



Title	高速漁船の経済速力について
Author(s)	浅野, 一彦; ASANO, Kazuhiko
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 35(3), 179-186
Issue Date	1984-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23860
Type	departmental bulletin paper
File Information	35(3)_P179-186.pdf



高速漁船の経済速力について

浅野 一彦*

Economical Speed for High Speed Fishing Boats

Kazuhiko ASANO*

Abstract

In this paper, the economical speed for high speed fishing boats is calculated using Niwa's power-speed chart for the surface effect boat. At high speeds the basic formula for the economical speed which is defined as the speed at a minimum running cost, is

$$V = \sqrt{\frac{K}{\beta \cdot \alpha_1 \cdot \Delta}}$$

But V must satisfy the condition

$$V \geq V_1$$

where V is the economical speed, V_1 is the speed at the start of planing, K is the running cost in relation to the time, α_1 is a constant of the fuel oil cost in relation to the speed and β is the slope of the power-speed line. Δ is the displacement of the boat.

Since the value of K is low for coastal fishing boats, the slower the boat, the more economic the cost of running the coastal fishing boat is.

However, as the speed of the boat gets lower, the time on the sea is prolonged.

Therefore, the economical speed of coastal fishing boats must take into consideration the working time of the fishermen at sea.

結 言

小型沿岸漁船において、船体のFRP化に伴う軽量化と積載エンジンの軽量小型化により高速化が進められてきた。特に、オイルショック後のエンジンの燃料消費率の大巾な改良と高出力化が小型沿岸漁船の高速化に拍車をかけ、2~5GTクラスで25ノットの高速漁船も出現している。

この様な小型沿岸漁船の高速化については、現状の水産界の体質を考えると漁業者や造船所間の無用の速力競争につながり、船体の軽量化やエンジンの各種効率の改善などの省エネルギー対策がエネルギーの浪費につながる恐れがある。

これらの漁船の無用の高速化を防ぎ、操業上の経済性を考える時、漁船の経済速力について具体的に示す必要がある。

漁船等の船舶の経済速力については、必要馬力は速力の3乗に比例して増加するとして求められている。

しかし、高速沿岸漁船の船型は高速艇用の滑走艇型船型となっており、高速時の必要馬力は速力の3乗に比例しない。

滑走艇において、滑走状態に入ると船体に働く浮力により船体が浮上して船体抵抗が減少する。

* 北海道大学水産学部漁船工学講座
(Laboratory of Engineering of Fishing Boats, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

よって、滑走状態に入れば速力の増加に対する馬力の増加はさほど大きくはならない。このことも沿岸漁船の高速化の一因となっている。

ただ、滑走艇の速力と馬力の関係については模型実験の困難なことや、滑走状態における各種要因の測定や相関性を求めることが難しいため確定的なものは求まっていない。

本論文では現在、最も整理され使用されている丹羽誠一が作製したハードチェーン型高速艇の馬力曲線¹⁾を使用して高速時の速力と馬力の関係を求め、高速漁船の経済速力を論じている。

経済速力

一般に船舶では馬力は速力の3乗に比例して増加すると言われており、ここではこの馬力と速力との関係を基に経済速力を求める²⁾。

今、 V を船速、 S を航海距離、 F を船速 V における時間当りの燃費、 K を燃費以外の運航時の時間当りの諸経費（以後、時間当りの経費と略す。）、 C を固定経費（航海時間に関係なくかかる経費）。とおくと、運航経費 W は次の様に表わされる。

$$W = \frac{S}{V} \cdot F + \frac{S}{V} \cdot K + C \quad (1)$$

今、燃費は馬力に比例し、馬力は速力の3乗に比例すると仮定して、

$$F = \alpha V^3 \quad (2)$$

とする。ここで、 α は定数。よって (1) 式は、

$$W = \alpha S V^2 + S K V^{-1} + C \quad (3)$$

となり、この (3) 式で W が最小となるが V が経済速力となる。

今、(3) 式を V で微分すると、

$$\frac{dW}{dV} = VS(2\alpha - KV^{-3}) \quad (4)$$

となる。(4) 式より、経済速力は、

$$V = \sqrt[3]{\frac{K}{2\alpha}} \quad (5)$$

となる。さらに、(5) 式を変換して、

$$\alpha V^3 = \frac{K}{2} \quad (6)$$

(2) と (6) 式より経済速力時の燃費は、

$$F = \frac{K}{2} \quad (7)$$

となる。この様に、馬力は速力の3乗に比例するならば、経済速力は (5) 式となり、さらに、(7) 式より時間当りの経費の半分の燃費で航行できる速力が経済速力となる。

