

海軍機關學校

機關術教科書蒸氣機關
推進器及船體抵抗

選修學生
生徒第三學年



大正十三年九月



海軍兵學校長 谷口 尙 眞

大正十三年九月

本書ニ依リ機關術ヲ修得スヘシ

第六版 大正十三年九月

教官 海軍機關少佐 御所 靜

第五版 大正十年七月

改正ス
船體抵抗
推進器及

教官 海軍機關少佐 野村 將三

第四版 大正七年十二月

教官 海軍機關大尉 梯 秀雄

第三版 大正五年三月

教官 海軍機關少佐 稻田 輝太郎

第二版 明治四十五年六月

教官 海軍機關大尉 小泉 武三

第一版 明治四十三年十一月

教官 海軍機關少佐 關 重光

發行年月

本書二卷... 海軍機關大尉 關 重光

大正十三年九月

海軍機關大尉 關 重光

推進器及ビ船體抵抗目次

	頁
第一章 抵抗論	I
一、船體抵抗	I
二、船體抵抗測定法	9
第二章 推進器論	15
三、推進器ノ種類	15
四、螺旋推進器各部ノ名稱	17
五、螺旋推進器幾何學の解説	19
六、推進器ノ理論	20
第三章 推進論	25
七、伴流率	25
八、推力減少率	27
九、船殼効率	28
一〇、推進効率	29
一一、「キャピテーション」	30
一二、推進器ノ回轉方向及ビ操舵關係	31
一三、海ノ深淺ガ艦船ノ速力ニ及ボス影響	33

第四章 推進器ノ形狀及ビ構造 36

一四、Griffith 式推進器 36

一五、Thornycroft 式推進器 37

一六、Screw turbine 推進器 37

一七、「タルビン」式機械用推進器 38

第五章 推進器畫法及ピ節計測法 40

一八、推進器畫法 40

一九、節計測法 44

第六章 推進器構成材料及ビ其ノ強度 46

二〇、翼ノ材料及ビ潰蝕 46

二一、翼ノ根元ニ於ケル最大壓縮内力ノ算出法 50

二二、推進器計畫上考慮スベキ事項 51



器 鼓 辨

章 一 第

篇 計 測

計 測 器 鼓 辨

Faint bleed-through text from the reverse side of the page, including technical terms and diagrams.



推進器

第一章

抵抗論

新艦ノ機關ヲ計畫スルニ當リ第一ニ決定スベキハ所要ノ速力ニ對シ幾許ノ軸馬力(又ハ實馬力)ヲ要スルヤヲ算出スルニアリ、而シテ之ヲ決定スル方法及ビ算式ハ多數アリテ各其ノ原ヅク所ヲ記述スルハ決シテ容易ノ業ニアラズ、故ニ茲ニハ船體ノ抵抗ニ關スル一般ノ理論及ビ通常使用スル測定方法ノ大要ヲ述ベントス、

一、船體抵抗、

Resistance of ships

船ガ水中ヲ進行セントスル時ハ之ニ對シテ水ノ抵抗ヲ生ズ而シテ船ノ力ガ其ノ抵抗ニ丁度打勝ツ瞬間ニ船ハ其ノ速力ニテ進行ヲ始ムルナリ、即チ船ノ速力ノ増減ニヨリ抵抗ハ増減シ從ツテ抵抗ニ打勝テ其ノ速力ヲ持續スルニ要スル馬力ニ増減ヲ生ズ、

艦船ハ其ノ下半部ハ水中ニ、上半部ハ空氣中ニ在リテ進行スルモノナレバ其ノ進行ニ對シテ起ル抵抗ハ次ノ如ク分ツコトヲ得、

Resistance

Still air, calm water = 抵抗

(1) Skin friction Resistance

(2) Eddy Resistance

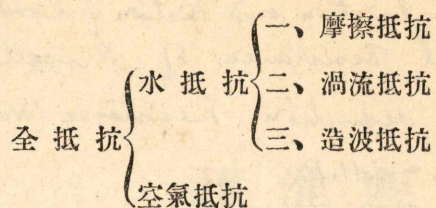
(3) Wave Resistance (E.H.P. = Balance 2.)

(4) Initial friction and friction of load Resistance

(5) Frictional Resistance of Propeller

(6) Thrust deduction Resistance (Waste H.P.)

$$I. H. P. = E. H. P. + W. H. P.$$



1. 摩擦抵抗、

Frictional or skin resistance

船が駛走スレバ水ニ粘性アルガ故ニ滑カナラザル船體ニ觸ルル時ハ其ノ間ニ摩擦ヲ生ジ爲メニ水ハ船ト共ニ伴ヒ去ラレントスル傾向アリ、加之船ト共ニ前進セントスル水分子ト之ニ隣接セル他分子トノ間ニモ亦摩擦ヲ生ズバシ從ツテ船ノ進行ニ對シテ或ル抵抗ヲ與フ、之ヲ摩擦抵抗ト云フ、

摩擦抵抗ハ船ノ浸水面ノ粗密、面積、長サ及ビ進行速力ニ依リテ變化スルモノニシテ水ノ温度ニモ關係ス温度高キトキハ低キトキヨリモ抵抗少ナシ古來此ノ抵抗ノ測定ニ於テ研究セル多數ノ學說中 W. Froude 氏ノ說ハ最モ適切ナリ、*William Froude* 英國ノ造船者

全氏ハ 1870 年厚サ $\frac{3}{16}$ 吋、深サ 1 呎 7 吋、長サ 1 呎 6 吋ヨリ 50 呎マデノ數枚ノ板ニツキ各種ノ材料ヲ塗布シ之ヲ長サ 287 呎、幅 36 呎、深サ 8 呎 9 吋ノ清水槽内ニテ板ノ頂部ヲ水面下 $1\frac{1}{2}$ 吋ニ沈メテ長サノ方向ニ曳キ種々ナル速力ニ對スル抵抗ヲ測定シ次ノ如キ實驗式ヲ得タリ、

$$R_f = f S V^n$$

R_f 摩擦抵抗 (噸)

f 摩擦係數

S 摩擦面積 (平方呎)

V 速力 (節)

n 速力ノ冪數

n, f value

Ship length	東立	Tideman	Froude (英)	Taylor (米)
200 n	1.825	1.829	1.825	1.830
200 f	0.008991	0.00944	0.00898	0.00898
300 n	1.825	1.829	1.825	1.830
300 f	0.008905	0.00923	0.00890	0.00923
400 n	1.825	1.829	1.825	1.830
400 f	0.008838	0.00910	0.00883	0.00910
500 n	1.825	1.829	1.825	1.830
500 f	0.008777	0.00904	0.00877	0.00904
600 n	1.825	1.829	1.825	1.830
600 f	0.008723	0.00904	0.00872	0.00904
700 n	1.825	1.829	1.825	1.830
700 f	0.008678	0.00904	0.00868	0.00904

Taylor's formula.

$$S = K \sqrt{D \times L}$$

$K = \text{const.}$

$D = \text{Displacement}$

$L = \text{Length of perpendicular}$

3

推 進 器

上式中 f_n の値ハ摩擦面ノ性質ニ依ル外、其ノ長サニ關係シ、
又 f ハ水ノ密度及ビ温度ニ關係ヲ有ス、

別表(1)ハ W. Froude 氏ガ實驗ヨリ得タル表ニシテ第1圖ハ
其ノ試驗裝置ヲ示ス、

W. Froude 氏ノ子、R. E. Froude 氏ハ更ニ船體模型及ビ數種
ノ薄キ板ヲ用ヒテ實驗ヲ重ネ、尙 Herr. B. Tideman 氏ノ實驗ノ
發表ニ依リ船體ノ摩擦抵抗モ亦上記板ノ實驗ニヨリ得タル式ヲ適
用シ得ルコトヲ確メ得タリ、

別表(2)ハ R. E. Froude 氏ガ實驗ヨリ得タル結果ニシテ此ノ f
及ビ n ノ値ハ我海軍ニテ摩擦抵抗算出上使用シ別表(3)ハ Herr.
B. Tideman 氏ノ表ニシテ米國海軍ニテ之ヲ使用ス、後者ヲ用ヒ
テ算出セル抵抗量ハ前者ヲ用ユルヨリモ大ナリ、

次ニ摩擦面積 S ノ値即チ船ノ浸水面積ハ船體圖面ニヨレバ精
密ニ算出シ得ベキモ抵抗計算ニ用ユル値ハ次式ニヨリ算出ス、

$$S = L(1.7 \times d + B \times C)$$

S 浸水面積 (平方呎)

L 垂線間ノ長サ (呎)

d 平均吃水 (呎)

B 船體最大幅 (呎)

C 排水量肥瘠係數 = $\frac{\text{displacement}}{L \times B \times D}$

C ノ値

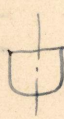
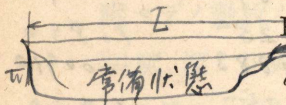
戰艦 0.6 ~ 0.65

巡洋艦 0.5 ~ 0.55

驅逐艦 0.35 ~ 0.45

客船 0.5 ~ 0.55

貨物船: 戰艦ト略同



by Tideman's Table

$$R_f = 0.009 \times 68000 \times 22 = 612 \times$$

$$1.029 \log 22 = 3.0911 \times 1.829 = 5.655$$

$$\text{by Froude } R_f = 167,215^{1/2} \text{ (Froude)} = 174,420 \text{ (Tideman)}$$

