
Tome 5

Février 1967

Numéro 1

う み

La mer

昭和 42 年 2 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon

日 仏 海 洋 学 会

編 集 委 員 会

委員長 今村 豊 (東京水産大学)

委員 青木 斌 (東海大学) 星野通平 (東海大学) 市村俊英 (東京教育大学) 井上 実 (東京水産大学) 岩下光男 (東海大学) 岩田憲幸 (国立防災科学技術センター) 川原田 裕 (気象庁) 丸茂隆三 (東京大学) 永田 正 (東京水産大学) 奈須敬二 (鯨類研究所) 奈須紀幸 (東京大学) 西村 実 (水産庁) 大柴五八郎 (理化学研究所) 佐々木忠義 (東京水産大学) 杉村行勇 (気象研究所) 杉浦吉雄 (気象研究所) 高木和徳 (東京水産大学) 高野健三 (東京大学) 富永政英 (東京学芸大学) 渡辺精一 (理化学研究所)

投 稿 規 定

1. 報文の投稿者は原則として本会会員に限る。
2. 原稿は簡潔にわかりやすく書き、図表を含めて印刷ページで12ページ以内を原則とする。原稿は、東京都千代田区神田駿河台2-3 日仏会館内 日仏海洋学会編集委員会宛に送ること。
3. 編集委員会は、事情により原稿の字句の加除訂正を行なうことがある。
4. 論文には必ず約500字の和文の要約をつけること。
5. 図および表は必要なもののみに限る。図はそのまま版下になるように縮尺を考慮して鮮明に黒インクで書き、論文の図および表には必ず英文 (または仏文) の説明をつけること。
6. 初校は原則として著者が行なう。
7. 報文には1編につき50部の別刷を無料で著者に進呈する。これ以上の部数に対しては、実費 (送料を含む) を徴収する。

Rédacteur en chef
Comité de rédaction

Yutaka IMAMURA (Tokyo University of Fisheries)
Bun Aoki (Tokai University) Michihei Hoshino (Tokai University)
Shunei Ichimura (Tokyo Kyoiku University) Minoru Inoue (Tokyo University of Fisheries) Mitsuo IWASHITA (Tokai University) Noriyuki IWATA (National Research Center for Disaster Prevention) Yutaka KAWARADA (Meteorological Agency) Ryuzo MARUMO (University of Tokyo) Tadashi NAGATA (Tokyo University of Fisheries) Keizi Nasu (Whales Research Institute) Noriyuki NASU (Tokyo University) Minoru NISHIMURA (Fisheries Agency) Gohachiro OSHIBA (Institute of Physical and Chemical Research) Tadayoshi SASAKI (Tokyo University of Fisheries) Yukio Sugimura (Meteorological Research Institute) Yoshio SUGIURA (Meteorological Research Institute) Kazunori TAKAGI (Tokyo University of Fisheries) Kenzo TAKANO (University of Tokyo) Masahide Tominaga (Tokyo Gakugei University) Seiichi Watanabe (Institute of Physical and Chemical Research)

RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES AUTEURS

1. Les auteurs doivent être, en principe, des Membres de la Société franco-japonaise d'océanographie. Néanmoins, les notes des savants étrangers à la Société seront acceptées, si elles sont présentées par un Membre.
2. Les notes ne peuvent dépasser douze pages. Les manuscrits, dactylographiés sur papier fort, doivent être envoyés au Comité de rédaction de la Société franco-japonaise d'océanographie, c/o Maison franco-japonaise, 2-3 Kanda, Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo.
3. Le Comité de rédaction se réserve le droit d'apporter, le cas échéant, des modifications mineuses aux manuscrits ainsi que de demander aux auteurs de les corriger.
4. Des résumés en langue japonaise ou langue française sont obligatoires.
5. Les figures au trait seront tracées à l'encre de Chine noire sur papier blanc ou sur calque. Les légendes des figures et des tableaux sont indispensables.
6. Les premières épreuves seront corrigées, en principe, par les auteurs.
7. Un tirage à part des articles en cinquante exemplaires est offert gratuitement aux auteurs. Ceux qui en désirent un plus grand nombre peuvent les faire établir à leurs frais.

1966 年夏季長崎丸黒潮調査における大型魚体の分布について*

柴田 恵 司** 阿 部 茂 夫**

Distribution de gros poissons observés à l'enquête du Kuroshio par le Nagasaki-Maru en été de 1966

Keishi SHIBATA et Shigeo ABE

Résumé: Voici le résultat du dépouillement des enregistrements de jour faisant partie des écho-grammes que nous avons obtenus jour et nuit à bord du vaisseau-école de l'Université de Nagasaki «Nagasaki-Maru» dans le cadre de la C.S.K. le long du méridien de 132,5°E entre 20°N et 30°N depuis le 6 juin jusqu'au 22 juin 1966. 1° De gros poissons considérés comme thon par la perte de réflexion de 25 à 15 db ne se trouvent qu'au sud de 24,5°N, c'est-à-dire très probablement au sud de la convergence subtropicale. 2° La plupart des gros poissons composent de groupes assez denses dont la dimension horizontale est de 200 à 1.300 m et la dimension verticale est de 2 à 50 m. Le nombre d'individus composants est de 4 à 37. Une méthode précédemment proposée indique que la densité en groupe est de 1 à 68/10⁶ m³. Elle est 0,1, 0,58, 0,01/10⁶ m³ entre 50 et 500 m de profondeur. Une évaluation de la longueur du corps de gros poissons dont la vitesse verticale estimée est inférieure à 0,3 m/s prouve, elle aussi, l'existence de nombreux poissons gros.

1. ま え が き

近年、本邦のマグロ延縄魚業において魚群探知機の必要性が認められつつあり、また漁場における魚類の分布を求める方法についても各国で研究が進められつつある。筆者らは魚探記録から魚体の体長および群密度を推定する方法についてすでに報告¹⁾²⁾したが、この方法による資源調査の基礎的な例として長崎丸による黒潮調査海域の大型魚体の分布について考察を行ない、二、三の知見を得たので報告する。

なお、研究の資料は本学練習船長崎丸矢田講師、井上、秋重両助手ならびに東海大学生浅沼君のご協力により得られたものであり、資料の解析においては浅沼君のご助力も頂いた。これらの方々に深く感謝する。

2. 資料および方法

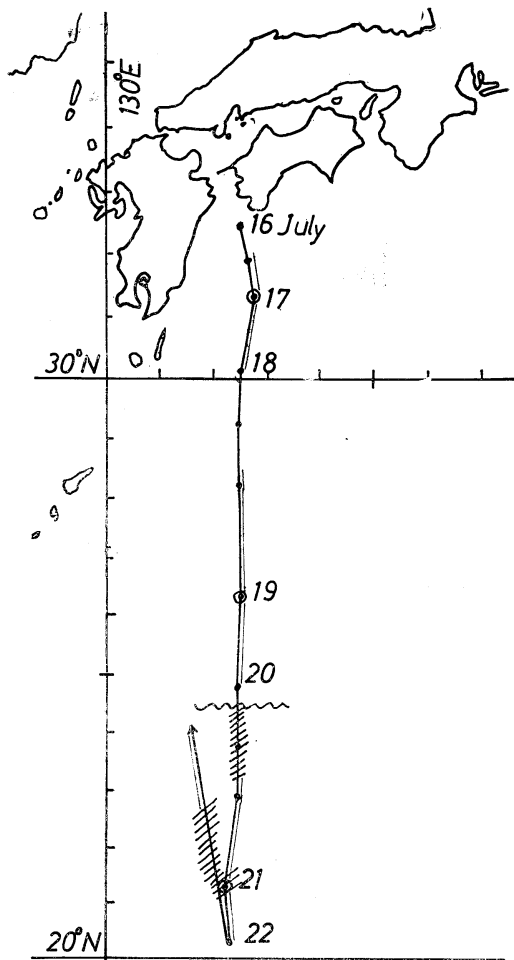
長崎大学水産学部練習船長崎丸は 1966 年 6 月 15 日～22 日、132.5°E の子午線に沿って 32°N～20°N の海域で CSK 調査を行なった。各観測点を Fig. 1 において小黒点で示し、二重丸は日出時から正子までの連続観測を行なった測点であり、航跡のうち、傍線を付したものは夜間航海中を示す。

本次観測においては全航程にわたり 14 kc 魚探 (パルス幅 4 m/sec, 500 m レンジ) による調査を行なったが、反射損失 32 db の標準反射体と比較校正された一定の感度を保って記録された (Fig. 2)。

すでに報告した²⁾ ように外洋に分布する大型個体魚は夜間は表層に昼間は深層に移動する日周上下回遊をなす傾向を有し、また夜間は 0～250 m に濃く記録される DSL のためこの範囲における大型個体魚の判読が不可能となり、DSL の下層でもこれらの濃い DSL による音波の透過損失は無視

