の加工作業
- ・部材、部品又は機器類等の取り付け及び調整
- ・海上試運転
- ・指定された場所への回航と引き渡し

主機、発電機等の機関部品、計器等の一般艀装品及びアルミ合金製の漁労装置一式は外注により購入する。また、型材、階段、扉、ハッチ、タンク等のアルミ合金製品の製作も外部に依頼する。

モデル船の建造工程で使用する主な生産設備、装置・機器等の機材を表-3.1に示す。生産設備等の主なエネルギー源は電力、軽油等の燃料及び圧縮空気である。

アルミ合金漁船の建造工程における各作業の流れを図-3.3に示す。1隻の建造に要する工数は、アルミ合金板の工場への搬入から船主への引き渡しまで合計で約800工数(時間)になる。

図-3.3の(1)設計から(11)引き渡しまでの各工程の作

業内容を以下にまとめる。なお、作業工程のうち(6)小組立から(9)塗装までの作業は、専ら建屋内に作成した架台の上で行われる。

(1)設計

船の基本設計として各種文書や図面の作成及び工作用NCマシンのデータの作成等を主にパソコン等の計算機により行う。なお、設計は工場敷地内の事務棟で実施される。

(2)資材購入

アルミ合金板、管材、主機、艀装品及び漁労装置等全ての資材はトラックで工場に搬入する。搬入資材のうち、部品等比較的小さい資材は建造船舶毎に仕分けし、倉庫で保管する。搬入資材には木材、塩化ビニル、発泡スチロール及び紙等の梱包材が使用されている。これらの梱包材は廃棄物として分別し、後述する造船所で定めた方法で処理を行う。

(3)表面加工

工場に搬入されたアルミ合金板を天井クレーンの先に取り付けたハッカで掴んで吊り上げ、所定の場所に置く。アルミ合金板では鋼板に対して行われるショットブラストやプライマー塗装は行わない。マーキング作業ではポンチマークやマジックインクで部材の取り付け位置等をアルミ合金板に記入する。

(4)切断

マーキング作業を終了したアルミ合金板をトラック又は天井クレーンで切断作業を行う作業場所へ移動する。切断ではシアリングマシン、エアプラズマ切断機、プラズマアーク切断機及び電気丸鋸等が用いられる。直線切断が最も作業量の多い切断種類であり、作業量全体の80%を占めると考えられる。また、厚板を直線的に切り出す作業の約80%程度で電気丸鋸を使用する。曲線部分の切断には電気ジグソーを使用する。切断面は電気サンダーでグライNDER掛けを行う。溶接用の開先を取る場合には、主にルーター(別名:ベベラー)を用いる。

(5)曲げ

切断作業を終了した部材をフォークリフトで曲げ作業を行う場所へ移動する。大型の板材の単純な曲げは四本柱油圧プレス、小物の曲げはパンチプレスや三本ロール等の機械曲げを用いる。複雑な形状の曲げではガス加熱を用いる。曲げ作業に伴う電力消費量は微量で、建造全体の作業量に伴う電力消費の1%位と考えられる。

(6)小組立

切断および曲げ作業を終了した部材や板材をフォークリフトで小組立を行う作業場所へ移動する。ここでは、加工された内部構造部材を板材に溶接し、船側・船底部(ハル)、船倉、上甲板部(デッキ)、及び上部構造部のブロックを作成する。部材の据付けはクレーンや治具を使用して行う。

溶接作業は作業者の手作業により行う。溶接方法は、

アルゴンガスをシールドガスとして使用するミグ(Metal Inert Gas:MIG)溶接とティグ(Tungsten Inert Gas:TIG)溶接である。溶接作業の主体はMIG溶接であり、板材の突き合わせ溶接やハルとデッキのブロック接合に用いる場合が多い。TIG溶接は、水密や気密の保持、または外観上から必要な箇所を使用される。

MIG溶接とTIG溶接では工場建屋の配電設備から供給される電力を使用する。

小組立で対象となる板厚5～8mm程度の隅肉溶接や板厚6～9mmの突き合わせ溶接は1パスで行う。一方、板厚10～20mmのキール板と船底板との突き合わせ溶接では2～3パスを必要とする。

溶接の後処理として、歪み取り、グラインダー掛け及びパテによる修正作業を行う。船の抵抗となるような水面以下の流れと直交する方向の溶接線については、余盛りを除去する表面研磨(サンディング)を行う。

溶接ワイヤーは5kg入りバックを使用し、その梱包材はダンボール部分とプラスチックに分別して処理する。

< 架台製作 >

ハル、船倉、デッキ及び上部構造を接合するために建造船専用の架台を鋼材で製作する。架台はチャンネル材やアングル材等の鋼材を電気丸鋸やボール盤で加工し、アーク溶接で組み立てる。架台は建造作業が終了した後LPガス切断で解体し、鉄スクラップ業者にリサイクル等の処理を依頼する。

< 型材・パイプ加工 >

アルミ合金船ではアルミ合金製の型材・パイプを使用する。塩化ビニル製やFRP製のパイプは使用しない。また、パイプにはポリエチレン等のライニング処理も行わない。

パイプの切断には主に卓上丸鋸を使用し、曲げ加工にはパイプベンダーを使用する。溶接作業は型材ではMIG溶接、また、パイプではTIG溶接が主体となり、いずれも手作業で行う。

(7)大組立

小組立したハル、デッキ、船倉及び上部構造はクレーンで架台へ運搬する。各部を架台に設置して仮溶接を行った後、本溶接としてMIG溶接で各部を接合する。大組立で対象となる板厚5～9mm程度の隅肉溶接及び板厚6～9mmの突き合わせ溶接は概ね1パスで行う。

溶接作業を終了した後、スラグを除去し、歪み取り、グラインダー掛け及びパテによる修正作業を行う。歪み取りは油圧ジャッキやガス加熱を組み合わせで行う。しかし、モデル船では歪み取りはほとんど行われなかった。また、溶接線の一部でX線による非破壊検査を約20箇所程度行う。

(8)艤装

大組立した船殻に主機関、発電機、舵・プロペラ等の大型部品、漁労装置、係留装置及び救命設備の取り付けを

行う。また、電線、パイプ及びドアやハッチ等の艤装作業を行う。なお、主機関等の艤装品はクレーンやフォークリフトで架台へ運搬する。

主機関や発電機は船殻にボルトで据え付けを行う。また、舵・プロペラ軸の取り付けは、ジグソー、プラズマ切断機又は電気ドリルでハルに穴あけ等を行い、溶接又はボルトで船体に固着する。各種の艤装品も同様に取り付けを行う。

機関等で使用するパイプは窒素ガスにより通気(パイプパージ)を行う。窒素ガスはボンベ単位で使用され、作業現場までトラックで運搬される。また、パイプを接続した後に油で洗浄(フラッシング)を行う。フラッシングに使用した洗浄液は抜き取り、外部の業者に依頼して処理を行う。

船主の希望等により、艤装品のメッキ処理を行うこともあるが、メッキ処理は外部に依頼して行われる。

(9) 塗装

塗装は大組立に引き続いて架台上で行う。塗装の前に溶接線の不要な余盛りを削り取る。削ったアルミ屑は他のゴミと一緒に掃除機で回収し、燃えないゴミとして処理する。

塗装は種類の異なる塗料を3回塗り重ねる。水線より下になる船底及び船側部分は3回目の上塗り塗装に防汚塗料を用いる。モデル船の塗装場所とその仕様を表-3.2に示す。主材、硬化材及び溶剤を現場で混ぜ合わせて塗料を作り、作業員がエアレススプレー、ローラー又はハケを使って塗る。エアレススプレーは圧縮空気によるエアポンプ駆動である。圧縮空気は造船所内の設備で製造される。

溶剤の種類は、主剤の種類に応じてキシレン、トルエン、エステル系、アルコール系又はケトン系が用いられる。主剤と硬化剤の入った缶に溶剤を混ぜ合わせ、合計20kg程度の塗料を作成する。なお、溶剤の使用量は塗装時の外気温度により変化する。

工場は塗装に伴うミストを回収する装置を設備していない。塗装にエアレススプレーを使用した場合、塗料の30%程度、またローラーでは塗料の約5%程度がミストとして大気中に放出される。塗料に混入した溶剤は最終的には全量が大気中へ放出されることが考えられる。

廃棄するシンナー、塗装で使い残した塗料、塗料の入っていた缶及び使用済みの刷毛等は廃棄物処理業者に依頼し、処理する。

(10)海上試運転

艤装作業を終えたアルミ合金漁船の海上試運転を行うために進水台車ごと建屋から引き出し、移動用の吊り下げ装置(トラバース)で進水用岸壁まで運搬する。岸壁で、電力駆動の進水装置に移し、海上に進水させる。

海上試運転は積み荷のない軽荷状態に近い重量で、喫水計測、逡増速力試験、操舵試験、旋回試験、前後進試験及び燃費計測を行う。海上試運転に要する時間は概ね6時間程度であり、燃料にはA重油を使用する。なお、

モデル船の場合、海上試運転は、造船所が自主的に実施するものである。

(11) 引き渡し

海上試運転を終了した後、船主の指定する引き渡しの海域又は港まで自走する。

3.1.2 建造システムデータ

アルミ合金漁船の建造に関して造船所で消費した資材やエネルギーの使用量及び排出物の調査結果をシステムデータとして図-3.4に示す。なお、本システムデータには、素材や部品の製造に関わる排出物等は含まれない。以下に、建造に関するシステムデータの詳細を示す。

(1) エネルギー等

a) 電力

工場で使用する全ての電力は地域の電力会社から購入し、自家発電は行わない。電力消費量(kWh)は工場全体での消費量として把握されており、事務部門や照明・空調機を含め、使用する機器個別の電力使用量は管理されていない。アルミ合金漁船の建造に関する実績数が少ないため、モデル船1隻の建造に必要な電力消費量を溶接作業や照明等の電気機器の平均的な稼働率を推定し、建造時の全作業工数(時間)に基づいて算出することにした。工場内における電力使用量と架台製作に使用した電力量を算定するために機器の定格電力、稼働率及び電力使用量の内訳を表-3.3及び表-3.4に示す。溶接機は作業時の状況から推察して、負荷率50%及びアークタイム率を5%と仮定した。

算出した結果からモデル船1隻建造の電力使用量は合計約 5.0×10^4 kWhと推定された。電力を消費する主な機器は水銀灯、天井クレーン及び工作機械であり、当初多いと予想した溶接作業に伴う電力使用量は全体の約6%であった。

b) 燃料(ガソリン、灯油、LPG、軽油、A重油)

工場では燃料として、軽油、灯油、LPG、ガソリン及びA重油を使用する。

軽油、ガソリン及びLPGはトラック、乗用車、フォークリフト等の輸送車両用の燃料として使用する。また、灯油は工場の暖房用に使用される他、パイプの洗浄にも使用する。しかし、工場ではこれらの燃料の使用量は不明であった。本調査では、これらの燃料の使用量は少ないと考え、システムデータでは省略した。

A重油は海上試運転時の燃料として使用される。モデル船1隻の建造に必要なA重油の使用量を海上試運転の運転方法及び主機関の定格出力での燃料消費量に基づいて算出した。

c) 水

水は主に工場内での作業員の生活用水として使用し、モデル船建造で直接、水を使用する工程はない。水の使用量は工場内の数カ所で主に工場内の漏水の検知を目的に計測されているが、その使用量は少ないため、システム

データでは省略した。

(2) 素材

a) アルミ合金材

モデル船1隻の建造に使用したアルミ合金材の種類とその使用量を表-3.5(a)に示す。材料の歩留まりを含めたアルミ合金材の使用量は約12tで、アルミ合金材の歩留まりは80~92%である。

b) アルミ溶接材

モデル船1隻の建造に使用した溶接ワイヤーと溶接棒の使用量及び歩留まりを表-3.5(b)に示す。

溶接ワイヤーの使用量は一般にアルミ合金材の発注量の約5%程度、また、溶接棒の場合の使用量は約5.5%程度と考えられており、今回の使用量は、平均的なものと思われる。

c) 鋼材

鋼材はモデル船の建造に必要な架台にのみ使用され、船体には使用されていない。架台の製作に使用した鋼材の種類と使用量の内訳を表-3.6に示す。

d) 塗料及び溶剤

建造に使用した防食塗料と溶剤及び防汚塗料の種類と使用量を表-3.7と表-3.8に各々示す。また、想定した塗装方法及び付着率に基づいて算出した船体に付着した塗料の重量を表-3.9に示す。塗装方法は全体塗装にはエアレススプレー、また、船底塗装ではハケ塗りを想定し、塗料の船体への付着率を各々85%と100%と仮定した。なお、溶剤は全て大気中に揮発し、塗料には残存しないと仮定した。

e) アルゴンガス

MIG溶接でシールドガスとしてアルゴンガスを使用する。その使用量は建造船毎にボトル数で管理している。モデル船1隻の建造で使用したアルゴンガス量はボトル(圧力 150kg/cm^2 、容量 7Nm^3)で180本であった。