Tideman 4.5% 位大ナリ

S (Wetted surface) 實例

扶桑	68,844
向勢	70,136
長門	73,575
金剛	66,193
天龍	19,574
龍磨	26,415
天龍丸	9,252
谷風	10,008
海風	11,660
椿	6,524
橘	7,334
橙	7,470

扶桑 $L=130'$

$B=94.18$

$d=30$

$D=30.600$

$v=22$

$c=1.65$

$$S = 71,000$$

($C=60$)

($S=68,000$)

$$R_f = f S v^n \text{ (by Froude)}$$

$$= 10087 \times 68000 \times 22^{1.825} = 391.50 \times 284.4 = 168100 \text{ lb.}$$

$$1.825 \log 22 = (0.7885 + 2.3026) \times 1.825 = 3.0911 \times 1.825 = 5.65$$

$$1.825 \log 22 = (0.7885 + 2.3026) \times 1.825 = 3.0911 \times 1.825 = 5.65$$

此ノ式ハ Mumford or Denny's formula ト稱シ、我ガ海軍ニテ
使用ス、

2. 渦流抵抗、 Eddy making resistance

船體ノ形狀ガ第2圖 (a)(b) ノ如キ形ヲナシ其ノ前部或ハ後部ニ
於テ Stream line ヲ亂シ渦流運動ヲ起サシムル時ハ此ノ現象ハ船
ノ進行ニ抵抗ヲ與フルモノニシテ之ヲ渦流抵抗ト云フ、

故ニ船體ノ計畫良好ニシテ其ノ浸水部殊ニ後部ノ形狀ガ平滑ナル
曲線ヲ以テ造ラルルトキハ渦流抵抗ハ極メテ少量ナルモノナ
リ、而シテ Stream line ヲ亂スコトナク渦流抵抗ヲ極少ナラシム
ルガ如キ形狀ハ Stream line form ニ若クモノナシ、(第2圖 c)

今水中ニテ板ヲ曳ク時ハ第3圖 (a)(b) ニ示ス如ク板ハ其ノ前面
ニ壓力ヲ受ケ其ノ後面ヨリハ板ノ進行ニ伴ヒ生ズル渦流運動ノ爲
メ引張ラルル状態トナル、

船體外板ノ前後部ハ或ル傾斜ヲ以テ水中ヲ進行スルモノナレバ
其ノ前部外板ハ其ノ前面ノミニ壓力ヲ受ケ、後部外板ハ其ノ後面
ヨリ引張ラルル傾向ヲ有ス、(第3圖 c)

然レドモ渦流抵抗ト摩擦抵抗トハ其ノ間ニ一定ノ關係ヲ有スル
モノニシテ第3圖 (a) ノ如ク板ヲ直角ニ曳ク時ニ起ル抵抗ハ大部
分渦流抵抗ニシテ、(b) 圖ノ如ク角度ヲ減ズルニ從ヒ渦流抵抗ハ
減ジ摩擦抵抗ヲ増加シ、角度0トナルニ於テ其ノ大部分ハ摩擦抵
抗トナル、(d) 圖ハ此ノ關係ヲ示スモノニシテ B ハ渦流抵抗 C
ハ摩擦抵抗トナルベキ力ヲ示ス、而シテ船體ノ外板ハ其ノ傾斜角
度大ナルガ故ニ渦流抵抗ハ摩擦抵抗ノ一小部分ニ過ギズシテ船體
ノ形狀ヲ適當ナラシメ、Bilge keel, 舵又ハ張出承等船底外部ノ附
屬物ヲ Stream line form トナシ、可成抵抗ヲ少ナカラシムル時ハ

Coefficient and Index of Friction (From W. Froude's Results)

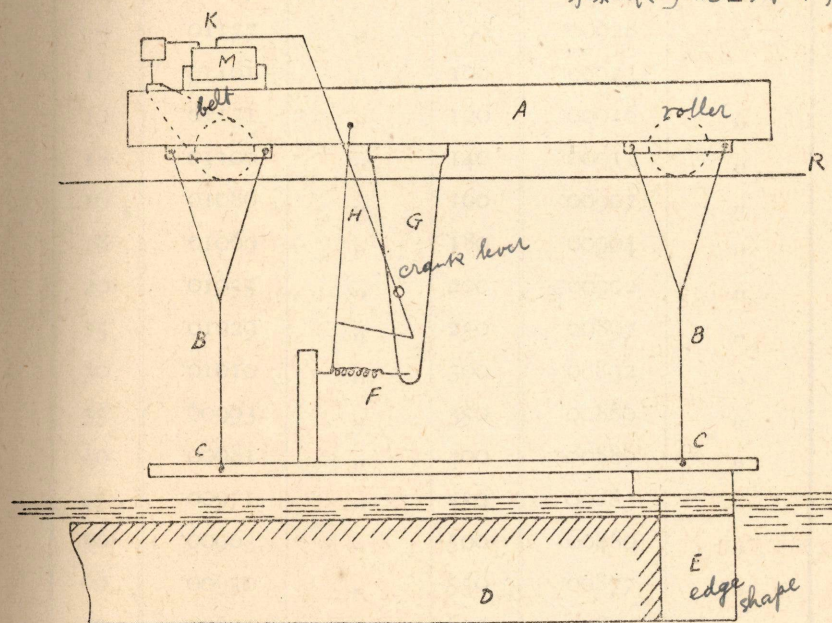
Nature of Surface	Length of Surface							
	2 feet.		8 feet.		20 feet.		50 feet.	
	<i>n</i>	<i>f</i>	<i>n</i>	<i>f</i>	<i>n</i>	<i>f</i>	<i>n</i>	<i>f</i>
Varnish	2.00	.0117	1.85	.0112	1.85	.0104	1.83	.0097
Paraffin	1.95	.0119	1.94	.0100	1.93	.0088	—	—
Tinfoil 錫箔	2.16	.0064	1.99	.0081	1.90	.0089	1.83	.0095
Calico 杉葉紙	1.93	.0281	1.92	.0206	1.89	.0184	1.87	.0170
Fine sand	2.00	.0231	2.00	.0166	2.00	.0137	2.00	.0104
Medium sand	2.00	.0257	2.00	.0178	2.00	.0152	2.00	.0139
Coarse sand	2.00	.0314	2.00	.0204	2.00	.0168	—	—

第1圖

摩擦抵抗測定試験装置

(W. Froude 氏)

東京及長崎ノ船型試験所ニ此装置アリ。



- | | |
|----------------------|---------------------|
| A. Carriage. | F. Spring. |
| B. Suspending lever. | G. Stout bracket. |
| C. Frame. | H. Link. |
| D. Plank. | K. Pencil. |
| E. Head cutter. | M. Drum. (recorder) |
| | R. Rail. |

Ship length	東京	Tideman	Froude (英)	Taylor (米)
200 n	1.825	1.829	1.825	1.830
f	1.008991	.00944	1.00898	.00898
300 n	1.825	1.829	1.825	1.830
f	.008905	0.00923	1.00890	.00923
400 n	1.825	1.829	1.825	1.830
f	.008838	.00910	1.00883	.00910
500 n	1.825	1.829	1.825	1.830
f	.008777	.00904	1.00877	.00904
600 n	1.825		1.825	
f	.008723		1.00872	
700 n	1.825		1.825	
f	1.008678		1.00868	

別表二

R. E. Froude's Frictional Constants for Paraffin or Smoothly-painted Surfaces in Salt Water

Length of Vessel or Model in Feet.	Coefficient of Friction.	Power according to which Friction Varies.	Length of Vessel or Model in Feet.	Coefficient of Friction.	Power according to which Friction Varies.
	<i>f</i>	<i>n</i>		<i>f</i>	<i>n</i>
8	.01197	1.825	80	.00933	1.825
9	.01177	"	90	.00928	"
10	.01161	"	100	.00923	"
12	.01131	"	120	.00916	"
14	.01106	"	140	.00911	"
16	.01086	"	160	.00907	"
18	.01069	"	180	.00904	"
20	.01055	"	200	.00902	"
25	.01029	"	250	.00897	"
30	.01010	"	300	.00892	"
35	.00993	"	350	.00889	"
40	.00981	"	400	.00886	"
45	.00971	"	450	.00883	"
50	.00963	"	500	.00880	"
60	.00950	"	550	.00877	"
70	.00940	"	600	.00874	"

別表三

Herr. B. Tideman's Frictional Constants for Ships in Salt Water of 1.029 Density.

