

(軸停止)時には回転上昇が認められる。回転数の変動量は約 ± 20 rpm (設定回転数に対し 3.7%) である。

また過給機の回転数は当然ながら負荷の増減に対応して変動するが、若干の遅れが認められる。

図-6.5には軸のトルク、回転数の経過と同時に、船体の挙動についても併記した。これで明らかなように船が氷に突入する時、連続砕氷する時、さらには船足が止まった時、いずれも設定負荷(第4強速)に対応

した、ほぼ一定の軸回転数およびトルクが維持されていて、特異な負荷状態は起らないことが判る。唯プロペラと氷塊が衝突する時は、衝撃的負荷のために軸に振動現象が現われる。

ディーゼル機関のシリンダー内最高爆発圧力を、マイハック圧力計を用いて、手で5秒毎の連続測定を行なった結果は図-6.6のようになった。68~70kg/cm²の負荷状態から、殆んど無負荷状態の37kg/cm²程度の間を急激に繰返し変動する様子が示される。

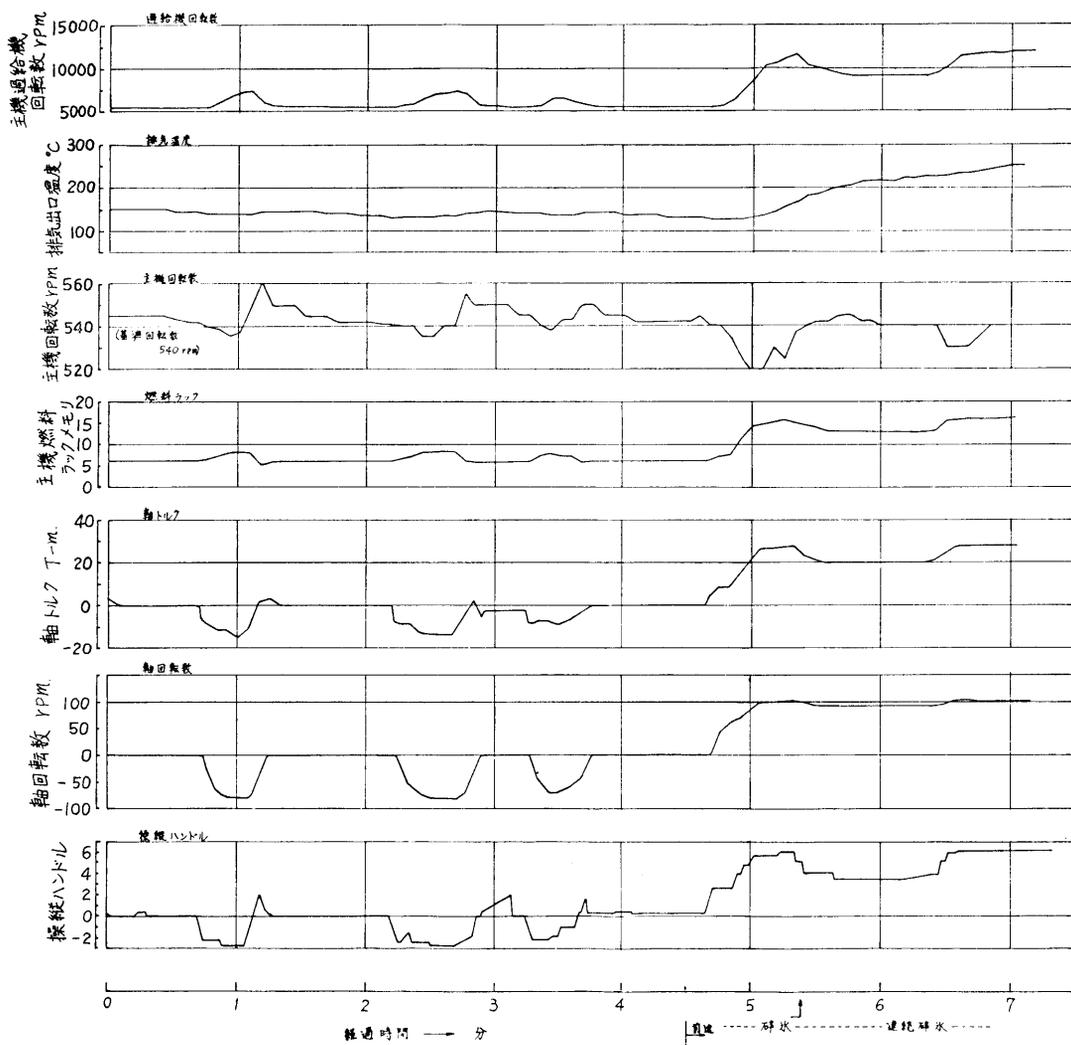


図-6.3 チャージング砕氷時の主機関の挙動(その2)
(操縦ハンドルに対する主機各部の挙動・流水域)

