

# トロール漁船の曳網力と その推定方法について\*

高島末夫・武藤勝広\*\*

On the Total Trawl Drag Characteristic of a Stern Trawler  
and Its Estimating Methods

By

Sueo TAKASHIMA and Katsuhiro MUTO

It is necessary to know accurately the total trawl drag characteristic of the trawler not only in her maneuvering under trawling but in the most suitable designing of her trawling gears in technical and economical efficiency.

In this paper, the authors have attempted to estimate the total trawl drag characteristic with a simple method of calculating. And the estimated characteristic, namely, calculated relations among the revolutions of propeller, ship speeds and total trawl drag under trawling, have compared with field experimental results using about 5000 G.T. type stern trawler.

And results obtained are summarized as follows:

1) In the case of estimating the characteristic by using the thrust coefficient " $K_T$ ", the characteristic may be obtained most accurately, but even other estimating methods can approximately estimate the characteristic.

2) Trawling under usually towing ship speeds, namely, on the assumptions that total resistance " $R_S$ " is proportional to the ship speed and thrust coefficient " $K_T$ " express as  $K_T = AJ + A_1$ , the total trawl drag can be obtained as

$$F = V \{ 0.5144nA\rho D^3 (1-w) (1-t) - C \} + n^2 D^4 A_1 \rho (1-t).$$

3) If the relation between pull power " $E.H.P.$ " and brake horse power " $B.H.P.$ " express as  $E.H.P. = k \cdot B.H.P.$ , the proportional constant " $k$ " can be approximately calculated by following formula.

$$k = \frac{V}{2\pi n} \cdot \frac{A}{BD} \cdot (1-t) \eta_T$$

---

\* 水産大学校研究業績 第657号, 1972年1月24日 受理.

Contribution from the Shimomoseki University of Fisheries, No. 657.

Received Jan. 24, 1972.

\*\* 泰東製網(株)西部支社

### 1. 緒言

船尾揚網方式のトロール漁船ならびに手操漁船が、舷側揚網方式に比較してはるかに優位であることが認められ、この型式の船型が底曳漁業界に進出して既に久しい。また漁場の遠隔化あるいは漁獲物の船内処理の必要性とその経済性から、トロール漁船の大型化も目ざましいものがある。

このような船型の大型化だけでなく、狭い漁場で効果的な操業を行なう場合や、今後期待される中層曳トロール漁法などを考えるとき、その漁船の曳網力を正確に知る必要がある。またこの曳網力を定量的に知るにより、その船に最適な漁具設計あるいは漁具改良の指針を得ることができるし、船体、漁具を含めたトロール漁船の曳網速度制御あるいは網深さ制御などがより合理的に行なえるものと考えられる。

ここでは、このような曳網力の推定方法について考察し、トロール漁船の実船試験結果と比較を行なったので報告する。

### 2. 曳網力の推定方法

水中抵抗の水平分力が  $F$  である漁具を曳航中の船の前後方向の運動方程式は次式で表わされる。

$$W \frac{dv}{dt} = T(1-t) - (R_S + F)$$

したがって一定速力で航走中の定常状態のみを考えるならば次式が成立する。

$$F = T(1-t) - R_S \dots\dots\dots (1)$$

故に、ある速力における曳網力は、その場合にプロペラが発生している推力と、その時の空気抵抗も含む船体の全抵抗が明らかになれば計算出来る。

### 3. 船体抵抗の計算

摩擦抵抗は SCHOENHERR の式、即ち  $0.242 / \sqrt{C_F} = \log_{10} (vL/v \cdot C_F)$  で  $C_F$  を求め、船体表面粗度の影響係数は最近議論のあるところだが<sup>1)</sup>、 $\Delta C_F = 0.0004$  とし、次式により計算した。

$$R_F = \frac{1}{2} \rho S v^2 (C_F + \Delta C_F)$$

剰余抵抗は TAYLOR の表、即ち  $v/L^3$ 、 $C_p$ 、 $B/d$ 、 $v/\sqrt{gL}$  の関数として示してある表から  $C_R$  を求め、次式により計算した。

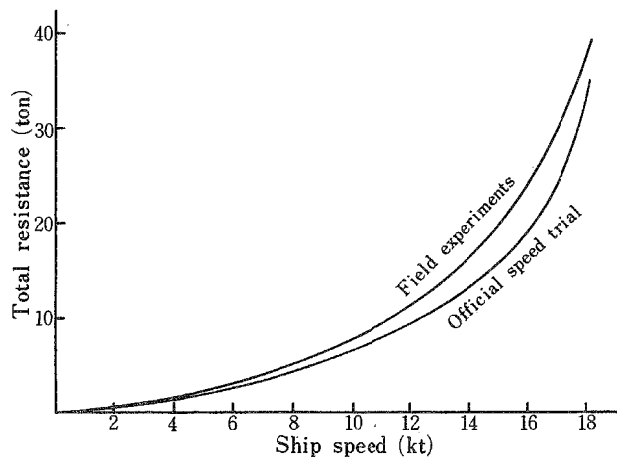


Fig. 1. Total resistance during official speed trial and field experiments.