* Manuscrit reçu le 16 Décembre 1966

** 長崎大学水産学部 Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Nagasaki City



- ; obs. station
- ; special obs. station from 04:00 to M. N.
- ; running on day
- ; running on night
- ~~~~~ ; current rip
- ////// ; recording tuna like echo-trace

Fig. 1. C. S. K. cruise of Nagasaki-Maru from 16 to 22, July 1966.

出来ないと考えたので、全記録のうち日出時から日没時までの昼間の記録のみによって観察を行なった。

1) 分布密度の算定

記録紙上において反射損失 25 db 以下と見られる個体魚記録の出現数 N を集計し、これと対応する航走距離から Fig. 3 に示した方法で魚群密度

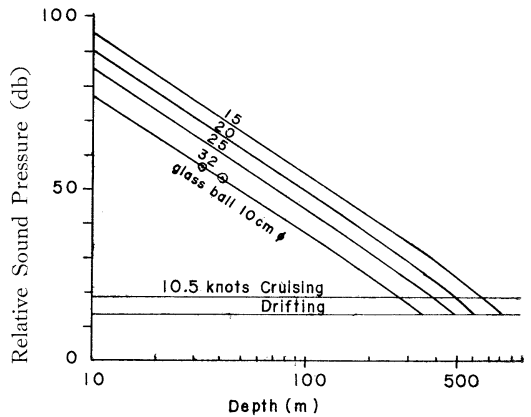
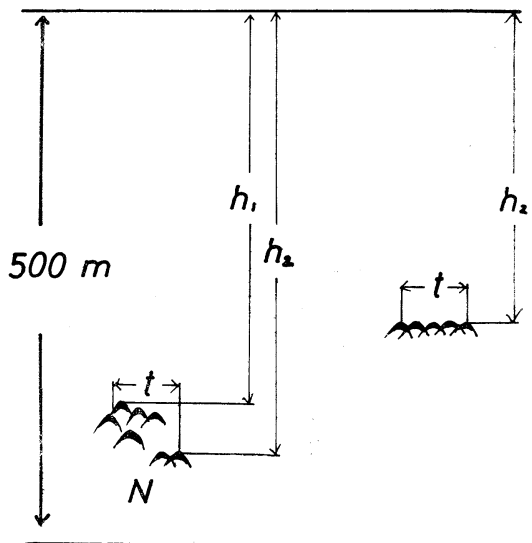


Fig. 2. The relation between depth and relative sound pressure (Nagasaki-Maru 14 kc).

および分布密度を求めた。

個体魚の記録がある程度連続して現われた場合、これを魚群として考え、Fig. 3 に示すごとく個体魚記録の山型の頂点における深度が魚の深度であるから、魚群記録の上縁の深さを h_1 、下縁に位置する個体魚記録の山型の頂点を h_2 とし、時間的に最初にあらわれた個体魚記録と最後の個体魚記録の山型の頂点の間の距離を記録上において l (mm) とすると、本魚探機の紙送り速度は m (mm/min) であるから魚群を記録した時刻 t は



$$D = \frac{N}{A \cdot t \cdot V_s} = \frac{N}{(h_2 - h_1)(h_2 + h_1) \tan 9^\circ \cdot t \cdot V_s}$$

Fig. 3. Typical fish school and density calculation.

$t=l/m$ (min) である。

したがってこの時、船の速度 V_s であるとすれば魚群密度 D は

$$D = \frac{N}{A \cdot t \cdot V_s} = \frac{N}{(h_2 - h_1)(h_2 + h_1) \tan \varphi \cdot t \cdot V_s} \quad (1)$$

である。

なお本調査の場合 $\varphi=9^\circ$ とした¹⁾。

また分布密度を求めるにあたり、筆者らは、反射損失 $L_P=25$ db 以下の群を構成する大型個体魚はマグロであると仮定した ($L_P=25$ db の魚の記録は深度によって Fig. 4 のような変化を示すから、この範囲より大きいものをマグロとしてとり扱った)。また、魚群を構成せず単独で現われた魚体記録は一応棄却し、魚群を構成した個体魚のみを集計し、同様の手段で分布密度を求めた。

ただし、この場合これらの大型魚は 10~500 m の範囲に記録されていたが、 V_s 指向性の有効角、パルス発射回数等を考慮して 50 m 以浅の部分の個体記録はそれ以深のそれと等価に扱えないものとするから、式 (1) において $h_2=500$, $h_1=50$ として分布密度の算定を行なった。

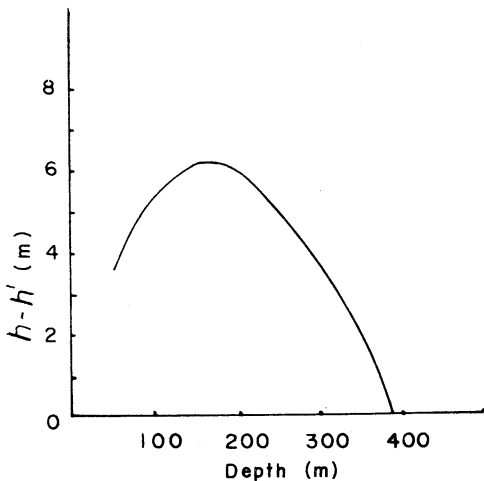


Fig. 4. The relation between size of echo-trace and swimming depth at 25 db loss fish.

2) 個体魚記録からの体長推定

1966 年 6 月 20 日漂流して観察中、深度 400 m 付近に極めて大型の単一反射体多数を記録したが、この記録は明らかに指向性の第 1 副極まで記

録されており、反響余裕値は 405 m のもので 40 db 以下であった。これらの記録の内明瞭なもの 5 個を選び推算を行なった結果超音波ビームの第 1 零角 $\gamma_{01}=23^\circ-25'$ を得た。この γ_{01} を基準として長崎丸の 14 kc 魚群探知機送受波器の指向性関数 R が求められるから、記録上から h/h' を求めれば、魚像のマージン (margin) を値に求めることのできる計算用図を作り Fig. 5 に示した。

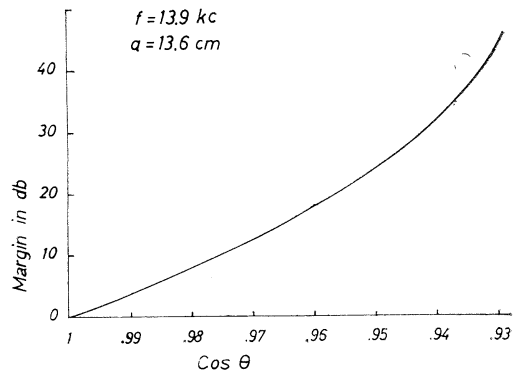


Fig. 5. Graphical determination of echo margin of the fish $\cos \theta = h/h'$, $40 \log R = \text{margin}$. (Nagasaki-Maru 14 kc.)

これによると超音波ビームの拡がりには振動子実寸法から計算したものよりやや大きいようである。本調査においては記録から margin M を求める場合はすべて Fig. 5 を使用した。Fig. 5 において縦軸は db で示した margin, 横軸は

$$\cos \theta \left(= \frac{h}{h'} \right)$$

である。

すでに述べた¹⁾²⁾ように個体魚記録において、記録開始時の深度 h' 、魚がビームの中心にあるときの深度 h を求めれば、 $\frac{h}{h'} = \cos \theta$ が得られる。Fig. 5 によれば長崎丸の場合について直ちに魚の margin が求められる。

個体魚記録のうち、明瞭であり、かつほとんど静止していると考えられる個体魚について計測を行ない、魚の反射損失に関する実験式を用いて体長の推定を行なった。

3. 結果

1) 魚群の分布

全般的に見て、大型魚体の分布は 24.5°N 以南の海域に限られており、多くの場合相互がかなり接近した魚群を構成し、部分的な DSL と共に記録されることが多かった。

Table 1 に魚群記録の時間、魚群の深度出現数

等を示したが、これによると魚群を構成する個体数 4~37、群の拡がりは水平距離にして 155~1,300 m、鉛直距離にして 2~100 m であった。

また 20 日、21 日の資料によると、その日の魚群が最初に記録された時から最後に記録された時

Table 1. Distribution of echo trace of large individual fish along the meridian of 132.5°E from 32° to 20°N.

Date	Time	Depth	No.	School density per 10 ⁶ m ³	Ship's speed knot	Total running distance mile	Population density 50~500 m
6/20	09:44-46 (2.5 min)	420-450	5	1.49			
	09:48 (0.5)	420-460	4	1.47			
	09:52-56 (4)	400-500	32	1.75			
	10:56-57 (1)	380-382	2		10.5	56'	0.1/10 ⁶ m ³
	11:44-47 (3)	400-460	8	1.50			
	13:02-06 (4)	350-450	4	2.43			
6/21	08:08-10 (2)	360-380	6	3.93	10.5		
	09:00-21 (21)	390-410	37	7.48	3		
	12:37-50 (13)	400-480	9	6.34			
	13:00-43 (43)	420-480	21	1.37	1.5	25'	0.58
	15:50-16:28 (38)	370-500	24	0.90			
	17:00-15 (15)	360-410	7	1.95			
6/22	11:18-20 (2)	450-432	6	(63.08)			
	12:08-09 (0.5)	240-320	4	3.40			
	13:42-50 (8)	410-425	24	4.64			
	14:14-16 (2)	410-420	9	10.52			
	14:49-58 (9)	420-430	14	3.55	10.5	116'	0.01
	16:18-20 (2)	380-400	5	1.24			
	18:48-52 (3)	340-345	11	0.76			
19:03-10 (7)	130-170	12	2.77				

までの時間において 10.5 ノットで航走中魚群を記録した時間は 1 時間当たり 4.5 および 4.2 分間であり、その魚体数は 1 時間当たり 10.8 および 16.5 であった。

またあとで述べるが、各魚群相互間の平均体長には多少の差が認められる。

2) 魚群密度および分布密度

Table 1 によれば、魚群密度は $1 \sim 4/18 \text{ m}^3$ を主として $0.90 \sim 63.08/16^6 \text{ m}^3$ かの範囲にあり、その最大、最小値を除いての平均では $4.37/10^6 \text{ m}^3$ であった。

これから魚群内における魚体の相互関係距離を推算すると、その平均距離 $\left(\sqrt[3]{\frac{10^6 \text{ m}^3}{D}}\right)$ は $25 \sim 104 \text{ m}$ の範囲にあり、平均魚群密度によれば 61 m となり、この魚探の距離分解能 $\left(\frac{\text{パルス幅} \times \text{音速}}{2}\right)$ 約 3 m に較べ著しく大きい。

分布密度は $50 \sim 500 \text{ m}$ の範囲で求められたが $0.01, 0.58, 0.1$ であり、1965 年長崎丸が東京-ハワイ-長崎間で行なった調査結果 ($0.085/10^6 \text{ m}^3$) よりかなり大きい。

3) 海洋諸条件との分布

前に述べたように、本航海時の大型魚体分布が 24.5°N 以南に限られた現象について次の原因があげられる。

(1) 昨年度ほとんど同じ時期に調査した結果でも 24°N 以南の海域で大型魚は最も多く認められているようではあるがそれ以北にも大型魚体の分布が見られる。このことは Fig. 1 の航跡図に示す通り夜間航海の部分が比較的多く、昨年最も出現数が少なかった 29°N 付近が昼間にあたることから見て、魚群に遭遇する機会が少なかったことがあげられる。

(2) 本調査航海における海洋観測の結果から見て 24.5°N 付近に水塊の境界面が存在するように推察され、これが大型個体魚の地理的分布との間に何等かの関係があると考えられる。

(3) 大型個体魚の分布は何れの海域においても約 500 m 以浅に限られることが多いが分布深度の限界が O_2 等の海洋条件とも関係があるとも考えられるのでこの点は今後の研究課題としたい。

(4) 体長組成および平均全長

個体魚記録から静止していると思われる $25 \sim 14 \text{ db}$ の大型個体魚記録 61 個から推算された体長分布を Fig. 6 に示した。体長推定¹⁾²⁾に当って 200 m 以浅にあるものはキハダに関する体長体幅の係数 ($2r=0.18$) を用い、他は全部メバチの係数 ($2r=0.20$) を用いた。これによると 140 cm を Mode とする体長群と 180 cm を Mode とする最も大きい体長群に分けられ、体長 230 cm 以上と 95 cm 以下を除いた 55 個体の平均体長は 165.78 cm であった。また主な魚群ごとの平均体長 (cm) は、6 月 20 日 $168.8, 143.7, 144$ 、6 月 21 日 $130, 145, 157$ 、6 月 22 日 $193.3, 187.3, 167.5, 148.3$ であり同一海域では大体近い値を取る傾向が認められた。

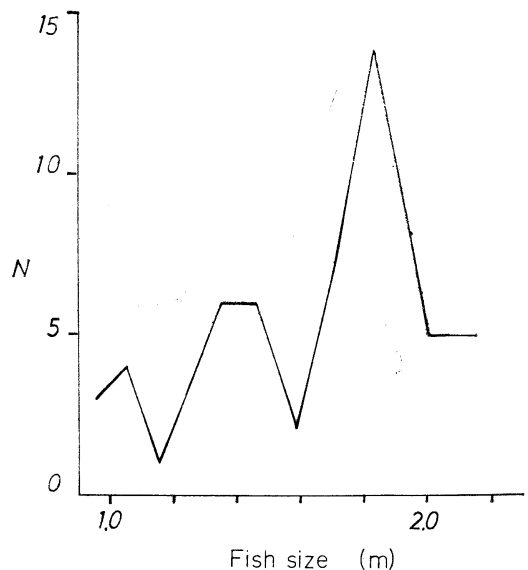


Fig. 6. Frequency of size class of fish by acoustic determination.

以上述べた体長は漁獲物から求められたものより $10 \sim 20\%$ 程度大きいようであるが、若し記録から体長推算処理の過程で誤差を生じたとすれば、その原因について次のように考えた。

(1) 個体魚が静止状態であると仮定し、 L_p を推定するに当り $\cos \theta = h/h'$ とした。

遊泳速度 V_F (m/min) の魚の鉛直方向分力を V_F' とし、魚の記録が始って最も浅く記録される

までの時間を t としたとき、深度変化量 $\Delta h = \frac{V_F'}{t}$ である。また Fig. 5 において margin $M=0 \sim 12$ db の間では M は $\cos \theta$ に対しほぼ直線的に変化する。

$$M \doteq 400(1 - \cos \theta)$$

鉛直方向に Δh だけ移動したとすれば

$$\cos \theta' = \frac{1 + \Delta h}{h}$$

したがって Δh に起因する margin の誤差量 ΔM は、

$$M = \frac{+h}{h'} \times 400 \quad (1)$$

この式によると個体魚の深度が大きい程、魚の移動による誤差量は小さい。

本調査における主たる記録深度は 420 m 前後であり、またその margin は 5~12 db であるから、これに対応する $\cos \theta$ は 0.972~0.987 であり、式 (1) の適用される範囲にある。

本調査における個体魚が記録された時間はおおよそ 4/20~14/20 分であり、 h で記録され始めて h' に至る時間は平均して 4/20 分前後である。一方 1966 年夏の北西太平洋における魚探記録から得られた個体魚記録全 111 個体のうち、鉛直方向の遊泳速度を有するものは 55 個体、50% であり、その平均速度は 0.15 m/sec であった。したがって 0.2 分間に平均して 1.8 m に相当する深度誤差を有し、深度 400 m 付近にある魚の場合その約半数は margin すなわち反射損失の誤差が平均して 1.5~2 db におよぶ可能性が考えられる。

また Fig. 4 を用いる過程で $L_p > 25$ db と判定されたものは、そこで棄却されるから、この誤差は推定体長を大きくする方に働く可能性の方が大きいとも考えられる。

今後出来るだけ早い機会にこれらの全資料を再検討し、より正確な体長を算定したいと考えている。

また長崎丸の発する海中騒音の強度からみて、海中騒音レベルが低いと思われる深度 420 m にあるマグロ類が、shipborne noise に刺激された運動を示す可能性は充分考えられる。

(2) T. A. MANNER の水槽におけるメバチの生殖動作の飼育観察によれば、早が遊泳する直後を 6 が追尾して spawning を行なうとしていることから、外洋においてもこのように複数で接近して分布することも考えられる。魚探の超音波は海中で球面波として伝播するから、同一鉛直線上に接近して、 $\frac{l}{2} \times c$ (l : パルス幅, c : 音速, 長崎丸の場合ではこの値は 3 m) 以内に存在する複数魚 (N) からの反射損失は

$$L = L_p - 10 \log N$$

として表現される。 $N=2$ ならば一尾の場合より 3 db 小さな反射損失の個体魚として認識されるおそれは充分ある。然しながら長崎丸で 1 m/sec のパルス幅で観察した場合も、以上のような現象は極めてまれにしか見られなかった。したがって複数の魚からの反射を単一個体魚として誤認するおそれは少ない。

(3) 捕鯨船に用いられる鯨探において ring と称せられている記録が認められる魚体が海中で急速移動する際生じた渦流が超音波の反射源となる可能性も充分想像される。然しながら魚については現在未だ明らかにされていない。この件に関しては今後の研究に待ちたい。

4. むすび

ここでは魚群探知機により漁場を調査し、漁場に分布する漁獲対象の資源量を定量(密度)、定性(体長分布)に求める方法について検討して来た。マグロ漁場では、魚種構成が比較的単純であるとみられるところから、比較的選択性の高い延縄漁法の対称魚種であるマグロ数の資源量を魚探により調査することは、他の多少複雑な魚種構成を示す漁場を対象とした場合よりも解析が容易であると思われる。

筆者らは本研究において魚探による水産資源量計測の可能性を示し得たと考えているが、問題点については目下検討中である。

本研究で明らかにし得た点は次の通りである。

1) 本調査を行なった海域におけるマグロと思われる大型個体魚は、まばらではあるが魚群を構成して深度 500 m までの間に分布し、深度 400 m

付近に最も多かった。魚群は4~37個体で構成され、群の拡がりは距離(150~1,300 m)×(深度2~100 m)であり魚体相互の平均距離は25~104 mであると考え。10.5ノットで航走中魚群に遭遇した割合は4.2~4.516分/時であった。

2) 魚群密度は $0.90\sim 63.08/10^6 \text{ m}^3$ であり、深度50~500 m 分布密度は $0.01\sim 0.58/10^6 \text{ m}^3$ であった。

3) 体長の分布は180 cm にモードを持つ主群

と140 cm にモードを持つ群に大別され、平均体長165.78 cm と推算された。

文 献

- 1) 柴田恵司(1965): 魚群探知機に現われた記録の解析-VI. 長崎大学水産学部研究報告, 19, 37~46.
- 2) 西村 実, 柴田恵司(1966): Echo-Survey of tuna fishing ground. うみ(日仏海洋学会誌), 4(3), 155~168.

Local Magnetic Anomalies in the North Pacific Ocean*

Jiro SEGAWA**, Keijiro OZAWA*** and Yoshibumi TOMODA**

Résumé: Nous avons effectué une série de mesures magnétiques par le magnétomètre à protons à bord du Vaisseau-école Umitaka-Maru de l'Université des Pêches de Tokyo au Pacifique du Nord le long du trajet Tateyama-Hawaii-San Diego-México depuis le mois d'octobre 1964 jusqu'au mois de février 1965. Consacrée principalement à l'étude de la relation entre le géomagnétisme et la topographie du fond, la présente note met en évidence trois types de l'anomalie particuliers au seuils non actifs, aux monts volcaniques et enfin aux bassins plats. L'examen détaillé de l'anomalie ouvrira l'accès à aborder le problème du mécanisme de la formation du relief du fond.

1. Introduction

In the 30th training cruise of the Umitaka-maru in 1965-1966, Tokyo University of Fisheries, total magnetic force was measured all through the sailing track by means of the ship

borne proton magnetometer. The ship sailed from Tateyama, Japan, to Honolulu, San Diego, Mazatlan, Aacapulco, Hilo and back to Tateyama (Fig. 1). In Fig. 1 the ship's track of the Umitaka-maru is described with indices 1

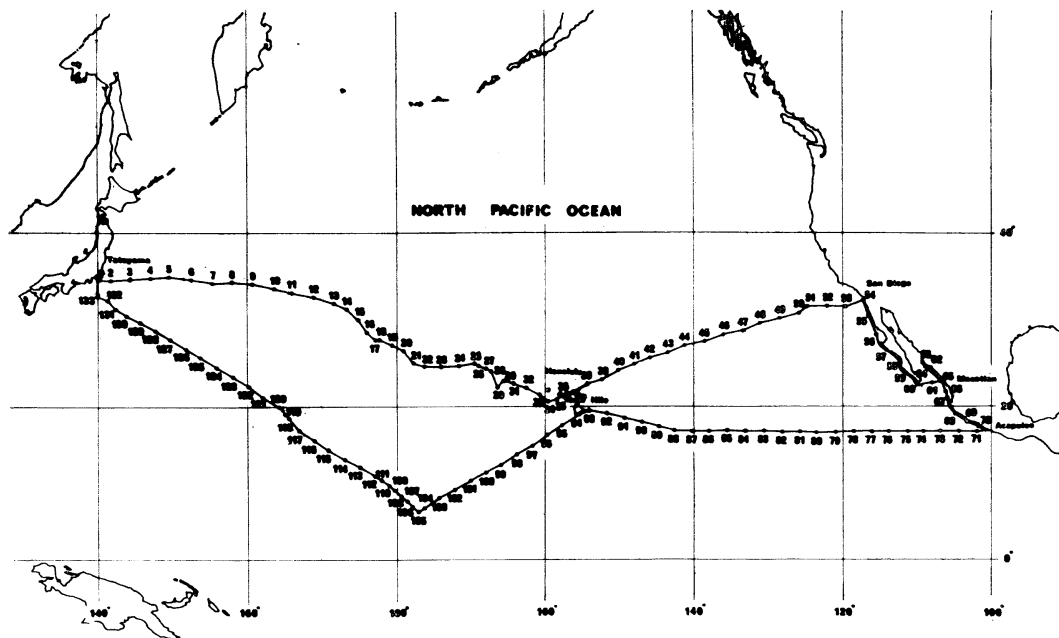


Fig. 1. The ship's track of the Umitaka-maru in the 30th training cruise in Oct. 1965-Feb. 1966. The index numbers indicate the position of the ship at every 12 hours (midnight or noon).

* Received December 24, 1966

** Ocean Research Institute, University of Tokyo

*** Captain of Umitaka-Mar, Tokyo University of Fisheries,

to 134, the position of each number corresponding to that of the ship at every 12 hours (midnight or noon). So the locations of other figures 3~24 in this paper will be easily found

by referring the index numbers written in each figure to Fig. 1.

Fig. 2 indicates those areas where conspicu-

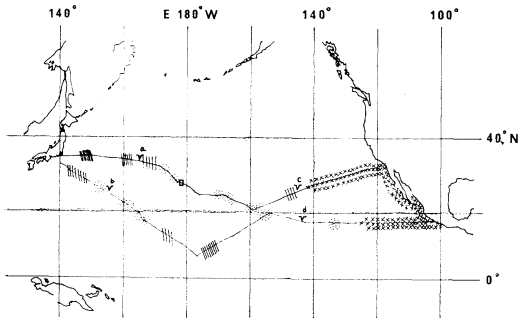


Fig. 2. Schematic map which shows the location of the conspicuous local magnetic anomalies, being classified into three types.

- xxx ; local magnetic anomalies of the amplitude more or less 200γ above extremely rugged bottom.
- ; local magnetic anomalies of the amplitude more or less 1000γ above sea mounts, where, in most cases, the correlation of the anomaly to the bottom topography is obvious.
- //// ; local magnetic anomalies of the amplitude of more than 500γ and of the long period above the flat basin.

Tateyama

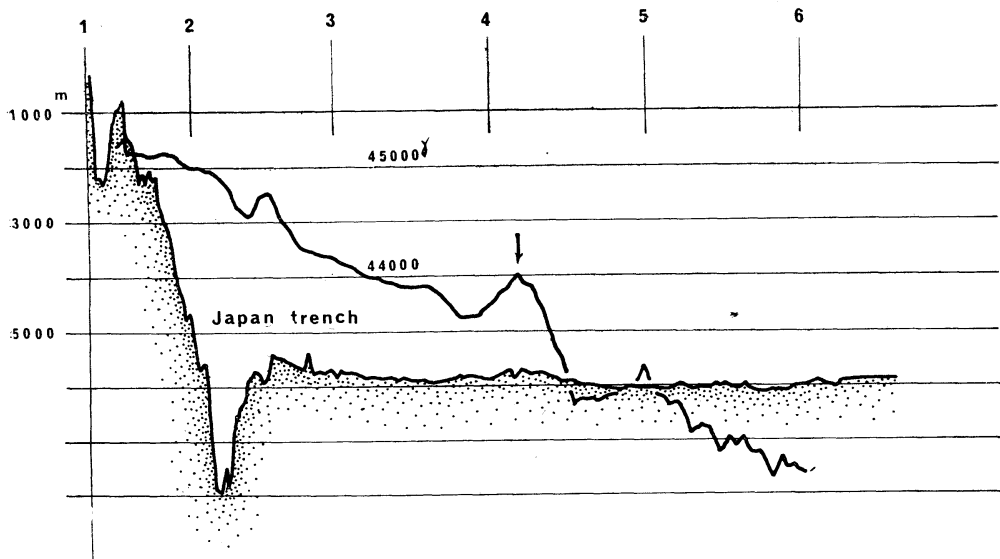


Fig. 3. Profiles of the total magnetic intensity and bottom topography of the continental shelf of Japan, Japan trench and the basin east of Japan trench. The arrow mark indicates the local magnetic anomaly of the amplitude 500γ and of the wave length 60 miles.

ous local magnetic anomalies are found, by dividing the anomaly into three types, that is;

- 1) anomalies of the amplitude of 200γ - 500γ occurring continuously above the extremely rugged bottom, where no one to one correlation between the magnetic anomaly and the topography can be recognized.
- 2) an anomaly of a single wave of the amplitude of more than 500γ occurring just above a single sea mount. In this case the magnetic anomaly is usually small in the neighbouring area.
- 3) anomaly of more than 500γ , of comparatively longer period occurring above the flat, or nearly flat basin.

The anomalous areas classified according to what is mentioned above are marked in Fig. 2 by xxx, •••••, //// respectively.

2. Local magnetic anomalies near Japan trench

In the present measurement Japan trench was traversed twice, once on the way to Honolulu from Tateyama, and once on the way back from Hilo to Tateyama (ref. Fig. 1). Fig. 3 is the profile of total magnetic force and topography across the Japan trench eastwards, Fig. 4 being that across the Japan trench south-

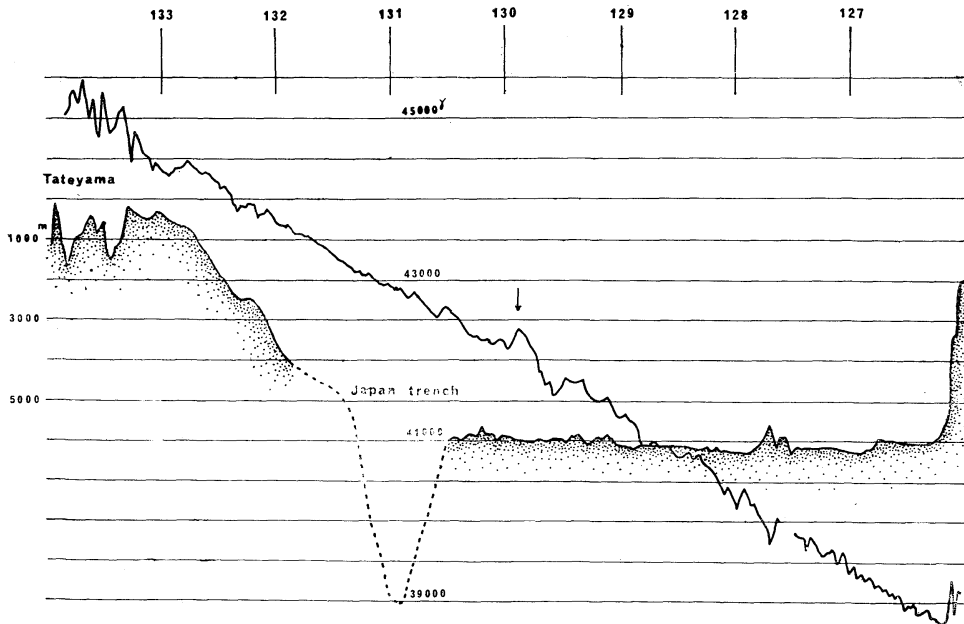


Fig. 4. Profiles of the total magnetic intensity and bottom topography of the continental shelf of Japan, Japan trench and the basin east of the Japan trench. The arrow mark indicates the local magnetic anomaly of the amplitude 300γ .

eastwards. In both cases it is remarkable that there is little local magnetic anomaly found above the slope of the continental side including the trench axis. In Fig. 3 large and long period anomaly occurs at the boundary between the trench and the oceanic basin whose peak amplitude is about 200 gammas, and another anomaly larger than the former is found far east of the trench where no sign of bottom topography exists which might be related to the anomaly. The magnetic anomaly in Fig 4 occurs a little apart of the trench and the small anomalies found above the trench are also restricted to the area of the seaward slope of the trench. This phenomenon is confirmed further by the measurement across the Japan trench along 38°N (UYEDA, S. *et al.* 1962) and along the latitude from $38^{\circ}30'$ to $39^{\circ}30'$ (MATSUZAKI, T. 1966). Magnetic Measurement off south east of Hokkaido were made in a two dimensional scale by UYEDA, S. *et al.* 1964) and the lineation of the magnetic anomaly trending from N E to S W is reported. This area is characterized by the intersectional zone of the Japan trench and the Kuril trench and also by the existence of the large and long period

magnetic anomaly above the trench axis as well as above the slope of the continental side (TOMODA, Y. *et al.* 1966). This is considered to be an exceptional case of the magnetic anomaly across the Japan trench, and it will be reasonably explained by the high Bouguer gravity anomaly observed at the south east part of Hokkaido. Aeromagnetic survey across the Aleutian trench (KELLER, F. *et al.* 1954) which covers roughly the whole area indicates two

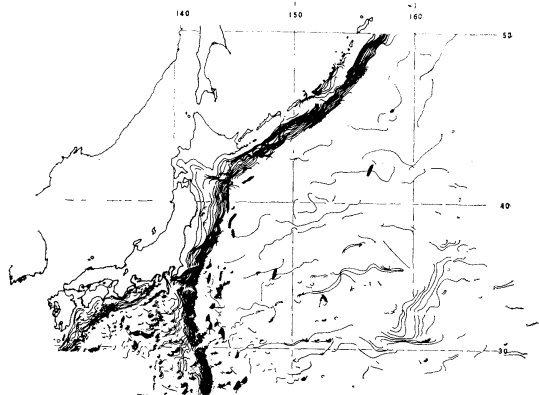


Fig. 5. Schematic map which shows the locations of the local long period magnetic anomaly near Japan Trench.

cases out of eight in which the magnetic anomaly does not disappear above the slope of the continental side.

The conspicuous anomaly of peak-to-peak amplitude 1000 gammas indicated in Fig. 3 by an arrow mark is noticeable to the effect that it is a large single anomaly of the period about 60 miles occurring above comparatively flat basin. Its location is $35^{\circ}11'N$, $147^{\circ}34'E$. The similar anomaly is found above the flat basin off the Kuril trench at $42^{\circ}07'N$, $156^{\circ}26'E$ (UYEDA, S. *et al.* 1964). Whether or not these two anomalies are correlated to each other

is difficult to say, but it is significant that both anomalies are located at approximately equal distance of the Japan trench (the former) and the Kuril trench (the latter) respectively. Fig. 5 indicates the location of conspicuous magnetic anomaly and their relation to the trench axis.

3. Magnetic anomalies near Oahu and Hawaii islands

Magnetic survey near Hawaii archipelago was made on the way from Tateyama to Honolulu, and next to San Diego, and on the way from Acapulco to Hilo and next back to Tateyama.

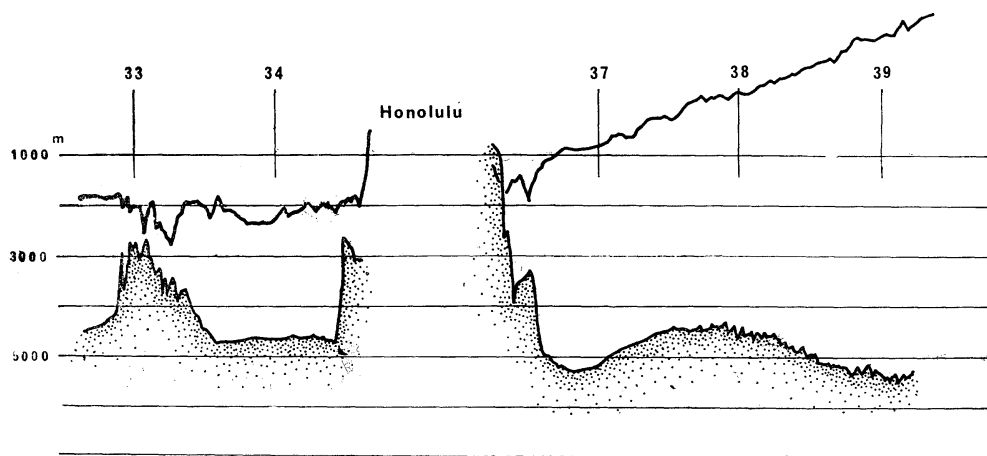


Fig. 6. Profiles of the total magnetic intensity and bottom topography near Oahu island.

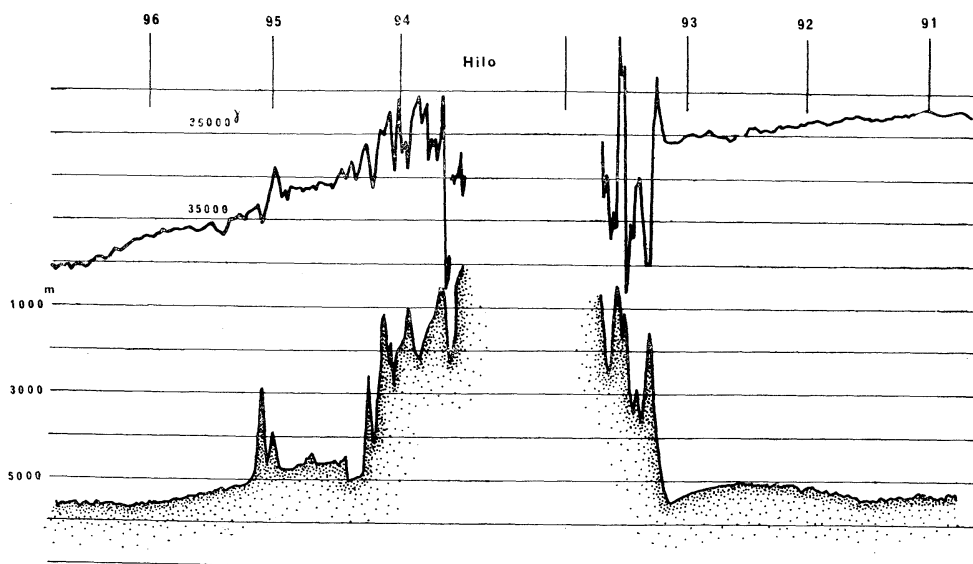


Fig. 7. Profiles of the total magnetic intensity and bottom topography near Hawaii island.

Near Oahu island the measurement was stopped above the middle of the island slope, so it is impossible to correlate the measured anomalies with those on land. But, as is seen from Fig. 6 the local anomalies above the basin surrounding the island are extremely small in contrast to the high anomaly on land. So is the case with the island of Hawaii in Fig. 7. As regards Hawaii island the survey was continued close to the bay of Hilo and along the south east coast of the island. The anomaly off cape Kumakahi amounting to 3000 gammas in peak to peak amplitude is one of the biggest anomalies ever observed.

As was mentioned above the local anomalies on Hawaiian archipelago seem to be characterized by the quality that they are restricted on the swell and show a sharp boundary against the surrounding basin. In this respect the magnetic anomalies on the Hawaiian archipelago are similar to those above a series of seamounts near Wake island (ref. Sec. 5).

Aeromagnetic survey on and near the Hawaiian archipelago was made by A. MALAHOFF, *et al.* of the University of Hawaii (MALAHOFF, *et al.* 1965). The local magnetic map in Fig. 8 is an extension of the map on land by Malahoff towards the sea region. From the

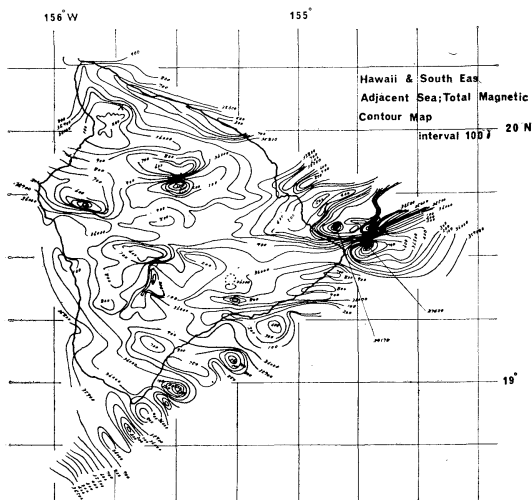


Fig. 8 Contoured map of total magnetic intensity on and near Hawaii island. The map on land is after MALAHOFF, A. *et al.* and that at sea is drawn by the authors.

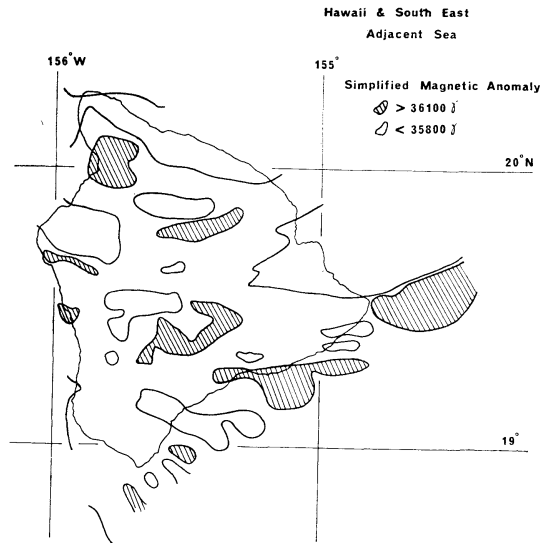


Fig. 9. Simplified contoured map of total magnetic intensity.

▨ indicates the area where the intensity is larger than 36100 γ , and ○ the area where the intensity smaller than 35800 γ .

Figure it is seen that the magnetic anomaly measured by a ship borne magnetometer is more subject to the short period disturbances than those by an air borne magnetometer. Fig. 9 is drawn in order to make it easy to see the pattern of the anomaly based on Fig. 8. The striped zones indicate the areas where the total magnetic force is higher than 36100 gammas, and the zones encircled by a thick solid line the areas where it is lower than 35800 gammas. The anomaly pattern of Hawaii island is rather simple and closely connected to the volcanoes such as Mauna Loa, Mauna Kea, Kilauea, Kohala and Hualalai, and that the same pattern is extended over the sea region implies that the volcanic vents stretch out of the land area as is seen in the sharp magnetic anomaly off the cape Kumakahi. In general the local magnetic anomalies on and near Hawaii island indicate the normal pattern, that is, a pair of anomalies north of which is negative anomaly and south positive. Fig. 10 shows the bathymetric contour map off south east coast of Hawaii island which was measured by Umitaka-maru.