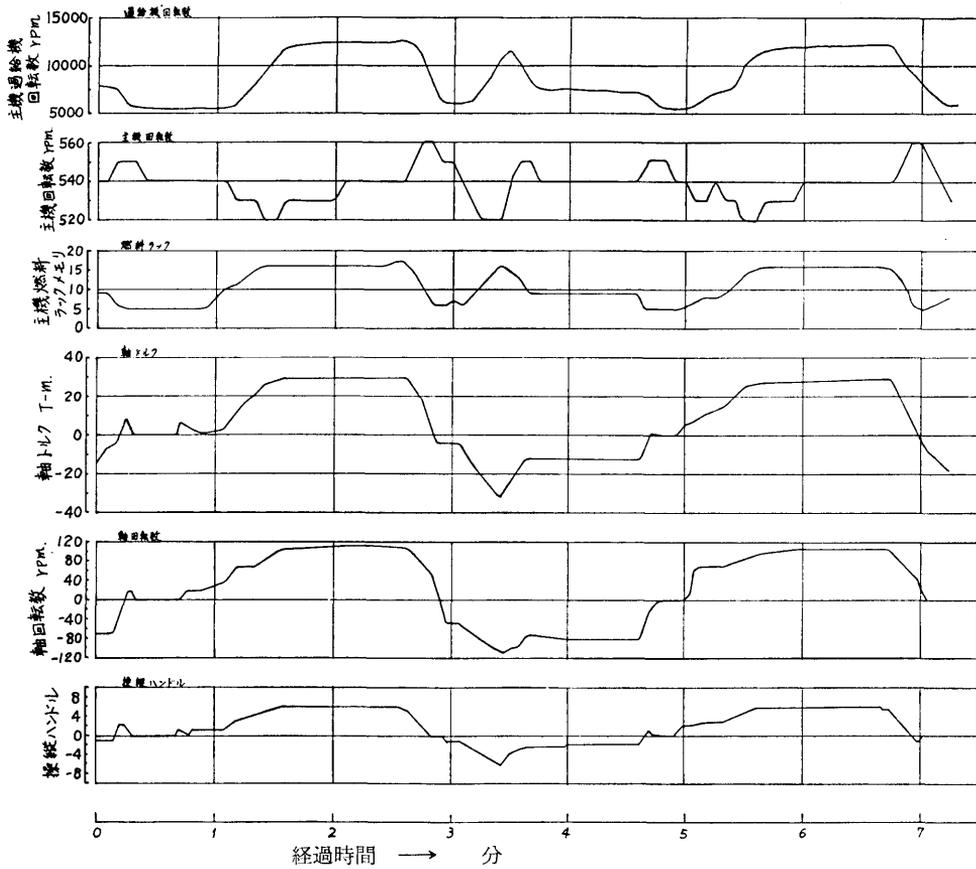


図-6.4 チャージング砕氷時の主機関の挙動 (その3)
(操縦ハンドルに対する主機各部の挙動, 定着水域)

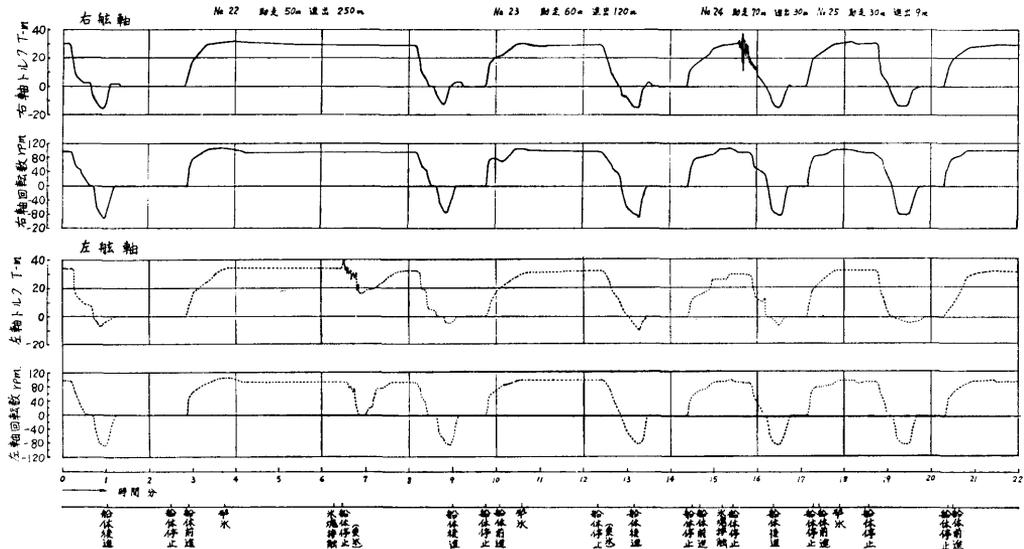


図-6.5 チャージング砕氷時の主機関の挙動 (その4)
(両舷軸トルク, 回転数の対比, 流水域 積雪0.4~0.6m 氷厚1.2~1.5m 氷量9/10)

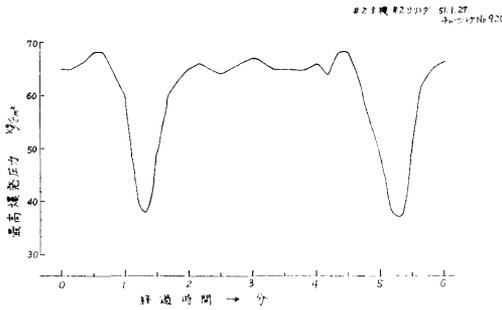


図-6.6 主機ディーゼル機関P_{max}の経過の例

6.3 プロペラ負荷

6.3.1 氷とプロペラの接触

図-6.5で、右舷軸トルクの15分経過の個所に、また左舷軸の6分経過の場所に明瞭な振動的トルクが見られる。これはプロペラに対して氷塊が何等かの状態で接触した時の現象と判断される。この様な状況が連続的に発生した時のトルク記録の例を図-6.7にしめす。図-6.7の場合は比較的低回転時に生じた現象である

