造船工場の操業度と利益図表に就いて

正員 山 本 登*

正員 川 島 好 一*

On the Degrees of Operations & Profit-Chart of Ship Yard

By Noboru Yamamoto, *Member*
and Yoshikazu, Kawashima, *Member*

Abstract

As a means of controlling the degrees of operations at its shipyard, the Kawasaki Dockyard carried out last year the analysis of the degrees of operations. The authors are introducing here the process employed for the purpose and the profit-chart (Fig.9) thus obtained.

Inasmuch as shipbuilding is one of the enterprises requiring to meet multifarious demands, it is by no means an easy task to show in charts the amounts of sales by unifying various types of ships. Furthermore, it is well-nigh impossible to show clearly and simply in charts as to the profit and loss of the entire enterprise and analysis of degrees of operations against a fixed sales amount.

In order to eliminate such difficulty, the authors have adopted as standard ship types the 10,000 DWT cargo vessels and 38,000 DWT tankers and calculated the Marginal income/DWT of ships of various types on the basis of the Mi/DWT of the ships of the standard types. Thus, the authors have completed the profit-chart with DWT per unit period as the abscissa.

By utilizing such charts, the management of the shipbuilding enterprise can adopt the proper degrees of operations and decide the construction schedules immediately in accordance with capacities of shipbuilding facilities, capabilities of personnel and conditions of environments. The authors believe that such charts are useful as a means of controlling and rationalizing management.

1. 緒 言

昭和 30 年中頃より吾国を襲つた未曾有の造船ブームも既に曲り角を過ぎ、造船業界は合理化競争の時代に入っている。ここに吾々は現時の受註船価と、鋼材ベース、材料費、工賃並びに戦後のタンカー・ブームによる設備投資により増大せる固定費額を考慮して、昭和 33 年 4 月操業度管理の一手段として造船工場の操業度分析を行つた。

工場の操業度と費用、利益の間の関係を最も簡明に示すものは利益図表であり、下の条件が満される時、利益計画遂行に対する有効なる管理用具としての使命を果し得ると考えられる。

即ち(1)図表を活用するに適した管理制度が確立されていること、また夫々が十分に機能を発揮し得る様に有機的に関連されていること。

(2)図表自体は企業の実態に良く適合し、操業度管理に利用し得る如く工夫されていること。

以下上の主旨に基づき我々の採用した方法即ち Marginal income/DWT を用いて各船型を基準船型に換算し利益図表の作製を行う process に就いて紹介することとする。

2. 利益図表の表現法

一製品生産企業に於ては期間売上高または販売量を図表の横軸にとり、費用および売上高を縦軸に図示して第 1 図の如く簡明に利益図表を作製し得るが、多種製品生産または注文生産企業に於ては固定費は一定とするも、製品種別の販売割合が変わると、同一の売上高または販売量に対しても企業全体の損益分岐点が変わり、利益額も変

原稿受付 昭和 34 年 1 月 10 日

* 川崎重工 KK 造船工作部

第 1 図

第 2 図

り、この関係を一枚の図表の形式で簡明に表現することが、不可能である。この点が注文生産企業の利益図表の研究が遅れていた原因であるが、第 2 図に示す限界利益図表の形式を採用し、正確なる操業度分析が可能である。

即ち、期間の固定費を F 、変動費を V 、販売量を S 、販売価格を P で表わすと、損益分岐点の販売量 X は

$$X = \frac{F}{P - V/S} \quad (1)$$

また一定販売量 S に於ける利益額 Y は

$$Y = S(P - V/S) - F \quad (2)$$

で表わされる。

次に $P - V/S = Mi$ とすれば上記第 (1) 式は

$$X = F/Mi \quad (3)$$

上記第 (2) 式は

$$Y = SMi - F \quad (4)$$

と表わされる。

ここに Mi は製品 1 個当りの限界利益 (Marginal income) と称せられるもので、製品価格中の利潤分と固定費の補償に充当される分の和であり、利益計画上重要な役割を果すものである。

上記第 (3), (4) 式より明かなる如く多種製品生産企業に於いては、製品の種類毎に Mi が異なる事が原因となつて、販売量中の製品種類の混合割合が異なると損益分岐点 X および同じ販売量 S に対する利益額 Y が変化するのである。この Mi の比により各種の販売量を基準品種 (その企業で最も力を入れている製品 (の販売量に換算して企業全体の販売量を表せば、損益分岐点および利益額を正確に一枚の図表上で表現出来ることになる。この方法を実際に応用して造船工場の利益図表を作製する。

