

## 実験用南極ホーバークラフト

村尾 麟一\*・森脇 喜一\*\*・村越 望\*\*・  
大門 康祐\*\*\*・稲葉 稔\*\*\*

### On the Experimental Hovercraft for the Antarctic

Rinichi MURAO\*, Kiichi MORIWAKI\*\*, Nozomi MURAKOSHI\*\*,  
Yasusuke DAIMON\*\*\* and Minoru INABA\*\*\*

**Abstract:** An experimental hovercraft has been developed for tests on the utility, adaptability and operation of hovercraft in the environment of the Antarctic. The Hovercraft Subcommittee formed in 1978 has been managing the planning of this project. The craft is a 2.8 t plenum chamber type hovercraft with 60 cm depth flexible skirts, fitted to its perimeter. Two rudders equipped within the air jet bled from the lift fan, and two puff ports which control the air jet, provide directional control. In order to estimate the performance of the craft, the static thrusts were measured.

In January 1981, the craft was unloaded on the fast ice about 40 km NW of Syowa Station in the Antarctic. After 3.5 hours run it reached the station, crossing small cracks and puddles. During the summer and winter seasons of 1981/82, 33 hours test running and sea-ice survey have been carried out. Some troubles such as the clogging of snow in the engine room, icing on the air outlet from fan scroll and tear of skirts were experienced. The process of planning, design, principal particulars, slope ascending capability and the operation in the Antarctic of the experimental hovercraft are described.

**要旨:** 南極観測事業におけるホーバークラフトの有用性・適応性に関し、南極用実用艇建造のための技術データを得ることを目的として、実験用小型ホーバークラフトが開発建造された。ホーバークラフトは重量 2.8 t の周辺スカート圧力室型で、揚力ファンより分岐されたダクト中に装備された方向舵とパフポートによって操縦される。

艇は 1981 年に昭和基地に自力搬入され、1981 から 1982 年にかけて 33 時間の走行試験と氷状調査が実施された。計画最高速力 55 km/h が達成されたが、走行中エンジンエアクリーナーへの雪の目詰まり、駐機中ファン空気吹き出し部の凍結などのトラブルが経験された。

実験用南極ホーバークラフトの計画、設計、主要目、登坂推進性能、走行試験の経過と結果が記述されている。

\* 青山学院大学理工学部. Science and Engineering Department, Aoyama Gakuin University, 16-1, Chitosedai 6-chome, Setagaya-ku, Tokyo 157.

\*\* 国立極地研究所. National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

\*\*\* 三井造船株式会社. Mitsui Engineering and Shipbuilding Co., Ltd., 1, Yawatakaigan-dori, Ichihara 290.

## 1. ま え が き

ホバークラフト（エアークッション艇）は、接地圧が小型雪上車の約 1/10 で、かつ水陸両用であるため、海氷上の高速走行に適しているのではないかという指摘は既に 1960 年代からなされていた。1965 年には British Antarctic Survey (BAS) の FUCHS 卿はホバークラフトの極地利用の利点を指摘している (FUCHS, 1966)。またニュージーランドの Department of Scientific and Industrial Research の THOMSON 氏は 1977 年にスコット基地における小型ホバークラフト Skimmer 4 の試験結果に基づいて、他の乗物が走行できない薄氷、プール、雪氷域にホバークラフトの有用性が大きいことを指摘した (CAFFIN, 1977)。

一方、我が国の南極観測事業においては、船から昭和基地までのヘリコプター輸送では重量物・長尺物に制約があり、将来の輸送力増大の要望にこたえるためにホバークラフトを利用する構想が■立極地研究所で検討された。すなわち当時国内で既に実用化されていた 50 人乗り 16.3 t MV-PP5 級の能力をもつホバークラフトならば上記の目的にかない、しかも計画中の新砕氷船に搭載可能であることが指摘された。

当時南極におけるホバークラフトの本格的運用実績はなかったが、北欧、カナダ地域でのイギリスのホバークラフトによる氷上運航の経験から、空気取り入れ口およびスカートなどに対する雪の吸い込みと着氷、プラスチック部材の低温劣化などに問題があることが予想された。

そのため実用化に先立って、南極におけるホバークラフトの運航試験が不可欠であり、3-4 人乗り程度の小型艇を試作することが望ましいと考えられた。計画の発足に先立って当時存在した唯一の国産小型ホバークラフト MV-PP05 (三井造船) を「ふじ」に積載し 1977 年 1 月に停泊地附近の定着氷上で約 8 日間の予備的な走行試験を行った。その結果懸念された雪の吹き上げ、吸い込みも少なく、基本的には使用可能と判断された。しかし開発評価に当たってはペイロードを MV-PP05 の 300 kgf から 600 kgf に倍増し、全備重量の増大に伴う推力増大をはかった小型実験艇を試作して、南極で耐寒、障害物乗り越え、耐久性などの本格的試験を重ねるべきであるとの結論が得られた。我が国のホバークラフトの用途としては在来の海上航行型でなく、海氷上走行を主目的とする点が画期的であった。

試作艇の設計計画に当たっては迅速かつ効率よい開発を進める立場から MV-PP05 をベースとしてペイロードと推力の増大をはかることとした。1978 年度に実験用ホバークラフトの試作を前提とした予算が認められたので、設営部門委員会内にホバークラフト分科会を新設し、専門委員と観測協力室メンバーによって試作艇の仕様に関する協議が開始された。

同分科会によって実験用南極ホバークラフトは“南極観測事業における人・物の輸送あるいは交通手段としてのホバークラフトの有用性、適応性および運用に関し、極地の実際条件下で試験・調査し、南極用の実用ホバークラフト建造のための技術データを得ること”

を目的とするものと定められた。

運航条件は夏季昭和基地附近を対象とし、気温データに基づいて最低温度を駐機時  $-40^{\circ}\text{C}$ 、運転時  $-20^{\circ}\text{C}$  と想定した。風速は最高  $40\text{--}50\text{ m/s}$  に達するが年間風速頻度データ（図 1）によれば年平均  $7\text{ m/s}$ 、夏季は比較的穏やかであることを考慮し、走行時の最高風速を  $10\text{ m/s}$  と想定した。航行域は平坦な冰雪原とし、目標速力は氷上無風時で  $55\text{ km/h}$ 、 $7.5\text{ m/s}$  の向かい風で約  $30\text{ km/h}$  とした。

1978 年 9 月に実験用南極ホバークラフト試作艇設計仕様書がまとめられた。設計作業は三井造船(株)において実施されたが、完了後ホバークラフト分科会専門委員と観測協力室メンバーの検討によって、船首部ロッカー出入り口扉構造、非常脱出口、暖房デフロスタ、燃料タンクの容量・配置などに若干の修正を加えて建造仕様書が作成された。建造仕様書に

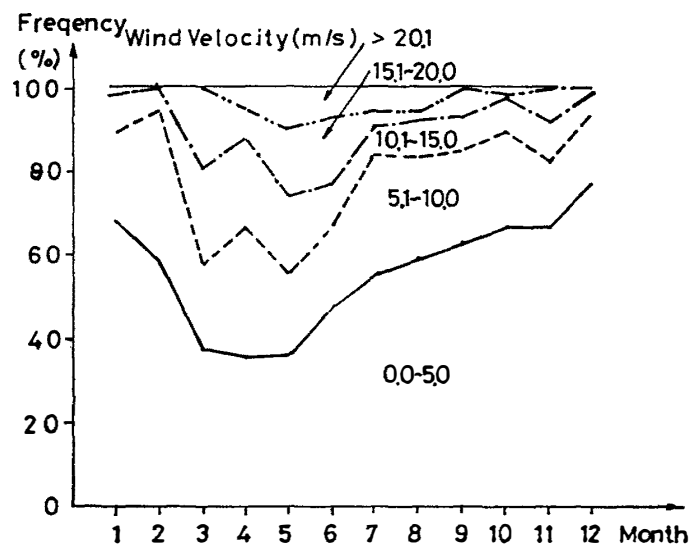


図 1 昭和基地の風速頻度 (1969)

Fig. 1. Seasonal wind velocity variation at Syowa Station (1969).



