

日本船舶振興会昭和49年度補助事業
“船舶の構造・性能に関する基礎的研究”

研究資料 No.230

第149研究部会

高速艇のプロペラ損傷防止に関する研究

報告書

昭和50年3月

社団法人
日本造船研究協会

目 次

§ 1 緒 言	1
§ 2 委員会開催状況	2
§ 3 研究計画	5
3-1 研究方針	5
3-2 実験種目	5
3-3 船 種	6
3-4 実験実施水槽	6
3-5 プロペラ損傷の原因となる障害物	6
§ 4 13.5m型交通艇模型の実験	7
4-1 供試模型および回流水槽	7
4-1-1 模 型 船	7
4-1-2 プロペラ	7
4-1-3 自航装置	7
4-1-4 プロペラ防護装置	7
4-1-5 流木模型	7
4-1-6 回流水槽	7
4-2 実験状態	7
4-3 船底部水流状態の観察	8
4-3-1 実験方法および装置	8
4-3-2 結 果	8
4-4 プロペラによる流れの流向・流速の測定	8
4-4-1 実験方法および装置	8
4-4-2 結 果	8
4-5 流木模型のプロペラ部への流入状況の観察	8
4-5-1 実験方法および装置	8
4-5-2 結 果	9
4-6 流木模型放流によるプロペラ防護装置の効果の確認	10
4-6-1 実験方法および装置	10
4-6-2 結 果	10
4-7 考 察	10

§ 5 23m型巡視艇模型の実験	38
5-1 供試模型および回流水槽	38
5-1-1 模型船	38
5-1-2 プロペラ	38
5-1-3 自航装置	38
5-1-4 プロペラ防護装置	38
5-1-5 流木模型	39
5-1-6 回流水槽	39
5-2 船底部水流状態の観察	39
5-2-1 油膜法による船底部限界流線の観察	39
5-2-2 気泡による実験	39
5-3 プロペラによる流れの流向・流速の測定	40
5-3-1 実験方法および装置	40
5-3-2 結果	40
5-4 流木模型のプロペラ部への流入状況の観察	40
5-4-1 8mm映画撮影による観察	40
5-4-2 マルチストロボ照明写真撮影による観察	41
5-5 流木模型放流によるプロペラ防護装置の効果の確認	41
5-5-1 8mm映画撮影による観察	41
5-5-2 マルチストロボ照明写真撮影による観察	42
5-6 考察	42
§ 6 総合考察	68
§ 7 結言	69

§ 1 緒 言

最近、港域、内湾および内海などで運航されている軽構造高速艇に流木等の浮遊物との衝突によると考えられるプロペラの損傷事故が多数発生している。これらの事故は大都会周辺海域に特に多発する傾向を示しているが、今後海面汚濁の増大とともにさらに広域化、頻発化するおそれがあると思われる。この損傷によりプロペラ修理費のみならず、事故発生後直ちに上架できず上架修理待ちなどの稼動率の低下による損失は軽視できない状況である。また、プロペラ翼の損傷をそのまま放置して航行すれば、これが船体異常振動の原因となり、ひいてはプロペラ軸の曲がり、張出軸受付根部および付近の外板の亀裂など重大事故を誘発する可能性がある。事実、そのような事故を誘発した例も多い。

このプロペラ損傷の原因については視認の困難さによりまだ明確にはされていない。損傷の状況から流木、沈木との衝突が原因ではないかといわれるが、流木の衝突状況はもちろん、流木の堅、横の姿勢、深度などどのような浮遊状態にあるものが船体の幅のどの範囲にある場合が危険であるかなども全く不明である。

以上のように、これら海域を航行する舟艇に有効なプロペラ防護対策を開発するため、損傷状況と原因の解明と各種防護装置の効果の検討を行なう必要にせまられている。これまで、軽構造艇についてプロペラ防護装置を試用した例が3隻ほどあるが、その運航実績によればプロペラ損傷頻度が減少する傾向は殆んどみられていない。しかし、損傷程度が若干軽減したようである。このように多少の改善はなされたが、満足できる結果は従来得られていない。

そこで、プロペラ損傷の原因となる障害物との衝突状況を明らかにし、有効なプロペラ防護対策を立案するため、本課題について昭和49年度から2年度にわたり研究を実施することが計画された。その初年度である本年度は回流水槽を使用し、1軸艇と2軸艇模型について船底・プロペラ付近の流れの観察と測定、流木放流によるプロペラ部への流入状態の観察、プロペラ防護装置の効果の観察などの実験的研究を行なった。

§ 2 委員会開催状況

2-1 委員構成

2-1-1 委員会

部長会	田古里 哲夫 (東京大学)	阿部 武藏 (石原造船所)
	赤尾 利雄 (日立造船)	奥山 孝志 (中型造船工業会)
	内野 慎太郎 (造船工業会)	島本 参之助 (石原造船所)
	佐野 貢 (日本鋼管)	高橋 哲夫 (川崎重工業)
	高橋 通雄 (神戸製鋼所)	永松 秀一 (住友重機械工業)
	中島 稔 (ナカシマプロペラ)	西川 博 (三井造船)
	中山 幸夫 (三菱重工業)	矢崎 敦生 (造船技術センター)
	森 正彦 (石川島播磨重工業)	
	木田 宏 (日本オイルシール工業)	

2-1-2 討議参加者

委員会	西岡 剛 (ナカシマプロペラ)	篠田 隆直 (日立造船)
	服部 要 (海上保安庁)	上田 研一 (海上保安庁)
	藤原 謙次郎 (横浜ヨット)	増永 公明 (東京大学)
	高橋 洋二 (石川島播磨重工業)	浜田 知聰 (三菱重工業)
	砂原 誠一 (住友重機械工業)	菅原 博志 (ナカシマプロペラ)
	永松 宣雄 (川崎重工業)	鷲尾 和秀 (三菱重工業)
	岩平 滋 (海上保安庁)	川添 勇 (海上保安庁)
	菅原 一美 (日本造船技術センター)	

2-2 委員会開催状況

第1回委員会 49.4.17 (木) 13.30～16.50

主な審議事項

- 部会の運営方法
- 49年度研究の実施計画

第2回委員会 49.6.17 (月) 13.30～17.30

主な審議事項

- 東大予備実験
- プロペラガードについて
- 50年度研究計画

第3回委員会 49.9.24 (火) 13.30～17.00

主な審議事項

- プロペラガードについて
- 50年度研究計画

第4回委員会 49.11.29 (金) 13.30～17.00

主な審議事項

- プロペラガード案について
- 研究中間報告

◦ 49年度報告書作成要領

第5回委員会 50.2.7 (金) 13:30～18:00

主な審議事項

- 49年度報告書(案)の審議

2-3 配付資料

第1回委員会

- | | |
|--------------------------|------|
| (1) SR149委員名簿(案) | (造研) |
| (2) 軽構造高速艇の流木によるプロペラ損傷対策 | (石原) |
| (3) SR149 昭和49年度研究計画書 | (造研) |
| (4) SR149 昭和49年度研究実施(案) | (東大) |
| (5) 23m型巡視艇模型試験 | (川重) |
| (6) 13.5m鋼製交通艇一般配置図 | (石原) |
| (7) 23m型巡視艇一般配置図 | (三菱) |

第2回委員会

- | | |
|------------------------|-------|
| (1) 13.5m艇模型予備実験要領 | (東大) |
| (2) 回流水槽増速装置(案) | (川重) |
| (3) 23m型巡視艇の主機関使用状況一覧表 | (海保庁) |
| (4) 50年度 実験諸案 | (東大) |

第3回委員会

- | | |
|---|------|
| (1) 13.5m型鋼製交通艇(模型製作用)プロペラ保護板取付要領図(第1案) | (石原) |
| (2) 同上 (第2案) | (石原) |
| (3) 同上 (第3案) | (石原) |
| (4) プロペラ損傷防止用ガード No.1 | (日立) |
| (5) " No.2 | (日立) |
| (6) " No.3 | (日立) |
| (7) 23m艇ガード配置案 | (川重) |
| (8) 昭和49年度後期研究実施案 | (川重) |
| (9) SR149 50年度15m模型実験費用 | (川重) |

第4回委員会

- | | |
|---------------------------------------|-------|
| (1) 13.5m型鋼製交通艇プロペラ保護板取付要領図(第2案) | (石原) |
| (2) 13.5m型鋼製交通艇プロペラ保護コルトノズル取付要領図(第3案) | (石原) |
| (3) プロペラガード(No.3) | (川重) |
| (4) SR149 昭和50年度研究費 | (造研) |
| (5) 15m型巡視艇、昭和49年度建造線図および船体寸法表 | (海保庁) |
| (6) SR149 昭和49年度研究報告書内容(案) | (東大) |

第5回委員会

- | | |
|-----------------------------|------|
| (1) 49年度報告書(案)目次 | (東大) |
| (2) 49年度報告書案(第1,3,4章) | (東大) |
| (3) " (第4章続き) | (東大) |
| (4) 図4,5,4 プロペラ衝突流木模型流入経路輪廓 | (東大) |

- (5) 第4章 図 (東大)
(6) 第5, 6, 7章 (川重)
(7) 第7章 (東大)
(8) 80GT型FRP製高速旅客船“はまゆう”について
「船の科学」 1974/11 Vol.27 No.11 (東大)

§ 3 研究計画

3-1 研究方針

舟艇のプロペラ損傷対策としては、(1)船型・軸配置などを変更せず単にプロペラ防護装置を取付ける方法、(2)プロペラ形状を変更する方法、(3)プロペラ材質・翼厚など変更する方法、(4)船体形状を大幅に変更しプロペラ部に障害物が流入しないようにする方法、(5)推進方法を変更し例えばハイドロジェット・空中プロペラなどを使用する方法、(6)ホーバクラフトのような別種のものにする方法、など各種の行き方が考えられる。このうち(4)～(6)は現在運航している舟艇に対する方法ではなく、(3)は障害物がプロペラに衝突した場合を考えるとプロペラ軸系その他の強度を増さない限り採用はできない。

したがって、本研究部会が主な研究対象とする現在運航している舟艇のプロペラ損傷防止対策としては(1)と(2)の方法に限られることになる。まず有効なプロペラ防護装置により障害物がプロペラに衝突する頻度の減少を計ることが先決と考え、本部会では(1)の方法に関する研究を行なうこととし、(2)については今後の研究課題としたい。

本部会発足当初は初年度に回流水槽において模型実験を行ない、その成果をもとに次年度は実船用防護装置を設計製作し実船実験によりその効果を調べ模型実験の結果と比較検討する研究方針であった。しかし、その後諸般の事情により本部会が実船実験を行なう計画をとりやめ、次年度も回流水槽において模型実験を行なう計画に変更した。初年度においては、模型実験により船底、プロペラ部付近の流れの観察と測定、障害物の流入状態の観察、各種の形式の防護装置の効果の比較など有効なプロペラ防護装置開発の基礎となる研究を行ない、次年度においてはこの成果をもとにさらに有効な防護装置を得るために模型実験を引き続行ないその効果を確認することにした。とりやめになつた実船実験に代り、本研究の成果を採入れて防護装置を設計し2～3の実船に装備し、その長期の運航実績による防護効果の調査がされる見込みであるといわれる。

なお、本研究の目的とするプロペラ損傷頻度の減少は、プロペラ損傷頻度を0にすることではなく、抵抗推進性能、操縦性能をあまり害さずにプロペラ損傷頻度を50%以下に低下させる程度である。

3-2 実験種目

本研究が研究対象とする軽構造高速艇のように滑走状態または半滑走状態で航行される船型については、従来船体周辺の流れの観測、測定が殆んどなされていない。本研究では船体周辺特にプロペラ損傷の原因となる障害物が流入する径路と想像される付近の流場を調べ、プロペラ部へ流入する水流の範囲を知ることが必要である。そのためには船底部水流状態の観察とプロペラ前方の流向・流速の測定を行なうこととした。

また、障害物がいかなる径路を経てプロペラ部へ至り衝突するか明らかではない。船首付近に当った障害物がプロペラ部へ流入する可能性も考えられる。もし船体の船首付近に当った障害物がプロペラ損傷の原因であるならば、船体との衝突により反力とモーメントを受け、障害物は船底水流とは異なる径路を経てプロペラ部へ至るかも知れない。したがってプロペラに衝突する場合の障害物の流入径路、衝突状況を調べることが必要である。そのため、水槽を使って障害物模型を模型船船首前方に投入し、そのプロペラ部への流入状況の観察を行なうこととした。

プロペラ防護装置としては各種の形式のものが考えられるが、抵抗推進性能、操縦性能に与える影響がなるべく少ないように考慮して3種の異なる形式のものを設計し、障害物模型が防護装置により排除される状況、防護装置の有無によるプロペラに衝突する確率の相違などを調べる実験を行ない、これによってその効果を確認することとした。

3-3 船 種

プロペラに衝突する障害物のプロペラ部への流入径路は当然軸数により相違し、またそれにより損傷頻度、損傷程度に差があることも考えられる。そこで1軸艇と2軸艇とについてそれぞれ実験を行なうこととし、1軸艇としては現在パイロットボートとして最も多数使用されている13.5m型交通艇を、また2軸艇については代表的な船種である23m型巡視艇を選定した。

3-4 実験実施水槽

船体周辺の流れの観察、測定、障害物が船底に流入しプロペラと衝突する状況の観察、および防護装置が障害物を排除する状況の観察を行ない、防護装置の効果を確認するためには、船体周辺の観察が容易な回流水槽が特に適していると考えられる。本研究のように実験結果に艇の姿勢、船首の飛沫の発生状態などが影響すると予想される場合、可能な限り大型模型でしかもフルード数を実船に近付けることが望ましい。しかし、我が国の回流水槽は測定部幅が1.2～2m程度で、また最大流速も2.0m/s程度のものが殆んどである。したがって模型船の長さは1.0～1.5m程度とし、できるだけ高い回流水槽流速で実験せざるをえない。その場合実船の全力航走に対するフルード数には達しないことになり、またそれ以下の船速でフルード数が一致する場合も尺度影響により実船と模型船の姿勢が相違する。しかし本研究で問題となる流場は船体表面から離れた位置にあり粘性の影響が大きくないと考えられるので、バラストの調整などにより模型船の姿勢を実船の試運転における姿勢計測値に一致するようすれば、回流水槽でも実船に近い航走状態が十分再現できると思われる。

以上により、本研究の実験は、回流水槽測定部幅とプロペラ模型の直径とを考慮し、1軸13.5m型交通艇については長さ1mの模型を使って東京大学工学部舶用機械工学科回流水槽において、また2軸23m型巡視艇については長さ1.5mの模型を使って川崎重工業(株)技術研究所回流水槽において実施することにした。

3-5 プロペラ損傷の原因となる障害物

従来のプロペラ損傷報告によると、多くの場合航走中障害物との接触による大きな衝撃ではなく、突然の船尾異常振動の発生によってか、係留時または上架時の点検で初めてプロペラ翼の損傷が発見されている。見張りを立て水面浮遊物を避けている場合もある。また衝撃を受け障害物を認めた例も稀である。このように損傷を与えた障害物の実体はまだ確認されていないのが実情である。

軽構造高速艇が、殆んど衝撃を感じないにも拘らず、一般商船に比しプロペラ損傷が多い原因是、プロペラの高速回転のためその翼断面形状が薄いことも原因の一つと考えられる。プロペラ翼損傷状態には大体翼前縁が背面側に曲損する傾向がある。これは水中障害物との衝突を示し、その多くはおそらく水中に浮遊する流木の類と想像される。大雨の翌日損傷した例が多いといわれる点からもこのように推察される。流木の場合、新しいものは水面に浮き認めるが、時間の経過とともに流木は水分を吸収し水中を浮遊するか着底する。おそらくこの水中を浮遊する沈木の類がプロペラ損傷の原因となる主な障害物ではなかろうかと考えた。この流木の寸法としては、貯木場から流出したような大きなものは衝突時に大きな衝撃を与え、また小片ではプロペラ翼に曲損を生じないと考えられるので、多くの損傷例からこれらの中間の寸法例えば100mm×100mm×1000mm程度の建築用柱材残材で障害物を代表させることにした。これと異なる水中浮遊物の形状寸法によっては当然異なった実験結果を与えることと考えられるが、研究経費、実験工数、日数などの点からとりあえず形状寸法はこの1種に限定した。

§ 4 13.5m型交通艇模型の実験

4-1 供試模型および回流水槽

4-1-1 模型船

1軸艇の供試船型としては前述のように13.5m型交通艇を選定した。この船型はV型チャイン付きで、その線図を図4.1.1に示す。東京大学回流水槽が測定部幅1.5m、最大流速約1.8m/sであることと実船速力ですくなくとも12~13ノットにフルード数を一致させたいことから模型船の長さを1.0mと定めた。実船および模型船の主要目を表4.1.1に示す。模型船は檜製で、自航モータ、減速歯車、バラストなどを積載するため可能な限り薄肉とした。

4-1-2 プロペラ

実船用プロペラと模型プロペラの主要目を表4.1.2に、実船用プロペラの形状寸法を図4.1.2に示す。実船用プロペラに相似な形状になると模型プロペラ前縁の厚さは約0.1mmとなり、流木模型の衝突した時曲損のおそれがある。本実験の場合、前縁厚さの僅な増加は実験結果に影響を及ぼさないと思われる所以、前縁の厚さを約0.2mmに増すこととした。

なお、軸系および舵の形状寸法を図4.1.3に示す。

4-1-3 自航装置

模型船自航装置の系統図を図4.1.4に示す。自航モータにはマブチRS-85, 80Wマグネットモータ2台を使用した。模型船ガイド装置はマスト式で、トリムと上下動を許すものである。本実験の場合、プロペラ荷重を実船に大体合わせることが望ましいと考えられる。したがって抵抗検力計を使用し摩擦修正を行なうこととした。回流水槽流速は、模型船前方約1.2mにおいて翼車式流速計により測定し、所定の流速になった後撤去した。

4-1-4 プロペラ防護装置

プロペラ防護装置には各種の形が考えられるが、本年度は全く異なった形の3種を実験し、その防護性能の相違を調べることとし、抵抗推進性能、操縦性能に与える影響がなるべく少ないように考慮して、第1案(フィン型)、第2案(格子型)、第3案(ノズル型)の3種を選定した。その形状寸法を図4.1.5, 4.1.6, および4.1.7に示す。

4-1-5 流木模型

実物流木としては、前述のように100mm×100mm×1000mmの寸法のものを想定した。この1/13.5であるので、流木模型の寸法は7.5mm×7.5mm×75mmとした。流木模型が模型プロペラに衝突した場合、プロペラに損傷を与えないように、流木模型の材料には発泡スチロールを使用した。発泡スチロールのみかけ比重は非常に小さいので、径2.7~3.0mmの鉛弾用鉛散弾25~28個をバラストとして内部に封入し、みかけ比重を1に調整し水中に浮遊するようにした。

4-1-6 回流水槽

本実験に使用した東京大学工学部船用機械工学科回流水槽の主要目を表4.1.3に示す。

4-2 実験状態

実験状態は常備状態の直進自航とし、試運転状態に合わせることとした。表4.2.1に実験状態を示す。摩擦修正にはシェンヘルの平板摩擦抵抗係数を、浸水面積には静止時の値をそのまま用いた。模型船の航走時トリムはバラスト調整により実船速力試運転時と大体一致させることにし約2.6°とした。

4-3 船底部水流状態の観察

4-3-1 実験方法および装置

船底部水流状態の観察のため採用した実験方法は油膜法とタフト法である。油膜法は模型船体表面に顔料と油の混合物を塗りこれが水流により下流になびきその際現われる線条を観察し、壁面剪断力の方向すなわち限界流線を求める方法である。本実験では顔料に酸化チタン、油には流動パラフィンと小量のオレイン酸を使用した。

タフト法はタフトの水流によりなびく方向を観察、撮影して大体の流向を知る方法である。前後方向にタフトを配置すると前方のタフトおよび支柱の後流の影響を受けるので、本実験では船長方向の1個所で垂直方向または水平方向に8点の位置にタフトを配置し撮影を行ない、順次にその位置を船長方向に船長の5%づつ変更して行くことにした。タフトによる流向測定面は、垂直面はプロペラ軸系とスケグを避けるため僅に船体中心線面をはずし、水平面は航走状態でプロペラ翼位置でのプロペラ軸中心を含む水平面とした。

図4.3.1にタフト装置を示す。このタフト装置をトラバース装置に取付け所定の位置に順次に移動させた。タフトは比重がほゞ1になるよう材料に竹を用い、長さは35mm、その前端には黄銅線製環を付けなびきを自由にした。

4-3-2 結 果

図4.3.2、4.3.3、4.3.4に油膜法の実験結果を示す。図4.3.2に示すように船底限界流線は、船首部およびプロペラ付近を除き、船体中心線面にほゞ平行である。図4.3.3は船首部の結果を示すが、船首下部を除き、上方に向って流れ飛沫となる領域が現われている。図4.3.4はプロペラ付近の結果を示すが、プロペラ直上付近にのみプロペラ縮流と回転の影響がみられる。

図4.3.5、4.3.6にタフト法の結果を示す。タフトの方向に変動がみられたので、10枚の写真により求めた平均的なタフトのなびく方向を図示した。この図からスケグ付近の両舷に弱い縦渦が存在し、またプロペラ直前の縮流は船底に近い上部では少なく、下部はやや大きいと推定される。

4-4 プロペラによる流れの流向・流速の測定

4-4-1 実験方法および装置

回流水槽流速約1.7m/sでは水流中に気泡が混在すること、プロペラ直前には張出軸受、軸、中間軸受、スケグがあり流速計受感部寸法が小さい必要があること、指向性簡便性などを考慮し、球抵抗式流速計を作成し使用した。これは直径8mmの球を磷青銅腕に取付け、球の抵抗による腕のたわみを箔歪ゲージで測定する方式のものである。図4.4.1に球抵抗式流速計を示す。これをトラバース装置に取付けた。測定位置は4-3で述べたタフト法による観察位置にほゞ一致させた。

4-4-2 結 果

流速測定結果を図4.4.2、4.4.3に示す。ただしVは回流水槽流速、uは流速測定値である。SS $1\frac{1}{4}$ ではプロペラ前部で加速がみられプロペラ上部の方がやや流速が大きい。SS $1\frac{3}{4}$ では僅に加速が現われているようである。この結果と図4.3.5、4.3.6のタフト法の結果とを合わせ、流向流速をベクトル図で表わした結果を図4.4.4、4.4.5に示す。

4-5 流木模型のプロペラ部への流入状況の観察

4-5-1 実験方法および装置

本実験で採用した観察方法はストロボスコープ照明撮影と8ミリ映画撮影である。ストロボスコープ照明撮影は1枚の写真に流木模型が流入する時々刻々の径路、姿勢、位置が写し込まれ、観察に便利である。流木模型の投入条件をほぼ一定にするため電動式自動投入機を製作することにし、流木の長さ方向を垂直にし

て投入するものと水平にして投入するものを用意した。予備試験を行ない、垂直投入と水平投入を比較したところ、水平投入は垂直投入よりプロペラに衝突する率がかなり小さかった。これは水平投入は流木模型の沈下が少なく、船首飛沫により側方にはねられる場合が多いためと考えられる。また垂直投入の場合、流木模型は落下中に水に接した下端が流れにより下流になびき、投入直後は流木方向がほぼ流れ方向になるが、投入位置を船首から前方に離すほど回流水槽の水流中の乱れにより船首付近に至る間に流木の姿勢、位置はランダムになると考えられる。以上の2点により本実験では垂直投入を採用した。投入位置は上記の事柄を考慮し船首前方約1mとした。

撮影は左玄水平側方からと下から垂直上方に向けての2方向の同時撮影である。撮影方法を図4.5.1に示す。ストロボスコープ照明撮影の時は照明はストロボスコープのみとした。使用したストロボスコープは菅原研究所製PS-240型1台である。その発光周期はなるべく短い方が、流木模型が小さい間隔で写り位置、姿勢、衝突状況の観察には都合がよいが、光量の減少と多数回露出により流木模型像が不鮮明になるので、1/25secを選定した。

8ミリ映画撮影ではニコンR-8撮影機2台を使用した。その撮影方法を図4.5.1に示す。照明には劇場等舞台照明用650Wハロゲン灯2台、8ミリ映画撮影用650Wハロゲン灯4台、写真電球多数を使用した。流木模型の流入、衝突状況を細かく観察するため、フィルムコマ送り速度54コマ/secのスローモーション撮影とした。

流木模型には全てに番号を記入し、ストロボスコープ照明撮影の結果と照合できるようにし、下流で流木模型を回収し検査し、損傷したものを取除き完全に無きずのものを再使用した。損傷した流木模型は損傷状態を調べ記録し保存した。

なお、ストロボスコープ照明撮影では流木模型1本投入ごとに側方と下方からそれぞれ1枚づつ撮影した。

8ミリ映画撮影では約1sec間隔で1本づつ連続的に投入して撮影した。

4-5-2 結 果

ストロボスコープ照明撮影の結果を表4.5.1に示す。投入した流木模型を下流で大半は手網で、また水深約0.4m以下に沈下したものは回流水槽測定部下流吸込み口に臨時に設けた網で回収した。この網の抵抗により最大流速は1.7m/s以下になってしまった。

表4.5.1中の「流木投入数」は実験番号1を除き各実験番号におけるためし投入と撮影失敗分の投入数を含まない数である。ただし、流木投入数の合計「投入総数」には実験番号1の投入数は算入しない。「近傍流入流木数」は船首飛沫により側方にはねられ横方向位置が玄外になった流木模型とプロペラ直前でプロペラ円板下端から約70mm以下に沈下した流木模型とを「流木投入数」から除いた数である。「衝突流木状況」の欄のうち「損傷」はプロペラに衝突し流木が損傷した数を示す。流木の損傷程度によりプロペラ損傷の大小の順位がある程度推定できると考えられるので、流木模型損傷度を表4.5.2に示すように定め分類した。「はね」は防護装置がある場合、防護装置に衝突して排除されプロペラには衝突しなかった流木模型の数を示す。したがって本実験では0である。「ひっかかり」は防護装置にひっかかり止った流木模型の数を示す。したがって本実験では0である。

表4.5.1に示す結果を図4.5.2、4.5.3に柱グラフで示す。

ストロボスコープ照明撮影結果から、流木模型がプロペラに衝突した例を選び、その流入径路を調べ、プロペラ衝突流木模型の流入径路輪廓を求めた結果を図4.5.4に示す。この結果および8ミリ映画撮影結果によると大体つきの傾向があるようである。すなわち、船首材および船首直後の船体に当った流木模型のうちその長さ方向がほぼ水平で水面近くに当ったものは飛沫により側方にはねられプロペラ部へは流入しない。また船首材やや後方の船体に当った流木模型は殆んどプロペラ部へは流入しない。船首材下部に当るかまたは船首材に当らずその直下ごく近傍を通過する流木模型は船体中心線面付近の船底に流入しプロペラ部へ至

りプロペラに衝突するものが多い。なお流木模型の初期位置がやや浅く、プロペラ直下をすれすれに通過する例が少なくなってしまった。また図4.5.4に各流木模型の1時点における姿勢とその損傷度を示す。