さらに、漁船の性能や操業上の各種制限が生じる場合は、これら制限を満足させる範囲で (1) 式の W が最小となる V が経済速力となるのは言うまでもない。

高速漁船の経済速力

先の項では船舶の必要馬力は速力の3乗に比例して増加するとして経済速力を求めている。

しかし、高速漁船の高速域での走航は半滑走状態となり、船体に浮力が生じ抵抗が減少する。この半滑走状態に入ると速力の増加に伴う馬力の増加は低速時に比べ小さく、先に求めた経済速力は当らなくなる。

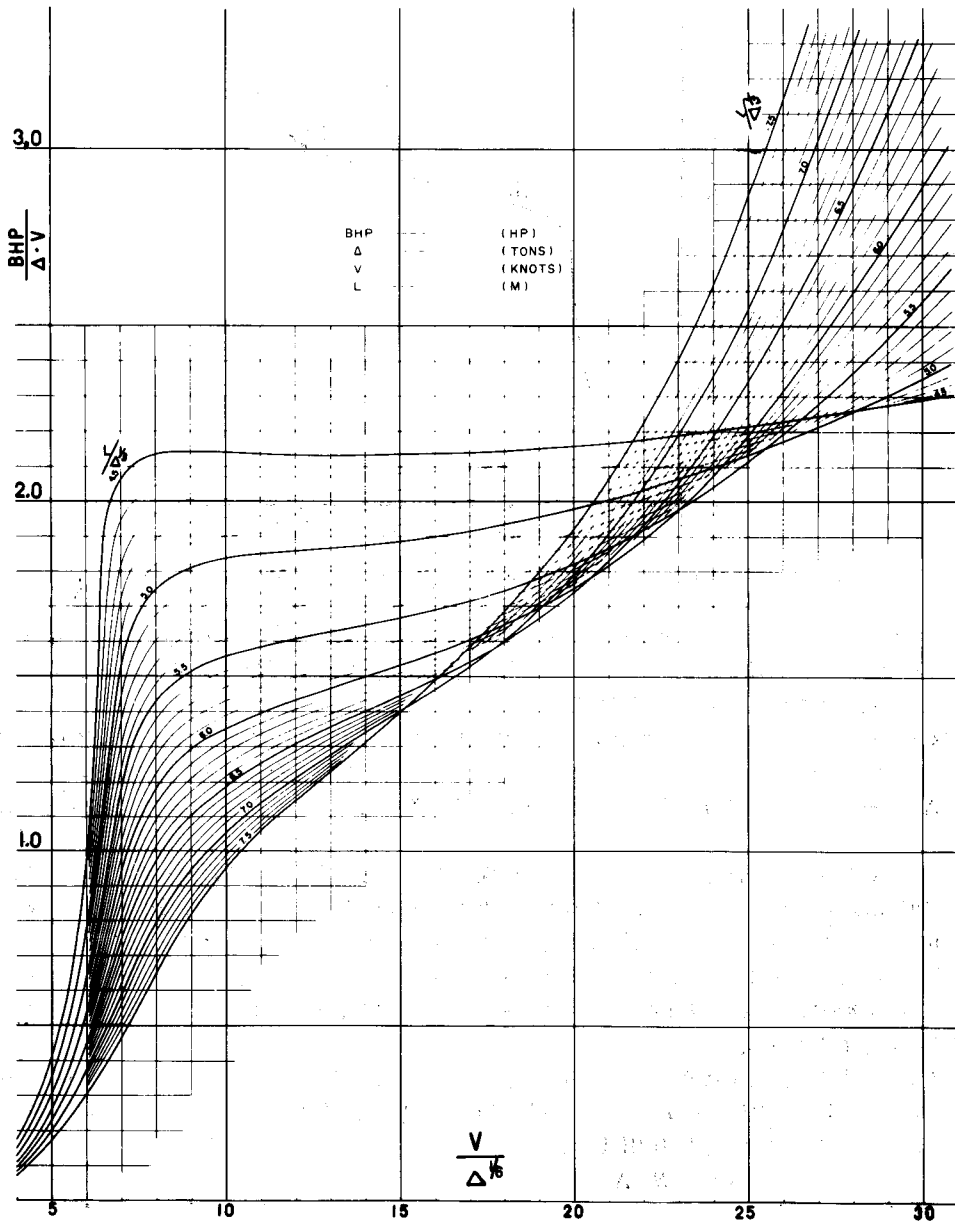


Fig. 1. Power-speed chart of Niwa.