図 2 実験用南極ホバークラフト，MV-PP 05A

Fig. 2. Experimental hovercraft for the Antarctic, MV-PP05A.



図 3 MV-PP05A (工場組み立て中)  
Fig. 3. MV-PP05A (under construction).

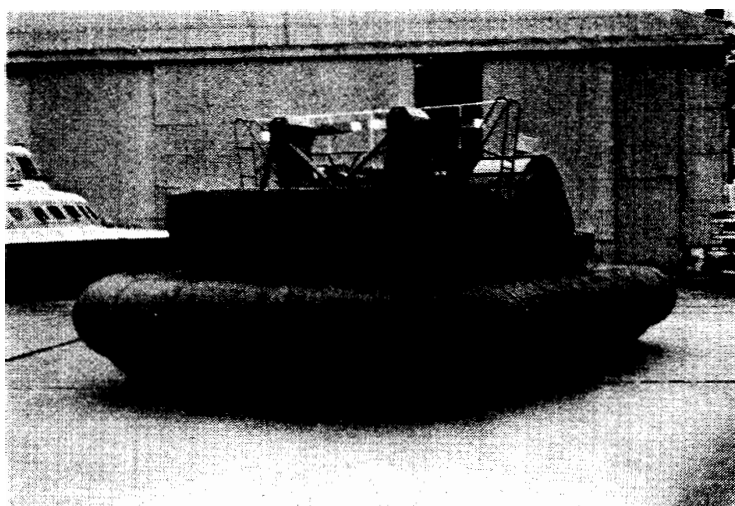


図 4 MV-PP05A (工場試験)  
Fig. 4. MV-PP05A (factory tests).

表 1 実験用南極ホバークラフト開発年表  
Table 1. The time table of the development of the experimental hovercraft for the Antarctic.

1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
	18次		20次		22次		24次	
17次		19次		21次		23次		
予備調査		基本計画	詳細設計	製造	訓練	輸送	南極試験	

●PP05 南極予備試験

- 設計仕様決定
- 製造仕様決定
- 工場試験
- 「ふじ」積み込み
- 昭和基地自搬
- 南極性能試験



に基づき 1979 年度予算で試作艇 (MV-PP05A) が建造された (図 2, 3, 4)。性能検査に関しては、試験適地を国内で得ることが困難であるため、静止推力試験の結果から最高速力、登坂能力を推定し、海水上における本格的性能試験は運航試験とともに南極において実施することになった。表 1 に実験用南極ホバークラフト開発計画の年表を示す。

## 2. 試験艇の概要

### 2.1. 一般配置

本艇は艇全周に深さ約 60 cm のフレキシブルスカートをもつ圧力室型ホバークラフトである。艇の主構造は船首、操縦室、前部機関室および後部機関室の 4 区画に高さ 60 cm までの水密隔壁で分割されており、どの区画に浸水しても安全なだけの十分な予備浮力を有している。操縦室区画には操縦士 1 名、乗員 2 名の固定座席を備え、後部には観測用の荷物を搭載するスペースを設けている。

前部機関室内には主機関、減速装置、また後部機関室には補助推進機関を搭載し、機関室側部両舷には浮上および推進用の遠心ファンとスクロールおよび推進ダクトを、後部機関室キャノピー上にはプロペラを配置している。図 5 に一般配置図を示す。

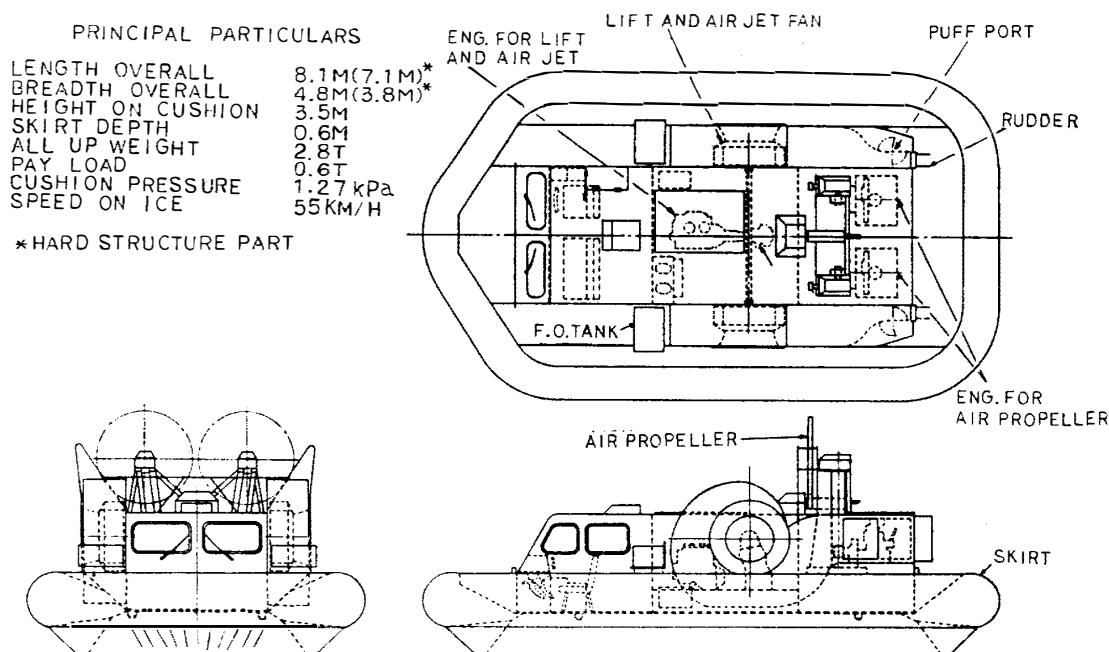


図 5 実験用南極ホバークラフトの一般配置図  
Fig. 5. General arrangement of the experimental hovercraft for the Antarctic.

### 2.2. 構造

艇体主構造部は船底、側壁板などに耐食アルミ合金製ハニカムパネルを、キャノピー、機関室仕切り壁、スクロールおよび推進ダクトには耐食アルミ合金薄板を使用し、リベットを用いて接合する軽量化構造方式としている。艇体強度は海上航行時と同様に衝撃力によるホ

ギング曲げたわみ, およびサギング曲げたわみに対する縦強度と船底パネル強度を考慮している.

艇体主構造部左右両舷および後部には薄板構造の張り出しデッキを設け, その一部は取り外しが可能となっている.

艇の全周に装備したスカートは雪のたまりをなくすため, バッグフィンガー型のバッグの代わりにインナーシートをなくしたループ型を採用している. また, スカート材はナイロン基布の両面に, 耐寒性の優れた天然ゴムをコーティングしたものを使用している.

船底には着地用として下面に天然ゴムのクッションラバーを有するランディングパッドを4カ所に設置している.

### 2.3. 動力系統

動力系統は基本的には1977年に南極氷上試験を実施したMV-PP05型の機関部に推力増強のための補助推進機関を加えたものである(図6).