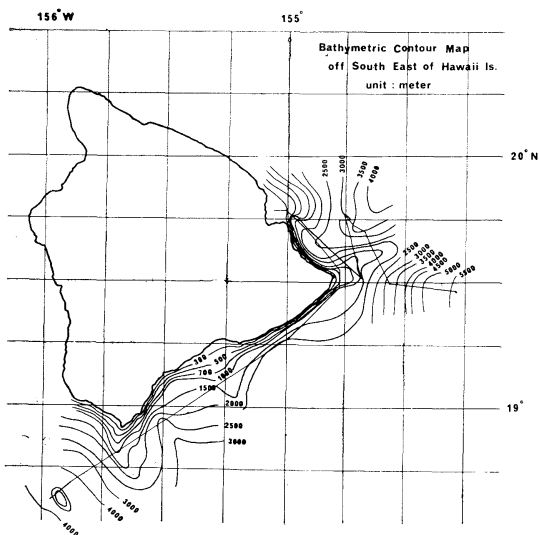


Fig. 10. Bathymetric contoured map off South East of Hawaii island measured by Umitakamaru.

④ Local magnetic anomalies in the East Pacific Rise

Magnetic measurement concerning the East Pacific Rise was made on the way from Hawaii to San Diego, from San Diego to Mazatlan, from Mazatlan to Acapulco, and from Acapulco back to Hawaii. (ref. Fig. 1) In Fig. 11 the local magnetic anomalies and the bottom topography observed on the way from Honolulu to San Diego are indicated, where eastern portion east of meridian 140° is extracted. This region is characterized by the shallowness of the

bottom (which is shallower by about 1000 m than the surrounding basin) as well as by the ruggedness of topography. The local magnetic anomalies also show rugged features of the amplitude of 200γ as if they were reflected by the rugged bottom, but no distinct correlation between them is found. This profile is located a little south of the area where the famous lineation of the local magnetic anomalies were

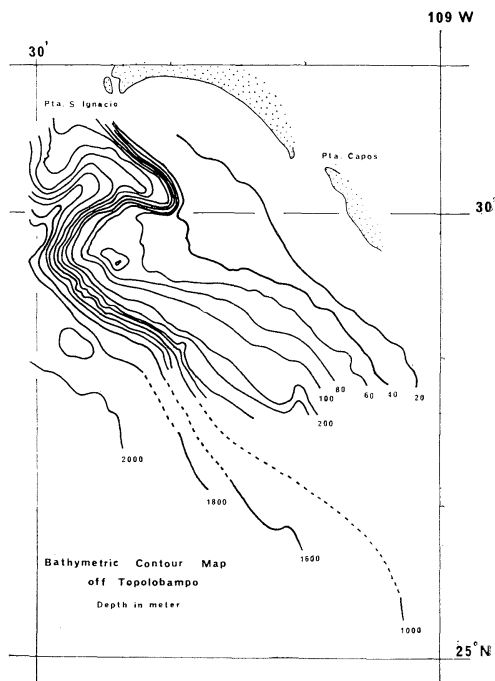


Fig. 12. Bathymetric contoured map off Topolobampo, Mexico.

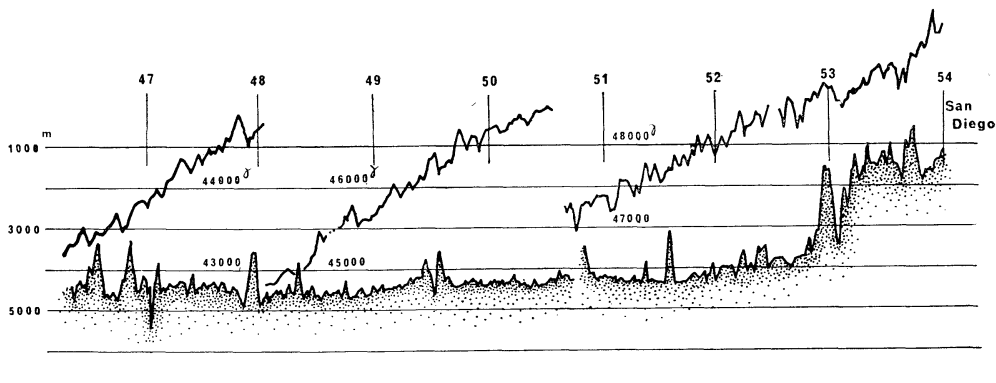


Fig. 11. Profiles of the total magnetic intensity and bottom topography above the East Pacific Rise on the way from Honolulu to San Diego.

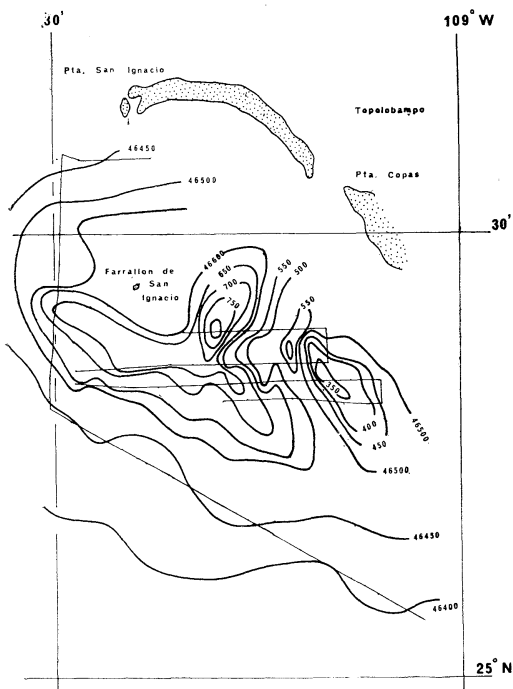


Fig. 13. Contoured map of total magnetic intensity off Topolobampo, Mexico.

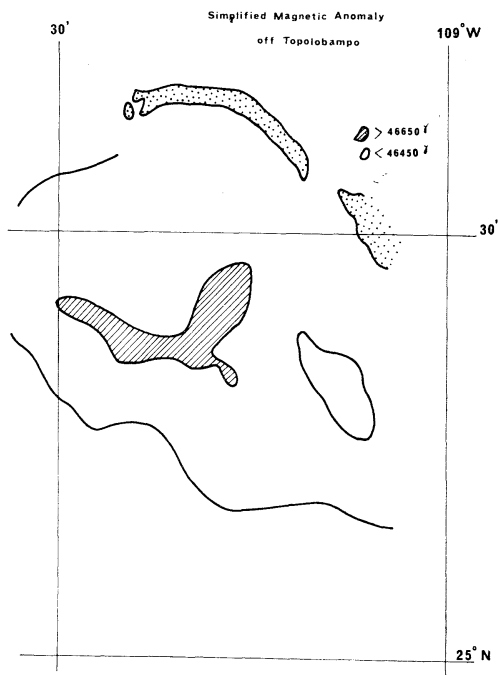




Fig. 14. Simplified map of total magnetic intensity off Topolobampo, Mexico.  indicates the area where the intensity is larger than 46650 γ , and  the area where it is smaller than 46450 γ .

discovered. (MASON, R. G. *et al.* 1958, 1961. VACQUIER, V. 1960) Another feature of this region is that the magnetic ruggedness does not disappear at the continental slope off San Diego, in contradiction to the observation at the continental slopes of Japan, Australia and Antarctica. (TOMODA, Y. *et al.* 1966)

Figs. 12, 13 and 14 are the bathymetric contour map, the detailed magnetic contour map and the simplified magnetic contour map respectively of the area off Topolobampo, Mexico. These figures together with Figs. 15, 16 and 17 are the results of the observations off the western coast of Mexico. From Fig. 12 there is found a steep continental slope and a canyon, but no accurate correlation of the magnetic anomaly to the bottom is found in Figs. 13 and 14. Fig. 15 is the bathymetric contour map north west of the islands Las Tres Marias. The measured area is very shallow and flat, but the magnetic anomaly is not small, as is seen from Fig. 16 and its simplified map Fig. 17. In both areas it is concluded at least that there are local magnetic

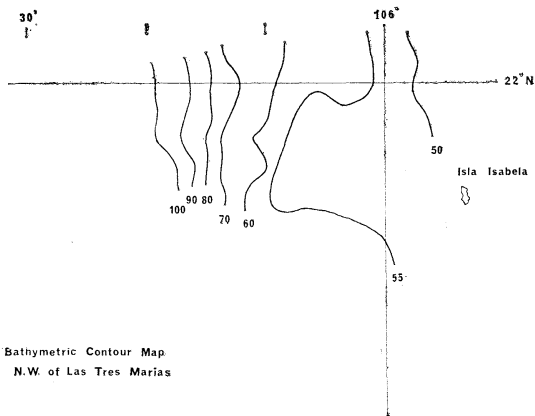
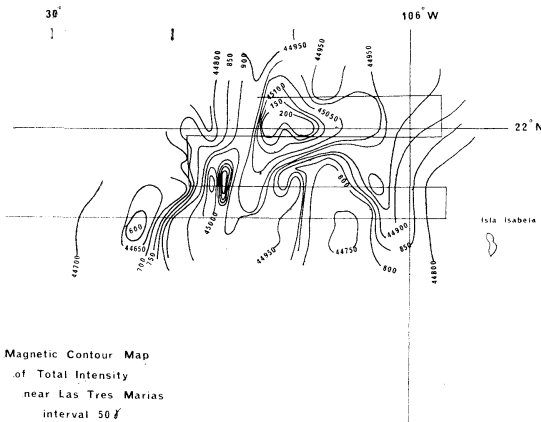


Fig. 15. Bathymetric contoured map north-west of the islands of Las Tres Marias, Mexico.

anomalies of the amplitude 200 γ or so everywhere at the continental shelf within the East Pacific Rise.

As a conclusion about the local magnetic anomaly of the East Pacific Rise it is sum-



Magnetic Contour Map of Total Intensity near Las Tres Marias interval 50 f

Fig. 16. Contoured map of total magnetic intensity north-west of the islands of Las Tres Marias, Mexico.

marized that it is not so large as compared with that of the active ridges such as the South East Indian Ridge or the Pacific Antarctic Ridge (TOMODA, Y. *et al.* 1966), and that the amplitude of the anomaly is not influenced much by the depth of the bottom, and that the persistent anomalies the wave length of which is mostly 10 miles or so are hard to be correlated with the bottom topography which is, in this rise, generally extremely complex, and that, lastly, the continental shelf along the Pacific coast of the South and Middle America is said to be very anomalous magnetically, as is not the case with the continental shelves of, most

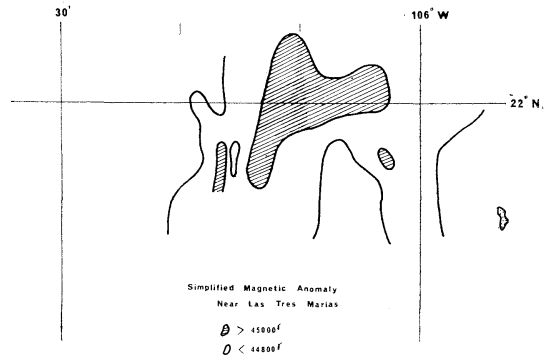


Fig. 17. Simplified map of total magnetic intensity north-west of the islands of Las Tres Marias.

⦶ indicates the area where the intensity is larger than 45000 γ , and ○ the area where it is smaller than 44800 γ .

part of Japan, Australia or Antarctica. (TOMODA, Y. *et al.* 1966)

5. Local magnetic anomalies of the North West Pacific Rise, the Emperor Sea Mounts, and Guyots near Wake island

The North West Pacific Rise is the rise located at 160°E trending north to south. The magnetic anomaly above it shows the long period variations and does not appear to be reflected by the upheaval of the bottom, and as to the wave length of the anomaly it is longer as compared with that of the East Pacific Rise. (Fig. 18)

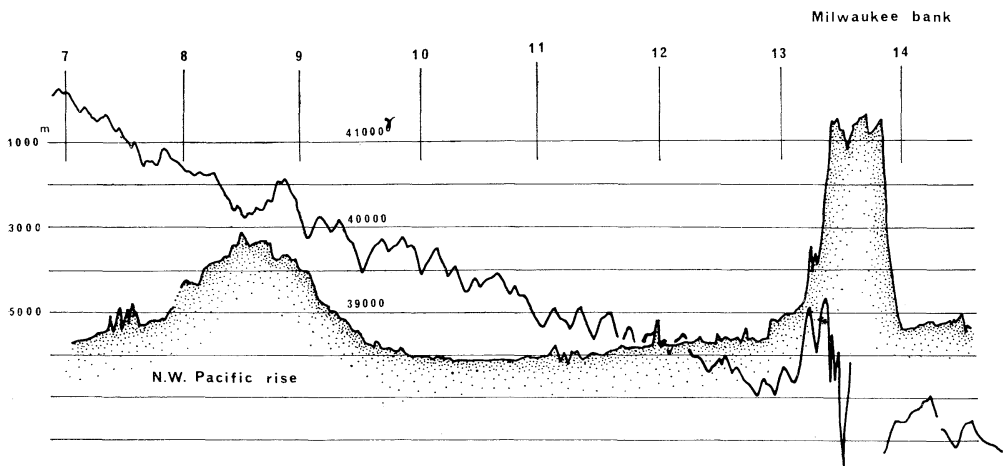


Fig. 18. Profiles of total magnetic intensity and bottom topography above the North West Pacific Rise and Milwaukee Bank.

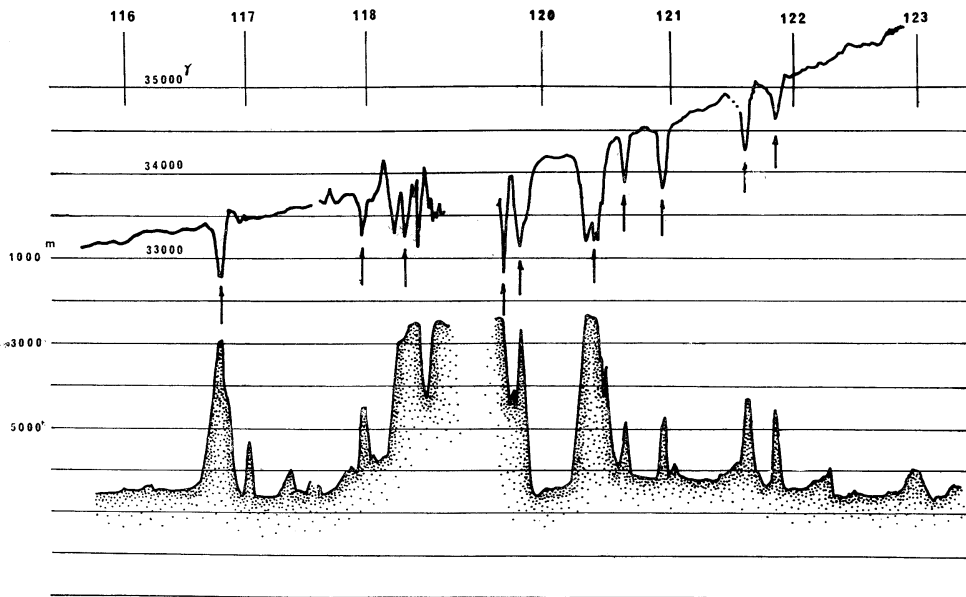


Fig. 19. Profiles of total magnetic intensity and bottom topography above the guyots west of Wake of island.

Milwaukee bank in Fig. 18 is a sea mount existing at the south end of the Emperor Sea Mounts which is a series of sea mounts trending NNW to SSE along 175°E . As is seen from the Figure the magnetic anomaly is much influenced by the upheaval of the bottom showing short period anomaly of the amplitude amounting to 2000γ . The Emperor Sea Mounts seem to be an active rise and able to be traced continuously towards the Hawaiian archipelagos. It is certain that the Hawaiian rises are of volcanic origin and the local magnetic anomalies indicate such features that they are restricted in area just above the upheaval. So is the case with respect to the Emperor Sea Mount, although the condition of the magnetic anomaly of the basin surrounding it differs from one place to another.

As regards the guyots west of Wake island whose topographic features are reported by OZAWA, K. *et al.* (OZAWA, K. *et al.* 1966) and which belong to the so-called Necker-Marcus rise, (Fig. 19), the local magnetic anomaly shows a very conspicuous feature, that is, the negative local anomaly indicates one to one correlation to the respective sea mount, as is marked by an arrow in Fig. 19. That the

local magnetic anomaly is negative will be explained reasonably considering the present regional magnetic field together with the bottom topography. What is more interesting in this area is that the magnetic anomaly can be isolated from those of the surrounding basin. In this sense it seems to be similar with the local magnetic anomaly of Hawaiian archipelago or Emperor Sea Mounts.

6. The local magnetic anomaly of flat basin

Unexpectedly large local magnetic anomaly often occurs above extremely flat basin. The local anomaly observed east of Japan trench (Sec. 2) is an example. The same kind of anomaly is observed in the basin south of Johnston island (Fig. 20). The amplitude is more than 500γ . Contrary to the anomalies above the basin those above the sea mounts are small. The same kinds of anomaly are observed also in the North Australian basin and Sunda shelf (TOMODA, Y. *et al.* 1966). The local magnetic anomaly in the flat area is particularly interesting in the sense that it is directly combined with the subbottom structure.

Figs. 21, 22 and 23 are the bottom topography, the magnetic contoured map and the

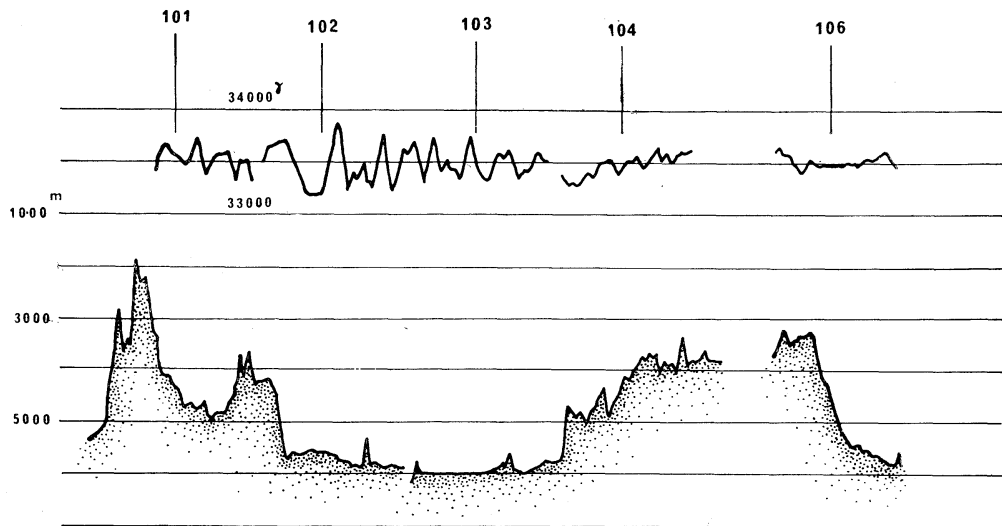


Fig. 20. Profiles of total magnetic intensity and bottom topography south of Johnston island.

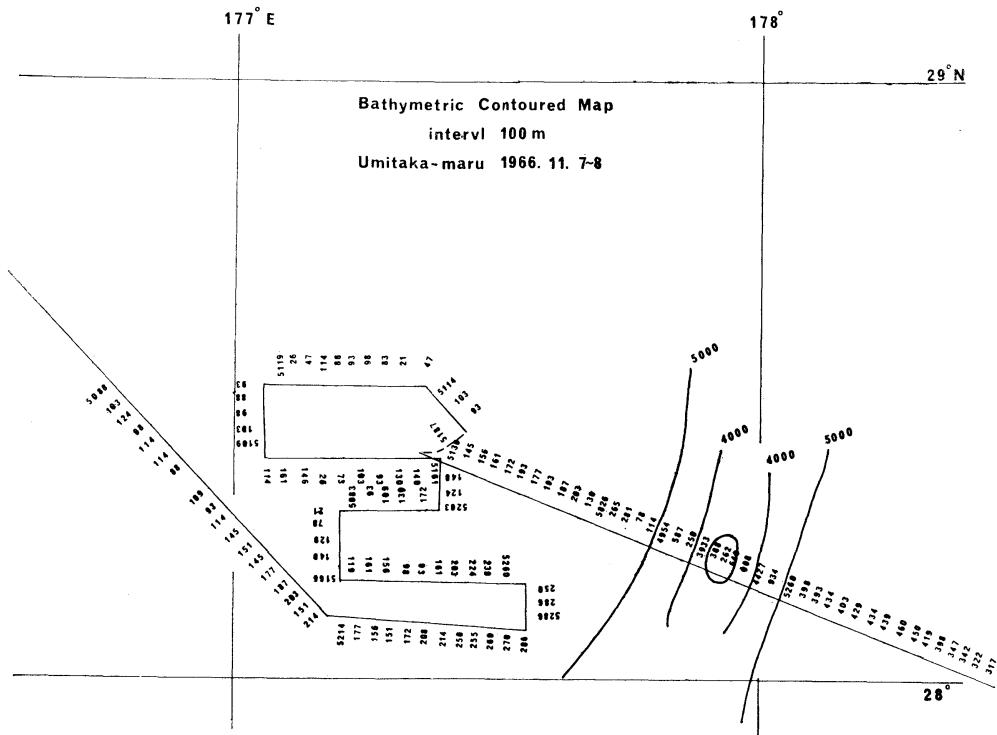


Fig. 21. Bathymetric contoured map above the flat basin midway between Japan and Hawaii (the location is indicated in Fig. 2. by the mark \square).

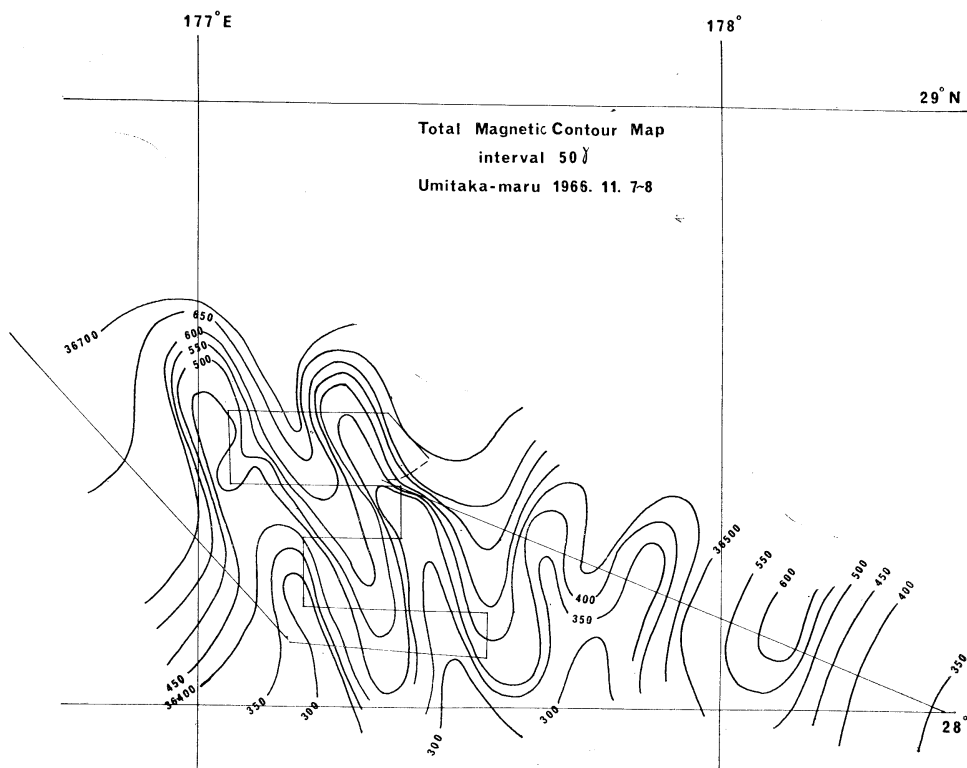


Fig. 22. Contoured map of total magnetic intensity above the flat basin midway between Japan and Hawaii.

simplified magnetic map respectively of the comparatively flat basin located in the middle of Japan and Hawaii. The depth is about 5000 m. From Fig. 23 it is seen that the local magnetic anomaly shows the lineation trending from NNW to SSE. The famous discovery of lineation off the west coast of America is of the local anomalies above the rugged bottom where no definite correlations between the anomalies and the topography are found. From these facts it is considered that the lineation of the local magnetic anomaly exists before the bottom structure is constructed, or it originates in the subbottom structure which the surface topography cannot afford to influence.

7. Conspicuous cracks in the middle of the basin

In the course of the depth measurement by the echo-sounder conspicuous cracks of the bottom were found in the middle of the comparatively flat basin of the averaged depth more

or less 5000 m. Their locations are indicated in Fig. 2 by 'a', 'b', 'c' and 'd'. Their dimension is more or less 10 miles though their geological meanings are not known. As to the magnetic anomalies above them it was found that there were no sign of correlation between them. What interests us in this problem is that, as is seen from Fig. 2, they are divided into two pairs, (a, b) and (c, d), in each pair of which the two cracks are located close to each other. It will need further observations in order to know whether or not the cracks in each pair are correlated in such a way as, for example, they form a single ditch.

8. Summary

In the study of the local magnetic anomaly at sea it is suspected that the relation of the magnetic anomaly to the bottom topography reveals, to some extent, the history of the ocean bottom topography. The local anomalies that are correlated to the bottom topography

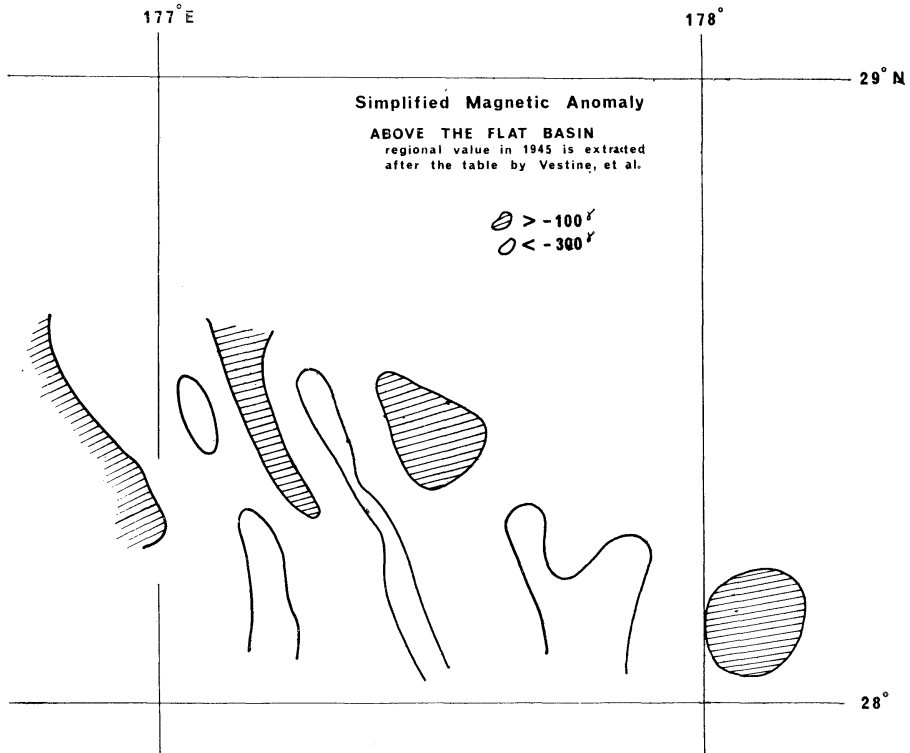


Fig. 23. Simplified map of local magnetic anomaly of total intensity above the flat basin midway between Japan and Hawaii. indicates the area where the intensity is larger than -100γ , and the area where it is smaller than -300γ . The regional value of 1945 is taken after Vestine, et al.

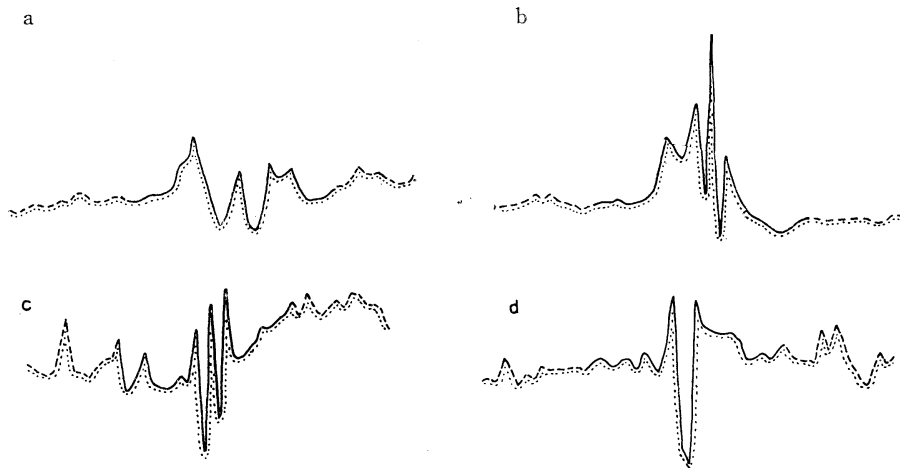


Fig. 24. Conspicuous cracks of the ocean bottom observed by the Umitaka-maru. Their location is indicated by the marks 'a', 'b', 'c' and 'd' in Fig. 2.

distinctly, such as those of Emperor Sea Mounts, Hawaiian archipelagos or guyots in Necker-Marcus rise, are sure to be originated in the bottom upheaval itself, and are attributed to the events historically later than the formation of the basin. On the other hand, the local magnetic anomalies in the East Pacific Rise, or North West Pacific Rise are so much obscure in the correlation to the bottom topography as if they were originated in the same level as that of the surrounding basin. Comparing these rises with the former it is at least concluded that the magnetic characteristics of the rocks composing the rise seem not so much different from those of the rocks composing the basement.

The upheavals such as Hawaiian archipelagos are sure to be volcanic products, and in most cases the volcanic activity is lasting in the present age, other rises such as the East Pacific Rise, on the other hand, being very obscure as to the process of formation. In the course of the process sometimes the volcanic activity, and sometimes the geosynclinal activity must have participated, until at last the materials of the rise are assimilated into those of the basement. In any case it would need long period for the assimilations. The authors think that, by the reason mentioned above, such rises as the East Pacific Rise or North East Pacific Rise are older historically than the Emperor Sea Mounts, Hawaiian archipelagos or the guyots in the Necker-Marcus Rise.

The magnetic anomalies above the flat basin such as the basin east of Japan, the basin south of Johnston island, or the North West Aust-

ralian basin are characterized by the long period wave length and large amplitude. The scale of the anomaly is so large that it is not realized by simply burying the present sea mount into the basement. The anomaly of the flat basin appear to be originated from the lateral discontinuity of the basement rock of larger scale, and so it is not absurd to conclude that the anomaly are historically the oldest of the three types.

For the purpose of clarifying this problem it will be indispensable to analyze the spatial spectrum and the effect of depth of the local magnetic anomalies.

References

- KELLER, F., J. L. MEUSCHKE and L. R. ALLDREDGE (1954): Trans. Amer. Geophys. Un., **35**, 558-572.
- MALAHOFF, A. and G. P. WOOLLARD (1965): Magnetic surveys over the Hawaiian ridge, Hawaii Inst. Geoph., June.
- MASON, R. G. (1958): Geophys. Jour., V. 1, 320-329.
- MATSUZAKI, T. (1966): Rep. Hydrogr. Res., No. 1, May.
- OZAWA, K. and I. KOTAKE (1966): La mer; Bull. Soc. franco-japon. d'océan., **4** (2), 95-97.
- TOMODA, Y., K. OZAWA and J. SEGAWA (1966): Measurement of Gravity and Magnetic field on board a cruising vessel. Ocean Res. Inst. Bull., 1966. (in press)
- UYEDA, S., M. YASUI, K. HORAI and T. YABU (1962): Oceanogr. Mag., **13** (2), 167-183.
- UYEDA, S., T. SATO, M. YASUI, *et al.* (1964): Bull. Earthq. Res. Inst., **42**, 555-570.
- VACQUIER, V., A. D. RAFF and R. E. WARREN (1961): Geol. Soc. Amer. Bull., V. 72, 1251-1258.

北太平洋における地磁気局地異常

瀬川 爾 朗 小沢 敬 次 郎 友 田 好 文

要 旨: 1965年10月より1966年2月に到る間、東京水産大学所属海鷹丸の第30次練習航海に参加して、館山から、ハワイ、サンディエゴ、メキシコに到る北太平洋の地磁気全磁力の測定を行なった。測定器は、プロトン全磁力計である。

この論文では特に地磁気と海底地形との関係に重点をおき、この関係には三つのタイプがあることを知った。第1は、Non-Active Rise 上における異常の形、第2は、Volcanic sea mount 上の異常の形、第3は、flat basin 上の異常の形である。さらにこれらの異常のタイプを調べることにより、その海底地形の生成の歴史についても、ある程度の手がかりが得られることを知った。

Sur des ondes internes engendrées par la perturbation atmosphérique*

Masahide TOMINAGA**

Résumé : On étudie théoriquement le développement des ondes internes qui sont provoquées par la perturbation atmosphérique, par exemple par le passage d'une zone (un front) accompagnant un ressaut de pression atmosphérique. Dans une certaine condition, a lieu la quasi-résonance*** entre la variation de la pression atmosphérique et les ondes internes à la période de plusieurs heures, ce qui est confirmé par quelques observations.

1. Introduction

Il y a encore très peu d'observations continues à longue durée des ondes internes, mais les ondes temporaires existeront abondamment.

Par exemple, les observations à longue durée effectuées au fond de la mer au large des Bermudes (HAURWITZ, STOMMEL et MUNK, 1958) et celles effectuées au large du Misson Beach, California, les Etats-Unis**** fournissent des matériaux utilisables pour étudier l'allure des ondes internes.

On trouve souvent les ondes internes dans la mer, soit au plateau continental, soit dans la baie et même au sein de l'océan abyssal. Les observations diverses nous montrent qu'il y a une gamme de périodes des ondes de plusieurs minutes jusqu'à plusieurs dizaines d'heures. Parmi ces périodes, celles des marées diurne et semi-diurne lunaire et de plusieurs heures sont surtout remarquables: on les trouve aussi dans les spectres des ondes internes donnés dans le travail de HAURWITZ, STOMMEL et MUNK (1958).

Quant à l'origine des ondes internes, il reste encore beaucoup de choses à étudier. L'origine des ondes à la période de la marée qui s'engendrent et s'accroissent leur amplitude même dans l'océan abyssal est évidemment l'attraction de la lune et du soleil mais son mécanisme

n'est pas encore précisé en terme mathématique.

Il semble que le gradient vertical de la vitesse de courant et l'anomalie du courant géostrophique deviennent la cause d'un développement des ondes internes à la période courte.

Une variation de pression atmosphérique qui agit sur la surface de la mer, est-elle responsable du développement des ondes internes et dans quelle mesure? Ce n'est suffisamment pas encore résolu, et il semble que surtout la chance de la résonance entre la variation de pression atmosphérique et les ondes internes soit peu fréquente en nature.

Un travail précédent (TOMINAGA, 1966) a été consacré à la discussion d'un mécanisme de cette résonance: c'est-à-dire, une perturbation atmosphérique dont la pression varie lentement (ou périodiquement) se déplaçant à la vitesse uniforme provoque des ondes internes sur une frontière de deux couches dans la mer et les fait accroître infiniment, quand cette vitesse est égale à celle de groupe des ondes: par exemple, la période des ondes qui sont amplifiées infiniment par la perturbation atmosphérique se déplaçant à la vitesse d'environ 5 km heure⁻¹ et variant sa pression assez lentement, est environ 2 heures dans le cas où l'épaisseur de la couche supérieure est de quelques centaines de mètres*. Toutefois, la variation de pression de la perturbation atmosphérique se déplaçant est assez lente devant la période d'ondes internes provo-

* Manuscrit reçu le 6 Janvier 1967

** Université de Gakugei, Tokyo

*** Théoriquement dit, dans le cas présent il n'y a pas de résonance parfaite.

**** U. S. Navy Electronics Laboratory Oceanographic Tower.

* On suppose que la latitude du point considéré soit 45° et que $g \frac{\Delta \rho}{\rho}$ soit 0,02 m/sec².

quées, alors qu'on peut supposer que la pression soit presque constante.

