

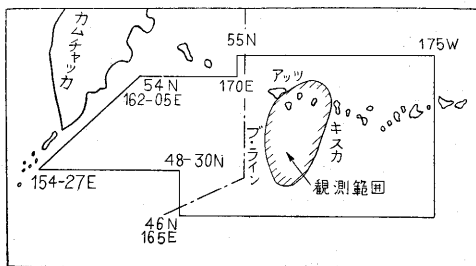
北洋鮭鱒漁区における経験

田 宮 真

今回北洋鮭鱒漁区のうちいわゆる東カムチャッカ海域に出張を命ぜられ、船舶の洋上における復原性、動揺の実測と、海象の観測を行ったので、その概要を述べる。わが国の近海の家象は近年各方面の努力によってかなり明らかになってきたが、南方海面にくらべて北方海面の知識は若干おくれているように見える。しかもわが国の船舶のうける被害は北方海面においてはなほが多い。南方海面に発達する台風の猛威は人のよく知るところであるが、これに対しては観測網も漸次整備されているし、大休中心部は非常に荒れて危険であるが、全体の規模は大きくなく、持続時間も短い。北方の旋風は最大風速において台風に劣るが、その拡がりにはなほ広大で、持続時間も長く、かつ広い地域を掩うために微細構造が複雑で思わぬ現象に遭遇する危険もある。昭和 27 年以降この方面へ毎年夏期に母船式鮭鱒船団が出漁しているが、昨年の如きは 6 隻が沈没し乗員の大多数が死亡するという有様で、沈没に至らないが、途中で事故のため引揚げた船も 9 隻に達している。このような状態を改善するためにも現場の実態を造船ならびに海洋学の立場から把握することは極めて肝要である。事情により調査の人員は極度にきりつめる必要があったので、著者と共に東大地球物理学教室の秋葉芳雄が日本水産宮島丸に便乗して観測に従事し、前者は主として船体運動の解析を、後者は主として海象の解析を受持つこととした。以下のべるところは著者の手もとで現在までに整理した観測結果の概略である。

日 程

昭和 31 年 4 月 28 日アリューシャン海域、東カムチャッカ船団は母船 12 隻、独航船約 320 隻一斉に函館港を出帆、一路東航して、約 1 週間後には許可された操業海面（第 1 図）に入り、操業を開始した。著者の便乗し



第 1 図 母船式鮭鱒漁区

た宮島丸は 5 月 7 日午前 4 時まで航走をつづけ、N 50-17, E 173-02 に到着して停止、各独航船に補給を行い、当日午後から網入れを開始した。以後魚群を求めて毎日 50 哩内外の移動を行いつつ操業海面内を動き、6 月 10 日午後より 11 日朝にかけて北上してベーリング海に入り東航し、6 月 18 日には午前 7 時に N 54-14, E 178-26 にあった。6 月 18 日夜仲積船泰北丸に移乗して現場に別れをつけ、2 週間の後内地に帰還した。海上滞在 9 週間、現場滞在 6 週間である。

現場滞在中は午前 8 時、正午、午後 4 時に定時観測を行い、海象によっては随時観測回数を増した。また午前中は独航船の接触、水揚が行われるので、この間に独航船の動揺周期計測を行った。

6 月 5 日、6 日と 13、14 日には独航船に移乗し、動揺の計測を実施した。

船の動揺計測には振り式動揺計 2 台を用いた。海象の観測には、南方定点で試用した Froude 式の簡易波高計を用意した他は、船に備付の計器から読みをとった。波高計の読みは 16% 撮影機で記録する予定であったが、不幸にも撮影機が故障し、フィルム上の記録は 1 巻しかとれなかった。結局波高計を波頂および波底が通過する時刻と、波高計の目盛とを記録することで満足する以外なかったのは残念である。