BHP: Horse power (HP)
 V : Speed (Knots),

Δ: Displacement (Tons),
 L: Length of boat (M).

今回、高速漁船の経済速力を求めるにあたり、高速漁船の高速域での馬力と速力との関係を丹羽のハードチェーン型高速艇の馬力曲線図を用いて求めた。(一般に高速漁船の船型はハードチェーン型である。)

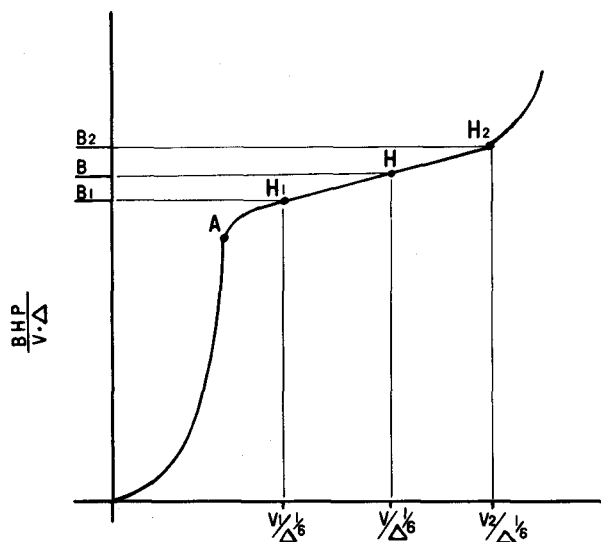


Fig. 2. Relation between the coefficient of power and the coefficient of speed.

この丹羽のハードチェーン型高速艇の馬力曲線図は実船の試験成績約 300 点を用いて作製されたもので、その使用範囲も半滑走状態から完全滑走状態までと広く、現在、最も良くまとめられ、かつ、使用されている図表の一つである。

図 1 に丹羽のハードチェーン型高速艇の馬力曲線図を示す。この馬力曲線において、BHP: 制動馬力 (PS), L_{WL} : 吃水線長 (m), Δ : 排水量 (Ton), V : 船速 (Kt) であり、横軸に速度係数 $V/\Delta^{1/6}$, 縦軸に馬力係数 $BHP/\Delta \cdot V$ をとり、長さ係数 $L/\Delta^{1/3}$ をパラメーターとした曲線である。

これら馬力曲線の傾向を図 2 に示す。馬力曲線は A 点まで 2 次的に急激に増加しており、その後、傾斜は緩やかとなり、 H_1 点より馬力係数の増加はほぼ直線となり、さらに、 H_2 点より急増する傾向を示している。この馬力曲線の傾向より滑走状態に入る点は A 点と考えられる。

今、この馬力曲線において、A 点と H_1 点の間が短いことより、滑走状態に入る点を H_1 点として、それ以後の馬力係数の増加を H_2 点まで直線として速度と必要馬力の関係を求め、高速域での経済速度を求めてみる。

図 2 に示す様に、滑走状態に入る H_1 点の速度を V_1 , 馬力係数を B_1 とし、直線の関係が終る H_2 点の速度を V_2 , 馬力係数を B_2 とし、 $H_1 \sim H_2$ 点間の任意の点 H における速度を V , 馬力係数を B とおくと、H 点における馬力 BHP は、