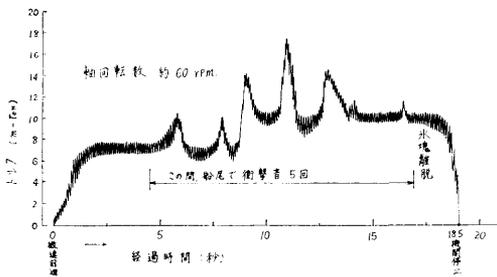


図-6.7 比較的低速回転でプロペラと氷の接触時のトルク変動

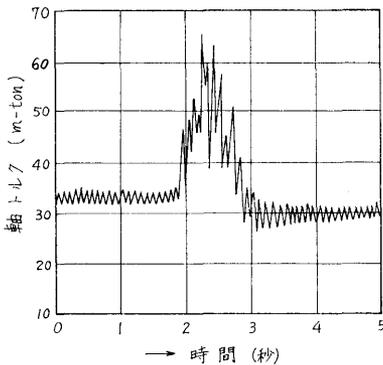


図-6.8 プロペラ翼に氷が接触した時の軸トルク (その1) 連続砕氷時、左軸前進 96 rpm

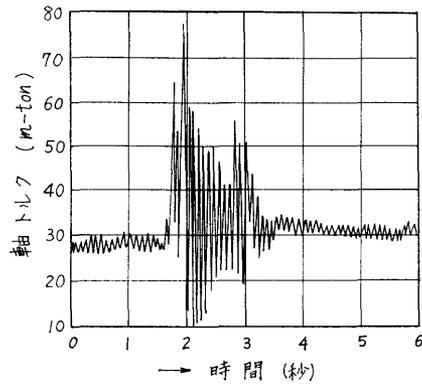


図-6.9 プロペラ翼に氷が接触した時の軸トルク (その2) 連続砕氷、左軸前進 120 rpm

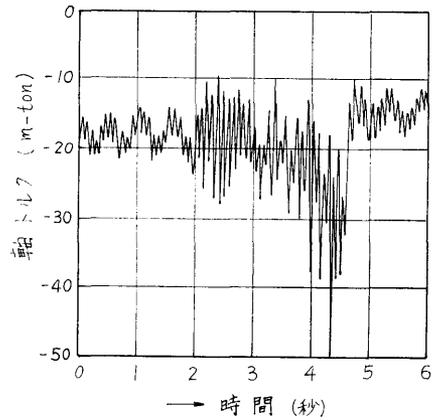


図-6.10 プロペラ翼に氷が接触した時の軸トルク (その3) 定着氷チャージング、右軸後進 98 rpm

が、第4強速の途中でプロペラと氷が衝突する時は図-6.8, 9, 10 にしめすように明瞭な衝撃的振動波形が生じる。この振動数はいずれの場合も10~11 Hzをしめしているが、これは電動機回転子とプロペラを端に持った本船の推進軸系のねじり自然振動数が、計算上10.54 Hzであることから、プロペラ翼に氷が衝突した時の外力により誘起された軸のねじり振動と判断される。

この様に顕著な軸振動が生じるとともに、軸トルク値自体も瞬間的に増加する。実測トルク波形には大きな振動を伴うため、またいろいろな条件の氷塊接触があると考えられるので、トルクの瞬間的増加量を一般的に把握することは困難であるが、接触直前の軸トルク値(殆んどボラード状態)に対して、更に2倍程度のトルクになるようである。

表-6.3 プロペラ翼と氷塊の接触確認回数

日付	左舷プロペラ翼の水接触					右舷プロペラ翼の水接触					チャージング 砕氷回数	チャージング に要した時間 (時-分)	氷 状 氷 厚 さ (m)
	前 進		後 進		合 計	前 進		後 進		合 計			
	発令直後	前進中	発令直前*	後進中		発令直後	前進中	発令直前*	後進中				
50-12-30		6			6		11			11	9	8-30	流水8/10 1.5
31		9			9		3			3	11	2-24	" 9/10 1.5
51-1-2		2			2						17	1-18	" 9/10 2
3		6			6		2			2	64	9-26	" 9/10 2
5	2	1		3	6	1	1	3	4	9	93	15-58	流1.2 定1.2
6		1		4	5	1	1		3	5	58	5-51	定着氷 1.2
7		3	3	4	10		6		10	16	115	11-50	" "
11	1	4		5	10		1		5	6	61	7-20	" "
13	1	1	2	6	10	3	5	1	12	21	176	14-58	" "
17	2	6	1	19	29	5	11	2	30	48	151	15-56	" "
18	2	6		23	32	1	9		33	43	147	16-23	" "
27		4		13	17	2	7	1	9	19	71	6-57	定1.2 流1.3
2-19	1	13		13	27	1	8	1	20	31	124	13-59	流水 1.1
20	4	2	2	5	14	1	7		8	17	119	9-44	" 1.5
21		16		2	18		6		3	9	67	15-20	"
24		1			1		5			5		10-58	
合 計	13	81	8	97	202	15	83	8	137	245	1,283		

* 前進発令直前を意味する。

「ふじ」は就航後5回目および6回目の南極氷海域での活動に際してプロペラ翼の折損事故を経験した。このため、徒に氷塊を船底に巻き込むことのないよう、後部監視員の増強を計って慎重な操船が行なわれている。しかし氷塊巻き込みによるプロペラ翼と氷の接触は避けられず、主回路電流が急昇する時は直ちに出力を下げる等の操作が行なわれている。

主回路電流の急昇によって確認された氷との接触回数は、表-6.3のように、左舷軸で202回、右舷軸で245回であった。これらの表をもとにプロペラと氷の衝突の発生の傾向を見ると次のようなことが言える。

流水域をある程度の船速で連続砕氷する時は、氷を割るというよりも、むしろ氷盤を押し分けて航行する状態になるので、氷塊を船底に巻き込むことも少なく、接触現象は少ない。しかし押のけた氷盤が航跡を埋めもどすように移動し易いので、このような時には接触が生じる。

厚い氷をチャージング砕氷する時には、船首で砕かれた氷塊は船底に入り込んだ後、大部分は船長の前から1/3付近の両舷に浮上する。しかし、船底を沿って船尾へ氷塊が押しやられる場合も当然あり得るであ

う。この現象を確認したわけではないが、結果的にはチャージング砕氷時に大部分の氷塊接触が起っている。

また流水域のチャージング砕氷の際は、前進中に起ることが多いのに対して、定着氷域では前進時の83回に対して、後進時には186回と、後進時に起る場合が圧倒的に多い。これは氷状が悪く、切開かれた航跡水路幅が十分でない場合（船幅の約2倍に達しない時）または水路に対して風が後方または横方向から吹きつける時、水路の中に破碎された氷が押寄せてくるので、後進中にこれを巻き込んで氷塊接触を起し易くなるためである。