4-6 流木模型放流によるプロペラ防護装置の効果の確認

4-6-1 実験方法および装置

本実験で使用した実験方法および装置は4-5-1で述べたものと全く同一である。防護装置を第1案、第3案、第2案の順に交換して実験を行なった。

4-6-2 結 果

ストロボスコープ照明撮影の結果を表4.6.1, 4.6.2, 4.6.3に示す。この結果を柱グラフの形で図4.6.1～4.6.6に示す。図表中の語句、度の定義は4-5-2で述べたものと同一である。ただし実験番号20と33の投入数は「流木投入数」の合計には算入しない。この結果によると防護装置第2案は流木模型がプロペラに衝突する率が非常に小さく、この寸法の流木に対しては防護効果が大きい。しかし「ひっかかり」率が大きい欠点がある。第3案は軽度の流木模型損傷が全くみられず、流木模型は多数片に分断あるいは粉碎され、また「ひっかかり」率もやや大きい。

ストロボスコープ照明撮影により得られた流木模型がプロペラに衝突する状況の例を図4.6.7, 4.6.8, 4.6.9に示す。図4.6.7は第1案の例で防護装置に当り流木模型の姿勢が変化してからプロペラに衝突した例を示す。このうち実験番号27-18は防護装置がなければプロペラすれすれに通過し衝突しない可能性のあるものが、防護装置に傾いて衝突し内側に滑りプロペラに衝突した例である。船体中心線面付近を流入して来る場合は第1案では防護装置がない場合とほぼ同一の衝突状況であった。図4.6.8は第2案の例で、流木模型が防護装置を通過する場合は図のように流木模型の長さ方向が水流の方向とほぼ同じ時に限られていた。図4.6.9は第3案の例で、流木模型がノズル内に入る場合は(1)船体中心線面のごく近傍を流入し、流木長さ方向が水流の流向に近い場合、(2)流木重心、抵抗中心がノズル前縁円内にあるか、あるいは僅外で、ノズル前縁面に対し傾いていて流木前端がノズル内に入る場合、(3)流木重心、抵抗中心がノズル前縁円の僅内側にあり、流木がノズル前縁面となす角が小さい場合のようである。なおノズル内に流木模型が入りプロペラに分断される時、船体に大きな衝撃が加わることが観察された。

ストロボスコープ照明撮影によりえられた流木模型が防護装置に衝突する状況の例を図4.6.10, 4.6.11, 4.6.12に示す。図4.6.10は第1案の例で、流木模型は防護装置と衝突し接触点を軸としてやや回転し前縁に接しつつ下方に滑り位置がやや下がる傾向がある。図4.6.11は第2案の例で、流木模型は防護装置との接触点または防護装置の縁を軸として回転し、流木長さ方向がやや内向きになるまで回転し、防護装置後部ではそのやや内側までまわり込む傾向がみられる。図4.6.12は第3案の例で流木模型は防護装置接触点を軸として回転し下流に流れ去っている。以上のように本実験では流木模型は防護装置によりはねとばされる様子はなかった。

なお、第2案、第3案は防護装置なしと第1案に比しプロペラ回転数の増加がみられた。

4-7 考 察

プロペラ直前の縮流部では、流木模型の流入径路に縮流に類似した形状は殆んどみられない。この原因は、本実験で使用した寸法の流木模型は水流の変化に対する応答が遅いことにあると思われる。また、プロペラ直前以外でも流木模型の流入径路が水流の平均流線と完全には一致しない。これは水流の乱れ、流木模型の姿勢と運動も原因であろう。

図4.5.4にプロペラ衝突流木模型の流入径路輪廓を示したが、この輪廓は55例により描いたものである。この例には流木模型の長さ方向が水流方向に直角でしかもプロペラ部の軸中心に向いた姿勢でその内側の端がプロ

ペラ円周に接触する場合が殆んど含まれていない。このような場合はさらにこの径路輪廓が大きくなると推定される。また、流木模型の寸法を変えれば当然この輪廓は変化するであろう。

各防護装置の効果を比較するため、ストロボスコープ照明撮影の結果をまとめて図4.7.1に示す。図中の「全衝突率」は流木模型がプロペラと防護装置に衝突した率を示す。「プロペラ衝突率」は流木模型がプロペラに衝突して流木模型が損傷した率を示す。流木模型の損傷が大きいほどプロペラの受けた衝突エネルギーが大きくプロペラの損傷も大きいと考えられる。そこで模型プロペラ前縁にはほぼ等しい前縁をもつ金属板を流木模型に直角にあて荷重をかけ、その時うけた流木模型の創と荷重とから、表4.5.2で定義した各損傷度に対するおもみを1度を1、2度を2、3度を4、4度を7、5度を8、6度を10、7度を15ととりあえず定め、各損傷度の衝突率にこのおもみをかけて合計し、「プロペラ損傷指數」とした。正面面積が大きい程、全衝突率が大きくなると考えられるので、一応の目安にするため、正面輪廓面積として、防護装置なしの時はプロペラ円板面積、防護装置第1案では船底、防護装置外面、防護装置下端とプロペラ円板下端を結ぶ直線でかこまれる面積、第2案では船底と防護装置外縁材でかこまれた面積、第3案ではノズル前縁円面積を採用した。また、無きずの流木模型は回収し再使用したので、船底近傍に流入する率が後の実験ほど小さくなる可能性が考えられる。そこで一応「近傍流入流木数」に対する比率を用いたが、最初に実験を行なった防護装置なしと最後に実験を行なった第2案について船底近傍に流入する率の差の検定をしてみたところ有意な差は認められなかった。

防護装置第1案はプロペラ衝突率が防護装置なしの場合に比してやや減少しているが、防護効果は不充分と思われる。第1案のプロペラ衝突率と流木模型の損傷度の分布について防護装置なしの場合との差の検定を行なったが有意な差は認められなかった。したがって第1案ではプロペラの損傷頻度、損傷の大きさは防護装置なしと大差がないと思われる。

第2案では、プロペラ衝突率が激減し、防護効果が大きい。しかし防護装置前面に流木模型がひっかかる率が大きく、これをはずすため後進をかける頻度が大きいと思われる。流木模型の損傷度がやや大きくなっているが、これは防護装置にはさまれつつプロペラ翼に衝突することが原因と考えられる。したがって防護装置をかなりプロペラから離すのが望ましい。またプロペラ縮流の影響もあると思われるが、流木模型が後の内側にまわり込む傾向がありプロペラ直径に比し防護装置寸法を大きくする必要があろう。第1案では防護装置前縁後退角によりひっかかりが起らず下方に押し下げる傾向があるので、第2案に後退角をもつ部材を取付ける改良案が考えられる。

第3案は、防護装置なしに比しプロペラ衝突率が約1/2に低下する。しかし流木模型損傷が甚しく、プロペラ損傷指數は最大となりプロペラなどに重大な損傷を与えると思われる。また防護装置前面に流木模型がひっかかる率がやや大きい。

表4.1.1 実船・模型船主要目

	実 船	模 型 船
全 長(垂線間長)	1 3.500m	1.000m
幅	3.200m	0.237m
深 さ	1.600m	—
総 届 数	約16.0トン	—
排水量(計画満載)	約11.0トン	—
最 大 速 力	約17.0ノット	—
主 機 関	265ps/2170rpm 1基	—

表4.1.2 プロペラ要目

	実船プロペラ	模型プロペラ
直 径 (mm)	680	504
ピ ッ チ (mm)	735	545
ピ ッ チ 比	1.081	1.081
円板面積 (cm ²)	3632	19.6
展開面積比	0.600	0.600
投影面積比	0.515	0.515
ボス比	0.1765	0.1765
翼厚比	0.0564	0.0564
翼 数	0	3
傾 斜 角	0	0
回 転 方 向	右	右

表 4.1.3 回流水槽主要目

形 式	鋼製水平循還型
水槽本体内法寸法	
長 さ	1 1,0 0 0 mm
幅	4,2 0 0 mm
高 さ	1,6 5 0 mm
測定部内法寸法	
長 さ	5,5 0 0 mm
幅	1,5 0 0 mm
深 さ	1,4 5 0 mm
水 深	1,1 0 0 mm
測定部観測窓	
上流に向って右側面	長さ × 高さ・幅 × 数 8 0 0 mm × 5 0 0 mm × 4
上流に向って左側面	8 0 0 mm × 7 0 0 mm × 4
底 面	8 0 0 mm × 5 0 0 mm × 4
流 速	
測定部平均流速	0.2 ~ 1.8 m/s
主送流用動力	
形 式	直流分捲サイリスタ・レオナード電動機
出 力	3 0 KW
水面付近加速装置	
形 式	境界層吸込み式
動 力	渦電流接手付き誘導電動機 3.7 KW

表 4.2.1 実験状態

	実 船	模 型
静止時喫水		
船 首	0.571m	42.3mm
船 尾	0.650m	48.1mm
平 均	0.611m	45.3mm
静止時トリム	船尾0.079m	5.9mm
排 水 量	11.436t	4.65Kg
速 力	約1.2ノット	約1.7m/s
航走時トリム	約2.6°	約2.6°

表 4.5.1 実験結果（防護装置なし）

実験番号	流速(m/s)	プロペラ回転数(rps)	流木投入数(本)	近傍流入木数(本)	衝突流木状況								
					はね(本)	ひっかかり(本)	損傷(損傷度は表4.5.2参照)(本)						
							1度	2度	3度	4度	5度	6度	7度
1	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1.660	55.3	22	19	0	0	1	4	0	0	0	0	0
3	1.660	55.3	27	24	0	0	1	2	0	1	0	1	0
4	1.660	55.3	30	24	0	0	1	1	0	0	0	1	0
5	1.650	57.3	29	26	0	0	0	1	1	2	0	3	0
6	1.652	55.8	30	25	0	0	0	0	1	0	1	1	0
7	1.652	55.0	24	16	0	0	0	3	2	0	0	0	0
8	1.656	59.8	30	24	0	0	0	4	4	0	0	0	0
9	1.656	59.2	29	21	0	0	0	6	2	1	0	2	0
10	1.664	59.2	30	21	0	0	3	3	0	0	0	1	0
計			251	200	0	0	6	24	10	4	1	9	0
率(%)			対投入総数		0	0	2.39	9.56	3.98	1.59	0.40	359	0
			対近傍流入数		0	0	3.00	12.00	5.00	2.00	0.50	450	0
平均	1.657	56.9											

表 4.5.2 流木模型損傷度区分

損傷度	損傷状態
1 (度)	浅い圧痕のみ
2 "	切創 1 個所
3 "	切創 2 個所
4 "	切創 3 個所以上
5 "	折曲り
6 "	2 つに切断
7 "	3 つ以上に切断または粉碎

表4.6.1 実験結果（防護装置第1案）

実験番号	流速 (m/s)	プロペラ回転数 (rps)	流木投入数 (本)	近傍流入木数 (本)	衝突流木状況								
					はね (本)	ひっか かり (本)	損傷(損傷度は表4.5.2参照) (本)						
							1度	2度	3度	4度	5度	6度	7度
11	1.636	58.1	29	23	5	0	0	3	0	0	0	0	0
12	1.637	58.3	26	24	4	0	1	4	4	0	0	3	0
13	1.647	53.9	30	21	6	0	0	1	0	0	0	0	0
14	1.647	53.9	28	20	4	0	2	5	0	0	0	0	0
15	1.647	53.2	29	22	6	0	0	2	2	0	0	0	0
16	1.647	53.1	27	18	9	0	0	1	1	1	0	0	0
17	1.652	—	28	23	7	0	0	1	0	0	0	0	0
18	1.652	—	22	16	3	0	0	2	0	0	0	0	0
19	1.655	58.8	27	21	4	0	0	2	0	0	1	0	0
20	1.655	59.8	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	1.658	60.9	19	17	4	0	2	1	1	0	0	0	0
22	1.665	60.2	26	16	3	0	0	1	0	1	1	0	0
23	1.665	59.8	30	21	4	0	0	0	2	1	0	1	0
24	1.665	58.3	29	22	2	0	0	1	2	0	0	2	0
25	1.665	58.5	30	26	9	0	0	1	1	1	1	0	0
26	1.672	58.5	29	22	2	0	0	1	1	1	1	2	0
27	1.672	58.0	30	24	8	0	0	4	0	1	0	2	0
28	1.672	58.1	30	25	10	0	0	1	1	1	0	0	0
計			469	361	90	0	5	31	15	7	4	10	0
率 (%)		対投入総数			19.19	0	107	6.61	3.20	1.49	0.85	2.13	0
		対近傍流入数			24.93	0	139	8.59	4.16	1.94	1.11	2.77	0
平均	1.656	57.6											

表 4.6.2 実験結果（防護装置第2案）

実験番号	流速 (m/s)	プロペラ回転数 (rps)	流木投入数 (本)	近傍流入流木数 (本)	衝突流木状況								
					はね (本)	ひっかかり (本)	損傷(損傷度は表4.5.2参照) (本)						
							1度	2度	3度	4度	5度	6度	7度
38	1.643	60.8	30	23	3	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1.640	59.4	32	28	6	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1.643	59.9	30	21	2	3	0	0	0	1	0	0	0
41	1.643	60.5	30	23	4	2	0	0	0	0	0	0	0
42	1.643	60.0	30	22	7	1	0	0	0	0	0	0	0
43	1.643	60.9	29	22	9	3	0	0	0	0	0	0	0
44	1.643	61.0	29	24	7	2	0	0	0	0	0	0	0
45	1.643	60.6	30	22	6	3	0	0	0	1	0	0	0
46	1.643	60.1	30	23	5	5	0	0	0	1	0	0	0
計			270	208	49	19	0	0	0	3	0	0	0
率 (%)		対投入総数			18.15	7.04	0	0	0	1.11	0	0	0
		対近傍流入数			2356	9.13	0	0	0	1.44	0	0	0
平均	1.647	60.4											

表4.6.3 実験結果（防護装置第3案）

実験番号	流速 (m/s)	プロペラ回転数 (rps)	流木投入数 (本)	近傍流入流木数 (本)	衝突流木状況								
					はね (本)	ひっかかり (本)	損傷(損傷度は表4.5.2参照)(本)						
							1度	2度	3度	4度	5度	6度	7度
29	1.667	62.7	30	27	6	2	0	0	0	0	0	1	5
30	1.667	62.7	30	24	5	1	0	0	0	0	0	1	0
31	1.631	64.0	29	25	3	2	0	0	0	0	0	0	4
32	1.631	64.0	30	23	3	1	0	0	0	0	0	1	3
33	1.622	59.6	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	1.622	58.8	30	21	2	1	0	0	0	0	0	0	3
35	1.622	57.6	30	27	1	1	0	0	0	0	0	0	2
36	1.622	58.7	28	19	1	3	0	0	0	0	0	0	0
37	1.642	58.8	30	23	3	1	0	0	0	0	0	0	4
計			237	189	24	12	0	0	0	0	0	3	21
率 (%)			対投入総数	10.13	506	0	0	0	0	0	1.27	8.86	
			対近傍流入数	12.70	635	0	0	0	0	0	1.59	11.11	
平均	1.636	60.8											

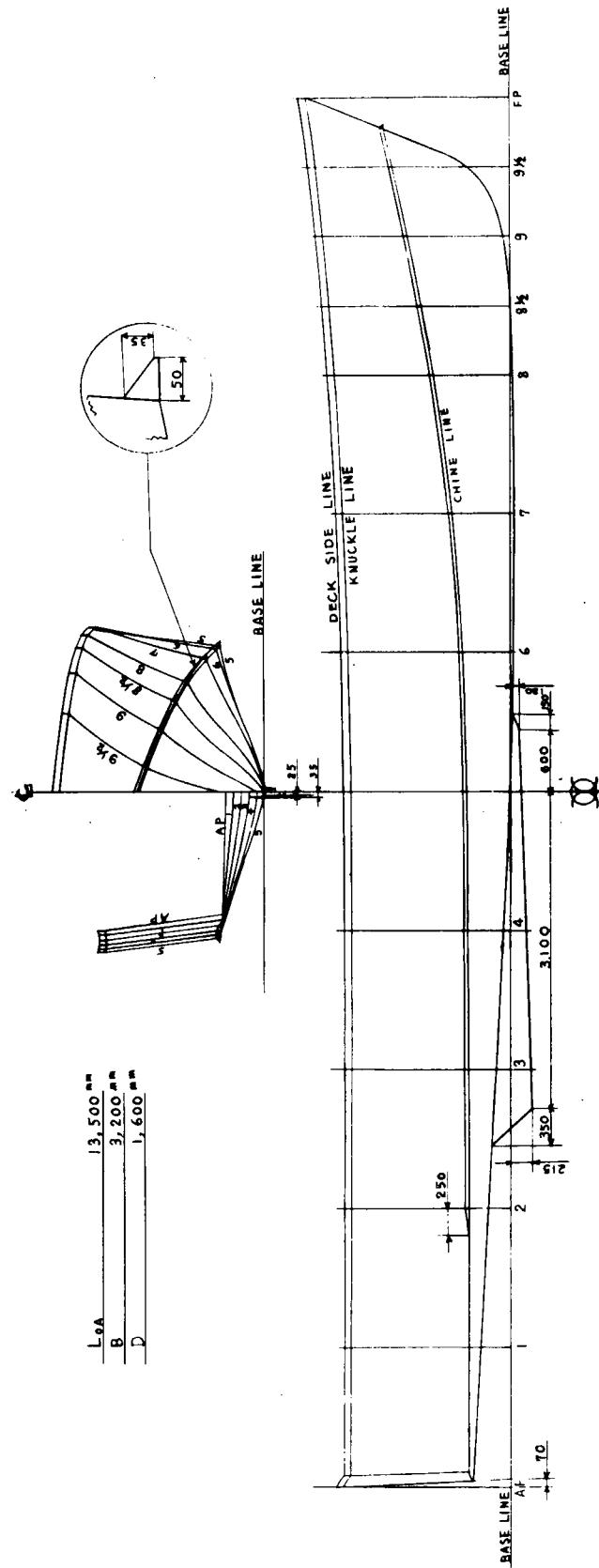


図 4.1.1 1 輪 13.5 m 交通艇線図
(寒船に対する寸法を示す)

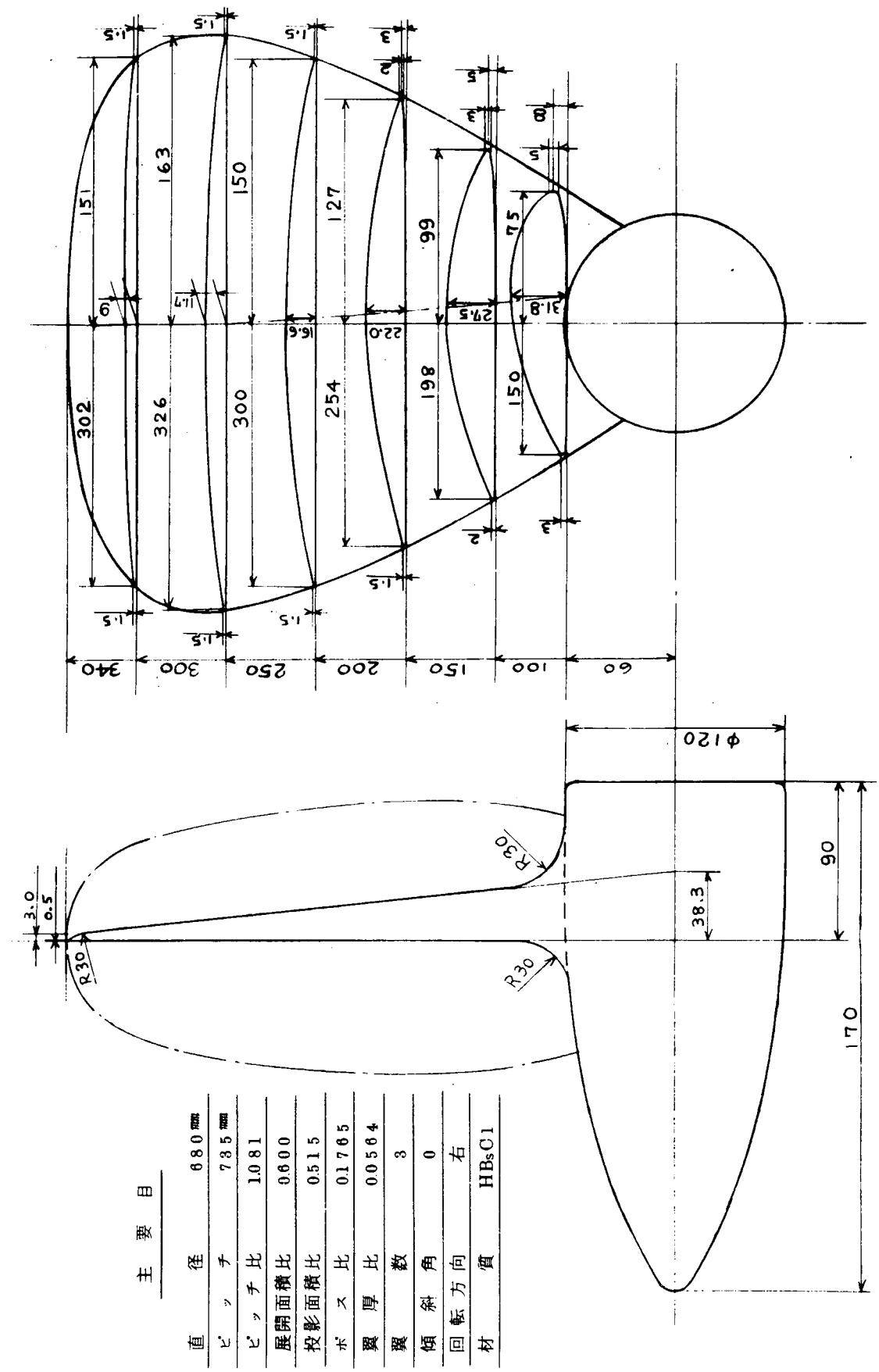


図4.1.2 プロペラ
(実船に対する寸法を示す)

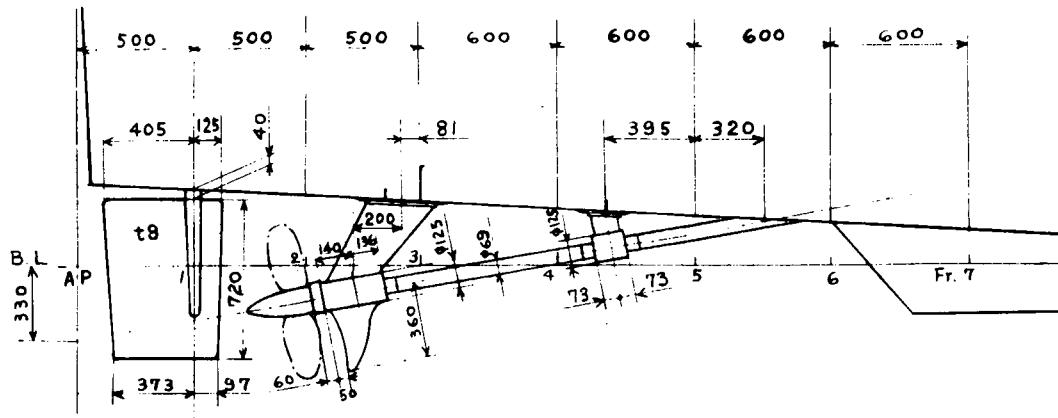
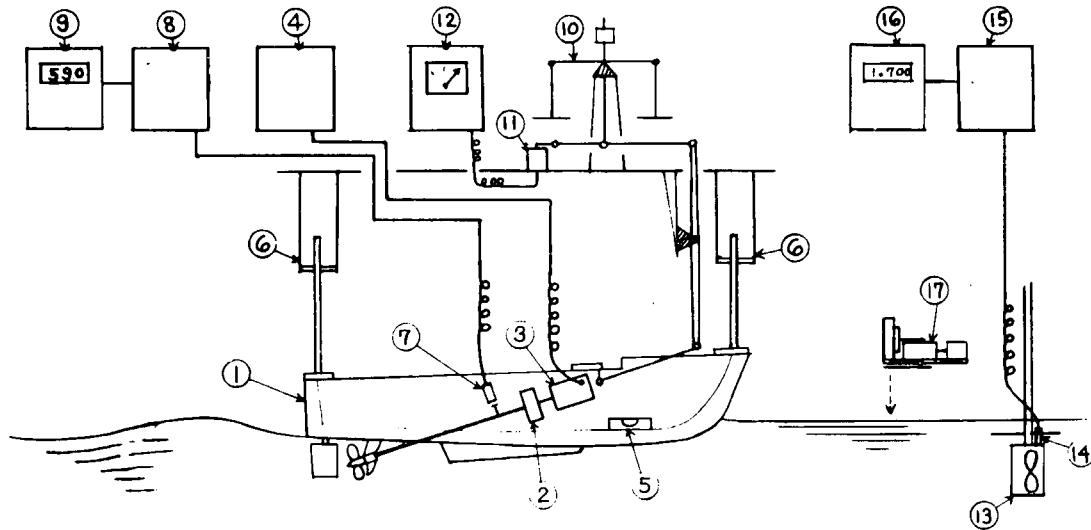


図 4.1.8 軸系および舵形状
(実船に対する寸法を示す)



- | | | |
|-------------|------------|-------------------|
| ① 模型船 | ⑦ 回転計 P U | ⑬ 翼車式流速計(流速調整後撤去) |
| ② 減速歯車 | ⑧ パルス発生器 | ⑭ 翼車回転 P U |
| ③ 自航モータ | ⑨ 回転計 カウンタ | ⑮ パルス発生器 |
| ④ 自航モータ電源装置 | ⑩ 抵抗検力計天秤 | ⑯ 流速指示カウンタ |
| ⑤ 水準器 | ⑪ 磁歪式変換器 | ⑰ 流木模型自動投入機 |
| ⑥ ガイド装置 | ⑫ 増幅器 | ⑱ 増幅器 |