別に水産庁の東光丸に浮標式の波長計を用意し同船上で観測を行う予定を持ったが、東光丸が任務の都合上宮島丸に接近する機会がなく、使用することができなかった。

母船上における観測

1. 海 象

鮭鱒の漁を行うにはある程度海面が平穏でなければ困難であって、出漁期間が 5 月～8 月に限られるのも一つにはこの自然条件があるからである。本年は昨年比し 5 月中は荒天が多く、流網を行うに、減反または投網中止の日も間々あった。

気温は正午において最低 4.0°C、最高 9.3°C、5 月中は 5°C 内外、6 月に入って 6°C 内外となっているが夜間も大差なく、海水温度はほとんど 4～5°C であった。鮭鱒の適温が大体この水温にある。

旋風の移動につれて気圧は変動をくりかえすが、5 月中はほぼ 3～4 日の規則正しい週期で低気圧が襲来し、最高 1024.0 mb、最低 980.8 mb を記録した。6 月 5

日を境としてこの週期は急にのびてほぼ10日となった。6月中の最高は1,028.3 mb, 最低969.6 mbである。この最低値は6月11日に記録され、この時の気圧の低減は約20 mb/日であったが、アリューシャン列島の南側水域で20 m/s程度の風が吹いているにもかかわらず、約150 哩をへだてた宮島丸の付近は10 m/s内外で波浪階級も4以下であって、旋風の規模(1,000 km~2,000 kmに達する)から考えるとかなり近接地域においてこれだけの差があることは島の存在を考えに入れても、旋風自体の構造の複雑さを物語るものではないかと思われる。

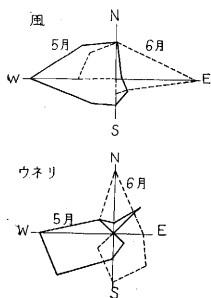
上記のような現象もあるが、大体において風の強さはやはり低気圧の強さに支配され、風力について毎日の最高値をしらべると次の表のようになる(括弧内%)。約7

風速	5 m/s未滿	10 m/s "	15 m/s "	20 m/s "	25 m/s "	25 m/s以上
5月	0	2	13	5	4	1
6月	2	1	3	3	1	0
計	2(6)	3(9)	16(46)	8(23)	5(14)	1(3)

割が10~20 m/sの値で占められている。上の値は3時間おきに約10分間計測した平均値についての調査であることを付記する。

風向とウネリの方向についての分布にも明らかに5, 6月の差が見られる。定時観測におけるこれ等の値をしらべると次表ならびに第2図が得られる。表の最下段は0時および12時における風向についての調査結果を示す(%)。

方向		N	NE	E	ES	S	SW	W	WN
風 (定時)	5月	7	5	1	5	13	15	26	28
	6月	0	15	31	12	4	0	12	27
ウネリ	5月	4	14	0	6	10	30	28	8
	6月	25	11	11	17	19	8	0	8
風 (0時, 12時)	5月	15	2	2	6	10	13	33	19
	6月	15	15	30	5	5	0	15	15



第2図 風向とウネリの進行方向の分布
風向は短時間にかかなり急激な変化を示すので、変化の緩漫なウネリの方向と、0時, 12時の風向との分布が比較的近似するものと思われるが、5月はWが卓越するのに、6月には全く逆のEが卓越するのは特色あることである。

次に波の周期についてみると風波の頻度は周期3~7秒のものが全体の4/5を占め、平均周期5.6秒を示す。これは後述する独航船の横揺周期にかなり近い値である。ウネリは5~9秒のものが全体の4/5を占め平均6.6秒となり、一冒横揺周期に近い。また西

者を含めての平均は6.2秒である。上の値はこれを波長に換算するとそれぞれ49 m, 68 m, 60 mになる。

概略の波高を示す波浪階級をしらべると、毎日の最高値の統計として次表が得られる(ただし本表は5月1日~6月15日にわたる)。

波浪階級	1	2	3	4	5	6	7	8
相当波高(m)	0.3以下	0.3	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	7.0
		0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	7.0	13.0
5月	1	1	6	7	6	4	4	2
6月	4	0	1	5	0	2	3	0
計	5	1	7	12	6	6	7	2