$$R_R = \frac{1}{2} \rho S v^2 C_R$$

空気抵抗は供試船船型に適するものが見当たらないが、

$$R_A = \frac{1}{2} \rho A A' v_A^2 k(\theta) C_0$$

の式にて、 $C_0$  は漁船型として0.75とし、 $k(\theta)$  はITTC標準曲線より推定した<sup>2)</sup>。以上の各方法でそれぞれの抵抗を求め、結局  $R_S$  は次式で計算出来る。

$$R_S = R_F + R_R + R_A \dots\dots\dots (2)$$

波による抵抗の増加量および船底汚損による抵抗増加量については、実船、模型船でいろいろ実験的理論的検討が行なわれ定性的には明らかになっているが、供試船の場合に適用出来る適当な算定方法が見当たらない<sup>3)</sup>。そこで、例えば北太平洋、北大西洋での実船貨物船の航海成績や測程器の解析例では、大体風力（ビュウフォート）3で14%、5で35%、6で60%とそれぞれ機関出力が増加し、風浪の方向と速力損失率は船首から受ける場合が速力損失が最も多く、後方に移るに従ってほぼ直線的に小さくなり、船尾方向に対しては0～2%の損失となると報告されている<sup>4)</sup>。そこで、ここでは船首から波を受ける場合の抵抗増加を報告例のような割合とし、この値に  $\cos(\theta/2)$  を乗じて波の影響とした。以上の方法によって供試船の公式速力試験時および試験操業時の速力～抵抗曲線を第1図に、その時の船の状態を第1表に示す。

Table 1. Particulars of the stern trawler at the official speed trial and field trial.

	Speed trial	Field trial
Length between perpendiculars (m)	103.00	"
Breadth (m)	16.80	"
Depth (m)	11.00	"
Draft for. (m)	2.73	4.30
Draft aft. (m)	5.22	6.60
Trim(m)	2.49 (—)	2.30 (—)
Displacement (ton)	4189.86	6176.16
Block coefficient	0.582	0.631
Prismatic coefficient	0.609	0.651
Waterplane coefficient	0.719	0.798
Wetted surface area (m <sup>2</sup> )	1712.0	2075.0

### 4. 推 力 計 算

この計算は船体要目およびプロペラ仕様が決定すれば、公式速力試験の前または後、計算資料の整備あるいは不整備など、その時の状況によって厳密な計算方法から簡易方法までいろいろな手段が考えられ、結果的には曳網力の計算方法もいろいろ考えられる。

### 5. 曳網力計算方法

#### 5. 1 主機の公称馬力、回転数および計画速度におけるプロペラ効率から推定

プロペラの回転数  $N$  と  $B.H.P.$  または  $D.H.P.$  の間には

$$\eta_T \cdot B.H.P. = D.H.P. \cdot \infty N^3 \dots\dots\dots (3)$$

の関係があるから、操業中の  $N$  または  $B.H.P.$  が推定出来ると次式により  $E.H.P.$  を計算することが出来る。

$$E.H.P. = \eta_H \cdot \eta_0 \cdot \eta_R \cdot \eta_T \cdot B.H.P. \dots\dots\dots (4)$$

ここで  $\eta_H$  は  $\eta_H = (1-i) / (1-w)$  で表わされ  $i, w$  を求めれば計算することが出来る。 $w$  の推定方法<sup>5)</sup> は、(1) TAYLOR の伴流図表または伴流近似式 (2) Van LAMMEREN の近似式 (3) HARVALD の図 (4) 越智の近似式<sup>6)</sup> などから得ることが出来るが、ここでは(4)で得た値を用いる。 $i$  については、(1) Van LAMMEREN の

近似式(2)SCHOENHERRの式(3)山根の式などから求めることが出来るが<sup>7)</sup>、ここでは(2)の近似式を用いた。

$\eta_0$  は  $B_p \sim \delta$  図表から求めた。即ち、 $B_p = NP^{0.5}/V_a^{2.5}$ 、 $\delta = ND/V_a$ 、 $H/D$  などの関係から計画速度  $v$ 、その時の  $N$ 、 $B.H.P.$  を用いて  $\eta_0$  を求め、速度変化による  $\eta_0$  の変化を考慮しなくて一定と考える。 $\eta_R$  は平均的な値として  $\eta_R = 1.04$  とし、 $\eta_T$  は供試船の場合、主機が船体後部にあるので、 $\eta_T = 0.97$  と仮定した。このように各効率の推定によって(4)式から  $E.H.P.$  が求まり、任意の速度における有効スラストは

$$T(1-t) = \frac{E.H.P. \times 75}{v} \dots\dots\dots (5)$$

にて求まり、(5)式と(1)式から曳網力を計算することが出来る。

この方法ではプロペラ効率を一定と考えるため曳網力の計算がきわめて簡単である。しかし曳網速度の小さいところでは、(5)式から明らかなように曳網力が非常に大きくなり現実に合わない。そこで近似的な曳網力を得るためには、速度の大きい部分(計算例では  $F_N = 0.16$  以上、速度 10 kt 以上)の計算曲線を、変曲点を持たないように無理なく延長して計算曳網力を修正してやれば、現実の曳網力を推定することが出来る。このような方法で供試船の曳網力特性を推定した結果を第2図に示す。