主機関は日産自動車製船用GA135型1990ccガソリンエンジン1基で, ラジエータ水冷方式の連続最大出力88.2kW/5000rpm(120PS/5000rpm)であり, 減速機を介して艇両舷に配置された浮上および推進用の直径約1.0m, 13枚の遠心ファンを駆動する. 遠心ファンは軽量化のためアルミニウム製とし, ブレードの一部にはカーボンファイバーを使用している.

補助推進機関はフォルクスワーゲン126A型1584ccガソリンエンジン2基で, 強制空冷方式の連続最大出力32.3kW/3600rpm(44PS/3600rpm)で, タイミングベルトを介してそれぞれ1基の直径1.33mのプロペラを駆動する. 燃料消費率は主機関で約299g/kW・h(220g/PS・h), 補助推進機関で約306g/kW・h(225g/PS・h)である.

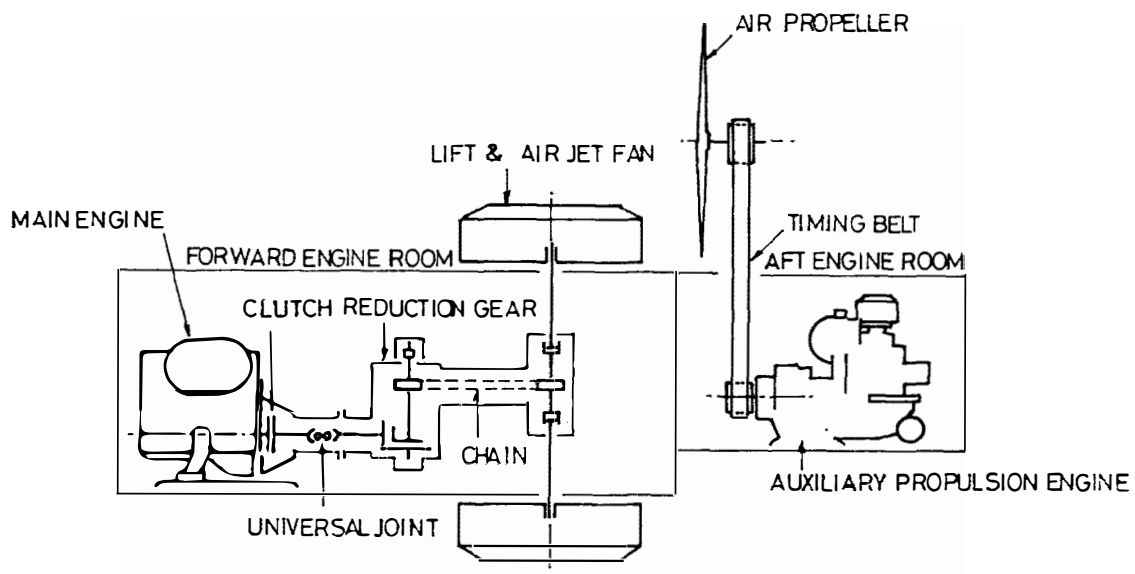


図6 機関室ブロック図

Fig. 6. Engine and transmission system.

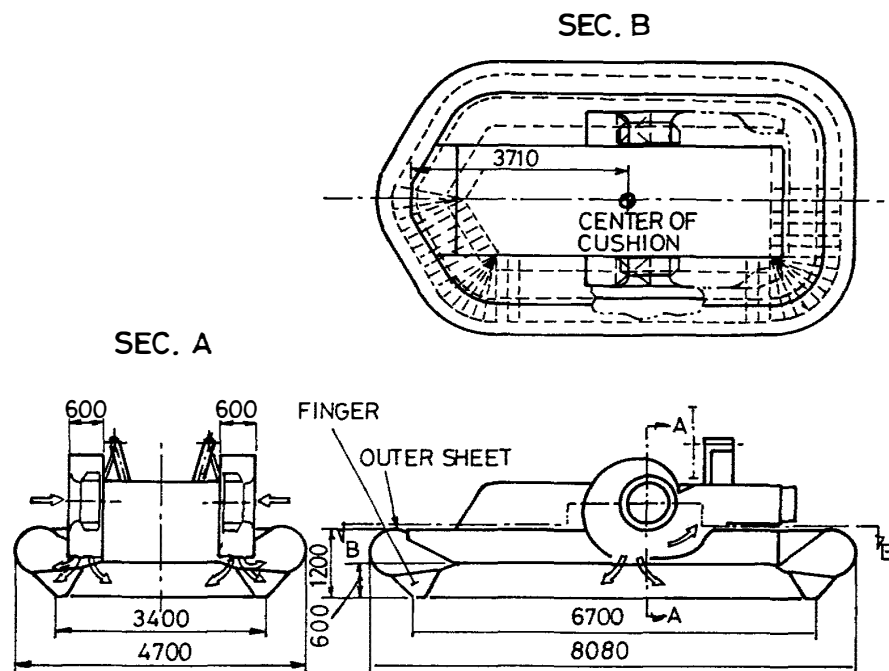


図 7 エアクッションと推力システム  
Fig. 7. Air cushion and thrust system.

浮上は遠心ファンからの一部加圧空気を艇底下に保持して行い、推進はプロペラおよび遠心ファンからの加圧空気を一部推進ダクトから艇後方に噴出させるエアジェットにより行う(図 7)。

プロペラは木製 2 翼固定ピッチ式で、表面は樹脂で覆い、翼前縁にエロージョン防止のためのステンレスシースがはりつけてある。

#### 2.4. 操縦系統

艇の旋回は、推進ダクト出口に設けられた方向舵と左右にある推進プロペラの回転数を変化させて得られる推力差の利用により行う。

また停止には推進ダクトのエアジェットをパフポートによって逆推進操作を行う。方向舵はハンドルにより、パフポートはフットペダルによりそれぞれ操作され、主機関および補助推進機関の回転数はスロットルレバーによって制御される。

#### 2.5. 諸設備

艇は下記の設備を装備している。

- 1) 室内設備: 操縦者用椅子 1 脚, 乗員用 2 人掛け長椅子 1 脚, 右舷出入り口扉 (幅 60 cm), 電動ウインドワイパー (DC 12V) 2 台, 室内灯 (DC 12V) 操縦室および機関室各 1
- 2) 暖房用温水ヒーター (20 093 kJ/h, 4 800 kcal/h): 1 台
- 3) 係船金具 (艇つり上げ兼用): 前部および後部各 2 カ所

- 4) 消火設備: 自己拡散型消火器前後部機関室に各 1 基, 手持ち式簡易消火器操縦室に 1 基
- 5) 電源設備: 直流発電機 (DC 10V×約 30A) 3 基, 蓄電池 (80 AH/20 HR) 1 基
- 6) 無線設備 (DC 12V 用): 1 基

### 3. 性 能

#### 3.1. 重量・重心

重量は艇の浮上および推進性能などに影響を及ぼし、クッション中心からの重心のずれは艇の姿勢変化をもたらすため、重量・重心の管理はホバークラフトでは非常に重要な設計作業の一つである。特に小型艇では重量に余裕がないため、設計段階で何度もチェックされ、規定の範囲に納まるよう調整がなされる。

表 2 に本艇の計画および実測質量・重心を示す。実測質量は計画値より若干軽く、重心も予定値に納まっている。

表 2 質量・重心表  
Table 2. Mass and center of gravity.