L'auteur se propose dans la présente note de développer une théorie en tentant de résoudre ce problème en comparaison avec des observations en nature.

2. Mise en équations du problème

Dans la mer on suppose les deux couches d'eau à densité légèrement différente. Les axes Ox et Oy perpendiculaires l'un à l'autre s'étendent infiniment sur la frontière horizontale de deux couches et Oz est orienté vers le haut.

On peut représenter le mouvement des ondes internes* sur la frontière de deux couches par les équations linéarisées suivantes, en supposant qu'un liquide parfait et incompressible est soumis à l'action de la pesanteur et celle de Coriolis et s'écoule vers Ox négatif à la vitesse uniforme U^{**} .

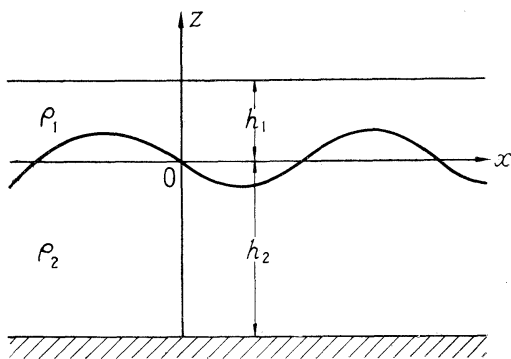


Fig. 1. Ox: le niveau horizontal de la frontière de deux couches. h_1 , h_2 : les épaisseurs des couches supérieure et inférieure.

$$u_t - Uu_x - \lambda v = -\frac{p_x}{\rho}, \quad (1)$$

$$v_t - Uv_x + \lambda u = -\frac{p_y}{\rho}, \quad (2)$$

* Le mouvement est celui des ondes à crêtes horizontales.

** On considère le cas où une perturbation atmosphérique se déplaçant à la vitesse U , agit sur la surface de mer, mais afin de traiter simplement le problème en terme mathématique, on suppose que la vitesse U soit donnée à l'eau et que la perturbation soit fixée en revanche.

$$w_t - Uw_x = -\frac{p_z}{\rho}, \quad (3)$$

$$u_x + v_y + w_z = 0, \quad (4)$$

où u , v , w et p désignent trois composantes de vitesse et la pression dues au mouvement d'ondes, et λ est égal à $2\omega \sin \varphi$, ω et φ désignant la rotation de la Terre et la latitude.

Si l'on donne une pression de p_a sur la frontière, par exemple comme une variation brusque de la pression atmosphérique ou un coup du vent*, la condition sur la frontière de deux couches s'écrit:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\partial}{\partial t} - U \frac{\partial}{\partial x} \right) (p_1 - p_2) + g w_1 \Delta \rho / \rho \\ & = \left(\frac{\partial}{\partial t} - U \frac{\partial}{\partial x} \right) p_a, \quad (z = h_1), \quad (5) \end{aligned}$$

l'autre condition sur la frontière s'écrit:

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} - U \frac{\partial}{\partial x} \right) (w_1 - w_2) = 0, \quad (z = h_1), \quad (6)$$

et au fond de la mer la vitesse verticale d'eau s'annule:

$$w_2 = 0, \quad (z = -h_2) \quad (7)$$

où h et w désignent l'épaisseur de la couche et la vitesse verticale due au mouvement des ondes: les chiffres annexes 1 et 2 se réfèrent aux couches supérieure et inférieure respectivement.

Comme le traitement mathématique effectué auparavant (TOMINAGA, 1966), utilisant les expressions (1) à (5) on obtient l'équation du mouvement et la condition sur la frontière comme suit:

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} - U \frac{\partial}{\partial x} \right)^2 (p_{xx} + p_{zz}) + \lambda^2 p_{zz} = 0, \quad (8)$$

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\partial}{\partial t} - U \right)^2 (p_1 - p_2) - g \frac{\Delta \rho}{\rho} p_{1z} \\ & = \left(\frac{\partial}{\partial t} - U \frac{\partial}{\partial x} \right)^2 p_a, \quad (z = 0). \quad (9) \end{aligned}$$

On suppose que la pression p_a qui agit sur la frontière soit donnée par l'expression suivante:

$$p_a = 2\pi p_0 Y(xs), \quad (10)$$

où $Y(xs)$ désigne la fonction d'HEAVISIDE dé-

* Si la vitesse du vent s'accroît de 10 m/sec^{-1} , il en résulte que la pression qui agit sur la surface de la mer se diminue d'environ 0,65 millibars. La variation de la pression se transmet de la surface au sein de la mer.

finie par

$$Y(xs) = \begin{cases} 0 & x > 0, \\ 1 & x < 0, \end{cases} \quad (11)$$

et $\frac{dY(xs)}{dx} = s\delta(xs)$,

s étant une quantité avec la dimension de l'inverse de longueur et $\delta(xs)$ étant la fonction de DIRAC.

En faisant la transformation de FOURIER sur les équations (8) et (9) on obtient les formules suivantes:

$$(s^2U^2 - \lambda^2)\bar{p}_{zz} = s^4U^2\bar{p}, \quad (12)$$

$$s^2U^2(\bar{p}_2 - \bar{p}_1) - g\frac{\Delta\rho}{\rho}\bar{p}_{1z} = -\sqrt{2\pi}s^2U^2p_0^* \quad (z=0), \quad (13)$$

où $\bar{f}(x)^{**}$ désigne la transformation de FOURIER par rapport à une fonction $f(x)$. D'après la méthode que l'on trouve dans le travail précédent (TOMINAGA, 1966) on peut obtenir la solution \bar{p} de l'équation (8) satisfaisant les conditions à la frontière et au fond.

$$\bar{p} = \frac{-\sqrt{2\pi}p_0s^2U^2}{\left(1 + \frac{\tanh\gamma sh_1}{\tanh\gamma sh_2}\right)s^2U^2 - g\frac{\Delta\rho}{\rho}\gamma s \tanh\gamma sh_1} \quad (z=0). \quad (14)$$

En faisant la transformation inverse de FOURIER à \bar{p} , on obtient

$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{p} e^{ixs} ds = -p_0 \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U^2s^2 \cosh\gamma sh_1 e^{ixs}}{K(s)} ds, \quad (15)$$

où $K(s) = U^2s^2 - g\frac{\Delta\rho}{\rho}\gamma s \frac{\tanh\gamma sh_1 \cdot \tanh\gamma sh_2}{\tanh\gamma sh_1 + \tanh\gamma sh_2}$,

et $\gamma^2 = \frac{U^2s^2}{U^2s^2 - \lambda^2}$.

* Pour évaluer le second membre de l'équation (9) il est remplacé par p_a qui est donné par la formule (10) et on utilise la formule suivante :

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} - U\frac{\partial}{\partial x}\right)^2 Y(sx) = U^2 \frac{d^2}{dx^2} Y(sx) = -U^2s \frac{dY(sx)}{dx} = -U^2s^2 \delta(xs) = -\frac{U^2s^2}{\sqrt{2\pi}}, \quad \text{où}$$

$$\delta(xs) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \delta(x) e^{isx} dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}.$$

** $\bar{f}(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-isx} dx$,
 $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{f}(s) e^{isx} ds$.

Si l'on transforme le système de coordonnées tel que x est remplacé par $x - Ut$, on peut représenter le mouvement d'ondes internes provoquées par la perturbation atmosphérique se déplaçant dans la direction de x positif à la vitesse uniforme U comme suit:

$$p = -p_0 \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U^2s^2 \cosh\gamma sh_1}{K(s)} e^{is(x-Ut)} ds. \quad (16)$$

Si $K(s) = 0$ a une racine réelle simple s_0 , la valeur d'intégrale de (16) est déterminée comme suit:

$$p = -\frac{p_0U^2s_0^2 \cosh\gamma_0s_0h_1}{K'(s_0)} e^{is_0(x-Ut)}. \quad (17)$$

Cette formule nous montre que la période d'ondes est $2\pi/U s_0$ et l'amplitude d'ondes est proportionnelle à $[K(s_0)]^{-1}$.

Il nous semble commode de poser comme suit:

$$F^2 = U^2 \left/ gh_1 \frac{\Delta\rho}{\rho} \right., \quad \varepsilon = h_1\lambda/U \quad \text{et} \quad s = s^*/h_1$$

et de récrire l'équation $K(s) = 0$ en forme non dimensionnelle comme suit:

$$F^2s^* = f(s^*), \quad (18)$$

où $f(s^*) = \gamma \frac{\tanh\gamma^*s^* \tanh\frac{h_2}{h_1}s^*}{\tanh\gamma^*s^* + \tanh\frac{h_2}{h_1}s^*}$, $\gamma = \frac{s^{*2}}{s^{*2} - \varepsilon^2}$

Si les densités des deux couches sont ρ et $\rho + \Delta\rho$, leur épaisseurs sont h_1 et h_2 et la latitude est φ , on peut déterminer la caractéristique d'ondes internes qui sont engendrées dans la mer par une perturbation atmosphérique qui se déplace à la vitesse U . Fixant d'abord les valeurs $\lambda = 2\omega \sin \varphi$, h_1 et $\Delta\rho/\rho$, on peut désigner les paramètres F^2 et ε pour diverse U ; si l'on donne le paramètre h_1/h_2 qui est inclus dans $f(s^*)$, on peut toujours trouver un seul point d'intersection de la courbe $f(s^*)$ et la ligne droite F^2s^* qui passe l'origine comme on le voit dans la figure 2** : enfin, ce point donne

* Dans la formule (17) $K'(s) = \frac{dK}{ds}$ et

$$\gamma_0^2 = \frac{U^2s_0^2}{U^2s_0^2 - \lambda^2}.$$

** On ne peut tracer aucune tangente de l'origine à la courbe $f(s)$, c'est-à-dire qu'il n'en existe aucune racine double de l'équation (18).

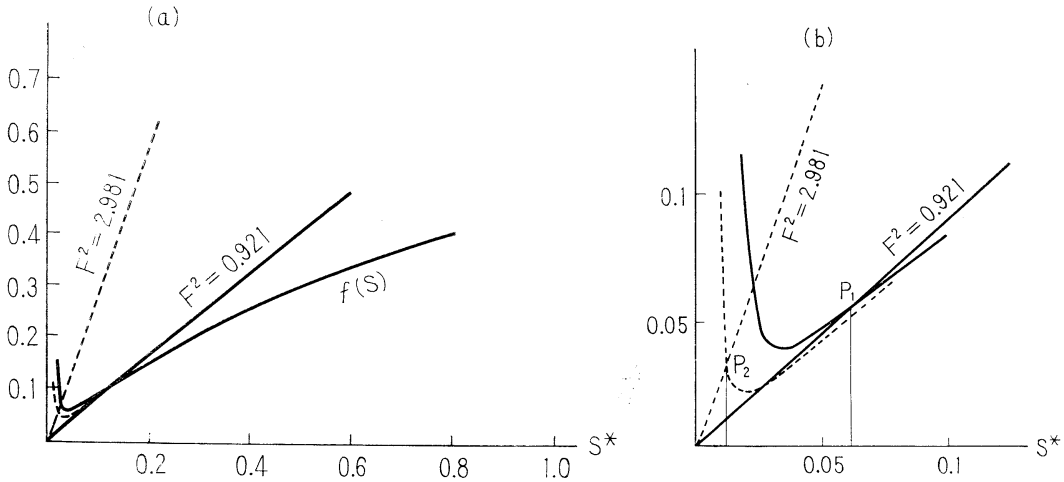


Fig. 2. (a) Les courbes de $f(s^*)$ et les lignes droites représentant $F^2 s^*$ qui correspondent à deux valeurs de ε (0,018 et 0,010).

(b) La racine de l'équation $f(s^*) = F^2 s^*$ est obtenue par le point d'intersection de la courbe $f(s^*)$ et la ligne droite $F^2 s^*$.

latitude: $\varphi = 32^\circ$ (Bermudes), $h_1 = 500$ m, $h_2 = 2500$ m, $g \frac{\Delta\rho}{\rho} = 0,01$ m/sec²,

----- $\varepsilon = 0,018$ ———— $\varepsilon = 0,010$

la racine s_0^* de l'équation (18) de laquelle on peut obtenir la longueur d'ondes L et la période d'ondes T comme suit:

$$L = \frac{2\pi h_1}{s_0^*}, \quad T = \frac{2\pi h_1}{s_0^* U}. \quad (19)^*$$

Au moyen de la quantité $[K'(s_0)]^{-1}$, on peut estimer la grandeur de l'amplitude, c'est-à-dire pour une assez petite valeur de $[K'(s_0)]$, l'amplitude d'ondes est très grande et sensible à l'observation.

3. Comparaison avec des observations

HAURWITZ, STOMMEL et MUNK ont mis en évidence l'existence des ondes internes remarquables à la période de quelques heures engendrées sur une thermocline en profondeur de 500 mètres de la surface au large des Bermudes*, mais on peut apercevoir que les ondes à la même période engendrées sur la thermocline en profondeur de 50 mètres de la surface sont assez

faibles.

Supposons que les ondes internes soient provoquées par une perturbation météorologique au large un peu lointain des îles et se propagent, et déterminons les caractéristiques des ondes internes par la théorie développée dans le paragraphe précédent.

D'abord, posons les quantités physiques comme suit:

latitude des Bermudes: environ 32° ,

accélération de la pesanteur: $g = 980$ cm/sec²;

décroissement de la pesanteur par flottabilité engendrée par la différence assez légère des

densités de deux couches: $g \frac{\Delta\rho}{\rho} = 0,01$ m/sec²,

épaisseurs des couches supérieure et inférieure: n°1. $h_1 = 50$ m et $h_2 = 3000$ m,

n°2. $h_1 = 500$ m et $h_2 = 2500$ m.

Dans le cas 2, on peut obtenir deux points des intersections P_1 et P_2 des courbes de $f(s)$ et les lignes $F^2 s$ auxquels correspondent le cas de $\varepsilon = 0,018$, $F^2 = 0,921$ ($U = 7,73$ km heure⁻¹) et le cas de $\varepsilon = 0,010$, $F^2 = 2,98$ ($U = 13,9$ km heure⁻¹) respectivement comme cela étant illustré dans la figure 2: les abscisses des points P_1 et P_2 donnent les racines de l'équation (18) pour deux

* Pour la valeur du s^* plus qu' environ 0,1, c'est-à-dire pour celle du L (longueur d'ondes) moins qu' environ 31,4 km (pour $h_1 = 500$ m), les courbes représentant $f(s^*)$ pour de diverses valeurs du paramètre ε s'approchent mutuellement: on peut y négliger l'influence de la rotation de la Terre.

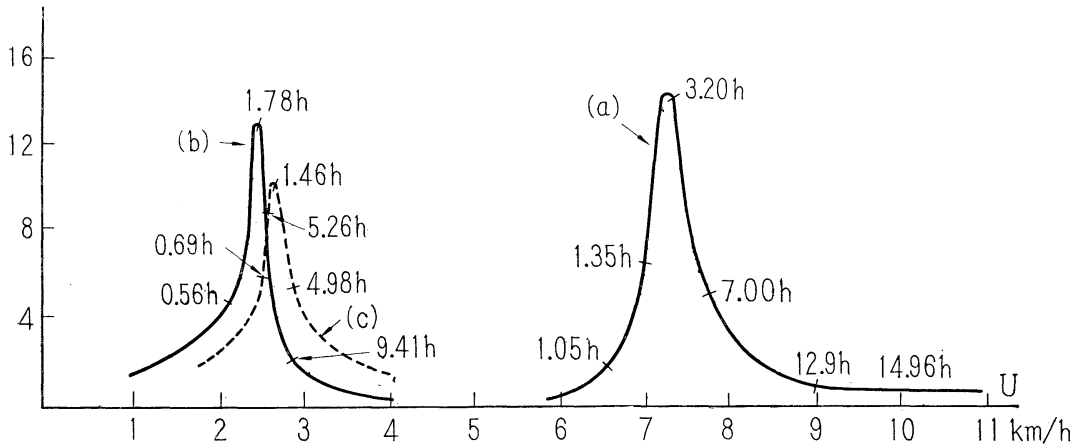


Fig. 3. L'amplitude des ondes internes provoquées par la perturbation atmosphérique.

En abscisse: La vitesse de déplacement de la perturbation.

En ordonnée: L'amplitude des ondes proportionnelle à la valeur de $\{F^2 - f'(s_0)\}^{-1}$.

$g \frac{\Delta \rho}{\rho} = 0,01 \text{ m/sec}^2$.

Les chiffres à côté des courbes désignent la période d'ondes internes.

Courbes (a): $\varphi = 32^\circ$, $h_1 = 500 \text{ m}$, $h_2 = 2500 \text{ m}$.

(b): $\varphi = 32^\circ$, $h_1 = 50 \text{ m}$, $h_2 = 3000 \text{ m}$.

(c): $\varphi = 42^\circ 47'$, $h_1 = 50 \text{ m}$, $h_2 = 2500 \text{ m}$, (La position de la bouée laboratoire en Méditerranée).

Tableaux 1 et 2. Les résultats des caractéristiques des ondes internes calculées par la théorie du paragraphe 2.

U km/heure	T heure	λ km	$ F^2 - f'(s_0) ^{-1}$
6,6	1,05	6,98	1,70
6,8	1,35	9,16	5,26
7,3	3,20	23,4	14,03
7,7	7,00	54,2	5,05
9,0	12,9	116,4	0,84
10,0	15,0	149,6	0,83

1. $h_1 = 500 \text{ m}$, $h_2 = 2500 \text{ m}$.

2,00	0,30	0,59	3,7
2,27	0,56	1,34	5,5
2,48	1,78	4,42	13,0
2,52	5,26	13,3	11,0
2,62	6,31	16,5	5,2
2,78	9,42	26,2	1,7

2. $h_1 = 50 \text{ m}$, $h_2 = 3000 \text{ m}$.

U : vitesse de déplacement de la pression atmosphérique et celle de propagation des ondes internes.

T : période des ondes internes.

λ : longueur d'onde.

$|F^2 - f'(s_0)|^{-1}$: quantité proportionnelle à l'amplitude d'onde.

h_1 et h_2 : épaisseurs des couches supérieure et inférieure respectivement.

valeurs de U respectivement. Ainsi, on peut rassembler dans les tableaux 1 et 2 quelques résultats des caractéristiques des ondes internes qui sont provoquées par la perturbation atmosphérique se déplaçant à la vitesse diverse.

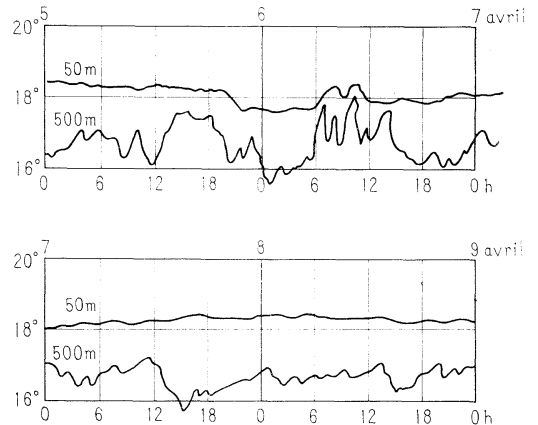


Fig. 4. Les enregistrements de la température d'eau au fond de 50 m et 500 m au large des Bermudes ($32^\circ 20' \text{ Nord } 64^\circ 40' \text{ Ouest}$) de 5 au 8 avril 1955 (d'après HAUROWITZ, STOMMEL et MUNK).

On peut dessiner la courbe représentant $|F^2 - f'(s_0)|^{-1}$ contre U dans la figure 3 utilisant ces tableaux: la valeur de U qui correspond à l'amplitude d'onde maximale à la période de quelques heures est plus grande dans le cas où les ondes sont excitées sur une frontière immergée plus profondément dans la mer.

Les spectres de la variation de température en profondeur de 50 m et 500 m au large des Bermudes (HAURWITZ et les autres, 1958) cal-

culés par les enregistrements effectués en hiver surtout montrent qu'on trouve un maximum de la densité d'énergie entre la gamme de périodes de 1,5 heures et 2,5 heures en profondeur de 500 m, mais qu'on ne le trouve pas en profondeur de 50 m. En ce point, nous proposons dans la figure 4 un exemple qui donne les traces de température à partir du 5 avril 1955 aux Bermudes. Il est évident que pendant cette période la variation de température est

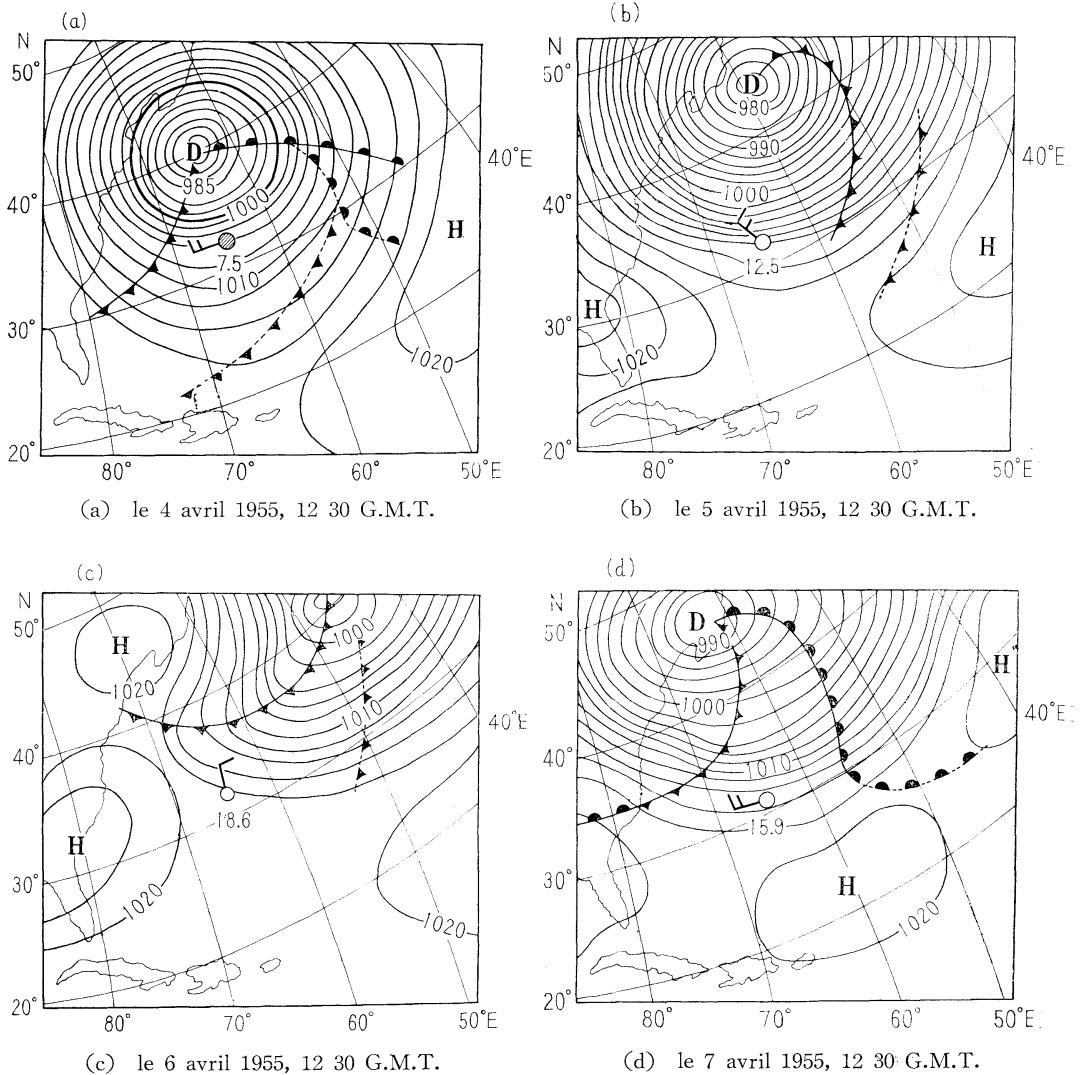


Fig. 5. Les cartes météorologiques à 12 h 30 m G.M.T. du 4 au 7 avril 1955 couvrant la région des Bermudes. La pression atmosphérique aux Bermudes est indiquée par l'écart de 1000 millibars.

plus remarquable au fond de la profondeur de 500 m que celle de 50 m où il n'existe que les variations très lentes et faibles.

Les cartes du temps (les figures 5 a, b, c, d) nous montrent qu'une dépression assez forte s'est déplacée vers le Nord-Est accompagnée par un front froid remarquable à la vitesse d'environ 20-25 km/heure du 4 au 6 avril 1955. On trouve souvent qu'une zone de la rafale où la pression atmosphérique change brusquement précède le front froid*. Ce ressaut de la pression atmosphérique pourrait être la cause de la génération des ondes internes.

Dans le cas présent la vitesse à laquelle les fronts froids sont passés par les Bermudes du 4 au 6 avril est environ 6-8 km/heure. D'après la courbe illustrée dans la figure 3, la valeur de U est environ 7,2 km/heure qui permet d'obtenir l'amplitude d'ondes maximale à la période de 3 heures.

Ce résultat s'accorde bien avec la situation représentée par les traces de température à la profondeur de 500 m les 5 et 6 avril 1955 (voir la figure 5).

Au contraire, du 7 au 8 la variation de la température est plus faible qu'au 6 et on ne trouve aucune perturbation atmosphérique dans la région près des Bermudes, le temps subsistant calme (la figure 5 d).

En été, la thermocline se développe à la couche peu profonde par l'insolation de la chaleur du soleil ardente pénétrant par la surface, alors qu'on peut y trouver la variation remarquable des traces de température à la période assez longue**, tandis que, sauf le passage d'un orage, la variation des traces de température à la période de plusieurs heures est assez faible. A cet égard, on peut donner un exemple qui est observé du 18 au 19 juillet 1955 (la figure 6a). Les oscillations de la marée du type semi-diurne sont assez remarquables dans les traces au fond de 50 m, au contraire

* En ce point, on peut bien trouver l'exemple approprié dans la page 429 du "Compendium of Meteorology 1951, American Meteorological Society."

** La période de la marée semi-diurne est très remarquable dans ces traces mais n'a aucun rapport avec la perturbation atmosphérique.

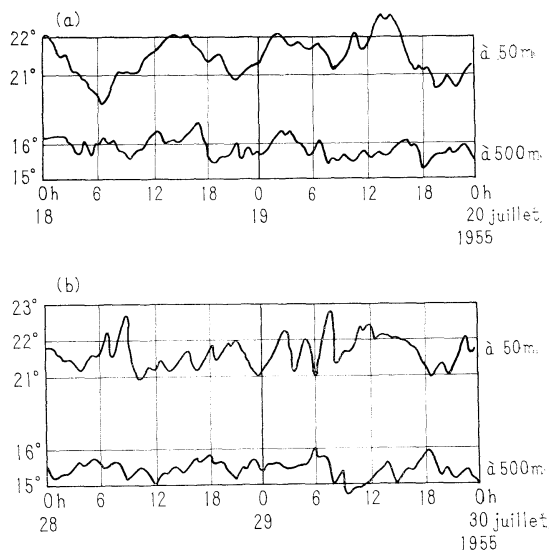


Fig. 6. Les enregistrements de la température d'eau au fond de 50 m et 500 m au large des Bermudes en été de 18 au 19 et de 28 au 29 juillet 1955.

(a) Le temps subsiste stable. La période semi-diurne de la marée est remarquable au profondeur de 50 m.

(b) Le temps est instable et les variations de température d'eau à la période de quelques heures sont remarquable en profondeur de 50 m.

elles sont faibles au fond de 500 m. Pendant cette période, le temps demeure calme sous l'influence de l'anticyclone qui envahit cette région comme on le voit dans la figure 7, alors qu'on ne trouve aucunes oscillations à la période de plusieurs heures qui seraient produites par une origine atmosphérique, tandis que, du 28 au 29 juillet 1955, ces oscillations sont remarquables au fond de 50 m mais assez faibles au fond de 500 m, ce qui s'explique par le fait que l'énergie atmosphérique ayant son origine dans une perturbation instable* s'est consommée à la thermocline peu profonde et n'a pu profondément pénétrer (la figure 6 b).

LACOMBE, H. et GONELLA, J. ont effectué des observations des oscillations de température d'eau à la thermocline d'environ 60 m de pro-

* Le 19 juillet 1955, une dépression se met à développer dans cette région et le temps est assez instable.

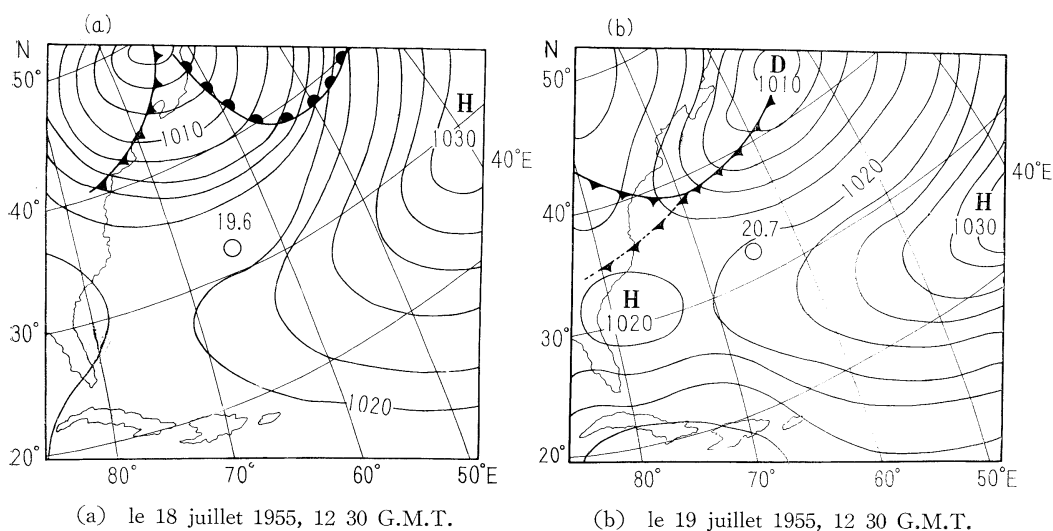


Fig. 7. Les cartes du temps à 12h 30m G.M.T. de 18 au 19 juillet 1955, couvrant la région des Bermudes. isobares en millibars.

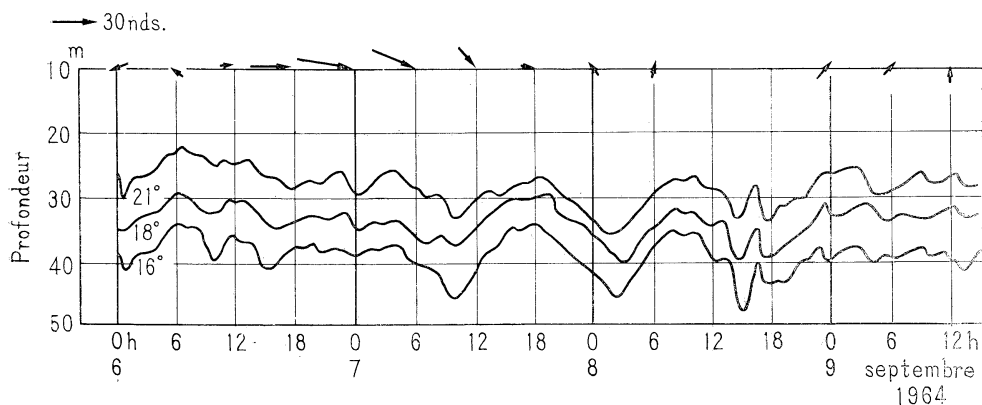


Fig. 8. L'immersion des isothermes de 21°, 18° et 16° du 6 au 9 septembre 1964 à la bouée laboratoire en Méditerranée (42°47' Nord, 7°29' Est). Les flèches désignent le vecteur du vent.

fondeur grâce à la bouée laboratoire mouillée par une profondeur de 2680 m au point 42°47'N et 7°29'E.

