

ミナミノコダラおよびメルルーサの分布パターンはほぼ類似しており、その水温と塩分は5.5～8.5℃、34.3～34.75‰の範囲にあるが、ミナミノコダラの分布範囲は若干小さくなっている。

参 考 文 献

Garner, D. M. (1962): Analysis of Hydrological Observation in the New Zealand Region. N. Z. Dep. Sci. Industr. Res. Bull., 144, 1874—1955.

3. トロールの技術（曳網時の推進効率）

小 山 武 夫（東海区水産研究所）

推進効率とは船の有効馬力（E. H. P.）を軸馬力（B. H. P.）で除した値で一般的に $\frac{E. H. P.}{B. H. P.} = \eta$ としてあらわされる。すなわち、 η の値が大きいほど推進効率は優れるということになる。

有効馬力とは船体抵抗と船速の積であるが、曳網中の場合は漁具抵抗に曳網速度を掛けた値とこの状態における船体抵抗に曳網速度を掛けた値の和として考えざるを得ない。

そして、推進効率 η は一般的に

$$\eta = \frac{1-t}{1-w} \eta_P \cdot \eta_R \quad (1)$$

であらわされる。

ここに t はスラスト減少係数、 w は伴流係数、 η_P はプロペラ単独効率、 η_R はプロペラ効率比とする。

各記号について、簡単に説明すると、

1) 伴流係数 (w)

水は空気に比較して、粘性が大きいので、その粘性のために船が走ると船の周りの極く近くの水は船に引っぱられて船と同じ方向に走ろうとする。このように船を追いわけて進む水の流れることを伴流（ウエーキ）というが、プロペラが装備されている船尾附近では、この伴流もかなり大きな値をとる。したがって、プロペラ附近では、水とプロペラとの相対前進速度は船の速度とちがった値をとり、船の速度よりもおそい速度でプロペラは水の中を進行してゆくことになる。

伴流係数 w の値は船の大きさ、線図の形状、特に船尾附近の形状、プロペラと船体の相互関係位置、プロペラの直径等によって変化するが、同じ船では速度によってはあまり変化はしないように

ある。1)

wを求める簡単な方法としてはテイラーの実験式があり、1軸船の場合、

$$w = 0.5 C_B - 0.05 \quad (2)$$

で与えられる。ここで C_B とは船の方形係数でトローラーの場合は普通0.6位の値をとるからwは略0.3位と推定される。曳網中のトローラーの場合はプロペラは160~190 r.p.m.と、かなり早い回転数でまわっているのに対して、船速は3~4 knotと非常におそいからwもかなり複雑な形をとるものと推定される。

2) スラスト減少係数(t)

スラスト減少係数tはプロペラが船のうしろにあって、その部分の水を後方におしやるため、そこに圧力の低い部分が生じて船体を後方に引つばろうとする力が作用し、そのために船の抵抗が増えたと同じような現象を呈するもので、このスラスト減少係数はプロペラが船体におよぼす影響の度合を示す1つの指数とみることができる。1)