項 目	質 量 (kg)	船首からの重心距離 (m)
艇 体 部	1 110	4.10
機 関 部	780	4.63
装 部	260	3.26
水 潤 滑 油	50	3.68
軽 荷 質 量	2 200	4.18
	(2 084)*	(4.18)*
載 荷 質 量 (乗員, 積荷, 燃料)	600	2.74
全 備 質 量	2 800	3.813

\* 実測値

#### 3.2. 推進性能

陸上走行時のホバークラフトの抵抗を次式で表す。

$$D_{tot} = D_a + D_m + D_f$$

$D_a$ : 空気形状抵抗  $C_D(1/2)\rho_a V^2 A_f$

$C_D$ : 空気形状抵抗係数

$\rho_a$ : 空気密度

$A_f$ : 前面面積

$D_m$ : 運動量抵抗  $\rho_a Q V$

$Q$ : ファン吸い込み空気流量

$V$ : 前進速度

$D_f$ : 摩擦抵抗  $\mu W$

$\mu$ : 摩擦係数

$W$ : 全備重量  $gM$

$M$ : 全備質量

図 8 に本艇の抵抗と推力の推定値を示す。  $C_D$  は 0.65 と推定し、  $\mu$  は氷上・雪上の条件に応じて 0.01-0.03 の値を用いた。 静止推力の実測値は 2.76 kN (270 kgf) で計画値より 0.39 kN (40 kgf) 大きい値を得た。 南極で行われた速力試験の結果 (1982 年 1 月 29 日 オングル海峡西部海氷上) では  $\mu$  の値は実測していないので実際の抵抗値は不明であるが、 速力 55 km/h の記録が得られており計画値を満足している。

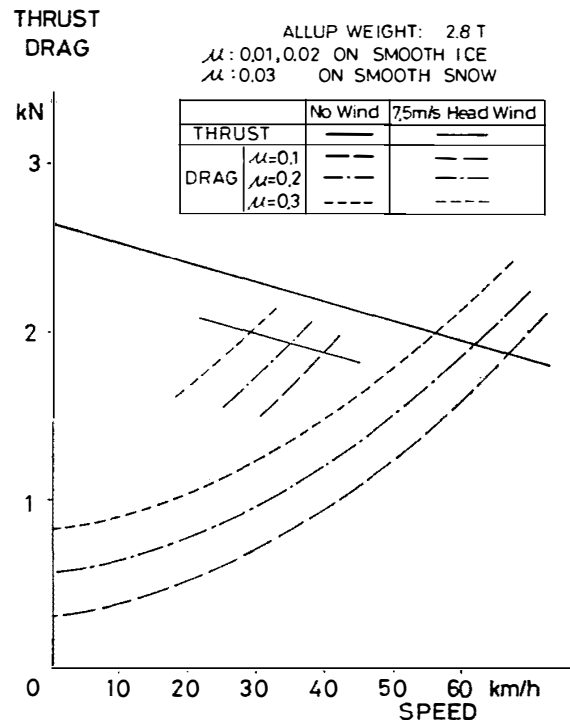


図 8 推力と抵抗

Fig. 8. Thrust and drag.

### 3.3. 登坂能力

ホーバークラフトの登坂能力は、推力と斜面勾配の関係だけでなく、初速度、到達距離、地面の摩擦抵抗、風による抵抗などを考慮して総合的に把握する必要がある。

斜面に沿って距離を  $x$ 、時間を  $t$  とする。艇が斜面を登り始める点を  $x=0$ ,  $t=0$  とし、その時点での艇の初速度を  $V_0$  とする。推力  $T$  と抵抗  $D$  に関して下記の近似を行う。

$$T = T_0 - k_1 \dot{x}$$

$$D = k_2 \dot{x} + k_3$$

$T_0$ : 静止推力

運動方程式は下記で表現される.

$$M\ddot{x} = T - Mg \sin \theta - D$$

$M$ : 艇質量

$\theta$ : 斜面勾配

$g$ : 重力加速度

上式から

$$\ddot{x} + [(k_1 + k_2)/M] \dot{x} - (1/M)(T_0 - Mg \sin \theta - k_3) = 0$$

艇速が 0 になるまでに登る距離  $s$  を登坂距離とすると,

$$s = \frac{MV_0}{(k_1 + k_2)} + \frac{M(T_0 - Mg \sin \theta - k_3)}{(k_1 + k_2)^2} \ln \frac{T_0 - Mg \sin \theta - k_3 - (k_1 + k_2)V_0}{T_0 - Mg \sin \theta - k_3}$$

が得られる.

$M$ : 2800 kg,  $T_0$ : 2.76 kN,  $\mu$ : 0.03, 無風状態に対応する場合を図 8 によって計算した結果を図 9, 10 に示す.

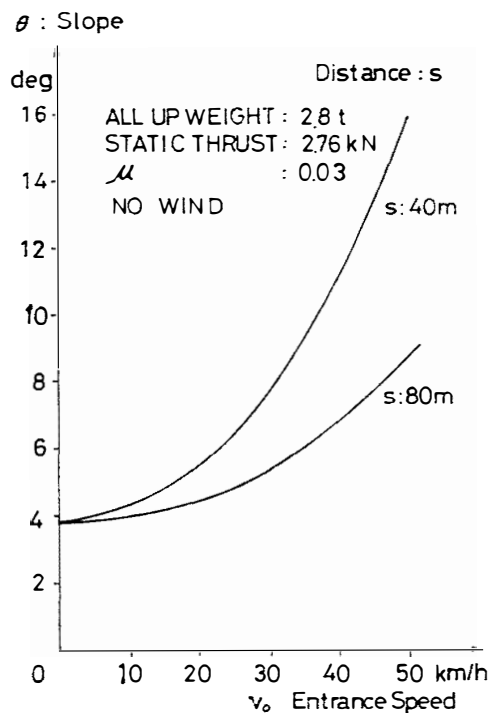


図 9 登坂能力 1. 近接速度と斜面勾配  
Fig. 9. Slope ascending capability:  
1. Slope and approach speed.

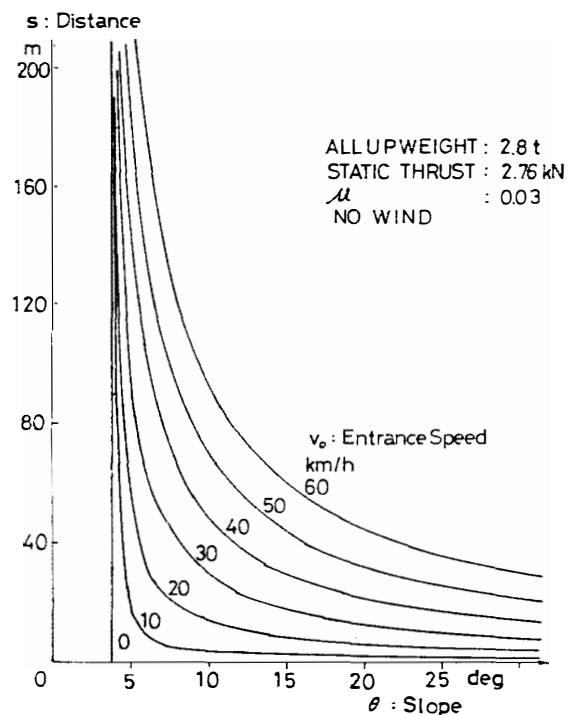


図 10 登坂能力 2. 斜面勾配と到達距離  
Fig. 10. Slope ascending capability:  
2. Slope and reaching distance.