図 4.1.4 自航装置等系統図

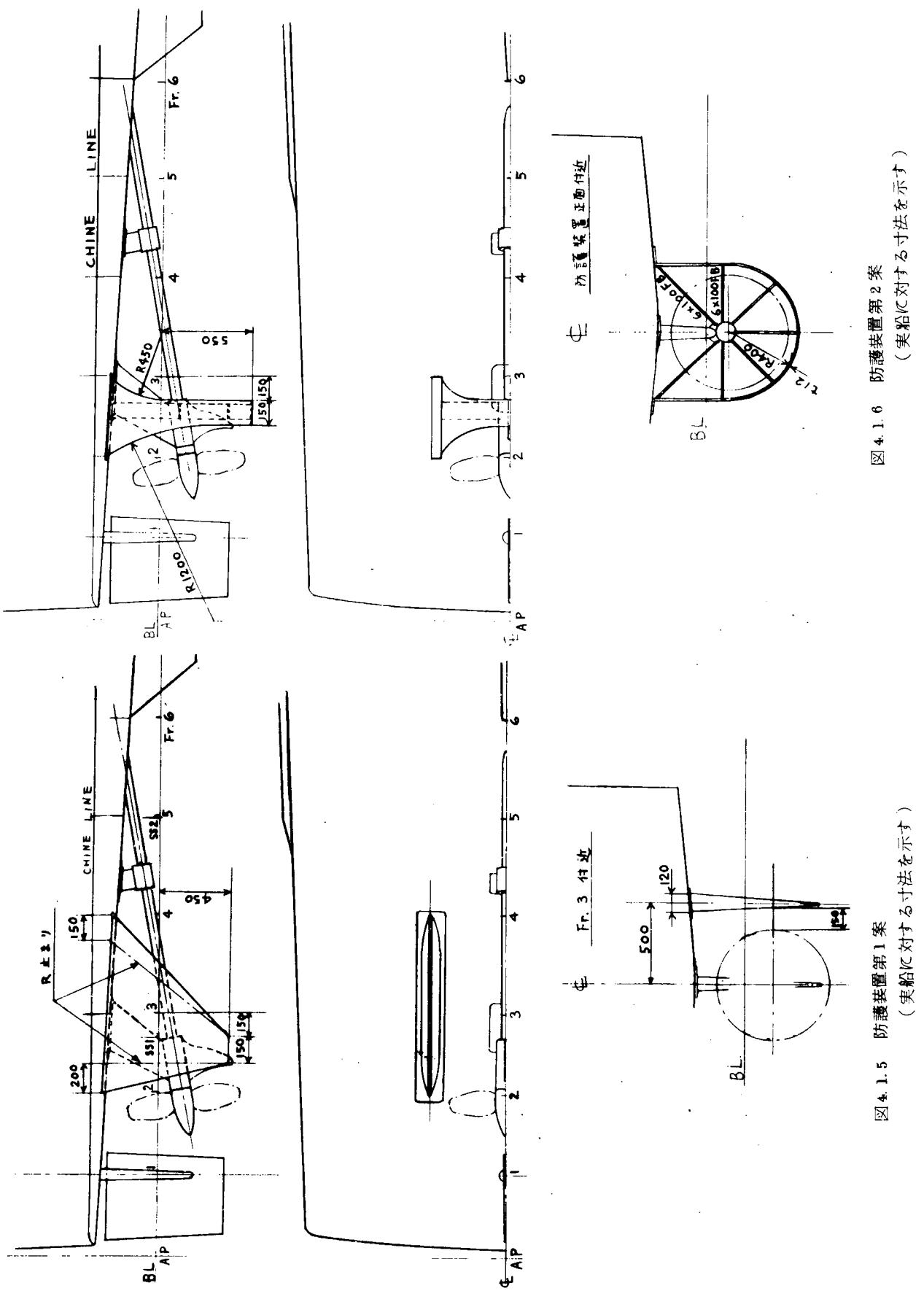


図 4.1.5 防護装置第1案
(実船に対する寸法を示す)

図 4.1.6 防護装置第2案
(実船に対する寸法を示す)

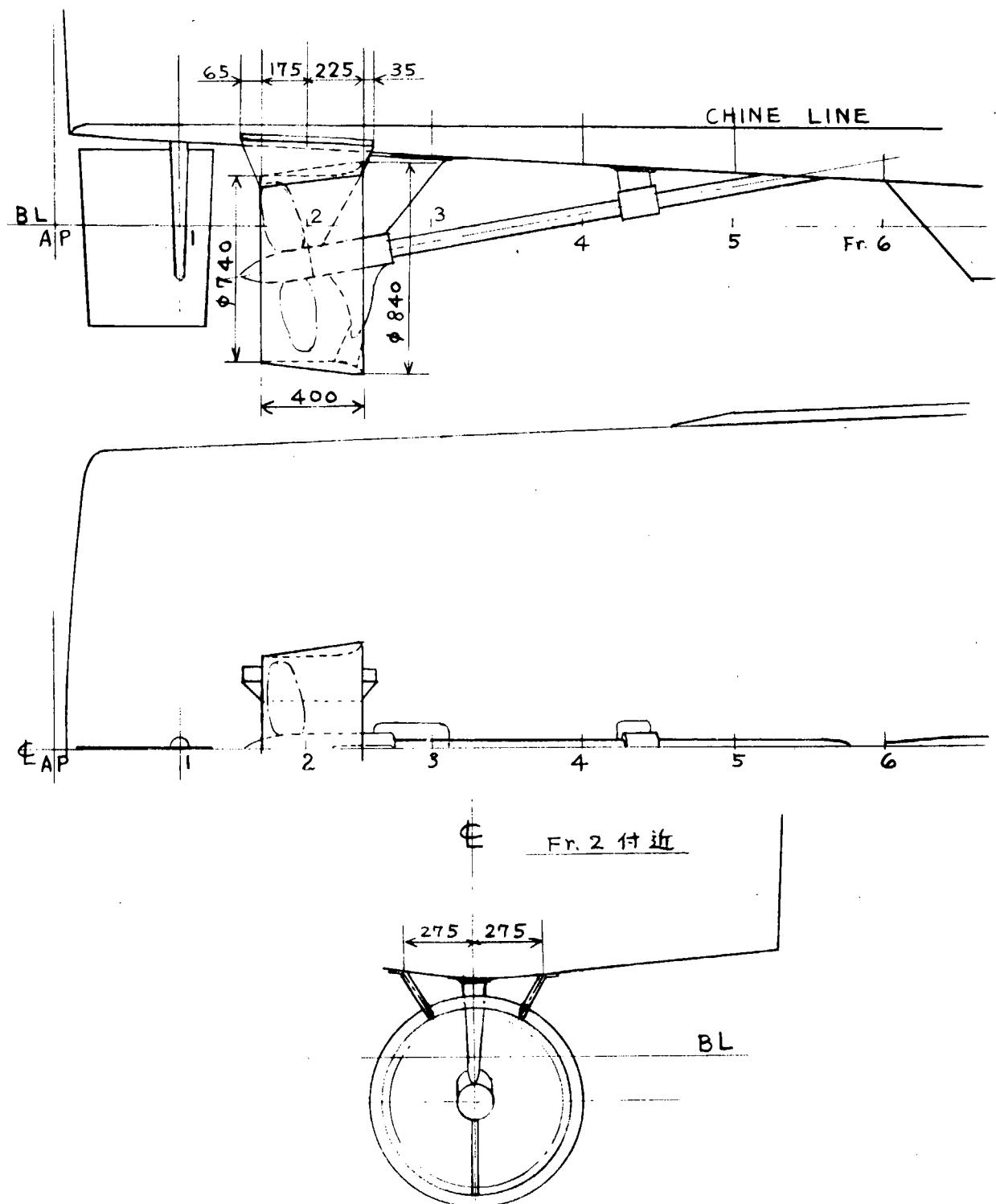


図4.1.7 防護装置第3案
(実船に対する寸法を示す)

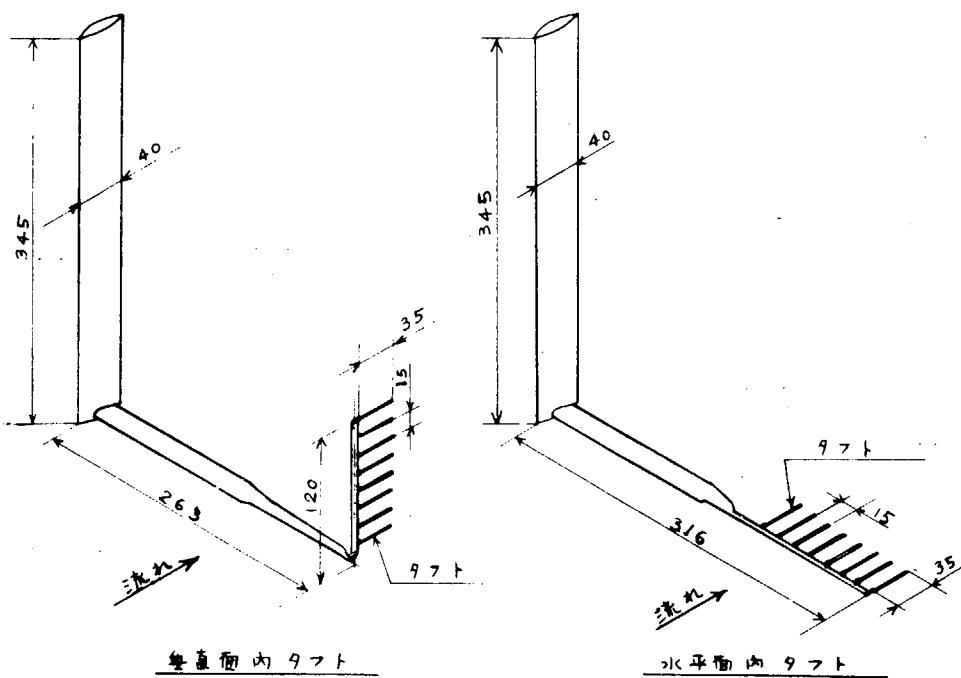


図4.3.1 タフト装置

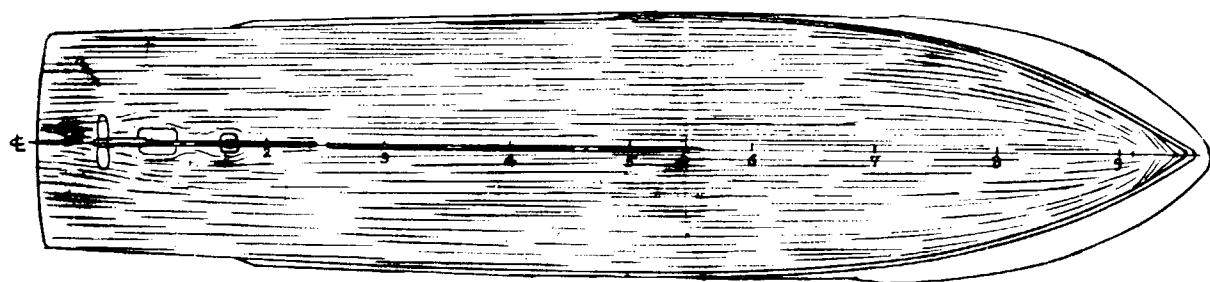


図4.3.2 油膜法による限界流線スケッチ

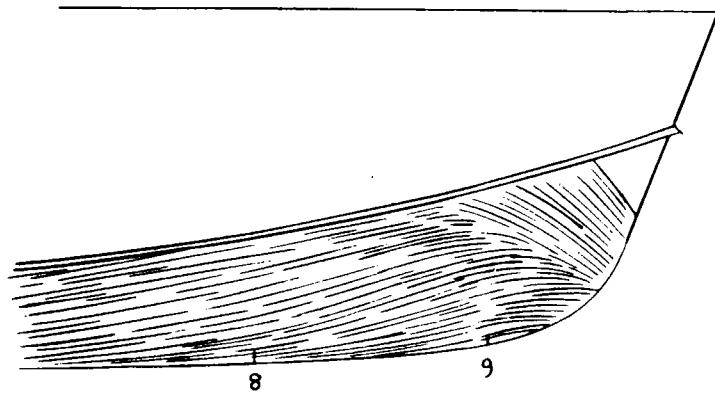


図4.3.3 油膜法による船首部限界流線スケッチ

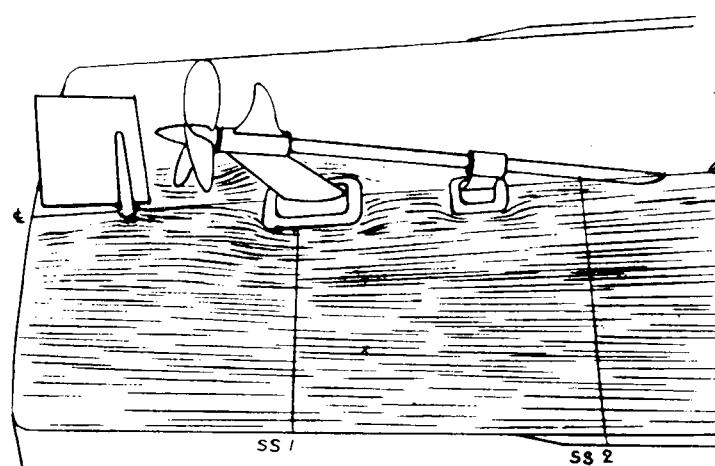
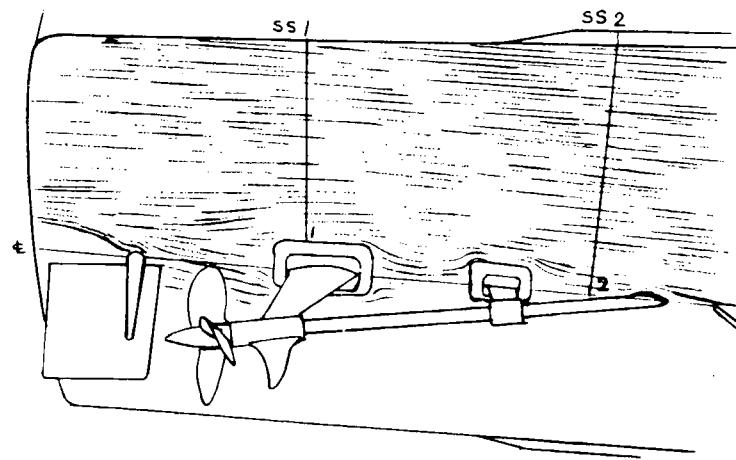


図4.3.4 油膜法によるプロペラ付近船底限界流線スケッチ

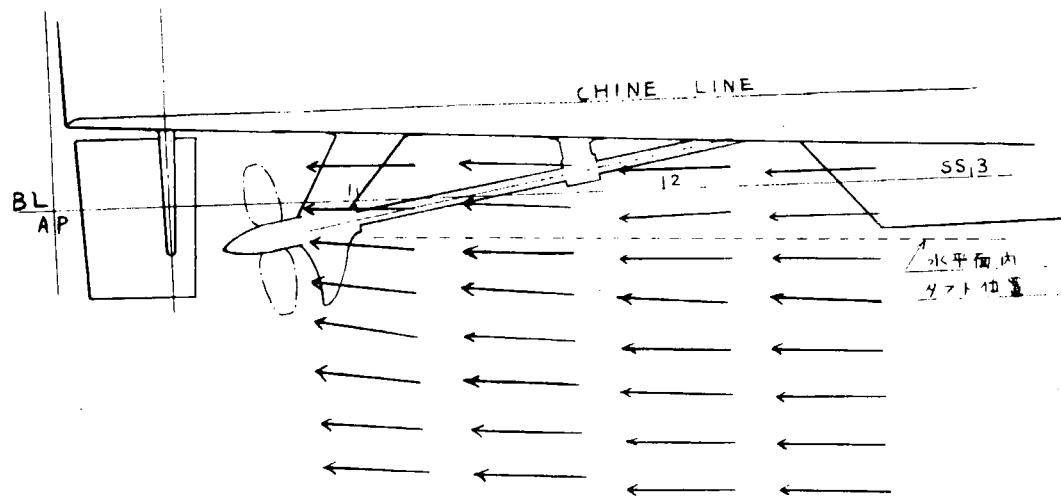


図 4.3.5 垂直面内 タフトの平均的方向

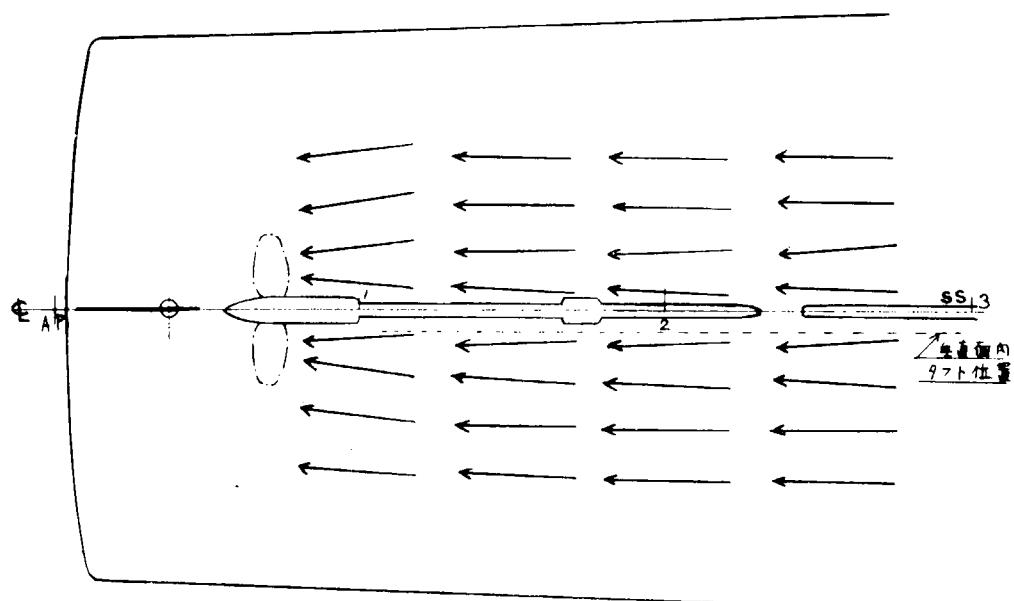


図 4.3.6 水平面内 タフトの平均的方向

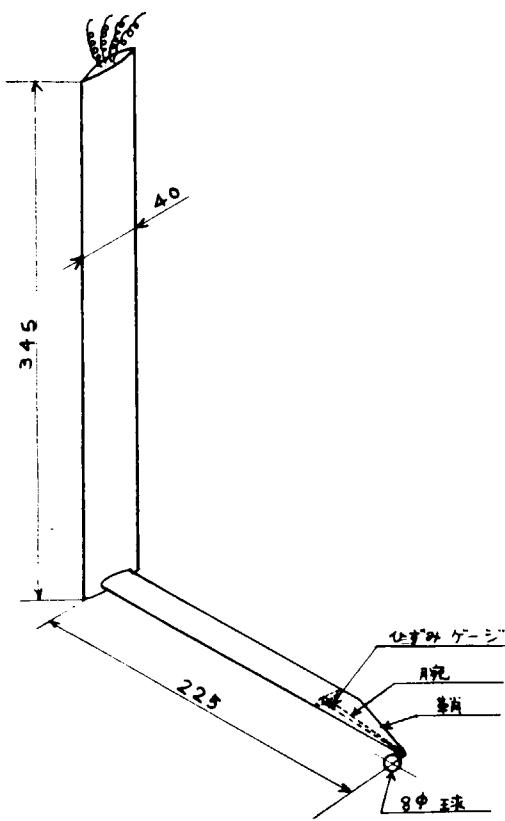


図 4.4.1 流速計

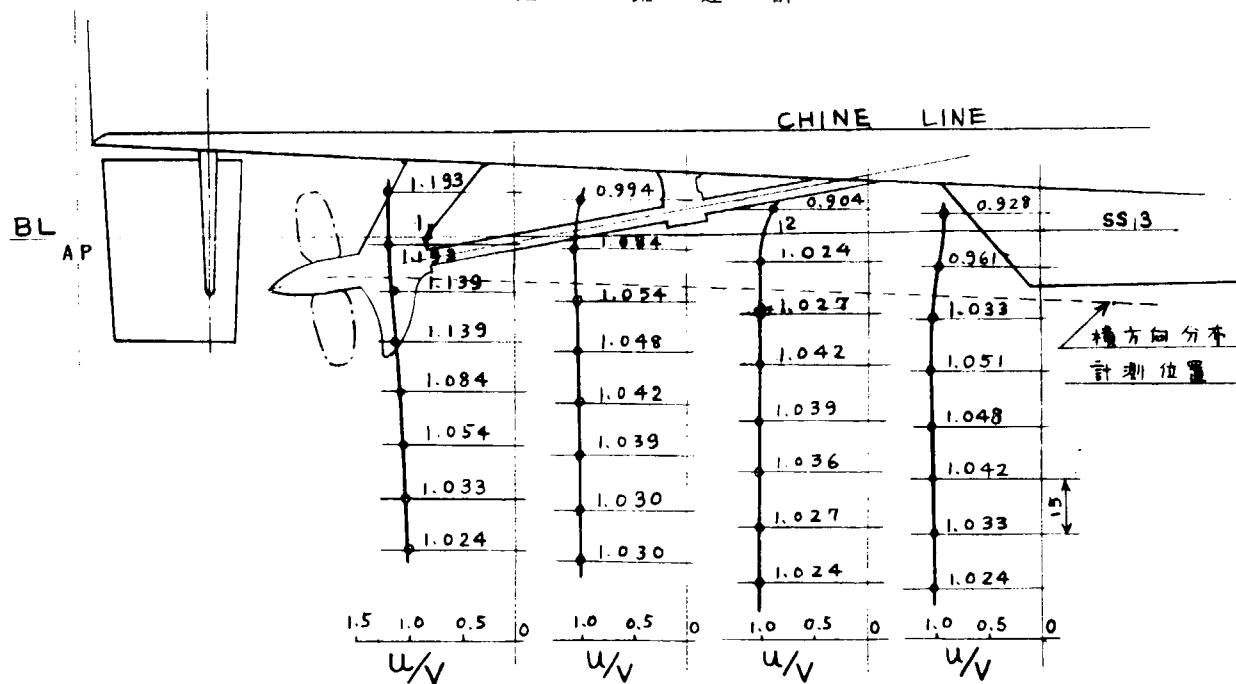


図 4.4.2 流速の垂直方向分布
 (計測面: もより右玄側約 7 mm)
 (計測点間隔: 15 mm)
 値は U/V を示す

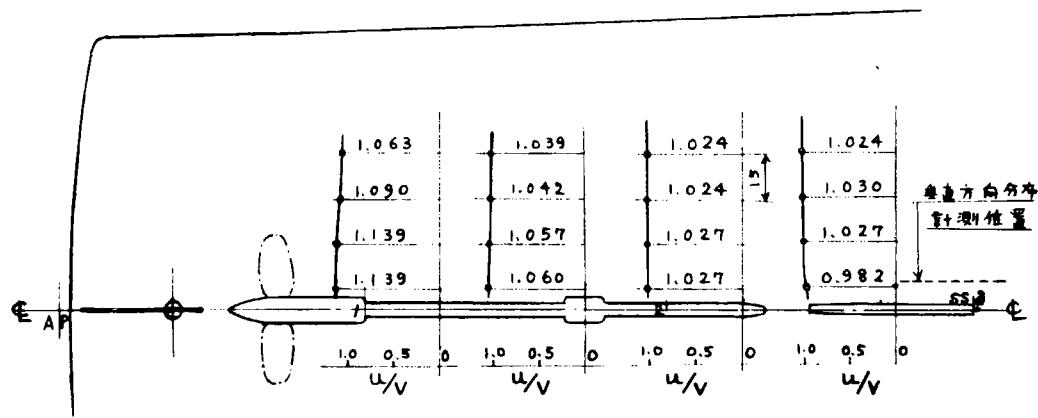


図 4.4.3 流速の横方向分布
 (計測面: プロペラ中心より水平前方)
 (計測点間隔: 15mm)
 (値は u/V を示す)

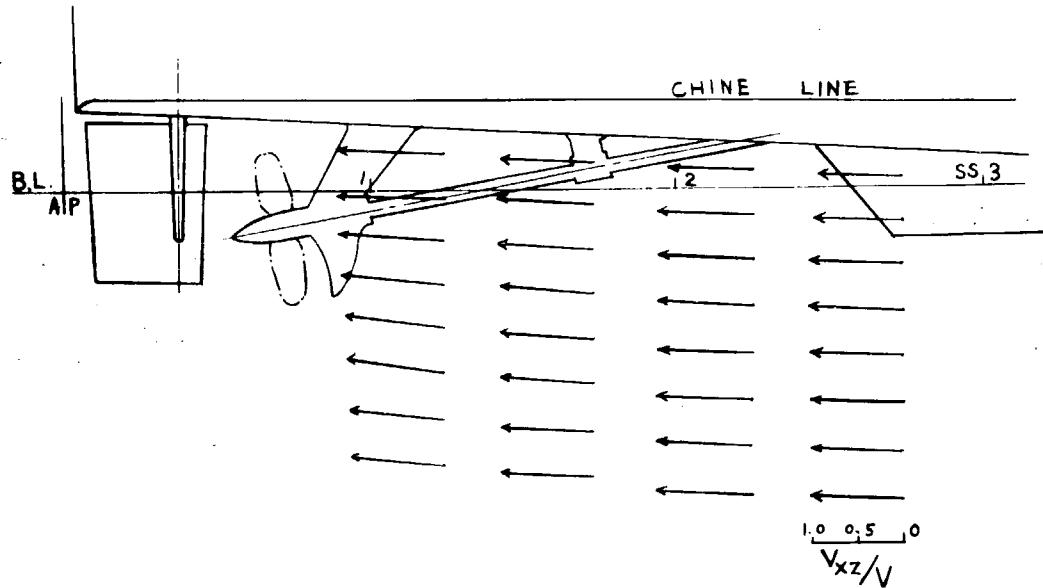


図 4.4.4 流速ベクトル (計測面: もより約 7 mm の距離の垂直面)

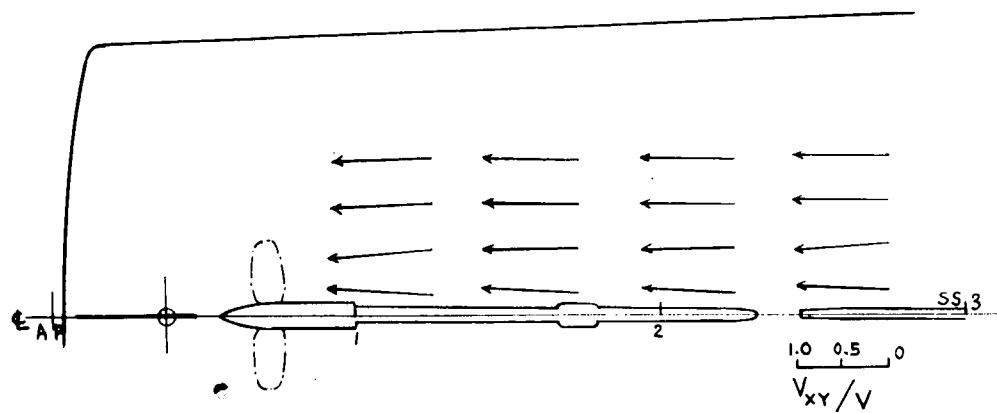


図 4.4.5 流速ベクトル（計測面：プロペラ中心より水平前方の水平面）

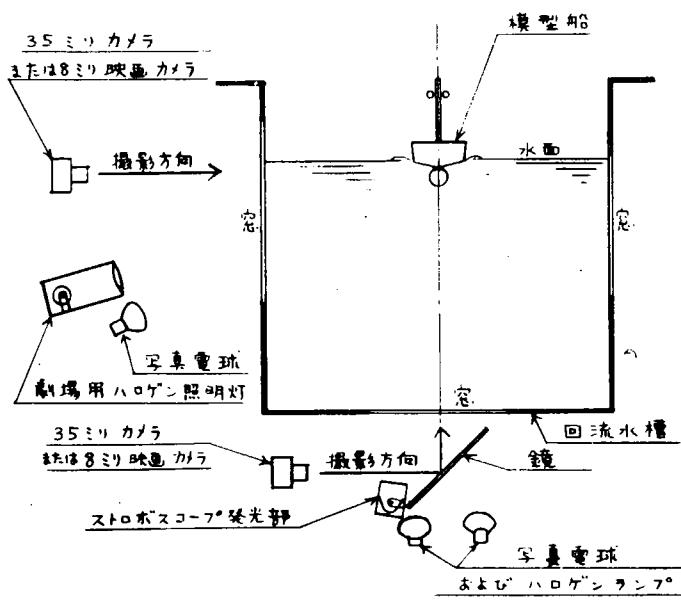


図4.5.1 撮影方法(回流水槽横断面で示す)