3. 造船工場に於ける操業度分析の前提事項

3-1 造船工場製品として、当社に於て多数の建造実績を有する下記の油槽船および貨物船を採用する。

油槽船

46,000 DWT 型

38,750 "

32,000 "

貨物船

13,300 DWT 型高速ライナー

10,000 " ライナー兼トランパー

3-2 下の各項に就ては当分の間経済状況の急激なる変動無く、当面の計画資料として使用し得るものと考えて、昭和 33 年 4 月現在の時価により次の設定を行う。

(1) 船価

国際的市場価格を第 1 表の如く設定する。

第 1 表 国際船価

油槽船	DWT 当量	貨物船	DWT 当量
46,000 DWT 型	165 号	13,000 DWT 型	300 号
38,750 "	170	高速ライナー	
32,000 "	180	10,000 DWT 型	250
		ライナー兼トランパー	

(2) 鋼材価格

造船用規格鋼材ベース屯当り 53,500 円とする。

(3) その他の材料の価格

時価とする。

(4) 工賃単価

本工, 社外共に 160 円と仮定する。

4. 造船工場に対する適用法

限界利益図表を作製するため今後の建造を予想される船型として 7,530 DWT 型貨物船より 46,000 DWT 型油槽船に至る各船型に就き, 前節の前提事項を基として M_i を第2表の如く算出する。

さらに DWT 当りの M_i を各船型毎に算出すると, 高速ライナーの如く高度の仕様のものを除き普通の船型では殆んど一定に近い値をとる。即ち各船型毎の M_i/DWT は第3表に示す如くである。

第2表 船型別 M_i 及 M_i/DWT 計算表

項目	船型	7,530 ^{KT} DWT 型 ヘビークーラー	10,730 ^{KT} DWT 型 ライナー兼高速ライナー	13,300 ^{KT} DWT 型 ライナー	32,500 ^{KT} DWT 型 タンカー	38,750 ^{KT} DWT 型 タンカー	46,200 ^{KT} DWT 型 タンカー	備考
船体工費	鋼材重量	2,192 ^T	3,355	4,400	8,660	10,500	13,000	
	鋼材単価	55,700 ^円	55,500	55,700	58,000	59,200	61,000	53,500 ^円 ベース
	材料費合計	240,616 ^円	382,390	551,200	796,980	992,000	1,210,000	
	所要工数	380,000 ^人	450,000	650,000	780,000	842,000	928,000	
	工賃単価	160 ^円	160	160	160	160	160	本工社外共
船体工費	工費合計	60,800 ^円	72,000	104,000	125,000	135,120	148,320	
	直接全費	24,480 ^円	34,750	41,850	53,025	68,502	82,100	
	合計	346,296 ^円	489,140	697,050	975,005	1,125,622	1,440,420	
	主構成式	1X K52	1X K62	1X K92	1X HKT-1500 ^{SP}	1X HKT-1650 ^{SP}	1X HKT-200 ^{SP}	
	材料費合計	192,920 ^円	225,809	419,344	468,082	504,070	556,000	
船体工費	所要工数	105,000 ^人	105,000	165,000	200,000	215,000	227,000	
	工賃単価	160 ^円	160	160	160	160	160	
	工費合計	16,800 ^円	16,800	26,400	32,000	34,400	35,300	
	直接全費	9,045 ^円	9,045	10,530	15,298	16,018	16,850	
	合計	218,768 ^円	251,654	456,274	515,380	554,488	599,150	
電気工費	主構成式	AC 445V 2X 170 KVA	DC 230V 3X 170 KW	DC 225V 3X 260 KW	AC 445V 2X 170 KVA	AC 445V 2X 170 KVA	AC 445V 2X 170 KVA	
	材料費合計	41,117 ^円	53,218	57,279	95,357	99,110	101,600	
	所要工数	20,000 ^人	30,000	36,000	32,000	35,000	38,000	
	工賃単価	160 ^円	160	160	160	160	160	
	工費合計	3,200 ^円	4,800	5,860	5,120	5,600	6,080	
電気工費	直接全費	2,245 ^円	3,240	3,855	3,937	4,322	4,550	
	合計	46,562 ^円	61,258	65,894	105,014	107,102	112,230	
	要動力費合計	611,626 ^円	802,052	1,219,218	1,595,399	1,859,212	2,151,800	
	工数合計	505,000 ^人	585,000	851,000	1,012,000	1,092,000	1,270,000	
	工数 DWT	67.0 ^人	54.5	64.0	31.2	28.2	27.5	
船舶	契約船価	720,000 ^円	960,000	1,467,000	2,100,000	2,420,000	2,760,000	
	船価 DWT	266 ^円	250 ^円	306 ^円	180 ^円	173 ^円	165 ^円	
	マシニング (M)	108,374 ^円	157,948	247,782	524,601	560,788	608,200	