## 4. 運航試験

### 4.1. 運航実績

1980 年 11 月「ふじ」に積み込まれた実験用南極ホーバークラフトは 1981 年 1 月 10 日に昭和基地の北西約 40 km の海氷上に降ろされた. これに先立ち, 1 月 6 日にヘリコプターに

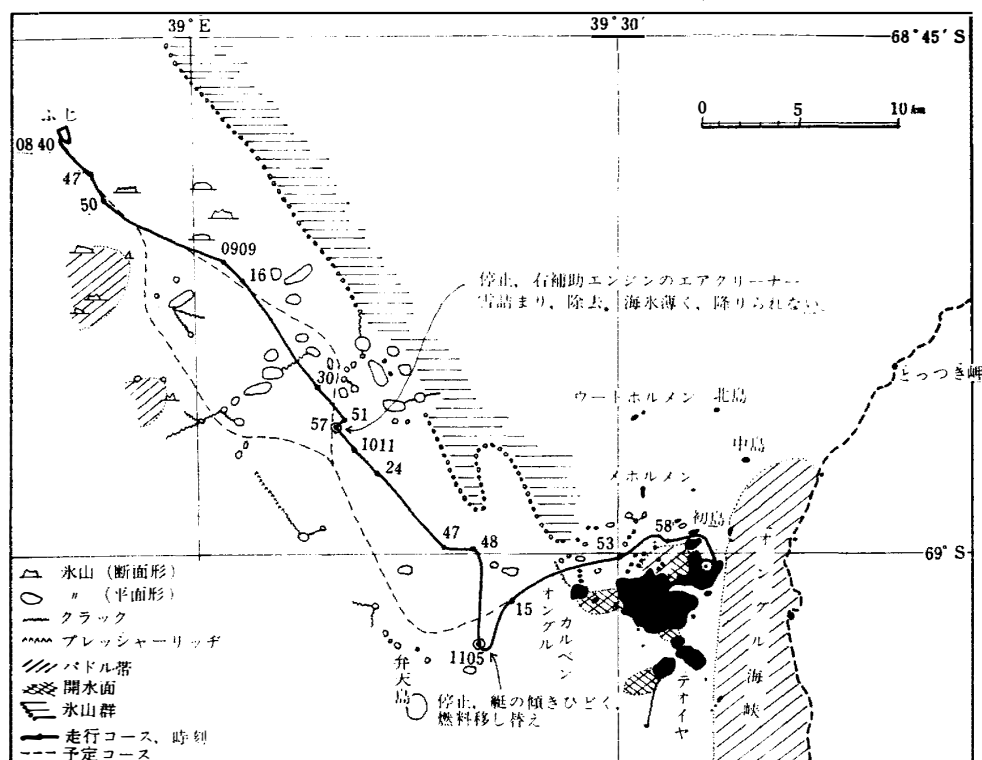


図 11 昭和基地への自搬ルート

Fig. 11. Route of hovercraft to Syowa Station.

よる「ふじ」-昭和基地間の氷状偵察を行い、ホーバークラフト自走による氷上輸送の見通しを得た。慣熟運転を兼ねて人工地震爆破作業の人員輸送に従事した後、1月13日図11に示すルートで昭和基地への走行を行った。途中若干のトラブルがあったが(4.5.参照), 幅1mのクラックやパドル, 高さ40cmほどの氷盤などを難なく乗り越えることができた。ネスオイヤー-初島間の瀬戸では深さ60cm, 幅5m, 長さ10m余りの盆状のパドルにはまり苦勞したが, 補助機関を全開して脱出した。基地到着後は, 基地近辺の氷状が悪化しており海水流失のおそれもあると考えられたため, 直ちに晴らし岩附近の陸上に揚収した。この際タイドクラックを渡りそこねて一時立往生する事故があり, スカートを損傷した。この時はクラックを雪で埋めた後, 浮上して離脱した。

越冬中は表3に示す運行を実施した。

特定の項目に基づく試験は, 1kmの区間を設定しての速度試験を行ったのみである。テストの結果, 微風状態ではほぼ平坦な海水上の雪面で, 主機4500rpm, 補助推進機(両舷)3500rpmで55km/hの最高速度を記録した(1月29日)。1982年1月の運航試験は7日間, 延べ115km, 7.5時間であった(MORIWAKI and KUSUNOKI, 1982)(図12, 13)。

表 3 試験走行記録  
Table 3. Test running record.

年月日	場 所	乗 員	記 事
1981年			
1月10日 -12日	「ふじ」付近の海氷上	1-6	操縦不慣れで「ふじ」艦首付近のごみの山に突っ込む。6名乗りで自力脱出不能、人力で押し出す。目的地へは途中のコースが屈曲していても到達できる。
1月13日	「ふじ」-昭和基地	3	氷山群を抜け、クラック、バドル、40 cm 高の氷盤などを乗り越え快調に走行。休憩時、艇をとめるとランディングバッドが海氷を踏みぬく。燃料片減りで傾斜増し姿勢制御に苦勞。基地揚収時タイドクラックで空気が抜け、クラックを雪で埋めて小型ブルドーザーで引き出す
5月20日	見晴らし岩-作業棟沖	1	行き先不安定
7月4日	北の浦	1	曇天時、雪面見にくく運転に恐怖感を伴う。相変わらず行き先不安
7月27日	北の浦	1-3	やや操縦に慣れる。右推進機回らず、自力発進できず。原因は電気回路コネクターの外れ
8月12日	海氷-陸上（環境棟下）	1	斜面を雪上車で牽引して揚げる
11月14日	オングル海峡西部	3-6	一辺 1 km の三角形コース走行テスト。直線走行、旋回に慣れてくる。同乗者も運転を試みる
11月29日	北の浦	2	行き足つけてタイドクラック突破、8°の斜面を登り駐機
12月7日	オングル海峡西部	2-5	操縦上達。直線走行旋回自在の感
1982年			
1月16日	オングル海峡横断	2	氷状偵察。所定のコース走行、目的地への到達の確度増す
1月17日	基地-北の瀬戸-西オングル島テレメトリー基地下	5	テレメトリー基地点検。狭い通路の通過にも自信。波高 40 cm、波長 3-5 m の波状地（海氷）でピッチングし、艇の前部下底が叩かれる。速度を遅くすることで解決。4.5 km を 8 分で走行 (34 km/h)
1月18日	基地-北の瀬戸-西オングル島-豆島	5	テレメトリー基地補修。波状地（海氷、ドリフト）、バドル、クラック乗り越しも問題なし。サンドペーパー状のざらめ雪面ではスカートの抵抗大で速度落ちる
1月19日	オングル海峡横断	4	氷状偵察。平滑な水面では速度増す。5 km を 8 分で走行 (38 km/h)
1月29日	オングル海峡西部	3	1 km 区間を設定し速度試験。55 km/h を記録
1月30日	基地-北の瀬戸-豆島	5	ペンギン調査。2 往復 (28 km) で 90 l 燃料消費 (0.3 km/l)。6 人乗りでは波高 40 cm の凹凸地（雪面）走行困難
1月30日	基地-岩島-西オングル	2	2 人乗りでは軽い
1月31日	基地-豆島	5	ペンギン見学。雪（氷）面の状態で速度顕著に異なる。燃料満タン、5 人乗り（前席 3、後席 2）で発進のため推進機をふかすと艇の前傾大。そのため、ざらめ状雪面や浅い窪地からでは発進できず。前席 1、後席 4 の配置で発進可
2月2日	オングル海峡	5	氷状偵察。5 人乗りで発進時前回と同じ現象。8.8 m/s の風の中での艇の制御ができるようになる
2月5日	基地-とつぎ岬-オングル海峡	4	氷状偵察、調査地引き継ぎ。ACV 引き継ぎ。左舷タンク前に 1 kVA 発電機、後部デッキ両舷に 20 l 携行缶を搭載（氷厚測定、予備燃料、前後バランスのため）。約 50 km 走行し 80 l 消費 (0.6 km/l)
2月5日	西の海	3	バドル乗り越し、直線走行、旋回性の記録撮影 (8 mm)
2月5日	北の浦-見晴らし岩	1-5	陸揚げ、陸揚げの引き継ぎ。自力上陸