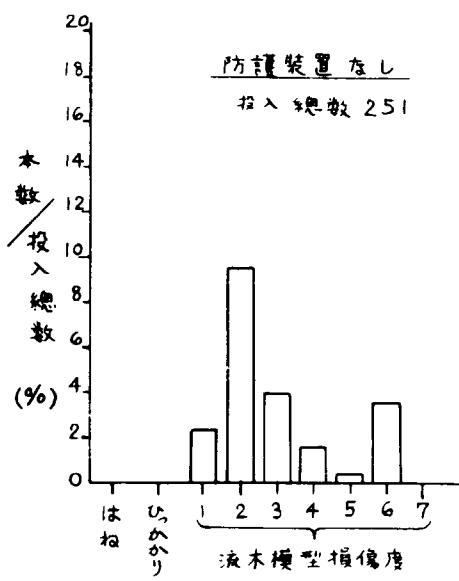


図4.5.2 流木模型衝突率分布
(対投入総数)

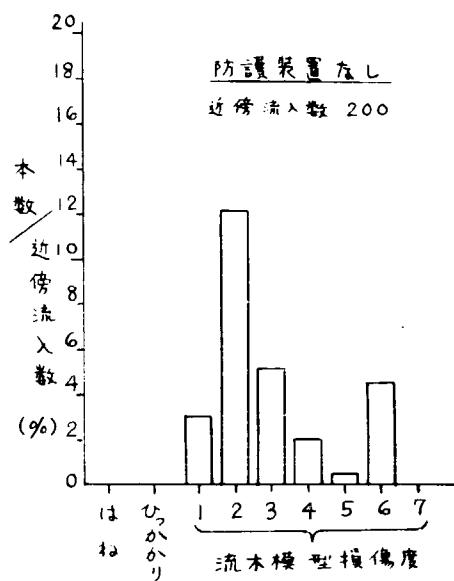
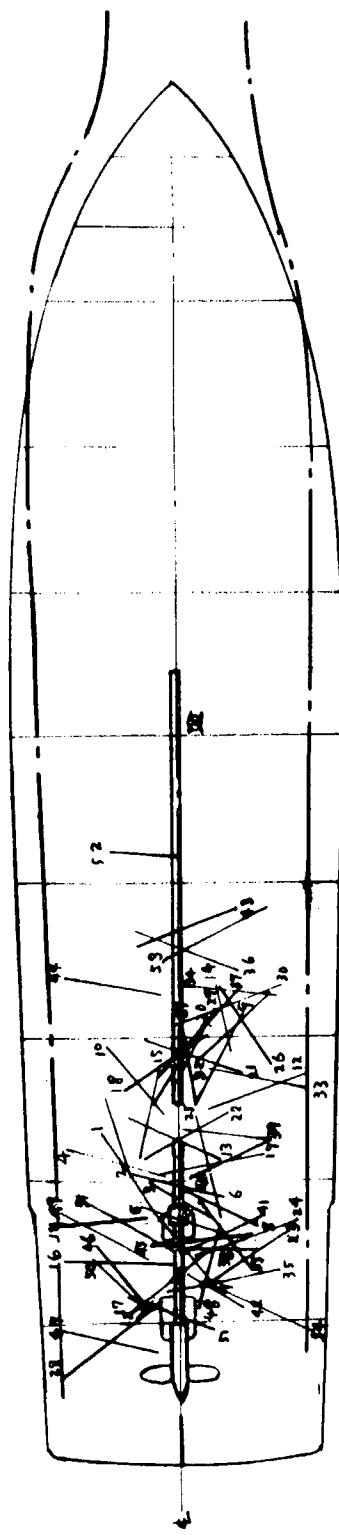
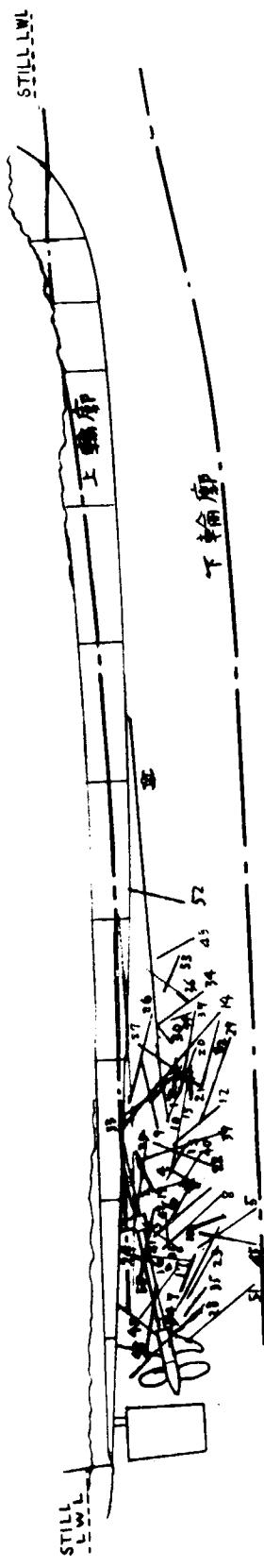


図4.5.3 流木模型衝突率分布
(対近傍流入数)



No.	損傷度	No.	損傷度	No.	損傷度	No.	損傷度
1	2	16	2	31	3	46	2
2	1	17	2	32	2	47	3
3	2	18	4	33	2	48	3
4	2	19	6	34	9	49	1
5	2	20	4	35	2	50	2
6	4	21	6	36	2	51	-
7	-	22	3	37	3	52	2
8	2	23	5	38	2	53	2
9	6	24	2	39	2	54	1
10	2	25	2	40	2	55	6
11	-	26	2	41	6		
12	1	27	3	42	6		
13	2	28	3	43	4		
14	6	29	3	44	2		
15	6	30	3	45			

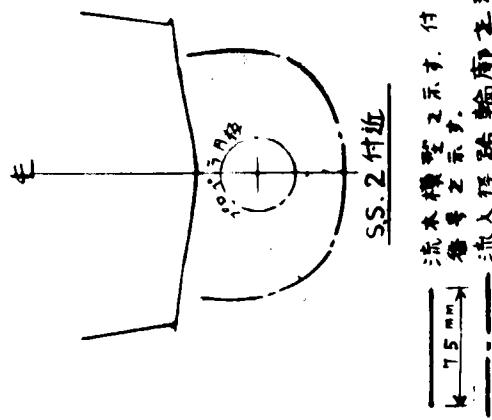


図 4.5.4 プロペラ衝突流木模型流入途径輪廓

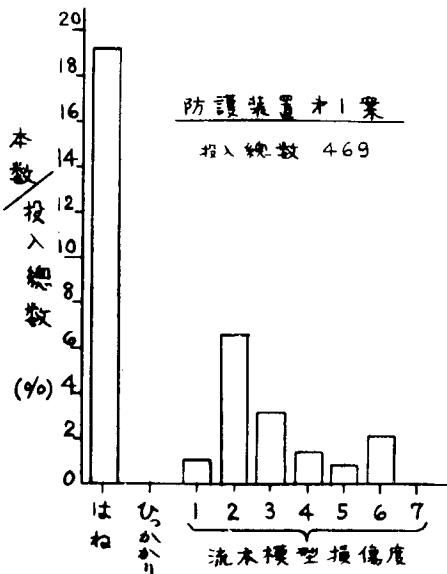


図 4.6.1 流木模型衝突率分布
(対投入総数)
防護装置第1案

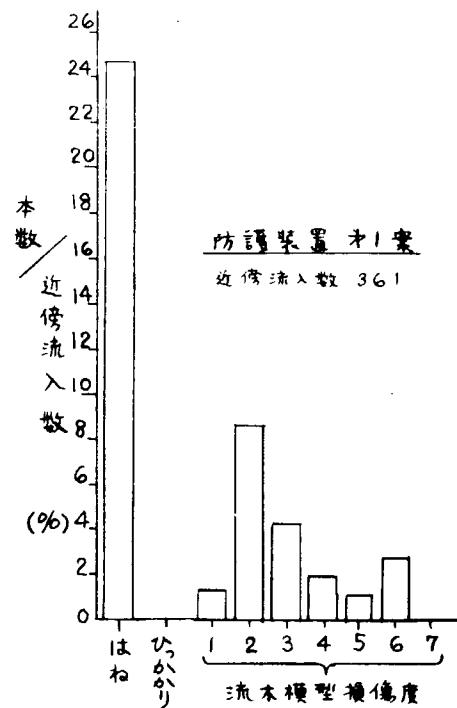


図 4.6.2 流木模型衝突率分布
(対近傍流入数)
防護装置第1案

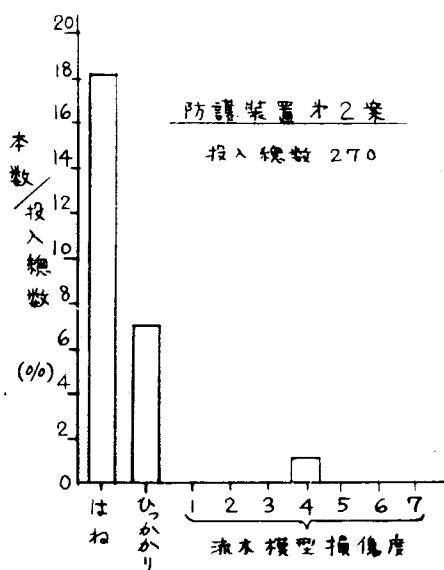


図 4.6.3 流木模型衝突率分布
(対投入総数)
防護装置第2案

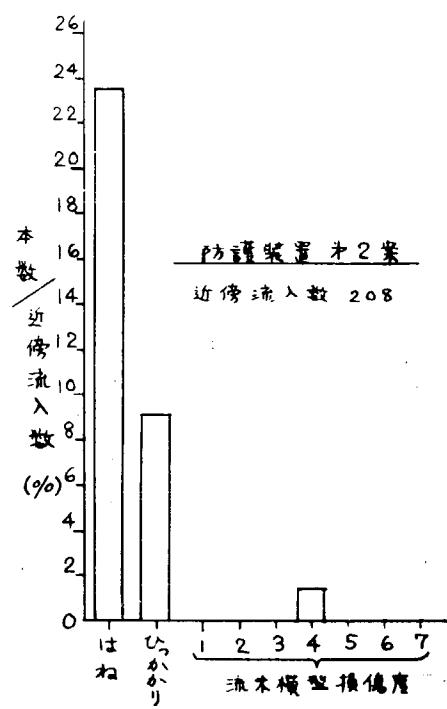


図 4.6.4 流木模型衝突率分布
(対近傍流入数)
防護装置第2案

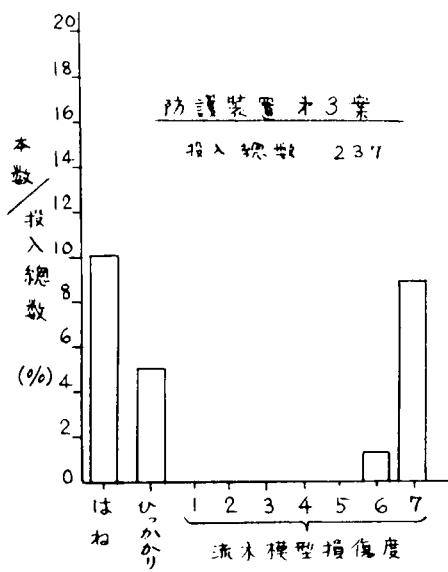


図4.6.5 流木模型衝突率分布
(対投入総数)
防護装置第3案

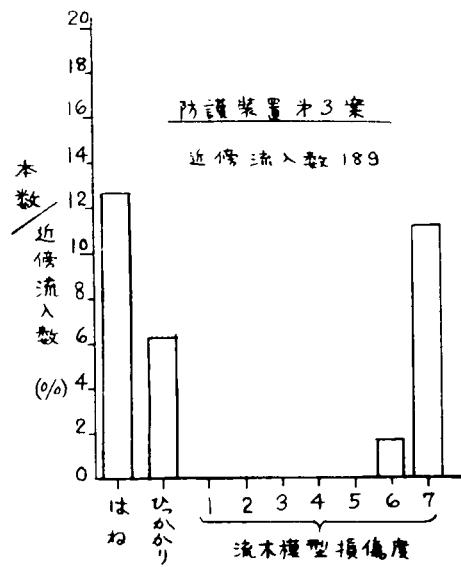


図4.6.6 流木模型衝突率分布
(対近傍流入数)
防護装置第3案

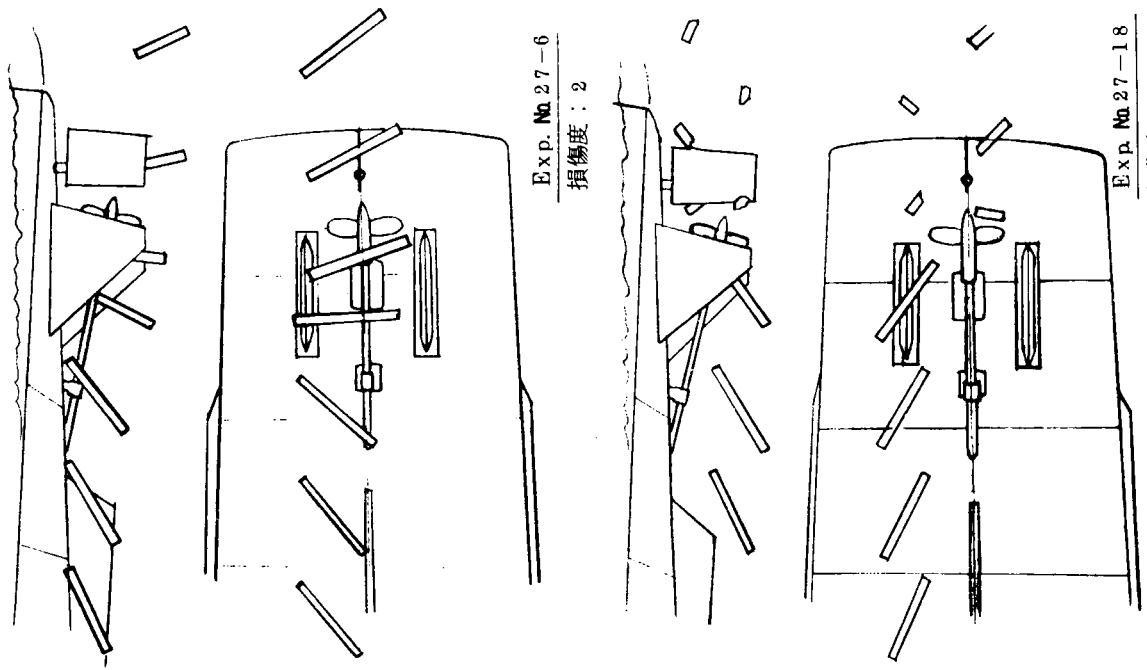


図 4.6.7 (a) 流木模型・プロペラ衝突状況スケッチ
防護装置第 1 案

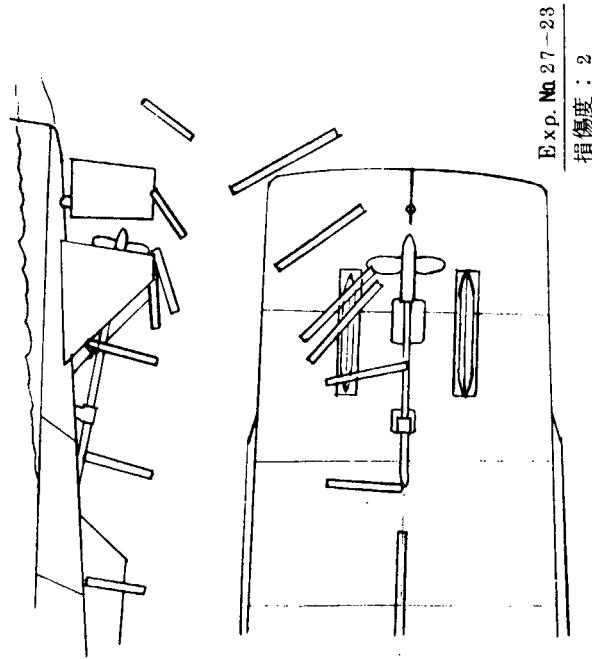


図 4.6.7 (b) 流木模型・プロペラ衝突状況スケッチ
防護装置第 1 案

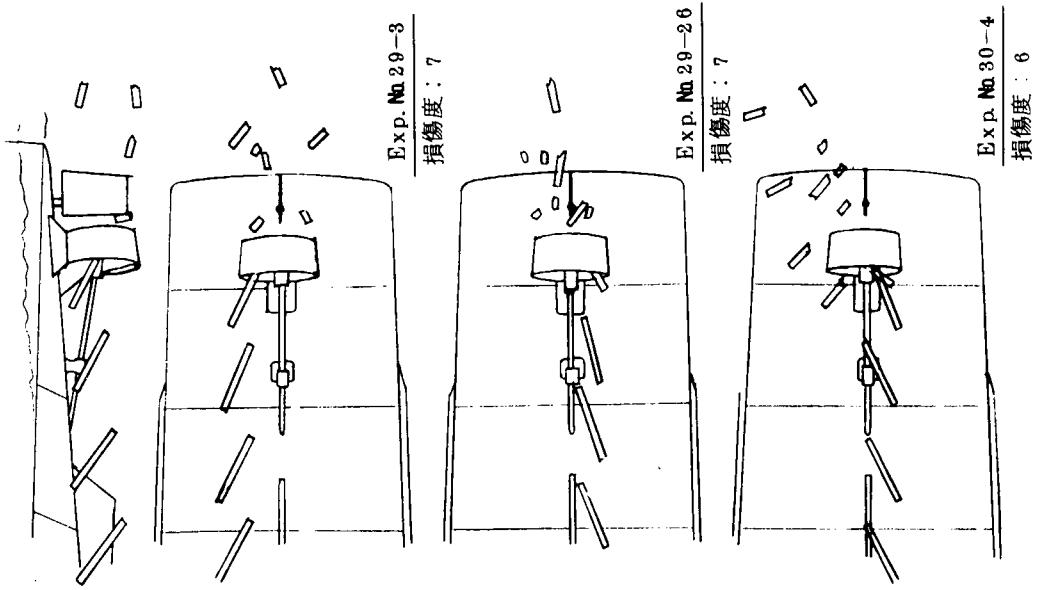
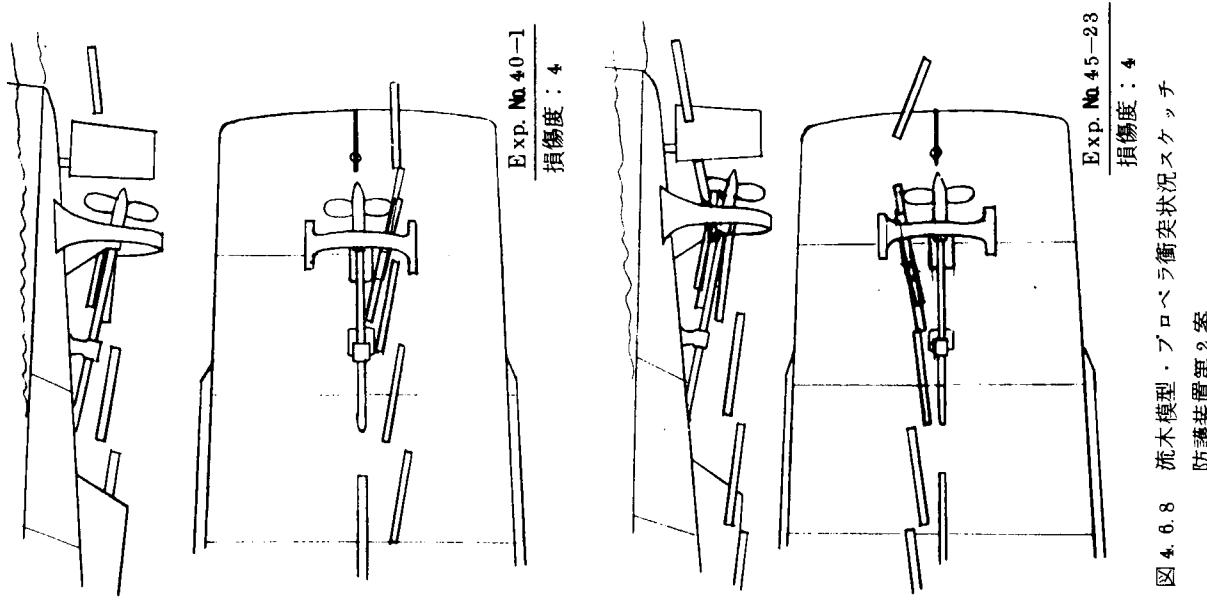


図 4. 6.8 流木模型・プロペラ衝突状況スケッチ
防護装置第2案

図 4. 6.9 流木模型・プロペラ衝突状況スケッチ
防護装置第3案

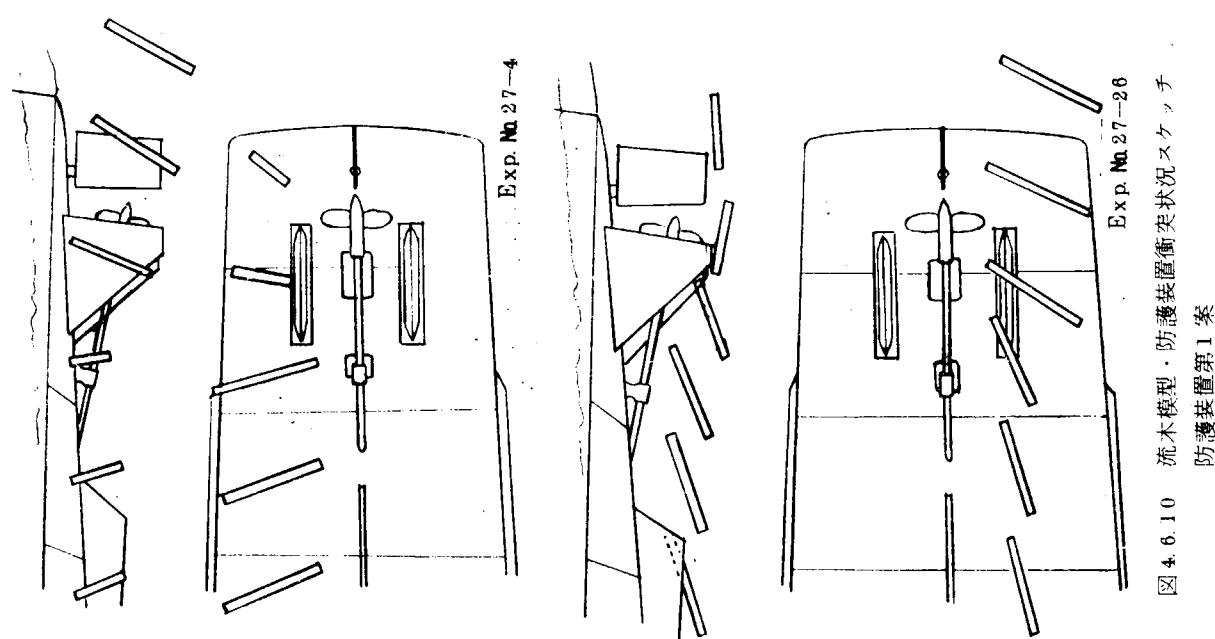


図 4.6.10 流木模型・防護装置衝突状況スケッチ
防護装置第1案

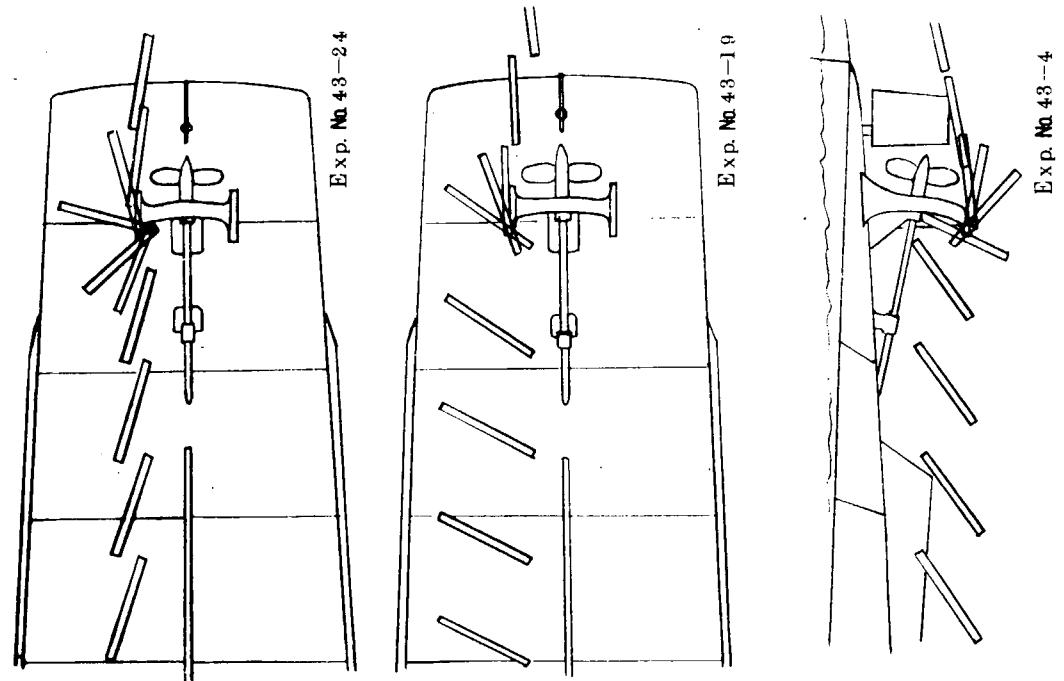


図 4.6.11 流木模型・防護装置衝突状況スケッチ
防護装置第2案

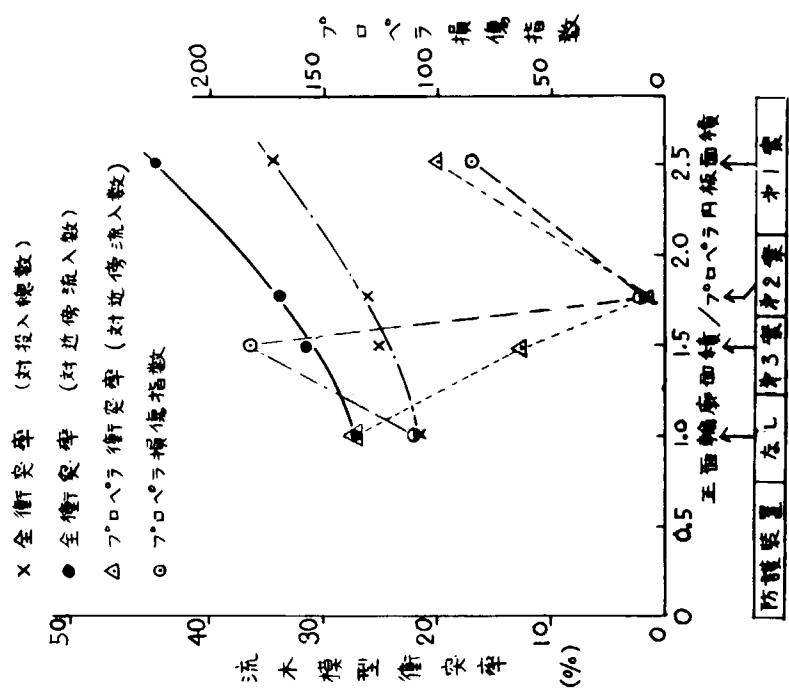


図 4.7.1 流木模型全衝突率、プロペラ損傷指數
およびプロペラ衝突率

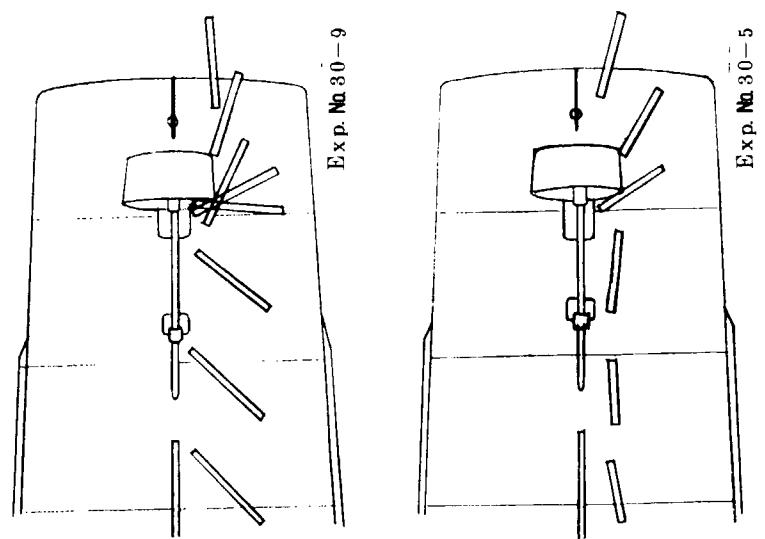


図 4.6.12 流木模型・防護装置衝突状況スケッチ
防護装置第 3 案

§ 5 23M型巡視艇模型の実験

5-1 供試模型船および回流水槽

5-1-1 模型船

実験に使用した模型船の要目および Body Plan を、表 5.1.1、図 5.1.1 に示す。

表 5.1.1 実船・模型船要目

	実 船	模 型 船
全長 (Loa)	21.0M	1.575 M
垂線間長	20.0M	1.5 M
幅	5.3M	0.3975 M
深さ	2.7M	0.2025 M
排水量	45.4 ton	—
最大速力	27 Knot	—
主機関	1100PS×1400RPM×2	—