すなわち全期を通じて波浪階級4に達する日があつても多いが、5月にあつては月の半ばが階級5以上の海況を示したことになる。観測された最大の波高は5月22日正午頃の13~14 mで、発達しきった風波に、若干のウネリが重なったものであつた。

2. 母船の動揺

母船宮島丸は昭和28年11月、日立因島工場で竣工した冷凍工船で主要目は次の通である。

長×幅×深×満載吃水(m) 140×19.00×10.50×8.289

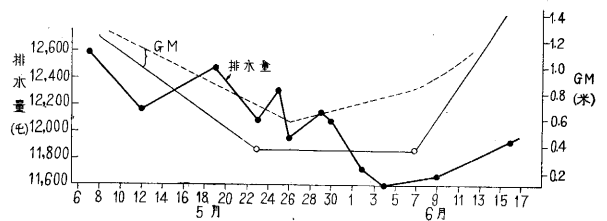
総屯数 8964 純屯数 4898

載貨重量(吨) 9002

主機 日立B&W 単動2サイクルジーゼル 1基

常用出力×毎分回転数 5,100 BHP×112 RPM

航海速力 14.5 節

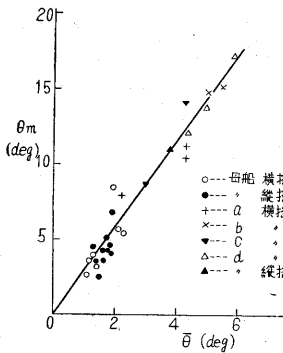


第3図 母船の排水量とGM

乗船中の排水量およびGMは第3図のように推定される。GMは本船が毎日川崎艇と称する重量約12吨の作業船を揚卸するのを利用して傾斜の変化から推定したみかけの値で、船内にある自由表面をもつ水の影響を含んでいる。船内に確詰および冷凍の設備を有し作業を行うためと、独航船へ補給を行うため燃油、清水共に自由表面が多く、その影響は相当大きい。ただし各油、水槽間の流体の人為的な移動が多いので、GMの減少を詳細に知ることは不可能である。第3図の点線はこの減少分を推定して真のGMを示したもので、大きい所ではGMの減少が40 cmにも達している。これらの水槽水の影

響のため船の動揺もはなはだ複雑な様相を示し、動揺の周期にも、短いものは 3~4 秒から長きは 16~20 秒におよぶものが観察された。これ等は単に不規則動揺の成分として、ある平均周期のまわりに見られるというものでなく、むしろ固有周期が時々、変化するが如き観を示している。ここではこれについての詳しい考察にふれないが、結局船を種々の固有周期をもつ振子を内蔵する剛体振子と考えることで説明がつくと思われる。

かかる事情のため母船の横揺解析は予想外に困難なものとなったが、船体が大きく、固有周期が長く、かつ昼間は船内作業を容易にするため船の針路をほぼ波の来る方向におくために記録された横揺角は小さく、片舷最大 10° をこえるものはない。動揺角変位の分布はほぼ正規型でこれを仮定して得た自乗平均振幅と、最大動揺振幅との関係は第 4 図に示す通りで、この図には、母船、独



第 4 図 最大動揺角と自乗平均動揺角

航船の縦横についての結果が併記されているが、いずれも $\theta_m = 0.35 \theta$ の関係を近似的に満たしている。この結果は真鍋が定点観測船の記録から得た結果にも内容的によく一致している。

縦揺については異常は見られず、その平均固有周期はほぼ 7 秒と推定される。前記の通り風波の激しい時には波に立てるので、縦揺角の最大は横揺角の最大に割合近い。風が吹募っている時、波浪はかなり規則立ってきて大型船に対しては大体単一方向の波だけと考えるとよい様子になる。したがって本船の縦揺記録の解析は波の性質をかなりよく示すものと考えられる。この際船の前進速度がほとんど 0 であることが有利である。