(3) 艀装部品

アルミ合金漁船の建造に使用する艀装部品の重量構成は、すでに表-2.4に示した。

(4) 環境中への排出物

a) CO_2

CO_2 は海上試運転において、主機関の運転に伴い排出される。燃料として消費するA重油に含む炭素分を85%と仮定し、 CO_2 排出量を算出した。

b) 溶剤

塗装作業に伴い塗料に混ぜられた溶剤が揮発し、大気中に排出される。ここでは、使用した溶剤が全て大気中に排出されるものとした。

c) その他の排出物

溶接のシールドガスとして使用されるアルゴンガスを排出するが、アルゴンガスの環境への影響は無視できると考え、省略した。

d) 排水

工場で発生する汚水は生活排水であり、排出量が少ないためシステムデータからは省略した。

(5) 固形廃棄物及びリサイクル品

工場でのリサイクル品及び固形廃棄物の分類を図-3.5に示す。工場ではアルミ合金材等のリサイクル品を除き、固形廃棄物を工場内で焼却する燃えるゴミ、外部の専門業者等に処理を依頼する燃やせないゴミ及び産業廃棄物に分類して処理する。モデル船1隻の建造で排出した廃棄物の種類、量及び処理方法を表-3.10に示す。なお、システムデータ中の固形廃棄物は燃えるゴミ、燃やせないゴミ及び産業廃棄物の排出量の合計とした。以下にリサイクル品と固形廃棄物の種類とその発生源を示す。

a) リサイクル原料

主なリサイクル原料は、部材の切断時に残ったアルミ材、使い残した溶接ワイヤー及び電線の端材である。アルミスクラップの排出量はアルミ合金板及びパイプの歩留まりに基づいて算出した。

b) 燃やすゴミ

燃やすゴミは紙、木くず、ウェス及びダイオキシンを発生しないプラスチック類で、資材や部品の梱包材から多く発生する。これらの燃やすゴミは工場内の焼却炉で焼却し、焼却灰は産業廃棄物として処理する。

c) 燃やせないゴミ

ダイオキシンを発生する塩化ビニル系プラスチック類等の可燃物が対象となる。主な発生源は、燃やすゴミと同様に資材や部品の梱包材及び電線の被覆材である。

d) 産業廃棄物

産業廃棄物の種類と主な発生源を以下に示す。

- ・スラグ(溶接)
- ・粉じん(グラインダー作業)
- ・塗料のミスト
- ・各種フィルター(ヒュームガス等の収集)
- ・防熱材やロックウール(内装作業)
- ・燃えがら、灰(紙等の焼却処理)、
- ・汚泥(工場内の汚水処理)
- ・廃油、スラッジ(主機関運転)
- ・廃缶(塗装)

3.2 FRP漁船

3.2.1 建造工程と作業プロセス

造船所における建造工程での作業範囲は以下のとおりである。

- ・建造船舶の各種設計及び工作機械用データの作成
- ・ガラス繊維、不飽和ポリエステル樹脂及び発泡材等の素材の購入
- ・素材によるFRPの成型
- ・各種部品又は機器類の取り付け及びそれらの調整
- ・海上試運転
- ・指定された場所までの回航と引き渡し

なお、主機、発電機等の機関部品、計器等の一般機装品及び漁労装置一式は外注により購入する。FRP漁船の建造工程で使用する生産設備、装置・機器を表-3.11に示す。

FRP漁船の建造工程における各作業の流れを図-3.6に示す。モデル船の建造は、樹脂・ガラス繊維を手作業で型の上に積層し、硬化した後に脱型する整形方法(ハンドレイアップ法)で行う。FRP漁船1隻の建造に要する工数は、FRP素材の工場への搬入以降から船主への引き渡しまで約510工数である。図-3.6の(1)設計から(15)引き渡しまでの各工程の作業内容を以下にまとめる。なお、FRPの積層には簡易雌型を使用する。

(1) 設計

アルミ合金漁船と同様に、船の基本設計として各種文書や図面の作成等を主にパソコン等の計算機により行う。なお、設計は工場敷地内の事務棟で実施する。

(2) 資材搬入

工場で使用する主なFRP積層用の素材とその保管期間を表-3.12に示す。FRP積層用樹脂のうちポリエステル樹脂はタンクローリーで工場内の貯蔵タンクに搬入する。使用量の少ないゲルコート類はドラム缶又は18L缶でトラックを使って搬入する。その他のFRP積層用ガラス繊維、主機関、機装品及び漁労装置等の資材はトラックで工場に搬入する。

(3) 型準備

FRP漁船の船殻(ハル)及び甲板部(デッキ)の型を作成する。FRPの積層・成形を初めて行う型の場合に限り、簡易雌型を作成する。簡易雌型の作成は現図作業から始まり、上面を正確な水平面に仕上げた型用土台を角材で作成し、その上に骨格を組む。化粧合板を骨格に釘で圧縮・接着し、素地調整やパテ埋めを行った後、サンディング等により型表面の仕上げを行う。更に、研磨剤(ポリッシングコンパウンド)による表面研磨を行う。

次に、ハンドレイアップ法で積層したハルやデッキ等を型からはずれ易くするために、離型ワックス(ミラーグレース練りワックス)を型表面に塗布し、溶剤が揮発した後に研磨を行う。所定の厚さになるまでこの作業をくり返して行う。ワックスは椰子から採取したカルナウバ等を主成分とした固形状のものである。

(4) ゲルコート吹き付け

ゲルコート吹き付けはFRP船の外装を整えるための表面化粧法である。ハンドレイアップ法特有の方法であり、作業員が吹き付け機(アプリケータ)を使用してハル及びデッキの各々の簡易雌型にゲルコートを塗布する。ゲルコートは耐水、耐海水性、耐候性、耐クラック性、耐衝撃性等が要求され、塗布する厚さは0.3~0.5mmである。

ゲルコート樹脂の配合は、ポリエステル樹脂100に対して、チタンホワイト5~15、アエロジル2~5、硬化促進剤0.5~1及び少量の着色顔料である。

(5)ガラス繊維の裁断

FRPの積層に使用するガラス基材は、裁断台でガラス基材裁断機又はハサミを使用して所定の寸法に裁断する。裁断したガラス基材は積層現場へ搬送する。裁断作業で発生する裁断屑は回収し、固形廃棄物の燃やせないゴミとして処理する。

(6)基本積層

積層現場でガラス基材に必要な量の樹脂をビーナス機を使用して塗布・含浸し、樹脂を塗布したガラス基材を所定の場所に積層し、ゴムヘラ、ローラー等で脱泡する。なお、船の構造上必要な箇所では板の曲げ剛性等を高めるため、FRP表面材の間に心材を挟んで接着するサンドイッチ成型を行う。心材にはアクリルフォーム、ラワン又はラワンベニヤ等を使用する。

基本積層でのポリエステル樹脂と触媒の配合比及びポリエステル樹脂とガラス繊維の配合比を表-3.13及び表-3.14に示す。積層作業で使用するポリエステル樹脂の原料はエチレングリコール、プロピレングリコール、無水マレイン酸、フマル酸、無水フタル酸、イソフタル酸、スチレン、添加剤等である。積層現場へのポリエステル樹脂の供給に際しては、樹脂に予め促進剤(ナフテン酸コバルト)を所定量配合し、工場内配管で送る。また、ポリエステル樹脂をガラス繊維に含浸する直前に、メチルエチルケトンパーオキシド等の硬化剤を混合して使用する。

作業中の刷毛の乾燥防止、刷毛洗い及び機器洗浄等のためにアセトン溶剤として使用する。アセトンの一部は回収・再生され、再使用されるが、接着部等の脱脂に使用したアセトンは大気中に揮散すると考えられる。また、樹脂の硬化反応に伴い、樹脂中のスチレンモノマーが大気中に揮散する。

(7)補強材接着

縦通材、肋材、隔壁等の構造部材及び船体付きのタンク等の船殻部品をマット・ロービングクロス積層(MR積層)によりハルに接着する。また、これら補強材等とハルとの接着面は、脱脂、サンディング及びダスト除去等の表面処理を行う。

(8)脱型

樹脂が硬化した後、ハル又はデッキを天井クレーンでつり上げて脱型する。吊り上げのための掴み部を脱型後に切り取り、廃棄する。使用済みの型は、補修、素地調整及び離型処理を施して、次の積層作業に再使用する。また、バリなどの不要部分をナイフや電気サンダーを使用して切り取る。切り取ったバリ等のFRPくずは燃やせないゴミとして処理する。

(9)トリミング・サンディング

型の合わせ目、脱型用空気穴の跡、気泡、ゲルコート面の異物巻き込み等の欠陥箇所があれば、補修作業(トリミング)を行う。また、内部艀装やカップリングで接着面となる部分の表面研磨(サンディング)を行う。

(10)機関艀装

主機関、発電機、軸管、舵軸受け及び魚倉等をクレーン又はリフトで船台へ運搬し、ハルへの取り付け作業を行う。また、漁労機械、係留機械及び救命設備等をデッキへ取り付け。

(11)カップリング

ハルと平行して製作したデッキをクレーン等でハル上に移動し、接着する。

(12)内装艀装

電線、パイプ、扉及び梯子をクレーン等で船台へ運搬し、ボルト固定、接着又はFRP積層により取り付け。パイプ類のフラッシングや各種艀装品のメッキ処理等はアルミ合金漁船と同様に行われる。

(13)塗装

FRP漁船では船底部のみに防汚塗料を塗り、デッキや船側等の部分は塗装しない。塗装作業では、塗料の付着性を向上させるために、FRP表面の油脂分や汚れを洗剤で洗い落とし、サンディング、水洗い、乾燥及びFRプライマー塗料の塗布等を行う。なお、防汚塗料の塗装は2回行う。

(14)海上試運転

海上試運転前に外観の目視検査、水漏れ検査、射水検査(300mm/hで30分間)及び浮かべ検査(張水検査 30分間)を実施する。引き続き行う海上試運転はアルミ合金漁船と同様に行われる。

(15)引き渡し

船主の指定する海域または港まで自走する。

3.2.2 建造システムデータ

FRP漁船1隻の建造に関して造船所で消費した資材やエネルギーの使用量及び排出物の調査結果をシステムデータとして図-3.7に示す。FRP漁船の建造で使用する簡易雌型の重量構成を表-3.15に示すが、システムデータの各項目には、簡易雌型をFRP漁船5隻の建造で償却することとして割り付けを行っている。また、素材や部品の製造に関わる排出物等はアルミ合金漁船と同様に含めていない。

(1)エネルギー等

FRP漁船の建造で消費した電力、水、燃料の使用量を表-3.16に示す。各使用量は工場の1994年度の実績に基づいてモデル船の平均的な工数で按分して算出した。

(a)電力

工場で使用する電力は工場全体で電力使用量(kWh)を管理しているが、アルミ合金漁船と同様に、機器個別の電力使用量は管理されていないため、電力使用量の内訳は不明であった。

(b)燃料油(ガソリン、灯油、軽油、A重油等)

工場では燃料として軽油、灯油、ガソリンをアルミ合金漁船と同様にトラック等の輸送機器に使用する。A重油は建屋内の暖房及び海上試運転に使用する。暖房での使用量は工場実績に基づいて算出し、海上試運転での使用

量はアルミ合金船と同様に運転方法と主機関定格出力での燃料消費量から算出した。

(c)水

FRP漁船の建造では、工業用水をサンディングによる研磨作業後の表面の水洗や海上試運転前の射水試験において使用する。

(2)素材

a)樹脂

FRP漁船の建造に必要な樹脂の使用量を表-3-17に示す。

b)ガラス繊維

ガラス繊維の使用量は船殻と簡易雌型に含まれる重量とし、ガラス繊維の裁断作業で生じる裁断屑は省略した。

c)発泡心材

心材として使用したウレタンフォーム、バルーンマット及びアクリル発泡体使用量の内訳を表-3.18に示す。

d)ラワン材、合板及び固着釘

心材として使用したラワン材及び合板の使用量を表-3.19に示す。なお、船殻に使用しているラワン材には簡易雌型の米松の使用量を含めている。

合板等の固着のため、モデル船では釘を約400kg使用した。

e)塗料

防汚塗料及び溶剤の使用量の内訳を表-3.20に示す。使用した溶剤は最終的には全て大気中に排出されと考えられる。

f)副材料

船殻重量には含まれない副材料には、離形処理用のワックス及び刷毛洗い用のアセトンや溶剤が含まれる。この他、パイプの洗浄用に灯油等の油洗浄剤を使用する。

(3) 艀装部品

FRP漁船の建造に使用する艀装部品の重量構成は、すでに表-2.9に示した。

(4) 環境中への排出物

a)CO₂

CO₂は主に工場の暖房用機器の使用及び海上試運転により大気中に排出される。A重油の燃焼に伴うCO₂排出量は、アルミ合金漁船と同様にA重油の消費量と燃

料中の炭素分(85%)に基づいて算出した。

b)スチレン

硬化前の樹脂はスチレンモノマーを約40%含有している。このうち、樹脂の硬化に伴い、樹脂全体の重量の4%が大気中へ排出され、残りの36%は硬化時に樹脂中に取り込まれると考えられる。FRP漁船の建造に使用したポリエステル樹脂量に基づいて、大気中へ排出されるスチレンの排出量を算出した。

c)溶剤

アルミ合金漁船と同様に、塗装で使用する溶剤の全量が大気中に揮発すると考えた。

d)排水

サンディング作業等で工業用水を使用するが、使用量が生活排水に比べ少なく、また、明確に排水量を把握できなかったため、システムデータでは省略した。

(5)固形廃棄物

FRP漁船の建造に際して排出される廃棄物の分類を図-3.8に示す。産業廃棄物の分類はアルミ合金漁船と同じであり、ここでは省略した。建造工程で排出される固形廃棄物の内訳と処理方法を表-3.21に示す。以下にリサイクル品と固形廃棄物の種類とその発生源を示す。

a)リサイクル原料

工場外部でのリサイクル対象は梱包材のダンボールと型枠材として使用された鉄くず等の金属である。これらの材料の発生量は不明なため、システムデータでは省略した。

また、工場内において、アセトン(比重0.79)の使用量のうち90%が回収され、再生処理が行われる。

(b)燃やすゴミ

アルミ合金漁船と同様に、梱包材から多く発生する紙、木屑、ウェス、ダイオキシンの発生しないポリエチレン及びプラスチック類で、工場内の焼却炉により焼却する。

(c)燃やせないゴミ

FRP端材、簡易雌型、焼却灰、アセトンスラッジ、ワックス等である。FRP端材は主に積層工程のトリミングで発生する。簡易雌型は償却分の重量のみを対象とし、その重量の20%を参入した。また、アセトンスラッジはアセトン使用量の10%をスラッジとし、ワックスは使用量の全量が廃棄されるものとした。