チャージングの後退し切った時にプロペラ翼切損事故をかつて起したので、この時点での接触に注目してその回数を調査したが、特にこの時点で集中的に発生するわけではないことがわかった。

6.3.2 氷海中のプロペラ負荷

氷海中では当然なこととして、氷の存在のために船の抵抗が増し、船速が低下する。プロペラ回転数がある値に維持しておりながら船速が低下するときは、プロペラのトルクが自由航行時のそれより増加すること

になる。そこで、自由航行時の所要軸トルクに対して、氷海中で実測された、対応する回転数の時のトルクの比を「プロペラ負荷倍率」と呼ぶことにする。

流域で連続砕氷する時のプロペラ負荷倍率を氷量に対してプロットすると図-6.11 のようになる。この氷量は目測の観測値であって、厳密な定量値ではないが、一応氷量観測値に比例してプロペラ負荷倍率が増加している。すなわち、船速が氷量により低下することを意味している。参考のために各氷量の時の平均船速を同時にプロットした、唯この平均船速値には軸回転数のバラツキによる誤差が多分に含まれたままである。

チャージング砕氷時の氷の厚さで同様な整理をすると図-6.12 のようになる。唯横軸の氷の厚さは公式観測記録の値を流用したものであって、実際には刻々と氷状は変化するので必ずしも正確な厚さではないが、

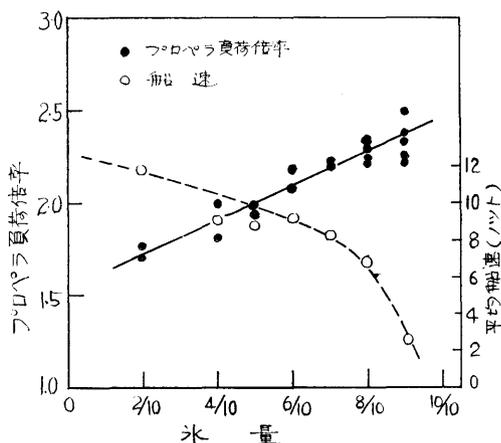


図-6.11 氷量に対するプロペラ負荷倍率と船速

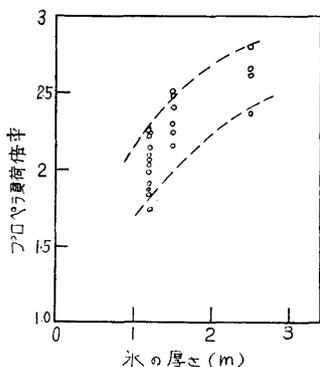


図-6.12 氷の厚さとプロペラ負荷倍率

氷の厚さにより所要トルクが増加する傾向はうかがわれる。

チャージング砕氷時に実測された、多くの連続記録の中から、軸回転数とその時のトルク値をとり出して整理すると図-6.13 のようになる。この図中の実線は平水中の実測データを基に引いた自由航走時の基準の軸トルク対回転数の関係である。また本船のプロペラ単独性能曲線のKQから ($KQ=0.36/J=0$) ボラード状態のトルク値を求めると、図中の点線が得られる。

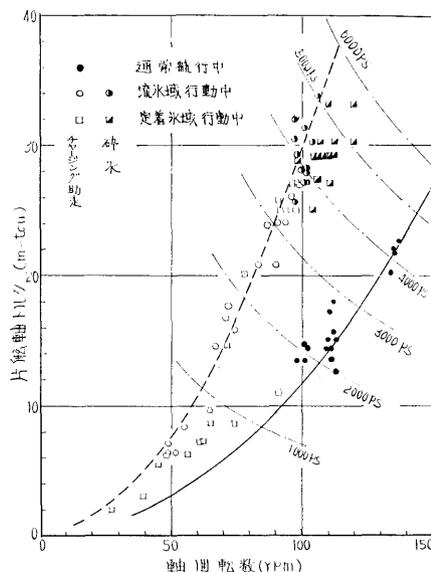


図-6.13 各種行動中の軸トルクと軸回転数

実測の各点は自由航走時のトルクより遥かに高く、氷海行動中はボラードトルクに近い状態にあることがわかる。唯定着氷のチャージング助走時には比較的低いトルク条件が見られるが、これは開氷した航跡水面が比較的ク리어であって、助走が容易であったためかも知れない。これに対して流氷域での助走では殆んどボラードトルクを示している。

またボラードトルクよりも高い値をしめす例もあるが、船体が後進中で前進回転の場合、またはアイスクリーム状氷がプロペラに巻き込まれた場合が想像されるが、確認には至っていない。