Les observations effectuées du 6 au 9 septembre 1964 (voir la figure 8), par exemple, nous montrent que les ondulations des isothermes à la période courte (période de plusieurs heures, mais irrégulière) commencent à être légèrement remarquable dès que le vent à la vitesse d'environ 30 nœuds s'est brusquement mis à souffler (vers 12 heures du 6 septembre). Quand le vent s'est abattu, de telles oscillations irrégulières se sont affaiblies et il n'a resté que

l'oscillation d'inertie à la période d'environ 17 heures*.

Un front froid qui s'étend du centre d'une dépression centrée au Danemark s'est passé au-dessus de la bouée laboratoire à la vitesse d'environ 20 km/heure (voir la figure 9). La variation brusque du vent susdite est due au passage de ce front accompagnant peut-être la variation brusque de la pression atmosphérique.

Supposons la situation suivante à la bouée

* Au $\varphi=42^{\circ}47'$, la période d'inertie est 17,6 heures.

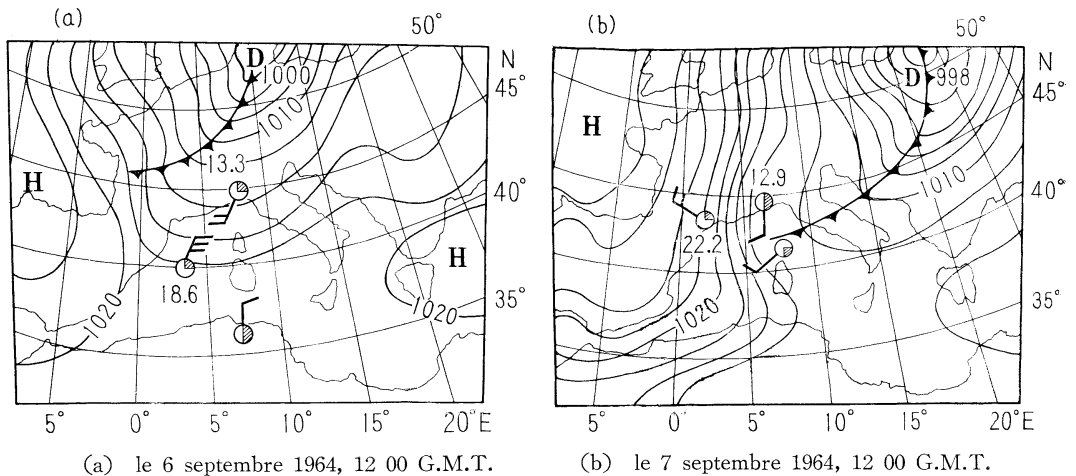


Fig. 9. Les cartes du temps à 12 h G.M.T. du 6 au 7 septembre 1964, couvrant la Méditerranée: les stations météorologiques sont cotées par les chiffres qui désignent la différence entre la valeur de la pression atmosphérique en millibar et 1000 millibars.

laboratoire:

$$\begin{aligned} \varphi &= 42^{\circ} 47' \\ h_1 &= 60 \text{ mètres} \\ h_2/h_1 &= 45 \\ g \cdot \Delta\rho/\rho &= 0,01 \text{ m. sec}^{-2}. \end{aligned}$$

On peut obtenir dans la figure 3 la courbe qui donne la grandeur d'amplitude en fonction de U : la valeur de la vitesse est environ 2,7 km/heure qui correspond à la plus grande amplitude d'onde dont la période est environ 1,5 heures.

On le compare avec les traces des isothermes de 6 heures de 7 à 9 heures du 8 septembre dans la figure 8, mais la provocation des ondes internes par ce mécanisme n'est pas notable parce que la vitesse de déplacement du front nécessaire pour engendrer remarquablement des ondes est plus petite que celle déterminée dans la carte du temps.

Il semble que des ondes internes à la période courte aient pour l'origine l'accumulation temporaire d'eau sur la surface de la mer par la tension de vent. Il faudrait toutefois des études approfondies pour avoir une conclusion définitive à ce sujet.

4. Conclusions

1. Si la pression d'une perturbation atmosphérique se déplaçant subsiste en permanence, il n'y a pas de résonance dans un sens propre entre

la perturbation et les ondes internes provoquées par cette perturbation. Mais il est possible que les ondes se développent considérablement sous une certaine condition. Appelons la le mécanisme de quasi-résonance.

2. La vitesse de déplacement d'une perturbation atmosphérique favorable pour la provocation du mécanisme de quasi-résonance est d'autant plus grande que la couche supérieure est plus épaisse.

3. La période des ondes internes ainsi provoquées atteint quelques heures.

4. Dans la nature, il semble que le mécanisme de quasi-résonance susdit ne puisse avoir lieu très fréquemment.

Remerciements

J'exprime mes gratitudee au Professeur LACOMBE et au Monsieur GONELLA au Laboratoire d'Océanographie Physique, de Paris, pour leur générosité de m'offrir les enregistrements des ondes internes en Méditerranée. Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance à la Météorologie Nationale du Japon, pour m'assurer la facilité d'utiliser les cartes du temps.

Bibliographie

HAURWITZ, B., H. STOMMEL and W. MUNK (1958): On the thermal unrest in the ocean. Contribu-

tion No. 954 from the Woods Hole Oceanographic Institution, 74-94.
Internal Waves (1963-1964): Marine Environment Division under SR 004 03 01, Task 0580 (NEL

L 40451), U. S. A.
TOMINAGA, M. (1966): Sur le développement des ondes internes par l'action des perturbations atmosphériques. La Mer, 4, 1-7.

大気の圧力変動によって生ずる内部波について

富 永 政 英

要 旨: 前論文 (富永, 1966 年) で圧力が徐々に変化または週期的に変化しつつ進行する大気擾乱によって海の中の二層の境界面に生ずる内部波について理論的に考察し, 内部波の群速度が大気擾乱の移動速度に等しければ共振して内部波の振幅が限りなく増大することを証明した。この論文では寒冷前線の通過などによって気圧が急に変化するとき同じようにして, 内部波の振幅の増大があり得るかどうかを調べた。その結果, 前線の移動速度がそれによって発生した内部波の位相速度に等しいときは完全な共振は起らないが振幅はかなり増大することが理論的に解った (第 3 図)。このような振幅増大を起すべき前線の速度は二層モデルの上層の厚さによってかなり変化し, また上層と下層の厚さの比, 二層の密度差, 緯度などによって若干変化する。Bermuda 島において行なわれた実測 (HAURWITZ ら, 1955) をみると著しい前線通過に際して 50 m および 500 m の深さで水温の変動が顕著となり 500 m の深さで数時間の週期的変動がとくに著しい。このことは第 3 図の理論的結果と比較すると説明できることである。地中海の浮きで測った結果も比較してみた。いずれにせよ海面上において起る前線通過などによる急な気圧変動は数時間の周期の内部波増大の原因として大切であると思われる。

資 料

漁場探査技術懇談会の開催報告*

Colloque sur la technique de l'exploitation de la pêcherie

日仏海洋学会は、日本水産資源保護協会と共催で、昭和41年10月12日、長崎市において漁場探査技術懇談会を開催し、長崎および九州地区在住の海洋、水産関係者多数出席し、活発な討論を行なった。

日程と議題

日程：昭和41年10月12日 午前9時30分より午後5時まで、長崎市五島町長崎県漁協会館四階ホール。

議事：

1. 挨拶

- 1) 長崎県漁連会長
- 2) 日本水産資源保護協会 伊藤常務理事
- 3) 日仏海洋学会 佐々木会長

2. 講演：

- 1) 水塊漁場論 宝幸水産K. K. 中村 広司
- 2) 漁業への新しいエレクトロニクス技術の応用について 東海大学 岩下 光男
- 3) ネットレコーダーについて 古野電気K. K. 加藤 増夫
- 4) 漁業における海中の撮影について 水産庁 西村 実
- 5) 地層探査機について 海上電機K. K. 鳥谷 信行

6) 魚探による漁場価値の判定について

長崎大学 柴田 恵司

7) 海中資源の探索に対する魚群探知機

の応用 K. K. 産研 平野 正勝

8) 潜水調査船について

東京水産大学 佐々木忠義

3. 主なる出席者：

(長崎大) 山田鉄雄, 柴田恵司, 林 秀朗

(東水大) 佐々木忠義

(東海大) 岩下光男

(九大) 花岡 資

(水産庁漁船研) 西村 実

(西水研) 日笠七郎, 青山恒雄, 進藤重明, ほか数名

(南水研) 浜部基次

(資源保護協会) 伊藤 佃

(長崎水試) 浜島謙, ほか数名

(海上電機) 鳥谷信行, ほか数名

(産 研) 平野正勝, ほか数名

(古野電気) 加藤増夫ほか, 数名

この他、大洋漁業、日本水産、山田屋漁業部などより約80名の参加があり、出席者は合計約100名に達した。

講演要旨

1. 水 塊 漁 場 論

宝幸水産 K. K. 中 村 広 司

従来、マグロの分布や回遊の支配的要因は水温であるとされていた。しかしその後、海流が着目され“マグロ類の生活環境、あるいはそれに大きな影響をもたらすも

のとして、海流が重視されるべきではないか”という基本的な考え方が出て来た。このような考え方にに基づき、マグロの諸調査を計画し、実施してみるとその妥当性を強く支持するものが認められ、“海流系は、それぞれ異なった生活圈つまり性格を異にする漁場である”という

* 1966年12月16日受理

仮説を打ち出すことができた。その後の研究によれば、海流系を水塊 (Water mass) とか水型 (Water type) に置き換えることが可能であることが明らかにされた。

たとえば、水塊が異なるとそこに卓越するマグロの種が違っただけでなく、同じ種が分布していても、卓越するものの大きさが違うということである。つまり、マグロ類は種によっても、成長あるいは生態の過程でも異なった水塊に棲み分けているということが巨視的に言える。

水塊と水塊との接触部はマグロ類の分布、回遊に大きい拘束力を持つが、生態のある段階に達すると、この障壁を突破してある水塊から他の水塊に移動することが立証され、マグロの回遊には二つの場合がなくてはならない

ことになる。第1は、同じ生活領域内の回遊、第2は、異なった生活領域間の回遊である。後者は生態の転換を意味し、3月と9月を中心とする限られた期間に転換が行なわれ、これらの季節を境に漁場が夏型と冬型とにわかれ、各漁場での魚種組成や魚体組成が一変する。

マグロ類の分布と水塊の分布とをいかに全海域にわたりつかむかが問題で、従来のように海洋観測は調査船で、魚の分布は漁船の操業報告でというやり方では、両者の関係を適切に求めることは困難である。そこで魚群探知機などを用いた新しい手法を開発することが望ましい。

2. 漁業への新しいエレクトロニクス技術の応用について

東海大学 岩 下 光 男

日本の漁業は、沿岸、海洋を問わず資源的にも技術的にもいろいろな問題に直面している。このような問題を解決するために国の内外の漁業者は理工学的な手段を用いて合理的に生産の向上を図ろうとしているが、筆者はエレクトロニクス技術の応用について考える。

(1) 無線標識 現在電子機器を構成する部品は非常に小型化され、医学方面では小型の無線カプセルが実用されている。われわれもクジラあるいはニジマスに小型のカプセルを取り付け、その遊泳生態を無線で追跡する方法を研究している。この方法で魚の生態、環境をもテレメーターで知ることができ、また操業上では将来は、たとえば、サメに無線標識を付け、サメヅキのカツオの行動を追跡できるような可能性も考えられている。

(2) レーザの利用 現在、魚群探知機・水中テレビなどを用いる場合に、いろいろの制約を受ける。今日、波長を人為的に制御できるレーザ波を出す技術が開発され水中への応用も考えられる。船上からレーザ波を輻射

し、適当な深さに焦点を結ばせて、魚の形や種類を判別することが可能になってくると考えている。

(3) 漁業通信 現在、漁業通信は周波数割当てと莫大な漁船数のために通信時間は極めて短く、船主と船との通信連絡が充分に行なわれない。この解決策としてファクシミリ通信を漁業に実用することに成功した。しかしファックスによる通信方法および内容については、更に検討の要があるが、船主と漁業者が使えるような型に改良すべく研究を進めている。

(4) 無人海洋観測装置 筆者らの研究している無人海洋観測装置は主として、水温・塩分・日射量・潮位・流向流速などの物理量を伝送する方式であるが、これを更に簡易化し、沿岸漁場の海況・生物の生態なども調査できるような装置を開発中である。将来は沿岸のみならず、沖合漁場の諸データをも伝送できるような方式についても検討中である。

3. Net Recorder について

古野電気 K. K. 加 藤 増 夫

底曳漁業の操業中、曳網の状態、入網魚群海底の障害物、網の離底状況などを船上で連続して観測する必要が

あると思う。特に水中における網成り、入網魚群量を知ることには漁獲高を向上させるために重要である。今まで

ケーブルを使用するネットゾンデ、水深、水温などの情報を超音波により船上に伝送させるネットゾンデなどが実用になってきているが、最近水深、魚群の入網量などの情報を伝送させる Net Recorder を完成させ、実用化されてきた。

Net Recorder は、底曳網の head rope に取り付ける発振器、船で受信する受波器および指示観測機より構成されている。rope に取り付けた発振器では、その位置で垂直方向に超音波を発射して漁網、魚群、海底などのエコーを取り、この情報を超音波の搬送波にのせて船まで伝送させ船上で魚群の入網などを知るような方式で、船上にある魚群探知機と併用して操業上有益な情報を得ることができる。

いままで行なった基礎実験および実用実験の結果、漁

場水深 300 m 前後、船と網との距離 2,000 m の範囲で良好な成績が得られている。

この装置は現在まで 50 隻以上の船尾式トロール船に取り付け、その結果を検討した結果、400 m の水深において入網したメルルーサー、310 m のアカウオ、255 m のスケソウダラなどの魚群を探知し得た。また、海底の障害物検知にも実用しうることが示されている。たとえば魚群のいないときには網を中層に浮かせておき、障害物のないのを確認して急速に網を海底に降ろし、魚が入った後は再び網を引き揚げるような新しい漁法が開発されるようになってきた。

また常時、網の状態を監視できるので、網の破損なども直ちに知ることができるので、この方面の応用分野も広いと考えている。

4. 漁業における海中の撮影について

水産庁漁船研究室 西 村 実

海中の現象を調べるには色々な方法がある。魚群探知機などでは海底、魚群、漁具、プランクトン層などの深さ、数量などの見当をつけることができる。しかし音響による方法だけでは、魚の形、種類などをはっきり確かめることはむずかしい。浅海ではアクアラング、潜水服などを着用して潜ればよいが、空気の補給、保温などの点から長時間の調査は困難であり、また潜水体を用いれば深海への潜水は可能であるが、建造、輸送、運航、保守などに莫大な経費を要し、一般的ではない。

水中テレビ、水中写真機はこのような観点から漁業、海洋調査に都合がよい。

海水中の光の減衰は、空中のそれに比べてかなり大きく、また光学的条件も季節的、地域的に変化するので、テレビなどを用いる場合に問題が多い。海中におけるテレビ、写真機の被写体撮影可能距離は、Vidicon、フィルムの感度、レンズの明るさ、被写体の明るさなどによ

って決まる。しかしこのほか、マリンスノーその他の微小反射体が存在するため back scatter をおこし、被写体のコントラストが悪くなり、結局は撮影可能距離が短くなるような場合もある。筆者の経験ではテレビなどの撮影可能距離はその海域の透明度の 1/2 を目安にすればよいと考えている。

撮影方法としてはカメラを水平または鉛直に海底に底着させる、海底上をゆっくり移動させる、極で曳航するなどの方法があり、いずれも実用できる。またテレビと写真機とを併用することは調査上価値があると思う。

今日まで日本沿岸などで行なった実験と調査では、海底微流速の測定、タラバガニ、ヒトデ、アカガイなどの生態調査、人工漁礁の投入状況、集魚状況の調査、定置網の布設状況などの調査で、水中テレビ、水中写真機などで明瞭な映像が得られ、技術的にも経済的にも広く実用できることがわかった。

5. 地層探査機について

海上電機 K.K. 鳥 谷 信 行

海底資源の開発、港湾土木建設工事の発展に伴い、最近、音波を用いた海底の地質調査が活発になってき

た。火薬を音源とする地震探査法は、古くから行なわれているがこの方法では地下深部の探査は可能な反面、地

層の分解能が悪く、危険も伴い且つ記録の解析に面倒な計算が必要である。われわれはこのような見地から、地層探査機を開発した結果、海底下の地層の探査に有用な情報を得ることができるようになってきた。

従来の魚群探知機あるいは音響測深機に用いられる超音波の周波数では海底表面下の地層を探知することは多少困難であるが、この地層探査機では海底下 50 m 位までの範囲を探知する能力を有している。

一方、底曳漁業について考えると、海底付近で網を曳く関係上、海底地質・地形を充分承知しておかないと、網の損耗・流失など思わぬ事故を起こすことがある。しかし、従来の魚群探知機では、海底表面の起伏のみしか探知できない。たとえば、底曳漁場では表面は砂、泥などであっても網を曳いたところ網を破損したという例を

しばしば耳にする。これは海底下数 10 cm の所に露岩（いわゆる根）があるからだと思われる。

今、実際にこのような海底付近を地層探査機で調べてみると、海底下 1 m 以内の所に岩盤層の突起部があり、突起部の上層にやわらかい粘土層があることが判明した例もあり底曳漁業でも探査機の利用効果がある。

地層探査機は、周波数 3 kc、記録方式は乾式、ベルト直線方式で、記録範囲は 0~50 m (100 m)、0~100 m (200 m)、発振回数 180 回および 90 回、送信出力 32 Joule で多段シフト方式などを採用している。

この装置を用いて玄海灘・東京湾・鹿児島湾・石狩河口沖で測定した結果では海底下 30 m の地層を知ることができた。

6. 魚探による漁場価値の判定について

長崎大学 柴田 恵司

以西底曳漁場において魚群探知機を使って漁場を探する場合、記録を見て魚群らしいものが曳網によって漁獲される範囲に分布するかどうかを判断する事から魚探の利用が始った。その内だんだん魚探記録の研究が進むにつれ「魚探に魚がうつるのに、魚がとれない」、又はその反対に「魚がうつらなくても獲れるのは何故か」という疑問が起った。

この理由は現在一般に東海黄海の底曳漁場で用いられている 200 kc 魚探の場合極く小さいプランクトンの集合体まで充分記録する事が出来る。記録の上ではこれら非有用の生物と魚群を区別する事は 50 kc 等のような個体魚の記録を得ることが出来る周波数の魚探による記録と比較を行なうこと以外不可能である。

又、次の「記録が現れなくても魚が獲れる」現象は、魚探の最小分解距離に原因がある。すなわち現用されている魚探は一般に 0.5 m sec のパルス幅であるから、海底から少なくとも約 40 cm 以上離れたものでないと記録紙上に現われてこない。又、この記録は船の真下のもののみである。すなわち船底から出される超音波信号は振動子を中心として球面の形で伝わって行くから、これを中心に船から海底までの距離から 40 cm だけ小さい円を画き、これより外側となった部分は海底より上の部分であっても記録に現われない。これに対処するためには出来るだけ指向角の鋭いパルス幅の短いたとえば 200

kc のような高い周波数の魚探を利用する必要がある。

又、魚探記録から魚種を判定するためには魚探記録と漁獲物の体長組成、およびその遊泳生態等と魚探記録との比較研究が必要であり、その結果、漁業者も経験的に魚種、魚量を判断することも可能となろう。その実例として、われわれが黒潮観測航海の際に行なった魚探記録の解析について紹介する。1966 年 6 月 16 日から 22 日の間、長崎大学練習船長崎丸は 132.5° E の子午線に沿って 32° N から 20° N までの間の海域で CSK の調査を行なった。この全域における魚群探知機記録のうち昼間のもののみについて解析を行ない次の結果を得た。

1) 反射損失 25~15 db のマグロと思われる大型魚体の分布は 24.5° N 以南に限られ、これは一般観測の結果から、亜熱帯収斂線以南と考えられる。

2) 大型魚体の多くはかなり接近した密集群を構成しており、群の大きさは水平距離 200~1,300 m、鉛直距離 2~50 m であり、群を構成する個体数は 4~37 個体であった。

既報の方法で求めた魚群密度は $1\sim 68/10^6 \text{ m}^3$ であり深度 50~500 m の範囲の分布密度は 0.1, 0.58, 0.01/ 10^6 m^3 であった。

考察に用いた大型魚体の記録のうち鉛直方向の速度が (0.3 m/sec) 以下と考えられるものについて体長の試算を行なったが、大型のものが多く認められた。

7. 海中資源の探索に対する魚群探知機の応用

株式会社 産研 平野正勝

魚群探知機などを用いれば、水中の各種の物体、生物、潮目、DSL、躍層などを探知できることは公知の事実であるが、そこには顕著な周波数選択性が認められる。10 kc 以下から 1 Mc 以上の周波数範囲でこの問題を検討した結果、水中資源の探索が可能な面と、むずかしい面があることがわかった。

筆者らが開発している探知機の周波数をいくつかの範囲にわけてその特徴を考える。(A) 10 kc。強力音波を鉛直に照射した場合、海底下 20 m の岩盤の探知が可能で、堆積層の検知にはこの程度の周波数がよい。(B) 14~28 kc。深さ数 m 以下、大きさ数 10 cm の魚体、魚群の検知に適する。また深度 800 m 以上の魚群、個体も記録できる。更に温度躍層、内波、プランクトン層の検知も可能である。(C) 50~75 kc。魚群、個体の探知には (B) に比べ著しい変化はないが、SL, DSL、は他の周波数との比較実験の結果かなり変化する。また

75 kc では解像力がよく、海中探索用として今後の活用が期待できる。(D) 200 kc。小魚体(サクラエビなど)に対して他の周波数に比べて強い超音波反射が得られるほか、潮目、DSL などに対し顕著な探索効果を表わす。また漁具の探知にもよい。

全方向魚群探知機は垂直式に比し水中資源の探査上著しい利点がある。現在、方位と俯角を自由に变化しうる方式、俯角のみを变える方式、多方向固定の方式がある。旋網用では 20~28 kc の超音波が用いられ、マグロを 700~800 m 程度の遠距離より発見し捕獲した例がある。アジサバ巾着用、棒受用では 200 kc が主に用いられ、サンマに対し 150 m 以上の探知能力が得られている。底曳、トロール用としては俯角固定方式が用いられ、船の進行方向へ斜前方数百 m の海底の障害物の探知が可能である。音響掃海機は測量を主目的にするが、海中での墜落航空機体などの搜索に利用価値がある。

8. 潜水調査船について

東京水産大学 佐々木忠義

わが国においても、いよいよ潜水調査船が建造されることになり御同慶の至りである。海洋・漁業に関する調査、研究に大きな役割を果すことであろう。

そこで、今日は世界の潜水調査船の現状について極く大雑把に考えてみることにしよう。ソ連のセベリヤンカ (Severyanka) 号は、U ボートを改造したもの (200 m 潜水) であるが、水中音響、底質採取、水中テレビ、水中放射能測定、塩分計、水温計などのいろいろな装置をもっており、ニシン漁場の調査、トロール、着色網の漁獲効果などの研究に利用して成果を挙げている。アトラント 1 (Atlant-1) 号は、曳航式潜水調査船で (200 m) 1 人乗り、主としてトロールの網成の研究に使っている。水中テレビや水中カメラをもっている。一人乗り吊下げ式のものも活躍している。

フランスのパチスカーフ (Bathyscaphe) F.N.R.S. 3 号やアルキメデス号は共に来日して日本海溝の調査・研

究を行ない深海研究上大きな成果を挙げた。スクープ (Soucoupe) 号には、1 人乗りから 3 人乗りまでいろいろあり、潜水深度は 500 m~4,500 m。3 人乗りは、スクープの発明者 J.Y. クスターの指導でアメリカのウエスティングハウス電機会社で建造され、ディープスタア (Deep Star) 号と呼ばれている。何れも海水のジェット噴射装置で前・後、左・右に自由自在に動きまわるのが大きな特長。マニプレーターで海底生物の採取もでき水中写真装置が優れている。ごく最近、海底資源探鉱、港湾の海底検査用、観光用も兼ねた小型潜水調査船が出現した。2 人乗りで 160 m の潜水試験を終った。

アメリカの潜水調査船は、その種類、性能共に世界のトップである。パチスカーフ トリエステ 2 号が 1960 年 1 月 23 日に世界最深部のマリアナ海溝のチャレンジャー海淵 (10,916 m) を極めたことは周知の通りである。このトリエステ 2 号は、原子力潜水艦スレッシャー

(Thresher) 号の搜索に活躍以来、マニプレーターその他が大きく改良されて性能を一段と高めた。180 m 潜水のスポーツ用・研究用の2人乗り小型潜水調査船ペリイキャブマリン (Perry Cubmarine) から始まって、2人乗り180 m 潜水のアセエラ (Ashera) 号 (Star 2)、ベントス (Benthos) 5号 (2人, 180 m)、ディープ・ジープ (Deep Jeep) 号 (2人, 600 m)、3人乗り600 m 潜水のスター (Star) 3号、アルビン (Alvin) 号 (2人, 1,800 m)、アルミノート (Aluminaut) 号 (3~4人, 4,500 m)、トリデント (Trident) 号 (3人, 5,400 m)、その他。まさにアメリカの潜水調査船は花盛りである。

スイスのメゾスカーフ (Mesoscaphe) 号は、700 m まで潜水可能で43人乗り。レマン湖の湖底探検用に建造され、湖沼学的な研究を行ってきた。今は、海洋研究用に改造されている。

わが国には、くろしお号 (200 m)、よみうり号 (300 m) などがあり、こんど600 m 潜水可能な4人乗りが建造され、来年9月には進水し12月には完成する予定である。写真撮影 (スチール:ステレオ, 16 ミリ映画)、採泥、放射線測定、プランクトン・深海生物採取、採水、光学測定、塩分測定、底層流測定、音速測定、海底構造音波探査、水中テレビなどの最新の諸装置を設備する。

アワビ類の増殖に関する生態学的諸問題*

宇野 寛**

Problèmes écologiques de l'élevage de l'oreille de mer

Résumé: La technique de l'élevage des naissains de l'oreille de mer a fait grand progrès ces dernières années à notre pays. La meilleure utilisation des naissains élevés est la transplantation aux eaux côtières moins profondes que 20 m. Il est alors indispensable d'étudier l'autoécologie et l'écologie de population de l'oreille de mer pour élever, collecter et transplanter les naissains. Nous discuterons en particulier le processus et la condition de la formation de l'habitat et de l'habitation de l'oreille de mer.

1. はじめに

わが国のアワビ類の年間生産額は 4,000~5,000 トンであって沿岸水産物として重要な種である。近年、これらの種苗生産技術が進歩し量産が可能になり、これら種苗を合理的に利用する方法が考えられている。具体的には天然水域の生産力を利用する方法、すなわち移殖放流と池中養殖法の二つが考えられる。沿岸域の多いわが国の事情を考える場合、前者の方法は極めて有効な増殖手段である。実際アワビの種苗を移殖する場合天然水域におけるアワビの住み場・移動などに関する生態学的知見の少ない点に気付く。近年明らかになりつつあるアワビ増殖に関する生態学的知見を中心に沿岸生物増殖の問題を考えることにする。

2. 種苗生産

アワビ類の幼生飼育技術については 菊地 (1964)・相良 (1963)・大場 (1963) の報告及び種苗生産研究協議会の討論 (昭和 37~39 年) の結果から 10~30 万の種苗生産が可能となった。種苗生産技術の中、問題となる点は採卵と稚貝の初期餌料確保である。採卵については温度刺激法による産卵誘発法が確立しているが産卵刺激に反応する程度に成熟した個体を得ることが難しい。年により産卵期が変動するため天然水域より得られる親貝にたよるよりも蓄養貝を使用する方が安定した成熟貝を得ることが出来る。更に進んで早期に成熟個体を確保するために、水温及び光周期の調節を利用する蓄養方法の研

究が必要である。アワビ幼生が変態してほふく生活に移る時期から殻長 3 mm までの稚貝の初期餌料は重要で特にほふく初期の餌料は問題となる。第 1 表に示す通り多種類の初期餌料が研究されているが、種苗の量産を考える場合、これら初期餌料の大量確保が問題となる。稚貝を飼育する場合、その歩留りと成長は餌料の種類・水温・塩分量など環境条件及び飼育密度・稚貝の大きさなどによってかなり相違する。クロでは塩分量 28.0‰ 以上、水温 19~23°C が良く、エゾアワビでは 10~25°C の範囲で温度の高いほど成長が早い (菊地, 1964)。

第 1 表 アワビ稚貝の初期餌料。

餌料生物	稚貝の種類	研究者
Chaetoceros calcitrans	クロ・メガイ	相良・静岡水試・千葉水試, その他
Cyclotella nana	クロ・メガイ	宇野, その他
Navicula sp	エゾアワビ・クロ・メガイ・マダカ	菊地・相良・徳島水試, 神奈川水試, その他
Cocconeis sp	エゾアワビ	菊地
Ectocarpus sp	クロ・メガイ	} 東京都水試
Melosira sp	クロ・メガイ	
Platymonas sp	エゾアワビ	白石, その他
アラメ・カヂメ・ハバノリの配偶体・芽胞体	クロ・メガイ	宇野, その他

以上の諸点を考えて稚貝を生産する場合飼育密度の高いほど餌料生物の増殖が早くなければ餌料不足となるから飼育水に施肥を行ない適当な光線照射を行なうことにより餌料生物の増殖を高めつつ、餌料補給を行なうことが必要である。現在の技術水準では採苗用波板 (80×40×40 cm) 1 板当たり 2 万個 (エゾアワビ), 透明付着板

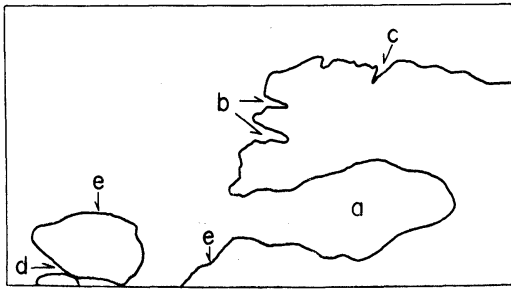
* 1966 年 11 月 4 日 日仏会館における例会で講演

** Yutaka UNO 東京水産大学 Tokyo University of Fisheries

100 cm² 当り 1~6 個 (クロ) の密度で採苗することが可能となった。種苗量産の今後における問題点は早期採卵のための蓄養技術の確立と初期餌料の大量生産の合理化であろう。

3. 住み場

アワビ類の住み場は外洋性の岩礁地帯であるが、その海底地形は多様である。これらを大別すると第1図に示す通り5種類となる。露天 (e) を除き一般に直射日光



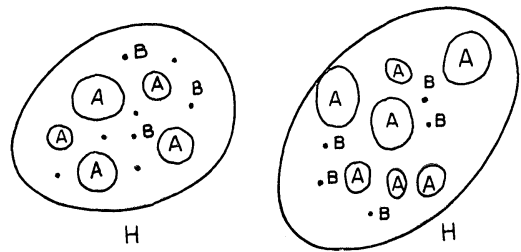
a. 洞穴, b. 棚, c. 亀裂, d. 石の下
e. 露天 (野中その他, 1966)

第1図 アワビ類の住み場の形態模式。

の当たらない蔭の部分に集中分布する。これらの住み場は種類により異り静岡県吉佐美の例では、クロの場合住み場の多い順に並べると洞穴>棚>露天>亀裂>石の下の順となり、メガイでは亀裂>石の下>露天>棚>洞穴となる。第2図は海底地形の比較的簡単な千葉県小湊地先のメガイの分布状態を示す。アワビの比較的多数集中している住み場を“穴場”と呼ぶことにする。露天に住み付く個体は大形メガイに多く、単独で長くその場を占有するため無節サンゴ藻が着生しない。従ってこの個体をはがした場合あしうらの部分だけ岩肌が現われ、とりあ



第2図 千葉県小湊地先におけるメガイの分布。
黒丸は1個体を示す。

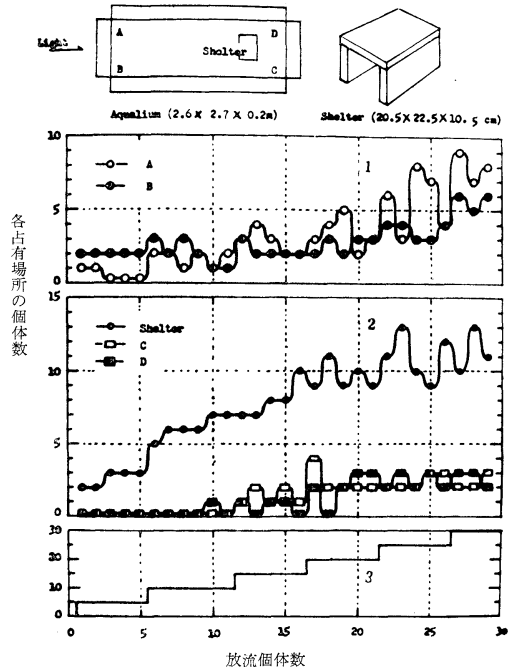


H. 生息場, A. 穴場, B. なしろ

第3図 アワビの住み場の生態的構成。

とが明瞭に残る。この様な住み場を“なしろ”と呼ぶことにする。

なしろは単独個体が長く住みついた時の住み場で時には1年以上もそのなしろを占有する例もある。アワビの住み場を生態的に見ると第3図に示す様になる。海底地形によって棚・洞穴など大小多種の穴場が存在し、更に単独個体の住み場としてなしろがある。これらの総合がアワビの生息場を形成している。後述するように穴場やなしろに住み付いた個体はここを離れて移動することがなく、いつもこの住み場を占有する性質があるから穴場やなしろは生態学的に興味ある意味を持つであろう。要



1・2 は放流個体の A・B・Shelter. C・D 角に集中する数の変動。3 は放流数の増加状態を示す。

第4図 クロの放流に伴う占有場所の変化。

するにアワビ漁場は穴場やなしろが多いほど生産性が高いことになる。しかし、これらの住み場の形成過程・成立条件については不明の点が多い。穴場形成過程については興味ある実験がある。第4図に示す様な水槽に Shelter を置き 5~6 日毎に 5 個体ずつのクロを放流しつづけ、放流個体の増加に伴う水槽の各角及び Shelter へ集中する個体数の変化を見た。最も利用する場所は Shelter であり続いて A-B-D-C の順にその数が減少する。Shelter への集中は放流個体 15 (13 日後) になるまではほぼ規則正しく増大し以後はやや不規則な増加を示し 11 個体 (18 日後) で Shelter への集中はほぼ一定となる。A・B 角は 13 日後まではそれぞれ 1~3 個体を越えないが Shelter が最大になる頃から増加しはじめる。一方 C・D 角は 13 日までほとんど利用されない。この実験結果から放流個体の増加と共にまず Shelter が占有され、その空間が生物学的にほぼ最大に達すると A・B の利用が増大し、次いで C・D も利用されるようになるがその数は少ない。更に放流したクロについて個体別にそれぞれの占有位置の日変化を見ると第2表に示す通りとなる。最初に放流した 5 個体 (No. 1~5) はその後追加放流した個体に優先して Shelter を占有し続ける傾向を示す。天然水域の穴場においても同一傾向を示すことが明らかとなっている。従って天然水域に放流したアワビはその海区に存在する穴場に

Days No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	●																													
2	●	○																												
3	●	○	○																											
4	●	○	○	○																										
5	●	○	○	○	○																									
6						●																								
7						●	○																							
8						●	○	○																						
9						●	○	○	○																					
10						●	○	○	○	○																				
11						●	○	○	○	○	○																			
12						●	○	○	○	○	○	○																		
13						●	○	○	○	○	○	○	○																	
14						●	○	○	○	○	○	○	○	○																
15						●	○	○	○	○	○	○	○	○	○															
16						●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○														