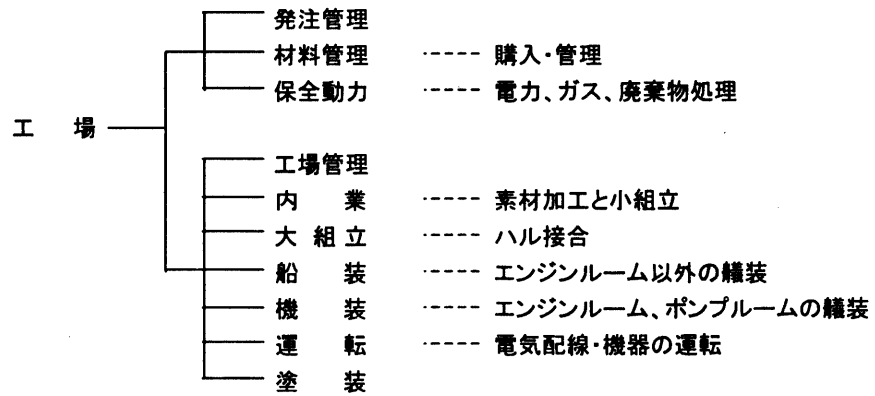


図-3.1 工場の作業分担の例

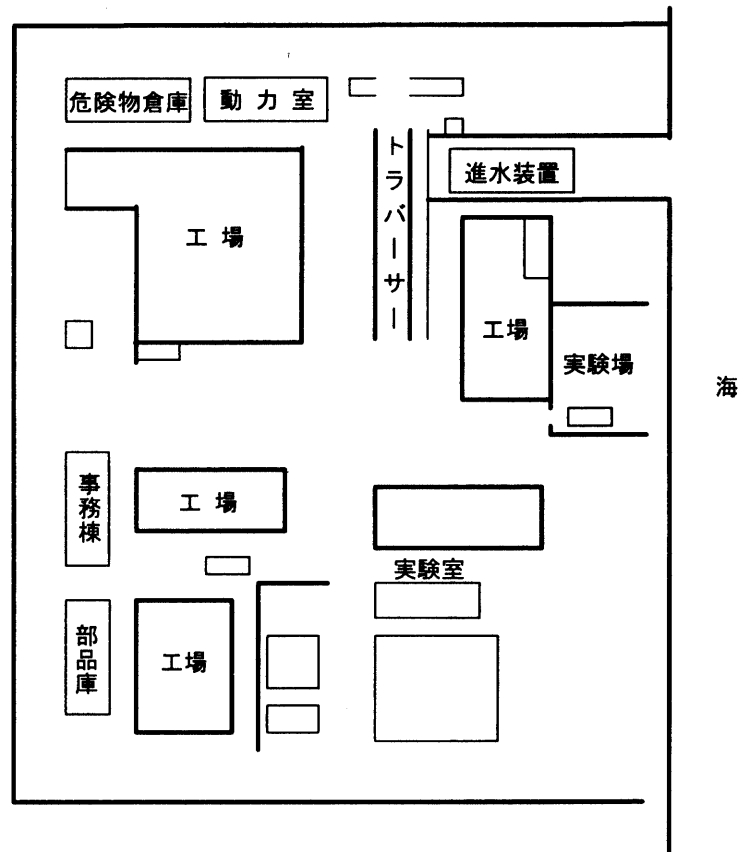


図-3.2 造船所配置図

表-3.1 主な機材 アルミ合金漁船の建造に使用した機材

分類	作業名	機械名	台数
素材加工機器	切断	シアリングマシン	1
		エア・プラスマ切断機	1
		プラスマーク切断機	2
		パネルソー	1
		ルーター	2
		電気丸鋸	7
		電気ジグソー	3
		ハンドルーター	3
		卓上丸鋸	3
		ラクソー(堅型ハットソー)	1
		電動ベベラ	2
		帯鋸	1
		自動飽盤	1
		堅押し飽盤	1
	穴あけ	電気ドリル	5
		充電スクリュー	2
	溶接	MIG溶接機(350A)	5
		MIG溶接機(300A)	4
		MIG溶接機(200A)	2
		直立ボール板	1
	表面研磨	電気サンダー	10
	曲げ	4本柱油圧プレス	1
		パンチプレス	1
		スライド式吊ビーム	3
		3本ロール	1
		油圧パイプベンダー	1
運搬装置		昇降装置	1
		運搬フォーク	1
		クレーン	4
その他の機器	治具	シャコマン	30
		ターンバックル	20
		ジャッキ	10
		ハッカー	6
	作業環境装置	スポットクーラー	1
		溶接ヒューム除去装置	1

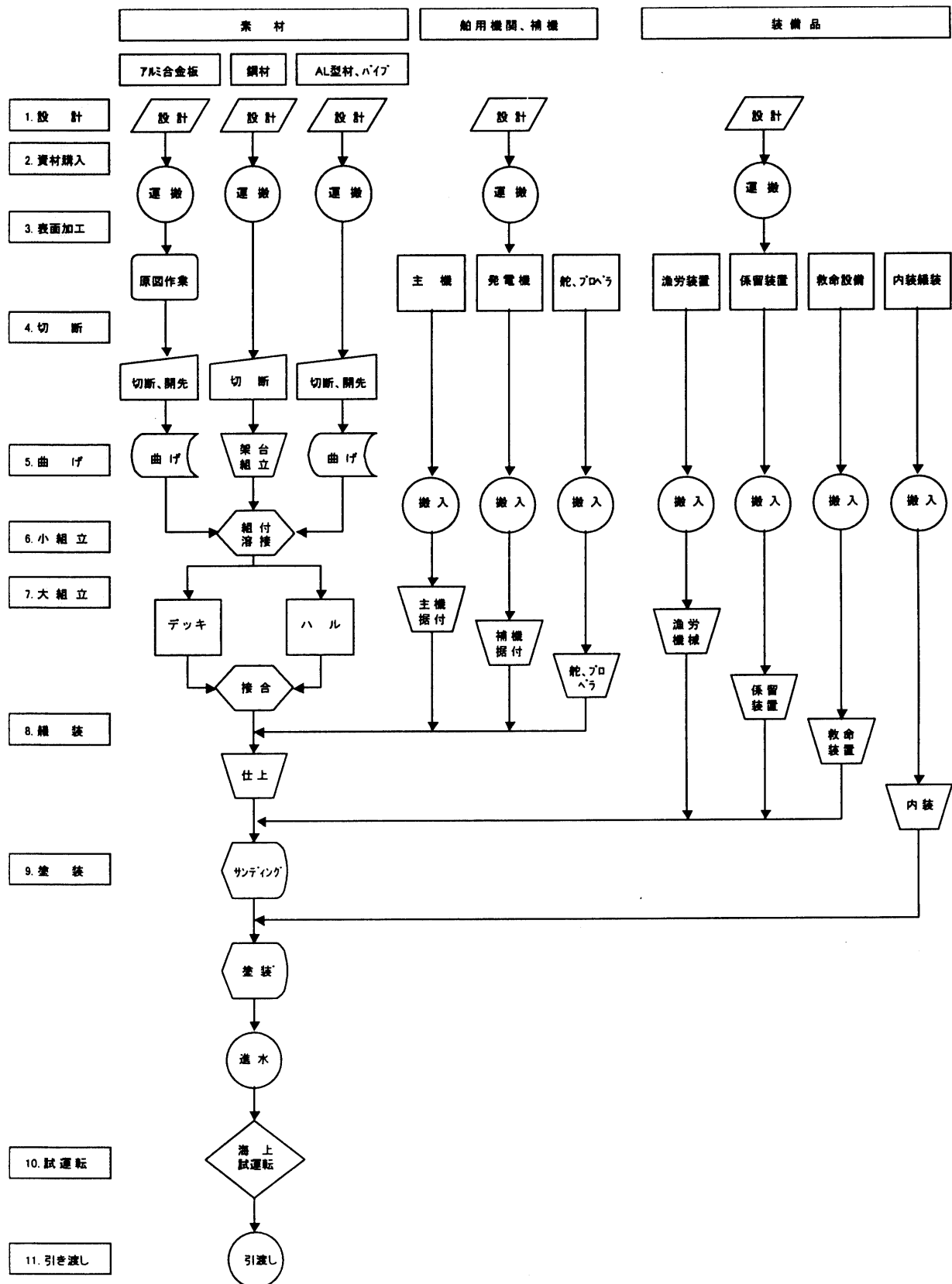


図-3.3 アルミ合金漁船の建造工程

表- 3.2 塗装場所と塗装の仕様

塗装箇所	面積 (㎡)	塗装方法	塗料の仕様		
			下塗り	中塗り	上塗り
外板(水線上)	150	エアレススプレー	エッチングプライマー-H	ラバックスAC	ラバックス上塗り
外板(水線下)	100	ローラー・刷毛	エッチングプライマー-H	ラバックスAC	マリンスター-A(※)
上甲板	90	エアレススプレー	エッチングプライマー-H	クロマイトNO1000	ノンスリップデッキ
上部構造	50	ローラー・刷毛	エッチングプライマー-H	クロマイトNO1000	エパマリン 2L
船殻内部	85	ローラー・刷毛	エッチングプライマー-H	クロマイトNO1000	エパマリン 2L
内底部	55	ローラー・刷毛	タールエポキシ樹脂	タールエポキシ樹脂	タールエポキシ樹脂
合 計	530				
●塗装方法別の内訳					
エアレススプレー	240	(外板(水線上)、上甲板)			
ローラー・刷毛	290	(外板(水線下)、上部構造、船殻構造、内底部)			

(※)防汚塗料(船底2号塗料)