$$BHP = B \cdot \Delta \cdot V \tag{8}$$

となる。

ここで、 $H_1 \sim H_2$ 点間の馬力係数の増加は直線とすると B は

$$B = B_1 + \beta_1(V - V_1)/\Delta^{1/6} \tag{9}$$

となる。ここで、 β_1 は直線の傾きである。よって β_1 は、

$$\beta_1 = \Delta^{1/6}(B_2 - B_1)/(V_2 - V_1) \tag{10}$$

となる。いま、

$$\beta = (B_2 - B_1)/(V_2 - V_1) \tag{11}$$

とおくと、

$$\beta_1 = \beta \cdot \Delta^{1/6} \quad (12)$$

(12) 式を (9) 式に代入して、

$$B = B_1 + \beta(V - V_1) \quad (13)$$

となる。さらに、(13) 式を (8) 式に代入して、

$$\text{BHP} = \{B_1 + \beta(V - V_1)\} \Delta \cdot V \quad (14)$$

となる。

ここで、速力 V 時の運航経費は (1) 式で示される。

今、燃費は馬力に比例すると仮定すれば、

$$F = \alpha_1 \cdot \text{BHP} \quad (15)$$

となる。ここで、 α_1 は定数。

(1), (14), (15) 式より、

$$W = S \cdot \alpha_1 \Delta (B_1 + \beta V - \beta V_1) + S \cdot K \cdot V^{-1} + C \quad (16)$$

となる。よって、経済速力は (16) 式において最小の W をとる V となる。

今、(16) 式を V で微分すると、

$$\frac{dW}{dV} = S \cdot \beta \cdot \alpha_1 \cdot \Delta - S \cdot K \cdot V^{-2} \quad (17)$$

となる。よって、経済速力は、

$$V^2 = \frac{K}{\beta \cdot \alpha_1 \cdot \Delta} \quad (18)$$

$$\therefore V = \sqrt{\frac{K}{\beta \cdot \alpha_1 \cdot \Delta}} \quad (19)$$

となる。

しかし、(19) 式で求めた経済速力は滑走状態に入ってからのもので、

$$V \geq V_1 \quad (20)$$

なる条件を満たすことが必要である。今、 V が V_1 より遅い時は図 2 に示す A 点以前の馬力係数の曲線は 2 次曲線であることより、馬力は速力の 3 乗に比例して増加すると考えられるので、先の項で求めた (5) 式が経済速力となる。

次に、実際に諸数値を入れて高速時における経済速力を求めてみる。

図 1 における滑走状態に入る点 H_1 を各長さ係数共に速力係数 $V/\Delta^{1/6} = 10$ の時点とし、直線関係は $V/\Delta^{1/6} = 20$ まで続くとして (19) 式の β を求めた。表 1 には各長さ係数毎の B_1, β を示す。また、図 3 には速力係数が 10 と 20 の時の排水量と速力の関係を示す。

燃費と馬力の定数 α_1 は、馬力当りの燃料消費量を 0.2 l/BHP/h , 1 l 当りの燃料代を軽油換算として 72 円として、

$$\alpha_1 = 0.2 \times 72 = 14.4 \text{ 円/BHP/h} \quad (21)$$

とする。

表 1, (21) 式より求めた β, α_1 を使用し (19) 式より経済速力を求めたのが図 4 である。図 4 では横軸に時間当り経費を船の排水量で割った値 K/Δ , 縦軸には経済速力を示している。

ここで、速力の範囲は、

$$V_1 \leq V \leq V_2 \quad (22)$$

であり、図 3 より図 4 での経済速力の表示の範囲を $10 \leq V \leq 30 \times \sqrt{\Delta^{1/6}}$ ノットとしている。

以上、高速漁船の高速域での経済速力を丹羽の馬力曲線図を使用して求めたが、附加物の多い船や船型の適切でない船では馬力は $10 \sim 20\%$ 増加するので、個々の漁船の経済速力を求める時はこの点を考慮しなければならない。

Table 1. Values of B_1 and β .

$L/\Delta^{1/3}$	B_1	β ($\times \Delta^{-1/6}$)	$L/\Delta^{1/3}$	B_1	β ($\times \Delta^{-1/6}$)
4.5	2.14	0.002	5.6	1.52	0.029
4.6	2.07	0.005	5.7	1.47	0.032
4.7	2.01	0.008	5.8	1.43	0.035
4.8	1.95	0.009	5.9	1.39	0.038
4.9	1.90	0.011	6.0	1.35	0.040
5.0	1.83	0.015	6.1	1.32	0.043
5.1	1.78	0.017	6.2	1.29	0.046
5.2	1.72	0.019	6.3	1.25	0.050
5.3	1.66	0.022	6.4	1.22	0.052
5.4	1.61	0.024	6.5	1.19	0.055
5.5	1.56	0.026			