17						●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○													
18						●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○												
19						●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○											
20						●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○										
21																														
22																														
23																														
24																														
25																														
26																														
27																														
28																														
29																														
30																														

第2表 クロの個体別占有位置の日変化。

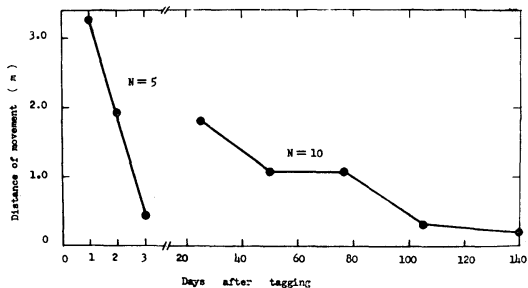
対応する個体数までは住みつくが、それ以上の個体は既に住みついている先住者を取り除かない限り他の海区へ移行するものと考えられる。

クロ・メガイ・マダカは住みわけて生息し、一般にクロ・メガイ・マダカの順に生息場が深くなると言われている。しかしクロ・メガイは同じ程度の水深に生息する場合も多く時には同一穴場で発見される例も少なくない。このような場合でもその占有位置はメガイでは穴場の出口、クロは奥部にと住みわけている。これら3種のアワビはそれぞれ異った条件の住み場を持つものと考えられるが住みわけの機構については不明である。

4. 移 動

アワビ類は夜行性の生物である。その摂餌・ほふく・呼吸などの活動は明瞭な周期性を示し夜間主に活動する。この周期活動は光と直接的な関係があり、暗は活動的に明は静止的に作用する。ほふく活動についてはクロ・マダカ・メガイの順に不活発となる傾向を示す。

天然水域に放流したアワビの移動状態を見ると第5図に示す通りとなる。放流アワビは3日後にほとんど移動しない。長期間 (140 日) の観察の結果からも日数の経過と共に移動距離が減少している。住み付いたアワビも環境の変化特に餌料生物の変動・海底地形の小変化によって容易に移動することが明らかになっている。アワビの移動は季節的に特に産卵期に行なわれ、この時期に浅所への移動・岩上への出現・集中度の上昇が見られる。移動に関して重要な点はアワビが成長に伴い深所へ移行することであり、第3表はその1例である。三重県国崎地先では水深 6 m 以浅では小形クロが多く分布し殻長 10 cm 以上の大形個体は 6 m 以深に生息しマダカは 9 m 以深で大形個体が多い。また標識放流結果から 10 cm 以上の大形個体は浅所にほとんど移行しない。一般に小型アワビは餌料海藻の多様な浅所に多く成長とともに深所へと移行するものと考えられる。これは成長に伴い要



第5図 放流メガイの移動距離の変動。

第3表 生息深度によるクロとマダカの住みわけ。(三重県国崎荒見下漁場)

S_t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
水深 (m)	1.5~3.0					5.0	5.0	12.6	10.5	9.0	15.3
ク	88.6	87.9	77.8	78.9	86.0	95.8	79.0	130.0	109.0	—	—
マ	—	—	—	—	—	82.6	61.8	136.0	136.0	89.3	144

求餌料と住み場条件の変化が原因の一つと考えられるが成長移動の機構については不明な点が多い。

5. ま と め

以上の通りアワビ種苗の移殖放流に関係ある種苗の量的確保・放流後の住み場・移動について主にその各個生態学の問題について述べたが最も重要な穴場形成条件・住みわけ及び成長移動の機構については不明の点が多い。アワビの放流に関係した増殖生態学は出発したばかりと言うほかはない。しかし、この種の研究として潮間帯の巻貝類の行動及び住み場に関する報告はかなり多い。巻貝類の行動・定位は環境特に光・偏光 (NEWELL, 1958^{a,b}; 1962; BURDON-JONES *et al.*, 1958; Ohba, 1960; Charles, 1961^{a,b}; EVANS, 1961), 餌料 (BAKKER, 1960), 流速 (FAAFTEN, 1960), 酸素欠乏 (ALLEN, 1963), 温度・塩分量 (ARNOLD, 1957, 59) など物理・化学的要因が深い関係をもつ事実から考えてアワビ類の場合もこれら環境要因が複雑に作用しているものと考えられる。この方面の生理生態学的研究と同時に生物群集の一員としてのアワビの地位を解明することが重要課題であろう。

一方、アワビ種苗の移殖放流から漁場管理までの個体群の動態を把握することも大切である。

文 献

- ALLEN, J.A. (1963): Ecology and functional morphology of molluscs. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 1963., 253-288.
- ARNOLD, D.G. (1957): The response of Limpet, *Patella vulgata* L., to waters of different salinities. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **36**, 121-128.
- ARNOLD, D.C. (1959): The reactions of the Limpet, *Patella vulgata* L., to certain of the ionic constitutions of sea water. *Ibid* **38**, 569-589.
- BAKKER, K. (1959): Feeding habits and zonation in some intertidal snails. *Arch. Néel. Zool.*, **13**, 230-257
- BUSDON-JONES, J.L. and J. VERWEY (1959): The role of water currents in the orientation of marine animals. *Arch. Néel. Zool.* **13**, 493-499.
- BURDON-JONES, C and G.H. CHARLES, 1958. Light reaction of Littoral gastropods, *Science*, **181**, 129-131.
- CHARLES, G.H. (1961a): The orientation of Littorina species to polarized light. *J. Exp. Biol.*, **38**, 189-202.
- CHARLES, G.H. (1961b): The mechanism of orientation of freely moving *Littorina littoralis* (L.) to polarized light. *J. Exp. Biol.*, **38**, 203-212.
- EVANS, F. (1961): Responses to disturbance of the periwinkle *Littorina punctata* (Gmelin) on a shore in Ghana. *Proc. Zool. Soc.*, Lond. 137, 393-402.
- KIKUCHI, S., (1964): Study on the culture of abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. Cont. at the 1964. Peking Sym. (Gen: 041) 185-202.
- 野中 忠・翠川忠康・佐々木 正・松浦勝己・宇野 寛 (1966): アワビ・イセエビの住み場に関する行動。水産庁磯根資源調査資料 I-5.
- NEWELL, E.G. (1958a): The behaviour of littorina littorea (L.) under natural conditions and its relation to position on the shore. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **37**, 229-239.
- NEWELL, E.G.: (1958b): An experimental analysis of the behaviour of *Littorina littorea* (L.) under natural conditions and in the laboratory. *Ibid* **37**, 241-266.
- NEWELL, R. (1962): Behavioral aspects of the ecology of *Peringia* (Hydrobia) *ulvae* (Pennant) (gastropoda, prosobranchia). *Proc. Zool. Soc., Lond.*, **138**, 49-75.
- OHBA, S. (1960): Photo-orthokinetic behaviors of *Monodonta labio*, a Littoral Sea-snail *Biol. J. Okayama Univ.*, **3** (3), 123-149.
- 大場俊雄 (1964): トコブシの増殖に関する研究 I. 産卵習性について。日水誌 **30** (9), 742-748.
- 大場俊雄 (1964): 同上 II. 発生について。 *Ibid.*, **30** (10), 809-818.
- 相良順一郎 (1963): 種苗生産用餌料—アワビ—を中心として。水産増殖, 臨時号 2, 19-26.
- Van HAAFTEN, J.L. and J. VERWEY (1959): The role of marine animals. *Arch. Néel. Zool.*, **13**, 493-499.

討 論

座長：高木和徳（東水大）

佐々木（忠）（東水大，理研）： さきほど宇野先生のお話でシェルターの室内実験を行なう場合，ある決められた水槽で光の方向が無方向の場合が一つと，たとえば向って左の方向から光が来る場合に左の方向に入口のあるシェルターと 180° の方向に入口のあるシェルター，また上方 90° 方向，下方 90° 方向に同じ構造のものが四つ考えられる。この四つの条件下でシェルターにどういう分布をするのか？ 反対側に入口があった場合にわざわざ回って来て多く集るのか？ 入口に近い方から来るのか，その問題はどうか？

答： 実は問題の明らかな現象を一つみつけただけで，今年はそういう問題を含めて実験装置を作り実験を始めています。いろいろな角度から実験をして問題を解決しておかないと最終的な利用までもっていけないと考えている。

佐々木（忠）： もう一つはアワビはお話のように塩分とか栄養とか一さいの条件が同じであるとすれば，立体的に養殖できるかどうか？

答： もちろんできる。ただ，付着する場を与えればどんな形でも養殖できる。

佐々木（忠）： 穴場といわれる集団分布の問題だが，穴場という言葉の概念の中には適所ということがあろう。個体数が多い所が適所で，一番適当な場所は先ほどこいわれた岩の陰とかき裂の間であろう。そうすると露天というのが 1 例あったが少ない（10 個体以下）から適所ではない。従って，露天の場合を穴場の概念に入れるのはおかしいのではないか？

答： アワビにはいろいろな種類があるが，集中分布をするという性質はあまり変らない。ところがある種類特にメガイは 1 個体で同じ場所にとどまる性質がある。ナシロという現象がそれで，これは穴場をもっと小さくした棲息場所である。スケールが違うがこういう型の生息場を考えて進めていこうと考えている。もう一つ，この穴場というのは私が実験した非常にシンプルな海底はクロの穴場にはなり得ない。というのはクロを 50 放流しても残ったのは 2 個体だけで，それも 6 か月目にはいなくなった。残っている 90% 位はメガイである。シンプルな所でも周囲の環境でそこがより穴場的だとそこに集中分布する。穴場は環境との対比において変り得るといって進めている。

佐々木（忠）： 整理する場合に心配なのは，物理的な

ものに結び付けようとするとしても沢山の個体が存在するという意味の穴場の条件と露天との条件はかなり基本的に違うと思う。

答： 露天とはナシロの意味である。1 年間そこを動かないような場と解釈していただきたい。従って，メガイ 1 個体だけがそこにいる意味と穴場といった意味はかなり違うので，もし物理的な問題を追跡しようとするれば穴場を問題にしなければならないことは確かだ。

佐々木（忠）： 水槽実験で光をあてた場合，右か左のコーナーを光のあたっている部分よりいくらか光をさそぎったコーナーはどうなるか？ シェルターは一ぱいの場合。

答： コーナーかシェルター以外の所には止まらない。どんどんふえていくとその上に重なっていく。去年と今年の実験は皆そうで，多くなればなるほど水槽の中間には止まり得ない。

佐々木（忠）： コーナーとシェルターでは発育が違うか？

答： 室内実験ではなんとも言えないと思う。成長となるともっと大きなスケールで実験しなければならない。

宇田（東水大）： アワビの移動について tagging するとか，夜光塗料などを付けて夜の行動を映画にとるとか目で見るかして行動をトレースしたことがあるか？

答： 赤外線を追跡しようという話を水大の永田教授と一昨年前から相談しているが実現していない。客観的に分析できれば一番いいがかなりむずかしい。

ここで考えなければならないことは，生物学的に言うところのわかれが tagging といっているのは，一度キャッチしたものを上にあげて測定してから tagging して放流する。アワビの場合これを行なうと 4~6 か月その影響がでてくる。私の場合は潜水してアワビをはがし現場で測定してすぐその場所にもどすという方法をとった。それでも 3 か月は正常でない。生物学的な自然の客観的な構造が阻害されるような方法ではゆがんだ結果がでてくる。

宇田： 穴場についての御研究を大変興味深く拝聴したが，今までの効率を何倍かに高めるような穴場を人工的に作ることは可能だろうか？

答： それには幾つかの問題があるが可能だと信じている。具体的に穴場とはどういうものかということについては，まだ研究を始めたばかりでよくわからない。

穴場そのものは自然の岩石で作られているから海岸によっていろいろな形がある。それ故，穴場をたくさん調べてその中の普遍的なものをひき出していくつかのパターンを作ろうと考えている。もうしばらく時間をお貸し願いたいと思う。

南極洋生物海洋学の一展望*

— 南極海洋学シンポジウム (於チリー共和国,
サンチアゴ市) に出席して —

根 本 敬 久**

Un aperçu de l'océanographie biologique de l'océan Antarctique

Résumé: L'auteur parle du symposium de l'océanographie antarctique qui a lieu à Santiago au Chili en Septembre 1966 ainsi que de la situation actuelle de l'océanographie antarctique regardée au point de vue biologique.

筆者は去る9月、日本学術会議南極研究委員会の推薦により招待講演者としてチリー共和国サンチアゴ市で開かれた SCAR-SCOR-IAPO-IUBS 主催による南極海洋学シンポジウムに出席した。この度日仏海洋学会の御厚意により、例会でこのシンポジウムの経過特に生物海洋学の立場からみた南極海洋学の現況についての私見を報告する機会を与えられたので、ここにシンポジウムの概要を述べ、所感を記したい。

このシンポジウムは南極研究委員会 SCAR の第9回総会の前週の週に 1966 年9月13日より17日まで、チリー共和国サンチアゴ市国立工業大学会議場で開かれたのであるが、9月19日はチリー共和国の独立記念日でありこれをはさんでこれ等一連の南極学会展示会等が開かれた模様である。シンポジウムの目的は (1) 現在までに得られた南極海洋学の成果を総観し、(2) 新しい研究方法の体系化と、(3) 他海域 (特に北極海) から得られた海洋研究の方法の南極海洋学への応用の検討を行ない全体として将来の南極洋研究の組織体制を準備することにあった。

この様な目的のため、日本からは南極洋の生産力の部におきあみ類についての講演をする様にとの強い要望が事務局からあったとのことである。

各国代表および参加者の数は、遠き南米の地に登録者のみで90名以上も集るといふ盛会であり、日本からは



第1図 参加者の記念写真。

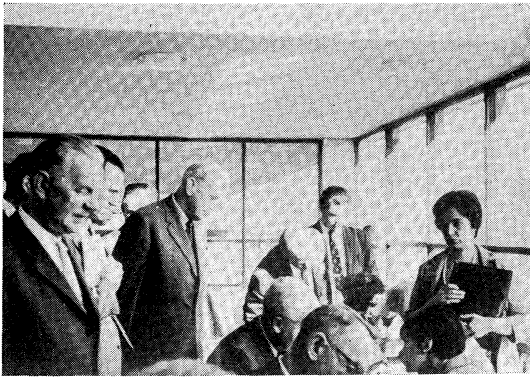
今次の南極観測隊長鳥居鉄也博士と筆者が出席した。

シンポジウムの参加者中には著名な学者も少くなかった。海洋生物学者としては英国の HARDY 卿, DAVID 氏, CURRIE 氏, ソ連邦の ANDRIASHEV 博士, アメリカ合衆国の WOOD 博士, BUNT 博士, ニュージーランドの DELL 博士, カナダの DUNBER 博士等が参加した。

HARDY 卿については今更述べるまでもなく英国の著名な動物プランクトン学者である。日本にも 1957 年に太平洋学術会議の帰路立寄られたことがある。DAVID 氏は Chaetognatha の研究では世界の権威者の1人であり、特にこの類の分類分布の研究のみでなく一歩進んで種の分化等についても秀れた業績を残している。現在、英国 England にある国立海洋研究所のプランクトン研究グループの取締役?的な立場に居る。CURRIE 氏はこの9月まで同じく英国国立海洋研究所において海洋の生産力、ベンゲラ海流のプランクトン等について研究を

* 1966 年 11 月 4 日 日仏会館における例会で講演

** Takahisa NEMOTO 鯨類研究所 The Whales Research Institute 現在は東京大学海洋研究所 Present address, Ocean Research Institute, University of Tokyo



第2図 受付所のスナップ。中央立てるは HARDY 卿 (英国)。



第3図 談合する生物学者。左より DAVID CURRIE 氏 (英国) および FAGETTI 博士 (チリー)。



第4図 会議場前で、白衣を着ているのは DUNBER 教授 (カナダ) それより右へ HARDY 卿 (英国) WALL 嬢 (アメリカ) および BUNT 博士 (アメリカ)。

進めて居り、インド洋国際観測の際のプランクトン採集ネットの制定、ICES, SCOR, UNESCO 等による動物プランクトン採集標準化のための作業部会第1部の Convener としても活躍した。10月1日より英国 Scotland, Millport の海洋生物研究所の所長に、アメリカに移った MORTIMER 博士の後をうけて就任したはずである。ソ連邦の ANDRIASHEV 博士は南極の魚類又氷海域の動物生態学について研究している、レニングラード動物学研究所所員で同研究所には動物プランクトン、特に Copepoda 研究で著名な BRODSKY 博士が居る。アメリカから参加した WOOD 博士、BUNT 博士は何れもつい最近までそれぞれオーストラリア、ニュージーランドで植物プランクトンを研究していた学者である。WOOD 博士は終戦後日本に滞在したこともあり、最近 Marine Microbial Ecology という著をもっている。筆者はかつてガラテア号の採集した深海底泥中の珪藻について WOOD 博士の報告した種と筆者の発見したマッコウジラの皮層に寄生付着する種が同一ではないかの観点から数度にわたって手紙で論議を交したことがあった。カナダの DUNBER 博士は Amphipoda に関する多くの論文があり、是非一度会いたいと思っていた学者でありこの点今でも幸運だったと思う。

海洋物理、地質等の学者もアメリカの STOMMEL 教授、HEEZEN 博士、FOSTER 博士、ノールエーの MOSBY 教授、RASMUSSEN 博士、ソ連邦の RAVICH 博士、英国の ROBIN 博士、アルゼンチンの CAPURRO 氏、PANZARINI 氏、オーストラリアの RADOK 博士、ニュージーランドの KNOX 博士等が参加して居り CAPURRO 氏は又 SCOR の代表として参加した。他に論文を提出したが出席せず代読してもらった学者の中には MOHR 博士 (アメリカ) MACKINTOSH 博士 (英国) 等の生物学者があった。

SCAR はこれまで他の国際的な学会組織と協力して種々のシンポジウムを行なっている。最近の例では1962年パリーで南極生物学、1963年にはプレトリアで、南極地質学のシンポジウムがそれぞれ開かれている。今度の南極海洋学シンポジウムは南極洋の物理、化学、地質、生物等の分野を含む広範な報告討議が行なわれたが、先に述べた如く南極海洋学の今後の発展のための考慮が払われている。この点を理解するためには1963年 SCAR Bulletin No. 13 と、1963年に報告された南極生物学シンポジウムの Review、1965年の SCAR Bulletin No. 20 における Scientific Investigations Recommended by SCAR-Oceanography の項を参照する

と良いと思われる。

1962年の南極生物学シンポジウムは9月2~8日パリで開催されたが60編以上の論文が13の部会に分れて討議された。このReviewの中には(1)各国の南極基地により良い実験研究設備を造ることが望ましく、高令の研究者でも南極の厳しい環境下で容易に仕事が進められる様にする必要がある。(2)南極の生物について生態学的な研究を進める上にもっと極地の動植物の分類学の基礎を固める必要がある。(3)南極の生物の食餌の一義的なものは殆んど海洋よりまかなわれて居り、南極生物学の立場として海洋生物学と海洋学に更に目を向けなければならない。生産力の定量的な研究又各生物の生産量の解明が必要となろう。(4)南極の動植物をより良く研究するためにはこれと密接な関係のある南半球海洋の内、亜南極洋やここに散在する島又各大陸の南部の生物の研究なくしては達成出来ない—と言う各項があった。

又1965年のSCARの勧告には長期にわたって研究されるべき基本的な問題を示している。この内生物海洋学に関連ある興味ある点として次の各項が挙げられる。

- (1) 南極洋の高い生産力を支える環境の研究。
- (2) 高緯度海域の底質の調査により古地理学、古気象学への良い手掛りが得られるかも知れない。
- (3) 生産力と棲息生物との調和。
- (4) 周年氷におおわれた海域における自然生物の特性。

これ等の点を考慮して生物海洋学の研究目的としては

- 1) 南極洋、亜南極洋の生産力を検討し植物プランクトンの繁殖のマキシマの時期やその限度を決定する要因を明らかにする。
- 2) 南極洋動物プランクトンの重要種について、その生活史を明らかにし異った季節における垂直分布移動を明らかにする。(これは明らかにおきあみ *Euphausia superba* も指す。)
- 3) 各海域におけるプランクトン生物と外洋性魚類の関係 (Prey-Predator 関係) 各 convergence のこれ等生物の分布におよぼす影響を検討する。
- 4) 第一次生産との関連において南極洋動物プランクトンの種の多様性の研究。

の各点が指摘された。この研究方法としては(1)特に調査されるべき海域として第4回SCAR会議で確認された。a—Drake Passage b—20°E c—165°E d—120°W e—90°Eの5経度に沿って研究を続けることが望ましく(2)Flow meter および Closing device をつけた中層プランクトンネットを用いて生物の採集を試み

る必要がある。(3)高速採集器を用いて Macro plankton (おきあみ, 魚, いか等)の定量的な採集が必要である。各種ネットといろいろな光条件下におけるプランクトンの反応の比較も必要であろう。と言う諸点が挙げられた。

この様な前提の下に準備されたこのシンポジウムは9月13日9時半に開会された。シンポジウムは6部会に分れそれぞれの部会に Discussion leader 1人, 2~4人の招待講演者が Main review paper を報告し, ついで参加者が Supporting contribution を報告する形式で行なわれた。

第1日はMOSBY教授が discussion leader になり海表層の諸問題について討論が行なわれた。この部会で英国のDAVID氏は生物関係の報告を行なったが, 彼は次の諸点に言及した。

「南極洋の生物分布の研究においてロス海およびその沖合の太平洋区の海域の調査は必しも充分ではない。具体的な例としては *E. superba* の分布がかなり沖合にまで達するかも知れない。又 *Salpa gereacheii* の分布はこの海域にのみ発見され他の南極洋動物プランクトンの様に周極性を示さない。又1908~1910年のPourquoi pas 号の資料からFURNESTINがDAVIDに送ったChaetognathaは南極洋他海域では観察されなかったものである。Antarctic convergence 南北の海域でNeustonの調査を更に良く行ないたい。動物プランクトンのPatchの大きさ, Patch間の間隔の研究, 動物プランクトンの食性とより良いNetの閉鎖装置を用いて餌料プランクトンの垂直分布を調査し, これ等の結果をつき合せて検討する必要がある。Pack ice 域の生物の低塩分に対する反応の調査の必要性や南極洋では生物発光が他の海洋よりも少いと考えられるのでこの点の研究を強調したい。」

続いて行なわれた討議は以下の部分でも同じであるが極めて活発で, 又HARDY卿の論評はいかにも英国の紳士学者らしく格調の高いものであったのが印象に残っている。Supporting contributionの8編の内5編は生物関係でありRadiolaria, Foraminifera, Pteropoda等の動物プランクトンおよび植物プランクトンの垂直分布に関するものがあつた。

第2部会は深海についてSTOMMEL教授がleaderとなつて行なわれた。MOHR博士はこの部会でMain review paper としてPlankton below surface water を報告した。彼はこの中で

「アメリカが近年N.S.F.の計画の下に行なっている

南極調査船 Eltanin 号の資料は殆んど氷海域の外で得られ少数の短時間の採集のみが氷海域で行なわれている。北極海で行なわれた様に潜水艦による氷盤下の海域の調査も考慮されなければならない。南極洋の深海動物の生理生態の観察を飼育しながら行うことは興味あり極海では少くとも水温の変化の点については有利ではなかろうか。又 Isaccs-Kidd Mid-water Trawl が Eltanin 号によって広範囲に使用され南極洋の中層のプランクトンの研究は大いに進歩した。しかしながら定量的な中層プランクトンの調査研究は未だ不十分であり、各生物の生長行動、生理、生態の研究も更に続ける必要がある。」と報告した。

この部会の Supporting contribution 4 編の内に 1 編 *Nebalia* に寄生する ciliata の報告があった。

第 3 部は SCOR 代表で出席した CAPURRO 氏が discussion leader となり海底の問題につき討論が行なわれた。Main review paper 4 編の内ニュージーランドの DELL 博士が Benthic fauna of the Antarctic につき講演を行なった。DELL 博士は貝類の学者でニュージーランド近海の貝についての多くの論文がある。この報告では南極洋の底棲生物の分布の型等を論じ観察のために新しい水中カメラがもっと開発される必要があることをつけ加えた。

続いて行なわれた Supporting contribution 6 編の内 Microbiology と Benthic ecology の各 1 編あり他にも生物の sedimentation への引用のある報告もあった。

第 4 部は英国の HOLDGATE 博士が discussion leader となり沿岸海洋の部会であった。Main review paper 3 編の内ソ連邦の ANDRIASHEV 博士が Life under the fast ice につき講演を行なった。同博士は

「南極洋の氷域の *in situ* の調査は Aqualung の使用により近年著しい進歩をみせている。(アメリカでは Mcmurdo 基地で 1959 年頃より又ソ連邦も 1965 年より、調査を行なっている。フランスも Kerguelen 島で盛んに沿岸生物の調査を行なっている) この研究は更に発展させたい。氷海域の eponitic microflora (diatom も多い) の生産力への寄与およびこれを餌とする eponitic fauna の研究 fast ice の下の trophic level のそれぞれの解明等がさしあたって重要である。氷域の下の海洋生物の定量的な採集器具の開発の必要性を強調したい。」と述べた。

この部会にはチリ共和国の学者が多数論文を提出したので生物関係は 14 編の Supporting contribution があり、魚、海藻、アザラシ、一般的な fauna flora 等に

関するもの等多様であった。

第 5 部はカナダの DUNBER 教授が discussion leader となり生物関係では BUNT 博士の Microalgae of the Antarctic pack ice zone が Main review paper 3 編の一つとして講演された。BUNT 博士は Pack ice region の Primary production にも言及したが、この研究には Fast ice の下で Aqualung をつけて観察を行なったことが大いに役立っている。同博士の述べた主なる点は

「Pack ice 域の生物的環境の知識は貧弱であり特に (1) 冬季の Pack ice 域の状態 (2) Pack ice を透過する光量の測定等の知識は現在でも不十分である。Pack ice 域の Microflora を研究するために参考となる良い分類書がないのも研究の困難さの理由となっている。eponitic flora と phytoplankton flora の種の差を検討する必要がある。又氷の下における heterotrophic な flagellates の生態と関連して dissolved organic substance を研究する必要がある。」と述べた。筆者は彼の講演の中の *Fragilariopsis sublinearis* が光合成を促進し、又抑制する物質を出す証拠が得られたという点に特に興味を感じている。

この部会には特に生物関係の Supporting contribution は無く又当初招待講演者として予定されていた英国の R.M. LAWS 博士も出席しなかった。

第 6 部は南極洋の生産性について英国の CURRIE 氏を discussion leader にして行なわれた。先づ Eltanin 号で南極洋の Primary production を調査しているテキサス農工大学の EL-SAYED 博士が南極洋の 1 次生産の研究について次の諸点を今後の課題として述べた。

「Primary production の調査は Hit and run system でなく標準化された手法により時空間的な関数として結果が得られる様な総観的調査でなければならない。又、冬の時季や現在の調査海域よりも更に広範な海洋の資料が必要となる。

C¹⁴ 法による primary production の測定ですらその結果の解釈に問題点がある。この検討も含めて *in vivo* のクロロフィル連続測定法、Coulter counter 等による植物細胞数の測定等、又 Automatic な生産力の測定等の新しい研究方法の開発がなされなければならない。人力による調査の困難な海域については原子力潜水艦や人工衛星による調査が考慮されなければならない。これら Primary production の調査により food chain が最も単純であると考えられる南極洋の特性に更に興味ある知見が得られるだろう。」

次いで筆者が Feeding of baleen whales and krill,

and value of krill as a marine resource in the Antarctic という題で講演を行なった。筆者は初めおきあみに論点をしぼる予定であったが7月ロンドンで RUUD 教授(ノールエー) およびエジンバラで CURRIE 氏と会った際 RUUD 教授がこのシンポジウムに出席出来ない旨を聞き相談の上若干内容を変更したものである。当初 RUUD 教授は 'Whales and krill' という題で講演する予定であった。

筆者はこの Review でおきあみ類(特に *Euphausia superba*) の生態, 食性, 生長, 又南極洋の生物特にひげ鯨等の関連において food chain に占める位置について報告し, 第1次生産者でありおきあみの主餌料である。 *Fragilariopsis antarctica* とおきあみの関係, 植物プランクトンの研究についての問題点についても触れた。又おきあみ類の海中における Patch の形成その集中度の研究状態, また鯨類の減少にともなう未利用資源としてのおきあみの価値および利用の可能性にも言及した。

今後更に研究されるべき問題点としては (1) 鯨の Population dynamics により鯨資源の減少状態が明らかにされつつあるが, 同じ餌料を持つ他の生物間のバランスはどうか, (2) *E. superba* の Patch の密度分布の調査 (3) おきあみの第2次生産者としての食餌同化の量的研究 (4) 実的なおきあみの漁法の開発等が考えられる旨を述べた。

準備期間が必ずしも充分でなかったもので内容的に心配な点もあったが終って席に戻ると ANDRIASHEV 博士が握手を求めに私の席に来られたり, HARDY 卿の論議又 CURRIE 氏の最後の勧告作成の際の引用等を頂いて筆者にとってまことに光栄であった。

第6部の招待講演は以上2編で Supporting contribution は7編あり Primary production, chlorophyll 量, おきあみ, 魚の餌料等に関するものがあつた。 HARDY 卿や MACKINTOSH 博士もここに論文を参加させていた。

これ等の発表討議が13日から16日までに行なわれた。又最終日16日夕方7時少し前であつたと記憶するが閉会時の演出もなかなか見事であつた。参考までに日程と Main Review Paper は次の如くである。

第1日

Surface and upper layers: H. MOSBY (D. leader)

1. Frontal zones of the southern ocean: V.G. KORT (U.S.S.R.)

2. Surface winds and currents of the southern ocean: M.J. RUBIN, F. OSTAPOFF and W. S. WEYANT (U.S.A.)
3. Pelagic organisms in the superficial layer: P.M. DAVID (U.K.)
4. Ocean surface waves and swells: R. RADOK (Australia)

第2日

Deep waters: H. STOMMEL (D. leader)

1. Bottom water formation: H. Mosby(Norway)
2. Deep Circulation: H. STOMMEL (U.S.A.)
3. Velocity measurement: L. R. A. CAPURRO (Argentina)
4. Plankton below surface waters: J. L. MOHR (U.S.A.)

第3日

Ocean floor: L.R.A. CAPURRO (D. leader)

1. Bottom topography and depositional environment of sediments of the east Antarctic seas: G.A. ZNACKKO-YAVORSKY and M.G. RAVICH (U.S.S.R.)
2. Geology of the ocean floor: B. HEEZEN (U.S.A.)
3. Benthic faunas of the Antarctic: R.K. DELL (N. Zealand)

Coastal water: M.W. HOLDGATE (D. leader)

1. Conditions on continental shelf and in shelf Basin: A.F. TRESHNIKOV (U.S.S.R.)
2. Tides and inder-tidal zones: G.A. KNOX (N. Zealand)
3. Life under fast ice: A.P. ANDRIASHEV

第4日

Pack ice regime: M. DUNBER (D. leader)

1. Understanding the variations of the physical properties of sea ice: W.F. WEEKS (U.S.A.)
2. Pack ice and waves: G. de Q. Robin (U.K.)
3. Microalgae of the Antarctic pack ice zone: J.S. BUNT (U.S.A.)

Productivity: R.I. CURRIE (D. leader)

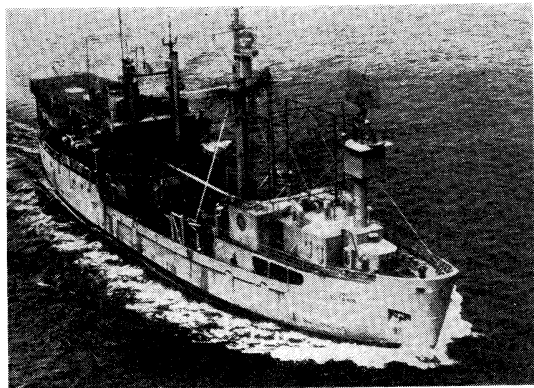
1. Prospects of primary productivity studies in Antarctic water: Sayed Z. EL-SAYED (U.S.A.)
2. Feeding of baleen whales and krill, and value of krill as a marine resource in the Antarctic: T. NEMOTO (Japan)



第5図 チリー大学海洋生物研究所。