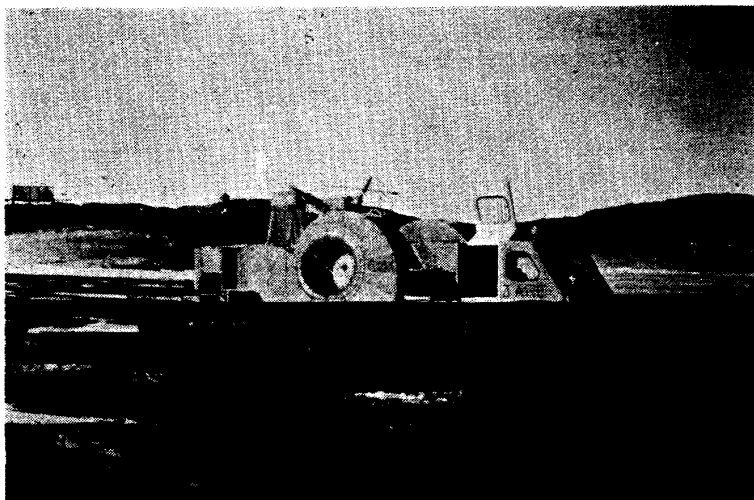


図 12 MV-PP05A  
(西の浦での速力試験)

Fig. 12. *MV-PP05A (speed trial in Nishi-no-ura Cove).*

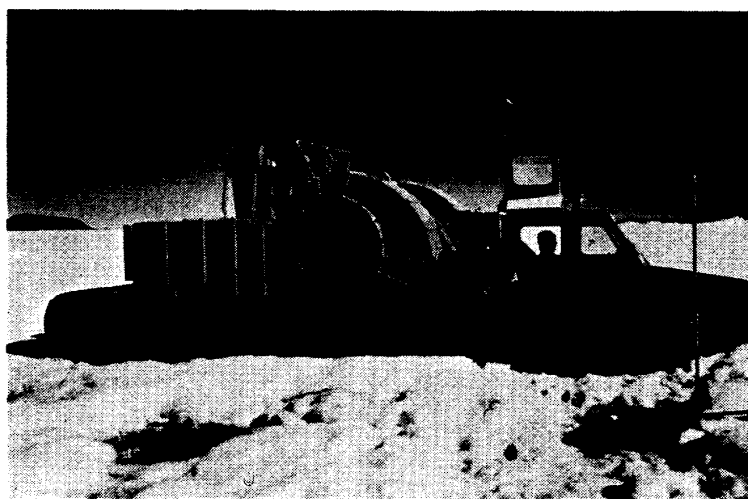


図 13 MV-PP05A (氷状偵察)

Fig. 13. *MV-PP05A (sea ice reconnaissance).*

#### 4.2. 基本的操縦法

南極での走行試験の結果明らかになった基本的操縦法を表 4a, 4b に示す。

特記すべき点を下記に示す。

- 1) プロペラの差動推力による方向制御は困難で、方向変更の際には方向舵とパフポートを図 14 のように併用する方がよい。
- 2) 横風中の走行は図 15A の斜行姿勢をとろうとして方向舵を操作すると B のようにふらつきがちになるので、C のように艇の向きを常に目標に向ける方が確実である。
- 3) 氷盤などの凸型障害物の乗り越えに当たっては、差動推力およびパフポートは使用せず、乗り上げ時には障害物側に方向舵を切り、下降時にも障害物側に舵を切る (図 16)。
- 4) クラックなどの凹型障害物飛び越しには原則として方向制御を使わない。幅 30 cm 未満のクラックは行き足をつければ乗り越せるが、速力がおそいと空気クッションが抜けてクラック上で停止する。
- 5) 旋回は艇の速力を落とし、艇とパフポートのみで細かく元に戻しながら行う。

表 4a 基本的操縦法 1  
Table 4a. Basic handling techniques 1.

	発	進	直	進	進路変更
主エンジン 主ローター	1 4 5	エンジン始動（アイドリング） ロータークラッチ接続 4 000-5 000 回転とし浮上発進	4 000-5 000回転を維持	2 5	速度をゆるめるため必要なら 3 000-3 500 回転とする 4 000-5 000 回転とする
推進エンジン プロペラ （左右）	2 6	始動 600 回転 5で発進しない場合は回転数を上げる。発進後は 600 回転にもどす	風の有無、風向のいかんにかかわらず左右の回転数を揃える。速度の変更は回転数の変化で行う	1 6	左右ともに 600 回転とし 1 000 回転以上とする
方向舵 （左右運動）	3	進行方向側にいっぱいにする（艇が進行方向に向いている場合には不要）	こまめに、はやめに操作して、艇の姿勢の安定をはかる	3 4	旋回方向に舵をきる 希望進路の方向に向く少し前で逆方向にきりかえす。ほぼ所定の方向に向いたところで元に戻る
パフポート （左右）	3	進行方向側のペダルをいっぱい踏みこむ（艇が進行方向に向いている時は不要）	操作しない。操作すると姿勢のバランスをくずす	3 4	旋回方向側のペダルを踏み込む 希望進路の方向に向く少し前に元に戻る。あるいは逆側のペダルを踏み込む。ほぼ所定の方向に向いたところで元に戻る
性能		推進プロペラを使用しないと発進できない	氷面と雪面で顕著に速度が変わる。氷面：最高速度 55 km/h, サンドペーパー状の雪面では顕著に遅くなる		

6) 斜面登坂は行き足をつけて直登する(斜行は困難)。方向制御はあまり効果がない。勾配と登坂距離、初速の関係を操縦者が把握している必要がある(図 9, 10 参照)。

#### 4.3. 作業整備性

##### 4.3.1. 操縦・居住性

デフロスターは 3 台設置の指定であったが昭和基地での現地判断で 2 台設置とした。2 台でもフロントガラスのデフロスト効果、室温の上昇ともに十分であった。キャビンの扉ははね上げ式であるが、これは出入、開閉が不自由であった。通常の横開き式扉が適している。また、助手席側にも扉がある方がよい。操縦関係の諸スイッチ、ハンドル、レバーなどの配置は十分な間隔で配置されており、防寒具着用時にも支障なく操縦ができた。しかしパスポート操作ペダルは重く、操作には困難を伴った。推進エンジンの回転数は左右揃えて使用することの方が圧倒的に多く、また無段階変速の必要はないのでスロットレバーはクリックストップ式にすると良い。現状のフリクションによる無段階変速式では、走行中に変速する場合左右の回転数を揃えるのにかなりの神経を使った。

表 4b 基本的操縦法 2  
Table 4b. Basic handling techniques 2.