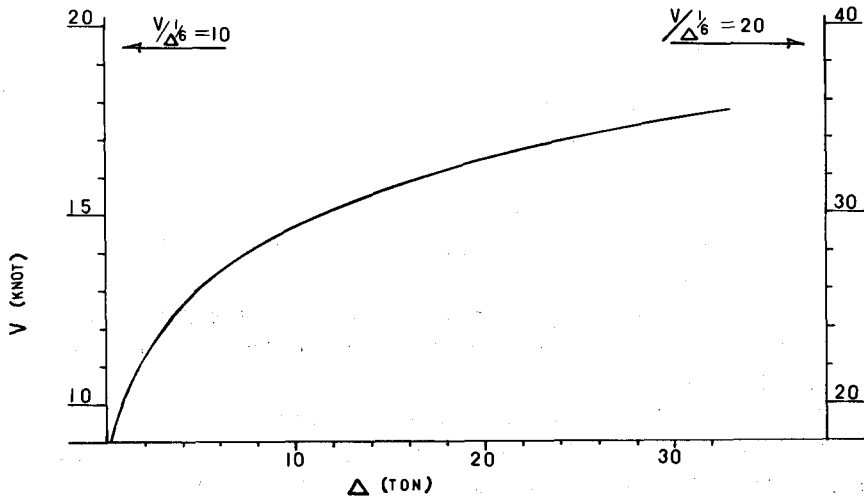


Fig. 3. Relations between displacement and speed at $V/\Delta^{1/6}=10$ and $V/\Delta^{1/6}=20$.

次に、(19)式で求めた高速域での経済速力はいくまでも $V \geq V_1$ を満たすことが条件であり、漁船の操業においてこれほどの高速が必要か否かを考える必要がある。

これら高速漁船の多くは沿岸漁船であり、一般に沿岸漁船での時間当りの経費は少なく、運航経費を算出する(1)式において $K=0$ とおける。この場合、低速域 ($V < V_1$) では運航経費は(3)式より、

$$W = S \cdot \alpha \cdot V^2 + C \quad (23)$$

となり、速力の2乗に比例する。

また、高速域 ($V \geq V_1$) では(16)式より、

$$W = S \cdot \alpha_1 \cdot \Delta \cdot (B_1 + \beta V - \beta V_1) + C \quad (24)$$