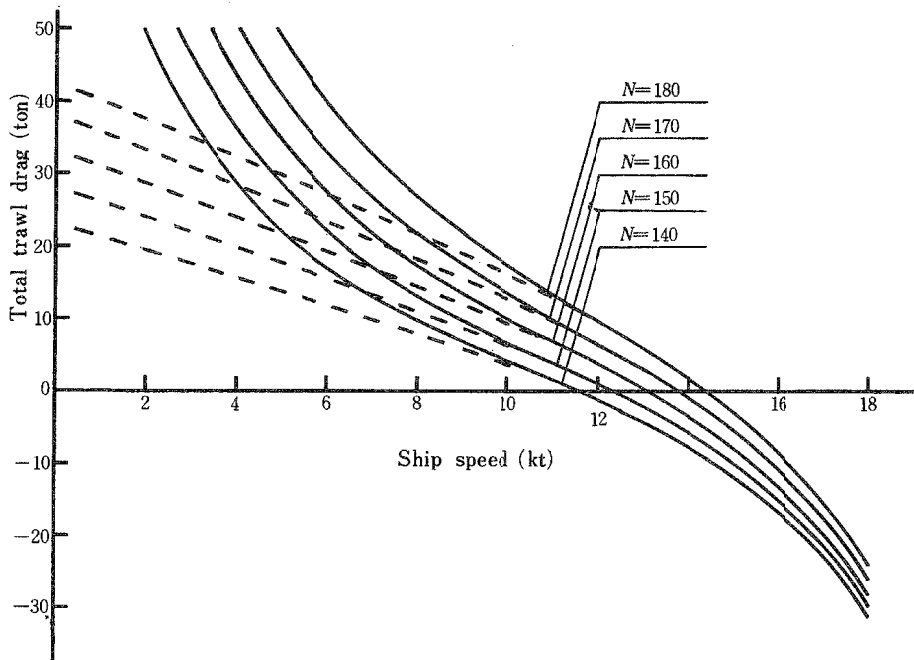


Fig. 2. Total trawl drag characteristic (by estimating method 1).  
Notes ——— : Calculated values  
----- : Estimated from calculated values

### 5. 2 $B_p \sim \delta$ 曲線から推定

この方法は、任意のプロペラ回転数に対する各速度の  $\delta$  を計算し、この  $\delta$  を用いて  $B_p \sim \delta$  曲線から  $\eta_0$ 、 $D.H.P.$  を求める。 $\eta_H$ 、 $\eta_R$  を適当な方法で推定することにより

$$E.H.P. = D.H.P. \cdot \eta_H \cdot \eta_0 \cdot \eta_R \dots\dots\dots (6)$$

(6)式で  $E.H.P.$  が求まり、(5)式を用いて曳網力を計算するものである。

この方法で計算する場合には、低速(供試船の計算例では  $F_N = 0.128$ 、速度 8kt 以下)のところでは  $\delta$  が大きくなり、 $B_p \sim \delta$  曲線が使用出来ない。したがって 5.1 の方法と同じく、低速の部分は高速の部分の曲線延長から推定しなくてはならない。ただ計算範囲の  $\eta_0$ 、 $D.H.P.$  が正確に求まるので、5.1 の方法より曳網力の精度は良くなる。この方法で供試船の曳網力特性を計算した結果を第3図に示す。

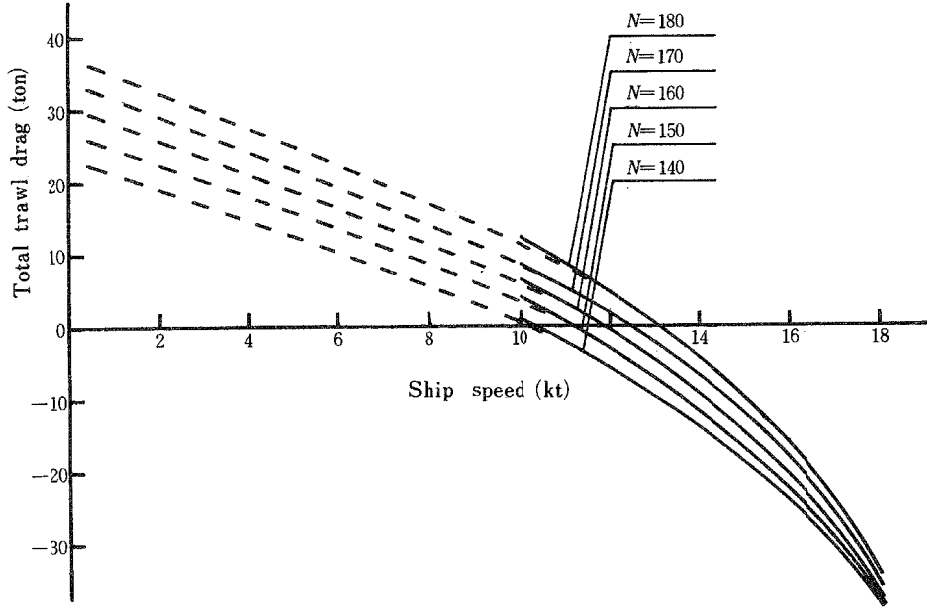


Fig. 3. Total trawl drag characteristic (by estimating method 2).  
Notes are same in Fig. 2.

### 5. 3 公試速力試験結果を用いて推定

推定に関連する各種の効率、各種の系統的試験結果、模型試験あるいは同型船の資料から推定するなど、推定方法はいろいろあるが、正確な推定はなかなか困難である。しかし船の建造後、曳網力の推定だけを行なう場合には、公試速力試験結果から得た効率を利用することが出来る。

船型が決定すると抵抗曲線、 $E.H.P.$  曲線が計算出来るし、また一般に公試成績表には  $V \sim N, B.H.P.$  曲線が記載されるから、これより  $\eta' = E.H.P./B.H.P.$  が求まる。この  $\eta'$  を用いると(4)式から  $\eta_H \cdot \eta_R$  は  $\eta_H \cdot \eta_R = \eta' / \eta_0 \cdot \eta_T$  にて計算出来る。即ち  $\eta_T$  を適当な方法で仮定し、 $B_p \sim \delta$  曲線から  $\eta_0$  を求めてやれば  $\eta_H \cdot \eta_R$  が求まり、結局(6)式から  $E.H.P.$  が計算出来る。これ以後は5.2と同様に曳網力を推定することが出来る。供試船の  $B.H.P., E.H.P. \sim V$  曲線および  $E.H.P./B.H.P. \sim V$  曲線を第4~5図に示す。またこの方法で供試船の曳網力特性を計算した結果を第6図に示す。