Length of Ship in Feet.	Iron Bottom Clean and Well Painted.		Copper or Zinc Sheathed			
			Sheathing Smooth and in Good Condition.		Sheathing Rough and in Bad Condition.	
	<i>f</i>	<i>n</i>	<i>f</i>	<i>n</i>	<i>f</i>	<i>n</i>
10	.01124	1.8530	.01000	1.9175	.01400	8.7000
20	.01057	1.8484	.00990	1.9000	.01350	1.8610
30	.01018	1.8440	.00903	1.8650	.01310	1.8530
40	.00998	1.8397	.00978	1.8400	.01275	0.8470
50	.00991	1.8357	.00976	1.8300	.01250	1.8430
100	.00970	1.8290	.00966	1.8270	.01200	"
150	.00957	"	.00953	"	.01183	"
200	.00944	"	.00943	"	.01170	"
250	.00933	"	.00936	"	.01160	"
300	.00923	"	.00930	"	.01152	"
350	.00916	"	.00927	"	.01145	"
400	.00910	"	.00926	"	.01140	"
450	.00906	"	"	"	.01137	"
500	.00904	"	"	"	.01136	"

長サ 500 呎以上ハ曲線ヲ延長シ此等ノ係數ヲ見出スコトヲ得、

其ノ量極メテ少ニシテ近來ノ艦型ニツキテハ摩擦抵抗ノ5~10%ニ過ギズ、

故ニ船體抵抗算定上渦流抵抗ハ通常摩擦抵抗ノ5~10%トシテ計上ス、

3. 造波抵抗、

Wave making resistance

船ガ静水中ヲ進行スル際ニハ水分子ノ船體ニ對スル運動ハ第4圖(a)ノ如ク船ノ前後部ニ於テ其ノ水面ヲ高メ波浪ヲ起シ之ヲ相隣接セル分子間ニ傳播スルノミナラズ船ノ進行ニ從ヒ連續之ヲ生ゼシム之ガ爲メ船ハ相當ノEnergyヲ消費ス之ヲ造波抵抗ト云フ、

而シテ波浪ハ艦首及ビ艦尾ニ於テ各獨立ニ生ズルモノニシテ之等ヲBow wave system 及ビ Stern wave system ト云ヒ、尙兩System 中ニ二種ノ波アリテ之ヲ Diverging wave 及ビ Transverse wave ト云フ、(第4圖(b))

Diverging wave ハ船ガ平水中ヲ駛走スル時ニヨク認識シ得ルモノニシテ其ノ擴リ方ハ發散的ニシテ波ノ進行方向ハ通例船ノ進行方向ト40°~50°ノ角度ヲナス而シテ連續發生スル波頂ノ線ハ互ニ相平行スルノミナラズ其ノ高サハ艦ヲ距ルニ從ヒ減少シ遂ニ消失ス、

Transverse wave ハ船ノ速力非常ニ増加セシ際特ニ顯ハルルモノニシテ、Diverging wave ノ波頂間ニ跨リテ生ジ其ノ進行方向ハ船ト同ジク其ノ波頂ハ船ノ進行方向ト直角ヲナス、

斯クテ船ハ一定ノ速力ニテ駛走スレバ茲ニ一定ノ波浪ヲ形成スルモノナリ、

Diverging wave ハ互ニ相干涉スルコトナキモ Transverse bow wave / transverse wave

Re: Eddy making resistance. $Re = R_f \times \frac{5 \sim 10}{100}$ $Re \propto AV^2$

Battle ship = $R_f \times \frac{7}{100}$

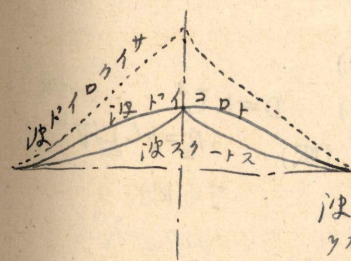
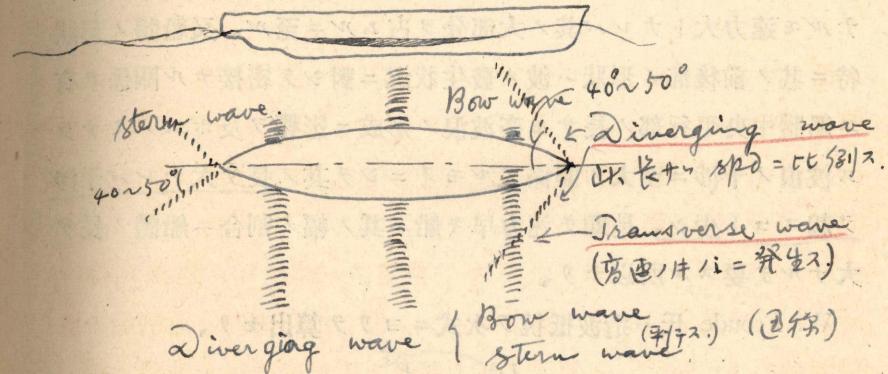
Battle Cruiser = $R_f \times \frac{6}{100}$

Cruiser / old = $R_f \times \frac{6}{100}$

Destroyer / new = $R_f \times \frac{10}{100}$ ----- spd. = 比例スル者大ナリ

造波抵抗、

船ガ静水中ヲ進行スル際船ノ水ヲ攪乱シ水面ニ昇リ波状ヲ呈ス。次ニ流水ノ次第ニ速力ヲ増シ船ノ中央部ニ至リテ max. spd. トナル。而シテ水ノ圧力ハ大ニ減衰シ水面ノ降下ス。後部ニ行キ再ビ spd. ヲ減シ艦尾ニ至リテ最小限ニ達シ船首ト同ク圧力増加シ水面上昇シ波状ヲ呈ス。此ノ波状ハ水ノ分子間ニ傳播シ船ノ相鄰ノ距離ニ至リテ消失ス。



1802年 フロストナ } 理論ヲ發表ス。
1863年 32キレ }
ストークス波
1847年 ストークス

波ハ Trochoidal wave = 即チ Kinetic energy ヲ有セズ。Potential energy 12 ヲ有ス。
(Trochoidal wave, 波)

「ストークス」ノ波

波ハ Trochoidal = 即チ Potential energy 12 + 32 Kinetic energy ヲ有セズ。

波ノ長サ
最大波長 ... 2750 ft
長さ ... 200 ~ 300 ft
波ノ高サ ... 48 ft
波ノ周期 ... 30 ft

波ノ period 10 sec ~ 1

wave ノ餘波ハ Stern wave ト重ナリテ週期的ニ抵抗ヲ増減ス、從ツテ船ノ速力大ナル場合ニハ此ノ Interference of waves ノタメ船ノ費ス Energy ハ週期的ニ増減シ、著シク造波抵抗ヲ増スコトアリ、

而シテ水分子間及ビ水分子ト船體トノ摩擦ノ如キハ是等ノ波ノ形成ニ影響ヲ及ボシ其ノ大サ若クハ其ノ位置等ヲ變換スルコトアルヲ以テ靜水中ト雖モ此等ノ波ヲ各別ニ識別スルコト困難ナリ、

之ヲ要スルニ造波抵抗ハ船ノ進行速力ト船ノ形狀トニヨリ増減アリテ船ノ進行速力小ナル間ハ造波抵抗ハ其ノ全抵抗ノ一小部分ナルモ速力大トナレバ其ノ大部分ヲ占ムルニ至ル、又船體ノ形狀特ニ其ノ前後部ノ形狀ハ波ノ發生狀況ニ對シテ密接ナル關係ヲ有ス船體中央平行部ノ長サモ亦波浪ノ形成ニ影響ヲ及ボスノミナラズ波浪ノ干涉ニ至大ノ關係アルモノニシテ其ノ長サ大ナレバ干涉ヲ起スコト少シ、是即チ速力早キ船ハ其ノ幅ノ割合ニ船體ノ長サ大ナルヲ要スル所以ナリ、

W. Froude 氏ハ造波抵抗ヲ次式ニヨリテ算出セリ、

$$R_w = b \frac{D^{\frac{3}{2}}}{L} V^4$$

R_w 造波抵抗 (噸)

D 排水量 (噸)

L 垂線間ノ長サ (呎)

b ノ 値

戰 艦 0.5

巡 戰 0.45

巡洋艦 0.4

驅逐艦 0.35

$$D = K L^3 \quad c = \sqrt[3]{K}$$

$$\therefore R_w = b c L V^4$$

$$V^2 = K L$$

$$\therefore R_w = K' L^3$$

4. 空氣抵抗、(Motor-boat, aeroplane = 於テ大ナリ)
Air resistance

空氣抵抗ハ前述セル水ノ抵抗ニ比スレバ極メテ少量ニシテ或ル實驗ニヨレバ全抵抗ノ約 1.5% ニ過ギザルヲ以テ一般ニ船體抵抗中ニ計上スルコトナシ、然レドモ強風中艦船ガ駛走スル際ハ可ナリノ抵抗量ヲ示スモノニシテ其ノ大部分ハ渦流抵抗ノ種類ニ屬スルモノナリ、

次ニ其ノ算式ヲ示ス、

$$R_a = 0.0043 AV^2.$$

R_a 空氣抵抗 (噸)

A 風ヲ受クル面積 (平方呎) (船體水線以上ノ凡テノ部分ヲ中央切斷面上ニ投射シタル面積) 和.

V 船ト風トノ速力ノ和 (節)
同方向ナラバ差.

5. 全抵抗、
Total resistance

艦船駛走中ニ起ル全抵抗ハ結局次ノ三種ヨリ成ル、

(1) 摩擦抵抗 $R_f = f_s V^{1.825}$

(2) 渦流抵抗 $R_e = 5 \sim 10 \% \text{ of } R_f.$

(3) 造波抵抗 $R_w = b \frac{D^{\frac{3}{2}}}{L} V^4.$

故ニ全抵抗ハ

$$R_T = R_f + R_e + R_w = f_s V^{1.825} + (5 \sim 10 \%) \times R_f + b \frac{D^{\frac{3}{2}}}{L} V^4.$$

ヨリ算出シ得、

而シテ全抵抗中 R_e ハ其ノ割合 $R_f R_w$ ニ比シテ僅少ナレドモ $R_f R_w$ 兩種抵抗ノ輕重ハ速力ノ高低及ビ速力ト船長ニ對スル比例ニ依テ異ルモノニシテ或ル實驗ニヨレバ低速力ニ於テハ R_f ハ R_T ノ 70~80% ニ達スト雖モ高速力ニ於テハ 40~50% ニ過ギザルガ如シ、
數艘ニ對シテ 90%.

霧島 10~18 knots $R_f = .90 R_T$
18 knots 以上 $R_f = .60 R_T$

風ノ強ク No.