著者²⁾は300~4000トン型5隻のトローラーについて海上平穩時(風力1~3)において実験し、プロペラが出すスラストT(Kg)を

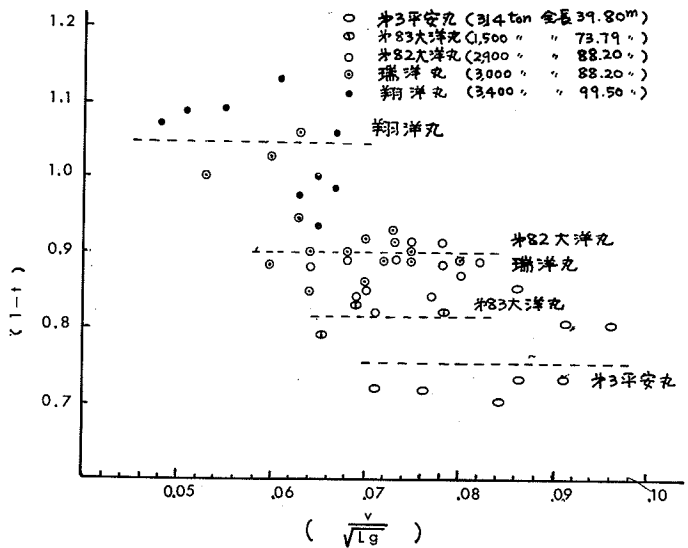
$$T = \frac{R_N + R_S}{1-t} \quad (3)$$

であらわし、1-tを求め、第1図のような結果を得た。ただし、 R_N は曳網中の漁具抵抗(Kg)、

R_S は曳網中の船体抵抗(Kg)、Tはプロペラが出すスラスト(Kg)。

Tについてはプロペラ単独性能曲線より伴流係数wを0.3と推定し(2式)算出した。すなわち、第1図からもわかるように、1-tの値は船が大型になるにしたがい大きくなる傾向がみられ、翔洋丸(全長99.50m)の場合は平均的に約1.045、第82大洋丸および瑞洋丸(全長88.20m)の場合は約0.901、第83大洋丸(全長73.79m)の場合は約0.815、第3平安丸(全長39.80m)の場合は約0.761と得られ、(1式)における船体効率

($\frac{1-t}{1-w}$)は船が大型になるにしたがい優れることが知見された。これは船が大型になってもプロペラの



第1図 各種トローラーの曳網時におけるスラスト減少係数tとフルード数 $\frac{v}{\sqrt{Lg}}$ の関係(点線は平均値)

寸法はそれほど大きく変化しないため、船が大型になるほどプロペラによる船体への影響は小さくなり、このような結果になるものと推定される。

3) プロペラ効率比 (η_R)

プロペラ単独時の効率を η_P とし、船にとりつけ後のプロペラ効率を η_B とすると、(4)式中の η_R をプロペラ効率比と呼ぶ

$$\eta_B = \eta_P \cdot \eta_R \quad (4)$$

η_R の値は船体の形状、プロペラ、舵の形状、寸法、配置等によって変化するが、どの船の場合もそれほど大きな変化はなく、ほぼ、1.0位の値をとる。

4) プロペラの単独効率 (η_P)

これは通称プロペラ効率と呼ぶもので、それぞれのプロペラ規格について、それぞれのプロペラ単独性能曲線(プロペラ図表)より求めることができる。まず、例題をあげて説明する。

例題「3000 ton 型トローラー、全長88m、プロペラ5翼1体個定AU5-65型、直径(D)3040 $\frac{mm}{mm}$ 、ピッチ(H)2110 $\frac{mm}{mm}$ 、主機関定格出力3150 PS、定格回転数225 r. p. m.」

例題に示すようにプロペラ規格はAU5-65型であり、その単独性能曲線を示すと、第2図のごとくなる。

第2図の記号を説明すると、Jは前進係数、 K_T はスラスト係数、 K_Q はトルク係数、H/Dはピッチ比、 η_P はプロペラの単独効率で、これらはすべて無次元値であり

$$J = \frac{V_A}{n D}$$

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4}$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5}$$

であらわされる。

ここにnは1秒間におけるプロペラの回転数、Dはプロペラの直径(m)、Hはプロペラのピッチ(m)、 V_A はプロペラの前進速度(m/sec)、

$V_A = (1-w)V$ としてあたえられ、wを前述(2)式より0.3と推定すると、 $V_A = 0.7V$ となるただし、Vは曳網速度(m/sec)とする。 ρ は海水の密度で105(Kg sec²/m⁴)、Tはプロペラの発生するスラスト(Kg)、Qはトルク(Kg-m)。

第2図より $J = \frac{V_A}{n D}$ 、および $\frac{H}{D}$ に対しての K_T 、 K_Q 、 η_P を求めることにより、それぞれのスラスト(T)、トルク(Q)、軸馬力(B. H. P.)が得られる。

本例題の場合は主機関定格出力3150 PS、定格回転数225 r. p. m. であり、独航時のプロペラ回転数は普通、定格回転数の90%位の値で使用されるから約203 r. p. m.、曳網時に

おいては漁具のロードにより独航時に比較して回転数が約12%位ダウンされるから約180 r. p. m. したがって

$$n = \frac{180}{60} = 3 \text{ と得られる。曳網速度 } V \text{ は普通約 } 20 \text{ m/sec 位であるから}$$

$$V_A \text{ は前述より、} V_A = 0.7 \times 2 = 1.4 \text{ m/sec、} D = 3.04 \text{ m であるから}$$

$$J = \frac{V_A}{nD} = \frac{1.4}{3 \times 3.04} = 0.153 \text{ と}$$

$$\text{得られる。} \frac{H}{D} = \frac{2.11}{3.04} = 0.69 \text{ で}$$

あるから J および $\frac{H}{D}$ に対する η_p を第

2図より求めると約0.207と得られる。

また、 K_T は約0.28、 K_Q は0.033と得られるから、スラスト(T)、トルク(Q)軸馬力(B. H. P.)、プロペラ効率(η_p)は、それぞれ

$$T = K_T \rho n^2 D^4 = 0.28 \times 105 \times (3)^2 \times (3.04)^4 = 22599 \text{ Kg}$$