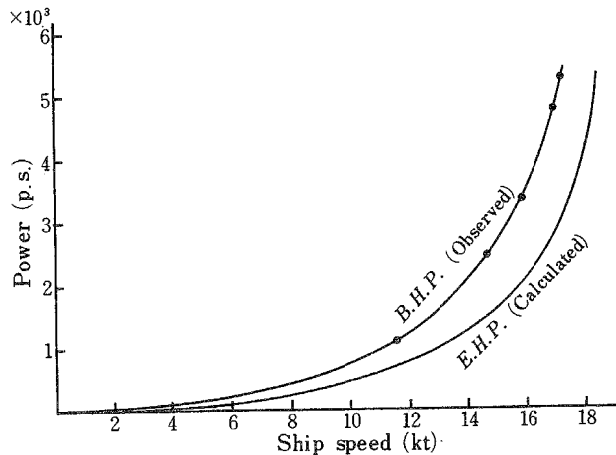


Fig. 4. Variation in the  $B.H.P.$  and  $E.H.P.$  with ship speed.

この方法でも低速の部分は高速の部分の曲線延長より推定しなければならない。しかし、効率の推定特に  $w$ ,  $t$ ,  $\eta_R$  が実船のものを使用することが出来るので、曳網力の精度はより向上するが、公試速力試験の後でないといこの方法によって曳網力の推定をすることが出来ない。

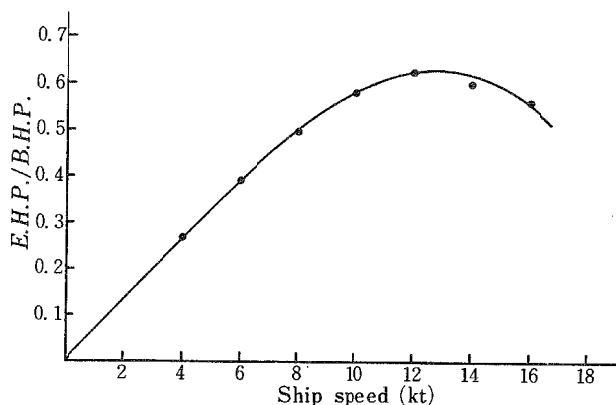


Fig. 5. Variation in the  $E.H.P./B.H.P.$  with ship speed.

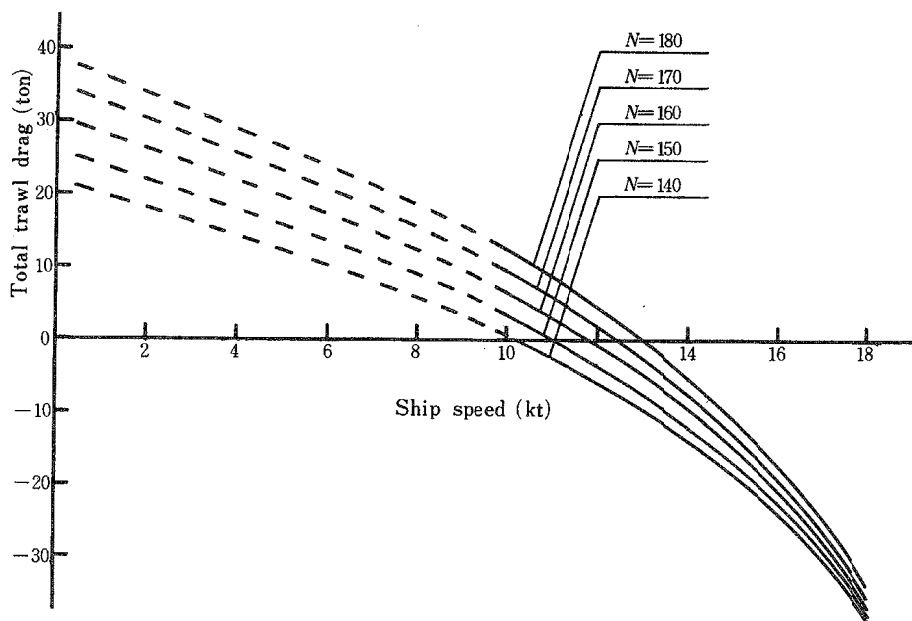


Fig. 6. Total trawl drag characteristic (by estimating method 3).  
Notes are same in Fig. 2.