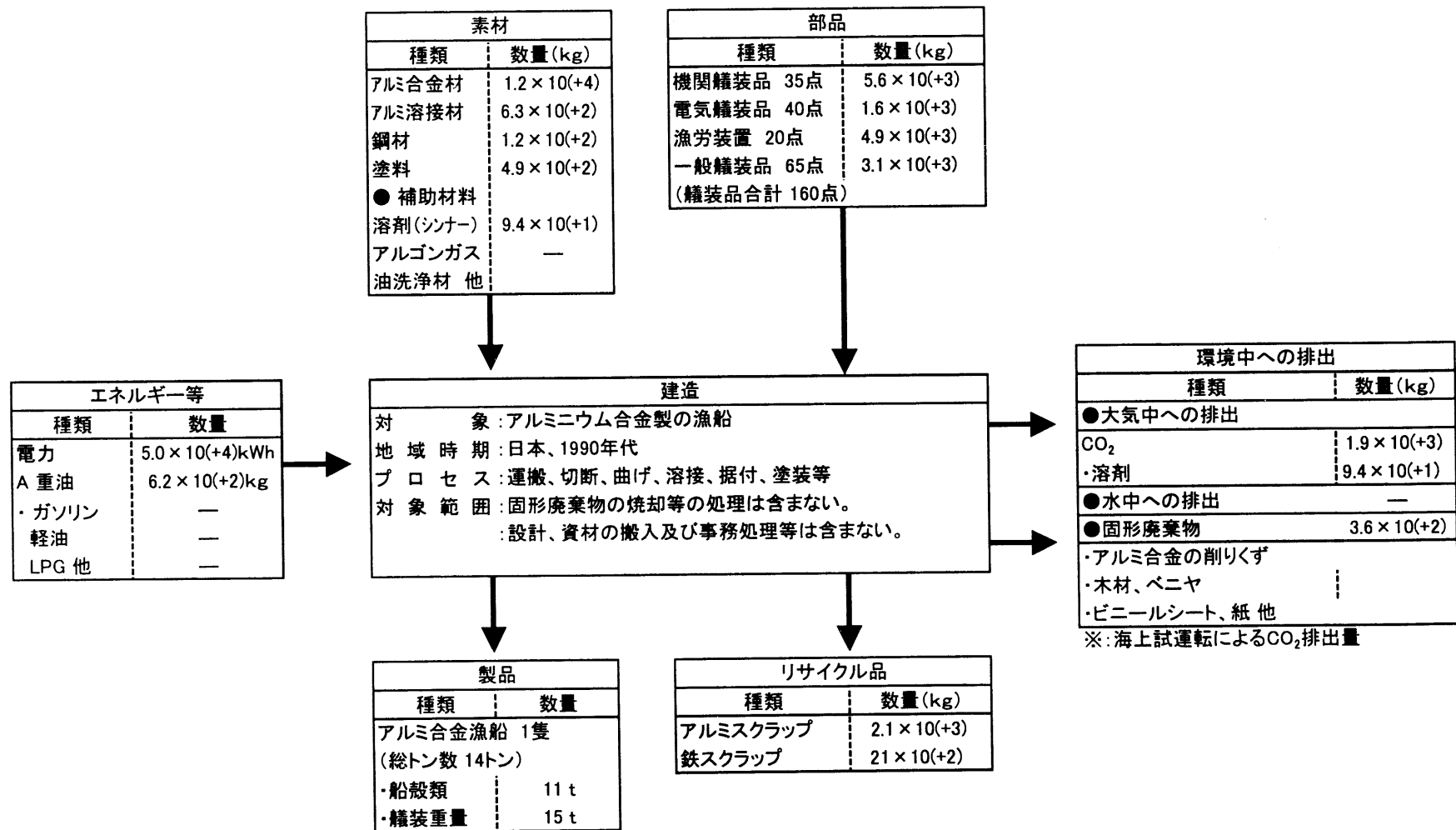


図-3.4 建造ステージのシステムデータ(アルミ合金漁船)

表-3.3 工場における電力消費量

種類	定格消費電力(kW)	数量	定格総消費電力(kW)	稼働時間 工数	稼働率 ※	総使用量 (kWh)	割合 (%)
1.天井水銀灯	4.0E-01	45 灯	1.8E+01	800	0.7	1.0E+04	20.3%
2.ルーフファン	2.2E+00	6 台	1.3E+01	800	0.3	3.2E+03	6.4%
3.天井クレーン	3.4E+01	2 基	6.9E+01	800	0.3	1.7E+04	33.3%
4.ノビルーン	2.2E+00	3 基	6.6E+00	800	0.3	1.6E+03	3.2%
5.電気工具	-	-	3.0E+00	800	0.5	1.2E+03	2.4%
6.溶接機	-	11台	1.6E+02	800	0.025	3.1E+03	6.3%
7.工作機械	-	-	5.8E+01	800	0.3	1.4E+04	28.1%
合計						5.0E+04	100%

備考:※:稼働率は推定とし、溶接機の負荷率は50%、また、平均のアーuntime率は5%と仮定した。

表-3.4 架台製作に使用した電力消費量

種類	作業名	定格総消費電力(kW)	使用時間 (h)	稼働率 ※	総使用量 (kWh)	割合 (%)
切断機	切断作業	3.7E+00	4	0.7	1.0E+01	66.7
ボール盤	穴開け作業	1.5E+00	4	0.7	4.2E+00	26.9
溶接機	組立作業	1.0E+01	4	0.025	1.0E+00	6.4
合計					1.6E+01	100

備考:※: 稼働率は推定とし、溶接機の負荷率は50%、また、平均のアーuntime率は5%と仮定した。

表-3.5 アルミ合金材の使用量

(a) アルミニウム合金材

	材質	使用量(kg)	船体重量(kg)	残材(kg)	歩留り(%)
板材	A5083	9.4E+03	7.5E+03	1.9E+03	80
型材	A5083	2.1E+03	1.9E+03	1.6E+02	92
管材	A5083	2.6E+02	2.3E+02	3.0E+01	88
小計	-	1.2E+04	9.7E+03	2.1E+03	82

(b) 溶接材

	材質	使用量(kg)	船体重量(kg)	残材(kg)	歩留り(%)
ワイヤー	A5183	5.8E+02	5.7E+02	1.0E+01	98
溶接棒	A5183	5.8E+01	5.0E+01	8.0E+00	86
小計	-	6.3E+02	6.2E+02	1.8E+01	97

表-3.6 架台製作に使用した鋼材の使用量

材料名	板厚(t)	サイズ	サイズ	長さ(m)	使用料(本)	重量(kg)
チャンネル	9	75	150	6	15	7.2E+01
アングル	6	65	65	5	30	3.0E+01
アングル	5	50	50	5	30	1.5E+01
合計						1.2E+02

表-3.7 防食塗料と溶剤の使用量

●塗料

	製品名	使用量(kg)	希釈シンナー
1	エッチングプライマー-H	5.2E+01	エッチングプライマー シンナー
2	ラバックスAC-HB SR	1.4E+02	ラバックス シンナー
3	ラバックス上塗り 白	5.5E+01	ラバックス シンナー
4	クロマイトNO1000	7.5E+01	塗料用シンナー
5	エパマリン 2L 白	3.5E+01	塗料用シンナー
6	ビスコンQL 黒	4.6E+01	ビスコンQL シンナー
	小計(塗料)	4.0E+02	-

●溶剤(希釈シンナー)

	製品名	使用量(kg)
7	エッチングプライマー シンナー	1.3E+01
8	ラバックス シンナー	4.2E+01
9	塗料用シンナー	2.6E+01
10	ビスコンQL シンナー	1.3E+01
	小計(希釈シンナー)	9.4E+01

表-3.8 防汚塗料の使用量

	製品名	塗料のタイプ	使用量(kg)	塗装回数と膜厚	理論塗布量(kg/m ²)
1	エッチングプライマー-H	ショッブプライマー	7.1E+00	1回×8(μ/回)	7.1E-02
2	ビニルAC-HB	ビニル樹脂塗料	5.8E+01	2回×8(μ/回)	2.9E-01
3	ニューマリンゴールド	非錫系防汚塗料	2.6E+01	2回×8(μ/回)	1.3E-01
	小計(船底塗装)	-	9.1E+01	-	-

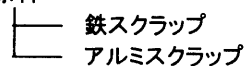
表-3.9 船体重量に算入する塗装重量

	塗料の使用量(kg)	付着率(%)	塗膜重量(kg)
1. 全体塗装	4.0E+02	※1 85	3.4E+02
2. 船底塗装	9.1E+01	※2 100	9.1E+01
合 計	-	-	4.3E+02

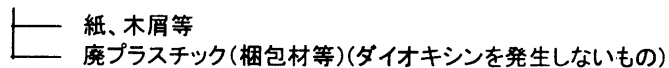
※1 エアレススプレー(塗装面積240m²、付着率77%)とローラー塗り
(塗装面積190m²、付着率95%)の加重平均値の85%とした。

※2 ハケ塗りのため付着率100%とした。

1 リサイクル原料



2 燃えるゴミ



3 燃やせないゴミ(ダイオキシンを発生する塩化ビニル系プラスチック)

4 産業廃棄物

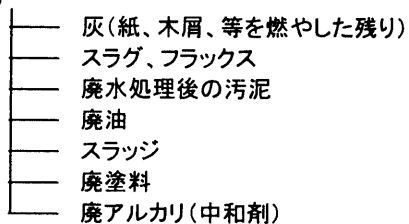


図-3.5 廃棄物の分類

表-3.10 廃棄物の種類、量及び処理方法(アルミ合金漁船)

廃棄物名	寸法	量		重量(kg)	処理方法
アルミ合金板	A5083	-		2.1E+03	リサイクル品として売却
アルミ合金	A5183溶接棒、ワイヤー			1.8E+01	リサイクル品として売却
アルミ合金	余盛サンディング			1.8E+01	産廃業者にて処理
アルミ合金	A5083、板材切断			7.0E+01	リサイクル品として売却
木材(アルミ材梱包)	50mm×50mm×2m	70	本	2.1E+02	社内焼却
木材(アルミ材梱包)	50mm×50mm×1m	70	本	1.0E+02	社内焼却
ラベ(アルミ材梱包)	2.5mm×50mm×1.8m	※ 250	枚	3.4E+01	社内焼却
ビニールシート(板・型材)	t×2000mm×6100mm	50	枚	-	産廃業者にて処理
紙(薄い)板材	t×2000mm×6100mm	※ 75	枚	-	社内焼却
紙(厚い)型材	t×1000mm×2000mm	200	枚	-	ダンボール扱い

※ 排出量及び重量は平均値を示した

表-3.11 FRP漁船の建造時に使用する作業機械一覧

機械名	台数
アブリケーター	1
ビーナス機	3
メバリ含浸機	1
ペースト練り機	1
天井クレーン	4
昇降装置	1
リフト	1
傾斜板	1
横切り盤	1
帯鋸	1
自動鉋盤	1
手押し鉋盤	1
ドリル	5
サンダー	5
電気ジグソー	5
スクリュー	5
ベルトサンダー	3
スーパーソー	2
ホットメルト	2
卓上丸鋸	2
電気丸鋸	2
シャコマン	10
ジャッキ	2

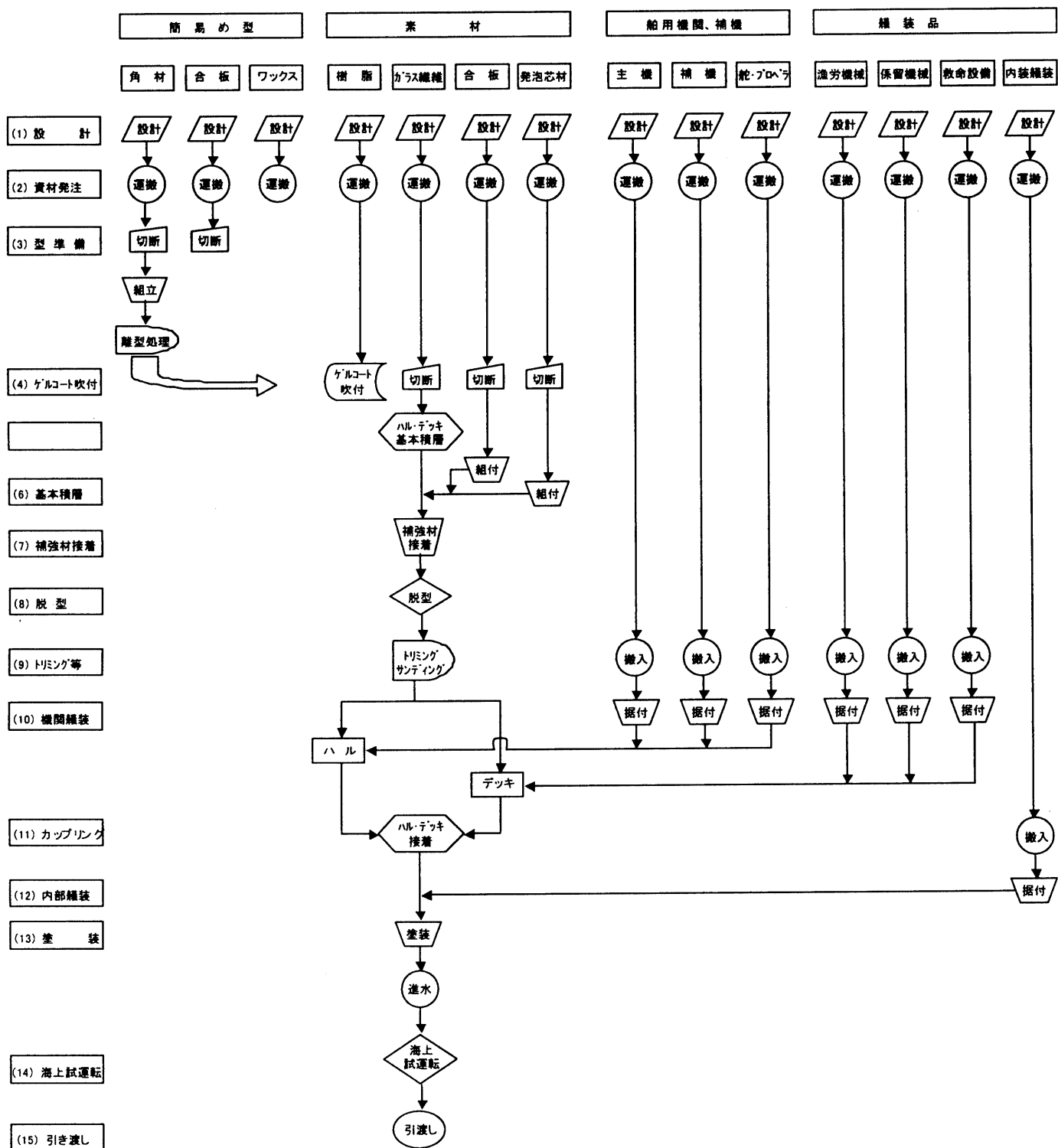


図-3.6 FRP漁船の建造作業フロー

表-3.12 FRP素材の保管期間

素材名	保管期間
ゲルコート	製造後45～60日
ガラス繊維	納入後6ヶ月以内、開梱後2週間以内
ポリエステル樹脂	納入後3ヶ月以内
硬化剤	製造後6ヶ月以内、開栓後1ヶ月以内