5-1-2 模型プロペラ

模型プロペラの要目および概略図を、表 5.1.2、図 5.1.2 に示す。

表 5.1.2 プロペラ要目

	実船プロペラ	模型プロペラ
直 径	786 mm	60 mm
ピッヂ	798 mm	60.92 mm
ピッヂ比	1.015	1.015
E A R	0.8	0.8
Boss Ratio	0.2	0.2
翼 数	3	3
回転方向	両軸とも左廻り (船に向って)	両軸とも左廻り (船は向って)

5-1-3 自航装置

駆動モーターは、ナショナル整流子モーター (SSC-111C) で、電源は 100V AC である。軸間距離の 1/2 の直径のギア - を 3 枚組合せて、中央のモーター 1 個で 2 軸を同一回転数、同一回転方向で駆動した。回転数は、1 回転 60 個の歯数のギア - と近接スイッチによりパルスを計数して測定した。模型船は、モーターおよびギヤーボックス等の重量および配置の関係で、所定のトリムを確保出来ないために、既存の実艇の試運転結果にほぼ等しい、4/4 負荷で約 3 度、1/4 負荷で約 1 度と云う 2 種類の船尾トリムを与えた拘束して、試験を行なった。

5-1-4 プロペラ防護装置

4 種のプロペラ防護装置 No.1 ガード～No.4 ガードの概略図を図 5.1.3～図 5.1.6 に示す。なお、No.4 ガードは、初めに計画された No.1～No.3 のガードの実験結果を考慮して追加されたものである。

5-1-5 流木模型

寸法 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 1000\text{mm}$ の流木の縮尺 $15/23$ の模型は、縮尺 $1/135$ のものと寸法に大差がないので、4-1-5 で述べた 13.5m 型艇の 1m 模型用と同一寸法、同一構造のものを使用した。

(4-1-5 参照)

5-1-6 回流水槽

実験に使用した回流水槽は、川崎重工業技術研究所設置の水平循環式回流水槽で、測定部の大きさは、長さ・幅・深さがそれぞれ $6000\text{mm} \times 2000\text{mm} \times 1300\text{mm}$ のものであり、最大流速は約 2.3m/s である。

5-2 船底部水流状態の観察

5-2-1 油膜法による船底流線の観察

5-2-1-1 実験方法

使用した油膜は、ディーゼル油と光明丹を混合したものである。油膜の混合比は、重量比でディーゼル油 3 対し光明丹 1 の割合である。船体表面への塗布の方法はローラバケにより出来るだけ薄く塗った。船体のトリム角度は 1° とし、またプロペラ回転数は 30RPS とした。流速は 1.5m/s ($F_n = 0.34$) で行ない、約 2 時間模型を流れの中に放置すると油膜が流跡を残す。

5-2-1-2 実験結果

油膜によって現われる流跡により船底の流線の模様が明らかになる。結果を図 5.2.1～図 5.2.4 に示す。図 5.2.1～図 5.2.3 は船体の底面からの写真をトレースしたものである。この図から船首部と船尾部の付近を除き、流れはほとんどの部分で船体中心線に平行となっていることがわかる。図 5.2.3 は船尾部のものであり、S.S.2 断面より後方では、ガード有無に関係なくやや船体中心に向う流れになっている。図 5.2.4 は船首部のものであり、流れは正面から船底へ流れ込んでいることがわかる。

5-2-2 気泡による実験

船底部および船体近傍の流線の観察を目的として、空気泡による流線観察装置を試作した。装置は、コンプレッサー、ビニールチューブ、プローブ支持部およびプローブより構成されており、その概略図を図 5.2.5 に示している。プローブは、4 種類の異なる直径のステンレスパイプに、電子ビームにより細孔加工をほどこしたもので、プローブ外径および工具顕微鏡により観察、測定した細孔の径を表 5.2.1 に示す。

表 5.2.1 気泡発生プローブ

プローブ	プローブ外径	ノズル径
1	1.4 mm	—
2	0.9 mm	—
3	1.0 mm	70～80 μ
4	0.7 mm	50～60 μ

空気泡により流線を観察する場合には、気泡の上昇速度ができるだけ小さいことが必要であり、そのためには発生気泡の直径がなるべく小さいことが望ましい。本装置の場合には、プローブのノズル径は、ほぼ予定通りのものになっていると思われたが、恐らく空気圧等の他の条件の不備のために、発生気泡の直径はかなり大きく、大きな上昇速度のために正しい流線が指示されなかった。

また今回は、コンプレッサーとプローブをビニールチューブで直結したが、空気中のわずかなごみでノズルがつまってしまうことが多く、かなり目の細かいフィルターを通すことが、ぜひとも必要であることがわ

かったが、時間的な制約のために本装置による流線観測が成功しなかったので、船底近傍の流向については次に示すように従来のタフトを用いる方法で調べた。

5-3 プロペラによる流れの流向・流速の測定

5-3-1 実験方法および装置

船尾ガード付近の流向の測定はタフトを使用した。ガード前方の流向の測定は3φの棒にタフトを20mm間隔に植えつけ、またガード後方の流向測定は、No.3ガードの後にタフトを10mm間隔に植えつけ、それを写真に収めた。船尾ガード付近の流向流速の測定は、5孔管を用いたが5孔のうち水平の3孔のみを使用した。5孔管および計測図を図5.3.1に示す。船のトリムは船尾1°として、流速は1.0m/s($F_n = 0.24$)、プロペラ回転数30RPSで計測を行なった。

5-3-2 結 果

ガード前方の流向の結果を図5.3.2に、またNo.3ガード後方の結果を図5.3.3に示す。図5.3.2から流れは、全般にややプロペラ軸心に向う流れになっており、さらにプロペラ中心高さに近い壁面より30mmの位置の方が10mmに比べプロペラ軸心に向う傾向が強いようである。図5.3.3よりガード後方の流れは舷側付近は水線にはほぼ平行な流れになっているが、船体中心に近い内側ではプロペラ軸心に向う流れが見られる。

次にガード付近はS.S.1断面の流速分布を図5.3.4に示す。この図から流速分布の形状は、ほぼ船体断面に平行になっているが、船体中心側でふくらみが出ているのはスケグの影響である。ガード付近の流速は図5.3.4からほとんど一様流速Uに近く、プロペラ吸引力の影響のためプロペラ軸心辺りで一様流速より高い流速の部分が見られる。

5-4 流木模型のプロペラ部への流入状況の観察

まず、プロペラ防護装置のない場合に、流木がどのくらいの割合でまたどのような状態でプロペラ部に流入し、プロペラに衝突するかを、8mm映画およびマルチストロボ照明で写真撮影して調べた。

8mm映画は、流木を種々の姿勢で投下して、流木のプロペラに当る頻度を確率的に調べるためにものでありマルチストロボ写真是、実際にプロペラに流木が衝突する際の挙動をより詳細に観察するために行なったものである。

5-4-1 8mm映画撮影による観察

流木はなるべく同一条件で落下するように、流木投下装置を用いて投下された。投下の姿勢は、①鉛直、②水平よこ（船の長さ方向に直角）、③水平たて（船の長さ方向）の3種類であり、船体中心線上の縁から前方約20cmの位置で、水面上8cmの高さから投下した。（図5.4.1）なお、流木投下装置は、鉛直、水平兼用のものであり、最大40本までの連続投下が可能である。

結果を表5.4.1に示す。なお、艇のトリム角は3°、プロペラ回転数は30rpsである。

表 5. 4. 1

投下方法	流木総本数	張出軸受当たり本数	張出軸受当り%セント	プロペラ当たり本数	プロペラ当り%セント
鉛直	71	10	14%	4	6%
水平よこ	55	1	2%	6	11%
水平たて	70	2	3%	3	4%

5-4-2 マルチストロボ照明写真撮影による観察

流木のプロペラ部への流入状況およびガードの防護効果をより詳細に調べるために、マルチストロボ照明写真の撮影を行なった。マルチストロボ装置は、普通型のストロボを8個組合せたものであり、流木がプロペラ部へ流入するのにあわせて手動で連続発光させたものである。したがって、発光時間間隔は厳密には等間隔ではない。撮影の概略配置図を図5.4.2に示す。

流木の投下方式は、なるべく数多くプロペラ部に流入するように、船付近で位置を加減しながら鉛直の姿勢で投下した。図5.4.3～図5.4.6にスライド写真を参考にして作ったプロペラ部への流木の流入状況図を示す。図中、(a)は右舷側よりみたものであり、(b)は下方からみたものである。この場合図の上方が右舷側となる。

5-5 流木模型放流によるプロペラ防護装置の効果の確認

プロペラ防護装置なしの場合の実験に引きつづき、各種プロペラ防護装置を装備した場合についての流木の流入状況、防護装置の効果を調べるために、4節と同様に8mm映画およびマルチストロボ照明写真を撮影した。実験は、まず最初に計画されたNo.1～No.3ガードについて行ない、その結果を考慮して、新たにNo.2ガードの改良型としてNo.4ガードを設計し、これについて同様な観測を実施した。流木の投下方法および撮影方式は、前節におけるものと同一である。なお、No.1ガードについては、他のガードと取付位置が異なり、またガードとしてのねらいも別であるので、No.3ガードと組合せて同時に実験した。

5-5-1 8mm映画撮影による観察

実験の結果を表5.5.1に示す。また、スライド写真を参考にして作ったプロペラ部への流木の流入状況のスケッチを図5.5.1～図5.5.12に示す。なおNo.1～No.3ガードの場合には、ドリムは1/4負荷の時の実艇実積の平均約1°船尾で行ない、No.4ガードについては、4/4負荷時の平均約3°船尾で行なった。流速は1.5m/sec ($F_n = 0.391$)、回転数は30RPSである。

表 5.5.1

ガード	投下姿勢	流木総本数	ガード当り本数	ガード当り%	ガードひとつかかり本数	ガードひとつかかり%	プロペラ当り本数	プロペラ当たり本数%
No.1 + No.3	鉛直	45	8	18%	2	4%	1	2%
	水平よこ	109	22	21%	3	3%	2	2%
	水平たて	65	5	8%	1	2%	0	0
	計	219	35	16%	6	3%	3	1.4%
No.2	鉛直	57	10	18%	0	0	1	2%
	水平よこ	104	8	8%	0	0	0	0
	水平たて	58	6	10%	1	2%	1	2%
	計	219	24	11%	1	0	2	1%
No.4	鉛直	62	9	15%	0	0	2	3%
	水平よこ	63	8	13%	0	0	0	0
	水平たて	75	6	8%	0	0	0	0
	計	200	23	12%	0	0	2	1%

5-5-2 マルチストロボ照明写真撮影による観察

プロペラ防護装置をつけた場合についてのマルチストロボ照明写真の撮影を行なった。実験は、流速 1m/sec 、船尾トリム 3° 、プロペラ回転数 30rps で行なった。スライド写真より解説した、流木流入状況図を、図 5-5-1～図 5-5-12 に示す。

5-6 考 察

- (1) 油膜法により模型船全長にわたる限界流線を、また 5 孔管およびタフトによって船体近傍の流向流速をそれぞれ測定したが、船型から予想されるように、流線は船体の長さ方向にはほぼ平行であり底面にもほぼ平行な流れになっている。プロペラのごく近傍ではプロペラ縮流の影響を受けて、流線がプロペラの軸方向へ多少曲がっている。また船体中心面付近ではスケグの影響をうけて多少中心よりの流線が見られる。
- (2) (1)からプロペラ防護装置のフレーム断面を流線形とし、かつその方向を流線に平行になるように配置してやることにより、抵抗増加を最小限に押えてプロペラを防護することが可能である。
- (3) 全体的な流線の傾向より見て、プロペラ面の正面前方より流入した流木のみがプロペラ部に流入し、横方向または深さ方向にはずれた位置より流れてきた流木が、プロペラ近傍で縮流でプロペラに吸い込まれて衝突するという現象は認められなかった。
- (4) No.1 プロペラガードは、シャフト プラケットの前方に配置され、プロペラ正面の船底に沿って流れてくる流木を下方にはじいて、プロペラ部へ流入するのをさけるねらいで設計されたものである。実際にはこの効果は小さく、このカーボンに当った流木でもプロペラ部へ流入する場合が多い。防護効果は以下述べる No.2 ないし No.4 のカーボンに比べて最も劣った。
- (5) No.2 カーボンについては、その防護効果は極めて大きい。ガードの深さがプロペラ面下端より浅いためプロペラ面下部に流木が衝突することが懸念されたが、本実験では、プロペラ円下部に直接流入するような深い位置になる流木は殆んどなく、流木は No.2 ガードおよびその後方に位置するシャフト プラケットのフィンの部分が二段階で排除した。
ただし、このカーボンは深さ方向には多少の後退角がつけられているが、横方向にはついておらず、そのため流木がガードにひっかかるまま停留する場合があることが判明した。停留した流木が時にガードの間を抜けて流れプロペラに衝突する危険がある。
- (6) No.3 ガードは、No.2 ガードとほぼ相似形であるが、No.2 の大きさの不足を補う意味で、ほぼプロペラ全体をカバーするように設計されたものである。ガードとしての効果は、No.2 と同様非常に大きいが、流木がひっかかる機会が No.2 よりも当然大きく、実用上はかなり問題があると思われた。
- (7) 上記の流木がしばしばガードにひっかかるという欠点を除くために、No.2 の改良型として No.4 を設計した。このガードは No.2 のガードをさらに舷外方向にも、後退角をもつよう改良したものであり、ガード効果は No.2 と同等で、しかもガードに流木がひっかかる欠点が完全に解消し、4 種のガードの中で最も優れている。ただし、このガードでもロープ・布地・ビニールシートなどがガードにまつわりつく可能性はまだ残る。これらのものが多量にガードにまつわりついてプロペラの作動を妨害し、また後に流されてプロペラにもまつわりつく危険が考えられる。こうした実用上の問題点は実艇用に設計する際に考慮を払い解決していく必要がある。
- (8) トリム、船速、プロペラ回転数を変えて流木を流す実験を行なったが、これらが流木のプロペラに向う流れに及ぼす影響は小さく、前述の各種防護装置の効果に関して、今回の実験の範囲内では船速、トリム、回転数に関係なく成立するものと考える。