#### 5. 4 プロペラ単独性能曲線から推定

その船に使用しているプロペラの単独性能曲線がある場合には、曳網力の推定は最も簡単で、しかも精度長く行なえる。しかし、一般にはその船に採用しているプロペラと同一の単独性能曲線が備えられている場合はきわめてまれである。そしてこの場合には、性能の明らかな基本的な単独性能曲線から展開面積比、ボス比、ピッチ比、翼厚比などの修正計算をして、その船のプロペラ単独性能曲線即ち  $J$ ,  $K_T$ ,  $K_Q$ ,  $\eta_0$  の関係を求めなければならない。ここで、 $J = v_a/nD$ ,  $K_T = T/\rho n^2 D^4$ ,  $K_Q = Q/\rho n^2 D^5$ ,  $\eta_0 = T v_a/D.H.P.$

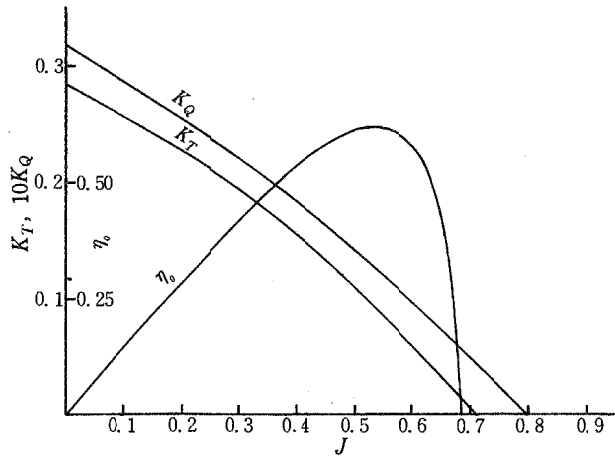


Fig. 7. Propeller performances in open water of the stern trawler.

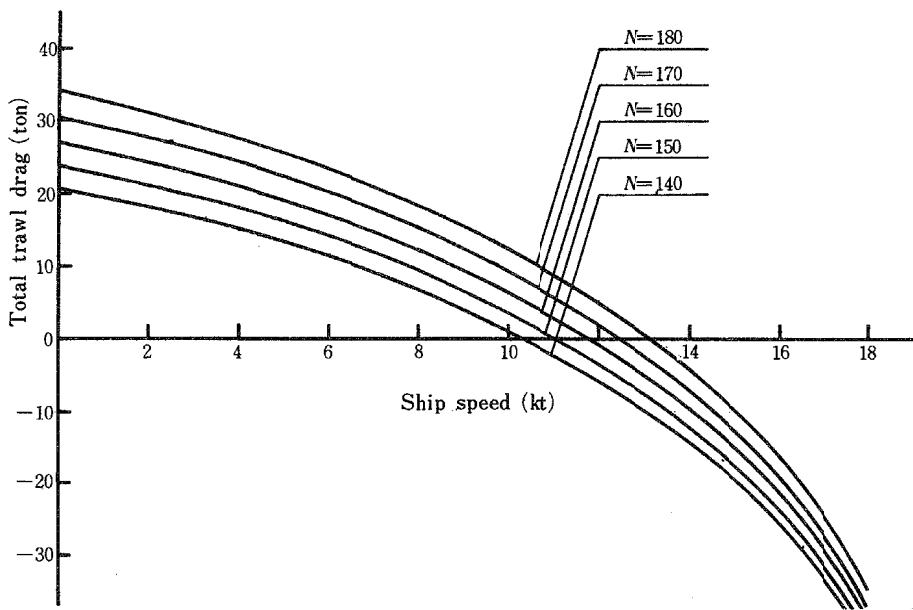


Fig. 8. Total trawl drag characteristic (by estimating method 4).

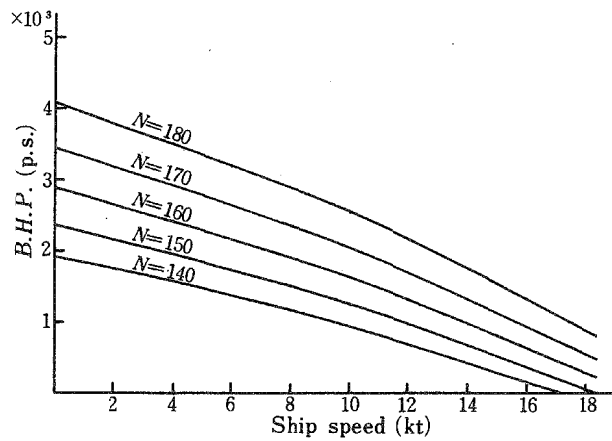


Fig. 9. Curves of B.H.P. of the stern trawler.

などである。したがって、この曲線から各  $J$  に対する  $K_T, K_Q$  を求めれば次式により曳網力と所要制動馬力が計算出来る。

$$F = (1-t) K_T \cdot \rho n^2 D^4 - R_S \dots\dots\dots (7)$$

$$B.H.P. = K_Q \cdot \rho n^2 D^5 \cdot 2\pi n \frac{1}{75\eta_T} \dots\dots\dots (8)$$

その船の最大トルクと回転数制限に注意して(7), (8)式を用いて計算すると、ポラード状態即ち速力0のときの曳引力から任意の速力の曳網力、馬力が精度良く求まる。各種の修正計算をして得られた供試船のプロペラ単独性能曲線を第7図に、この方法で求めた供試船の曳網力特性の計算結果を第8図に、同制動馬力特性を第9図にそれぞれ示す。