表-3.13 ポリエステル樹脂と触媒の配合比

触媒の種類	樹脂重量に対する割合
促進剤	0.5wt%
硬化剤	1.0wt%

表-3.14 ガラス繊維とポリエステル樹脂の配合比

ガラス繊維の種類	樹脂重量に対する割合
マット	50wt%
ロービングクロス	100wt%

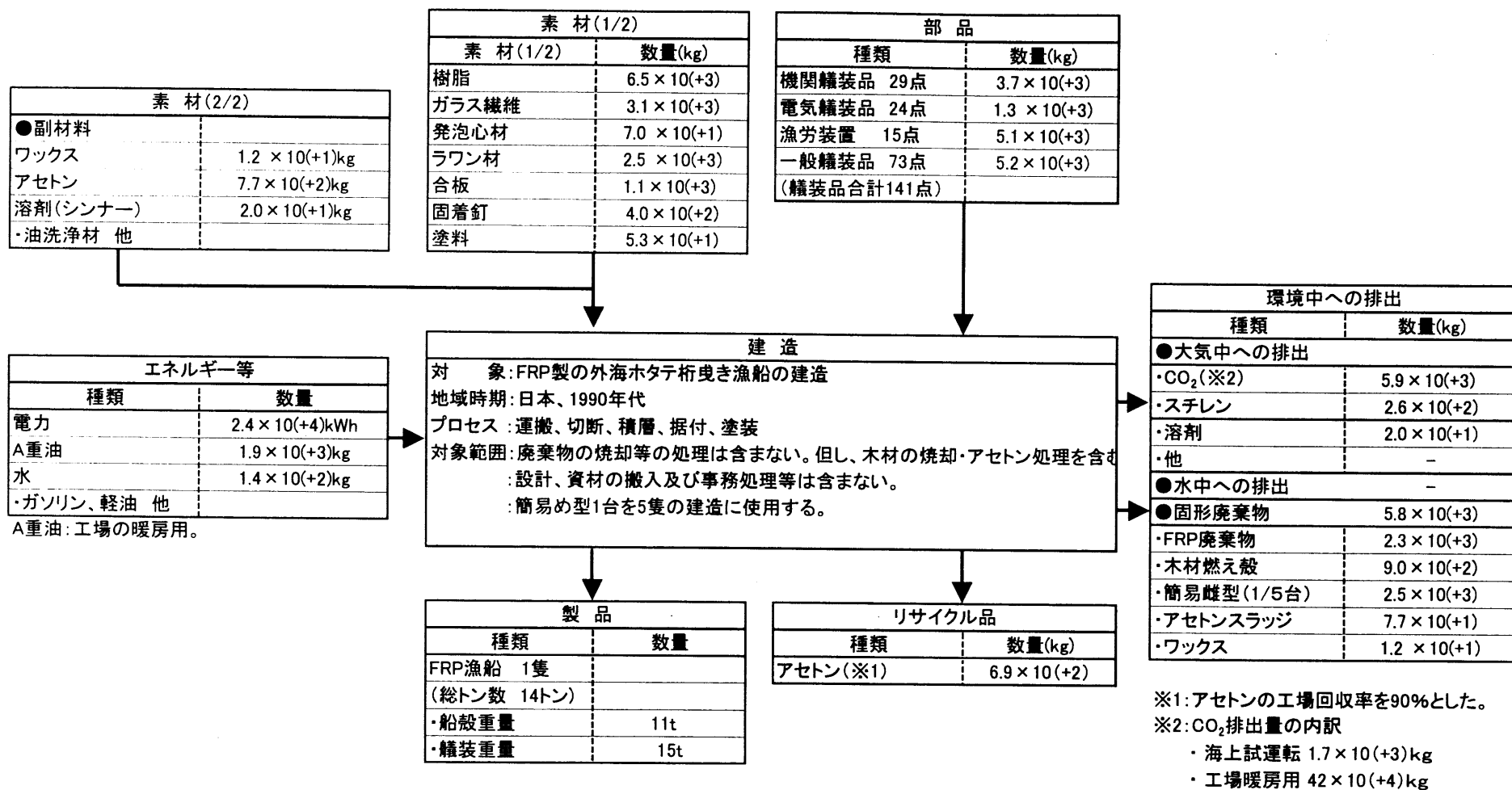


図-3.7 建造ステージのシステムデータ (FRP漁船)

表-3.15 簡易雌型の重量構成

材料名	使用量(m3)	比重	重量 (kg)
米松	13.2	0.50	6.6E+03
ラワン	6.0	0.59	3.5E+03
ラワン・ベニヤ	3.6	0.60	2.2E+03
接着剤	-	-	2.4E+01
パテ	-	-	2.2E+02
ゲルコート	-	-	3.5E+01
樹脂	-	-	4.7E+01
ガラス繊維	-	-	2.1E+01
合計	-	-	1.3E+04

表-3.16 FRP漁船の建造時のエネルギー等の使用量と内訳

項 目	主な用途	使用量
電力	全工程	2.4E+04 kWh
工業用水	射水試験、生活水	1.4E+02 kg
A重油	海上試運転	5.4E+02 kg
	暖房用	1.4E+03 kg

表-3.17 樹脂の使用量の内訳

	種 類	使用場所	使用量(kg)
1	外装ゲルコート	船殻	2.4E+02
	内装ゲルコート	船殻	2.3E+02
	ポリエステル樹脂	船殻	5.4E+03
	ミツシュマツシュペースト	船殻	5.2E+02
	硬化材	船殻	5.9E+01
	小計(1)		6.5E+03
2	樹脂	※ 簡易雌型	6.5E+01
	合計(1+2)		6.5E+03

備考: 簡易雌型は全使用量の20%のみを計上した。

表-3.18 使用した発泡心材の種類の内訳

	発泡心材	使用量(kg)
1	ウレタンフォーム	5.4E+01
2	バルーンマット	3.3E+00
3	アクリル発泡体	1.3E+01
	合計	7.0E+01

表-3.19 ラワン材及び合板の使用量の内訳

	種 類	使用箇所	重量(kg)
1	ラワン材	船殻	4.9E+02
	ラワン材	簡易雌型	7.1E+02
	米松	簡易雌型	1.3E+03
	小計		2.5E+03
2	合板(ラワンベニヤ 9mm)	船殻	2.3E+02
	合板(ラワンベニヤ 12mm)	船殻	3.4E+01
	合板(ラワンベニヤ 15mm)	船殻	1.1E+02
	合板(ラワンベニヤ 20mm)	船殻	2.6E+02
	合板(ラワンベニヤ 30mm)	船殻	1.7E+01
	合板(ラワンベニヤ 40mm)	船殻	2.9E+01
	合板(ラワンベニヤ)	簡易雌型	4.3E+02
	小計		1.1E+03

備考:簡易雌型はすべての使用量の20%のみを算入した。

表-3.20 塗料の使用量の内訳(FRP漁船)

	塗料の種類	数量(kg)
1	プライマー	1.8E+01
2	船底防汚塗料	3.6E+01
	小計(1+2)	5.3E+01
3	プライマー用溶剤	1.0E+01
4	塗料用溶剤	1.0E+01
	小計(3+4)	2.0E+01



図-3.8 廃棄物の分類

表-3.21 固形廃棄物の内訳と処理方法

	種 類	排出量(kg)	処理方法
1	木材燃えがら	9.0E+02	産廃業者に委託
2	FRP廃棄物	2.3E+03	産廃業者に委託
3	簡易雌型	2.5E+03	工場内焼却
4	ワックス	1.2E+01	産廃業者に委託
5	アセトンスラッジ	8.2E+01	工場内焼却
	合 計	5.8E+03	

4. 運航

モデル船としたホタテ桁曳き漁船が運航段階で使用する資材及び排出物を把握するために、漁協の組織・事業概要、ホタテ養殖方法、操業方法などの運航方法に関して「漁協」でヒアリング調査を行った。調査結果を以下に示す。なお、本解析で対象としたアルミ合金漁船とFRP漁船の運航方法は保守作業として行われる塗装を除いて同じである。

4.1 漁協の組織と事業概要

漁協の組織は組合長1名及び組合員300人程度であり、このうちホタテ漁に関わるのは210人位である。主な業務は、港に近い塩水湖での放流用の稚貝の生産、外海でのホタテ貝増養殖、ホタテ桁曳き漁船を使用するホタテ貝の採取、加工及び販売である。

主な設備は漁船19隻(5トン未満を除く)及び7つの加工工場(漁協所有が1工場、組合員所有が6工場)である。所有する漁船のうちホタテ桁曳き網漁を行う漁船は13隻であり、このうちFRP漁船は12隻、また、アルミ合金漁船は1隻である。ホタテ貝の生産実績は多い年で年間約3万tであり、生産量の90%は漁協が外海に放流した稚貝が成長したホタテ貝である。

4.2 養殖

4.2.1 養殖の方法

漁協は、1979年(昭和54年)より本格的に4輪採によるホタテ貝の地撒養殖を、組合員による共同経営として実施している。4輪採とは図-4.1に示すように港の沖合にある漁場を4つの海区に区切り、毎年、年間を通して1つの海区だけを漁の対象として使用し、4年で漁場全体を1回りするホタテ貝の増養殖漁業の方法である。1つの海区の大きさは約1.5km×8km程度の長方形で、その水深は約20~80mである。港からの距離は1番近い海区で3~4海里(1海里=1.852km)、一番遠い海区で15~17海里である。

漁場での操業に加え、塩水湖での稚貝の育成及び海区への放流等を行う。

4.2.2 作業内容

ホタテ養殖の作業内容と年間の操業日程を表-4.1に示す。操業期間は、流氷の状況にも依存するが、通常1年の操業開始日は3月25日であり、終了日は12月25日である。月に2日の休漁日と約3日の荒天日を除くと、年間の操業日数は231日(操業率83.7%)となる。春操業と本操業の年間の平均作業日数を月別に表-4.2に示す。

(1) 稚貝の育成

5月、塩水湖でホタテの産卵が行われ、ホタテ貝1匹から1~2億の卵が産卵される。受精卵は幼生となって浮遊し、約1ヶ月で0.3mm程度に成長する。

6月、塩水湖で0.3mm程度に成長したホタテの種苗をメロ紙製の採漁器に吸着させて捕獲し、採漁器を垂下して育成する。

9月、採漁器を集め、稚貝を採取する。採取した稚貝を外海の海区への放流用と湖内での養殖用に選別する。選別した稚貝を養殖かごに入れ、次の春(5月)まで湖内で育てる。

(2) 操業

3月、春操業として、前年に漁をした海区で残ったホタテ貝やヒトデを取る等の漁場整備を行う。

5月、大きさが3~4cmに育った稚貝を塩水湖で集め、指定された外海の海区に放流する。

6月~12月、本操業として外海の海区に放流した4年目のホタテ貝を採る。

4.3 加工作業

干し貝柱の製造工程は以下のとおりである。また、加工に要する日数は約40日である。

- a) 貝の洗浄を水で行う。
- b) 貝を沸騰したお湯で茹で、貝から身を取る。
- c) 作業員による手作業で身からウロを取る。
- d) 塩分を含んだ水で茹でる。
- e) 乾燥室で乾燥させる。
- f) 水分を調整し、天日で干す。
- g) 品質検査を行い、20kg単位で紙箱に詰め、出荷する。

4.4 操業方法と主機関の運転状態

4.4.1 ホタテ桁曳網漁法

ホタテ貝の桁曳網漁法による漁業操業図を図-4.2に示す⁵⁾。ホタテ桁曳き漁船は漁場到着後に桁網(通称、八尺引き)を投入し、曳網する。頃合を見計らって網を引き上げ、漁獲を終わる。揚げ網は魚貝巻上装置(ドラム)により行う。桁曳網漁法では、桁網の爪により地撒きホタテ貝の約10%前後が破損される場合もある。

ホタテ貝桁曳網の例を図-4.3に示す⁵⁾。桁網は鉄製の桁、チェーン、網及び曳網で構成され、効率を追求して更に改良が行われている。桁網の製作費は約30万円である。

4.4.2 操業手順

漁協は共同経営体であり、ホタテ桁曳き網漁に従事する13隻が出漁する。各船には船長を含め6人が乗船し、日の出と同時に出航する。指定された海区で曳網し、ホタテ貝の漁獲量が満載搭載量の約18tになると帰港する。漁獲量が満載に達しない場合でも、15時~16時で作業を打ち切り、帰港する。1日の平均的な稼働時間は7時間程度である。しかし、実際には本操業の開始の初期では漁獲が容易で、操業時間は短く、後半では長くなる傾向がある。操業における作業手順を以下に示す。また、桁網の投入、曳網及び桁網の引揚げ作業の様子を写真-4.1及び写真-