6.4 機関部の運転実績

表-6.4に各主要機械の使用時数と燃料消費等の各航路別の実績を示す。表中の機関実速とは、平均の毎分軸回転数をもとに公試運転時の速力曲線から算出した

表-6.4 主機使用実績および燃料等消費量

大洋航行 1.4号主機を主として使用、冰海航行 1.2.3.4号主機使用

		航 海						停 泊				総合計			
		東京 フリアントル	フリアントル 氷緑	氷海中	氷緑 ポトルイス	ポトルイス シンガポール	シンガポール 東京	合計	フリアントル	ポトルイス	シンガポール		合計		
航海時間	h-m	381-56	345-42	1343-15	354-17	315-20	236-45	2977-15					2977-15		
航走時間	h-m	380-09	325-53	155-49	314-53	309-55	236-16	1722-55					1722-55		
停泊時間	h-m								122-07	166-59	187-12	476-18	476-18		
航走距離	Mile	4707.3	3703.1	186.7	3373.5	355.2.2	2995.0	18517.8					18517.8		
平均速力	Kt	12.4	11.4	1.2	10.7	11.5	12.7	平均 10.7					平均 10.7		
平均毎分回転数	RPM	110.0	100.0	69.8	90.7	101.7	107.8	96.6					96.6		
平均機関実速	Kt	12.9	11.9	8.5	10.9	12.1	12.7	11.5					11.5		
機関航走距離	Mile	4903.9	3878.0	1324.4	3432.2	3750.0	3000.6	20289.1					20289.1		
主要機械使用時間	主機	1号	h-m	366-45	267-45	171-00	318-00	305-15	237-30	1666-15	0	0	0	0	1666-15
		2号	h-m	82-15	74-45	174-00	9-15	10-45	107-30	458-30	0	0	0	0	458-30
		3号	h-m	84-15	67-15	168-45	12-00	10-15	98-15	440-45	0	0	0	0	440-45
		4号	h-m	367-45	268-00	170-45	310-30	314-15	219-30	1650-45	0	0	0	0	1650-45
		計	h-m	901-00	677-45	684-30	649-45	640-30	662-45	4216-15	0	0	0	0	4216-15
	補機	1号	h-m	268-00	183-00	228-30	264-30	184-15	138-00	1266-15	10-00	46-45	158-30	215-15	1481-30
		2号	h-m	333-45	77-15	416-45	224-00	311-15	239-00	1602-00	113-00	96-15	4-45	214-00	1816-00
		3号	h-m	136-30	148-45	912-15	89-45	185-00	126-30	1598-45	0	21-45	0	21-45	1620-30
		計	h-m	738-15	409-00	1557-30	578-15	680-30	503-30	4467-00	123-00	164-45	163-15	451-00	4918-00
	缶	1号	h-m	0	68-00	656-15	138-30	0	0	862-45	0	0	0	0	862-45
		2号	h-m	139-15	192-30	692-15	189-15	154-00	124-45	1492-00	0	0	0	0	1492-00
		3号	h-m	87-45	36-15	0	19-45	152-00	40-30	336-15	40-15	46-45	46-45	133-45	470-00
		計	h-m	227-00	296-45	1348-30	347-30	306-00	165-15	2691-00	40-15	46-45	46-45	133-45	2824-45
	造水機	1号	h-m	137-45	181-00	553-00	187-45	154-00	123-15	1336-45	0	0	0	0	1336-45
		2号	h-m	137-45	190-30	643-00	180-30	152-00	123-15	1427-00	0	0	0	0	1427-00
		計	h-m	275-30	371-30	1196-00	368-15	306-00	246-30	2763-45	0	0	0	0	2763-45
燃料消費量	主機	Kl	368.5	253.6	163.2	169.3	192.3	263.5	1410.4	0	0	0	0	1410.4	
	補機	Kl	51.5	44.4	128.1	46.5	56.2	44.6	371.3	9.1	16.7	19.1	44.9	416.2	
	缶	Kl	38.5	60.7	233.8	60.3	41.5	33.3	468.1	1.5	1.5	2.6	5.6	473.7	
	合計	Kl	458.5	358.7	525.1	276.1	290.0	341.4	2249.8	10.6	18.2	21.7	50.5	2300.3	
水消費量	ボイラ水	ton	23.5	30.3	192.4	65.7	33.2	27.3	372.4	4.6	7.2	4.6	16.4	388.8	
	飲雑水	ton	471	398	1479	509	427	368	3652	298	293	247	838	4490	
	計	ton	494.5	428.3	1671.4	574.7	460.2	395.3	4024.4	302.6	300.2	251.6	854.4	4878.8	

注. 主機械……推進発電機用機関 補機械……主発電用機関

ものであり、また機関航走距離とは軸の積算回転数より算出したものである。

大洋航行時において、時間短縮のための増速時および低気圧避航時以外は、1、4号主機のみ使用の2機運転で航行したため、2、3号主機運転時数約450時間に対し、1、4号主機の運転時間数は約1,660時間と約3.7倍になっている。

全航程の平均船速は、10.7 Knot で、全航走距離18,517.8マイルに対し、軸積算回転数から算出した機関航走距離は20,289.1マイルであった。

全燃料消費量2,300.3kℓに対する主機関の燃料消費量は1,410.4kℓであり、その割合は61.3%である。また航走距離1マイルに対する燃料消費量は0.076kℓの割合であった。

以上の結果は、全航程の平均であり当然大洋航行中と氷海航行中とは、その数値に大きな差が認められる。表-6.4に示した諸数値を大洋航行時と氷海航行時とに分類比較したものが表-6.5である。

表-6.5 大洋航行時と氷海航行時の航走距離、燃料消費料等の比較

	大洋航行時	氷海航行時
航 走 時 間	1,576 h—06m	155 h—49m
平 均 速 力	11.7 K T	1.2 K T
航 走 距 離	18,331.1mile	186.7mile
機 関 航 走 距 離	18,964.7mile	1,324.4mile
主 機 燃 料 消 費 量	1,247.2kℓ	163.2kℓ
全航程に対する航走割合	98.99%	1.01%
全航程燃料消費量に対する燃料消費割合	88.43%	11.57%

全航程18,517.8マイル中、氷海中の航走距離は186.7マイルとわずか1.01%であるのに対し、燃料消費量は、全消費1410.4kℓの内163.2kℓと11.57%の量を消費している。すなわち大洋航走中は1マイル当りの燃料0.068kℓであったものが、氷海中では1マイル当り0.878kℓと距離当り約13倍の燃料を要している。

さらに氷海航行のうち、定着氷チャージング砕氷時の進出距離と燃料消費量とをとり出すと、表-6.6のようになる。これによるとチャージング砕氷時は平均進出距離1マイル当り燃料を13.9kℓ要したことになる。

船内電源用発電機は、通常各区画と発電設備とを組

表-6.6 定着氷チャージング砕氷時の航走距離と主機関燃料消費

年月日	チャージング回数	航走距離 マイル	主機燃料消費量 kℓ
51.1.6	58	0.8	5.8
7	115	0.8	11.7
11	61	0.4	7.5
13	176	0.9	16.7
17	151	1.2	17.5
18	147	1.3	19.0
27	71	0.8	8.0
計	779	6.2	86.2