### 5. 5 プロペラ単独性能曲線を利用した簡易推定

トロール漁船の曳網力推定だけならば、通常の曳網速力の範囲即ち2~6kt程度の速力範囲について曳網力を推定すれば良い。この場合の一つの推定方法について次に述べる。

第7図に示したように、プロペラ単独性能曲線において速力の小さい範囲即ち  $J$  の小さい(供試船の例では  $F_N = 0.096$ 以下, 速力6kt以下,  $J = 0.281$ 以下)範囲では,  $K_T, K_Q$  とともに  $J$  の1次関数と考えても大きい誤差はないので、これらを次のように表わす。

$$K_T = AJ + A_1 \dots\dots\dots (9)$$

$$K_Q = BJ + B_1 \dots\dots\dots (10)$$

また第1図から明らかなように、船体抵抗も低速の場合は速力の一次関数と考えてよく、これを次のように表わす。

$$R_S = CV \dots\dots\dots (11)$$

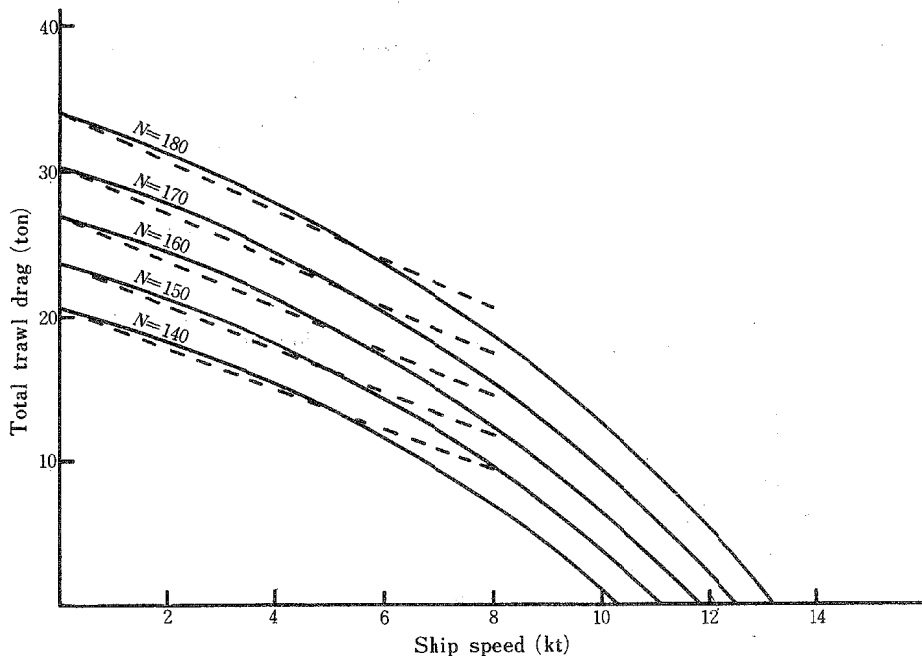


Fig. 10. Total trawl drag characteristic (by estimating method 5).

Notes ———: Calculated by formula ( 7)  
 - - - - -: Calculated by formula (12)

ただし,  $A, A_1, B, B_1, C$  は船型, プロペラ仕様によって定まる常数である。(9), (10), (11)式を(7), (8)式に代入すると次式を得る。



$$F = V \{ 0.5144nA\rho D^3 (1-w)(1-t) - C \} + n^2 D^4 A_1 \rho (1-t) \dots (12)$$

$$B.H.P. = n^2 \{ 0.5144VB(1-w) + nDB_1 \} 2\pi\rho D^4 \frac{1}{75\eta_T} \dots (13)$$

(12), (13)式で供試船の曳網力特性および所要制動馬力の簡易推定を行なった結果と, (7), (8)式で計算した結果を比較して第10図および第11図に示した。これらの図で点線が簡易推定の結果である。これらの図から明らかなように, トロール漁船の船型, プロペラ仕様がきまると, (12), (13)式による近似でも簡易に, しかも精度良く曳網力と所要馬力が推定出来る。

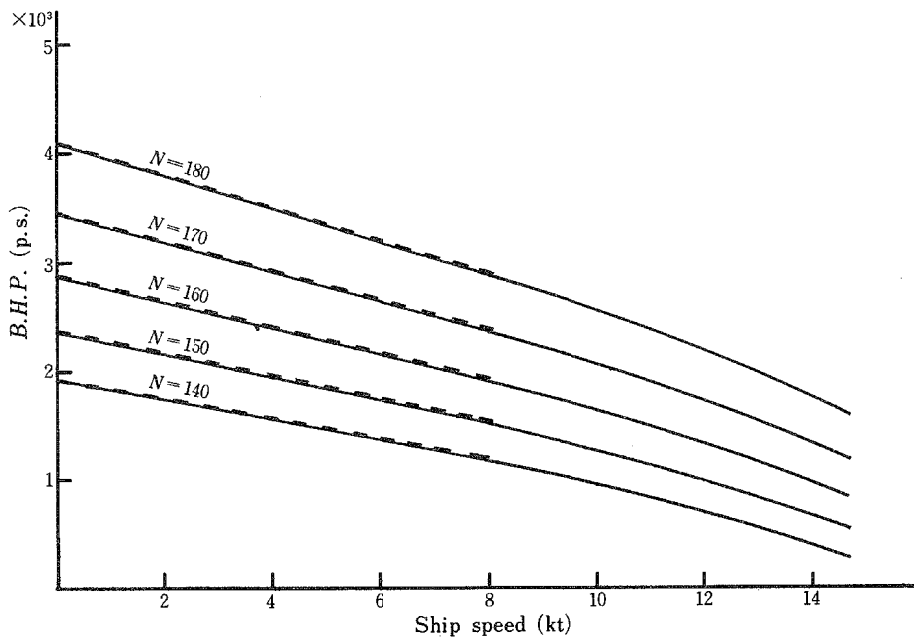


Fig. 11. Curves of B.H.P. of the stern trawler.