4.2に示す。

(1) 桁網の投入

漁船のセンタービット(索類を留める装置)、に引網を結び、桁網を作業員の手作業により船側から投入する。

(2) 曳網

桁網の曳網時の船速は2～3knot程度である。しかし、溜まり網にホタテが入ると船速が低下するため、主機関の出力を上げて運転する。曳網中の主機関の回転速度は概ね800～1200rpm程度である。海区の水深は20～60mで、引き網を約100m程くり出して桁網を曳く。引き網は直径6mmの高密度ポリエチレン繊維(商品名ハイゼックス)又は高強度ポリプロ繊維(商品名ダンライン)である。また、桁網を曳く海底の地質はホタテの生育に良い小砂利である。

(3) ドラムでの巻取り

海区で約1時間曳網した後に停船し、引き網をドラムで巻取る。巻初めは船を前進させながらドラムを回し、網の直上まで行く。このとき船速と巻取り速度を調節しながら主機関の回転速度を約800rpm位で運転する。プロペラの回転を止め、油圧ポンプだけを駆動し、船上にホタテ貝を取り込む。

(4) クレーンのフック掛け

引き網をドラムで巻き終えた後、桁網の取り付けロープにウインチのフックを引っ掛ける。

(5) ウインチによる引き上げ

桁網は爪の部分から上がりはじめ、デッキ上にホタテ貝を落とす。ウインチは電動モーター式である。

(6) ホタテ貝の選別

採取した物の中には、ホタテの成貝のほか、貝殻やヒトデ等も混じっているため、デッキ上で船員が選別し、ホタテ貝のみを船倉に入れる。ホタテ貝の重量が満載の約18tになるまで作業をくり返す。

4.4.3 主機関の運転状態

モデル船の主機関の運転状態、燃料消費量及び排気ガス成分等に関する操業時の実態を以下にまとめる。

1) 主機関の負荷率

モデル船の主機関の回転速度rpm、負荷率及び航行速度等の運航状態を航行状態毎に表-4.3に示す。

往路及び復路に要する航行時間は海区毎に異なる。空荷状態の往路では、航行速度は約17knotで、航行時間は15分～1時間程度である。復路では満載状態のため約13～14knotで航行し、航行時間は往路に比べ30%程度増える。

1回の出漁での平均的な曳網の回数は、3～5月の春操業では約20回、また6～12月の本操業では約10回程度である。曳網作業は1回約30分程度要する。

1日の操業パターンに相当する主機関の回転速度と負荷率の変動パターンを図-4.3に示す。往路及び復路では主機関は負荷率100%、回転速度1900rpmの全速力の状態である。桁網の巻き上げに際しては主機関の回転速

度は1,000rpm程度である。しかし、曳網作業では桁網の投下、曳網及び巻き上げがくり返されるため、主機関の回転速度は800～1,200rpm程度の幅を持つと考えられる。また、曳網時の主機関の平均負荷率は、スロットル開度及び黒煙を上げる直前で操業しているという実態から推定すると、約55%、出力は300PS程度と考えられる。

2) 燃料使用量

モデル船の運航による燃料使用量を把握するため、漁協が支払った燃料費の調査を行った。漁協の平成10年度の稼動日数と燃料費の実績に基づいて算出した燃料の使用量を表-4.4に示す。なお、FRP漁船の燃料費は稼動した12隻の平均値とした。主機関の形式が同じアルミ合金漁船とFRP漁船の1日当たりの燃料使用量が異なる結果となったが、機関のセッティング等の仕様の違いにより生じたと考えられる。なお、ホタテ漁船の年間の稼動日数を表-4.2に示した231日とした場合、年間の燃料使用量はアルミ合金漁船で64t、FRP漁船で57tとなる。

3) 排気ガス成分

モデル船の排気ガスは、主機関のターボチャージャー直後で冷却海水と混ぜ合わされ、そのまま船尾のトランスラム(船尾板)の水面近くから空気中に排出される。そのため、海水と混ぜ合わされた排気ガスの一部は海水に溶け込んでいると考えられる。なお、主機関の冷却は間接清水冷却であり、その清水の冷却には海水を使用する。

モデル船の主機関から排出される排気ガス成分のデータは入手することはできなかった。そのため、モデル船と同じ4サイクルディーゼル機関で、ほぼ同じ出力・燃料消費率のエンジン2機種のエンジン単体での排気ガスの計測値を表-4.5に示す。なお、CO₂の排出量は計測された燃料消費量からA重油中に含まれる炭素(C)分を仮定して算出した。CO₂以外の排気ガス成分の排出濃度は主機関の調整状態により大きく異なり、燃料消費量や出力には必ずしも比例しないと考えられる。

4.5 保守・修理

モデル船の保守及び整備の実施状況を以下にまとめる。

4.5.1 保守作業

船を使用している操業期間中の3月～12月に実施する保守作業は以下の通りである。

- 船体:「ダブリングデッキ」と「は擦れ材」として3層程度のFRPの張り付けを年に1回程度行う。
- 機関:500～1,000時間毎にオイルフィルターの交換を行う。
- 漁労機械:ベアリング類の交換を年に1回行う。

4.5.2 修理と整備

修理及び機関の整備は冬期の休漁期間に上架して実施する。

(1) 主機関のオーバーホール

主機関は運転時間が3年又は10,000時間を目処にピストン、ライナー及びメタルの交換を行う。操業時間(7時間/日)と年間の操業日数(約231日)を考慮すると、10,000時間は約6年に相当するため、実際には3年でエンジンのオーバーホールをすると考えられる。また、潤滑油の交換はエンジンのオーバーホールに併せて実施される。

(2)塗装

船底部の防汚塗料の塗装はアルミ合金漁船及びFRP漁船とも毎年上架して塗り替えを行う。また、アルミ合金漁船では2年に1度、船全体の塗装を実施する。

船底塗装及び全体塗装でも、船殻素材の地肌が露出する程度まで前の塗膜を落とし、新たに塗装を行う。塗装前に船体に付着している塗膜の約90～95%は固形廃棄物として処理される。

4.5.3 検査

漁協のホタテ桁曳き漁船は、建造時に都道府県の登録業務として船の大きさを測る測度の検認作業が行われる。しかし、定期的な法定検査は船舶検査法の対象船舶ではないため実施されない。船体の検査は休漁期間の上架時に自主的に実施する。

4.6 使用年数

漁協の漁船や主機関の平均的な使用年数と一般的な再利用の状況等を以下にまとめる。

4.6.1 漁船使用年数

調査した漁協では建造後15年を経過しているアルミ合金漁船が現在も現役として活動しており、廃船されていない。他の漁協等でのアルミ合金漁船の実績が不明なため、一般的な使用年数は不明である。

一方、漁協のFRP漁船は新造後12年程度使用した後、刺網船又は延縄船として売却される。売却後も10年以上刺網船又は延縄船としてそのまま使用され、建造後20年経過した現在においても廃棄されていない。FRP漁船の漁船保険加入船舶(平成9年度)の引受実績数⁹⁾では、船令19年(1978年建造)をピークとする山形をしており、最高船令は30年程度であった。

正確な漁船の使用年数を把握することはできなかったが、本解析では、モデル船の使用年数を漁船保険加入船舶の引受実績数を参考に20年とする。

4.6.2 主機関使用年数

調査した漁協の主機関は機令10～11年を目処に交換されている。交換した主機関はメーカーの販売会社等により引き取られる。一部の漁家は性能維持のため3～5年で主機関を代替する場合もあるが、20年以上同じ主機関を

使用し続ける場合もある。調査した漁協の主機関の換装期間は平均的な長さと考えられる。なお、20トン未満の漁船の中古ディーゼルエンジンは取引を行う市場は存在する。しかし、中古機の輸出はシンプルで頑丈なエンジンを対象に一部の大手メーカーが実施している程度である。

5. おわりに

アルミ合金製及びFRP製のホタテ桁曳き漁船の船舶の仕様、建造方法及び運航方法に関する詳細な調査を実施した。調査結果として、対象としたモデル船に関する建造段階及び運航段階での作業の流れと作業内容及び各段階で消費したエネルギーや資材の使用量並びに固形廃棄物等の排出量を把握した。

本調査結果を基に、アルミ合金製及びFRP製のホタテ桁曳き漁船の建造段階及び運航段階を対象としたインベントリ分析を実施し、その結果は本論文のB編、C編に報告する。

6. 謝辞

ヤマハ発動機シャーンSyS技術グループ木村嘉浩氏には溶接作業に関して的確な助言を頂きました。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 木原 洸 他2名、船舶建造のLCA、第3回エコバランス国際学会講演集、1998年11月
- 2) 亀山道弘 他2名、船舶の建造工程におけるLCI解析、日本機械学会第7回交通・物流部門大会講演論文集、1998年12月、pp397～400
- 3) 千田哲也 他3名、ライフ・サイクル・アセスメント(LCA)ーその概要と船舶への応用、日本船舶機関学会誌、第34巻第9号、1999年9月、pp618～625
- 4) 木原 洸 他7名、総合報告「船舶へのLCAの適用に関する調査研究」、海上技術安全研究所報告、第2巻2号、平成14年、pp.35-185
- 5) 金田禎之、日本漁具・漁法図説、初版、成山堂書店(株)、昭和52年3月18日、p p39-42
- 6) FRP漁船研究会 高速化安全対策検討会、高速化安全対策検討会事業報告、技術資料、FRP漁船、第227号、平成11年5月、pp.18-21

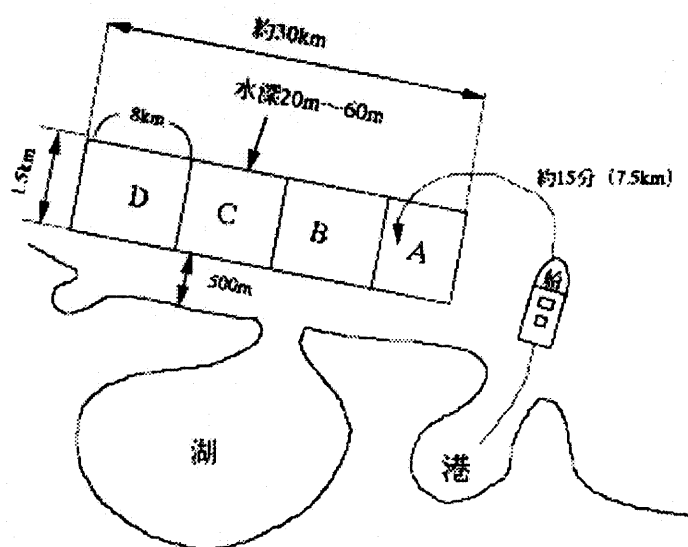


図-4.1 ホタテの漁場

表-4.1 操業期間と作業内容

月	漁場での操業 場所: 海区	稚貝の育成等 場所: サロマ湖等
3月	1. 春操業 漁場(海区)の清掃、整備	
4月	↑	
5月	↑ (越冬稚貝の放流)	・ホタテ産卵
6月	2. 本操業	・ホタテ苗の採取、垂下作業、育成
7月	↑	
8月	↑	
9月	↑	・稚貝の採取と選別翌年の5月まで育成
10月	↑	
11月	↑	
12月	↑	

備考 操業開始 3月25日、操業終了 12月25日

表-4.2 作業日数

月	暦 日数	操業 日数	休業 日数
3月	7	6	1
4月	30	25	5
5月	31	26	5
1. 春操業の小計	68	57	11
6月	30	25	5
7月	31	26	5
8月	31	26	5
9月	30	25	5
10月	31	26	5
11月	30	25	5
12月	25	21	4
2. 本操業の小計	208	174	34
年間	276	231	45

※ 休業日等の設定：

休業日(2日/月)、荒天日(3日/月)