3. 独航船の横揺周期その他

宮島丸船団に属した独航船は 29 隻（後やや小型の 4 隻が加わった）で、うち 3 隻を除いて木造漁船である。その平均総屯数は 77 屯、長、幅、深さの範囲はそれぞれ 22~26 m, 4.9~5.5 m, 2.4~2.7 m で、いずれもジゼル機関を備え、最大出力は平均 270 BIP 程度である。特徴としては、後甲板上に流網約 400 反（1 反の長 50 m, 重量 25 kg）を積むため、後部の水線が肥えており十分な浮力を備えること、網囲をもつために水線上側面積が大きいこと、操作上の必要性から、特に母船接触時にトップヘビイになる可能性の大きいこと等である。

独航船には 60 m³ 程度の魚艙を備えるが、ふだんはこれに魚を入れることは少ない。すなわち毎日朝、母船

に接触水揚を行うと（要すれば水、油を補給して）、直ちに網入に適当な水面に急行する（これを適水という）。現場につくと船尾から網を放出するが、大体 5 節位の船速があり、網入に 2 時間位かかる。網入は日没までに行い、朝の 5~6 時に揚網が終るよう、前夜 11~12 時から揚網を行う。この時は前の甲板に網をあげ、かかった魚は甲板に置き、網は逐次整理して船尾につむ。揚網終了すれば魚を種類によってわけ、モッコに納め、母船へ帰投する。この間モッコは甲板上に並べて適宜固縛することが多いが、風波のあるときは魚艙に格納し、また網も魚艙に入れる船頭がある。母船では帰着の順によって前、後部にそれぞれ一隻ずつ接舷を行わせ、母船のデリックで甲板上にモッコを吊上げるのである。これを漁期の間毎日くりかえす。船の復原性からこれをみると、投網を終り揚網にかかるまでの間が、重心位置がもっとも低く、GM は大きく横揺周期短く、乾舷も大で復原性能はよい。排水量は小さいが、復原艇は大きく、復原モーメントも十分である。最も危険な時期は揚網直後と、母船接触時で、これらの時には漁獲物はすべて甲板上にあり、かつ横への移動の可能性もあり、燃料は減少して重心位置高く、乾舷は減少しているのである。この間の事情は次節において実測された横揺周期からいっそう明らかになるが、母船上における観測では、適水にかかる時と、帰投したときのことだけが判明する。しかしこの両者がわかれば、投網後の様子はほぼ推定が可能となるので、独航船の概略の復原性能の重点は推量することができる。ただ乗船中比較的の不漁の日が多く、漁獲物の重量が 1 日 2 屯に満たない船も多数あったため豊漁（1 日 1 隻の水揚が 10 屯にもなる）の場合の実例が少なかったのは残念である。さて適水離舷時と帰投接舷時とで、環動半径が不変であると仮定すると横揺周期は \sqrt{GM} に逆比例するから

$$\frac{T_F}{T_D} = \sqrt{\frac{GM_D}{GM_F}} = 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{w}{W} \cdot \frac{KG_1}{GM_D}$$

となる。ここに F は帰投時、 D は適水時を示し、 W は船の排水量、 w は F に対する D の重量減少、 KG_1 は w の重心の骨面よりの高さである。燃油、水の補給を行わない時は w として一日の水揚重量をとることができ、この魚は帰投時上甲板上におかれるので KG_1 は船の深さ D_0 に比例すると考えられる。また GM_D と T_D との間には

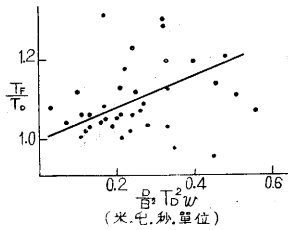
$$GM_D = (2\pi k)^2 / g T_D^2 \quad k \text{ は環動半径}$$