第3表より次の重要な結論が導き出される。

当社で従来最も多くの建造実績を有し, 建造法にも研究が積まれている 10,000 DWT 型貨物船と 38,750 DWT 型油槽船では $M_i/\text{DWT} \div 14.5$ 千円なる近似値をとる事が出来, 次の方法を用うれば, 両船を操業計画に於ける基準船型に採用する事が出来るので, この基準船型による期間建造量を利益図表の横軸に表わせれば, 操業度は吾々に身近かなものとなり, 理解が容易である。

即ち, 建造量として建造船1隻分をとらず, 油槽船および貨物船夫々の (DWT)_T, (DWT)_O を載貨重量屯数個だけ生産するものと考え, 基準船型以外の建造船の DWT は M_i/DWT により等価な基準船型の DWT に換算する方法を採用する。

従つて上記の換算 DWT をベースとした利益図表を作製すれば多種船型を建造する造船工場に於ける正確なる利益図表を作る事が可能である。

造船工場の年間稼得 M_i は

$$M_i = (\text{年間建造船の換算 DWT の総和}) \times (\text{基準船型の } M_i/\text{DWT} = 14.5 \text{ 千円})$$

第3表 船型別 M_i/DWT 換算 DWT

船種	船型	DWT/M _i	換算 DWT
貨物船	7,530 ^{KT} 型ヘビークーラー	14.4 ^{千円}	1.0 DWT
	10,000 ^{KT} 型ライナー兼高速ライナー	14.7	1.0
	13,300 ^{KT} 型高速ライナー	18.6	1.3
油槽船	32,000 ^{KT} 型	15.5	1.1
	38,750 ^{KT} 型	14.5	1.0
	46,000 ^{KT} 型	13.2	0.91

により求められ、利益図表に於ては原点を通る直線で表わされる。この直線と操業度に応じた固定費線との交点が損益分岐点となり、損益分岐点以上の操業度に対しては両者の差額が年間利益となる。

つぎに操業に対する固定費を形成するものは、期間中に於ける工場間接費、一般間接費、一般管理販売(間接)費中の固定分である。工場間接費、一般間接費、一般管理販売(間接)費の操業に対する傾向は、過去数期間の実績を時価修正し、実績散布法により適当なベースに従い図表に表わした傾向線から、ベースを期間建造量 DWT に換算することにより求められるが、これには固定費以外に準固定費としての変動分が含まれている。この変動分は前記方法により算出された Mi より差引き本来の Mi を算出してこれを使用するのが普通の図表作製の方法であるが、この方法は結果的に得る所が少いので、図表の Mi 直線には前記算出の Mi をとり、固定費線には準固定費を含む操業度に応じた逓増固定費として工場間接費、一般間接費、一般管理販売(間接)費を採用することにしても、損益分岐点および操業度に対応する期間利益に影響無く利益図表の作製が可能であるからこの方法を採用することとする。

5. 利益図表の作製

5.1 船型別 Mi 及び Mi/DWT の算出

今後建造を予想される一般の貨物船および油槽船の標準船型に就て Mi および Mi/DWT の算出結果は第2, 3表をそのまま適用する。特殊の船型に就ては、その船価および Mi の一般的傾向が把握し難いのでその都度見積資料により、 Mi および Mi/DWT を算出して計画に使用すべきである。

5.2 期間固定費の算出

(1) 工場間接費

工場間接費は設備投資等により段階的に増大するも、一般的には操業度に応じて逓増する固定費と考えられる。製造原価計算に於ては発生直接工数に応じてこれを割り掛けるのが通例であるが、造船工場の作業能率は戦後急速に向上し、一定の仕事量に対する工数の漸減が見られる。そこで工場間接費の傾向を表わすベースとして期間

第4表 年間建造量計算表

項目	年度	昭和29上	"下	昭和30上	"下	昭和31上	"下	昭和32上	"下
油槽船	$\Sigma(DWT)_{\tau}$	11,800	19,130	29,500	20,600	64,350	88,100	110,700	77,400
貨物船	$\Sigma(DWT)_{\tau}$	10,230	6,500	21,310	15,460	11,920	17,580	34,625	38,345
	$\Sigma(DWT)_{\tau}$ に発生せる値	19,750	12,540	41,100	29,820	23,000	33,900	66,800	74,000
特殊船	$\Sigma(DWT)_{\tau}$ に発生せる値			7,200	7,200	9,200	1,300	10,350	20,850
合 計		31,550	31,670	77,900	59,600	96,550	123,300	187,850	194,250