17日は旅行に当てられてあり、バルパライソ港と同港に入港中のアメリカの南極洋調査船 Eltanin 号および Viña der Mar にあるチリー大学海洋生物研究所を見学した。先ず海洋生物研究所であるが、これは Viña der Mar の先 Montemar にある海岸を利用して建てられている。魚、貝、海藻、プランクトン、鯨、あざらし等の研究者が居る。冷温室、実験用水槽等も具えてあり、各研究者は1人1室づつ持ってなかなか良い環境と見受けた。調査船 Exuperador 号 (50トン位) でバルパライソ港から沖合 20 マイル位までの定点をカバーして水温測定、生物の採集を続けている由である。

ついで海軍のクラブで食事の後、バルパライソ港と Eltanin 号を見学した。Eltanin 号は 1957 年に Cargo ship として建造され総屯数 2,486 トン 87m×17m の船で 2,700 馬力のディーゼル・エレクトリックエンジンを具え 12 ノットの速力である。砕氷船ではないが耐水性がありスタビライザーにより荒天下の観測も可能であり、30~40 人の研究者の乗船が可能である。1961 年北洋に試験航海を行なった後 1962 年より南極洋の調査に参加した。



第6図 アメリカ南極洋調査船 Eltanin 号。

海洋物理、化学、気象、高層物理、重力、磁力、海洋生物、昆虫、海洋地質、細菌等の研究室、資料採集保存設備があり、ヘリコプター、レーダー追跡装置、深海コーサンプラー各機械工場等も具える一級の海洋調査船である。1965 年末までに 18 回の航海を終了したが、N.S.F. との契約による各 Project は最近の Polar Record にそれぞれ記載されているので参照されたい。

動物プランクトンの関係では 10 呎の Isaccs-Kidd 式中層トロールを用いての大型動物プランクトンの採集や 2,000 m までの深度計に同調する閉鎖装置を用いてのプランクトンの垂直採集は大いにその成果が期待されるものである。

ここでちょっと横道にそれるがアメリカの南極洋の生物研究における Smithsonian Oceanographic Sorting Center の役割は見のがすことは出来ない。N.S.F. は S.O.S.C. (Smithsonian Oceanographic Sorting Center) に Eltanin 号その他の南極の資料の処理を依頼し、これ等の標本や海底写真の資料まで有効に研究される様考慮している。現場での採集又は処理、資料の配布等にも S.O.S.C. は活発に動いており Eltanin 号の資料は 27 か国 100 人の専門家にそれぞれ送られている。またこれ等の標本個体数は現在 400 万に達している。S.O.S.C. は南極の標本の内必要なものは国立博物館に保存し、また他の博物館等に保管されているものについては記録をとって居り、これ等南極の標本はほぼ完璧に利用されていると言えよう。

Eltanin 号の見学を終ってこのシンポジウムの予定はすべて終了した。

さて一方日本の南極洋における生物海洋学の現況は必しも明るなものとは言いがたい様である。過去の報文の内 Polar Record に記載されている生物関係の論文は近年には多数にのぼり、日本のこの分野の活発さを物語っているが、或る重要グループ例えば魚類については 1959 年に阿部博士が報告した鯨の胃から採集された魚についての論文の他みるべきものが無い様である。一部の研究を除けば何年何処における資料の記載といった報告が多く、各種の資料をとりまとめて造り上げた報告というのは、鯨類の研究を除いては極めて少ない。この理由としては先ず資料の不足が挙げられよう。今後引き続き調査を行なうことと、その資料の適切な処理を通じて南極生物海洋学を発展させたいと思う。

特に魚類、動植物プランクトンの生産性、細菌、海藻、底棲動物等の研究は大に進めたい分野である。

今回のシンポジウムで特に外国の研究者に引用されて

いた日本の論文中に生物関係では鯨関係を除いて、目黒博士の氷雪藻の報告があったことはここに付記したい。

引き続き行なわれた SCAR の会合において、この海洋学シンポジウムの各部会の discussion leader を中心にまとめた討論の結果に基づき Oceanography と Biology の Working group は次の勧告をとりまとめた。この内生物関係の主なる点は次の如くなる。

第1部会では「Antarctic convergence およびその付近海域の生物相について更に調査が必要である。又資料の収集は一般調査として行なわれるよりもそれぞれの調査目的に応じた手段がとられるべきである。」と述べている。

第2部会では氷下 (Fast ice および Pack ice) の動物群特に深海動物をも含めて定量的な採集方法、生態観察の方法等が研究される必要がある点を強調している。

第3部会においては大型のカメラ (70 mm~105 mm のフィルム) による底棲生物の撮影による研究の必要性を特に記している。

第4部会は discussion leader が生物関係の学者であったためかなり多くの勧告点を挙げて「(1) 南極洋、大陸、島沿岸部の底棲生物の生態や又分布が更に検討される必要がある。(2) 沿岸生物の代表的な植物動物について生理学的な研究が進められる必要があり、それ等の生産力 Energy flow の検討も行ないたい。(3) South Shetland に発見されたミナミオットセイの colony について今後充分保護して経続的に、その population の動態等を観察したい」等々である。

第5部会では ice flora が南極洋の沿岸海域の第1次生産にどの様な意味を持っているか。又氷の下面に付着して生活する動植物の研究、これと底棲動物との関連は

討 論

座長：高木和徳 (東水大)

宇田 (東水大)：ユーハウジアの将来についてのお話があったが、トロールかそういった漁具で取った底魚についての報告があったか？

答：資源生物学的に期待されるという報告はなかったように思う。魚については ANDRIASHEV 博士が報告した論文にノトニアの仲間とかその他2種類ぐらいあった。

宇田：イカについての報告はどうか？

更に研究したい。等の勧告を行なっている。

第6部会では南半球南極洋の Primary production は資料の内冬季又 Production の季節的变化の資料が不十分なため正確な推定が困難となっている。1隻の調査船で所々の点をカバーするのではなく、統一された方法により多くの調査船による共同調査も必要となろう。又未利用資源としてのおきあみ類は注目すべきであるが、この定量的な分布状態群集団についての知識が更に必要であり、その生活史についても明らかにされなければならない点が見つか指摘された。

一般的な学会の印象としては host 側のチリー共和国が学会の準備その運営に努力していた事がうかがわれた。盛会裡にこのシンポジウムを終えたことを参加者の1人として慶び感謝したい。又戦前よりの英国 Discovery 号等による研究、近年のソ連邦、南米諸国、又その他の亜南極域や南極洋に地の利を持つ国々がこの拠点より海洋学の研究を進めている現況、アメリカ合衆国の Eltanin 号による広範な研究活動の現況にあらためて接し、日本の南極洋に関する海洋学、生物海洋学の今後の発展を熱望して止まない次第である。

最後に紙面をお借りして筆者の出席に種々御配慮いただいた学術会議南極研究委員長和達博士をはじめ学術会議三宅教授、南極研究振興会鳥居教授、気象庁守田博士、関係捕鯨会社各位に厚くお礼申し上げます。

付記：日仏海洋学会の御好意で、この報告を掲載して頂いたが紙数の関係等でチリー共和国の事情や会議以外の出来事、またシンポジウムにおいても生物以外の論文については全く触れなかった。チリーの旅行記めいたもの、また途中立寄ったペルーの水産研究所等の所感についてはまた稿を更めて御報告いたしたい。

答：イカについては今回はない。

宇田：もう一つ、パッチとユーハウジアとの関係について何か報告があったか？

答：ユーハウジア関係の論文は生産力の所で HARDY 卿、MACKINTOSH 博士が私以外に話されたが、パッチの性状、大きさとか色とかについてである。それを観察する手段として現在のように船を走らせるだけではだめで、できれば空からの観測が必要になるだろう。

宇田：魚探を使って DSL を調べるというような報告は？

答：会議そのものが参加者が多いといっても、テーマにしぼると必ずしも多くない。パックアイスの下にはい

ろいろなプランクトンがいるが、そのプランクトンによって sonic scattering layer ができるかどうかという問題についての討議はあった。

大隅 (東海区水研): 最近日本ではユーハウジアの漁業資源としての開発問題が漁業会社その他で検討されているが、その問題に関して各国の関心はどうか? またその可能性の問題に関してどのような解釈をしているか?

答: 各国で非常に関心があると思う。鯨が減少している現在、ユーハウジアがどういう地位にあるかということを考えている。私もそういうことがあるのでユーハウジアの生物学というだけでなく、はたして資源的にどうかという問題も含めて報告した。ごくラフな計算を行っても、現在南極洋で鯨の資源が減っており採算が合うか合わないかという状態になってきている。いま 500 トンのキャッチャーが 1 日に鯨 1 頭つかまえ、その鯨から種類により異なるが、一応 5 トンの油が取れるとすると、500 トンの船でユーハウジアから 5 トンの油をしぼるためにどの位取ったらよいか? その油は時期により違うが今までの報告は 1 から 4 とか 5 % の数字であるので膨大な量のユーハウジアを取らなければならないことになる。このことについては常識的に計算してもいわゆる網口の決まっているトロール関係の漁具よりも、考えられることは、今度海鷹丸で実験するという話を聞きしたが、たとえば目の細かいもので巻網的に取るとかしなければならないと考えている。歴史的に見て不可能と思われることが可能になることがあるわけで、現在不可能だと決めることはよくない。

もう一つ、ユーハウジアの油がはたして鯨の油と同じようにベイするかということである。鯨の捕獲をを最高持続生産量にレギュレートすることができれば一番いいのではないかも考えている。

佐々木 (幸) (東水大): ユーハウジアはバックアイスの周辺、氷山の周辺に非常に多い。なお、バックアイスの下にも非常に多い。パックの中に入って魚探でたたいてみてもネットを引いても相当量のユーハウジアがいる。従って、資源的には心配ないと考えるかどうか?

答: それで結構だと思う。バックアイスの下にユーハウジア・スペルバの 2 年たったのと 1 年たったのがいるが、1 年のものがバックアイス域に多い。われわれがいまオキアミと言っているのはスペルバである。ユーハウジアは無尽蔵にいるように思えるが、どの程度取るかということになると鯨が食べるくらいは取ってもなくなると言える。それと産卵数がユーハウジアの種類によって違うがスペルバの場合熟卵は数千のオーダーで必ずしも多くない。これに南極洋の環境がほかよりも良いということが考えられる。更に基礎生産力を含めて生産のダイナミックスが興味あるテーマになってくるのではないかと考えている。

佐々木 (幸): ユーハウジア・スペルバの分布について温度・塩分との関係の文献はあるが懸濁物とか照度との関係から分布を論じている文献はないか?

答: 水色との関係についての文献はあるが照度との関連についてはよくわからない。

小牧 (東大): シンポジウムに論文を提出した MOHR さんはマイアミの方か?

答: 南カリフォルニア大学の方である。

小牧: マイアミの MOORE さんがスペルバではないが、バーミユグのオキアミと照度・水温の関係の論文を書いている。結論として、照度と温度の関係からいって温度がバリアーになって冷い所では上ってくるが、表層水が暖い所では上ってこないとか、種類によって違ってくるという論文が 50~55 年にある。

シンポジウム

第6回深海研究に関するシンポジウム

VI^e Symposium sur la mer profonde

日時：昭和41年12月6日 13時～18時

場所：日仏会館会議室

理化学研究所海洋物理研究室・日本海洋学会・日仏海洋学会・
日本学術振興会深海研究委員会・東海大学海洋学部 共催

話題および話題提供者

1. 深海底曳網漁獲物の系群解析について……………高木和徳(東水大)
池ノ上宏(")
2. 海洋における安定同位体の二、三の問題……………堀部純男(東大・海洋研)
3. 深海底層流の連続測定について……………佐々木忠義(東水大, 理研)
渡辺精一(理 研)
4. 深海海洋学研究の進歩発展とその動向……………宇田道隆(東水大)
5. 陸上の段丘と海底地形……………土 隆 一(静岡大・理)

総 合 討 論

1. 深海底曳網漁獲物の系群解析について*

高木和徳** 池ノ上 宏**

Analyse de la structure des populations de poissons pêchés par les chalutiers par grand fond au large des côtes japonaises

Kazunori TAKAGI et Hiromu IKENOUE

Résumé : Le *Chlorophthalmus albatrossis* JORDAN et STARKS (Myctophida) est commun au large des côtes pacifiques (et probablement sur l'étage bathyal supérieur). Une grande quantité en sont débarquées aux marchés tels que Miya au département d'Aichi où nous nous sommes procurés des échantillons. Nous nous proposons ici d'analyser la structure de populations de ce poisson par le nombre de vertèbres comme caractère racial. La plupart des échantillons sont collectées en juin à novembre 1964 à 7 pêcheries au large des régions cen-

* この研究の一部は昭和40年度日本水産学会大会(於東海大学海洋学部, 1965年10月8日, 座長田中昌一氏)および第11回太平洋学術会議 VII-2(水産)部会(於東京大学, 1966年9月2日, 座長 H. RABANAL 氏)において発表された。

** 東京水産大学 Université nationale des Produits de la Mer de Tokyo

trales du Japon. Ils sont de 1200 individus au total divisés en 10 groupes. Le nombre de leurs vertèbres est de 46 à 50, et en moyenne totale $48,91 \pm 0,50$. D'après la méthode de SNEDECOR (1956, ch. x), un test de puissance de 75 pour cent prouve qu'une assez petite différence de 0,4-0,6 pour cent de la moyenne totale peut être détectée dans chaque groupe composé de 50 à 100 individus de poissons des yeux verts. Le résultat d'analyse des variances des échantillons montre qu'il n'y a d'ailleurs pas de différence significative. Il semble donc que les populations du poisson en question sont homogènes en structure dans ces régions du Pacifique. Un examen biologique de ce résultat, notamment des populations de quelques clupéoides (*e. g.* hareng, sardines, etc.) montre que cette hypothèse est en fait acceptée, bien que le nombre des échantillons dans chaque groupe doit être 150 pour obtenir la précision ci-dessus.

近年漁業開発の要望にこたえて、いわゆる深海漁場に対する関心が寄せられ、新漁場開発などによって、この深海漁場を主な対象とする沖合底曳漁業の合理的経営が期待されている。しかるに、この漁業の発展に欠くことのできない要素の一つと思われる深海漁業資源の生物学的特徴についての知識はきわめて不十分であるといえる。この生物資源に対する漁業生物学的調査は、このような見地に立つときわめて興味ある問題である。たとえば、資源保護を主な目的の一つとする各種の漁業規制についても、現代のように生物学的根拠が欠けていては(遠藤, 1964: 46), より高度の効果は期待できないといえよう。

筆者らは上記のような理由によって、特にわが国の太平洋中区*を中心とする深海底曳資源の漁業生物学的調査を計画している。この調査の一端として、この海域における代表漁獲物の一つであるアオメエソ *Chlorophthalmus albatrossis* JORDAN et STARKS の研究を進めているが、本研究では漁業生物学的調査の対象単位となるべき系群構造の実態を解明することと、このような系群解析に当たってとり扱うべき適正標本数を評価することを目的として考察を試み、二、三の新知見を得たのでここに報告する。

わが国の太平洋岸における地理的分布記録をみると、アオメエソ類は福島県舘戸川口沖から茨城県高鈴山(日立銅山)沖にかけての漁場(東海区水研漁海況通報委, 1962)を分布の北限とするようで、南は四国沖を経て日向灘(古川, 1958)の範囲に及ぶ。そのうちアオメエソの主分布域は銚子沖から土佐湾に亘る海域である(蒲原, 1956)**。

愛知県の一艘曳中型機船底曳網漁業、いわゆる深海底

* この海区の範囲は千葉県から三重県までの沖合である。

** 日本海側では島根県(浜田)から富山県(富山湾)にかけての分布が知られている。

曳は伊豆大島周辺から紀伊半島南部の沖合にかけての海域を操業区域としている。その漁獲高は近年年間平均5,900トンとみられるが、そのうちアオメエソ類は約600トン(産額約2,500万円)を占めると推定される。この漁獲高は愛知県深海底曳による別の代表漁獲物の一つであるニギス類(農林省水産統計銘柄魚)のそれに匹敵している。

このようなアオメエソ類の大部分は、この漁業の代表基地である三谷市場での調査によるとアオメエソによって占められている。

アオメエソ資源についての生物調査はほとんど進められていない状態で、わずかに羽生ら(1956)の漁業調査報告などが知られているに過ぎない。

1. 研究材料と研究方法

この研究でとり扱ったアオメエソは1961年12月から1964年11月までの間に潮岬沖から伊豆大島-新島沖に至る海域に含まれる7漁場で得られたもので、標本は10群、1,200個体である。それらの体長は53.3~140.0mmであって、各標本群における体長範囲の大きさは22~50mmである(Tableau 1, Fig. 1)。

系群標徴としては、これらの標本が明らかに年齢や性について多様性を具えているとみられるところから、それらの区別を無視できる終身形質 caractères permanents*** の一つとして平均脊椎骨数を適用した。

脊椎骨数の算定に当たっては、超軟X線照射装置("SOFTEX")によって全標本の骨格像をフィルム上に記録した。ここで必要に応じ万能投影器("Shadow-graph")による拡大像から椎骨を数えるのが効果的である。

個体によっては脊柱に不完全椎骨(奇形椎骨)を含む

*** BERTIN (1951: 30) の定義に従って、この語を適用する。従って、ここでいう終身 permanent とは固定 invariable の意味はない。

Tableau 1. Nombre (d'échantillons), étendue en longueur standard (mm), pêcheries (A à G; v. Fig. 1) et leur profondeur (m), et dates de notre matériel des *Chlorophthalmus albatrossis* par groupes (a à j).

Nombre	Longueur	Pêcherie	Date
a	50	100,0—127,5	A — 18 juin 1964
b	61	91,8—123,1	A 200 20 nov. 1964
c	119	68,9—90,8	B — 18 juin 1964
d	150	72,5—108,0	B — 18 sept. 1964
e	150	76,7—126,3	C — 23 déc. 1961
f	150	62,5—104,6	C 310 10 mars 1962
g	150	76,5—119,0	D 200—250 18 sept. 1964
h	150	53,3—101,1	E 180—230 18 juin 1964
i	150	—	F — 18 sept. 1964
j	70	117,2—1140,0	G 300 30 nov. 1964

検出基準形質として用いられる場合には正規分布に従う計量形質からの資料に相当するものとしてとり扱われる。このような見地から、ここでは二つ以上の標本群を同時に解析するために、完全無作為配置法による分散分析ができるものとしてこの方法を適用する。いずれにしても脊椎骨数に基づく系群解析には、すでに BUCHANAN-WOLLASTON (1933) の研究以来ニシンなどの魚種でこの方法が適用されている。

魚類の脊椎骨数が個体的に決定される場合、水温などの環境がその変動要因として作用することがあるのは既によく知られた事実であるが、ここで分散分析によって系群を検出する根拠は個々の標本群に対して、この計数形質の発現を支配しているとみられる漁場単位の環境要因相互の間に予想されるある程度以上の大きさの違いである。

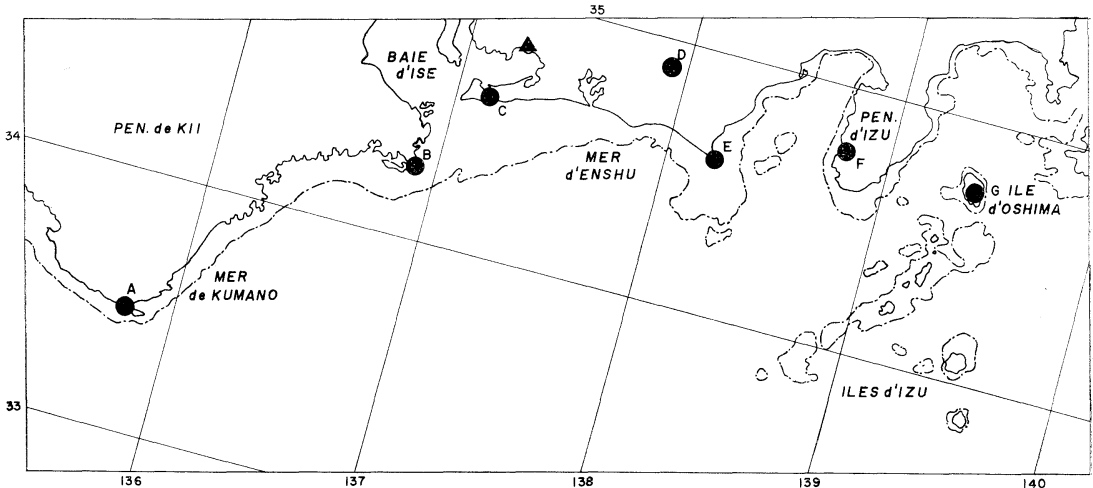


Fig. 1. Carte schématique des pêcheries principales, indiquées par des points objectifs sur les côtes (A-G): A, Shiwo-no-misaki, Wakayama; B, Daiwozaki, Miye; C, Ohyama, Aichi; D, Hongu-san, Shizuoka; E, Omaezaki, Shizuoka; F, Matsuzaki, Shizuoka, G, auteur des îles d'Izu: Ohshima, Nijima, Toshima, etc., Tokyo. On peut dire par exemple la pêcherie au large du Shiwo-no-misaki pour celle du point A. Point triangulaire, port de Miya, Aichi, un centre de chalutiers aux grands fonds du Japon. Ligne brisée, l'isobathe de -200 m.

ものがあるが、これらは一般に 2, 3 個の椎体の癒合圧縮状態を示すような形で認められる。このようなものは多くの場合椎体の付属構造を考慮し、圧縮状態を示す椎体の一つ一つが一般形を示す椎体と同等のものとして数えた。このようにして個々の椎体を判別することが困難な個体は標本から除外した。除外した個体は上記 1,200 個体の資料をえた場合 2 個体 (0.17%) 現われている。

標本群間の異同を検出するには分散分析法を適用した。脊椎骨数は当然本質的には計数形質であるが、系群

2. 結 果

1) アオメエソの脊椎骨数

全標本 1,200 個体における脊椎骨数の範囲は 46~50. その平均値と標準偏差は 48.912 ± 0.463 である。個々の標本群では Tableau 2 に見られるとおり、 $48.787 \pm 0.576 \sim 49.014 \pm 0.463$ である。

いまこれらの標本群を漁場別に 7 群に分けて、それらの平均脊椎骨数を漁場の経度的順位に対応させて並べて

Tableau 2. Distribution, moyenne (m), et déviation standard (s) du nombre de vertèbres par les dix groupes d'échantillons (A à J).

	46	47	48	49	50	Totale	m	s
A			8	42		50	48,840	0,367
B			18	38	5	61	48,787	0,576
C			15	93	11	119	48,966	0,466
D			27	113	10	150	48,887	0,484
E			28	112	10	150	48,880	0,489
F			24	118	8	150	48,893	0,449
G		1	18	117	14	150	48,960	0,488
H	2	0	21	115	12	150	48,900	0,574
I			25	109	16	150	48,940	0,519
J			7	55	8	70	49,014	0,463
A-J	2	1	119	912	94	1200	48,912	0,500

みると、興味深いことであるが東西両端の漁場の間に南から北に向ってわずかながら増加の傾向が認められ、それは一見平均脊椎骨数のいわゆる北高南低の傾向に合致するように見える (Fig. 2.)。しかしあとで述べる分散分析結果の示すところによれば、このことはそれらの漁場別標本群の間に有意の差をもたらすほどの特徴によって表わされたものではないようである。

不完全椎骨のみられる魚は 1,200 例中 48 個体 (4.0%) 含まれている。不完全椎骨群の発現は個体あたり 1 か所とみられ、例外的に個体あたり 2 か所の標本が 3 例

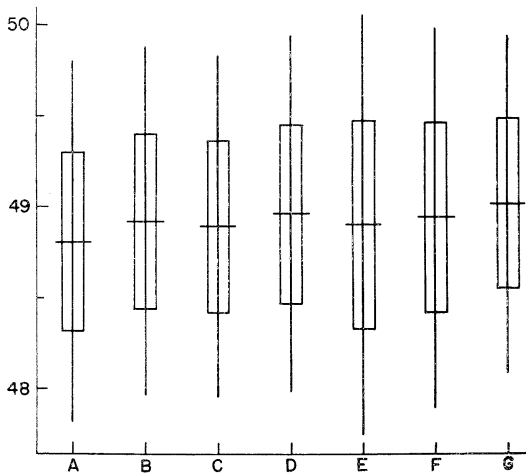


Fig. 2. Moyenne (barrette horizontale), déviation standard (rectangle vertical), et étendue (axe verticale) du nombre de vertèbres (ordonnée) des échantillons par les régions A à G (abscisse).

(0.3%) 出現している。その発現部位は腹椎の中央部から後方尾椎末端の直前までである*。これを環椎骨から始まって尾部棒状骨に終る椎体単位の序数で示せば、第 11~47 椎体の範囲であって、その平均部位は第 32 椎体である。

2) 平均脊椎骨数に基づく 10 標本群の分散分析

(1) 標本数と分析結果の精度: ここでとり扱っている標本から得られる結論の精度について、最小必要母平均値差 δ を基準値として成功率 75% の検定をした結果は次のとおりである。

スネデカー (1962: 252) によれば、この δ は次のようにして与えられる。

$$\delta = \frac{(Q_{\alpha, f})(S_0)\sqrt{F_{f, f_0}}}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

ここで、
 $n = n_1 = n_2 = \dots = n_a$
 (a は n 個からなる標本の組数)
 $f = a(n-1)$

$Q_{\alpha, f}$, “学生化された範囲 Q の上側 5% 点”

S_0 , 母集団の標準偏差の推定値 ($\hat{\sigma}$)

f_0, S_0 の自由度

F_{f, f_0} , F-表の $f_1 = f$ と $f_2 = f_0$ に対応する値; 見込んだ検定の成功率を 75% とすれば、この値は $P = (1 - 0.75) = 0.25$ の行で求められる。

いま全標本群の単位個体数 n を 150 および 50 個体として、(1) 式によりそれぞれの δ を求めると**、150 個体の場合は $\delta = 0.182$ 、50 個体の場合は $\delta = 0.316$ である。このことは全標本群の単位個体数を 150 個体あるいは 50 個体とすれば、それぞれの場合各標本群平均値間において総平均値 (48.912) の 0.4% および 0.6% 以上の違いを検出できることを意味している。

(2) 分散分析: ここでとり扱っている 10 標本群

Tableau 3. Résultat d'analyse de variance sur le nombre de vertèbres de nos échantillons en dix groupes.

Source de variation	somme de carrés	degrés de liberté	variance	F
Traitements	3,025	9	0,366	1,357*
Résiduelle	294,788	1190	0,248	
Totale	297,813	1199		

* アオメエソの第 1 尾椎は第 19~20 椎体に相当する (堀田, 1961: 19)。

** S_0 と f_0 とはあとで述べる分散分析の過程で計算される。

A-J の群平均脊椎骨数について帰無仮説 $H: a_1 = a_2 = \dots = a_{10}$ の検定を行なうと Tableau 3 に示すとおりで、この場合 $F=1.357$ がえられる。この値は自由度対 (9, 1190) の有意水準 5% の F 値 1.89 よりも十分に小さい。従って仮説は棄却されない。

3. 論 義

真骨魚類 (Teleostei) では平均脊椎骨数が主要な系群標徴の一つとして知られているが、この形質が系群標徴とみなされるのは脊椎骨数が種の特徴としてある程度以上の大きさをもつ魚種に限られるようである。

一般に脊椎骨数が 30 以下の魚では、この数はほとんど固定していて変異性が乏しい。しかも比較的大きな変異が認められるのは、脊椎骨数 40 以上というよりもむしろ 46~49 以上のものであることが知られている*。

この研究でとり扱ったアオメエソはハダカイワシ目魚類の 1 種であるが、その脊椎骨数はすでに見たように 46~50 で、脊椎骨数としても、またその範囲の大きさとしても真骨魚類のなかでは比較的大きい部類に属するといえる**。

いっぽういままで脊椎骨数が系群標徴として適用されている魚種は事実上 40 以上の脊椎骨をもつものに限られるといつてよい。これらのことは平均脊椎骨数がアオメエソ資源の系群解析に適用されるにふさわしいことを示唆しているといえよう。

さて、すでに述べたように、分散分析の結果によれば 10 標本群 A-J の平均脊椎骨数の間には統計的に有意の差は認められないと判定された。その精度は標本数 50~150 個体の標本群の間で総平均値の 0.4% より大きく、その 0.6% よりも小さい違いまで成功率 75% で検出できる程度のものである。

しかも、これらの標本群は互に時間・空間的な違いをもつように選ばれているところから、上記の判定はこのような違いを超えた均質性をこれらの標本群が表わしていることを意味しているはずである。

ここで興味深いのは、この魚の平均脊椎骨に現われるべき系群の違いがすでに示されたような総平均値の 0.4~0.6% の範囲内にあるかどうかという点である。も

* いままで知られている真骨魚類の脊椎骨数は 18~175 (230 以上) である (CLOTHIER, 1950; 堀田, 1961)。

** 堀田 (1961) のとり扱った 264 種の標本についてみると、日本産真骨魚類の平均脊椎骨数は 40.5 である。

しそれよりも小さければ、まず第 1 に標本群の単位個体数をいまより増さなければならぬし、それより大きければ単位個体数はいまより少なくてよいことになる。一般的にはアオメエソ資源に系群としての違いがあるとすれば、その違いをどのように評価すべきかということである。

この点については別に生物学的な検討が必要のように思われる。このような前提条件については、アオメエソ類を含むハダカイワシ目魚類に関するかぎり、いままでに何の保証も与えられていないようである。

ハダカイワシ目魚類に比較的近縁なニシン目魚類***は種々な規模の系群間での平均脊椎骨数の関係がかなりよく知られている魚類群の一つである (Tableau 4)。それらのうちでとくに興味深いのはカナダ西岸産太平洋ニシン *Clupea harengus pallasii* の例 (TESTER, 1937) であろう。

TESTER (1937: 143) によると、この海域にはジョージア海峽群、ヴァンクーヴァ島西岸群およびブリティッシュ・コロンビア北岸群の 3 大系群が認められるが、そのおのおのの中に更にいくつかの地方的な小系群も存在するようである。彼の標本群 (TESTER, 1937, Table 9) のうち、統計的に有意の差を示して系群を異にすると判定されたものの組合せ (14 対) について、平均脊椎骨数の差を総平均値に対する百分率で表わすと \bar{y} , 0.38~1.04% (平均 0.6%) である。これらに 3 大系群の区別を認めると、大系群間では 0.49~1.04% (平均 0.63%)、大系群内では 0.38~0.83% (平均 0.57%) であって、前者での差がいくらか大きい傾向が認められるようにみえる。いっぽう統計的に有意差がないものの組合せ (12 対) では 0.24~0.66% (平均 0.41%) で、差は更に小さくなっている。

同じ太平洋ニシンで認められた系群について他の例をみると、カムサッカ半島では北東岸群と南西岸群とが区別され (パーニン, 1953, 表 3)、両群間の差は総平均値の 0.8% である。HUBBS (1925: 9) によって認められたブリティッシュ・コロンビア群とカリフォルニア群と

*** ハダカイワシ目魚類はニシン目魚類のなかのワニトカゲギス類 Stomiiformes の祖先から直達的に特化したと考えられるが、アオメエソ類はそのなかでも最も原型に近いとみられる魚の一つである (松原, 1963: 209, 262; Figs. 200, 272)。

† ここでは TESTER (1937) の 1929 年級の標本 17 群 3,290 個体から求められる平均値 51.97 を全体の総平均値としてとり扱った。

Tableau 4. Ecarts ($m_a - m_b / m_{a+b} \times 100$, %) entre populations monospécifiques de quelques clupéoïdes qui occupent des régions déterminées. Ici, m_a , nombre moyen plus gros de vertèbres dans une population a; m_b , celui plus petit dans l'autre adjacente b; m_{a+b} , nombre moyen général pour toutes les deux. En bas, chaque population est représentée par son étendue.

Espèces et Population	%	Remarques
<i>C. harengus pallasii</i>		
Colombie britannique du nord	0,38—1,04 (0,60)	général
côtes occidentales de l'île de Vancouver		
Détroit de Géorgie		
Colombie britannique: Californie	1,89	
côtes du nord-est: côtes du sud-ouest du Kamtchatka	0,75	
<i>C. harengus harengus</i>		
Plymouth: Banc des «Dogger»	0,26	
<i>S. purpureus</i>		
canal d'AlaWai (saumâtre): les autres eaux hawaïennes (de la haute mer)	2,56	
<i>E. mordax</i> dans la Baie de San Francisco		
<i>E. mordax nanus</i> : <i>E. mordax mordax</i>	4,33	subspécifique
<i>S. pilchardus</i>		
Celtique: Gascogne	0,96	
<i>S. melanosticta</i>		
Détroit du Bungo: Mer du Hyuga	0,51	intrarégional
côtes pacifique: côtes de la Mer du Japon	0,12	interrégional

の間には総平均値の 1.9% の差がある。このように比較的高い値はおそらく対象系群間の隔離程度が強くなっていることに起因している。

他のニシン目魚類をみると、インドアイノコ属の 1 種、*Stolephorus purpureus* のハワイ諸島での 2 系群 (TESTER と HIATT, 1952), すなわち汽水域群 (アラワイ運河群) と外洋水域群との間には 2.6% の差が認められ、カタクチイワシ属の 1 種、*Engraulis mordax* がサンフランシスコ湾産の *E. mordax nanus* と *E. mordax mordax* の 2 亜種 (HUBBS, 1925) の間で 4.3% の差を示すのも、その主な原因の一つは結局これらの魚種のいわば遺伝的隔離の強化に伴うものであろう。

大西洋ニシン *Clupea harengus harengus* で認められている北海南部のプリマスニシンと北部 (ドッガー堆) のバンクニシンの 2 系群 (TESCH, 1929) についてみると、両群間の差はやや小さく総平均値の 0.3% である。同じ大西洋産のイワシ *Sardinia pilchardus* にはイギリス海峡産のケルト群とガスコニュ湾産のカンタブリク群とが認められ (LEGALL, 1928, 1937), 両系群間には総平均値の約 1.0% の差がある。

日本産マイワシ *Sardinops melanosticta* では、横田 (1953) が豊後水道群と日向灘群との間に平均脊椎骨数

の差があることを認めているが、この差は総平均値の 0.5% である。興味深いことに、同じ日本産マイワシで相川と小西 (1940: 308) が区別した太平洋群と日本海群における差は総平均値の 0.1% であって、この値は系群が設定された規模からみて極めて小さい例外的なものといえよう。