合せた区分運転を行っているが、大洋航行中において低負荷時、特に保安上問題のない場合は全通運転として燃料および発電機運転時間の節約を計っていた。

また、全航海を通じて1日使用量30トンの真水の使用管制を実施して、造氷装置運転時間の短縮とこれにともなう燃料の節約を計った。(10トンの造水量に対し、燃料使用量約1トン)

全燃料消費量に対する各機械別の消費割合は停泊中も含めて、主機関61.3%、補機(発電機)18.1%、缶20.6%であった。

6.5 機関の保守及び故障

6.5.1 氷海停泊中の機関の保守

氷海上において停泊中の主機関および舵機は、暖油による暖機を常時実施し、機関温度を20～30℃に保ち(燃料節約のため長期停泊状態時には10～15℃)毎日2回ターニングを行い当直交替時にはエアークレーンを実施し、また毎日1回燃料ポンプラックの作動を確認、シリンダヘッド、ボンネット内の点検を行い1月26日にはシリンダ内に水が混入しているのを発見し事故を未然に防止した。

主機関整備作業中は常に他の1機は使用可能な状態に保って作業を行っていた。

氷海停泊中に行った主な整備作業を下記に示す。

- (1) No. 3, 4主機関の燃料弁抜出し、清掃手入れおよび圧力テスト。
- (2) No. 3, 4主機関クランク室細部点検
- (3) No. 3 発電機機関クランク室点検
- (4) No. 3, 4主機関およびNo. 3 発電機機関動弁装置の点検
- (5) 各機関の潤滑油交換
- (6) 全主機関のクーラーおよびインタークーラー保護亜鉛点検, 40%以上腐食のものは換装

表-6.7 機関関係故障リスト (その1) 推進装置関係

年月日	故障欠損箇所	故障欠損の概要	原因	処置	復旧に要した人/時
50. 11. 27	4号推進用発電機冷却器冷却海水管	漏水	腐食	当金溶接	4/4
28	4号主機機後部副冷却器冷却海水管	漏水	腐食	肉盛溶接	4/3
29	1号主機機燃料噴射弁冷却器冷却海水管	漏水	腐食	肉盛溶接	2/1
12. 4	2号主機機 13番燃料噴射弁	燃焼不良	1/2孔閉塞	予備品と換装	2/1
8	1号主機機 後部副冷却器出口排気管	き裂	老朽	溶接	2/2
9	1号主機機冷却海水ポンプインゲリング締め付けボルト	折損 (12本中3本)	腐食	ボルト交換	6/5
19	4号主機機 オバースピードカバー	駆動軸及び同ブッシュ焼損	注油管の継ぎ目注油不足	予備品と換装	5/8
19	2号主機機 13番燃料ポンプ	過熱	燃料噴射弁不良	予備品と換装	2/2
24	2号主機機 12番燃料ポンプ	過熱	フランジカバー欠損	予備品と換装	2/1.5
28	2号主機機 6番シンククワイフ及び14番ピストン、進排弁及びシンククワイフ	6, 14番クワイフ部欠損 14番ピストンスラスト部欠損 14番進排弁の欠損	14番燃料噴射弁の冷却水漏えいによる水圧降	予備品と換装	11/18
28	4号主機機 1, 10, 13, 14番クワイフヘッドナット	ガス漏れ	ガスケット不良	予備品と換装	9/9
30	1号主機機 1番燃料ポンプ	フランジ固着	不明	予備品と換装	2/1
51. 2. 23	2号主機機 13, 14番燃料ポンプ	ラック部より漏油	工作不良	予備品と換装	2/1.5
23	1号主機機 12番及び2号主機機 6番燃料噴射弁	シリンダ本体取り付け部より漏油	工作不良	予備品と換装	2/1
3. 4	2号主機機 3, 9番燃料噴射弁	冷却水漏えい	1/2バルブパッキン破	予備品と換装	3/1
10	4号主機機 1番シンクヘッド	ガス漏れ	締め付け不良	増締め	3/1.5
22	13号推進用発電機冷却器冷却海水主管	冷却水漏えい	腐食	溶接	6/1
4. 9	3号主機機潤滑油系	油圧低下	ゴム抜き取付	予備品と換装	4/3
16	1号主機機 2, 12番燃料噴射弁	燃焼不良	噴霧不良	予備品と換装	2/1

表-6.8 機関関係故障リスト (その2) 補機関係

年月日	故障欠損箇所	故障欠損の概要	原因	処置	復旧に要した人/時
50. 11. 28	3号補助ボイラ燃料ポンプ	異音発生	摩耗	予備品と換装	2/2
12. 28	1号造水装置付属ポンプ	玉軸受破損	取付け不良	予備品と換装	3/7
51. 1. 3	3号発電機原動機 2番シンクヘッド	軸弁装置クランク締め付けスクリュー折損	スタートボルトのゆるみ	ヘッド部予備品換装	3/4
8	1号補助ボイラ給水ポンプ	潤滑油に給水混入	給水パイプフランジ破	パイプフランジ換装	2/8
2. 17	1号造水装置付属ポンプ (ドレン)	吐出圧力低下	インペラの目づまり	清掃	2/3
18	3号発電機原動機潤滑油圧力調整弁	折損	振動	溶接	2/1
19	1号発電機原動機潤滑油冷却器カバー	潤滑油漏えい	パンチ径の適合不良	予備品と換装	2/1.5
29	2号造水装置付属ポンプ (ドレン)	吐出圧力低下	インペラの目づまり	清掃	2/3
3. 10	3号消火海水ポンプ 舷外吐出管	破孔	腐食	当金溶接	4/1
10	2号発電機原動機 2, 3, 4番噴射弁	燃焼不良	噴霧不良	予備品と換装	2/1.5