	停 止	凸型障害物乗り越え		凹型障害物乗り越え	傾斜地上昇
		直 交	斜 交		
主エンジン 主ローター	2 徐々に 3 000 回転まで下げる 5 回転数を下げ着地させクラッチをきる	1 4 500 回転	1 4 500 回転	1 4 500 回転	1 4 500 回転 3 艇の向きが変わり始めたら急速に 3 000 回転とし、ゆっくりと着底させる
推進エンジン プロペラ (左右)	1 左右ともに 600 回転または停止する 4 所定の停止位置に近づいたところで停止する	2 3 000-3 500 回転 (左右共)	2 3 000-3 500 回転 (左右共)	2 3 000-3 500 回転 (左右共)	2 3 000-3 500 回転行き足をつける
方 向 舵 (左右運動)	3 原則的には操作しないが艇の向きが変わりそうな場合にはあて舵をする	3 原則的には操作しないが艇の動きが変わりそうな場合はあて舵をする	3 乗り上げ時に障害物側に舵をきる 4 下降時にも障害物側に軽く舵をきる	3 原則的には操作しないが艇の向きが変わりそうな場合はあて舵をする	あて舵をするがあまり効果はない
パフポート (左右)	3 左右ペダルを同時に踏みこむ。艇の向きが変わりそうになれば旋回方向側のペダルをはなす。この時方向舵も操作する	操作しない	操作しない	操作しない	操作しない
性 能	50 km/h の速度で停止操作を始めて停止まで 200-300 m を要する。但し、艇を 180° 回転させ逆向き推力をかけると 100 m 程度で停止する	崖状障害物の場合は、高さ 40 cm の崖を乗り越えた 山状障害物の場合は、高さ 60 cm の山を乗り越えた		海水のクラックは水面と氷盤の差が 10 cm 程度で全く問題ない。タイドクラックは段差があり深いのでクラックの幅が 30 cm 未満であれば行き足をつけて乗り越えられる。速度が遅いとクラック上で空気クッションが抜けて停止する	テストでは 30 m 程度の助走の後 8° の斜面を上がった。しかし 10 m 程度上がると姿勢制御が困難になる

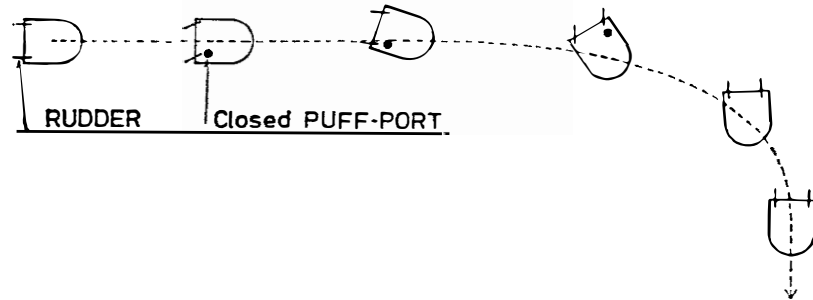


図 14 方向舵とパフポートによる操縦  
Fig. 14. Steering by rudders and puff-ports.

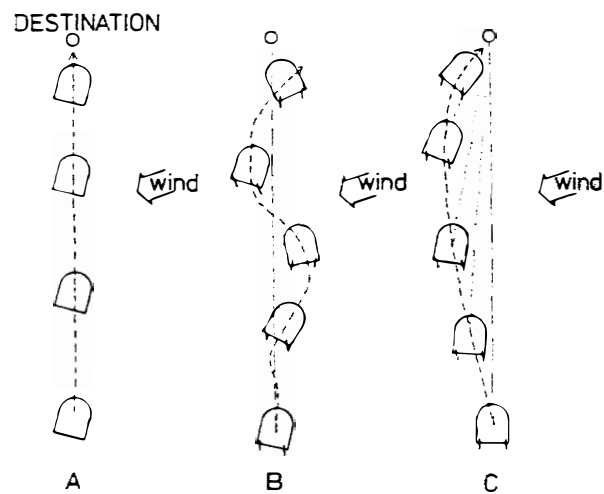


図 15 横行時走行  
Fig. 15. Cross wind maneuvering.

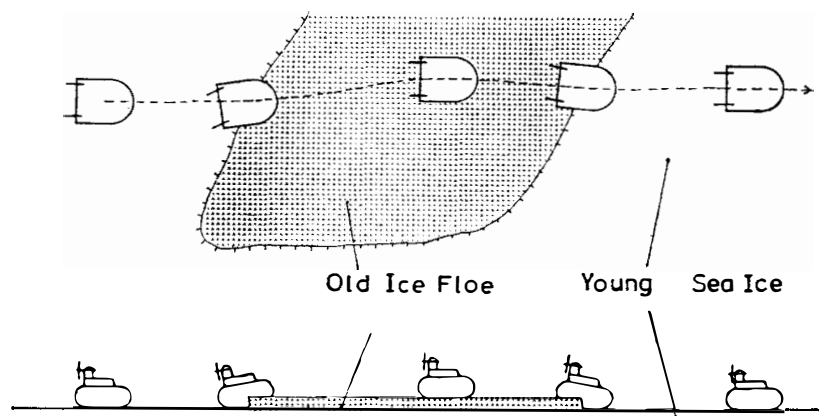


図 16 氷盤乗り越え  
Fig. 16. Cross on old ice floes.

#### 4. 3. 2. 点検・整備性

主機関室への出入りは頻繁であるのに扉の形状，ロック法が悪く面倒である．冷却水の点検も栓の上にあるふたの開閉に改良を要する（現状は9本のねじ止め）．主機関室には雪の吹き込みがかなりある．この事自体はやむを得ないが，吹き込んだ雪は走行中のエンジン発熱

で溶けて水になる。ドレイン孔は室の後端にあるため、艇が停止した際、前傾していると十分に排水されず床に凍結するので、前部にも必要である。

操縦室は密閉性が極めて良く、駐機中の雪の吹き込みは皆無であった。主機関室、操縦室ともに床は構造材(梁)がむき出しでフラットでなく諸作業に不便であった。

ファンスクロールのファン保護(安全)ネットはビスとナットで止められている。駐機中の防雪のための布団詰め(4.4. 参照)のために毎回着脱するのに不便であった。第22次観測隊では簡素化のため番線止めとしたが、それで脱落することはなかった。

#### 4.4. 氷雪の影響

艇体外面への積雪、着氷は走行時にはほとんどない。駐機中のそれらも簡単に除去できるので問題はなかった。

スカート内の艇の構造体に駐機中ブリザードによる雪の吹き込み付着が若干あり、特に風上側では固く付着した。度重なるブリザードで付着量が増大して浮上時に艇が傾く原因となった(図17)。これは手が届かず、除去できなかったが、夏が近づくにつれて次第に剝離し、夏にはまったくなくなった。

クッション空気の一部をエンジン冷却用に導いているが、クッション空気運ばれる雪によるエアクリーナーの目詰りがあった。これは空気吹き出し口の向きを変えることで解決した。フロントガラスへの雪煙の付着は多いが、ワイパーにより十分除去できた。

駐機中のファンおよびファンスクロール内への雪の吹き込みは最も心配された点であったが、布団を当ててガードネットで押さえるという原始的な方法で完全に防ぐことができた。

しかし海水上に駐機中に積雪の重みで押し下げられた海水の上に海水が浸出し、ファンスクロール下部の空気吹き出し口をふさいで凍結するという事故があった。そのため艇は浮上

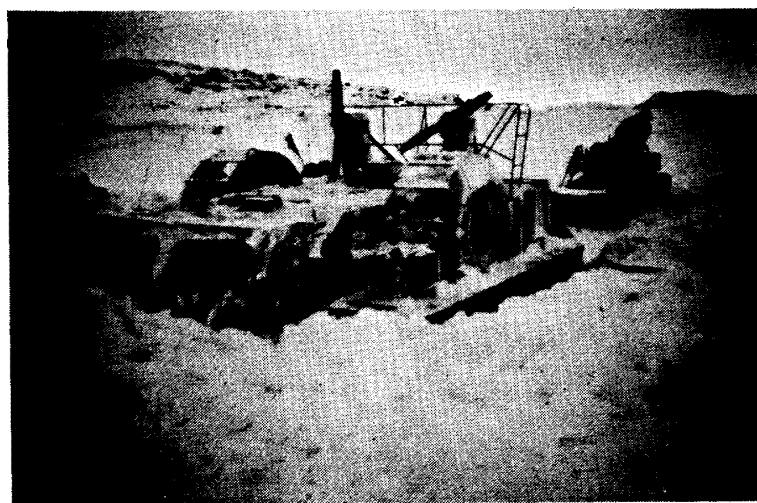


図 17 MV-PP05A (駐機)  
Fig. 17. MV-PP05A (parking).