No.	Wind Name	SPD (miles/hr.)	ft/sec
0	Calm	2 (0)	3 1/2
1	Light air	4 (2)	7
2	Light breeze	7 (3.5)	11
3	Gentle breeze	10 (5)	17
4	Moderate breeze	14 (7)	25
5	Fresh breeze	19 (9.5)	32
6	Strong breeze	25 (12.5)	42
7	(Moderate gale) High wind	31 (15.5)	50
8	(Fresh gale) Gale	37 (18.5)	61
9	Strong gale	44 (22)	74
10	Whole gale	53 (26.5)	90
11	Storm	64 (32)	110
12	Hurricane	77 (38.5)	130

$$R_T = R_f + R_e + R_w.$$

Residual Resistance
此外 Bilge keel 等ノ resistance 等.

又上述ノ全抵抗ハ船ガ静水中ヲ進行スル際ニ生ズル抵抗ヲ示スモノナレドモ若シ船ガ波浪アル海洋中ヲ駛走スル時ハ之ニ對スル抵抗ヲ増シ、且ツ又 Pitching 及ビ Rolling ノ影響ヲ受ケ著シク抵抗ヲ増加スベシ、

船體ノ形ハ前部ハ U 形後部ハ V 形ヲ可トス幅ハ廣ク淺キ方他ノ狀況全一ナレバ幅狹ク深キ船ヨリモ抵抗稍大ナリ、

Cylindrical coefficient ハ小ナルモノ (即チ中央切斷面積大ニシテ兩端 ^{block coefficient} fineナルモノ) ノ方普通ノ速力ニ於テハ抵抗少ナシ然レドモ高速度トナレバ此ノ係數ノ大ナルモノ却テ抵抗少ナシ、
(Taylor's wet surface 式)

① 摩擦抵抗ハ \sqrt{L} ニヨリ増加シ剩餘抵抗 (渦流抵抗及ビ造波抵抗) ハ長サ大ナルニ從ヒ減少ス、
disp. = 1/100

〔例〕 長サ 570 呎、幅 75 呎、吃水 26 呎、排水量 1,7000 噸ナル船アリ、其ノ速力 27 節ナルトキ全抵抗ヲ求メヨ、

(1) 摩擦抵抗、

$$S = L \{d \times 1.7 + B \times C\}$$

$$C: \text{Cylindrical or block coef.} = 570 \{26 \times 1.7 + 75 \times 0.54\}$$

$$\approx 48,300 \text{ 呎}$$

$$C = \frac{D \times 35}{L \times B \times d} = \frac{17,000 \times 35}{570 \times 75 \times 29} = 0.54$$

第二表ヨリ $f = 0.00876$ $n = 1.825$

$$R_f = 0.00876 \times 48,300 \times 27^{1.825}$$

$$\approx 173,000 \text{ lbs.}$$

(2) 渦流抵抗、

$$R_e = R_f \times 0.06 = 173,000 \times 0.06 = 10,380 \text{ lbs.}$$

(3) 造波抵抗、

$$\left. \begin{array}{l} B.S. = \frac{1}{100} \\ B.C. = \frac{6}{100} \\ \text{disp.} \end{array} \right\} = \frac{10}{100}$$

$$\text{new } \left\{ \begin{array}{l} C \\ D \end{array} \right. = \frac{10}{100}$$

波加船、period 1 synchronize 2/4 1/2 動機大 1/2 1/2 危険ナリ。
波加、stem、quarter 2/4 1/2 1/2 1/2 stem wave 1 synchronize
1/2 危険ナリ。(原抄ニハ注意ヲ要ス。)

推 進 器

$$R_w = 0.4 \frac{17,000^{\frac{3}{2}}}{L^{570}} \times 27^4 = 247,000 \text{ lbs.}$$

$$\therefore \text{全抵抗} = 173,000 + 10,380 + 247,000 = 430,380 \text{ lbs.}$$

二、船體抵抗測定法、

相似艦船及ビ相當速力トハ古クヨリ船體抵抗研究又ハ測定ノタメ學者ニヨリテ使用セラレタル専門語ニシテ比較法則トハ W. Froude 氏ガ艦船模型實驗ヨリ得タル法則ヲ云フナリ、

1. 相似艦船、
Similar ship

相似艦船トハ其ノ長サ幅及ビ深サノ比、互ニ相同ジキモノ即チ大小ノ差ハアレドモ其ノ形狀及ビ諸部ノ割合相同ジキモノヲ云フ、

2. 相當速力、
Corresponding speed

相當速力トハ相似艦船ニ於テ其ノ各ノ長サノ平方根ニ比例スル速力ノ稱呼ナリ、

即チ式ヲ以テ示セバ

$$V_1 : V_2 : V_3 :: \sqrt{L_1} : \sqrt{L_2} : \sqrt{L_3}$$

V 速力

L 船ノ長サ、

〔例〕 A, B ノ二船ガ相似船ナルトキ A 船ノ長サ 900 呎, B 船ノ長サ 400 呎ニシテ A 船ノ速力 30 節ナラバ B 船ノ相當速力ハ

$$V_A : V_B :: \sqrt{L_A} : \sqrt{L_B}$$

$$\therefore V_B = \frac{V_A \sqrt{L_B}}{\sqrt{L_A}} = \frac{30 \sqrt{400}}{\sqrt{900}} = \frac{30 \times 20}{30} = 20 \text{ 節}$$

(1) Definition of similar ship.

Coefficient of Fineness = 変 + 1.2 Dimension
ハ Proportional + 1.2 事

(2) Displacement $\propto (\text{length})^3$

(3) Corresponding speed $\propto \sqrt{\text{length}}$

(4) Corresponding speed = 於テ I.H.P. $\propto (\text{length})^{3.5}$

(5) Midship Area $\propto (\text{length})^2$

Wetted surface Area $\propto (\text{length})^2$

- Ratio of Length l
- Ratio of velocity \sqrt{l}
- Ratio of Force or Resistance l^3
- Ratio of Work, Energy or Torque l^4
- Ratio of Power $l^{3.5}$
- Ratio of Pressure or stress l

Eddy making resist.

$$R_e \propto AV^2$$

$$\therefore R_e \propto l^3$$

$$AV^2 = l^2 \times l = l^3$$

($V = \sqrt{l}$)

又長サ 400 呎, 速力 20 節ノ船アリ之ト相似船ニシテ相當速力 30 節ヲ得ンニハ船ノ長サハ如何ト云フニ

$$\sqrt{L_A} = \frac{V_A \sqrt{L_B}}{V_B} = \frac{30 \times 20}{20} = 30$$

$$\therefore L_A = 900 \text{ 呎}$$

相似艦船ニ於テ相當速力ノトキ $\frac{V}{\sqrt{L}}$ ノ値ハ諸艦ヲ通ジテ同一ナルコト明カナリ、 $\frac{V}{\sqrt{L}}$ ヲ Speed length ratio ト稱ス、各種艦船ニ對スル $\frac{V}{\sqrt{L}}$ ノ値ヲ示セバ次ノ如シ、

船 種	$\frac{V}{\sqrt{L}}$
荷 物 船	0.5—0.55
客 船	0.7—0.8
高 速 ノ 客 船	0.9—1.0
戰 艦	0.9—1.0
巡 洋 艦	1.0—1.2
驅 逐 艦	1.8—2.0
高 速 ノ 内 火 艇	2.5—5.0

3. 比較法則、

Law of comparison

W. Froude 氏ハ艦船ノ模型ヲ以テ實驗中幾何學上ノ形狀相同ジキモノハ其ノ大小如何ニ關セズ相當速力ニテ駛走セシムルトキハ波浪ノ生ズル狀況相似タルヲ發見シ之ヨリ次ノ法則ヲ案出セリ、
「相似艦船ヲ相當速力ニテ駛走セシムル時ハ其ノ波浪ヨリ生ズル抵抗ノ比ハ其ノ排水量ノ比ニ同ジ」

是即チ比較法則ト稱スルモノナリ、

此ノ法則ニヨレバ相似艦船ヲ相當速力ニテ駛走セシムレバ造波

Water is perfect fluid = 412? viscosity 3422.