その他

50. 11. 29	洗濯機減速歯車	セットボルト折損	工作不良	ボルト新管調整	2/4
12. 8	第3冷凍冷蔵庫隔壁温度計	示度不良	調整不良	予備品と換装	2/2
10	第3冷凍冷蔵庫膨張弁	作動不良	針弁の固着	予備品と換装	2/1
16	1番汚物処理タンク水位検出アーム (2号)	作動不良	海水浸入による電動機摩耗	予備品と換装	4/6
20	1, 2号冷房用冷却海水ポンプ吸入管	漏えい	腐食破孔	当金溶接	3/4
23	1番汚物処理タンク奥裏環状ポンプ用電動機玉軸受	異音発生	玉軸受摩耗	予備品と換装	3/4
26	左舷起機式マツ油圧装置	作動不良	調整不良	調整	3/4
51. 3. 5	13号排気ファン電動機玉軸受	異音発生	玉軸受摩耗	予備品と換装	4/5
16	第2冷凍冷蔵庫膨張弁	作動不良	弁固着	予備品と換装	2/1
16	2号内火継ぎ機 R-1番シンクヘッド	過熱	ジャケット閉塞	予備品と換装	4/3

- (7) No. 3 発電機機関LOクーラー側蓋パッキン取替え
- (8) 各機関の燃料および潤滑油こし器掃除
- (9) 各ボルト類のゆるみ点検

以上の他に、配管類の凍結防止のため、真水関係は真水タンク内に常時蒸気を給入し、また不使用の各管は水抜きを実施していた。

6.5.2 機関関係の故障

本航海において発生した機関関係の故障は、推進装置関係37件、補機発電機、ボイラ、造水機等の補機関係15件、その他12件であった。

推進装置関係の故障発生件数を月別に分けると、11月～12月25件、1月～2月4件、3月～4月8件で、出港後氷海までの往航時にその発生件数は集中している。故障の種類としては、冷却器用海水管の老朽による腐食き裂が多く18件発生している。振動による主機関各部への注油パイプの破損事故も多く、12月19日の主機関オーバースピードガバナーの注油管破損事故は、同ガバナーの軸受部焼損事故に至っている。

復旧修理に要する工数が30人時以上の事故が4件発生しており、12月28日には2号主機関6番シリンダーライナーの下部欠損、また14番シリンダーライナー下部欠損、ピストンスカート部欠損、連接棒わん曲事故が発生して、復旧修理に11人/18時間を要した。原因は、14番シリンダカバーの破損により燃料噴射弁冷却水が大量に燃焼室内に漏えいしたためである。

表-6.7および表-6.8に復旧修理に2人/1時間以上を要した機関関係の故障リストを示す。

船内における各部署からの要求による修理工作は溶接作業が最も多く69件2,163.5人時で、諸配管の溶接肉盛り作業が比較的が多かった。また復航時に1件36人/22時間の木工作业があるが、これは運航とは無関係の別な作業である。

表-6.9に船内工作の実績を示す。

表-6.9 船内工作実績

	東京～氷海 50.12.19～50.12.24		氷海中 50.12.24～51.2.24		氷海～東京 51.2.24～51.4.19		合計	
	件数	工数 人時	件数	工数 人時	件数	工数 人時	件数	工数 人時
溶接	15	19/24	4	5/2	4	5/2	23	29/28
ガス	20	20/25.5	11	10/4	15	21/7	46	51/26.5
機械	4	4/16	7	7/25	5	7/8	16	18/32.5
手仕上	5	11/6.5	6	6/5	2	1/1	13	18/12.5
板金	2	3/2	1	1/2	0	2/4	3	6/8
木工	0	0	1	1/1	1	36/22	2	37/23
合計	46	57/64	30	30/22.5	27	72/44	103	159/130.5

6.6 砕氷船の機関の考察

6.6.1 氷海中での常用最大出力

軸トルク及び軸回転数の実測結果から、氷海中での常用最大出力（第4強速）は片舷軸について次のようになる。

- 軸回転数：約 105 [rpm]
- 軸トルク：約 30 [m-Ton]
- 軸出力：約4,400 [ps]

発電機と電動機の効率を試運転成績を参考にして、それぞれ93.5%とすれば、ディーゼル機関1基当りの軸出力は次のようになる。

$$4,400[ps] \times 1/2 \times 1/0.935 \times 1/0.935 = 2,516[ps]$$

本機関の定格最大出力(10/10)は3,500馬力であるので、上記2,516馬力は定格の72%負荷ということになる。この常用最大出力値は、同時計測された機関関係諸成績と、公試成績を対比することによってもその妥当性は裏付けられる。

6.6.2 ディーゼル機関の出力の余裕度

一般に船用主機関は信頼性を確保することが至上命令であって、その意味で運航中に不測の故障があってはならない。そこで運用者としては主機の最大定格出力よりも相当低い所を常用出力として使用するのが常であるが、本船の場合も氷海域での常用最大出力を前述のように約70%負荷としている。

ところで本船の機関は6.2で述べたように氷海中では無負荷から常用最大出力の間を急激に操作し、またこれを頻繁に繰返すことが操船上余儀なくされている。この様な状態は通常の商船用主機関では全く考え及ばない苛酷な運転条件といえよう。すなわちディーゼル機の構造部材、特に火焰にさらされる部分の熱負荷が絶えず過渡状態になるために、大きな繰返し熱応力が生じることになり、耐熱強度の面からは甚だ不利な条件で使用されていることになる。

そこで本船のディーゼル機関のこれまでの故障経歴を調査すると、ピストン、シリンダーライナーの欠損、さらにはシリンダカバーにき裂が入り、冷却水がシリンダ内に漏出して、コネクティングロッドを曲損するなど、重大な故障が数多く発生したことが記録されている。また今次航においても6.5.2でふれたように全く同様な故障が引続き発生した。

以上のような実績を見る時、本船の場合、ディーゼル機関自体に若干の問題がないでもないが、結果的に約70%負荷を常用最大出力として使用することに若干無理があったのではないかと考えられる。特殊船とし

ての砕氷船の主機ディーゼル機関は、操船上の要求からくる苛酷な運転条件からして、常用出力に対する定格最大出力には相当の余裕を持たせることが必須の要件になるであろう。要は繰返し熱負荷変動に強い機関が望まれることになる。