なる関係があるが k は B （船幅）に比例するから結局

$$\frac{T_F}{T_D} = 1 + K w \quad \dots \dots (1)$$

$$K = \frac{\text{const}}{W} \cdot \frac{D}{B^2} \cdot T_D^2$$

と書ける。そこで T_F/T_D を縦軸に $\frac{D}{B^2} \cdot T_D^2 w$ または



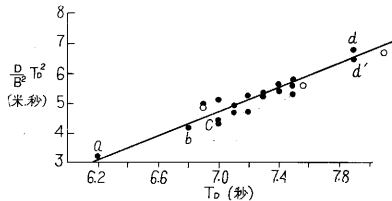
第5図 T_F/T_D と w との関係

图中の直線は

$$\frac{T_F}{T_D} = 1 + \frac{1}{150} \left[w \cdot \frac{D}{B^2} \cdot T_D^2 \right] \quad \dots\dots (2)$$

で、 w は噸、 B, D は米、周期は秒単位である。(1)式の係数 K または (2) 式にあらわれる $\frac{D}{B^2} \cdot T_D^2$ は、甲板上におかれた重量物が横揺周期に与える影響の大小を示すもので、これと、 T_D とから船の安全性の指標が得られると考えて、両者を置点したところ第6図を得た。元来この置点は $\frac{D}{B^2}$ をパラメータとする二次曲線群となるが明らかであるが、実際の船については、ほとんど点が一直線

$$\frac{D}{B^2} \cdot T_D^2 = 2T_D - 9.3 \quad \dots\dots (3)$$



第6図 T_D と $\frac{D}{B^2}$ との関係

の上に集っている。換言すれば T_D はほぼ B^2/D のみの函数として定められるわけで、水揚量に無関係な基準値としての T_D が主要寸法で定まることは実用上便利である。この関係は昨年水産庁の芝田技官の観測された値(○印)をも包括している。ただし後期に参加した4隻(GT 45~57)についてはあてはまらない。上の(2)式から水揚量 w と T_F との関係が定まるが、一方ケンブの Rollzahl を使うと B, GM, T の間の関係が定められるので、船幅 B と T_F から GM_F がわかる。 GM_F の最低を 0.15 m と仮定すると w の最大値を定めることができる。宮島丸船団について計算したところでは w_{cr} の最低は 3 噸、最高は 20 噸以上となった。 GM_F を 0.10 m まで許容するとこの値が約 2 倍になり鮭の尾数に換算して 4,000~20,000 尾である。船は GM が負になっても直ちに傾覆するものではないが、小型船にあってはこのような事態は極力さげねばならない。なお(3)式の成立つことは北洋流網漁船の構造や、船体寸法の比率が比較的相似したものになっていることを示すものと思う。

$\frac{D}{B^2} \cdot T_D^2 \cdot \frac{w}{GT}$ (GT =総屯数)を横軸にとって点をおいてみたがいずれもかなり散乱するが、 $\frac{D}{B^2} \cdot T_D^2 w$ を横軸においた方が成績はよい(第5図)。