Ex. 40,000 tons, 船ニ於テ「伊勢」ト相似船ニ付トスルハ、伊勢、速力 23 節トスルハ其相當速力ヲ求ム。但シ伊勢、排水量 31,190 tonsトス。

$$\frac{D_1}{D_2(\text{伊勢})} = \frac{40,000}{31,190} = 1.282.$$

$$\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{\frac{1}{3}} = (1.282)^{\frac{1}{3}} = 1.0863 = \frac{L_1}{L_2} \quad (D \propto L^3)$$

$$\left(\frac{L_1}{L_2}\right)^{\frac{1}{2}} = (1.0863)^{\frac{1}{2}} = 1.043$$

$$\therefore \text{Corresponding Spd.} = 23 \text{ k} \times 1.043 = 24 \text{ knots}$$

Ex. 伊勢ニ於テ 長サ $L = 675'$ 深サ $H = 28' - 9\frac{3}{4}"$ 巾 $B = 94'$ 排水量 $W = 31,190$ 噸

比較法則ニテ、 $A_1 = 85,4000'$

$$\text{伊勢 } R_T = 337,000 \text{ lb}$$

$$R_f = 188,100 \text{ lb}$$

$$R_T = 148,900 \text{ lb}$$

40,000 tons ship, E.H.P. 7400

$$R_f = 148,900 \times 1.282$$

$$= 190,900$$

$$f = 100900$$

$$R_f = 0.00904 \times 85,400 \times 24$$

$$= 772 \times 332$$

$$= 256,100$$

$$R_T = 447,000$$

$$\text{E.H.P.} = \frac{R_T}{3257} = \frac{447000 \times 24}{3257} = 33060$$

$$24^{1.029} = 1.827 \times \log 24$$

$$= 1.827 \times (1.8755 + 2.3026)$$

$$= 1.827 \times 4.1781$$

$$= 7.61$$

$$1.827 \frac{4.61}{1.2} = 332$$

抵抗ハ比較法則ニ從フベキモノニシテ渦流抵抗モ亦此ノ法則ニ從フ而シテ摩擦抵抗ニ至リテハ全ク比較法則ニ從ハズ、

元來比較法則ナルモノハ古クヨリ數學者ニヨリテ創案セラレタル Principle of mechanical similitude ノ特別ナル場合ニシテ W. Froude 氏ハ之ヲ船體抵抗ノ研究ニ應用セルモノナリ、故ニ比較法則ヲ一名 Fraude's Law トモ稱ス、

比較法則ハ之ヲ濫用スルノ錯誤ニ陥ラスコト必要ナリ例ヘバ船體ノ抵抗ガ排水量ニ比例スト云フコトハ相當速力ニ於テノミ適用シ得ルモノニシテ速力ガ相當セザル場合ニハ然ラズ推進器等ニ於テモ全様ノ注意ヲ要ス、

4. 艦型試験法、

船體抵抗ハ第一節ニ掲ゲタル算式ニヨリテ算出シ得レドモ其ノ値ハ實際ト正シク一致セズ、今日一般艦船計畫ニ於テハ艦型試験法^{Model experiment}ニヨリ之ヲ測定ス、而シテ全抵抗ヲ測定スレバ有効馬力ヲ算出シ得、艦型試験所^{Experiences model tank}ハ之カ爲メ設立セラレタルモノニシテ其ノ發達ハ僅々五十年ノ歲月ニ過ギザルモ艦船計畫上裨益スル所甚大ニシテ實ニ W. Froude 氏ハ之ガ完成ニ與ツテカアリ、

艦型試験法トハ計畫スベキ艦船ト相似ナル模型ヲ Paraffin wax ヲ以テ作り、之ヲ試験池ト稱スル水池中ニ於テ、相當速力ニテ曳キ其ノ全抵抗ヲ測定スルモノナリ、次ニ模型ノ摩擦抵抗ヲ前述セル算式ニヨリ計算シ其ノ値ヲ、測定セル全抵抗ヨリ減ジタルモノハ即チ模型ノ渦流抵抗及ビ造波抵抗ノ合計ニシテ之ヲ殘餘抵抗ト云フ、此ノ殘餘抵抗ニ比較法則ヲ適用シテ實船ト模型トノ排水量ノ比ヲ乘ズレバ其ノ値ハ實船ノ殘餘抵抗タルベク、之ニ實船ノ摩擦抵抗ヲ算出シテ加フレバ其ノ和ハ即チ實船ノ全抵抗ナリ、

艦型試験法ニ於テ單ニ船體ノ模型ノミヲ曳キテ測定セル抵抗ヨリ算出セルモノヲ Resistance without appendage 或ハ Resistance of Naked hull ト云ヒ、水中ニ於ケル船體外部ノ附屬物例ヘバ

Shaft Bracket, Bilge keel, Rudder 等ヲ附屬セシメテ曳航シ測定セル抵抗ヨリ算出セルモノヲ Resistance with appendage ト稱ス、

Appendage ノ抵抗ノ大部分ハ摩擦抵抗及ビ渦流抵抗ニシテ其ノ割合ハ艦型及ビ速力ニヨリ異ナレドモ今 Resistance of Naked hull ノ % ヲ以テ示セバ大約次ノ如シ、

驅 逐 艦	15 %
巡 洋 艦	15 %
艦戰及ビ巡洋戰艦	23 %

(實例)

	Speed.	E.H.P. _a	E.H.P. _n	diff.	% of appendage
扶桑	18	10,800	9,050	1,750	19.3
山城	21	17,750	14,950	2,000	18.8
攝津	17	7,300	6,100	1,200	19.7
	20	13,500	11,500	2,000	17.4
矢矧	18	3,500	9,200	6,000	20.7
	26	13,450	11,800	1,650	14.0
山風	26	6,050	1,550	900	17.5
	32	11,900	10,400	1,500	14.4

Single screw ship ナレバ hull resistance ノ 4~5 % ニ上ルコト稀ナリ、twin screw ニテモ bilge keel, shaft bracket 等ハ屢々 Total hull resistance ノ 20 % ニ上ルコトアリ 4 shaft ノ扶桑, 山城ノ如

Shaft rake.

Turbine) 減速装置ノ関係ニ由ル。

(長門ノ船下ケテ走リニ格成積ヲ得リ)

之 shaft, rudder 及 推力ノ向ニ由ル。

鞍馬ノ Bridge keel ヲ取換ヘシニ抵抗ノ削減カ減セリ。

修理台試

射造台試

平均吃水

27'-1"

26'-2"

排水重量

15,226

14,650

馬力

兩馬力。

18.5

13,800

12,500

19.0

15,300

14,000

20.0

17,500

17,400

20.5

23,000

20,000

4% 排水重量ノ増加ニ由リ 10% S.H.P. ノ増加ニ由リ Bridge keel, 改造ニ由リ

キ約 19% ナリ、

試験所ニテ實驗セル結果ニヨレバ剩餘抵抗 (R_r) ト摩擦抵抗 (R_f)
トノ割合ハ新式艦艇ニアリテハ大略次ノ如シ、

艦 種	全 力		十三漕	
	R_f	R_r	R_f	R_r
戰 艦	62 %	38 %	76 %	24 %
巡洋戰艦	62 %	38 %	83 %	17 %
輕巡洋艦	48 %	52 %	82 %	18 %
驅逐艦	40 %	60 %	76 %	24 %

艦型試験所ハ我國ニ於テハ東京築地海軍艦型試験所及ビ長崎三
菱造船所ノ二箇所ニ在リ其ノ試験池ノ大サハ次ノ如シ、

東京 長サ 480 呎 幅 20 呎 深サ 11 呎

長崎 長サ 430 呎 幅 20 呎 深サ 12 呎

試験装置ノ構造ハ第 15 圖 (A) ニ示ス如クニシテ船體ノ全抵抗
ヲ測定スルニハ該圖右方ノ装置ノミヲ使用シ普通「バラフィン」製
ノ模型船體ヲ曳航スルモノニシテ抵抗、時間及ビ距離ヲ自動的ニ
記録スル装置アリ第 15 圖 (A) 左方ハ模型推進器ノ試験装置ナリ
之ニ就テハ後章推進論ノ項ニ於テ述ベン、

5. 有効馬力、 Effective horse power

以上ノ如クニシテ計畫艦船ノ抵抗ヲ見出セバ之ニ要スル有効馬
力即チ船體ヲ其ノ速力ニテ曳航スルニ要スル正味ノ馬力ハ次ノ如
クニシテ算出ス、

$$\text{E.H.P. of Naked hull} = \frac{R_T \times V_s \times 6080}{33,000 \times 60} = \frac{RT}{325.7}$$

$$\text{E.H.P. with appendage} = \frac{\{R_T(1 + 0.15 \sim 0.23)\} V \times 6080}{33,000 \times 60}$$

普通 Experimental tank / dimension

Length : 300' ~ 500'

Breadth : 20' ~ 40'

Depth : 10' ~ 20'

$$\text{S.H.P.} = \text{I.H.P.} \times \text{Eff. of engine}$$

$$\text{E.H.P.} = \frac{\text{Resist. in lbs} \times \text{spd in knot} \times \frac{6080}{60}}{33,000}$$

$$= \frac{RT}{33,000} \times 101.33$$

$$= 0.00307 RT$$

$$= \frac{RT}{325.7}$$

船が自力ニテ駛走スル時ニ要スル馬力ハ所謂實馬力又ハ軸馬力ニシテ多クノ艦型ニ於テ有効馬力ノ約二倍ナリ、

有効馬力ト船體ノ長サトノ關係ハ第15圖(B)ニ示ス如ク Frictional E. H. P. ハ長サノ増加スルニ從ヒ増加スルモ Residuary E. H. P. ハ長サノ増加スルニ從ヒ却ツテ減少スルガ故ニ或ル長サ以上ニ於テハ船體ノ長サノ増加ニ對シ Total E. H. P. ノ増加スル割合ハ極メテ僅少ナルモノナリ、船體ニ「バルヂ」ヲ附セルモノハ5~6%ノ抵抗ヲ増加スト云フ、

第二章

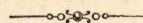
推進器

三、螺旋式推進器

船ノ推進力トシテハ軸馬力ノ約二倍ニシテ多クノ艦型ニ於テハ船體ノ長サノ増加ニ對シ Total E. H. P. ノ増加スル割合ハ極メテ僅少ナルモノナリ、船體ニ「バルヂ」ヲ附セルモノハ5~6%ノ抵抗ヲ増加スト云フ、

第二章

推進器論



三、推進器ノ種類、

船舶ノ推進器ハ之ヲ大別スレバ、(1) 人力ヲ以テ動カスモノ、Scull櫓及ビ橈、(2) 機械力ニ依ルモノ、Oar噴射式、Jet.外車式及ビPaddle wheel螺旋推進器是レナリ、Screw propeller