せず、やむなくファンのブレードのすき間からピッケルを差し込んで空気吹き出し口の氷を除去した。ブレードのすき間が狭いため、氷の除去は不十分で、左右それぞれ 30 cm 四方程度の開口しかできなかったが、一応艇を浮上走行させることができたので、その後は駐機場を陸上に移した。

操縦室への雪の吹き込みは皆無であった。推進機室への雪の吹き込みも布団詰めの方法でかなり防ぐことができた。主機関室への雪の吹き込みは少量であったが、前述のように排水不十分で床に凍結した。一度凍結するとエンジン熱では解けず、度々ピッケルなどで割って手作業で排除しなければならなかった。

#### 4.5. トラブルおよび対策

「ふじ」-昭和基地間の走行中に、両舷のタンクの燃料の片減りによる横方向の傾斜増が生じた。また、走行中に主機関室および補助推進機関室への冷却気吹き出し口から雪が混入して、右補助機関のエアクリーナ詰まりが生じた。このため国立極地研究所に問い合わせ、燃料配管系の変更と冷却気吹き出し口の向きの変更を行った(図 18)。

スカートの破損は、昭和基地へ自搬後の揚陸時にクラックに渡して埋めてあった道板にスカートを引っかけて 2 カ所 10 cm 程度のかぎ裂きを生じた例と、11月21日の走行テストの際に KC40 型雪上車を避け切れずに雪上車のキャタピラに接触して 15 cm 程の裂け目を 2 カ所作った 2 例である。前者は揚陸後、ゴム布、ブラインドリベットを使用して補修した。後者は走行に支障なくしばらく放置したが裂け目が拡大することはない。しかし第 23 次観測隊へ引き継ぐ直前の 1 月 29 日に、1 カ所はゴム布、ブラインドリベットで、他の 1 カ所

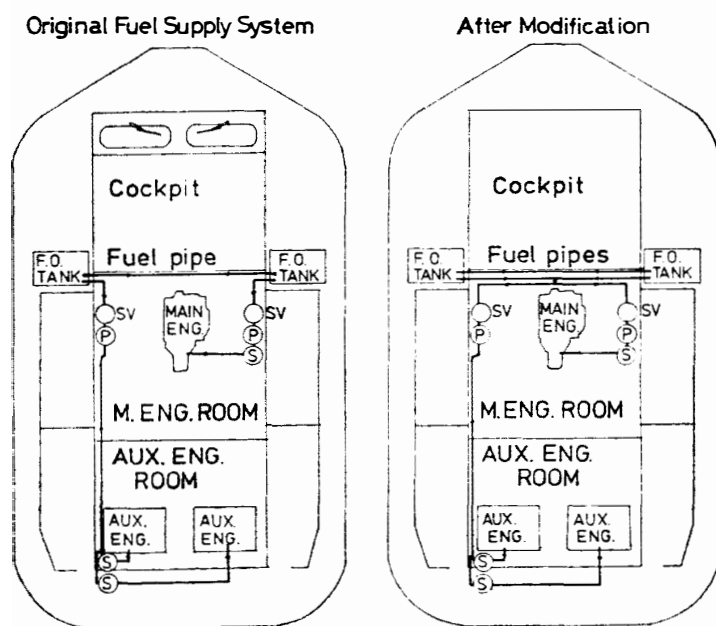


図 18 燃料供給系の改造  
Fig. 18. Modification of fuel supply system.

はパンク修理用ゴムとゴムのりで補修した。これはスカート上部附近でスカートが二重になっており、ブラインドリベットが使えなかったことと浮上時にも大きな力が加わらない個所と見られたことからパンク修理ゴムで十分であろうと判断したためである。修理後はいずれの例も異状はない。

7月27日、右補助推進機関が始動しなくなったが、これはスターターのC端子が外れていたためであった。

6月のブリザードでプロペラガードの破損があったが修理はしなかった。

#### 4.6. 南極における運航所感

サスツルギなどの起伏が大きい内陸での運航には小型ホーバークラフトは不向きであるので、海氷上での運航について述べる。

天候の条件が悪く雪面の起伏が大きい冬季の運転には不安が大きい。艇の走行は風に大きく影響され、有視界状態でかつ目標が見えている場合でないと現在位置を把握できない。曇天のホワイトアウト時には雪面を認識できないので運航することは危険である。

しかしパドルが発生し氷状が悪化する夏季には、天候も良く、雪面も平坦になり、パドルや薄氷はホーバークラフトにとって何ら障害がないので、この程度の小型艇でも基地から50km以内の近距離での運行には十分実用となり威力を発揮できるであろう。

ただし操縦にはかなりの慣れを要するので、特定の操縦者を定める必要があると思われる。

### 5. 結 び

海上用ホーバークラフトは既に相当な運航実績があり技術的にはほぼ確立されたといってもよい。しかし南極用ホーバークラフトはそれら海上用ホーバークラフトと共通な特性をもつ反面、従来のホーバークラフトと本質的に異なる機能が要求されている事を強調しなければならない。

その主なものは言うまでもなく固体表面の走行に伴うものであって、斜面・表面摩擦の変化、段差など障害物、それらの複雑に組み合わされた地形など、海上の波浪と比較しても一段と複雑な航行形態を対象としている。

平坦な海氷上での走行は海上滑走時の特性と類似しており、高速時低抵抗のメリットを生かせる反面、低速走行時には造波抵抗に相当する横抵抗の増加がないため、横滑りが大きく方向安定性が不足する。

航法機器にも海上航法と異なる特有の機能が必要であろう。寒冷地使用の問題点は主として着氷、雪の吸い込み、材料劣化など整備性に関連しているが、これはカナダ、アラスカなどにおける運航経験に比べて特殊であるかどうかは興味あるところである。

定常走行、危険回避、停止などの性能に及ぼす地形、気象とホーバークラフトの浮上・推

進の操縦システム，操縦技術の組み合わせが極めて多様であることは，問題の一般的把握を困難にしている最大の要因である。

それらの最も有効な組み合わせを見出して問題を単純化することが必要である。実験用南極ホーバークラフトの運航経験に基づいて既に得られたいくつかの指針については本報告中に記載した。

しかし南極設営作業の特殊性—操縦者特定の制約，短い習熟期間—に即して運航・整備マニュアルの形で的確な基準を指示する必要がある，そのために今後一層の運航経験の蓄積と定量化のための試験が望まれる。

## 文 献

- CAFFIN, J. M. ed. (1977): First hovercraft tests on ice. *Antarctic*, 8, 8.  
FUCHS, Sir V. (1966): Hovercraft in polar regions. *Polar Rec.*, 13, 3-5.  
MORIWAKI, K. and KUSUNOKI, K. (1982): Use of small air-cushion-vehicle (MV-PP05A) at Syowa Station. Third Symposium on Antarctic Logistics, Held at Leningrad, USSR, June 28-July 3, 1982 Proceedings, Pt. 1. Leningrad, Arctic and Antarctic Research Institute, 127-128.

(1984年8月2日受理)