$$Q = K_Q \rho n^2 D^5 = 0.033 \times 105 \times (3)^2 \times (3.04)^5 = 8097 \text{ Kg-m}$$

$$\text{B. H. P.} = \frac{2\pi n Q}{75} =$$

$$\frac{2 \times 3.14 \times 3 \times 8097}{75}$$

$$= 2034 \text{ PS}$$

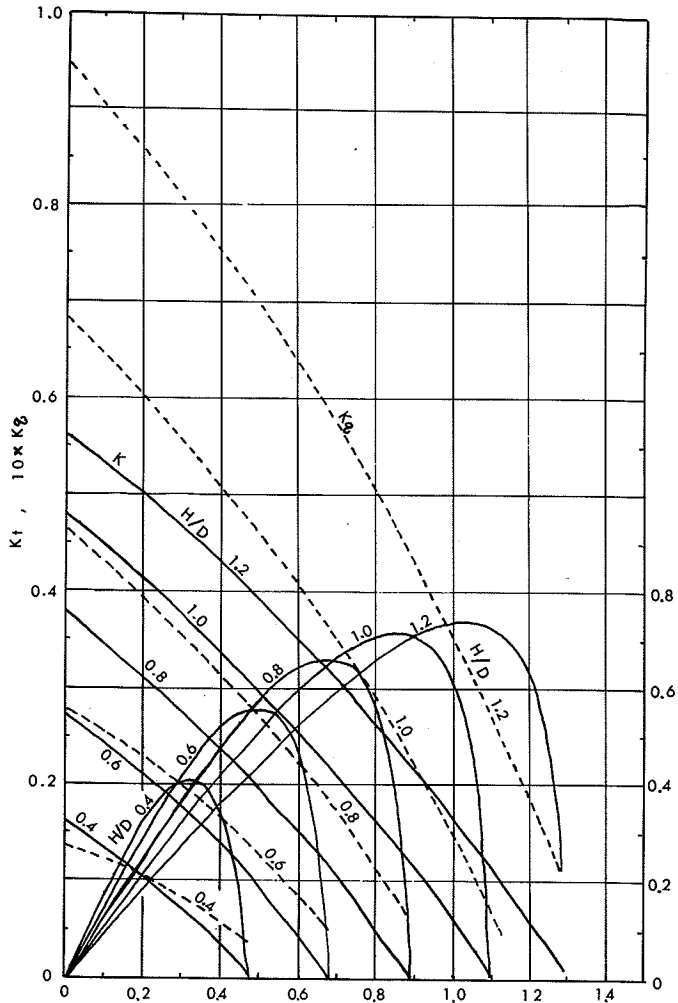
$$\eta_p = \frac{J}{2\pi} \cdot \frac{K_T}{K_Q} = \frac{0.153}{2 \times 3.14}$$

$$\times \frac{0.28}{0.033} = 0.207$$

と得られる。

本例題の場合、主機関定格出力は3150 PS であるから、その約65%に当る2034 PS 使用の状態でプロペラの出スラストは約2.26 ton 位と計算される。実際には2)項によると1-tの値は船長88mの場合、約0.9であるから2.26 ton \times 0.9 = 2.03 ton となる。

つぎに独航時における前進係数Jであるが回転数203 r. p. m. 位で、船速、約6 m/sec



第2図 プロペラ単独性能曲線 (AU5-65)

AU5-65 CONSTANT PITCH

EXP. A. R. = 0.650

BOSS RATIO = 0.180

B. T. R. = 0.050

RAKE ANGLE = 10°

$K_t = T / \rho n^2 D^4$

$K_q = Q / \rho n^2 D^5$

$\eta_p = K_t J / 2\pi K_q$

$J = V_A / nD$

位であるから、 $n = \frac{2.03}{6.0} = 3.4$ 、 $V_A = 0.7 \times 6 = 4.2 \text{ m/sec}$ $J = \frac{4.2}{3.4 \times 3.04} = 0.37$
 よって、第2図より

$J = 0.37$ 、 $\frac{H}{D} = 0.69$ に対する η_P を求めると、約0.47と得られる。すなわち、曳網時の η_P は0.207であるのに対して独航時の η_P は0.47であり、曳網時は独航時に比較してプロペラ効率が約半分に低下していることがわかる。