櫓、橈ハ古ヨリ一般ニ採用セラレタル推進器ニシテ、橈ハ外車式ニ、櫓ハ螺旋式ニ類似ス、

1. 噴射式推進器、噴射式推進器ハ舷外ヨリ水ヲ取入レテ一種ノ唧筒ニ導キ、其レヨリ船ノ進行方向ト反對ニ船尾若クハ船首ニ向ケ水上或ハ水面下ヨリ噴射シ以テ得ラルル運動量ニ依テ船ヲ推進セシムルノ装置ニシテ、其ノ効率ハ外車式及ビ螺旋式ニ比シ遙ニ低キヲ以テ著シキ發達ヲ見ズ、此ノ式ノ推進器ハ震動殆ンドナク又機械ヲ停止セズシテ前後進ヲ行ヒ得ルノミナラズ船底破損漏水ノ際排水ヲ直チニ推進ニ使用セラルル等ノ利益ヲ有スルモ、水流速力ノ急激ナル變化並ニ水路ノ屈曲摩擦ニ歸スル損失、速力ノ割合ニ噴射口ノ大面積ヲ要スル等ノ不利益アリ、元來此ノ推進法ハ動力ヲ與フベキ水ヲ一旦船内ニ取入ルベキモノナルヲ以テ到底

艇外ニ於テ多量ノ水ニ直接働キ得ル他種ノ推進器ノ如ク効率高ク、且有力ナル能ハズ、現今ニテハ低速力ナルモ寧ロ推進装置ノ簡易ヲ望メル救助艇又ハ防火船ノ如キモノニ採用セララルニ過ギズ、曾テ Thornycroft 會社ノ製造ニカカル二等水雷艇ニシテ噴射推進器ヲ備フルモノト、螺旋推進器ヲ備フルモノトヲ比較シタルニ次ノ如シ、

効率	噴射式	螺旋式
機 械	77 %	77 %
唧 筒	46 %	—
噴 射	71 %	—
唧筒及ビ噴射	33 %	(螺旋) 65 %
總効率	25 %	50 %

第5圖(a)ハ水雷艇ニ裝備セラレタル噴射推進装置ヲ示ス、

2. 外車式推進器、外車式推進器ハ蒸氣力推進法ノ採用以來早クヨリ用キラレタル者ニシテ、噴射式ニ比シ多量ノ水ニ運動ヲ與フルヲ以テ其ノ効率ハ遙ニ大ナリ、然レドモ必要上回轉速度遅ク外車及ビ機械ノ重量並ニ容積増加シ、其ノ他吃水ノ變化及ビ船體ノ動搖ニ對シテ効率ノ損失多ク大洋ノ航行ニ適セザルモ水平航行ノ淺吃水船等ニハ今尙ホ之ヲ使用セルモノアリ、

又此ノ式ノ推進器ハ Radial 外車及ビ羽打外車ノ二種ニ區別シ、
Radial paddle wheel Feathering paddle wheel
 後者ハ水搔取付部ノ改良ニ依リ効率ニ於テ 10 % 以上ノ利益ヲ得タルモ、構造複雑ニシテ一部ノ故障モ全體ノ動作ニ關係ヲ及ボスコト大ナリ、

第6圖ハ羽打外車推進器ノ構造ヲ示ス、

3. 螺旋推進器、螺旋推進器ノ裝置ハ外車式推進器ニ比シテ簡

Radial Paddle wheel 〃 blade, 取付 rigid +ve.
 Feathering Paddle wheel 〃 blade が水中ニ在ル片ト水上ニ在ル片トリ、角度ヲ變フルモノナリ。(又後進片 blade 〃 向ヲ變ハル)

單ナルモ、其ノ水ニ對スル作用ハ頗ル複雑ナリ、第7圖ハ螺旋推進器ノ構成ヲ圖示スルモノニシテ水中ニ於テ推進器ガ回轉スル時ハ推進器翼面ヨリ水ヲ投ゲ出シ其ノ水ノ反作用ニヨリテ艦ヲ推進セシムルモノナリ、而シテ螺旋推進器ノ効率ハ之ニ要スル回轉力ト推進器ノ回轉ニヨリテ生ズル水ノ反動力即チ推力トノ比ナレドモ實際ノ効率ハ他ノ種々ナル影響ヲ受ケテ甚ダシク變化スルモノナリ、然レドモ他式推進器ニ比シテ多量ノ水ニ運動ヲ與フル事ヲ得ルヲ以テ今日ニ於テハ河川、湖沼ニアル小數ノ外車式船ノ外ハ總テ螺旋推進器ヲ採用ス、

外車式ニ比シ螺旋式ノ利トスル所ハ力量ノ大小ニ關セズ裝備シ得ル事、浮流及ビ敵彈ニ觸レテ⁴損傷スルコト少ナク、機械全部ヲ水線下ニ入レテ防禦スルコト、並ニ回轉數多キヲ以テ外車式ヨリ小機械ヲ以テ同一馬力ヲ發生シ得ル等ニシテ、唯外車式ハ同一吃水ニテモ水掻ノ長サヲ加減シテ所要面積ノ増減ヲ行ヒ得ルノ利便ヲ有ス、

螺旋推進器ニ就テハ次章以下ニ於テ詳説スベシ、

四、螺旋推進器各部ノ名稱、

○翼、

Blade

第7圖ニ示ス如ク、一ツノ直圓筒ノ周圍ニ沿ヒ細長キ薄板ノ縁ヲ以テ螺旋ヲ畫キ、其ノ一部ヲ圓筒形ト共ニ切取ルトキハ、板ハ推進器ノ翼トナル、

同様ニ二枚乃至四枚ノ薄板ヲ以テ二條乃至四條ノ螺旋面ヲ作ル時ハ二翼乃至四翼ノ推進器ヲ得、

コシキ
○ 轂、
Boss

切取レル圓筒ハ推進器ノ轂トナル、(第8圖参照)

ピッチ
○ 節、
Pitch

圓筒上ニ畫カレタル螺旋ノ節ハ即チ推進器ノ節ニシテ推進器ガ一回轉スル時ニ理論上進ムルベキ距離ナリトス、

○ 直徑、
Diameter

螺旋推進器ノ直徑トハ翼ノ尖端ニテ畫ク圓ノ直徑ヲ云フ、

○ 長、
Length

推進器ノ軸ノ方向ニ計リタル翼ノ幅ハ推進器ノ長サニシテ之ニ翼數ヲ乗ジタルモノヲ Aggregate length ト云フ、

○ 翼ノ表面及ビ背面、
Face Back

推進器ガ前進回轉ノ時水ヲ後部ニ押シ遣ル面ヲ翼ノ表面ト云ヒ其ノ反對側ヲ翼ノ背面ト云フ、背面ニ肉ヲ付レリ、

○ 翼ノ先端及ビ後端、
Leading edge and following edge

推進器ガ前進回轉ヲナス場合ニ先キニ進ムベキ翼端ヲ先端ト稱シ、其ノ反對端ヲ後端ト云フ、

○ 翼ノ厚サ、
Blade thickness

翼ノ厚サハ第8圖ニ示ス如ク尖端及ビ先後端ニ行クニ從ヒ減ズルモノニシテ一様ナラザルモ、通常翼ノ厚サト稱スルハ轂ニ引ケル切線ガ表面及ビ背面ノ延長線ニヨリ切取ラルル長サヲ云フ、

(第8圖参照)

○ 盤面積、
Disc area

推進器ノ直徑ヲ以テ畫キシ圓ノ面積ヲ盤面積ト云フ、

○ 翼ノ展開面積、
Developed area

翼ノ表面積ニシテ之ニ推進器ノ翼數ヲ乗ジタルモノヲ全展開面

Total developed



積ト云フ、

area

○翼ノ投影面積、

Projected area

推進器ノ軸ニ直角ナル平面上ニ翼ヲ射影シタルモノヲ其ノ投影

面積ト云フ、

○節比、

Pitch ratio

Pitch \div Diameter ヲ云フ、

○轂ノ直徑比、

Boss ratio

轂ノ直徑 \div 推進器ノ直徑 ヲ云フ、

○節ノ種類、

True pitch トハ翼ノ節ガ一樣ナルモノヲ云フ、(92)

Variable pitch トハ翼面上各點ガ異ナル節ヲ有スルモノヲ云フ、(10)

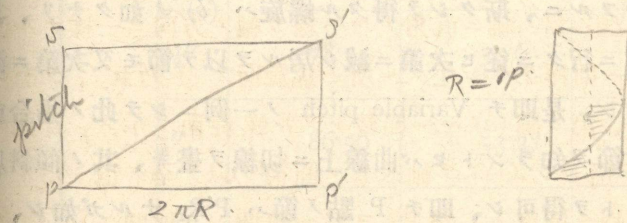
別表4ハ帝國艦艇ノ例ナリ、

五、螺旋推進器幾何學的解説、

Geometrical Explanation of the Screw Propeller

螺旋推進器ノ翼ハ軸ニ直角ナル一線ガ軸ノ方向ニ一樣ナル速力ヲ以テ進ミ一回轉ヲナシ生ズル所ノ螺旋面ノ $\frac{1}{8}$ 乃至 $\frac{1}{4}$ ヲ有スルモノニシテ、第9圖(a)ハ一回轉シタル螺旋面ヲ示ス、今此ノ圖ハ OP ヲ半徑トシ OY ヲ軸トセル圓筒ヲ以テ全ク包ミ得ルト考ヘラルルヲ以テ圓筒ノ一端 PS ヲ縦ニ切開シテ展開スレバ第9圖(b)ノ如キ長方形トナリ、曩ノ螺旋 PGS ハ對角線ナル直線 PGS' トナル P'S' ハ其ノ節ヲ示ス、