これらの船については、船体の各部について主要寸法の表を求めたところ、船頭の協力を得て大部分の船から回答が得られたが、排水量については聞くことができなかった。最近加藤教授¹⁾によって船舶の安全性能を簡単に判定する方法が発表されたので、算定の基準になる量に若干の不確実があるが代表的の独航船 a, b, c, d' 4隻について安全指数の計算を行った。これを行うにはまず船の復原挺曲線が必要であって、これを今井の方法²⁾によって推定した。この際船の状態は離舷適水時をとった。 GM は周期と環動半径との間に一定の関係をもつから、環動半径を加藤の式で推定し、 T_D に測定平均値を入れて求め、 $BM = 0.09 \frac{B^2}{d}$ (B =船幅、 d =吃水)とした。a, b, c, d'の順に GZ 曲線が劣化している。d'が特に悪いのは吃水に比して幅と有効乾舷が小さく、 GM が小さいからである。これをもととして風速 25m/s に対する安全指数 C_0 を求め、他の要目と共に次表に掲げた。ただし C_0 の I は、 σ [船体水線上容積/水線下容積] のかわりに [船体水線上投影側面積/水線下投影側面積] を使ったもの、 C_0 の II は σ と $K_v = AhW$ [A は水線上投影側面積、 h は風圧モーメントの挺長、 W は排水量] との関係を前記文中の図と同じとして K_v を使って求めたもので II の方が苛酷な条件になっている。安全指数 1.0 以上が望ましいとされているから、大体 a, b, c はよいが、d' ははなはだ危険である。計算途上に大きな仮定がところどころ入っているから数字は比較的の意味に解釈すべきであるが、 GM と有効乾舷が大きな役割をもっており、かつ GM が B^2/D で、ほぼきまるとすると船体前後部のソリ、いわゆる舷弧を十分大きくし、かつ上部構造や艙口の水密を確保することは安全性確保に大いに役立つばかりでなく、耐波性をも向上させることになる。

安全指数等の表

船名	a	b	c	d'
総屯数	85.0	84.0	70.0	67.2
排水量(噸)	172	168	152	151
KG(重心高, 米)	1.81	2.18	1.98	1.93
GM	0.67	0.55	0.54	0.35
有効乾舷	0.89	1.14	0.98	0.72
GZ 最大値	0.27	0.21	0.16	0.06
同上傾斜角(deg)	35	31	28	19
GZ=0(deg)	79	66	60	46
減衰係数 N	0.019	0.023	0.020	0.022

C_0	I	2.0	2.3	1.3	0.26
		II	1.3	1.1	0.75

安全性について考える必要があると思われるのは甲板上への海水打込みの処置である。独航船では上甲板上に 3~4 個の艙口(高約 40 cm)を設け、この上面にあわせて取外し可能のプラットフォームを作って作業を容易にしている。プラットフォームを支持するには上甲板上に縦

横の隔壁を設けている。この作業甲板はもちろん非水密で、海水が打込むと上甲板上に流入する量がある。激しい多量の打込みに際してはプラットホームが流される可能性もなしとせず、かくして上甲板にたまった海水は隔壁のため排水困難となり、悪影響をもつのではないかと想像される。特に縦の隔壁は片舷に海水の集中を招くおそれもあり、十分な排水孔を設けるべきであろう。

大型貨物船等と独航船との大きな相違は、後者が相対的にかなり高速であることと、 L/B , L/D が小さいため、強度上はむしろ有利と考えられるが、縦揺角、縦揺角加速度が大きいことである。前記の通り平均 24 m の長さの船が、好天では 9 節の船速を維持したから速長比は 1.01 となり、最近の高速貨物船 (17 節, 475 呎) の 0.78 をはるかに凌いでいる。これは現在の漁法では限られた水面でなるべくよい漁場を先占する必要上おこったものであろうが、一方排水量と長さの比をあらわす $4\left(\frac{L}{100}\right)^3$ (A : 英屯, L : 呎) は 300 位となり、また縦揺周期 (秒) と \sqrt{L} (呎^{1/2}) との比は 0.37 位でいずれも向波の中での航走には極めて不利な状態にある。したがって荒天に際しては全振幅 20° に達する縦揺も珍らしくなく、航海速力は 2 節位に落さざるをえない。いま少しく船長を大きくすることが経済的ではないかと思われる。

独航船上における観測

前記の通り、2 回にわたって独航船に移乗し、横揺の実測を行った。2 名で別々の船に乗ったので、4 隻の記録が得られた。幸にしてこれら 4 隻 (a, b, c, d と仮称す) の横揺周期は a, b, c, d の順に 6.2, 6.8, 7.0, 7.9 秒となっていて、本船団所属船の横揺周期をちょうどカバーしていた。独航船上では風や波の観測ははなはだ困難になるので主として横揺の周期に注目することとした。第 7 図は第 2 回目乗船の時の様子を一括示している。気圧は 11 日を境として漸次上昇に向っており約 45 時間吹続けていた西風が午前 6 時頃から急に衰え、