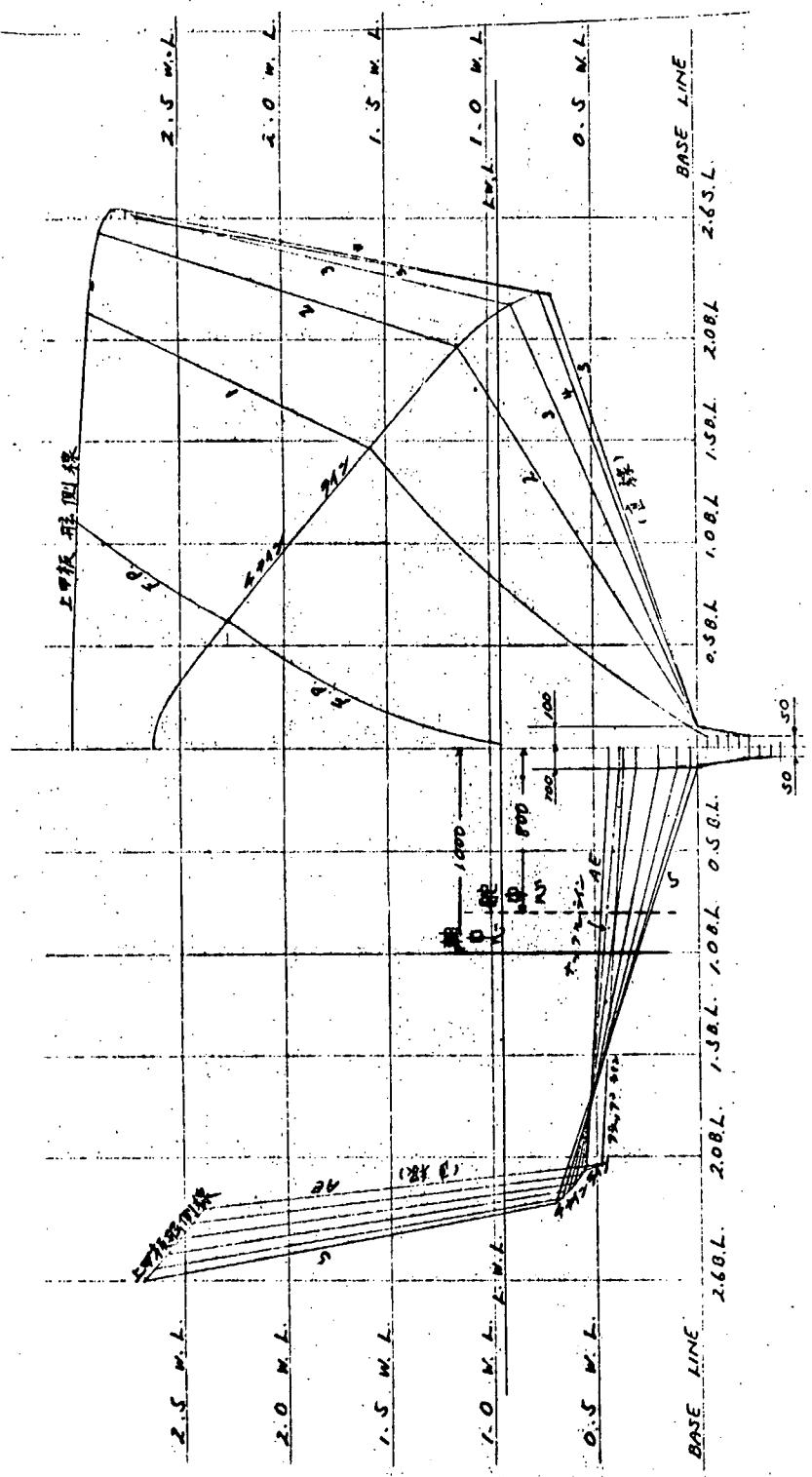


図 5.1.1 (a) body plan

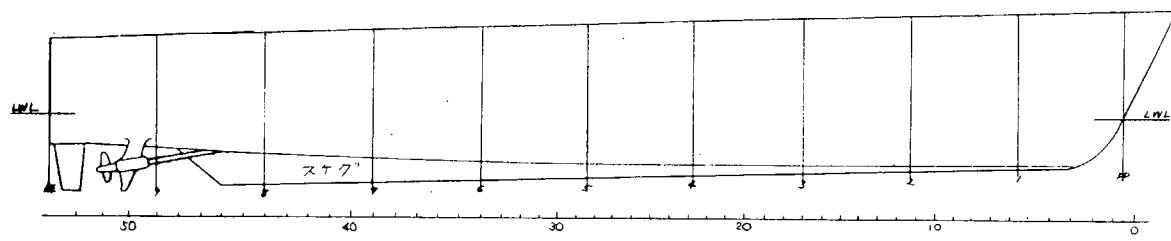


図 5.1.1 (b) プロファイル

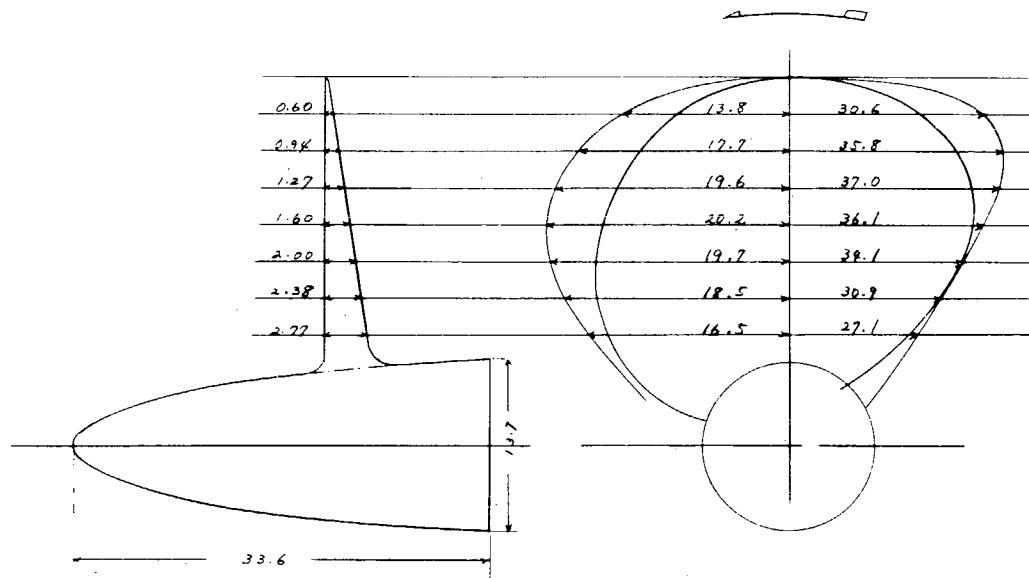


図 5.1.2 模型プロペラ

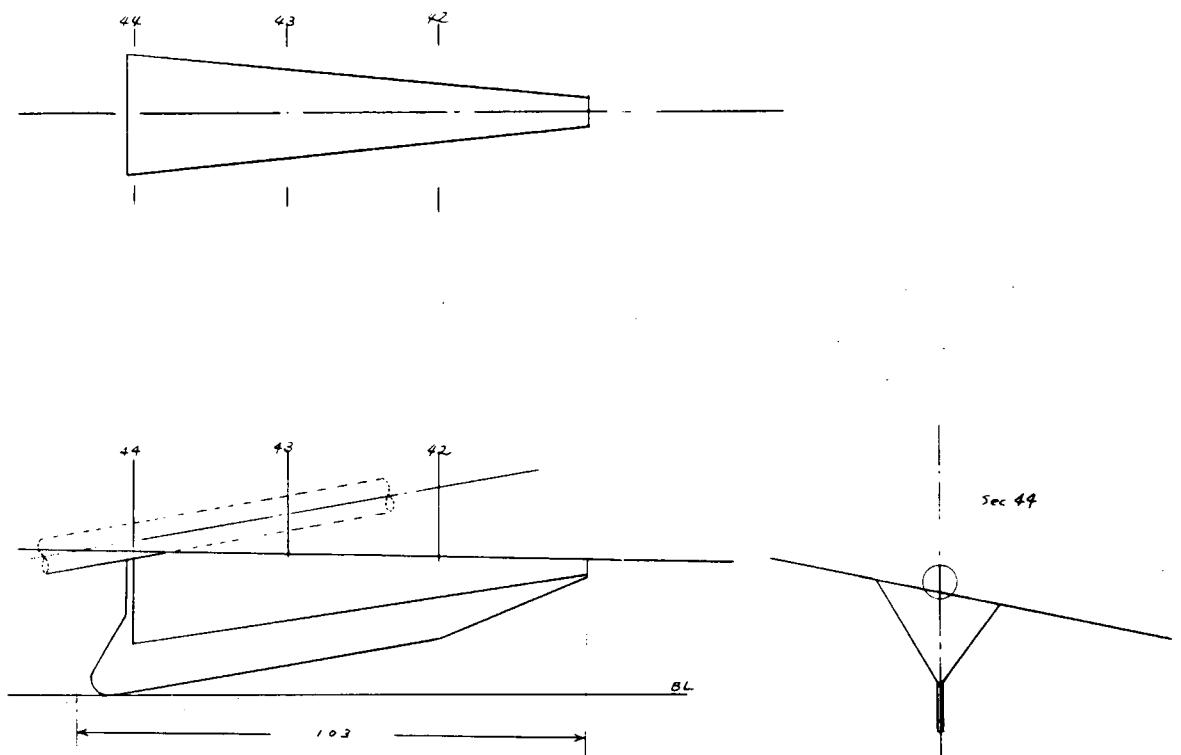


図 5.1.8 No.1 プロプラガード

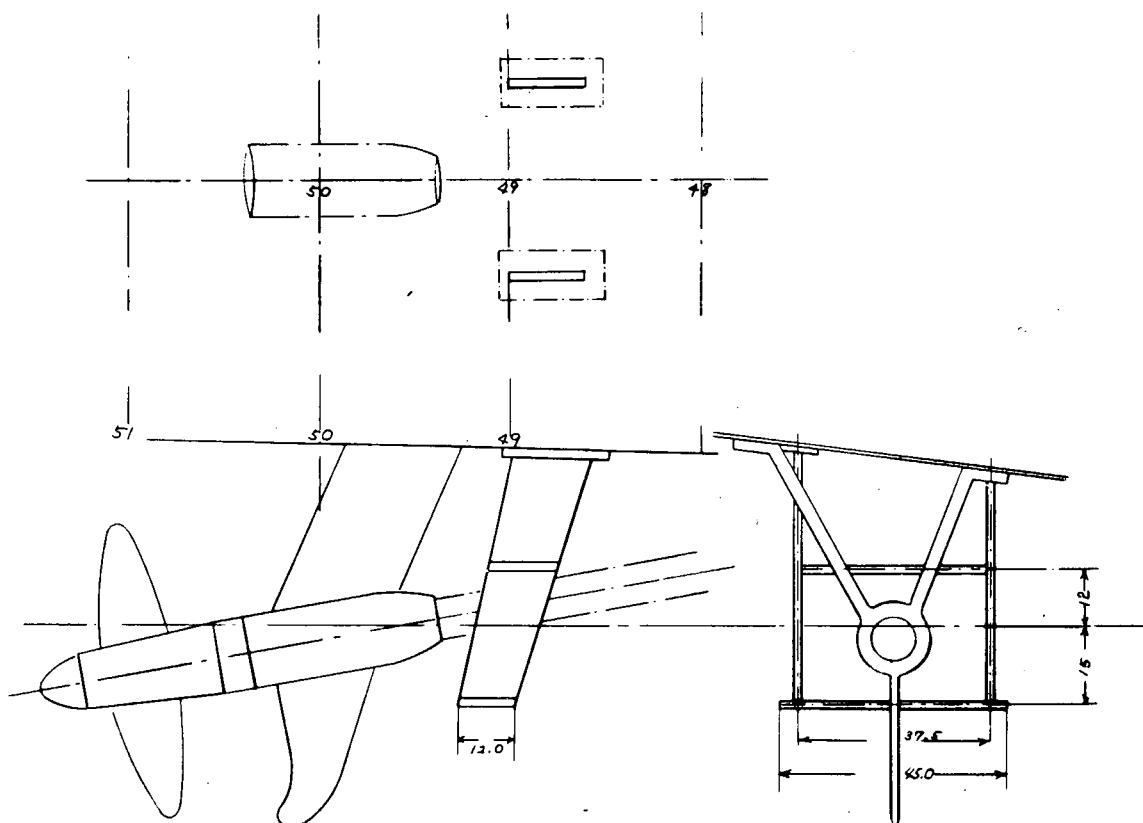


図 5.1.4 No.2 プロプラガード

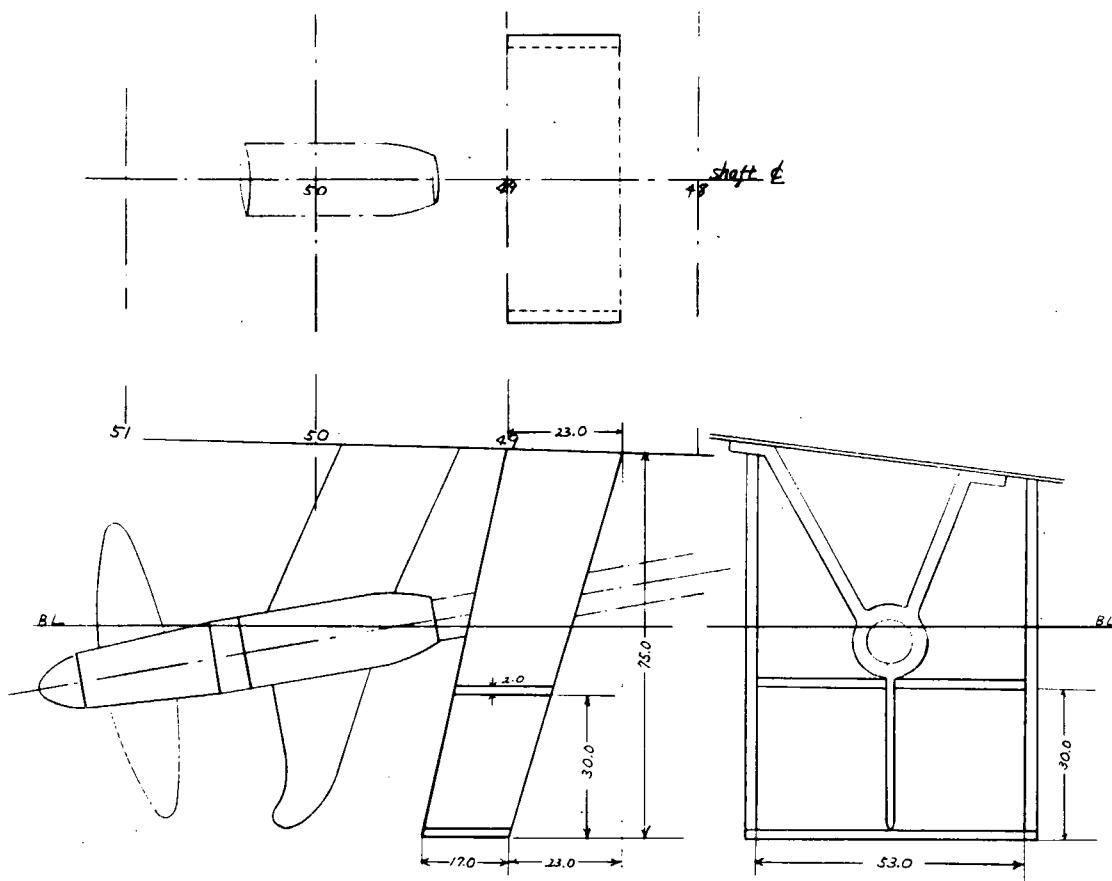


図 5.1.5 №3 プロプラガード

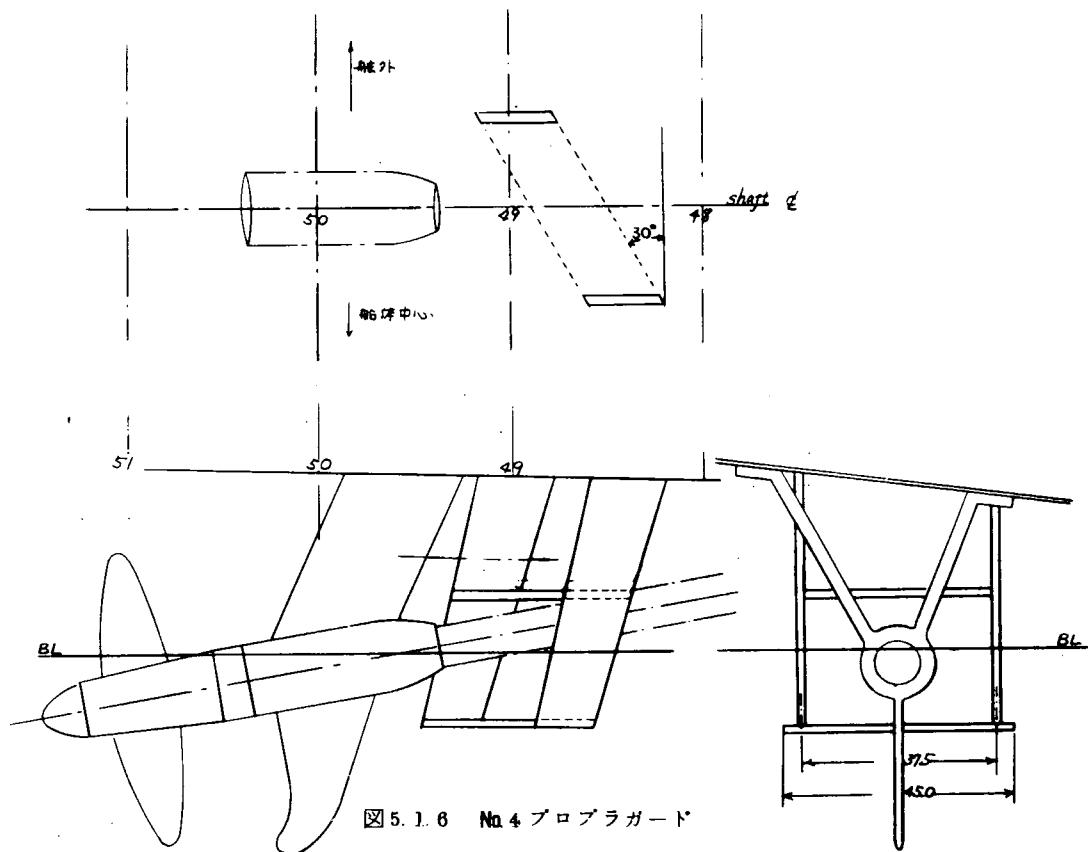


図 5.1.6 №4 プロプラガード

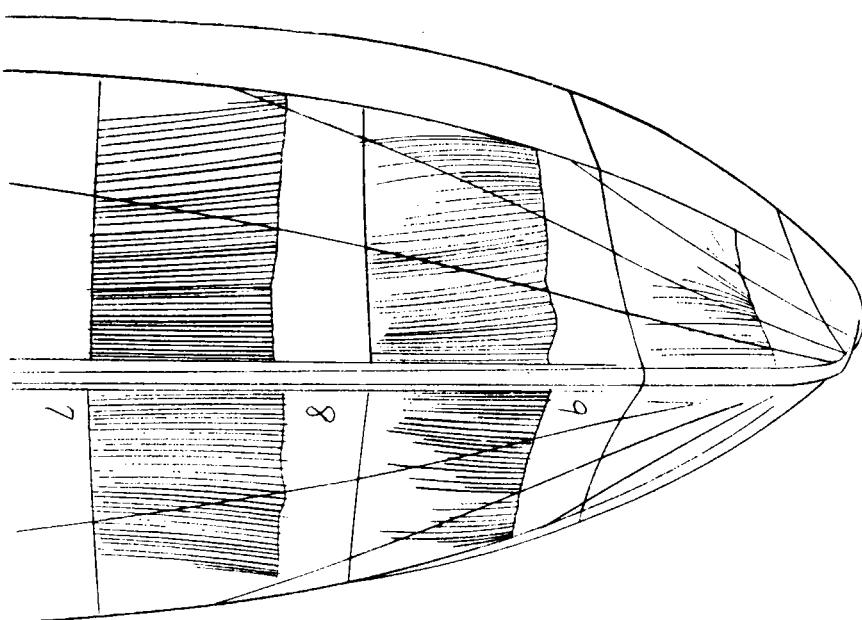


図5.2.1 船首部底面

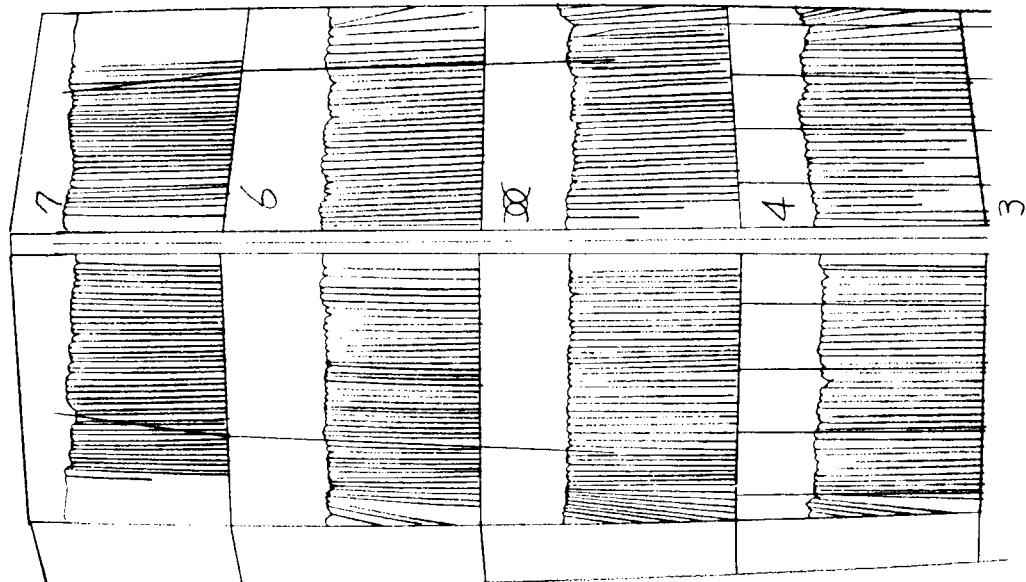


図5.2.2 中央部底面

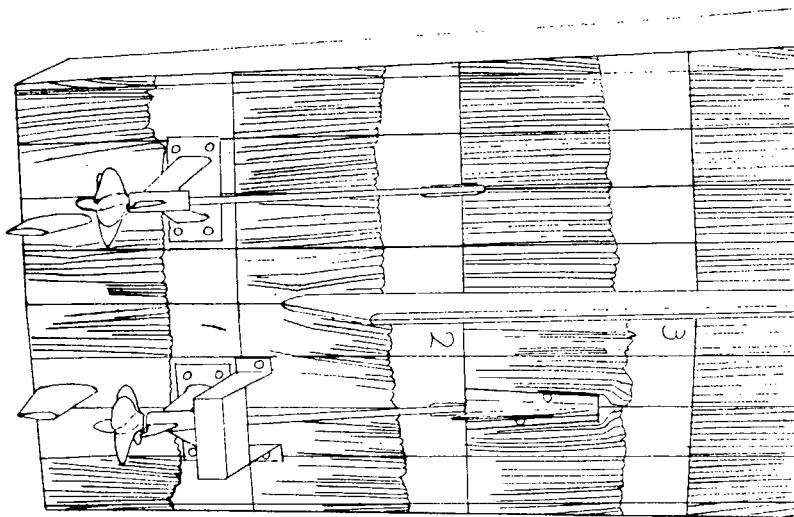


図5.2.3 船尾部底面

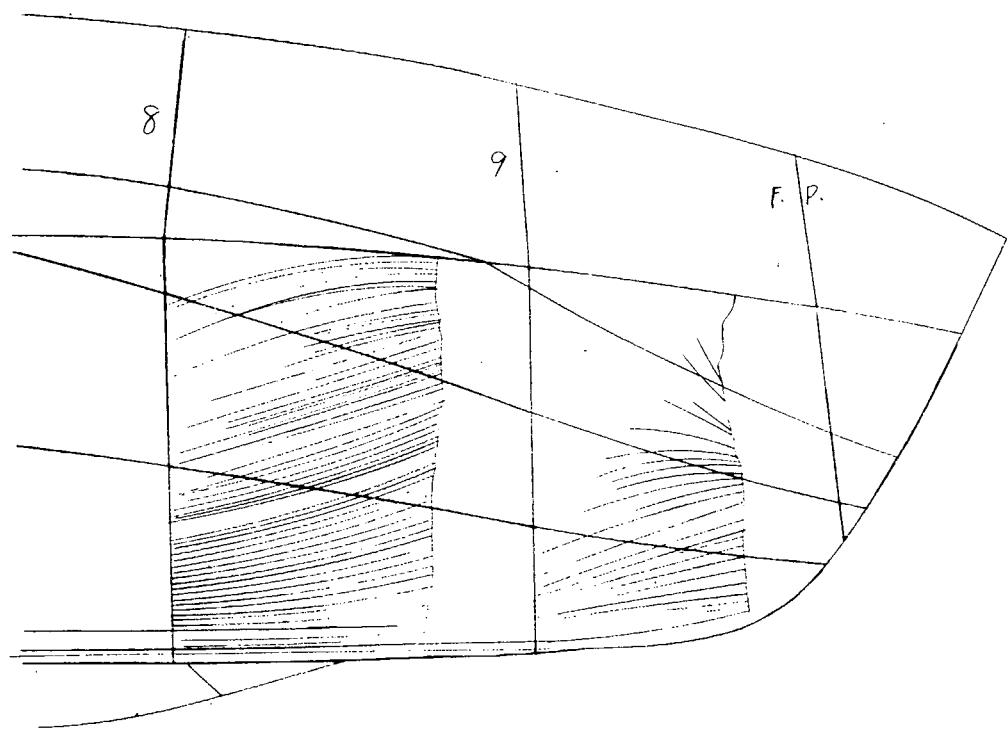


図5.2.4 船首部測面

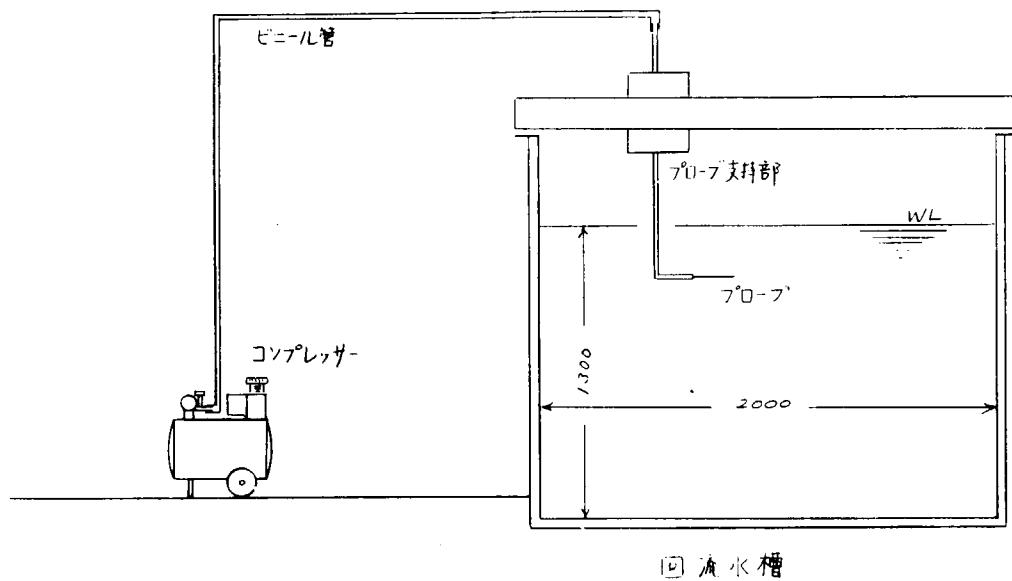


図 5.2.5 気泡発生装置概略図

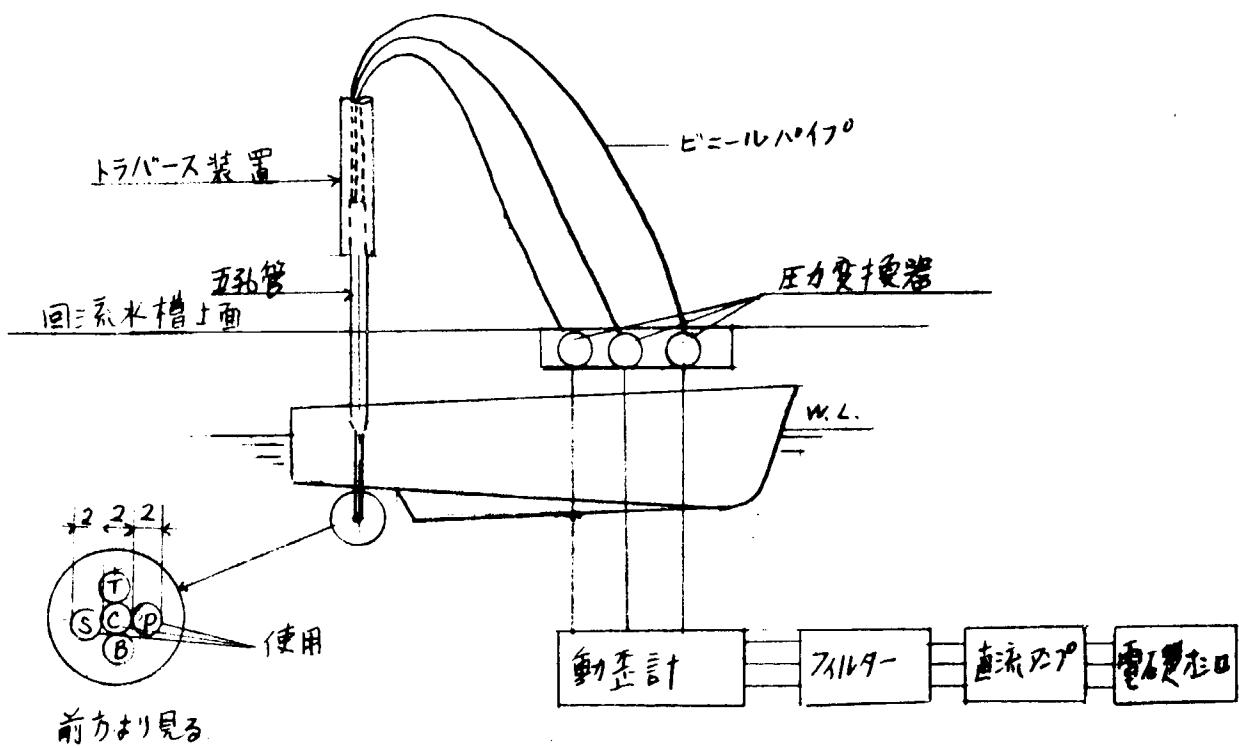


図 5.3.1 流速分布計測の概略図

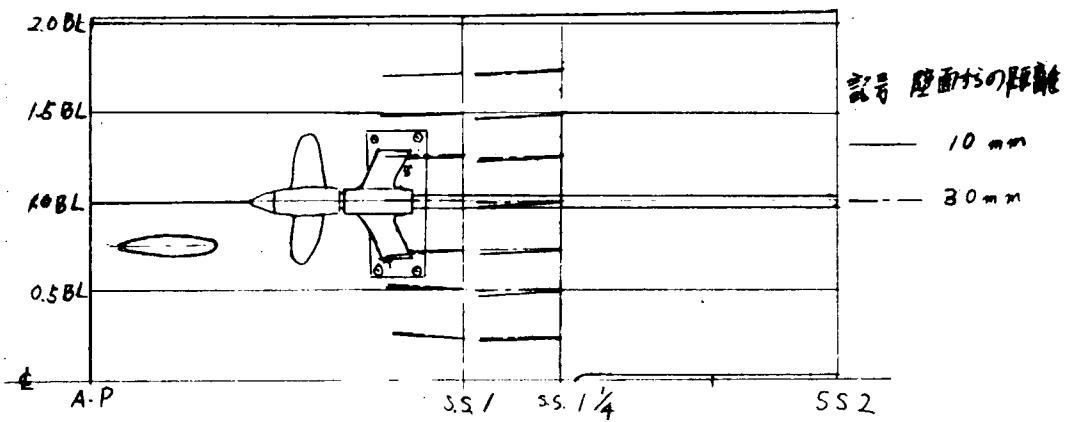


図 5.3.2 ガード取付位置付近の流向

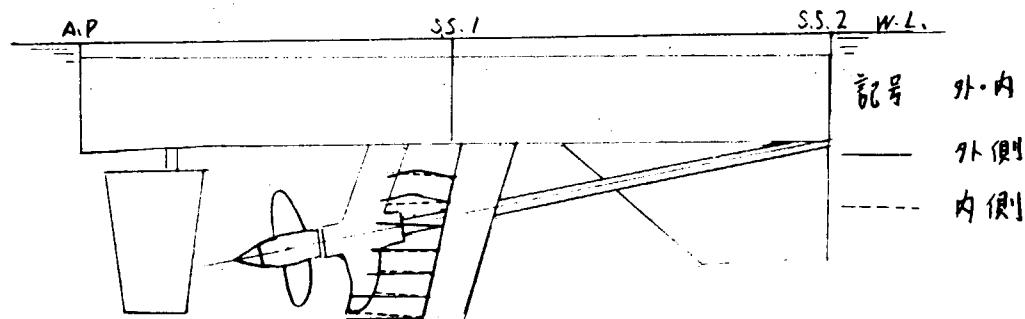


図 5.3.3 №3 ガード後方の流向

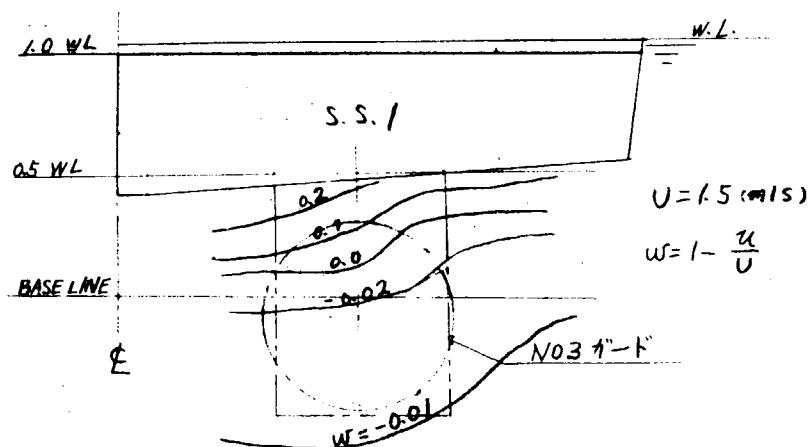


図 5.3.4 ガード付近の流速分布(ガードなしの場合)

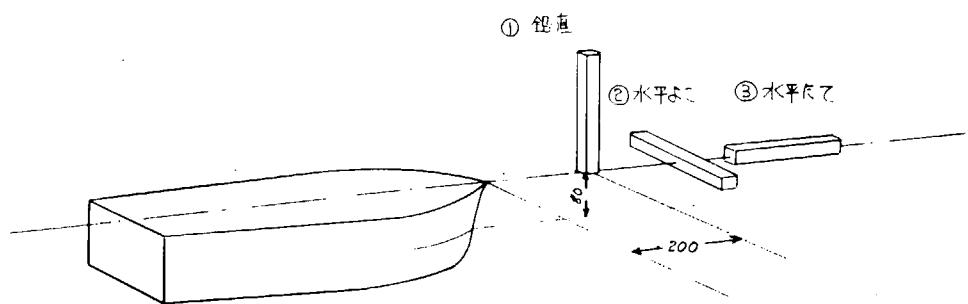


図 5.4.1 流木投下姿勢

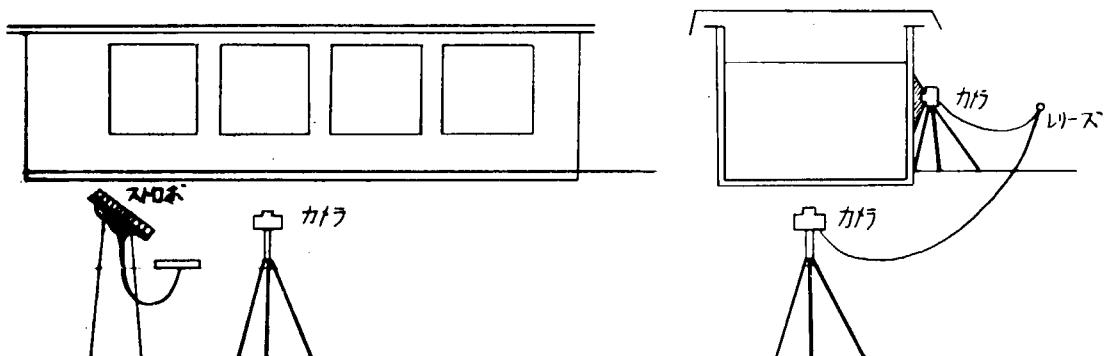


図 5.4.2 マルチストロボ撮影配置図

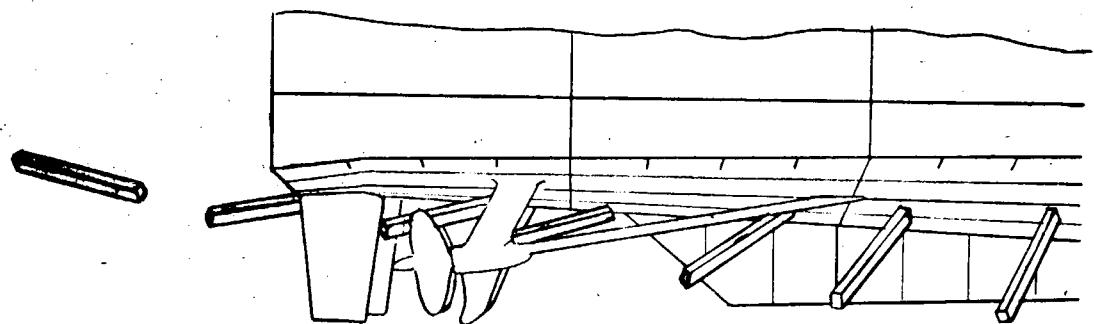


図 5.4.8 (a)