通常一樣ナル節ノ推進器ヲ得ンニハ斯クシテ得タル螺旋面ノ一部ヲ取り、之ニ厚ミヲ附シテ翼トナシ所要ノ翼數ニ應ジテ轂ニ取付クルニアリ、翼ノ外形ハ展開面ヲ以テ決定スト雖モ、螺旋面ハ球面ノ種類ニ屬シ平面上ニ完全ニ展開スルコト能ハザルヲ以テ、



展開面ヲ以テ其ノ面積ヲ表ハス時ハ實用上差支ナキモ、實際ヨリハ稍々小トナル、第8圖ハ展開シタル翼ノ形狀ヲ示ス、

若シ螺旋面ヲ畫クベキ直線ガ軸ニ對シ直角ナラズシテ、或ル角度ヲナス時ハ之ニ依リテ生ズル螺旋面モ又傾斜ヲ生ズベシ、斯ノ如キ者ヲ用フル時ハ Rake セル翼ヲ有スト言フ、旋盤ニテ前者ハ角螺、後者ハ尖螺ヲ切ル場合ニ於ケルガ如シ、第10圖及ビ第11圖ハ各其ノ種類ノ推進器ヲ示ス、

尙ホ翼ノ形狀ハ第12圖ノ如ク中心線ノ兩側全ク對稱ノ者最モ多ク時ニヨリ對稱ナラザルモノアリ、

次ニ第9圖ニ反リ一様ナル節ノ螺旋トハ其ノ曲線ノ各部ニ於ケル切線ト軸ニ直角ナル平面トノ傾斜同一ナルノ意ナリ、即チ第9圖(b)ノ直線 PS' ハ PP' ニ對シテ各點同一角度ヲ有スルコトトナル、故ニ節ハ此ノ場合 S'PP' 角ニテ現ハスコトヲ得可シ、

然ルニ PS' ナル直線ガ第13圖(a)ノ如ク PR ナル曲線トナレル場合ヲ考フルニ、斯克シテ得タル螺旋ハ(b)ノ如クナリ、其ノ傾斜ハ上方ニ行クニ從ヒ次第ニ減シ居ルヲ以テ節モ又次第ニ減ズルヲ知ルベシ、是即チ Variable pitch ノ一例ニシテ此ノ場合或ル點ニ於ケル節ヲ知ラントセバ曲線上ニ切線ヲ畫キ、其ノ傾斜度ヨリ見出スコトヲ得可シ、即チ P 點ノ節ハ P'R_r ナルガ如シ、

六、推進器ノ理論、

推進器ノ失脚、推力、及ビ効率等ヲ測定スルニハ船體抵抗ヲ測定シタルト同様試験池ニ於テ之ヲ行フ而シテ模型推進器ノミ單獨ニ試験スル方法ヲ Open test ト云ヒ模型船體ノ後方ニ模型推進器ヲ位置セシメ船體トノ相互關係ニ於テ伴流率、推力減少率及ビ船殼

別表四

艦艇名	軸馬力或ハ實馬力	毎分回轉數	速力(節)	推進器ノ數
長門 陸奥	80,000	230	26.5	4
伊勢 日向	45,000	300	23	4
山城	40,000	280	22.5	4
扶桑	40,000	280	22.5	4
攝津	25,000	250	20	2
金剛	64,000	290	27.5	4
榛名	64,000	290	27.5	4
球磨 多摩	90,000	380	36.0	4
天龍 龍田	51,000	400	36.0	3
筑摩	22,000	340	26	2
矢風	38,500	400	39	2
海風	20,010	670	32	3
江風	34,000	400	37.5	2
樺	9,500	390	30	3

備考、馬力、毎分回轉數及ビ速力ハ計畫ノモノヲ示ス、

積ヲ表ハス時ハ實用上差支ナキモ、實際ヨリ
 8圖ハ展開シタル翼ノ形狀ヲ示ス、
 べき直線ガ軸ニ對シ直角ナラズシテ、或ル角
 生ズル螺旋面モ又傾斜ヲ生ズベシ、斯ノ
 Rake セル翼ヲ有スト言フ、旋盤ニテ前者ハ
 切ル場合ニ於ケルガ如シ、第10圖及ビ第11
 進器ヲ示ス、
 12圖ノ如ク中心線ノ兩側全ク對稱ノ者最モ
 ラザルモノアリ、
 一様ナル節ノ螺旋トハ其ノ曲線ノ各部ニ於ケ
 Uniform or true pitch
 ル平面トノ傾斜同一ナルノ意ナリ、即チ第9
 PP'ニ對シテ各點同一角度ヲ有スルコトト
 場合 S'PP' 角ニテ現ハスコトヲ得可シ、
 直線ガ第13圖(a)ノ如ク PR ナル曲線トナレ
 斯クシテ得タル螺旋ハ(b)ノ如クナリ、其ノ
 從ヒ次第ニ減シ居ルヲ以テ節モ又次第ニ減ズ
 チ Variable pitch ノ一例ニシテ此ノ場合或ル
 ントセバ曲線上ニ切線ヲ畫キ、其ノ傾斜度ヨ
 シ、即チ P 點ノ節ハ P'R_r ナルガ如シ、
 論、
 力、及ビ効率等ヲ測定スルニハ船體抵抗ヲ測定
 ニ於テ之ヲ行フ而シテ模型推進器ノミ單獨ニ
 en test ト云ヒ模型船體ノ後方ニ模型推進器ヲ
 相互關係ニ於テ伴流率、推力減少率及ビ船殼

別表四

艦艇名	軸馬力或ハ實馬力	毎分回轉數	速力(節)	推進器ノ數	翼ノ數	直徑	節	盤面積 sq. ft.	全展開面積		全投射面積 sq. ft.
									sq. ft.	sq. ft.	
長門	80,000	230	26.5	4	3	13'-9"	14'-5½"	148.49	91.0	80.0	87.9
伊勢	45,000	300	23	4	3	{ W 11'-3" C 11'-3"	{ W 9'-9" C 9'-9"	{ W 99.4 C 99.4	{ W 55.2 C 59.8	{ W 49.8 C 54.2	90.2 91.5
山城	40,000	280	22.5	4	3	11'-0"	10'-2"	95.0	{ W 47.6 C 52.2	{ W 46.1 C 42.2	91.5 89.5
扶桑	40,000	280	22.5	4	3	{ W 11'-0" C 11'-3"	{ W 10'-2" C 10'-2"	{ W 95.0 C 99.4	{ W 46.1 C 51.4	{ W 42.2 C 47.3	91.5 92.02
攝津	25,000	250	20	2	3	13'-4"	10'-4"	139.6	73.8	68.1	92.2
金剛	64,000	290	27.5	4	3	11'-0"	11'-3"	113.1	{ W 65.0 C 71.5	{ W 56.5 C 61.5	90.0
榛名	64,000	290	27.5	4	3	{ W 12'-0" C 12'-3"	{ W 11'-3" C 11'-6"	{ W 113.1 C 127.86	{ W 65.0 C 78.7	{ W 59.0 C 70.5	89.7 90.0 89.7
球磨	90,000	380	36.0	4	3	11'-0"	11'-3"	95.03	72.1	64.0	88.8
天龍	51,000	400	36.0	3	3	10'-0"	10'-3½"	78.54	54.6	48.4	88.6
筑摩	22,000	340	26	2	3	10'-6"	9'-3"	86.59	53.27	48.67	8
矢風	38,500	400	39	2	3	9'-7"	12'-2¼"	72.13	52.13	43.4	91.3
海風	20,010	670	32	3	3	{ W 6'-2" C 6'-0"	5'-9"	{ W 29.85 C 28.25	{ W 23.89 C 22.46	{ W 22.156 C 20.48	82.8
江風	34,000	400	37.5	2	3	9'-6"	12'-1"	70.88	52.06	42.65	93.3
樺	9,500	390	30	3	3	{ W 6'-6" C 6'-6"	{ W 9'-2" C 9'-4"	{ W 35.78 C 33.18	{ W 17.83 C 17.75	{ W 14.23 C 14.09	93.1 81.9 99.8 99.8

備考、馬力、毎分回轉數及ビ速力ハ計畫ノモノヲ示ス、

W ハ Wing propeller ヲ C ハ Centre propeller ヲ示ス、

AP/Ad (90)
 87.9
 90.2
 91.5
 91.5
 89.5
 91.5
 92.02
 92.2
 90.0
 89.7
 90.0
 89.7
 88.8
 88.6
 8
 91.3
 82.8
 93.3
 93.1
 81.9
 99.8
 99.8

効率等ヲ測定スル方法ヲ Behind test ト云フ、推進器ノ試験ニ於テハ或ル失脚ニ對スル推力(听), 回轉力率(呎-听)及ビ効率ヲ自動的ニ記録セシムル装置ヲ有ス、故ニ異ナル數個ノ失脚ニ對スル其等ノ値ヲ求ムレバ成績曲線ヲ得、

此ノ試験方法ニ二種アリ Constant speed method 及ビ Constant Revolution method 是レナリ、

Constant speed method トハ我海軍艦型試験所ニ於テ採用セルモノニシテ Speed of advance ヲ毎分 250 呎トカ 300 呎トカニ一定シ Truck ヲ走ラシメ推進器ノ毎分回轉數ヲ適宜ニ變更スル方法ナリ、Constant revolution method トハ長崎三菱造船所ニ於テ採用セルモノニシテ毎分 420 回轉位ノ一定回轉トナシ Truck ノ速度ヲ適宜ニ變更スル方法ナリ、(第 15 圖 (a))