ては値が散っているが約 6.2 秒、波浪はいったん 5 秒位におちてきてまたのびている。これは風向の変化と、風速の僅かの変化に対応していて、新しい波が形成されそれが波齢をましてゆく過程である。

横揺周期は図に明らかなように、操業状態に応じて変化している。図は b, d 船で、この日の漁獲高は b が 2,200 尾, d が 2,100 尾でまずまずの成績である。適水時に周期がはなはだ長いようにみえるが、最大横揺角 (片舷) が大きいための影響をうけている。第 1 回の時は 24 時間以上無風に近い状態が続いたあとで動揺角に大差がなかったため、適水中の周期はほとんど一定であった。航走中は平均周期が低下するが、これは縦揺 (平均 3~3.5 秒の周期) をするためこれに誘起される横揺周期が混入してくるからである。固有周期の大小で差はあるが、全体的にみて投網時は揚網時に比して 1~1.5 秒の周期減少がみられる。簡単な模型の計算を行うと、4 屯の魚獲物が甲板上にあり、漁網が 10 屯とすると、投網時と、揚網時の周期の比は 0.9~0.8 であって上の数字と大体一致する。船頭に対しては自船の漁場における離舷時または網をおろした状態における横揺周期の値と、それにもとづいて漁獲量による周期の変化および周期による安全性の判定に関して一応の知識を期待したいものである。

第 7 図および第 4 図の横揺角は相対横揺角 (波面に対する横揺角) で、加速度影響を近似的に修正した値であることを付記する。

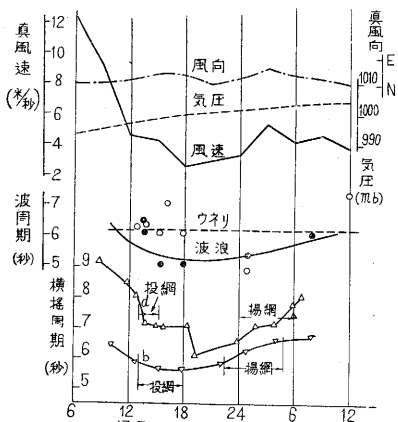
結 言

われわれが乗船中に起った大きな事故は、沈没 3 件、漁夫の死亡 1 件である。後者は宮島丸船団におこったが、舵故障修理中 6 名が波にさらわれ、内 1 名が遂に不帰の客となつたものであり、沈没は 5 月 12, 18 日, 6 月 8 日に起っている。いずれも大時化というほどの日でなく、多くの僚船が安全に航海している時に顛覆している。著者の手もとにはこれらの船の復原性能に関する数字の持合せがないので確言はできないが、このような小型船にあっては、船の各種性能が、積荷の変動や、波浪の状況の変化によってかなり大巾に変化することに操船者が通曉せず、無理や油断をする結果大事を起すに到る場合が多いと思われる。一方経済的の圧迫のために無理と知って危険な操業を敢行する場合も絶無とはいえないように感ぜられ、技術面のみならず社会的な面からも漁船乗員の質的向上がはからねばならないと痛感した。

終りに乗船中公私にわたり絶大のご支援をあたえられた日本水産、ならびに宮島丸船団各位に厚く御礼を申し上げる。
(1956. 10. 2)

文 献

- 1) 加藤弘：船の安定性能の簡易判定法、造船協会論文集第 98 号
- 2) 今井信男：横復原力の近似計算式について、造船協会々報第 60 号



第 7 図 独航船上の観測

以後風向風速ともほぼ一定状態を示した。したがって乗船の時 1~1.5 m あった風浪は漸次おさまり、また北西からきていたウネリも同様に波高を減じている。波周期はウネリについ