建造量をとることが考えられる。昭和29年以後の期間建造量の算出結果は第4表に示す如くである。

発生工数は一隻の建造期間を通じて直線的に上昇するものと仮定し、建造期間を通じ月毎一率に建造船一隻の DWT 数を割り振り期間建造量 DWT

第3図

とした。この様にして算出された期間建造量は操業度を表す建造量 DWT と云うべきもので操業度に比例するものと考えられる。

次に建造量を示す $(DWT)_O$, $(DWT)_T$, $(DWT)_{その他}$ を同一の単位に統一する必要がある。現在の貨物船と油槽船の基準船型である 10,000 DWT 型貨物船と 38,750 DWT 型油槽船の DWT 当り工数は第 2 表に示す如く、それぞれ 54.5 H, 28.2 H であるから操業（工数）的には

$$1(DWT)_O = 54.5 H / 28.2 H (DWT)_T = 1.93 (DWT)_T$$

とし、特殊船に就てはその DWT を総工数/28.2 H $(DWT)_T$ として換算した。

この期間建造量 $(DWT)_T$ を図表の横軸にとり、昭和 29 年以降の実績を用いて、実績撒布法により工場間接費の傾向線を作れば第 3 図となり、操業度に対する明白なる傾向が看取される。

第 3 図より工場間接費——年間操業度の関係を表わすには、図表の横軸に M_i/DWT により換算された基準船型による年間建造量 DWT をとり、その中の貨物船と油槽船の建造量比 (C/T) をパラメーターとして $(DWT)_O = 1.93(DWT)_T$ なる関係を用い、第 5 表を作製し、それによつて工場間接費——年間建造量 DWT の関係を表わす第 4 図を作製した。

(2) 一般間接費

一般間接費も工場間接費同様操業度に応じて通増する固定費と考えられる。製造原価計算に於ては発生直接工数に応じて割り掛けられるが、これを工場間接費と同様に実績撒布法により期間建造量 DWT をベースとし (C/T) をパラメーターとして傾向線を作製すると第 5 図の如くなる。

(3) 一般管理販売（間接）費

一般管理販売（間接）費も操業度に応じて通増する固定費と考えられる。製造原価計算に於ては発生製造原価に応じて割り掛けられるが、これも工場間接費同様の実績撒布法により、期間建造量 DWT をベースとし (C/T) をパラメーターとして傾向線を作製すると第 6 図の如くなる。

(4) 期間固定費

期間固定費は前記の第 4, 5, 6 図の縦座標を (C/T) の値毎に合計する事により期間建造量 DWT をベースとして第 7 図の如く求められる。

第 5 表 建造量/DWT 中、各号比の操業変化

パラメーター ($\frac{C}{T}$)	貨物船 建造量/DWT 中、各号比	油槽船 建造量/DWT 中、各号比	合計	建造量
$\frac{C}{T} = \frac{100}{100}$	100%	54.5%	54.5%	1.93
$\frac{C}{T} = \frac{50}{50}$	50	27.3	50%	14.1
$\frac{C}{T} = \frac{40}{60}$	40	21.8	60	16.9
$\frac{C}{T} = \frac{30}{70}$	30	16.4	70	19.7
$\frac{C}{T} = \frac{20}{80}$	20	10.9	80	22.6
$\frac{C}{T} = \frac{10}{90}$	10	5.5	90	25.4
$\frac{C}{T} = \frac{0}{100}$		100	28.2	28.2

工場間接費—建造量 DWT 傾向線

第 4 図

5.3 低操業時のアイドル発生による損失額の算出

直接工費は変動費中を含むのが一般であるが、本工の定時稼働賃金は企業として固定的性格を有し、低操業に於てはアイドルが発生し、損失を生ずることとなる。従つて操業度に対応するアイドル工数とこれに伴う工賃損失額は第8図に示す如くである。

5.4 利益図表の作製

図表の横軸に年間建造量 DWT をとり、縦軸に $M_i/DWT=14.5$ 千円なる年間稼得 M_i の直線を入れる。第

図5図

第6図

7図の固定費線を(C/T)パラメーターに応じて図表に記入する。第8図の低操業時アイドルによる工賃損失を固定費線の上に記入して利益図表が完成する。これを第9図に示す。