1. 推進器ノ失脚、

slip of propeller

螺旋推進器ガ水中ニテ回轉スル時ハ水ノ一部分ハ推進器ト反對ノ方向ニ移動サルルヲ以テ推進器ハ其ノ節丈ケノ距離ヲ進マズ故ニ推進器ノ一回轉ニヨリテ船ニ與ヘラルル速度ハ常ニ推進器ノ節ヨリモ小ナリ換言スレバ船ノ速度ハ推進器ガ螺旋トシテ固體中ニ回轉スル場合ニ持ツベキ速度即チ 節 \times 回轉數 ヨリモ小ナリ、此ノ速度ノ差ヲ推進器ノ失脚ト云フ、

今 14 圖ニ就テ之ヲ説明センニ AB ヲ半徑 r ニ於ケル推進器翼ノ切斷面トシ翼ノ前進回轉即チ右回轉ニヨリテ船ハ(第 14 圖 (b))ニ示ス方向ニ前進スルモノトス而シテ螺旋ノ展開圖(第 14 圖 (a))ニ於テ $OL = 2\pi r$, FL ヲ翼 AB ノ節トスレバ AB ハ一回轉シテ其ノ中心 O ハ F マデ進マズシテ OE ナル路ヲ取り E マデ進ム、 $EL < FL$ ニシテ換言スレバ螺旋ノ一回轉間ニ進ムベキ距離

Apparent

$$\text{Slip} (\%) = \left(\text{Pitch} \times \text{r.p.m.} - \text{Velocity per min.} \right)$$

ハ FL ナルベキモ其ノ間ニ實際螺旋即チ船ガ進ム距離ハ EL ナ
 リ、FL-EL=FE ヲ推進器ノ失脚、 $\widehat{FOL} = \theta$ ヲ節角、 $\widehat{FOE} = \phi$ ヲ
 失脚角ト云フ、
 Slip angle

失脚ノ量ハ一般ニ螺旋ノ速度(=節×回轉數、即チ圖ニVヲ以
 テ示ス)ノ百分比ヲ以テ示ス、

$$\text{失脚} = \frac{V - V_s}{V} \times 100 \% .$$

V 螺旋ノ速度、

V_s 船ノ速力(精確ニ云ヘバ推進器ノ前進速度)

尙失脚ニ關シテハ後章伴流率ノ項ヲ参照スベシ、

2. 推進器ノ推力、

Thrust of propeller

推進器ガ水中ニテ回轉スル際失脚アルガ爲メ其ノ翼面ニ於テ或
 量ノ水ヲ後方ニ押シ遣リ水ニ或ル運動ヲ與フ、此ノ運動量ノ反作
 用ハ推進器翼ヲ前方ニ押シ之ガ爲メ船ニ前進速力ヲ與フルナリ、
 故ニ船ハ推進器ニ失脚アルガ爲メニ前進速力ヲ與ヘラルルモノニ
 シテ失脚ノ量零ナレバ假令推進器ガ水中ニテ回轉スルモ推力ヲ生
 ゼザレバ船ハ前進スルコトナシ、
 race 水流

第14圖(c)ニ示ス如ク、失脚FEヲ翼ノ一部ABガ一回轉中
 ニ水ニ與ヘタル速度トシ、之ヲ翼面ニ沿ヘルf及ビfニ直角ナ
 ルnノ二ツニ分ツトキハ、fハ翼面ニ沿フテ水ヲ動カシ、摩擦抵
 抗ヲ起スベク、nヲ更ニ分チテ互ニ垂直ナルc、tノ二ツトナスト
 キハcハ水ニ旋回運動ヲ與ヘ、tハ船ノ直後ニ向ヒ、水ニ與ヘラ
 レタル速度ヲ示ス、此ノtト運動ヲ受ケタル水ノ量トノ積ガ即チ
 水ノ運動量ニシテ其ノ反作用ハ即チ推進器ノ推力ナリ、

即チ螺旋推進器ノ水ニ對スル作用ハ其ノ翼ノ回轉ニヨリテ失脚
 ヲ生ジ水ニ幾分ノ旋回運動ヲ與ヘツツ之ヲ後方ニ押シ遣リ、相

連続シテ中空ナル筒形ノ水柱ヲ形成ス、此ノ筒形ノ水柱ヲ推進器ノ Race ト云ヒ推進器ノ推力ハ Race = 由リ生ゼル水ノ運動量ヲ以テ測定セラルベキモノニシテ Race ノ面積ハ其ノ盤面積ヨリ較ニ對スル面積ヲ差引キタルモノナリ、而シテ翼ノ傾斜ノタメ水ニ與フル旋回運動ト、水ノ翼面トノ摩擦抵抗トハ推力減損ノ原因トナル、

船ヲ推進器ニテ推進スル場合ノ全推力 T ト推進器ノ前進速度 V トヲ乗ジタルモノハ T.H.P. (Thrust horse power) トナル即チ
 枝 T.H.P. = $\frac{T \cdot V}{550}$ $T = \frac{R}{1-t}$ (P-28) R: 計画ノ計算及 及又ノ實際ノ計算
 翼ノ射影面積毎平方吋ニ對スル推力ハ計畫ニ於テ普通 13.5~16.0 所トスルヲ例トス而シテ其ノ算式ヲ示セバ次ノ如シ、

$$T_n = \frac{33,000 \times \text{T.H.P.}}{6,080 \times V \times 144 \times A_p} = \frac{326 \times \text{T.H.P.}}{144 \times A_p \times V}$$

3. 推進器ノ効率、
 Efficiency of propeller

單ニ理論上ヨリ求メタル推進器ノ効率ヨリ、推進器ノ實際ノ効率ヲ求ムルコトハ困難ナレバ茲ニハ効率ニ關スル理論ヲ説カザルモ、兎ニ角推進器ノ効率トハ機械ガ軸ニヨリテ推進器ニ與ヘタル仕事ノ量ト之ニヨリテ推進器ガ船ヲ進ムルタメニ爲シタル有効ナル仕事ノ量トノ比ヲ云フ、

即チ、

$$\frac{\text{Useful work done by propeller}}{\text{Work done by engine transmitted to propeller}} = \frac{\text{Thrust} \times \text{speed of propeller}}{\text{Shaft horse power}}$$

∴ 推進器ノ効率.....η = $\frac{\text{T.H.P.}}{\text{S.H.P.}}$ Thrust Horse Power

Starting torque 以上 = 13.5 以上ノ Race 設計ハ
 毎分ノ前進セザルアリ。

$$V = \frac{V_s}{1+w} \text{ --- Spd. of advance}$$

$$T = \left[\frac{\text{T.H.P.} \times 33,000}{V_s \times 60,800} \times \frac{(1+w)}{1} \times 60 \right] \text{ lb}$$

推進効率 (Propulsive Efficiency)
 推進器効率 × 船殼効率

$$\text{Eff. of Propeller} = \frac{\text{R.H.P.}}{\text{S.H.P.}} = \frac{\text{Thrust} \times \text{Spd. of Propeller}}{\text{Shaft horse power}}$$

前述ノ如ク、推力ハ失脚ノ増減ニヨリテ増減シ、推進器ノ速度ハ失脚ノ増減ニヨリテ増減ス、故ニ推進器ノ効率ハ失脚ト密接ナル關係ヲ有スルト共ニ其ノ最大値ハ失脚ノ或ル一定量ニ對シテ得ラルルコトヲ知ルベシ、

或ル節ノ推進器ノ實驗成績ヨリ得タル失脚(s)ニ對スル効率(η)推力(T)及ビ回轉力率(Qr)ノ關係ハ第14圖(d)ノ曲線(Const. speed methodニ由ルモノ)ニ示ス如シ、而シテ其ノ試驗裝置ハ第15圖(A)ノ左方ニ示ス如シ、即チ効率ハ或ル失脚量ニ對シテ最大トナルモノニシテ其ヨリ失脚小トナレバ効率ハ急激ニ減少シ、大トナレバ其ノ減少率少ナク、而シテ節ノ大ナルモノ程減少急ナリ斯クノ如ク推進器ノ効率ハ節ト失脚ノ兩項ニ關係シ同一ノ節ノモノモ作動スル失脚ニヨリテ効率ヲ異ニス而シテ効率ハ直徑、節比、翼ノ形狀ニヨリテ定マルヲ以テ此ノ三者ノ適當ナル配合ニヨリテ良好ナル効率ノ推進器ヲ計畫シ得ルモノナリ、普通効率ノ最大ナル點ハ失脚15~20%附近トス、

推進器ノ實際効率ハ模型試驗ノ成績ヨリ得タルモノヨリ軸ノ傾斜度ニ應ジ0.015~0.025ヲ減ジ更ニ効率係數0.85~0.95ヲ乘ジテ初メテ得ラルベキモノトス、

此ノ効率係數ハ軸管及ビ軸承ニ於ケル摩擦、推進器翼面ニ於ケル摩擦、水流ノ不齊均、「キャビテーション」ノ發生等ニ依ル諸種ノ損失ヲ計上シタルモノトス、斯クノ如ク推進器ノ實際効率(η)ヲ得タルトキハ機械ノ發生スベキ軸馬力ハ次ノ式ヨリ得ラル、

$$\text{S.H.P.} = \frac{\text{T.H.P.}}{\eta}$$

第 三 章 流 量 計

shaft rake
軸ノ傾斜 約4°