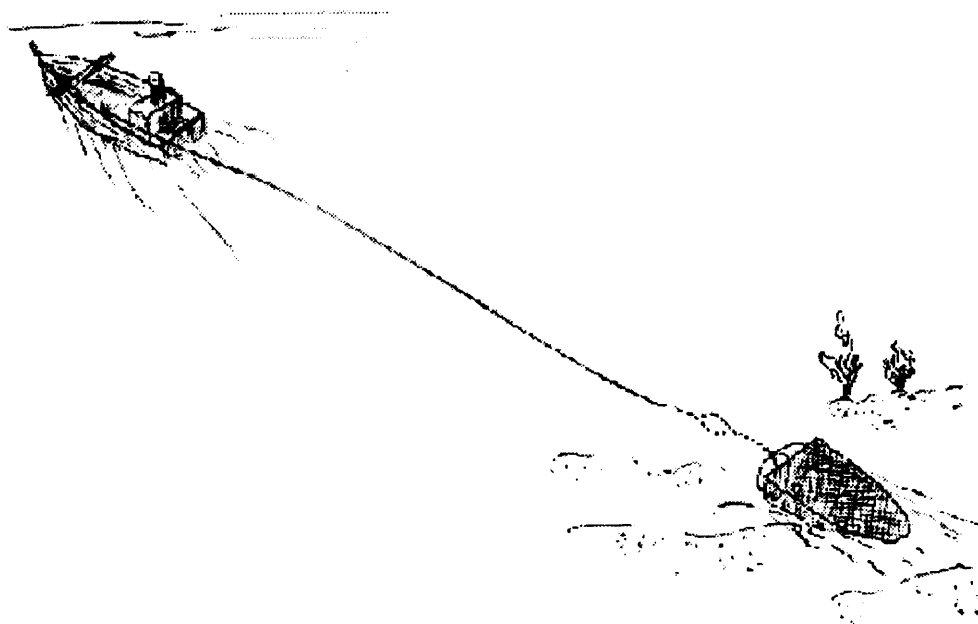


図-4.2 ホタテ貝の桁網漁法による漁業操業図

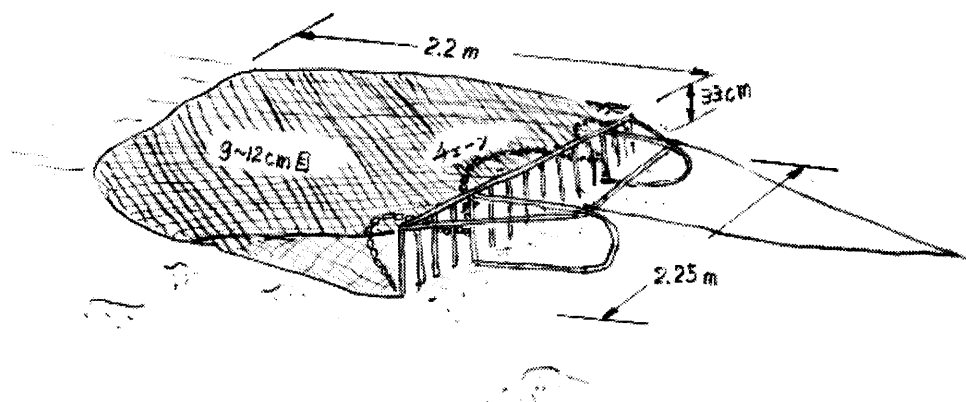


図-4.3 ホタテ貝桁網

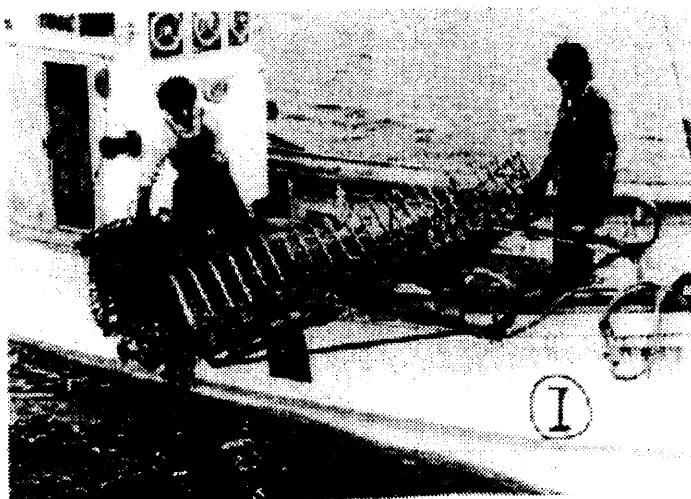


写真-4.1(1) 桁網(八尺)の投入

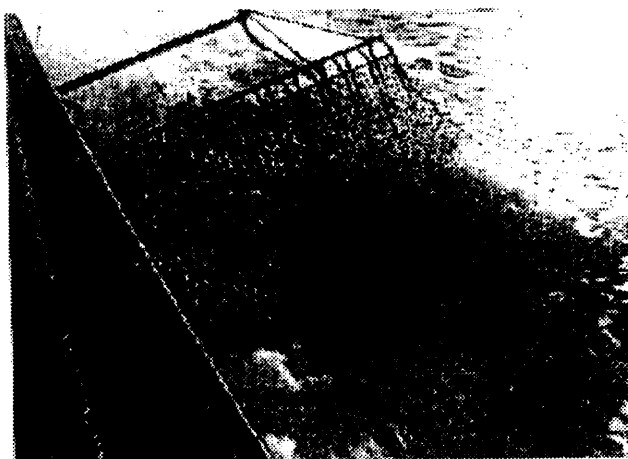


写真-4.1(2) 海へ投入される桁網

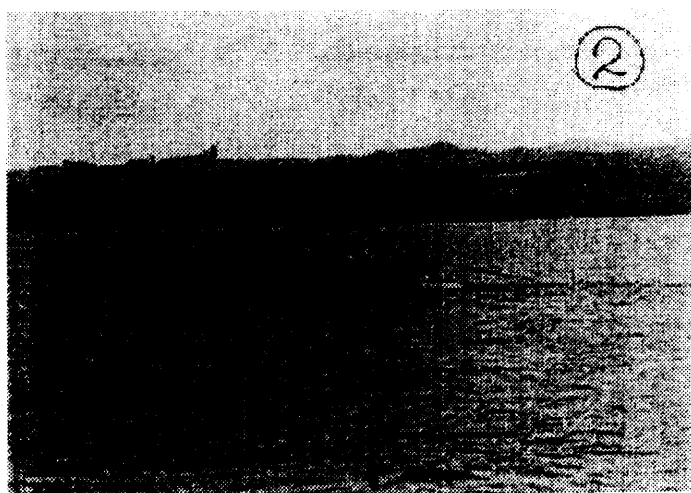


写真-4.1(3) 桁網を曳く漁船

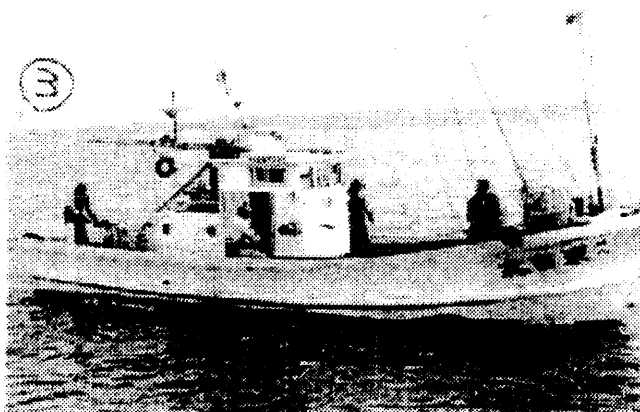


写真-4.2(1) 引網をドラムで巻取る様子

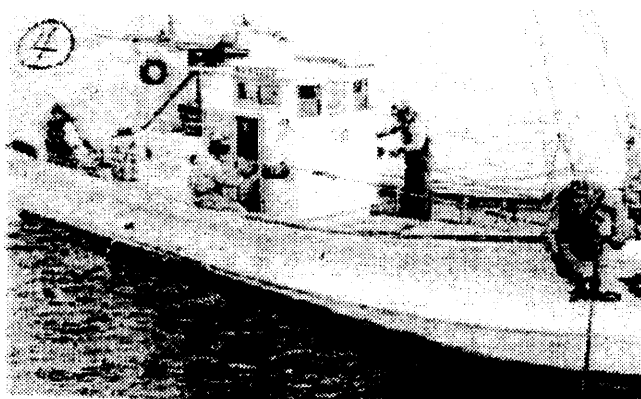


写真-4.2(2) クレーンのフックを引網の先端に掛ける様子

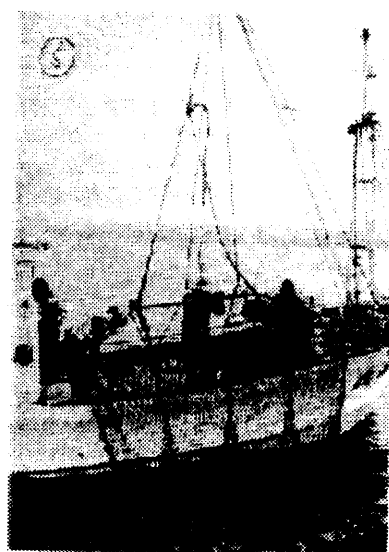


写真-4.2(3) 桁網の八尺部分が揚がり始め様子

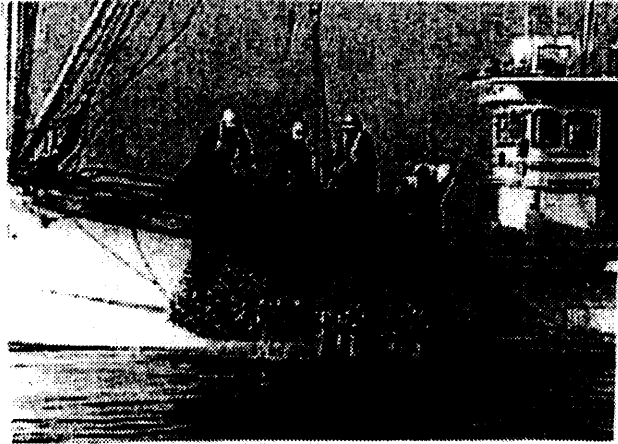


写真-4.2(4)桁網の留まり部分が揚がる様子

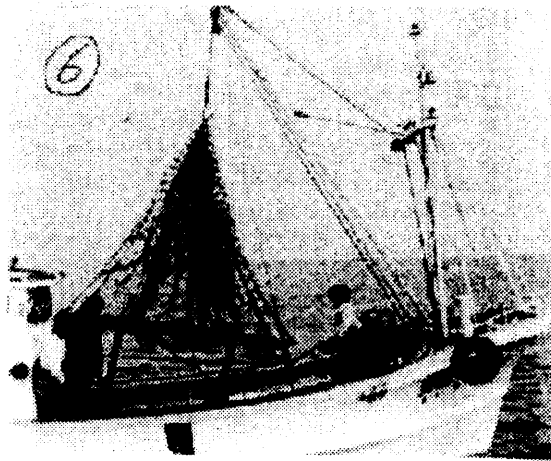


写真-4.2(5)留まり網をデッキ上に落す様子

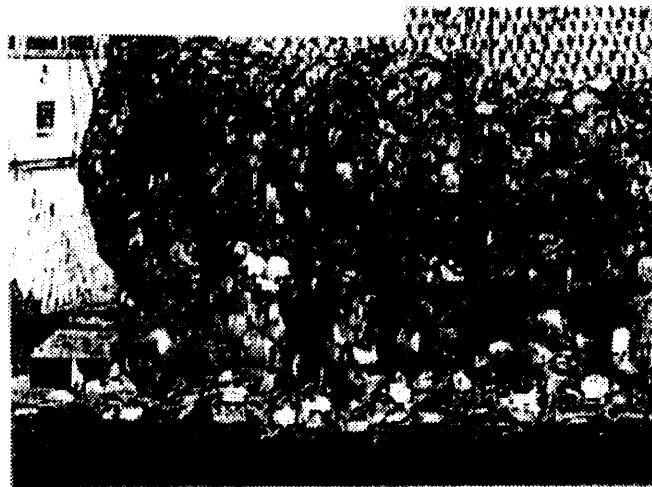


写真-4.2(6)デッキ上に落されるホタテ成貝

表-4.3 モデル船の運航状態

航行	航行時間(h)				主機関 回轉數(rpm)	負荷(%)	速力 (knot)
	第A海区	第B海区	第C海区	第D海区			
1. 港 → 漁場	0.25	0.5	0.75	1	1900	100	17
2. 曳網	0.3(h/回)				800~1200	約55	2~3
(1) 3~ 5月(約20回)	6						
(2) 6~12月(約10回)	3						
3. 漁場 → 港	0.3	0.65	0.98	1.3	1900	100	13~14

注意:主機関の定格出力は550PSである。

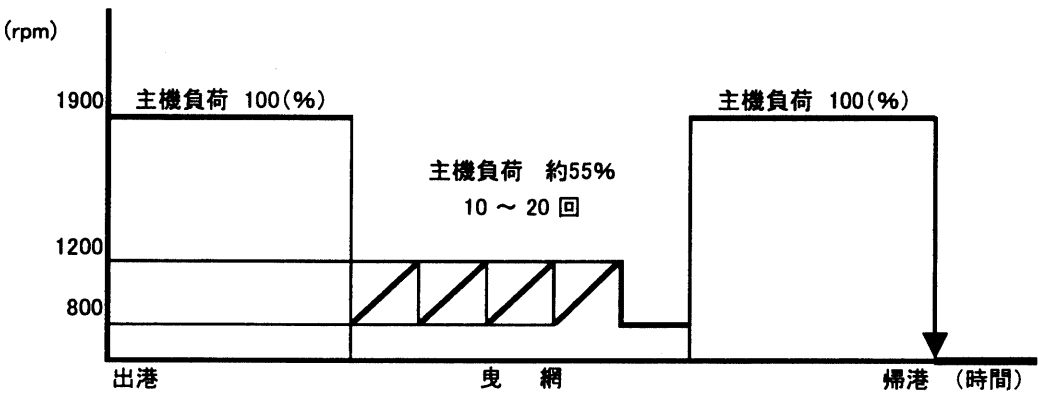


図-4.3 1日の操作パターンにおける主機関の回転数と負荷率

表-4.4 ホタテ桁漁船曳きの燃料使用量(平成10年度)