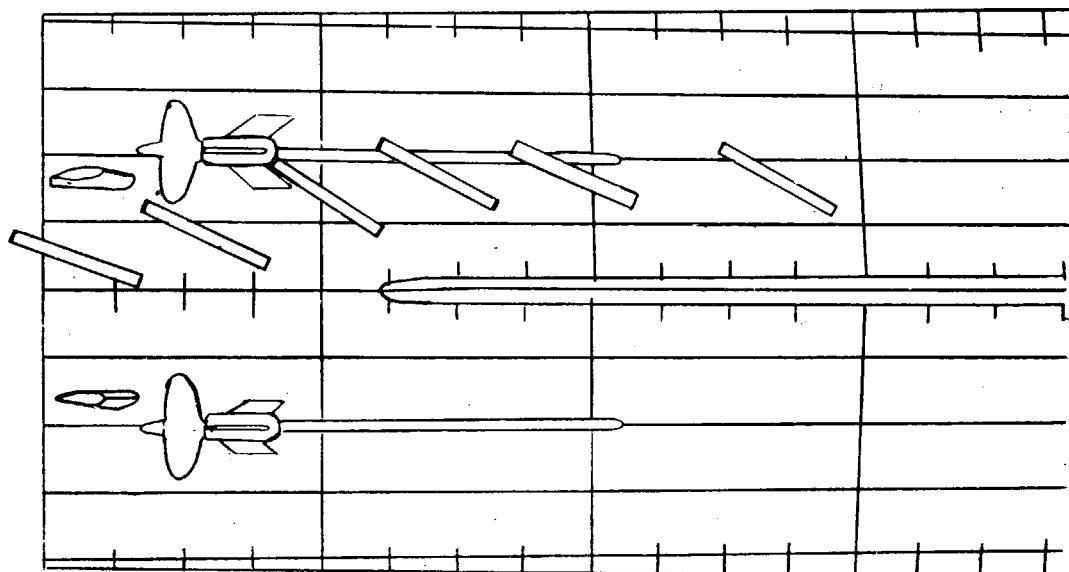


図 5.4.3 (b)

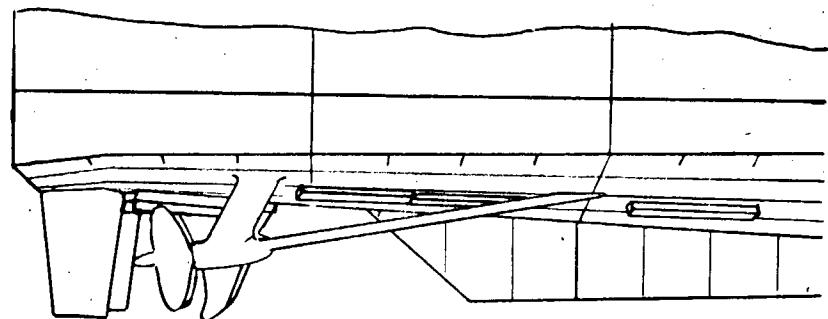


図 5. 4. 4 (a)

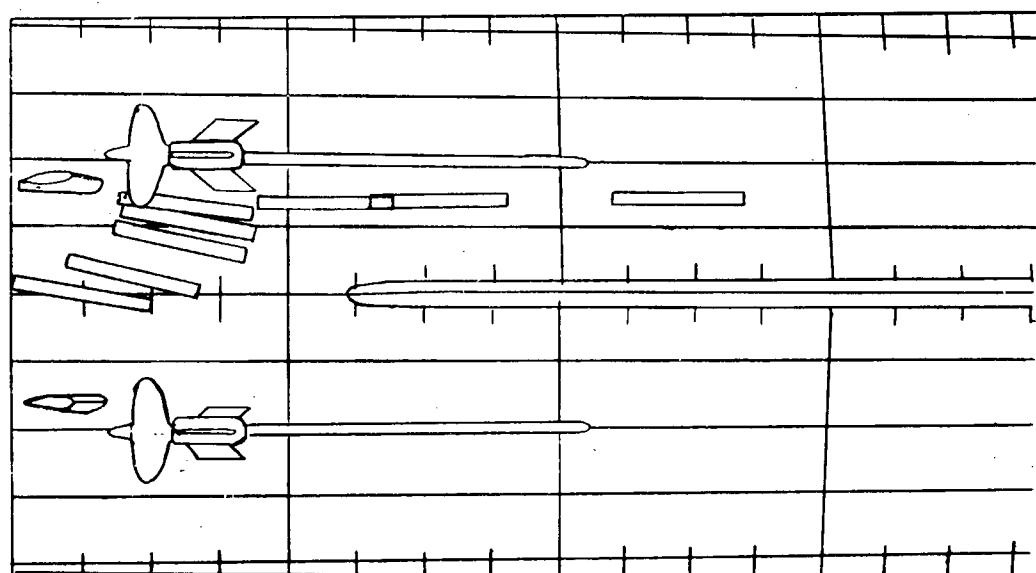


図 5. 4. 4 (b)

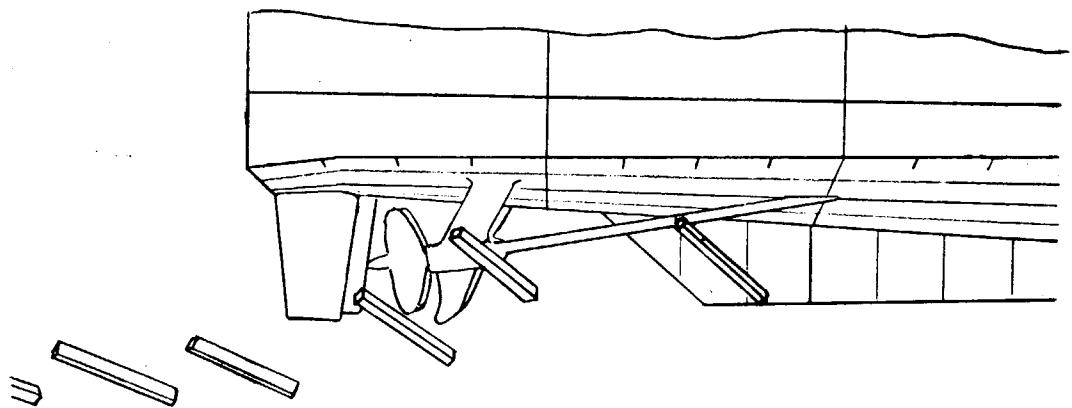


図 5.4.5 (a)

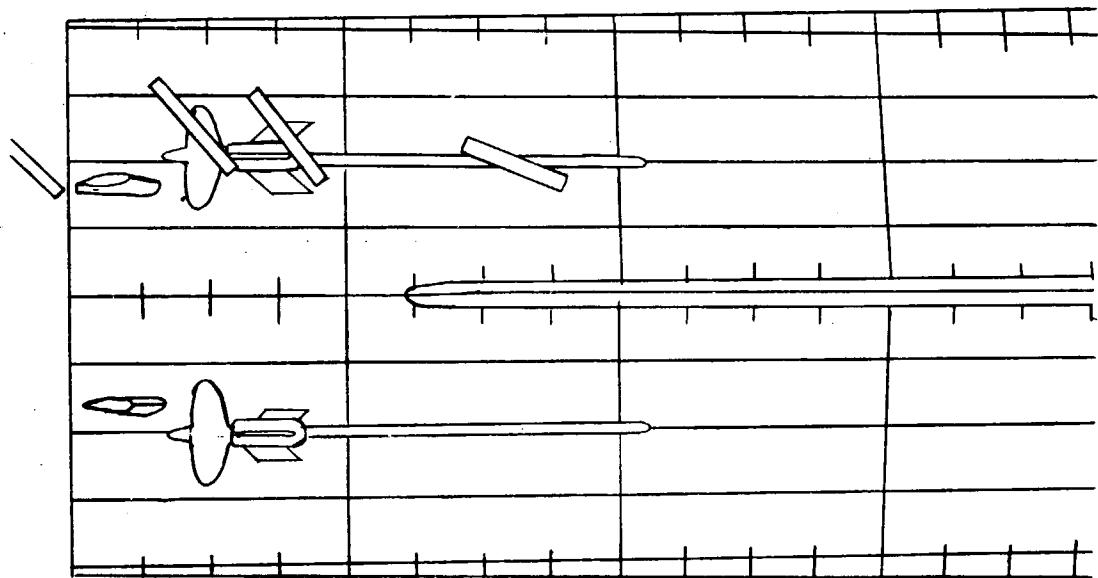


図 5.4.5 (b)

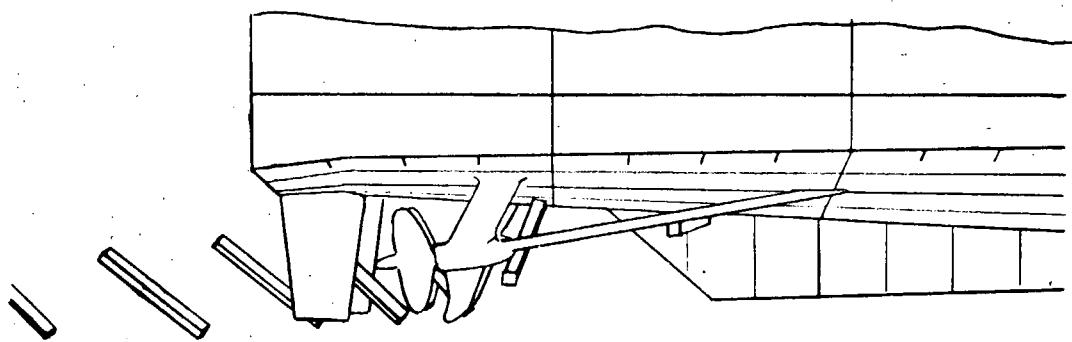


図 5. 4. 6 (a)

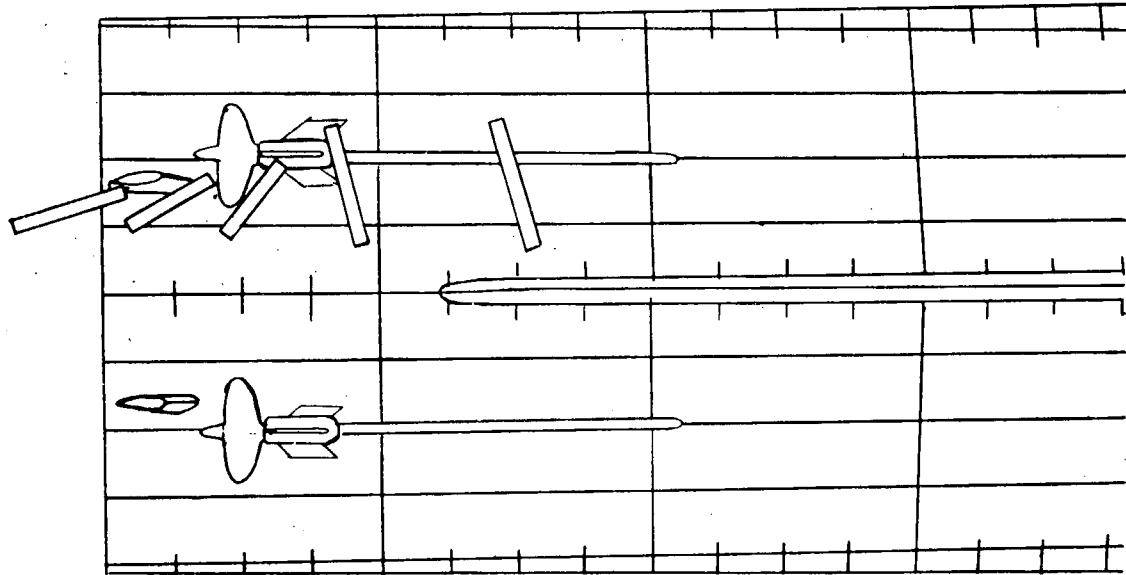


図 5. 4. 6 (b)

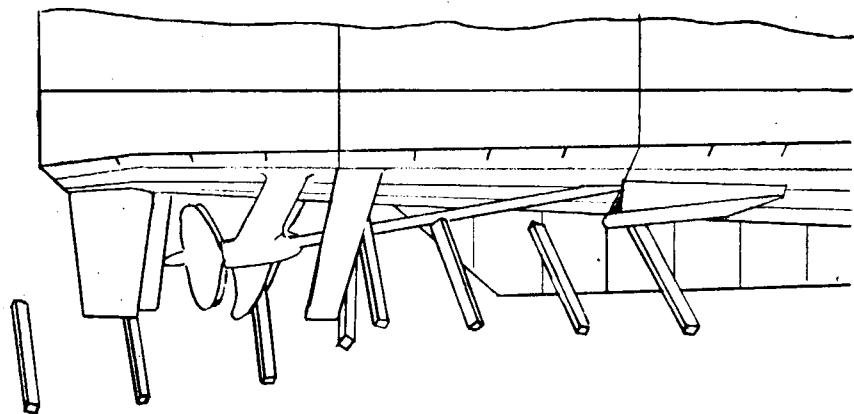


図 5.5.1 (a)

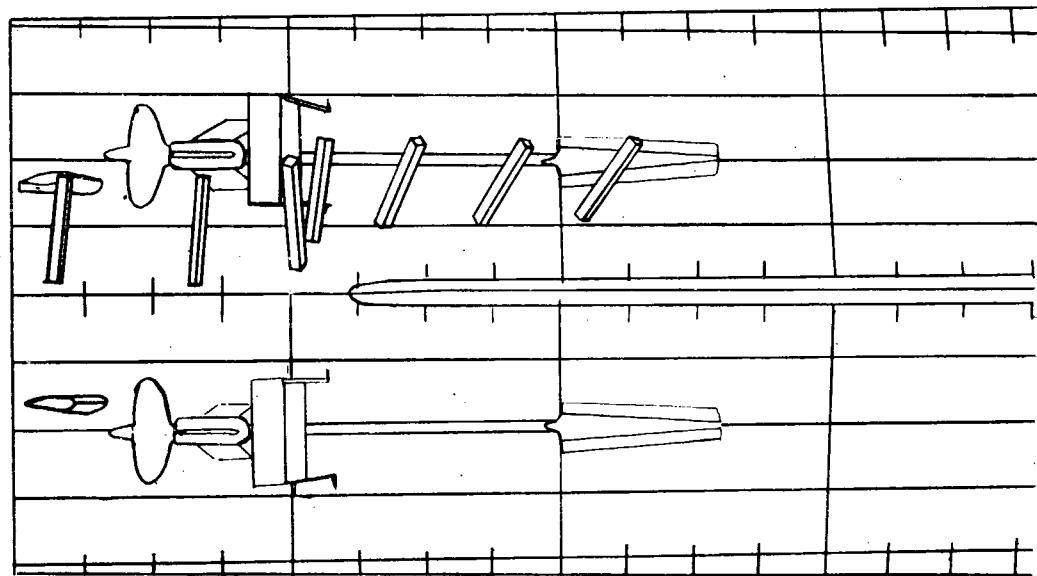


図 5.5.1 (b)

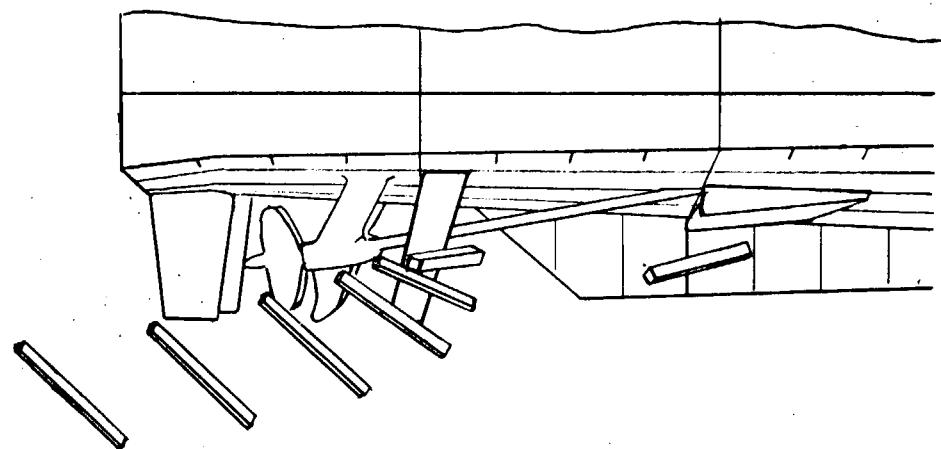


図 5.5.2 (a)

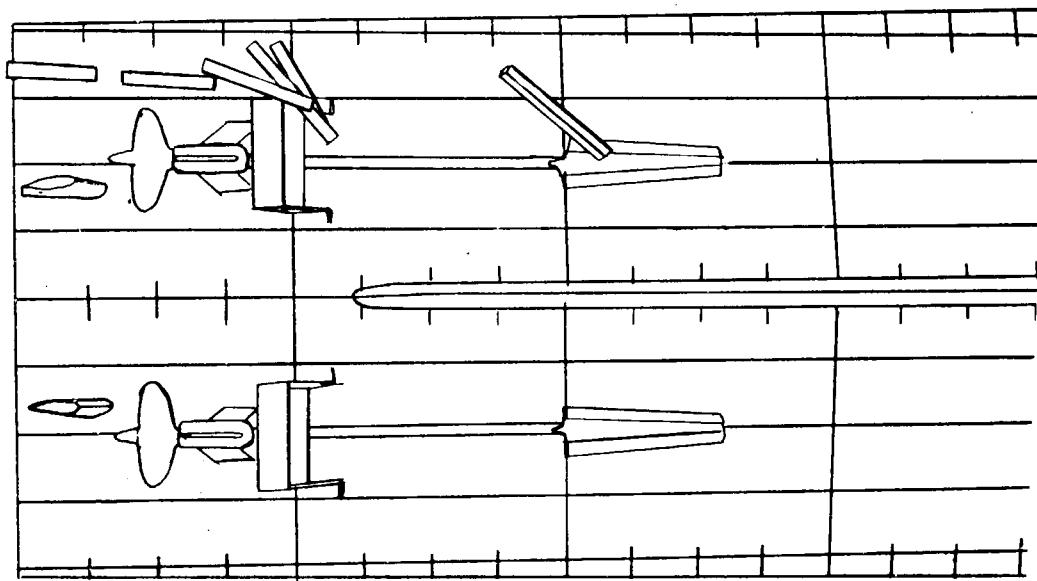


図 5.5.2 (b)

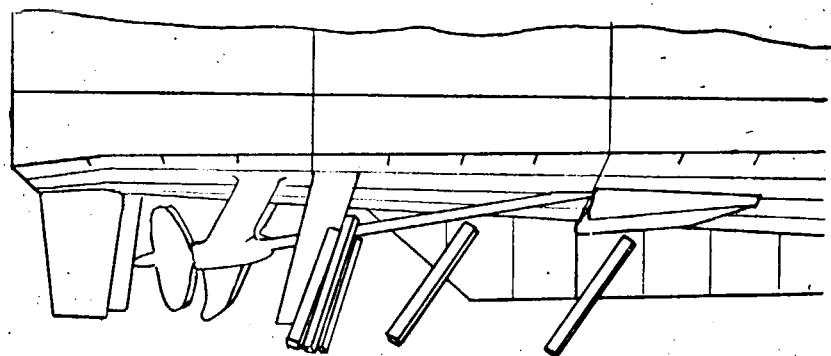


図 5.5.3 (a)

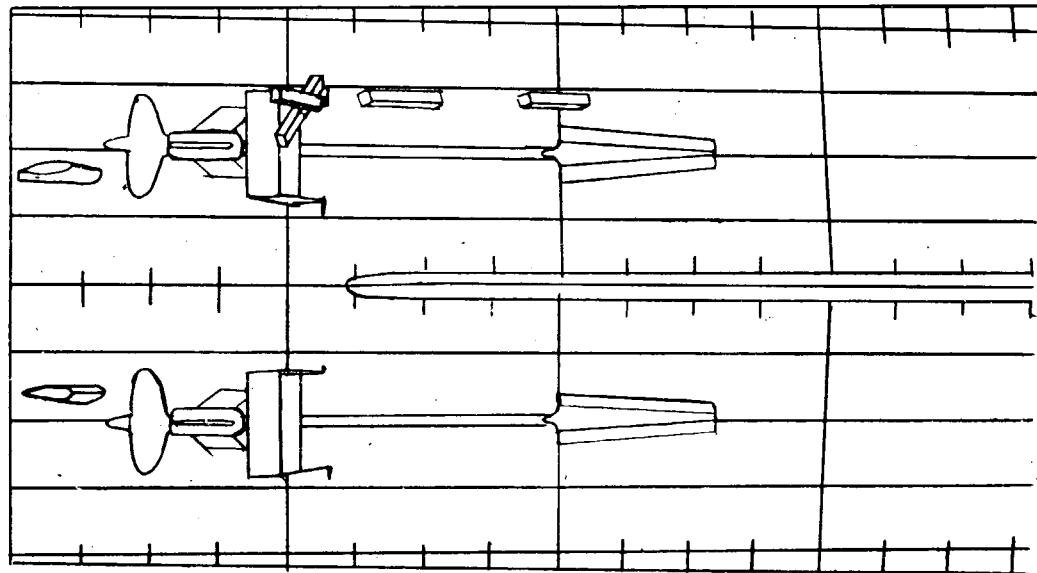


図 5.5.3 (b)

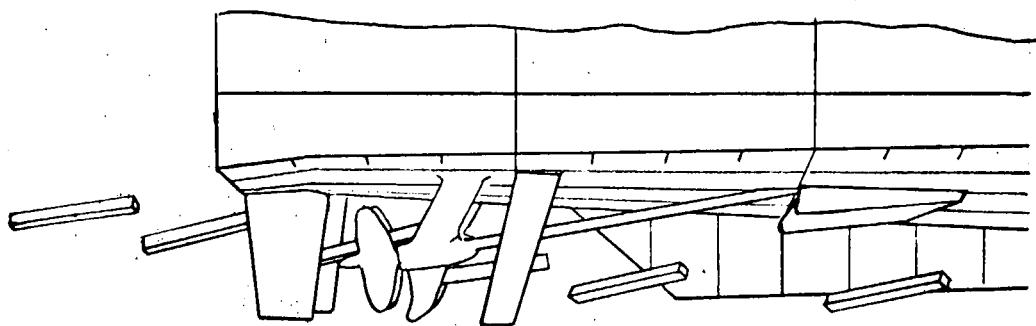


図 5.5.4 (a)

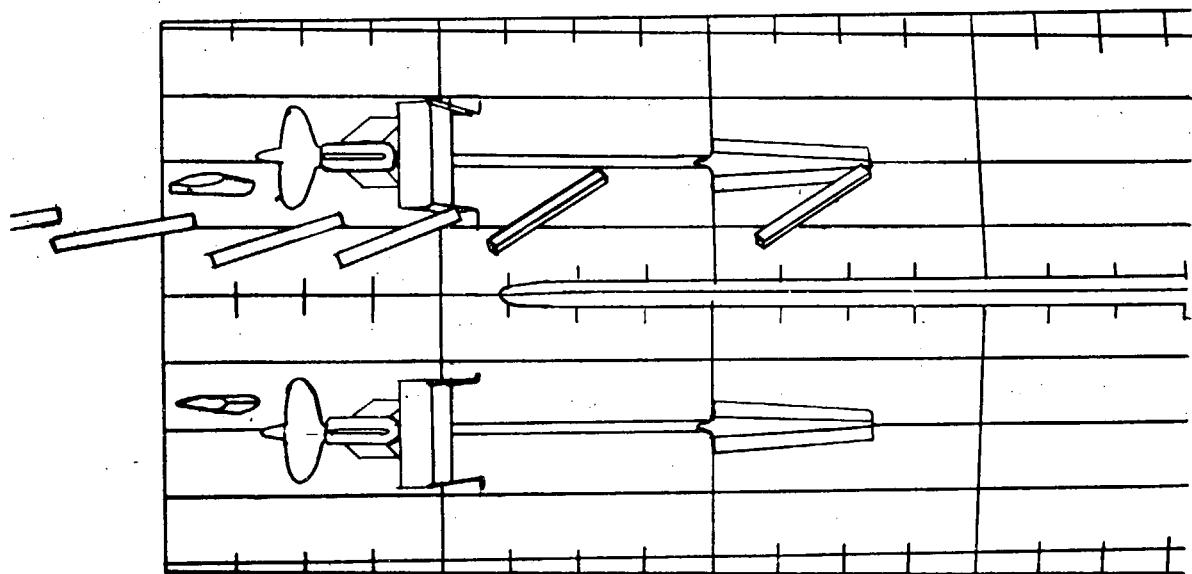


図 5.5.4 (b)

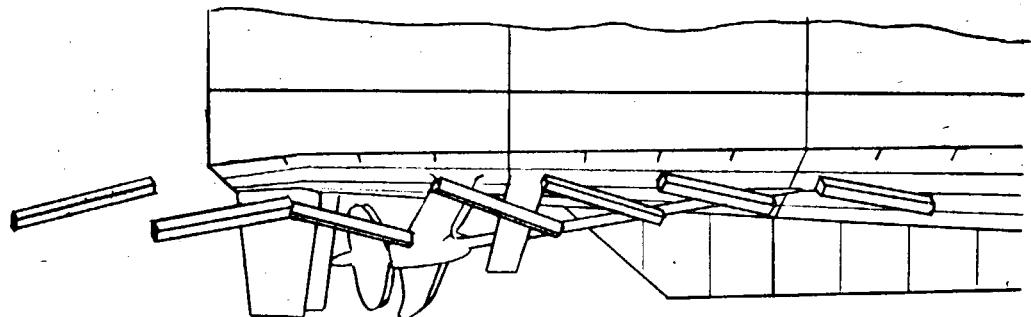


図 5.5.5 (a)

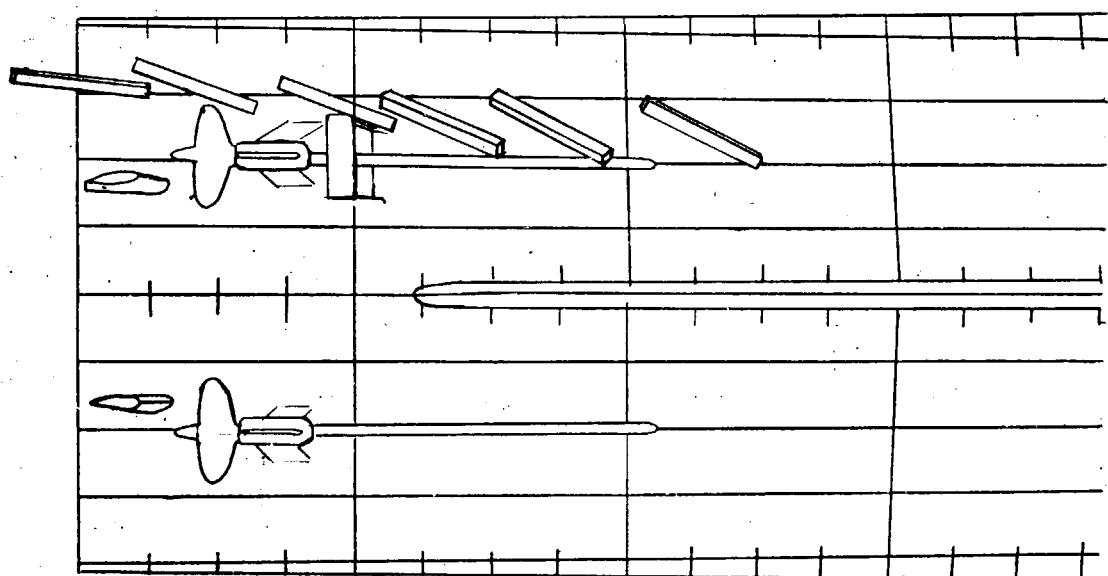


図 5.5.5 (b)