第9図に於て固定費線およびアイドル損失を示す直線を結ぶ折線と M_i 直線との間の縦座標が年間建造量に対する年間利益額を示す。また損益分岐点は M_i 直線と上記固定費線の交点によつて示され、第9図に於ては年間建造量約 10 万 DWT であることが明かとなる。

第7図

第8図

第9図

6. 操業計画のための利益図表の利用法

6.1 所要年間利益額に対する建造量

所要年間利益額を達成するための年間建造量 DWT はパラメーター (C/T) の予想により第9図を用いて基準船型の DWT に見出される。基準船型以外の受注が行われる場合は第3表により、基準船型の DWT に換算すれば良い。なお操業度に対応する直接工数の値を知るには、 (C/T) の値に応じて月間直接工数を表示せる第10図によつて求める事が出来る。

6.2 造船工場の企業性格

当造船工場に於て常時船台をフルに稼動して基準船型船を建造すると仮定すれば年間建造量は約 340,000 DWT となり $(C/T)=20/80$ の割合となる。そこで $(C/T)=20/80$ の場合の変動費を計算して、第9図に示す固定費の上に加えて総費用を算出し、総費用——年間建造量図表を作製すれば、第11図の如くである。即ち年間建造量 200,000 DWT に於て総費用中に占める固定費(含準固定費)の割合は 18.8% であり、企業として低固定費、高変動費の性格を有する。従つて高操業度になればなる程変動費中心に管理を強化しなければ第9図に基づく所要年間利益額の達成は極めて困難であることを銘記すべきである。

6.3 最低操業度

第 10 図

第 11 図

第 9 図より損益分岐点は低操業に於けるアイドル損失を考慮に入れても、年間建造量約 10 万 DWT であり、設備能力その他より見てその操業度は 29% の点にあるから、可成り弾力性を有する。然し乍ら一般に造船工場の特性として低操業時に於ては適時の受注活動が極めて困難であるから工事が期間的に偏在し各時期に於ける部分的アイドルが相当量発生する。従つて損益分岐点附近を以つて最低操業度と考えるのは極めて危険であり、常に損益分岐点より 30~40% 増しの仕事量を最低操業度として確保する必要がある。

6.4 適正操業度

生産設備を能力以上に酷使し操業度を上昇すれば能率低下を来しまた設備能力以下に操業を低下せしめても能率低下を来するのが通例である。従つて利益図表の利用範囲としては、その工場の設備、人員の能

第 12 図

力面より自ら一定の range が存在するものと考えられる。第9図および第11図に於て最高操業度として年間建造量 30 万 DWT 以上のベースを考えた場合は、設備能力の点に問題は無くとも本工能力の面よりして人員に不足を来し、低能率社外工の導入を余儀なくされる。この場合第12図に示す如く社外工使用率が極度に増大すれば作業能率は著しく低下し思わざる損失を招くことが屢々であるから、最高操業度の限界に対しては、細心の注意が肝要である。

7. 結 言

(1) 多種注文生産企業である造船工場の操業度分析を行うには、各船型別に Mi/DWT を算出し、基準船型の Mi/DWT に換算することにより、建造量 DWT をベースとして一定期間の利益図表を作製すれば、従来船型別に販売量が異なるために、同一の販売量に対して企業の損益分岐点並に利益額が一枚の図表で簡明に表わされなかつた欠点を除去する事が出来た。

(2) 利益図表の期間固定費は基準船型に換算した建造量 DWT をベースとし貨物船と油槽船の建造量比による (C/T) なるパラメーターを用いて図上で直ちに求められ、これに対応する直接工数等も容易に算出できる。

(3) 本利益図表により次の事項が明かになった。

- a) 所要年間利益に対応する建造量が図上で簡明に見出し得ること。
- b) 造船工場の低固定費、高変動費の企業性格。
- c) 損益分岐点は可成り低い最低操業度の決定には工事量の期間的偏在による相当量のアイドル発生を考慮して損益分岐点附近を最低操業度と考えるのは極めて危険であること。
- d) 操業度として最低、適正、最高の段階が考えられるが、これ等は各造船所の設備、人員の能力並びに周囲の状況に応じて本利益図表を作製して直ちに判断可能であり、受注船の決定、実行線表の設定に有効な管理用具として使用する事が出来る。

参 考 文 献

- (1) 三浦 明：Marginal income を用いる多品種変動利益図表，日本経営学会編経営学論集 第 25 集 昭和 29 年
 - (2) 島本参之助：造船工場の操業度の研究，昭和 28 年
-