6.6.3 望ましい機関出力特性

本実測調査或はこれまでの運転実績からみて、最も苛酷なプロペラ負荷は次のような状況である。氷海中の第4強速で、軸トルク約30m-ton、軸回転数100回転前後で前進回転中、プロペラに氷が接触して軸回転数は殆んど変らぬままに軸トルクが50~60m-tonに急昇する。この時トルクにはほぼ比例して主回路電流計指示値も急昇するので、手動により直ちに出力を下げる操作が行なわれるが、この操作を考慮してもプロペラに氷が接触している時間は瞬間乃至2秒を越えることはない。

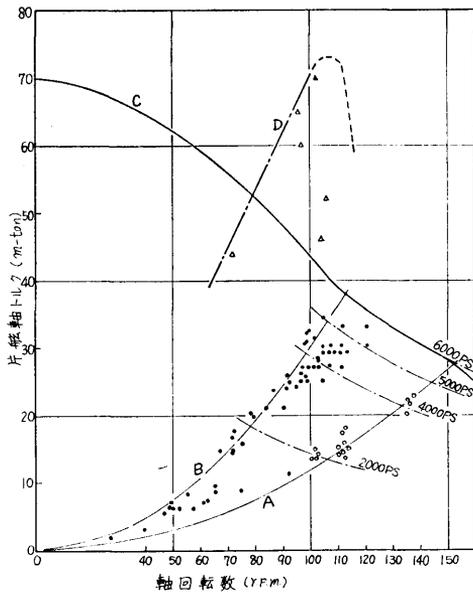


図-6.14 軸回転数に対する軸トルクの実績

本船の計画時に予想したプロペラ負荷、それに従って設定された推進電動機の出力トルク特性は図-6.14のC線のようになっている。すなわちプロペラ翼が氷盤に噛込んで回転トルクが増すと回転数が下ってくるが、回転が停止する時には平水中の定格トルクの2.5倍まで出せるような設計となっている。しかし実際の氷海行動中にプロペラ翼が氷と接触した時は、瞬間的ではあるが図-6.14のD線の範囲のピークトルクが発

生するが、当初予想のようなC線に沿って回転が低下して行く現象は未だ経験されていない。

これは本船のように2米前後の砕氷能力に対して、プロペラが十分に深い位置にある場合は、プロペラに接触する氷はあまり大きなものではなく、瞬間的な衝突によって排除できるためと思われる。一方プロペラが比較的浅い所に位置するような砕氷船の場合は、大きな氷盤の中でプロペラ翼が氷を連続的に掻き取るような状態が起って、本船の当初計画のようなトルク特性が要求されることになるのかも知れない。

したがって本船のように十分なプロペラ深度を持った大形砕氷船の場合は、当初計画のような出力トルク特性よりも、むしろ氷海中常用回転数のボラードトルクの更に2乃至3倍のトルクに比較的短時間ではあるが耐えられるような余裕を持たせることが最も重要な要件と思われる。

7. 結 論

南極観測支援行動に調査員が同行することによって、砕氷艦「ふじ」の行動を始終親しく調査することができたが、南極海域の気象、氷状等とともに、特に重点項目とした機関関係の実態を明らかにすることができたことは、大きな成果であると考えられる。

本調査で特に機関関係で新たに得られた認識としてその主なものを挙げると次のようになる。

(1) 氷海行動中のプロペラ負荷は種々の条件はあるものの、当初計画時に予想されたように、ほぼボラード状態の負荷と考えてよい。

(2) 南極海域では一定厚さに全面結氷した所を、一定速力で連続砕氷するという状況は殆んどなく、大部分はチャージング砕氷或はそれに準ずる行動が主体となるので、機関負荷変動が極めて大きくなる。

(3) プロペラと氷の接触は、プロペラ翼の氷塊との衝突という瞬間的現象としてのみ現れる。その際軸には、ねじり自然振動数に相当する振動が発生するとともに軸トルク値自体もボラード状態の2倍から3倍まで瞬間的にはね上げる現象があらわれる。

(4) したがって当初計画時に予想されたように、プロペラが氷に拘束されて準定常状態のままトルクの増大と軸回転数が停止に到るまで減少してくるという状況は殆んど起り得ないことが確認された。しかし船の大きさ、プロペラの水線下の位置、氷の状況等「ふじ」とは異なる条件のもとでは当初計画のようなプロペラ負荷の生じ得ることも想像に難くない。

(5) 「ふじ」発電用主機ディーゼル機関の氷海中での常用最大出力は最大定格馬力の約70%前後で使用されている。しかし頻繁に且つ急激な前後進がこの負荷のもとで繰返されることを考えると、現実には発生した多くの故障実例を挙げるまでもなく、極めて荷酷な使用状態にあるといえよう。最も信頼性が要求される主機ディーゼル機関の立場から、今後計画される砕氷船の主機としてはその出力余裕度のあり方には十分な考慮が払われる必要がある。

8. あとがき

「ふじ」は自衛艦として建造以来10年余にわたって海上自衛隊のもとで管理運営されてきた。その間年毎に「ふじ」の行動経過の詳細が報告されてきたが、機

関関係については機関運用規準に基づいて操縦された運転実績報告が主体であって、プロペラ負荷を技術的に解明するに足る資料は皆無であった。しかし本調査により始めて砕氷船のプロペラ負荷の実態の、しかもその輪郭を把握することができたものといえよう。

在来の実績を次のステップに生かすことは技術の前進にとって常套手段であろう。その意味で今後の極地行動船舶を云々するに当っては、唯一の貴重な実績である「ふじ」の状況を、技術的により十分に追及することが何を措いても急務と考えられる。

おわりに今次調査の実現に種々御配慮を戴いた、文部省南極本部、国立極地研究所、また調査実施に御協力を戴いた海上自衛隊その他関係の各位に対し仲心より謝意を表します。