船 種	燃料使用量(kg)	
	年間	1日
アルミ合金漁船	59,960	279
FRP漁船	47,720	245

備考 A重油の比重0.9とした。

表-4.5 主機関の排ガス成分の計測値

(1) ヤマハMD980(連続最大出力 550PS)
エンジン型式 水冷 4サイクルディーゼル機関

出力	動力	PS	75	275	550
		kw	55	202	404
	エネルギー 1kWh=3.6MJ	kWh MJ	55 198	202 728	404 1455
排ガス成分	NOx	g/h	720	1,320	2,930
	CO	g/h	140	1,280	250
	HC	g/h	30	10	40
燃料消費率	FUEL CON	kg/h	13	43	90
		g/PS・h	170	156	164

●換算値

出力エネルギー	PRDUCTS	MJ	1	1	1
排ガス成分	NOx	g	3.63	1.81	2.01
	CO	g	0.705	1.759	0.172
	HC	g	0.151	0.014	0.027
	CO ₂ (※)	g	0.200	0.184	0.193
燃料消費率	FUEL CON	kg	0.064	0.059	0.062

※CO₂は燃費からA重油(C分85%)として換算した。

(2) ヤマハMD1250(連続最大出力 495PS)
エンジン型式 水冷 4サイクルディーゼル機関

出力	動力	PS	80	300	600
		kw	59	221	441
	エネルギー PRDUCTS	kWh MJ	59 212	221 794	441 1588
排ガス成分	NOx	g/h	700	1,550	2,310
	CO	g/h	150	1,820	490
	HC	g/h	50	20	80
燃料消費率	FUEL CON	kg/h	15	51	101
		g/PS・h	192	170	168

●換算値

出力エネルギー	PRDUCTS	MJ	1	1	1
排ガス成分	NOx	g	3.31	1.95	1.46
	CO	g	0.709	2.293	0.309
	HC	g	0.236	0.025	0.05
	CO ₂ (※)	g	0.226	0.2	0.198
燃料消費率	FUEL CON	kg	0.073	0.064	0.063

※CO₂は燃費からA重油(C分85%)として換算した。

資料-1 アルミ合金漁船の重量構成詳細 (1/2)

番号	項目	重量(kg)
1.船殻		
1	板材	7,545
2	型材	1,910
3	管材	230
4	溶接部重量	615
5	塗料(水線上・内部)	343
6	塗料(船底部)	91
	1.船殻 合計	10,734

番号	項目	重量(kg)
2.機関艙装		
1	主機関	2,150
2	中間減速機	450
3	逆転減速機	700
5	雑用水ポンプ	40
6	雑用水ポンプ2	40
7	高圧ポンプ	60
8	ジェットポンプ	5
9	海水こし器	30
10	油圧ストレーナー	20
11	排気管装置	180
12	船底弁	130
13	スターンチューブ	70
14	プロペラ軸	300
15	プロペラ	115
16	F.O.パイピング	50
17	C.W.パイピング	150
18	ビルジパイピング	20
19	G.S.パイピング	150
20	中間軸カバー	20
21	レイカーフィルターF.O	20
22	エンジンリモコン	13
23	リモコンヘッド	3
24	メーターパネル	5
25	モーターファンER	66
26	E/R排気ファン	30
27	清水	50
28	F.P.T.O	320
29	海水冷却器	90
30	圧力式ろ過器	130
31	冷海水循環ポンプ	15
32	冷海水ポンプ	15
33	ミストチャンバー	5
34	ダクト	15
35	冷海水配管	100
	2.機関艙装 小計	5,557

番号	項目	重量(kg)
3.電気艙装		
1	ACジェネレーター	390
2	DCジェネレーター	96
3	M.S.B	80
4	低周波装置	87
5	トランス	65
6	リレーボックス	40
7	AC.AVR	10
8	DC.AVR	5
9	ノイズフィルター	10
10	バッテリー	248
11	リミッター	5
12	水温計	2
13	水温計センサー	5
14	電線	250
15	電線パイプ	50
16	航海灯	10
17	通路灯	3
18	船主部室内灯	10
19	機関部室内灯	5
20	プロジェクターランプ	20
21	サーチライト	10
22	船内指令スピーカー	5
23	ホーンスピーカー	22
24	無線スピーカー	5
25	電線貫通スピーカー	3
26	スイッチパネル	5
27	室内スピーカー	5
28	レーダーディスプレイ	19
29	魚探	14
30	GPS3100	13
31	GPS188	23
32	DSB DR82	2
33	DSB DK21	5
34	DSB RV81	1
35	ホーンユニット	6
36	船内指令	11
37	パーソナル無線	3
38	レーダースキャナー	33
39	アンテナ	10
40	ワイヤーハーネス	30
	3.電気艙装 小計	1,616

資料-1 アルミ合金漁船の重量構成詳細(2/2)

番号	項目	重量(kg)
4.漁労装置		
1	トロールウインチ	1,950
2	カーゴウインチ	260
3	ガイウインチ	113
4	サイトウインチ	70
5	トロールダビット	160
6	八尺引き込みアイプレート	5
7	投網機油圧ポンプユニット	120
8	投網機	60
9	投網機油圧配管	20
10	油圧配管E/R	200
11	油圧配管 甲板下	345
12	油圧配管 ウインチ回り	50
13	切り替え弁	180
14	油圧貫通ピース	10
15	油圧回路アクセサリ	40
16	張力計	20
17	滑車類	1
18	動索	50
19	トロールワイヤー	400
20	油圧油	860
4.漁労装置 小計		4,914

番号	項目	重量(kg)
5.一般艙装(1/2)		
1	フェアリーダー	20
2	チェーンスレ材	20
3	コベリスレ材	33
4	揚網部スレ材	61
5	八尺カバースレ材	70
6	ブルーワーク内側スレ材	41
7	ハウレール	30
8	ハウビット	120
9	魚倉ハッチ	165
10	ハウデッキステップ	30
11	タイパイプ	140
12	シューターストレーナー	12
13	門型マスト	430
14	デリックブーム	190
15	ステー	120
16	モッコフック	5
17	取り外しハッチコーミング	27
18	魚倉断熱工事	30
19	エンジンケーシングドア	12
20	エンジンケーシングハッチ	56
4.一般艙装(1/2)小計		1,612

番号	項目	重量(kg)
5.一般艙装(2/2)		
21	舵機室ハッチ	42
22	マリンギア点検ハッチ	20
23	EC入り口ハッチ	5
24	W/H全面窓	30
25	W/H側面引き窓	10
26	W/H側面ドア	30
27	W/H後面ドア	15
28	W/H後面引き窓	7
29	W/H内張り	65
30	ダッシュボード	30
31	コンソール	10
32	ロッカー	15
33	操舵シート	10
34	レーダーマスト	22
35	W/Hトッフレール	20
36	航海灯マスト	32
37	ハンドレール	5
38	C/R7ローアー	30
39	C/R内張り	40
40	C/Rベンチ	50
41	C/R入り口ドア	7
42	C/R入り口階段	10
43	E/Cグレーチング	40
44	ベースバッテリー	20
45	ブルーワーク内張り	95
46	スターンビット	78
47	プロペラ点検窓	5
48	操舵機台	57
49	舵板	180
50	舵軸	92
51	舵軸管	50
52	ALAP	8
53	操舵機	135
54	操舵油圧ポンプ	20
55	操舵油圧タンク	16
56	操舵油圧配管	30
57	ストーブ	11
58	コンロ	11
59	ヘルムポンプ	10
60	時計	1
61	気圧計	1
62	旋回窓	25
63	操舵機管制器	18
64	魚探センサーボックス	5
65	E/R機器台	50
5.一般艙装(2/2) 小計		1,463
5.一般艙装 小計		3,075

資料-2 FRP漁船の重量構成詳細 (1/2)

番号	項目	重量(kg)
	1.船殻	10,983
1	外装ゲルコート	231
2	内装ゲルコート	223
3	ポリエステル樹脂	5,212
4	ミッシュマッシュペース	500
5	硬化剤	57
6	ガラス繊維	3,077
	小計(1? 6)	9,300
7	ウレタンフォーム	54
8	ラワン材	490
9	ラワンベニヤ(ラヘ)	
	t9 ラヘ	226
	t12 ラヘ	34
	t15 ラヘ	110
	t20 ラヘ	256
	t30 ラヘ	17
	t40 ラヘ	29
	小計(9)	672
10	BM4(t4ハルー)	3
11	t15 KC(クレケ)	13
12	固着釘	400
13	防汚塗料	53
	1.船殻 小計	10,985

番号	項目	重量(kg)
	3.電気機装	
1	ACジェネレーター	230
2	DCジェネレーター	96
3	M.S.B.	80
4	定周波装置	85
5	ノイズフィルター	10
6	バッテリー	247
7	水温計	1
8	電線	200
9	電線パイプ	50
10	航海灯	5
11	通路灯	3
12	室内灯	20
13	プロジェクターランプ	2
14	スイッチパネル	15
15	レーダーディスプレイ	20
16	魚探	15
17	プロッター	20
18	デッキ	8
19	コンセント	10
20	DSB 27M?	3
21	ホーンユニット	25
22	船内指令	10
23	レーダーディスプレイ	39
24	塩ビ管(電)	60
	3.電気機装 小計	1,254

番号	項目	重量(kg)
	2.機関機装	
1	主機関	2,000
2	中間軸	60
3	逆転減速機	480
4	雑用水ポンプ	62
5	KG(キングストンコック)	10
6	FOウイングポンプ	5
7	魚倉ビルジポンプ	100
8	海水こしき	10
9	排水管	40
10	ミキシングエルボ	10
11	シールスタン	20
12	スタンチューブ	48
13	プロペラ軸	280
14	プロペラ	80
15	カーボンブラシ	2
16	FOパイピング	15
17	CWパイピング	30
18	ビルジパイピング	10
19	GSパイピング	62
20	B.P(ビルジポンプ)	10
21	L.O.P(LOポンプ)	5
22	中間軸カバー	20
23	エンジンリモンホックス	30
24	リモンヘッド+ワイヤー	10
25	メーターパネル	5
26	モーターファンE/R	28
27	潤滑油	200
28	清水	90
29	kg(キングストンコック)	10
	2.機関機装 小計	3,732

番号	項目	重量(kg)
	4.漁労装置	
1	トロールウインチ	1,920
2	カーゴウインチ	280
3	ハングウインチ	180
4	キャブスタフ	120
5	トロールタビット	160
6	八尺引き込みアイフレー	5
7	油圧ポンプ+クラッチ	170
8	同上ベース	150
9	油圧油タンク	80
10	油圧配管	600
11	油圧アクセサリ	100
12	電動油圧ユニット	100
13	Vベルト	4
14	トロールワイヤー	400
15	油圧油	783
	4.漁労装置 小計	5,052

資料-2 FRP漁船の重量構成詳細 (2/2)

番号	項目	重量(kg)
5.一般艙装(1/2)		
1	フェアリーダー	20
2	チェーンスレ材	60
3	コベリ	160
4	八尺カバー	70
5	トップレール内側スレ材	40
6	ハウパルビット	37
7	ハウビット	80
8	2次フェンダー	204
9	トップレール 足掛け	159
10	トップレール スレ材	60
11	ハウデッキ	70
12	ハウデッキステップ	10
13	ハウハッチ	10
14	魚倉ハッチ	140
15	タイパイプ	20
16	シュータースワット	10
17	門型マスト	280
18	デリックブーム	190
19	ステー	140
20	FH フロアー	300
21	モッコフック	14
22	取外しハッチコーミング	18
23	FH ハッチコーミング	65
24	FHビルジ貫通ピース	5
25	魚倉BHD断熱	10
26	エンジンケーシングドア	10
27	エンジンケーシングトップハッチ	60
28	E.R小ハッチ	10
29	工具箱	10
30	舵機室ハッチ	10
31	W/H固定窓	15
32	W/Hコーナー窓	10
33	W/H側引き窓	20
34	W/H後面引き窓	15
35	W/H入り口ドア×3	60
36	W/H? C/Rドア	30
37	W/H内張り	50
38	EC 丸窓	4
39	C/R丸窓	5
	5.一般艙装(1/2)小計	2,481

番号	項目	重量(kg)
5.一般艙装(2/2)		
40	物入れ	10
41	リーダーマスト	35
42	W/Hトップレール	14
43	W/Hハントレール	10
44	C/Rフロアー	120
45	C/R内張り	80
46	C/Rベンチ	30
47	C/R入り口ドア	20
48	C/R入り口ステップ	2
49	C/Rベンチレーター	1
50	C/Rトップレール	8
51	ER/グレーチング	100
52	ステップ	5
53	ベースバッテリー	5
54	スターンビット	80
55	ペラ点検ハッチ	5
56	ペラ点検Box	10
57	プロペラ点検口	10
58	操舵機台	30
59	舵板	150
60	舵軸	67
61	シューピース	190
62	ZAP	30
63	ブルワーク内側物入れ	40
64	操舵機	33
65	舵機	140
66	舵機室油圧タンク	16
67	操舵油圧配管	40
68	舵機室グレーチング	47
69	シューピース	190
70	トップレール	315
71	FOT	160
72	ベースト	400
73	固着釘	365
	5.一般艙装(2/2)小計	2,758
	5.一般艙装 合計	5,239