Notes ———— : Calculated by formula ( 8 )  
 - - - - - : Calculated by formula (13)

## 6. 実船の試験操業結果と計算値の比較

試験操業中の船の状態は第1表に示したが, その時の曳網力試験成績を第2表に示す。第2表の曳網力に, 当時の風力, 波浪などの抵抗増加分を修正して, 無風時の曳網力に換算した値と, (7), (8)式を用いて計算した値を比較して第3表に示す。

この表から明らかなように曳網中の馬力はきわめて良く一致し, 曳網力も張力計測上の誤差を考えれば, 実用上十分な精度で推定出来ると考えられる。また5.1, 5.2, 5.3の各種推定法による誤差は, (7), (8)式で得た計算値を基準にして考えるならば, 全般的にはこの順序で誤差は少なくなる。一方曳網速力範囲を8kt以下とすると, この範囲内では5.1の方法で約17%, 5.3の方法で約7%, 5.2の方法で約3%それぞれ曳網力を過大に見積られる。

Table 2. Results of field trial.

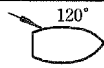
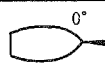
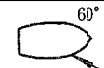
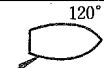
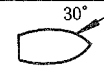
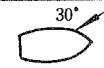
Exp. No.	1	2	3	4	5	6
Relative wind direction						
Relative wind velocity (m/sec)	2.0	9.0	7.5	10.0	18.0	18.0
Sea condition (Beaufort)	0	2	2	3	4	5
Wave height (m)	0.5	1.0	1.0	2.0	3.0	3.0
Depth (m)	240	243	315	257	225	222
Towing speed (m/sec)	1.75	2.21	2.01	1.54	2.01	2.11
Total tension of warps (ton)	24.9	21.5	/	25.36	19.04	19.9
Propeller revolution (r/min)	154.6	165.8	149.3	143.5	160.6	168.5
Brake horse power <i>B.H.P.</i> (p.s.)	2250	2627	/	/	2525	2900

Table 3. Comparison of towing net characteristics calculated and experimented.

Exp. No.	1		2		4		5		6	
	Cal.	Exp.	Cal.	Exp.	Cal.	Exp.	Cal.	Exp.	Cal.	Exp.
Towing speed (kt)	3.4	3.4	4.3	4.3	3.0	3.0	3.9	3.9	4.1	4.1
Propeller revolution (r/min)	154.6	"	165.8	"	143.5	"	160.6		168.5	"
Brake horse power <i>B.H.P.</i> (p.s.)	2248	2250	2650	2627			2462	2525	2870	2900
Trawl drag (ton)	21.0	22.2	22.0	20.6	18.3	21.1	21.5	21.0	23.7	20.1

Remark: Trawl drag was obtained by regulating the horizontal component of total tension of warps for calm sea condition in order to adjust the effects of winds and waves.

### 7. *B.H.P.* と曳網馬力 (*E.H.P.*) の関係

トロール漁船特に船尾方式のトロール漁船の大型化に伴い、その漁船に最適な漁具の規模を決定することは、きわめて重要なことである。このような漁具規模を決定する一つの手段として、小山は主機の*B.H.P.* とその時の曳網馬力 (*E.H.P.*) の関係を

$$E.H.P. = k \cdot B.H.P.$$

とおき、実船操業試験の結果から *k* の値を実験的に求めている<sup>8)</sup>。また桜井は水産庁開洋丸の操業結果から

$$E.H.P. = a \cdot B.H.P. + b$$

とおき、係数 *a*, *b* を求めている<sup>9)</sup>。そして小山によれば *k* の値は主機関の馬力とプロペラ直径で変るとし、*k* = 0.18~0.3 の範囲で、主機の馬力が大きいほど *k* の値は大きく、荒天 (ビューフォート風力階級で6以上) になると *k* の値が小さくなることを実験結果から示している。

ここでは、この係数 *k* について考察してみる。トロール漁船の曳網速度範囲が低速部分であることから、いまプロペラ単独性能曲線の *K<sub>T</sub>*, *K<sub>Q</sub>* を *J* の関数として(9), (10)式のように近似表現すると、プロペラが発生するスラストおよびトルクは次のようになる。

$$T = \left( A \frac{v_a}{nD} + A_1 \right) \rho n^2 D^4$$

$$Q = \left( B \frac{v_a}{nD} + B_1 \right) \rho n^2 D^5$$

この2式から

$$T = Q \frac{A}{BD} - \rho n^2 D^4 \left( \frac{AB_1}{B} - A_1 \right) \dots\dots\dots (14)$$

ここで、 $B.H.P. = D.H.P./\eta_T = 2\pi nQ/75\eta_T$ ,  $R_S = CV = C'v$  の関係と(14)式を(1)式に代入すると

$$F = \frac{75(1-t)\eta_T}{2\pi n} \cdot \frac{A}{BD} \cdot B.H.P. - \rho n^2 D^4 (1-t) \left( \frac{AB_1}{B} - A_1 \right) - C'v \dots (15)$$

(15)式の両辺に $v/75$ を乗ずると

$$\frac{Fv}{75} = (E.H.P') = \frac{v(1-t)\eta_T}{2\pi n} \cdot \frac{A}{BD} \cdot B.H.P. - \frac{v}{75} \rho n^2 D^4 (1-t) \left( \frac{AB_1}{B} - A_1 \right) - \frac{C'v^2}{75}$$

したがって $k$ は

$$k = \frac{\partial (E.H.P')}{\partial (B.H.P.)} = \frac{v}{2\pi n} \cdot \frac{A}{BD} \cdot (1-t)\eta_T \dots (16)$$