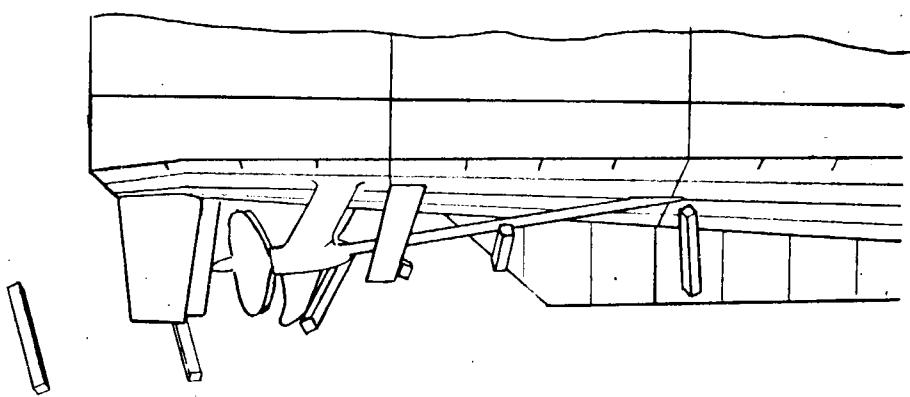


図 5.5.6 (a)

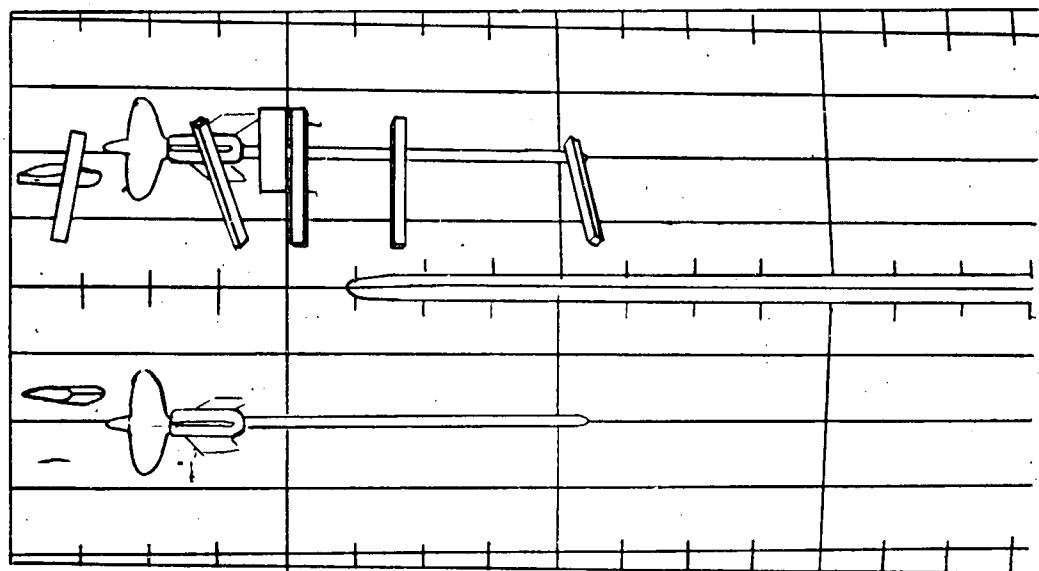


図 5.5.6 (b)

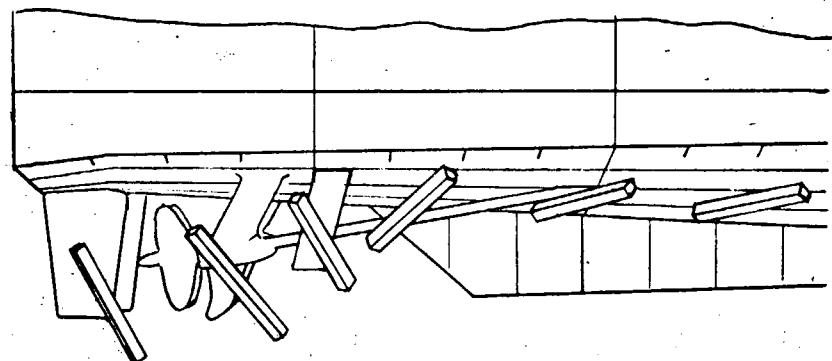


図 5.5.7 (a)

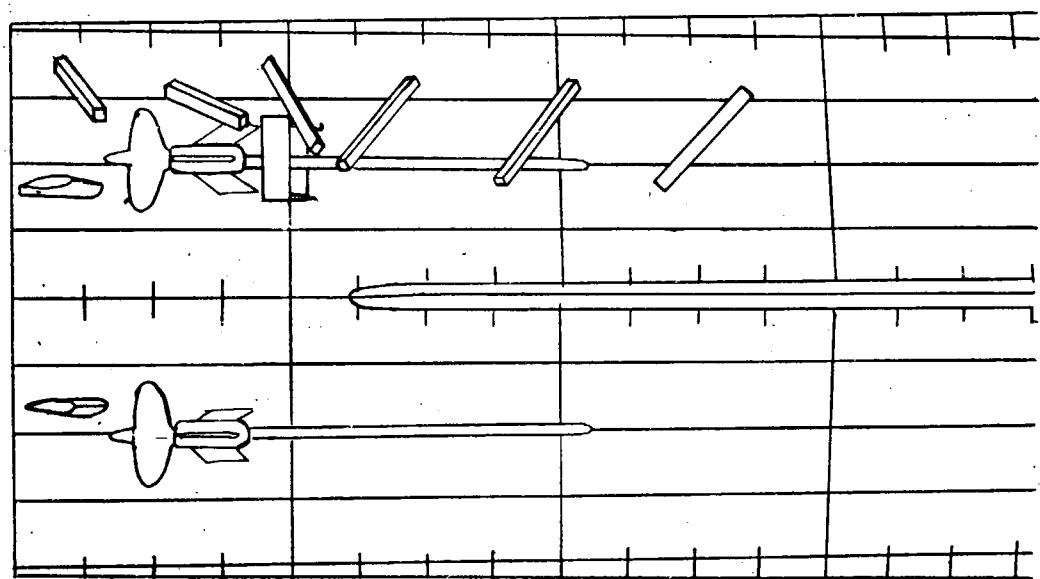


図 5.5.7 (b)

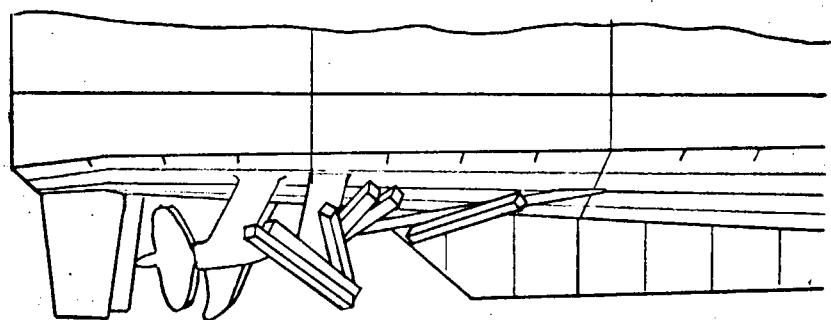


図 5.5.8 (a)

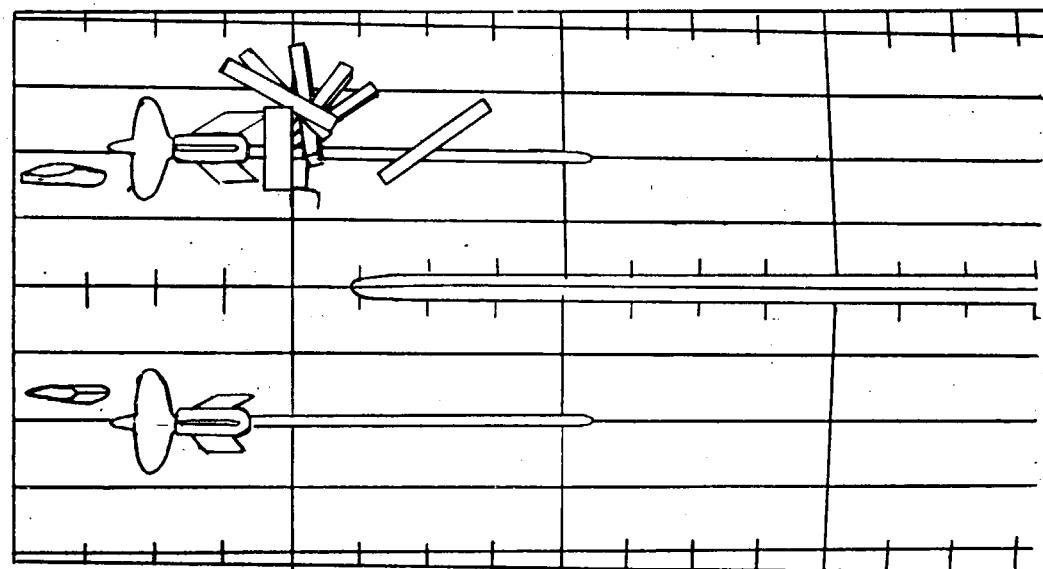


図 5.5.8 (b)

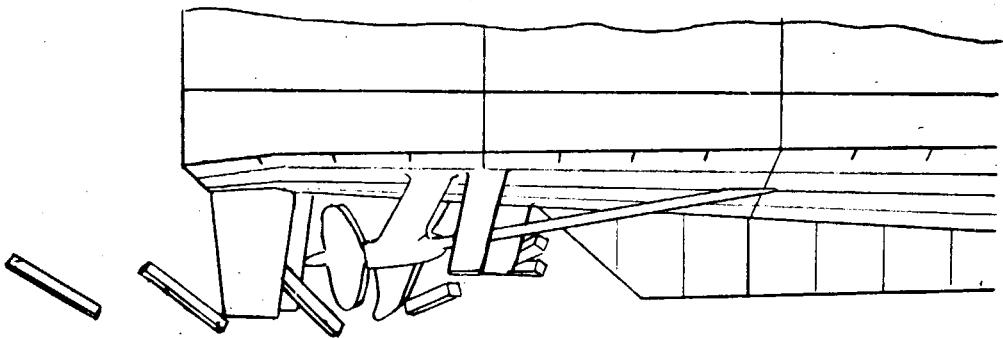


図 5.5.9 (a)

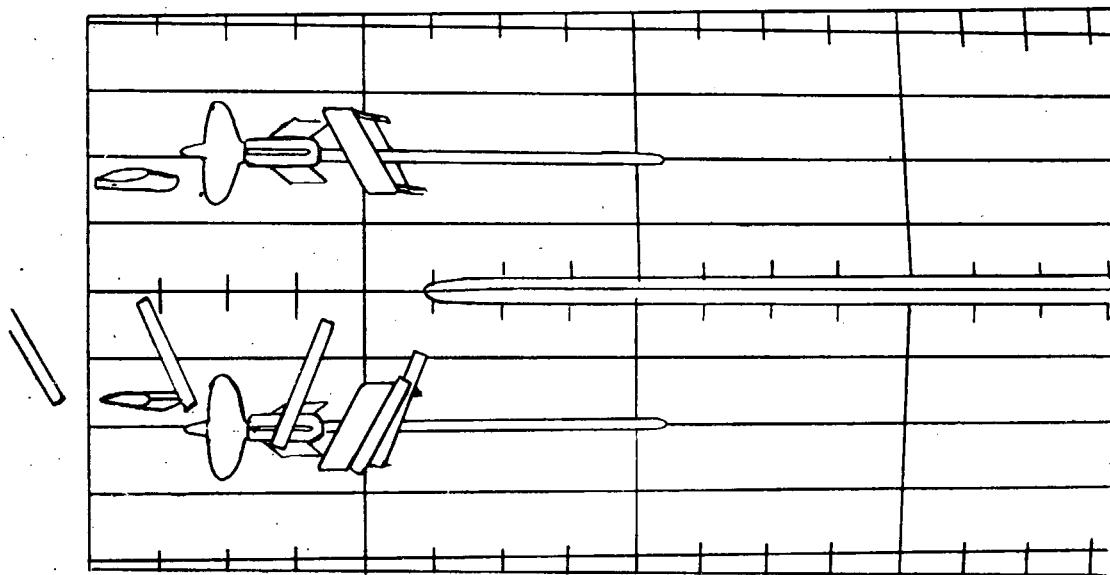


図 5.5.9 (b)

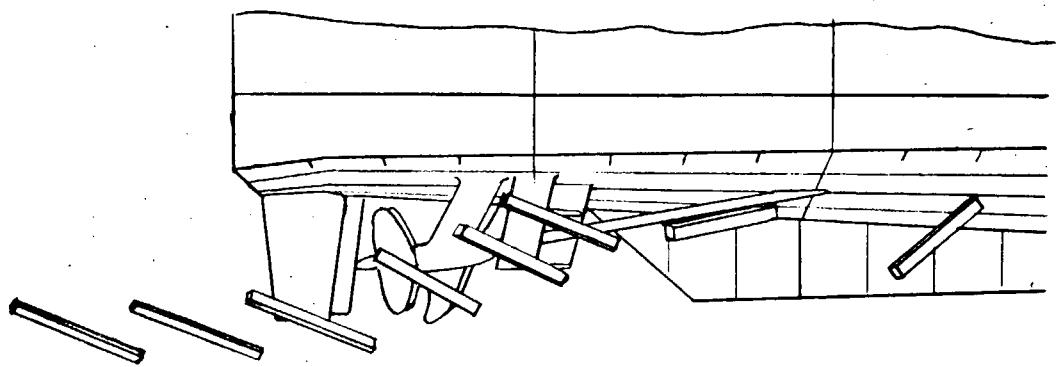


図 5.5.10 (a)

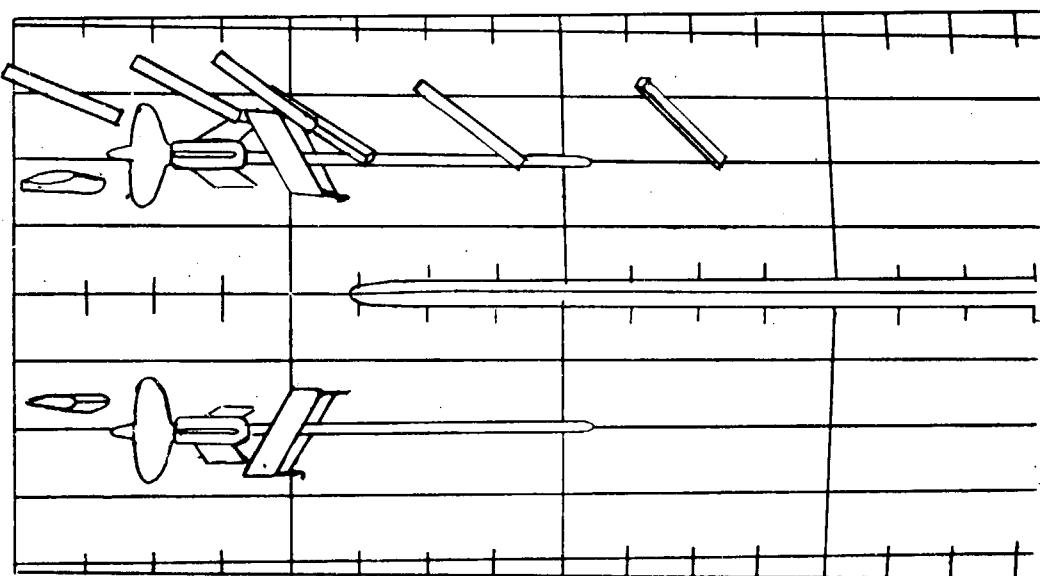


図 5.5.10 (b)

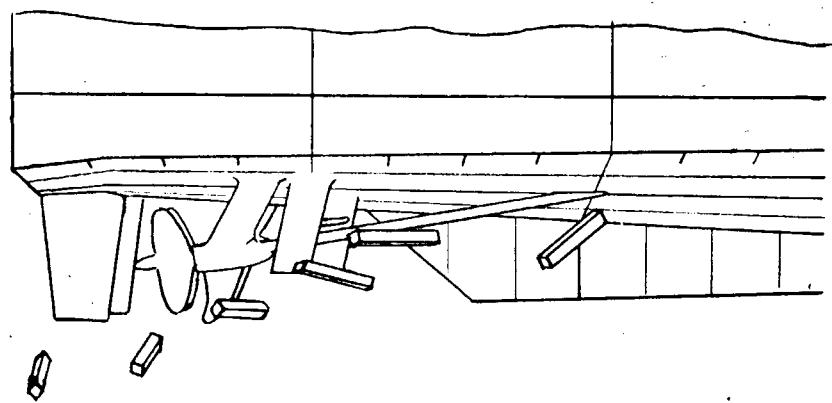


図 5.5.11 (a)

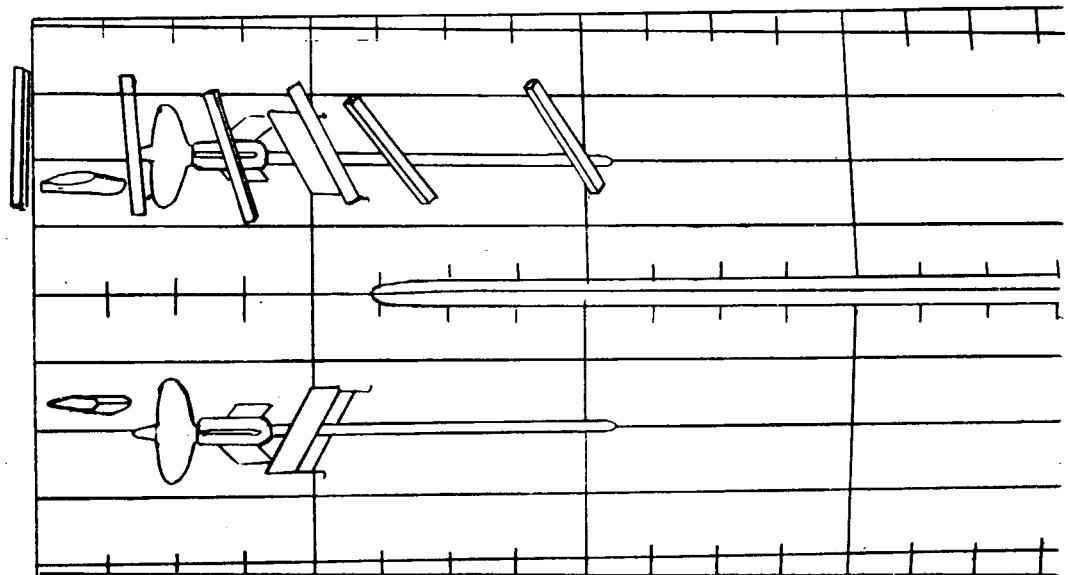


図 5.5.11 (b)

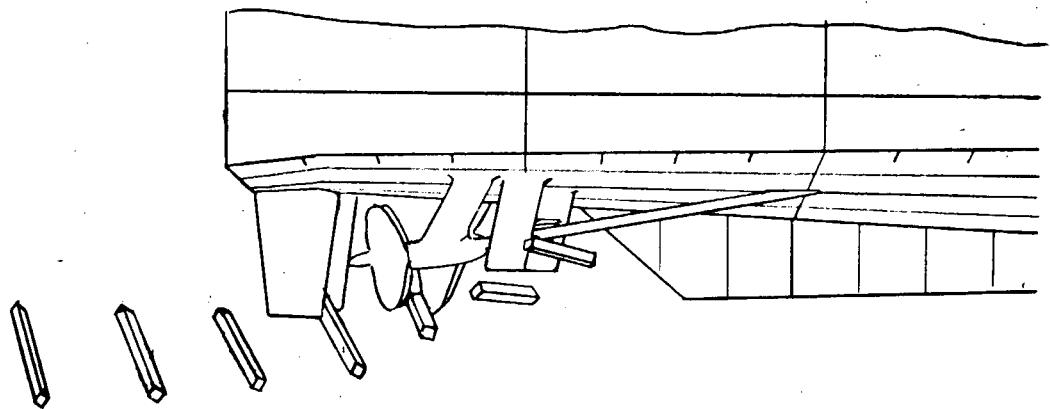


図 5.5.12 (a)

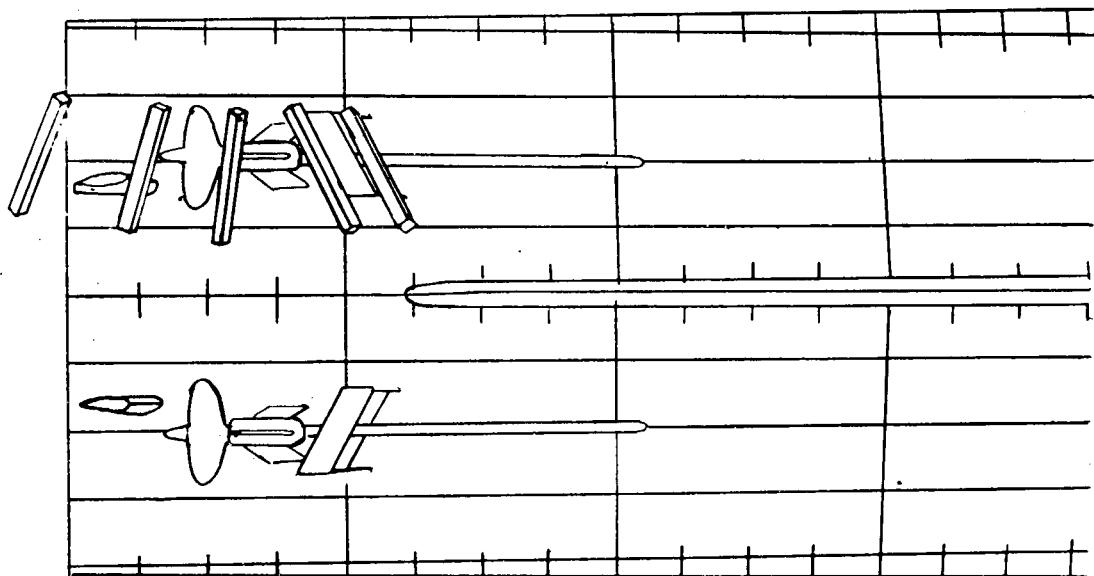


図 5.5.12 (b)

§ 6 総合考察

2ヶ年計画の第1年度として行なわれた1軸艇と2軸艇の研究結果を総合して考察すると以下のようになる。

- (1) プロペラ損傷の原因が流木またはそれに類似の物体が衝突するものと想定し、模型実験によってこの確認を行なった。使用した艇の種類は13.5m型1軸交通艇、および23m型2軸巡回艇で、その何れにおいても海中にしばしば浮遊する長さ1m程度の100mmの角材の流木がプロペラ面正面に来たときはプロペラに衝突、損傷を与える可能性が十分あると考えられる。
- (2) プロペラ損傷を防ぐためには1軸艇、2軸艇何れに対しても、シャフトプラケットの船首側前方にプロペラ面をおおうようなガード型防護装置を設けることが有効である。この防護装置には後方および舷側方向に後退角をもたせた形状とし、流木などが防護装置にひっかかるないように配慮する必要がある。
- (3) (2)の防護装置は構造部材を正しく流れの方向に向ければ、これが艇の抵抗、操縦性能に与える影響は大きくなないと推定されるが、その確認は模型試験と実艇試験により行なう必要がある。

§ 7 結 言

以上述べたように、軽構造高速艇のプロペラ損傷の原因と考えられる流木との衝突状況を明らかにし、有効なプロペラ防護装置を立案する資料を得るために、昭和49年度から2年度にわたり研究を実施することになった。初年度である本年度は、1軸艇と2軸艇の模型についてそれぞれ東京大学工学部船用機械工学科回流水槽および川崎重工業技術研究所回流水槽において、船底・プロペラ付近の流れの観察と測定、流木模型のプロペラ部への流入状況の観察、プロペラ防護装置が流木模型を排除する状況の観察、流木模型がプロペラに衝突する率のプロペラ防護装置による相違の検出などの実験を行なった。

本研究の結果えられた主な結論は次の通りである。

1) 1 軸 艇

- (1) 水面に水平に浮くか、または水面ごく近くのほぼ水平の流木はプロペラに衝突しない。プロペラ前方の船底下部近傍に船首部から流入する流木がプロペラに衝突する。
- (2) 本実験で使用した流木模型では縮流により吸込まれるような傾向が殆んどみられない。
- (3) 防護装置第1案は防護装置なしの場合とプロペラの損傷頻度、損傷度が大差がない。
- (4) 防護装置第2案はプロペラ損傷頻度が激減し防護効果が大きい。しかし、流木がひっかかる頻度が大きい欠点がある。
- (5) 防護装置第3案はプロペラ損傷頻度が約1/2になるが、プロペラなどに重大な損傷が起きるおそれがある。
- (6) 防護装置前縁に後退角をつけることが望ましい。
- (7) 防護装置をプロペラからかなり離すことが望ましい。

2) 2 軸 艇

2軸艇についても前記(1), (2)については1軸艇と同じ結論が得られた。2軸艇について試験した防護装置については

- (1) 防護装置第1案は防護効果が全く認められない。
- (2) 防護装置第2案ではプロペラ損傷頻度が激減し防護効果が大きい。しかし流木がひっかかる頻度が大きい欠点がある。
- (3) 防護装置第3案は第2案よりも深さが大きく、構造部材間の間隔が広くなるため、流木が防護装置をくぐりぬけてプロペラに損傷を与える機会が第2案よりも多い。また流木がひっかかる機会も当然多くなる。
- (4) 上記3案の実験結果を参考として第2案で舷側方向に後退角をもたせた第4案を設計し、これについて実験を行なったところ、流木がひっかかることがほとんど無くなり、防護装置として有効であることがわかった。
- (5) 1軸艇と違って2軸艇では、防護装置はいずれもプロペラ前方に設けられているが、船底に沿って流れてきた流木が防護装置とシャフトプラケットの間にひっかかることがあるので、シャフトプラケットとの間の距離については今後検討を要する。

なお、次年度の研究としては、本年度の研究成果をもとにして、さらに有効で抵抗推進性能・操縦性能面でもあまり不利にならないプロペラ防護装置を得るために、引き続き模型実験を行なうことになっている。

本研究部会の2年度にわたる研究の成果を採入れて防護装置を設計し2~3の実船に装備して、長期間の運航実績によって防護装置の効果が調査される見込みであり、その結果は調査実施機関から日本造船研究協会に提供される予定である。