となり、運航経費は速力に比例して増加する。

よって、沿岸漁船での経済速力は市場の開閉時刻等の制限にまにあう範囲の最低速力となる。す

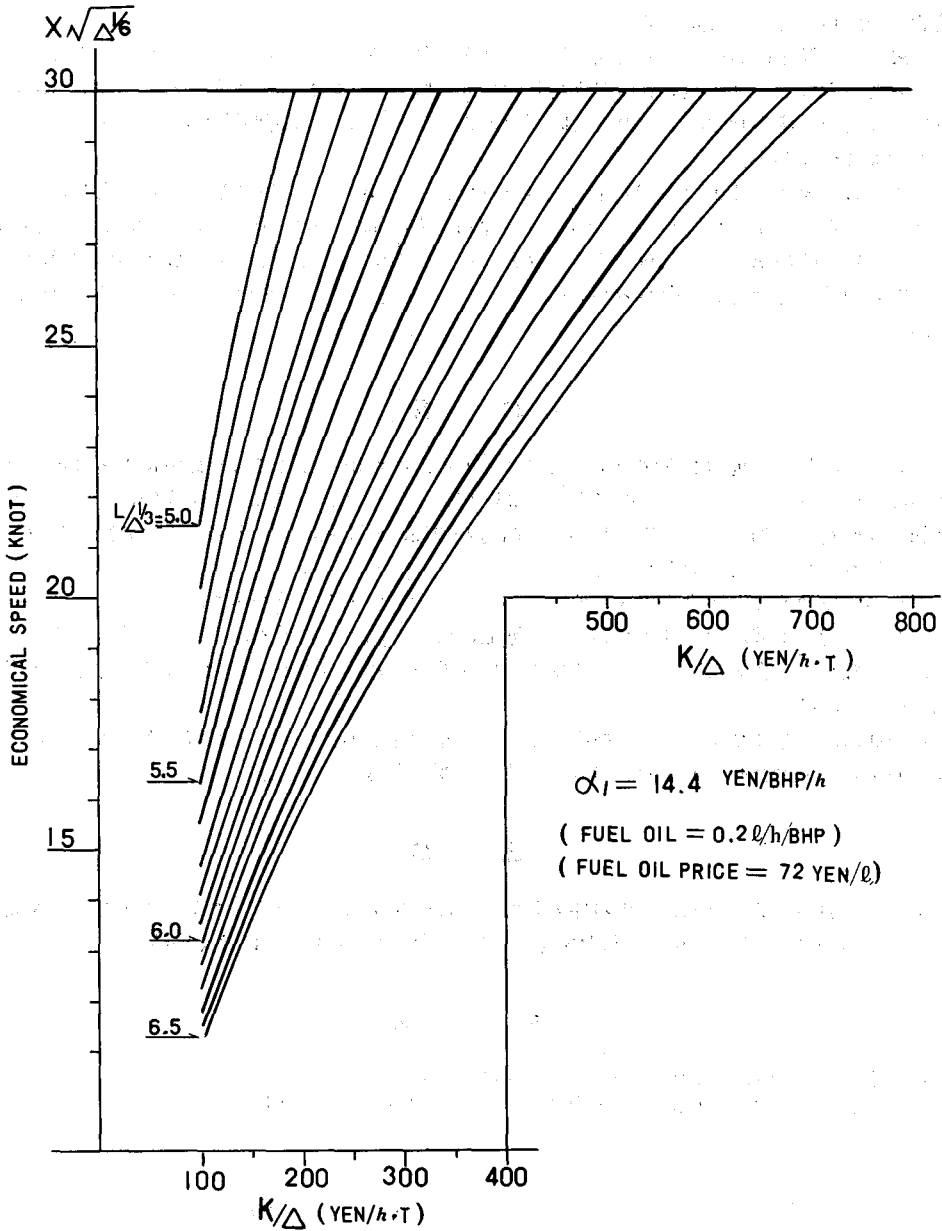


Fig. 4. Chart of economical speeds.

なわち、早めの出港等により船速をおさえることが沿岸漁船の運航経費からみた省エネルギー化と言える。

しかし、船速の低下は必然的に航海時間の延長につながり、漁業にとっては労働強化となる。漁業者にとって海上での作業は苛酷なもので、海上滞在時間の短縮の要求は切実なものがある。今、実際の漁船の経済速力を考える時、単にエネルギー効率や運航費の節減だけでなく、漁業者の人

間的な面からも考える必要がある。

一般に沿岸漁業において航海時間（漁場と港との往復時間）は生産に寄与せず、かえってマイナスの要因となる。今、漁業者の収入を時間当りの収入（時給）として考えると、航海時間の減少は漁場での生産活動や陸上での作業時間の延長につながり、（航海時間の減少分）×（時給）の収入の増加につながる。

この様な考え方をとれば運航経費を求める(1)式中の K の値に時給を当て経済速力を求めることができる。図4より、排水量2~3トンの漁船 ($L_{WL}/\Delta^{1/3}=0.6\sim 0.65$) において経済速力が20ノットとなる時の K の値は400~900円位となる。この位の値では漁業者の収入(時間換算)や一般労働者の時給を考えると漁業者が20ノット以上の高速を望むのも理解できるのではないだろうか。

結 言

本論文では丹羽の馬力曲線図を用いて経済速力を求めたが、ここで言う経済速力とは単に運航費の経済性だけで算出されたものである。(23), (24)式で示される様に、沿岸漁船において船速の増加は運航費の増加につながる。しかし、船速の増加は漁業者にとって海上滞在時間の減少という労働軽減になると言う面ももっている。

近年の沿岸漁船の高速化の大きな要因にエンジン効率の大巾な改善がある。これにより漁船の大巾な燃料費の削減が期待されたが、沿岸漁船においては燃料の節約にではなく船速の増加に向けた。すなわち、漁業者はエンジン効率の大巾な改善を省エネルギーにではなく省力化（労働軽減）へ振り向けたと言える。

この様に、実際に漁船の船速を指導、制限などを行なう場合、単に運航費（燃料費）だけではなく漁業者の労働軽減などの面からも考慮する必要があるだろう。

謝 辞

本論文は前述の様に丹羽誠一氏の作製した馬力曲線を基にしている。また、図1を「高速艇工学」¹⁾より転載するにあたり、これを快諾していただいた丹羽誠一氏に深く感謝します。

文 献

- 1) 丹羽誠一 (1977). 高速艇工学. 285 p. 舵社, 東京.
- 2) 浅野一彦 (1981). 漁船の経済速力について. 北大水産彙報 32, 61-66.