これはプロペラの設計が独航時に合わせ設計されているため、曳網時には効率の悪い状態で使用されていることがわかる。しかし、独航時にも曳網時にも両方に効率のよい状態でプロペラを使用することは実質的に困難であるからやむを得ない。

つきに可変ピッチペラ (C. P. P.) であるが、C. P. P. の場合もプロペラの単独性能曲線より同じ方法で K_T 、 K_Q 、 η_P を求めることができ、 T 、 Q 、 η_P 、 $B. H. P.$ 等の算定が可能である。 η_P の値は固定ペラの場合とそれほど大きな変化はないが、C. P. P. の場合は曳網中ピッチ翼角をあさくすることによりプロペラの回転数をあげることができるから、その面で主機関を効率のよい状態で使用できるというメリットがある。

なお、今回は前進係数 $\frac{V_A}{nD}$ の推定にあたっては w を(2式より0.3と推定したが、軸馬力 $B. H. P.$ とプロペラ回転数 (n) が正確に測定されておれば

$$K_Q = \frac{75 (B. H. P.)}{2 \pi \rho n^3 D^5} \quad (5)$$

としてトルク係数 (K_Q) が求められるから、それに対する前進係数 ($\frac{V_A}{nD}$) をプロペラ図表より読みとり、 V_A を求め、そのときの船速 V と比較することにより w を求めることができる。しかし、実際には $B. H. P.$ の測定方法自身にもかなり問題があり、誤差が或る程度含まれるため、仲々、 w の正確な算出はむづかしい、著者も実験値より w の算出を試みたことがあったが算定値がばらつき信頼のおける数値が得られなかったため、やむを得ず(2式より推定した次第である。

5) 推進効率 η と曳網力

前述のごとく推進効率 η は

$$\eta = \frac{1-t}{1-w} \eta_P \cdot \eta_R$$

であり、例題に示した3000 ton型、全長88mトローラーについて、曳網時の η を計算すると、(1~4項より)

$$\eta = \frac{0.9}{1-0.3} \times 0.207 \times 1 = 0.27$$

と得られる。

曳網時における有効馬力 ($E. H. P.$) は漁具抵抗馬力 ($E_N. H. P.$) と船体抵抗馬力 ($E_S. H. P.$) の和と考えられ、海上平穏時 (風力1~3) における曳網時の船体抵抗は漁具抵抗

に比較して非常に小さく約7.5%位の値をとるから漁具抵抗馬力 $E_N \cdot H \cdot P.$ は近似的に

$$E_N \cdot H \cdot P. = 0.937 (B \cdot H \cdot P.) \quad (6)$$

荒天時(風力6~7)向い風の場合は、近似的に

$$E_N \cdot H \cdot P. = 0.557 (B \cdot H \cdot P.) \quad (7)$$

荒天時(風力6~7)追い風の場合は、近似的に

$$E_N \cdot H \cdot P. = 1.317 (B \cdot H \cdot P.) \quad (8)$$

と得られる。

本例題の場合は固定プロペラで定格出力3150PSであるから、曳網時の軸馬力(B.H.P.)を定格出力の約65%使用とすると約2050PS、よって、平穩時の漁具馬力(曳網力)は(6)式より

$$E_N \cdot H \cdot P. = 0.93 \times 0.27 \times 2050 = 513 \text{ PS}$$

荒天時向い風の場合は(7)式より

$$E_N \cdot H \cdot P. = 0.55 \times 0.27 \times 2050 = 304 \text{ PS}$$

荒天時追い風の場合(8)式より

$$E_N \cdot H \cdot P. = 1.31 \times 0.27 \times 2050 = 725 \text{ PS}$$

と得られる。

なお、固定プロペラの場合は曳網時の軸馬力B.H.P.は定格出力の60~70%位の値で使用され、C.P.P.の場合は85~90%位まで使用可能のようである。

以上のような方法でトローラーの漁具抵抗馬力というか、曳網力の推定が近似的に可能となるが、元来、この辺の研究が漁撈関係研究者と造船、プロペラ関係研究者との接点になるような部分で、最も重要な部分であるにもかかわらず今まで見落されてきた感がある。

文 献

- 1) 中島鑄工業株式会社：マリン・プロペラ、昭和40年3月。
- 2) 小山武夫：300~4000トン型トローラーの曳網時におけるスラスト減少係数、昭和47年度日本水産学会春季大会講演要旨集(1972)。