となる。(16)式から $k$ の値は、プロペラ性能およびプロペラ直径、船型、曳網中の主機回転数と曳網速力によって変化すると考えられる。また荒天で向風の場合は同じ回転数でも曳網速力が出ないので $k$ の値は小さくなり、逆に追風の場合は、トロール曳網速力の範囲では、 $k$ の値は大きくなる。供試船について $k$ を計算すると、同一船型で操業中でも曳網速力と回転数の変化範囲はかなり広く結果的に $k$ の値にばらつきが出るが、いま主機回転数 150r/min. 曳網速力 4 kt の場合には $k = 0.263$ となる。このことから、若し漁具規模決定の一つの手段として、 $k$ の値が必要な場合には(16)式で近似的に推定出来るものと考えられる。

曳網力特性を示した第10図および曳網中の $B.H.P.$ を示した第11図は、それぞれ独立して曳網力と馬力を示している。これに対し曳網中の曳網力、曳網速力、その時の馬力の関係を、 $c = FV/B.H.P.$ として示せば、これらの関係を一つの図で示すことが出来る。供試船について、 $c$ の特性を示したものが第12図である。

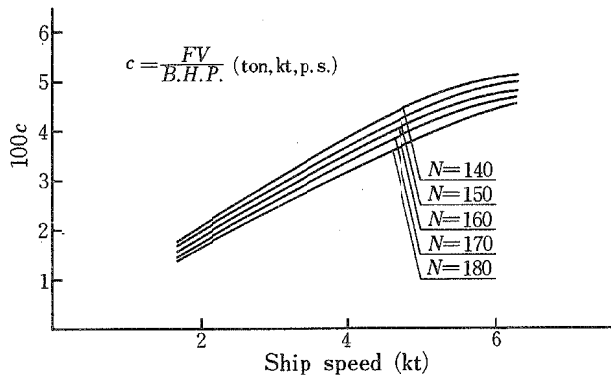


Fig. 12. Variation of  $c$  coefficient with propeller revolutions and ship speed.

## 8. 結 論

大型トロール漁船の曳網力、特にその推定方法と実船試験結果の比較について述べたが、これを要約すると次のようである。

(1)  $K_T, K_Q$  による方法が最も精度が良いが、他の方法による推定でも実用上曳網力を算定することが出来る。

(2) 通常の曳網速力ならば、簡易推定法により十分な精度で曳網力、馬力を計算することが出来る。

(3) 曳網馬力 ( $E.H.P'$ ) と  $B.H.P.$  の関係は、ほぼ理論的に計算出来る。

今回の報告では、定常速力で曳網中の主機回転数、馬力、曳網力および曳網速力の関係を考察したが、今後はこれらの関係を動的に考察する必要があると思われる。

## 文 献

- 1) 須藤彰一, 1968: 速力試運転と $C_{DF}$ . 日本造船学会誌, 472, 4~11.
- 2) 造船工学便覧, 1960: 抵抗および推進, 601~602.
- 3) 日本造船学会, 1969: 耐航性に関するシンポジウムテキスト, 121~139.
- 4) 岩井 聡, 1963: 風浪による速力の損失. 日本航海学会航海, 18, 18~22.
- 5) 造船工学便覧, 1960: 抵抗および推進, 632~633.
- 6) 越智重信, 1964: 漁船の伴流係数推定法. 西部造船協会会報, 29, 65~73.
- 7) 西島清一郎, 1962: 船用機械工学 (第1分冊). 52~53. 海文堂 (東京).
- 8) 小山武夫, 1968: トロール船の漁具規模の計算方式. 東海区水産研究所業績C集 “さかな” No.1, 39~48.
- 9) 桜井五郎, 1969: 大型漁業調査船開洋丸の曳網力について. 本報告, 18(1), 1~7.

## List of symbols

$W$	Displacement
$V, v$	Ship speed kt, m/sec
$T$	Thrust of propeller
$t$	Thrust deduction coefficient
$R_S$	Total resistance of ship
$F$	Total trawl drag
$C_F$	Frictional resistance coefficient
$L$	Ship length
$\nu$	Coefficient of Kinematic viscosity
$R_F$	Frictional resistance
$\rho, \rho_A$	Density of water, air
$S$	Wetted surface area
$\nabla$	Volume of displacement
$C_P$	Prismatic coefficient
$B$	Breadth of ship
$d$	Draft
$g$	Acceleration of gravity
$C_R$	Residual resistance coefficient
$R_R$	Residual resistance
$R_A$	Air resistance
$A'$	Transverse section area upon water line
$v_A$	Relative wind velocity m/sec
$k(\theta)$	Relative wind direction coefficient
$C_0$	Air resistance coefficient
$B.H.P.$	Brake horsepower
$D.H.P., P$	Delivered horsepower
$E.H.P.$	Effective horsepower

$N, n$	Propeller revolutions per min., per sec.
$\eta_T$	Transmission efficiency
$\eta_H$	Hull efficiency
$\eta_0$	Open-water efficiency
$\eta_R$	Relative rotative efficiency
$w$	Wake coefficient
$V_a, v_a$	Speed of advance of propeller kt, m/sec
$D$	Diameter of propeller
$H$	Pitch of propeller
$F_N$	Froude number
$J$	Advance number
$K_T$	Thrust coefficient
$K_Q$	Torque coefficient
$Q$	Torque in shaft
$E.H.P.'$	Power to pull trawl = $Fv/75$
$k, a, b$	Constants relating to $E.H.P.'$ and $B.H.P.$
$A, A_1, B, B_1, C, C'$	Constants relating to $K_T, K_Q$ and total resistance of ship