このような結果からみると、一般にニシン目魚類では系群としてよりも亜種としての違いが大きく、系群の範囲内では系群の隔離度が高いと群間の差も大きいという種分化の見地から妥当な傾向が認められるようである。このことから、筆者らの対象系群と同じ程度の、比較的小規模な海域内に分布する系群に関する限り、ニシン目魚類でいままでも認められている系群の違いはその平均脊椎骨数の差で表わせれば一般に総平均値の 0.3% 以上 0.8% までの範囲とみても大きな誤りはないようである。

ここで注目されるのは対象魚種の生態的特徴の違いである。アオメエソ類が深海の定着性底生魚 “nonmigratory bottom dweller (MEAD, 1966: 174)” であるのに対して、ここに論議されたニシン目魚類はタイワンアイノコ類やカタクチイワシ類のような定着魚を除けば典型的な回遊魚であり、しかも表層魚という点で対称的な差

いがある。このような違いは両者の活動性に関連して隣接系群の分離度に影響を与えることが少なくないであろう。活動性の強い回遊魚の方が隣接海域間で混合が起り易いところから、各標本群の差をここで適用しているような方法で表わす場合、各系群を代表すべき標本群の平均脊椎骨数の差は定着魚の場合と比べて小さくなる傾向をもつに違いない。

表層魚と底生魚の違いについては、脊椎骨数決定要因に関連して、アオメエソ類の主な生息場所である深海における環境変動の幅が、おそらくニシン類の生息する表層のそれより一般に小さいことが推察される。しかしながらアオメエソ類は浮遊卵を産出し、少なくとも仔魚後期まで表層性を表わすとみられるので (MEAD, 1966: 174)、脊椎骨数決定要因としての環境の点でニシン類とは本質的な違いはないはずで*、成魚の生息深度の違いはこの場合問題にならない。

このような見解に立つと、ここでとり扱っているアオメエソの隣接系群を識別すべき最小基準差はニシン目魚類における 0.3% よりも小さいとみるべき根拠はないといえよう。

ここで付言すべきことは、筆者らの標本が同じ年級群に属していないことである。一般に(平均脊椎骨数による)系群解析においては、年々の環境変動の影響を除くために同年級群から得られた標本をとり扱うことが望ましい。それは同じ系群を対象にしても魚の発生過程上の“感受期”に脊椎骨数決定を支配すべき環境要因の年変動の大きさは一般にその系群の分布域の地域差を上回る可能性がきわめて大きいとみられるからである。このような現象が現われる場合、系群解析の過程はその標本群間における年齢組成の違いの有無を検出するに過ぎなくなる (TESTER, 1937: 116; ROUNSEFELL と EVERHART, 1953: 54)。しかし、この場合はとうぜん認めるべきでない系群の区別を認める誤りを犯す危険性だけが問題となるはずである。従って、少なくとも筆者らの検定結果のように仮説を棄てなくてよい場合に限れば、標本の年齢組成の違いは問題にならないと思われる。

なお脊椎骨数は“終身形質”として認められる特徴の一つであるが、太平洋ニシンで同年級の老齢魚が若齢魚よりも高い平均値を表わすとみられたことがある。このような年齢の違いはのちに統計的に無意味であることが認められている (TESTER, 1949: 418)。

* 魚の発生過程上、脊椎骨数の決定されるべき“感受期”はおそらくも孵化直後の短時間にあるとみられる (TESTER, 1938: 75)。

このようなニシン亜目魚類からの類推が許されれば、筆者らの検定精度、すなわち総平均値の 0.4% 以下 0.6% 以上はアオメエソについて予想される系群識別限界値とそれほど大きな隔たりはないようである。しかしこの場合少なくとも総平均値の 0.4% の精度を得られるのが望ましいことは明らかである。従って、少なくとも 150 個体の標本がとり扱われた中央 5 漁場 B-F の範囲については分散分析の結果は十分実情に則したものとみることができる**。東西両端の漁場からえられた標本は 50~70 個体の範囲にあって検定精度は低くなっているが、総平均値の 0.6% 以上の精度は期待できるはずであり、しかもこの 0.6% という値はすでにみたようにここで問題にしている程度の規模の隣接系群の識別値としては特に大きな値とはいえない。

しかし、この魚における系群識別限界値がその生物学的特徴の一つとして、事実上日本産マイワシで認識されたような 0.1% 程度の小さいものであったとすれば、筆者らの判定結果は明らかに無意味なものとなる。その判定には精度の点で、すなわち、とり扱った標本群の単位個体数の点で実情と異なる恐れがある。この場合、 $\delta = 48.91 \times 0.001 = 0.049$ を得るためには、単位個体数 $n = 2,100$ が必要条件である***。

日本産マイワシで知られるこの 0.1% という大きさの違いは、相川ら (1940: 309) も指摘していることであるが、われわれに認識される系群間のものとしては著しく小さく、一般的な条件とはいえないようである。なお、ニシン目魚類の系群間でみられた最小差、総平均値の 0.3% をアオメエソの場合に適用すると単位標本数は 230 個体以上なければならない。

これらのことを考慮すれば、筆者らの分析結果の精度は目的に対してほぼ十分なものといってよいようである。従って、系群標徴として平均脊椎骨数という形態的特徴を適用したかぎりでは、潮岬から伊豆大島、新島周辺にかけて分布するアオメエソ資源については、系群の異質性を特に考慮すべき根拠は認められない。たとえわが国の太平洋岸一帯に分布するアオメエソ資源が系群として単純なものではないとしても、その系群間の境界は

** ここで問題にしている単位標本数の範囲では標本群数の変動は δ 値に対してほとんど影響を与えない。

$$n = \frac{(Q_{a,f})^2 \cdot S_0^2 \cdot F_{f,f_0}}{\delta^2} \quad (2)$$

による。ここで Q も F も n に依存するから、 n は逐次解法で求められる。

上に述べた海域の範囲内にはないとみられる。

なお、平均脊椎骨数以外の形質をも含めた系群標徴に基づく判定については引き続き検討中である。

4. 結 論

1) 平均脊椎骨数を系群標徴として適用すると、潮岬沖から伊豆大島、新島周辺に至る漁場に生息し、愛知県三谷市場に水揚されるアオメエソ資源はすべて同一系群に属するとみなされる。

2) ニシン目魚類の数種類で認識されている系群間で認められる平均脊椎骨数の差からの類推が許されれば、アオメエソの脊椎骨数を用いて、その系群構造を解析しようとする場合、系群識別限界値としては少なくとも総平均値の 0.4% を見込んでおけばよい。この 0.4% の精度の検定を許す標本群の最低単位個体数は 150 個体である。

この研究を進めるについて有益な助言を与えられ、校閲の労をとって戴いた東京水産大学教授久保伊津男、吉原友吉両博士に厚く御礼申し上げる。また、標本の採集などに格別の御尽力を得た愛知県水産試験場の多くの方々や三谷漁業協同組合の日比周利氏などに、更に、資料整理などに御助力頂いた穂坂洋一氏や宮坂京子嬢にもここで謝意を表わさなければならぬ。

文 献

- 相川広秋、小西芳太郎 (1940): まいわし, *Sardinia melanosticta* (TEMMINCK et SCHLEGEL), の年齢と種族について。水産試験場 (東京), 報告, **10**, 279-356.
- BERTIN, Léon (1951): Les Anguilles... In Bibliothèque Scientifique. Payot, Paris. 191 p.
- BUCHANAN-WOLLASTON, H.J. (1933): Some modern statistical methods: their application to the solution of herring race problems. Cons. int. Explor. Mer, J., **8** (1), 7-47.
- CLOTHIER, Charles R. (1950): A key to some southern California fishes based on vertebral characters. Calif. Div. Fish Game, Fish Bull., **79**, 1-83.
- 適藤信二 (1964): 沖合底びき網漁業, 漁政叢書, 3. 日本水産資源保護協会, 東京. 53.
- 古川一郎 (1958): 底棲魚類の食性に関する研究 (1). 宮崎大農, 研究時報, **4** (1), 175-184.
- 羽生 功ら (1956): 中部日本太平洋岸に於ける深海底曳漁業に就て。特に新漁場の価値に就て。日水誌, **21** (9), 982-990.
- 堀田秀之 (1961): 日本産硬骨魚類の中軸骨格の比較研究。農林水産技術会議, 研究成果, 5. 農林水産技術会議事務局, 東京. iv+155+14 p., pls. 69.
- HUBBS, Carl L. (1925): Racial and seasonal variation in the Pacific herring, California sardine and California anchovy. Calif. Fish Game Comm., Fish Bull., **8**, 1-23.
- 蒲原稔治 (1956): アオメエソ科の魚類。高知大, 学研報, **5** (15), 1-8, pls. 3.
- LE GALL, Jean (1928): Notes et observations sur la biologie de la sardine de la Manche. Cons. int. Expl. Mer, J., **3** (2), 206-223.
- LE GALL, Jean (1937): Rapport préliminaire sur les recherches effectuées de 1931 à 1935 sur la biologie de la sardine des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique. Cons. int. Explor. Mer, Rapp., **104**, 32-37.
- 松原喜代松 (1963): 魚類<結> 197-531 p. In 内田亨, 動物系統分類学, 9 (中), 脊椎動物 (Ib). 中山書店, 東京.
- MEAD, Giles W. (1966): Family Chlorophthalmidae. In Fishes of the Western North Atlantic. Sears Found. Mar. Res., Mem., **1** (5), 162-189.
- ROUNDSEFEL, George A., W. Harry EVERHART (1953): Fishery Science: Its methods and applications. J. Wiley & Sons, New York, xii+444 p.
- SNEDECOR, George W. (1962): 統計的方法... 改訂版 [Statistical methods, 5th ed. の和訳] 岩波書店, 東京, vii+478 p.
- TESCH, J. J. (1929): Investigations on herring in the southern North Sea. In Investigations on the races of food-fishes, VII. Cons. int. Explor. Mer, Rapp., **54**, 56-71.
- TESTER, Albert L. (1937): Populations of herring (*Clupea pallasii*) in the coastal waters of British Columbia. Biol. Bd. Canada, J., **3** (2), 108-144.
- TESTER, Albert L. (1938): Variation in the mean vertebral count of herring (*Clupea pallasii*) with water temperature. Cons. int. Explor. Mer, J., **13** (1), 71-75.
- TESTER, Albert L. (1949): Populations of herring along the west coast of Vancouver Island on the basis of mean vertebral number, with a critique of the method. Fish. Res. Bd. Canada, J., **7**(7), 403-420.
- TESTER, Albert L., Robert W. HIATT (1952): Variation in the vertebral number of the anchovy (*Stolephorus purpureus*) in Hawaiian waters. Pacific Science, **6** (1), 59-70.
- 東海区水産研究所漁況通報委員会 (1962): 漁海況月報一東海・東北海区, 31 (昭和 37 年 2 月). 9 p. 東海区水産研究所, 東京 (謄写刷).
- 横田滝雄 (1953): 日向灘・豊後水道のイワシ類の研究。南海区水研, 報告, **2**, 1-251.

討 論

討論者 吉原友吉 (東水大)

まず、研究対象としての深海漁場ということであるが、アオメエソの場合は、海洋生物学でいう深海よりもかなり浅いところが生息場所になっているようである。しかし、近い将来もっと興味をひくとみられるのは、500~1,000 m までの深海漁業であって、その方面にも研究調査の対象を選ぶべきではないか？ 特に、そのような深海漁業の対象魚種についての分布や生態はきわめて興味ある問題である。討論者は外房小湊沖でヒラメを主な対象とする七日網漁場を調査したことがあるが、この魚の産卵生態や初期生態などはこの漁業の維持開発のためにぜひ解明しておかなければならない漁業生物学上の重要課題の一つである。

系群解析についていえば、まず、脊椎骨数の変異に関連して、この数の変異を支配しているとみられる水温に年変動があるとすれば、標本群の年齢組成とこの年変動との関係は、やはり詳しく解明されるべき問題点の一つといえよう。また、脊椎骨数以外にも系群標徴として適用できる形質があるならば、そのような特徴をも含めた解析が望ましいことであろう。

系群標徴としての脊椎骨数に限っていえば、この数は本質的に不連続な特徴をもつが、こういう計数形質の分布を比較する場合、この特徴を前提条件とした簡明直截な方法があれば興味深いことである。話題提供者は平均値を主な基準として用いているが、このような場合に分布曲線の形そのものを用いて比較できる方法も考えられてよいものと思われる。

まだ他に注目されるべき問題点が残っていようが、上述の事項を指摘するに止めておく。

一般討論 座長 今村 豊 (東水大)

佐々木 (忠) (東水大): 要するに、アオメエソの場合、脊椎骨数で資源の形態がおおよそ推定できるということであろうが、研究材料に問題点があるように思われる。採集期日の範囲が広く、1961~1964年に亘っており、しかも採集場所は漁場でかなり広範囲に及んでいるように見える。もし、脊椎骨数の決定が水温に強く依存しているとすれば、生息海域、深度、それらに伴って水温などのようにかなり変異の大きい要素が材料について統一されていない感じで、討論者の指摘した点にも共通すると思われるが、できうれば同じ海域で同じ深度

から採集した材料について解析することが望ましいと思う。

答: 研究材料については両先生の指摘されたような問題点のあることは事実である。もともと、系群解析のための材料については、同年級群あるいは同時採集などが原則として望ましい条件であることが既に指摘されている。しかし、実際はこれらの点で強い制限があるのを取り除くことは多くの場合難しいことと思われる。同一年級群という条件についてみても、未知の調査対象魚種を扱う場合によっては、年齢査定材料には当然同一系群のものが要求されるが、それが同一系群に属するものであるかどうかの吟味は、問題を元に戻すことになって、上述の原則に忠実であればどちらも解決できないことになる。同時採集ということも、よほど限られた魚種や漁業をとり扱わないかぎり、満足される条件ではない。これは逐次解法的に順次より高い精度の情報を求めていくほか解決のつかない問題であろう。

このような立場からみると、採集時期は事実4年間に亘っているが、最初の2か年のものは2標本群にすぎず、他の8標本群はすべて1964年内に、すなわち、少なくとも大部分の標本群は同じ年に採集されたことになる。1961, 1962年の材料を加えたのは、始めになるべく広範囲の漁場について見当をつけておきたいという計画に副ったものである。

実は、これらの材料は産卵に関する諸問題を解明することを主な目的として連続採集された材料であった。余談に亘るが、この魚の産卵生態はかなり興味ある問題のようにみえる。特に注目されるのは、ここでとり扱った材料を含めた全連続採集標本について、卵巣における成熟相がみられないことと、雄性個体がほとんどみられないことの二つである。この雄性個体がない点については、魚類で近年特に知られるようになった両性をこの魚ももつ可能性が強いとみられる。

この点については熟度の高い生殖腺で観察するのが確実な手段であろうが、それがこの深海底曳漁獲物では得られていない。このような訳で産卵期の推定はこの魚では思いがけず困難な問題になっている。

最後に、漁業生物学上のもう一つの重要問題とみられる年齢査定について付け加えると、これは予報的に昭和39年度日本水産学会大会で発表したことであるが、予備研究の結果によれば、寿命は約4年であって、当才で5 cm, 2才で9 cm, 3才で12~13 cmのように成長するようである。

2. 海洋における安定同位体の二、三の問題

堀部 純 男*

Problèmes des isotopes en recherche océanique

Yoshio HORIBE

Résumé : La recherche océanique par l'isotope a fait grand progrès ces dernières années. On peut suivre le mouvement de l'eau par la concentration en deutérium ou en oxygène lourd qui sert de paramètre d'une masse d'eau. Nous montrons, à titre d'indication, que le rapport isotopique des eaux autour du Continent antarctique est égal à celui des eaux de fond au Pacifique d'ouest et que le diagramme δD -salinité est tout différent à deux points, l'un à l'est et l'autre à l'ouest du seuil d'Ogasawara. Nous commentons la thermométrie à carbonate par l'oxygène lourd qui permet de déterminer la température des eaux anciennes et précisons des problèmes chimiques de la thermométrie à silicate pour mesurer la concentration en oxygène lourd.

1. はじめに

最近の真空およびエレクトロニクス技術の開発によって、質量分析計も分析機器の1つとして広く利用されるようになった。とくに、天然に存在する安定同位体の存在比の変動を測定する同位体比質量分析計も、NIER、UREY などの人々の研究によって完成し、世界中で数十カ所の大学および研究所で定期的に運転されている状況である。これに伴って、安定同位体の存在比の変動を利用する地球科学的研究が盛んに行なわれている。ここでは、重水素・重酸素を利用した海洋の研究のうち二つの研究課題について述べたい。一つは海水中の重水素・重酸素を水塊のパラメーターとして、海洋の循環に関する新しい知見を提供しようとする試みである。第2は重酸素を利用するもので、海底堆積物たとえば炭酸塩や珪酸塩と海水との間の重酸素の同位体平衡より、古代海水の水温を決定しようとする試みである。

第1表には、水素および酸素の安定同位体の天然存在比を示してある。水素は、天然にはほとんど水の形で存在しているが、その中の重水素濃度はかなり変動している。たとえば、海水中の重水素濃度は、0.016% であるが、両極地方の氷の中の重水素濃度は0.010% 程度である。また、雨水・陸水などは、これらの中間の濃度を持っている。酸素についても、水の中では同様の傾向の

変動をしている。海水中のこれらの同位体濃度の変動は比較的少なく、かつては一定と考えられていたものである。しかし、海水が種々の物理的变化を受けるに伴って、海水中の同位体濃度も変化する。これらの同位体の濃度変化を利用して地球科学的研究を行なうにあたっては、同位体濃度の絶対値を知る必要はなく、その変動の相対値のみを正確に知ればよい。そこで、安定同位体の濃度を表わすには、次のように、標準平均海水の同位体濃度を基準にして、それよりの偏差で表わす¹⁾。また、その偏差値もわずかであるので、パーミル (1/1,000) を単位とする。

第1表 水素・酸素の安定同位体。

元素名	同位体	天然存在比 (%)
水素	H	99.98
	D (重水素)	0.016
酸素	O ¹⁶	99.76
	O ¹⁷	0.037
	O ¹⁸ (重酸素)	0.204

重水素では

$$\delta D = \left\{ \frac{(D/H)}{(D/H)_{SMOW}} - 1 \right\} \times 1,000$$

重酸素では

$$\delta O^{18} = \left\{ \frac{(O^{18}/O^{16})}{(O^{18}/O^{16})_{SMOW}} - 1 \right\} \times 1,000$$

ここで、 $(D/H)_{SMOW}$ 、 $(O^{18}/O^{16})_{SMOW}$ はそれぞれ標準

* 東京大学海洋研究所 Ocean Research Institute, University of Tokyo

平均海水 (Standard Mean Ocean Water) の同位体比である。

EPSTEIN²⁾, FRIEDMAN³⁾ らの失駱的研究によると、海洋の表層の重水素・重酸素濃度は塩分と比例的関係にある。これは、表層水が塩分・同位体比共に小さい陸水と混合するためである。また、二、三の観測例より²⁾³⁾⁴⁾、深層水の同位体比は表層のそれより小さいことが知られている。両極地方の表層水の同位体比は小さい。これは、水蒸気が海面よりの蒸発・凝縮を反覆して両極地方へ移動し、その結果両極地方の表層水の同位体比が稀釈されるからである。この同位体比の小さい表層水が極地方で沈降し、深層水を形成するために、深層水の同位体比が小さくなるわけである。したがって、深層水中の同位体比は、両極地方の表層水のそれを表わしているものである。

また一方、DANSGAARD⁵⁾ は Swedish Deep Sea Expedition で採取されたフィリッピン海溝における重酸素濃度を測定した結果、その同位体比は表層より底層に至るまで一定であると報告している。また、CRAIG⁶⁾ らは太平洋各地の底層水を分析した結果、いずれの底層水も塩分は 34.7‰、重酸素濃度は -0.15‰ であることを報告している。

海洋中の同位体比は、次の過程で変化する。まず第1に、海面よりの蒸発による濃縮および海面への雨水による稀釈、第2には、陸水との混合による稀釈、第3には拡散、第4には、わずかではあるが、両極地方での氷の生成による稀釈である。生物活動によっては、同位体濃度は変化しない。というのは、生物活動によって化学反応に関与する水分子の数は、海水全体の水分子数に比べて非常に少ないからである。このように、水の同位体濃度は保存性をもっており、海洋の水塊のパラメーターとなり得るものと言えよう。

2. 同位体比の測定法⁷⁾

水素および酸素の同位体比の測定には、同位体比質量分析計を用いる。

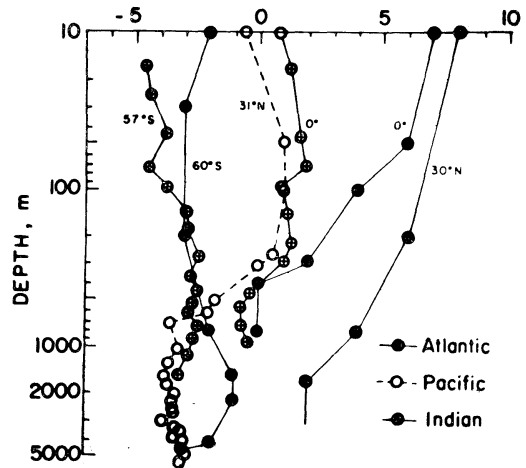
重水素濃度の測定にあたっては、まず試料の海水 5 mg を約 800°C に加熱した金属ウランと反応させて水素ガスを製作する。この水素ガスを重水素質量分析計に導入し、HD⁺ イオンと H₂⁺ イオンのイオン量比を比較することによって δD 値を測定する。

重酸素濃度を測定するには、まず試料の海水 1 ml と 5 ml (標準状態) の炭酸ガスを平衡容器に入れて、25.00°C の恒温槽中で同位体平衡に到達させる。この操作によ

て、炭酸ガス中の重酸素濃度は試料水中のその 1.039 倍という一定の値となる。この炭酸ガスを同位体比質量分析計に導入して、CO¹⁶O¹⁵⁺ イオンと CO₂¹⁶⁺ イオンのイオン量を比較することによって、O¹⁵/O¹⁶ 比を求め、それより δO^{18} 値を算出する。われわれが現在使用している同位体比質量分析計は、日立製作所の一般ガス分析用 RMU-6 D 型を同位体比用に改造したものである。

水塊のパラメーターとしての同位体比

第1図には世界各地の海洋中の重水素濃度の垂直分布を示してある。大西洋のデータは REDFIELD ら⁸⁾ の報告の第2図より読み取ったものである。インド洋の試料水は第5次南極観測の際に採取されたものである。また、太平洋の試料は第10次深海研究に際して採取されたものである。これらの測点は必ずしもそれぞれの海域を代表するものではないが、第1図より、次のような点が興味あることと言えよう。まず第1に、5,000m の深度の北太平洋の水は、南緯 60° の南太平洋の深層水の水と同一の重水素濃度を持っている。また南緯 57° のインド洋の水もその深層水は同一の重水素濃度を持っているものと思われる。このように、太平洋・インド洋・大西洋の深層水が、いずれも -3.0‰ という同一の重水素濃度を持っていることは、これらの水が同一の水塊であることを示していると言えよう。第2に、北緯 30° の大西洋の水は、他のいずれの地点よりも高い重水素濃度を持っており、特に、その表層水の重水素濃度は $+8\text{‰}$ と最高の値である。このことは、この地点では、蒸発が著しく、雨水などによる稀釈の効果が少ないことを



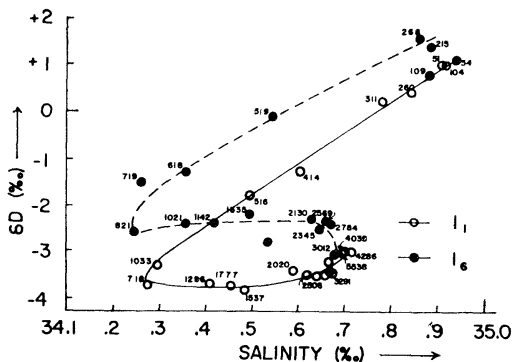
第1図 重水素濃度の垂直分布。

示している。第3には、日本近海の北太平洋においては次の点が非常に特色と言える。すなわち、300 m までの表層においては、塩分の増加すると同様に重水素濃度も僅かながら増加している。しかし、400~800 m の深度において、重水素濃度は急激に減少し、2,000 m 付近まではほぼ一定である。それより更に深くなると、わずかながら増加し、4,000 m 以深ではほぼ一定の値となっている。この重水素濃度の極小点は、必ずしも塩分および溶存酸素の極小点と一致するものではない。重水素濃度が、400 m~800 m の深度で急激に減少するのは、重水素濃度の高い表層近くの水と中層の低水素濃度の水との渦流拡散による混合によるものであろう。また、南極周辺の水の重水素濃度は深度との間に不規則な関係しかなく、これは、表層と深層両層の水が不規則且つ激しく上下混合をおこしているためという事実を裏書きするも

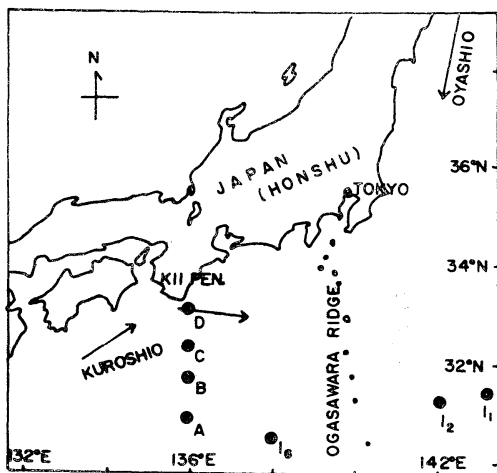
のである。

小笠原海嶺東西の2地点の δD -塩分図を第2図に示してある。また、それぞれの観測点を第3図に示してある。測点 I_1 は海嶺の東側の地点であるが、その δD -S 図の特徴は次のようなものである。すなわち 200~800 m の点は同一直線上にあり、800~2,000 m の点はことなる直線上にある。この特徴は海嶺の西側の測点である I_6 の δD -S 図でも同様であるが、この2地点の δD -S 曲線は重なり合わず、ずれている。 δS -S 曲線上の点は水のタイプを示しているもので、一つのタイプの水塊がことなるタイプの水塊と混合すれば、それによって生じる水は、もとの水塊を表わす二つの点をむすぶ直線上の点で表わされる筈である。そこで、200~800 m の層、および 800~2,000 m の層はそれぞれ、表層水と 800 m の層の水、および 800 m と 2,000 m の水の混合によって生成するものであると言える。また、4~5,000 m の深層水は 2,000 m の水と混合して、別の層の水を作っていることが第2図より分る。小笠原海嶺の東側 I_1 の水塊が西側 I_6 の水塊とは全く別個の δD -S 曲線上にあることは、大変興味深いことで、この δD -S 図よりは両者は異なるタイプの水塊であることは明らかである。なお、この I_1 , I_6 の地点の t -S 図は中層水の点でわずかな差がみられるだけで、ほとんど重なっており、 t -S 図よりは両者を識別することはできない。更に、この両測点の塩分極小点の水はそれぞれ -3.5‰ および -2.5‰ の重水素濃度をもっているが、それらの水をどここの水と連絡つけることができるか、あるいは、重水素濃度 -3.0‰ 塩分 34.7‰ の水がどこから来るかを知ることは将来の興味ある問題である。これに関連して、インド洋の 57°S の水が 500 m 以深では -3.0‰ の重水素濃度、 34.7‰ の塩分を持っており、また大西洋の 60°S の水も 4,000 m 以深では、やはり -3.0‰ の重水素濃度を持っているが、このことは、南極周辺の中層および深層水が太平洋の深層水と同じタイプのものであることを想像させるものである。海水中の重水素濃度の分布に関する研究は初まったばかりで、海洋全域にわたっての重水素濃度はまだ未知の状態と言える位である。しかし、同位体比測定のための試料が海洋全域にわたって入手できて、その重水素濃度・塩分を知り得るならば、同一の δD -S の水をトレースすることによって、海洋の大循環に対して、化学の面から、新しい知見を提供し得るものと思われる。

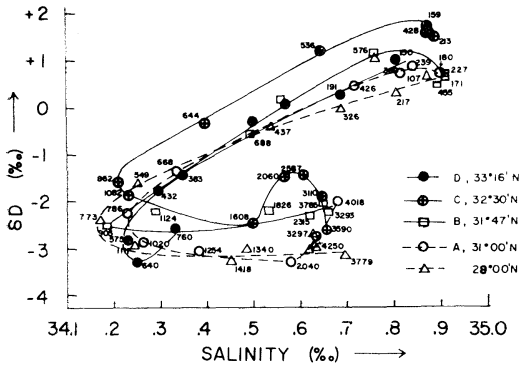
黒潮の横断面の5測点の δD -S 図もまた興味深いものである。5測点はいずれも 136°E 線上であって第3



第2図 小笠原海嶺の東西2地点の δD -S 図
 JEDS-10 測点 I_1 (1965年4月26日)
 測点 I_6 (1965年5月1日)。



第3図 測点位置。



第4図 潮岬南方黒潮横断面 136°E の δD-S 図 (1965年10月4~6日)。

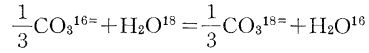
図に示してある点 D の位置を黒潮は 170 cm/sec の速度で東進している。この黒潮軸上の測点Dでは、重水素濃度は深度 150m で最高値+0.5‰ を示している。これに反して、強流帯の南側の測点C付近では、深度 200~500m にわたって、比較的大きい均一の水塊があり、その重水素濃度は他に比べて大きく +1.5‰ である。これらの測点の δD-S 曲線は第4図に示してある。黒丸の点は黒潮軸上の測点Dであるが、この測点の曲線は他の測点の点と同じ曲線上にある。このことは、黒潮主軸は何ら特徴らしいものを持っておらず、主軸の水塊も他の測点と同じタイプの水であることを示している。これに反して、表層近くの重水素濃度が最高の測点Cでは、その δD-S 曲線は他のものとことなっている。したがって、測点Cの水は他と異なるタイプのものと言える。

3. 古代海水の水温

安定な同位体特に重酸素が貢献し得る一つの研究分野は、古代の海水の温度の決定の研究である。この分野は、安定同位体が地球科学に対してなし得た最も大きな貢献の一つとも言われているもので、現在も世界の数カ所で盛んに研究されているものである。ここでは、この方面の研究の基礎をふり返って見ると同時に、将来どのような研究を行えば、更に知見を増し得るかを考えて見たい。

われわれが最初にこの研究の可能性を知ったのは、1947年の UREY の論文によってである⁹⁾。しかし、当時は必要とする実験的技術も十分でなく、特に、わが国においては、質量分析計すらも試作の域を出ていなかった。しかし、同年 NIER¹⁰⁾ は同位体比質量分析計を発表し、UREY ら¹¹⁾ は測定回路等に改良を加えて、この研究に必要な精度で同位体比を測定し得るに至った。

UREY⁹⁾は比較的軽い元素、たとえば、水素・炭素・窒素・酸素などの関与する化学平衡の同位体平衡に関して、統計熱力学的考察を加え、種々の温度における同位体平衡反応の平衡定数を理論的に算出した。たとえば、炭酸イオンと水との間の酸素原子の交換反応



においては、その平衡定数Kは次式で表わされる。

$$K = \frac{(H_2O^{16})(CO_3^{18})^{1/3}}{(H_2O^{18})(CO_3^{16})^{1/3}} \cdot \frac{[(CO_3^{18})/(CO_3^{16})]^{1/3}}{(H_2O^{18})/(H_2O^{16})}$$

このKの値は第2表に示してある。

第2表 炭酸イオンと水との間の重酸素の平衡定数の温度変化。

測定者	K		ΔK/ΔT (°C)
	0°C	25°C	
EPSTEIN (1951)	1.025	1.021	0.000196
UREY (1951)	1.022	1.018	0.000176
THORLEY(1961)	1.018	1.014	0.000152

海洋中において、この炭酸イオンが炭酸カルシウムとして堆積する場合にも、この同位体平衡は成立している筈である。したがって、海水中で堆積した炭酸カルシウム中の重酸素濃度は、海水のそれより重く、その生成温度によって 1°C あたり、0.15~0.20‰ 変化するわけである。そこで、堆積物の炭酸カルシウム中の重酸素濃度を実測するならば、その生成温度を知り得ることになる。

実際に、この原理に基づいて、古代の海水温度を知るには、次のような問題点がある。

(1) 分析上の問題

(a) 質量分析計の精度

$$\delta O^{18}: \pm 0.1\% = \pm 0.5^\circ C$$

(b) 試料よりの炭酸ガスの製作

(2) 古代海水の重酸素濃度

現在の段階では、古代海水の重酸素濃度は、現在の海水のそれと同一と仮定している。この仮定は、炭酸塩温度計法の大きい仮定であって、この仮定なしに、絶対的な古代水温を実測するためには、後で記す他の温度計を開発する必要がある。

(3) 試料について

(a) 試料が平衡条件下で生成したものであるか?

(b) 試料中の重酸素濃度が地質年代の間保持され

たか？

(c) (a) (b) の条件をみたく試料が容易に入手できるか？

(4) 実験的に

$$\delta O^{18} = f(t)$$

の関係式を決定すること。ここで $f(t)$ は温度の函数を意味する。

これらの諸問題は、UREY 一門によって研究され、解決されている。また、(1) のような技術的問題は、わが国においてもすでに解決しており、十分の精度で重酸素濃度を測定できる⁷⁾。(2) の問題は、炭酸塩法で解決するものでなく、現在さかんに研究していると言われる燐酸塩法、あるいは珪酸塩法の確立によって解決されるものである。これらの方法を今後開発するための問題点を明らかにするための一つの手段として、以上の諸問題がどのようにして解決されたかを簡単に説明することにする。

MC CREA (1950)¹²⁾ は実際に炭酸塩-重炭酸塩混合溶液より種々の温度で炭酸カルシウムを沈澱させて、その中の重酸素濃度を測定した。その結果、沈澱させた時の温度と重酸素濃度との間には次式で表わされる関係が成立する。

$$\delta O^{18} = 1.62 \times 10^4 / T - 56.75$$

MC CREA が実験に用いた Cape Cod 沖の海水の重酸素濃度が海水中の重酸素濃度の平均値より 0.75% 軽いことを考慮すれば、温度と重酸素濃度との間には次式が成立する。

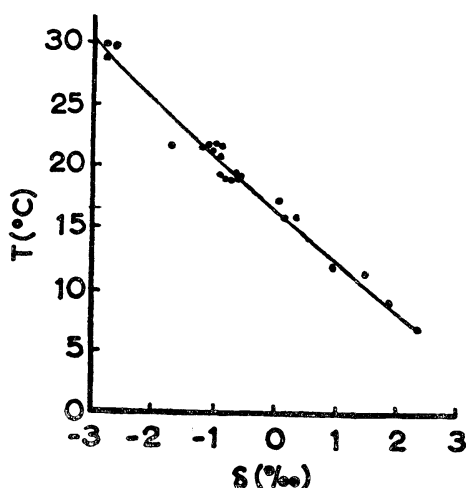
$$t = 16.0 - 5.17(\delta O^{18}) + 0.092(\delta O^{18})^2$$

ここで、 t は温度 (°C)、 (δO^{18}) は炭酸塩中の重酸素濃度と海水のそれとの差である。したがって、炭酸塩中の重酸素濃度だけでなく、その生成時に接していた海水のそれが実測できれば、一義的に生成時の水温が算出できる。

EPSTEIN ら¹³⁾ は一定の温度条件下で生物が生成する炭酸塩を試料として、 (δO^{18}) -温度の関係式を決定した。彼らは第3表のような貝類を試料とした。これらの試料

第3表 試料として用いた貝類とその生成温度。

温度 (°C)	種類
19.0	あわび (Haliotis cracherodil)
21.5	" (")
	巻貝 (Kelletia Kelletti)
	かき (Mytelles californianus)
29.5	ピンク貝 (Stronbus gigus)



第5図 炭酸塩中の重酸素濃度 (δO^{18}) と生成温度との関係。

に切目または孔をあけて、一定温度で再生した部分を重酸素測定用試料とした。結果は第5図にあるように、 δO^{18} と温度との間にはほぼ直線関係が得られた。これを式にすると、

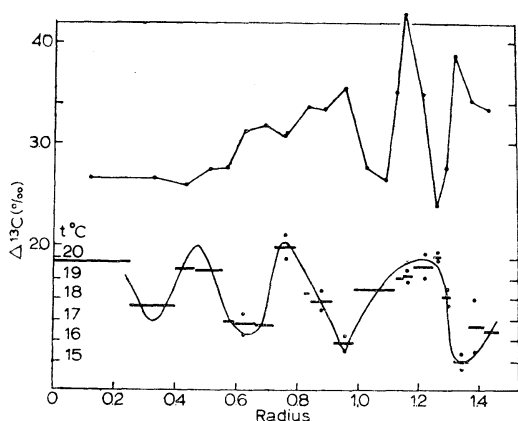
$$t = 16.5 - 4.3(\delta O^{18}) + 0.14(\delta O^{18})^2$$

この式は現在実用に供されているものであるが、海水中の重酸素濃度 A を入れると

$$t = 16.5 - 4.3(\delta O^{18} - A) + 0.14(\delta O^{18} - A)^2$$

A の値は未知であるので、一応 $A=0$ として話を進める訳であるが、そのために算出される温度には一定の不確定性が伴われる。しかし、相対的な温度の昇降を論じることができるという点で、古気候学上価値あるものと言える。特に、ジュラ紀のように氷のない海が存在した場合には、表層水の重酸素濃度は、現在のそれよりもずっと安定であったと想像されるから、なおさら価値が大きいと言えよう。

次に、このような温度と関係のある重酸素濃度が、長い地質年代の間化石中に保存され得るかという問題がある。そこで、これを証明するために選ばれた化石は、ジュラ紀に棲息した Belemnoid の化石である矢石である。これは繊維状のカルサイトが放射状に表面に垂直に配列しており、透明なカルサイトの部分とそうでない不透明部分が年輪状に並び生長輪を形成している。これから、厚さ 3 mm 直径 25 mm の円板をけずり取って試料とした。この円板上の試料を中心より直径の線上にある点の重酸素濃度を測定した。結果は第6図に示してある。第6図には、三つの高温および四つの低温が記録されて



第6図 矢石の生長輪と直角方向の重炭素濃度の変化(縦軸は重炭素濃度より算出した温度で目盛っている)。

いるが、同時に測定された重炭素濃度 ($\Delta^{13}\text{C}$) には、このような規則性はみられない。また、このような規則性は他の機作では起り得ないので、季節変化と考えられる。したがって、この生物は生長後3年を経過し、4年目の春に死んだものと考えられる。この間の温度変化の幅は 6°C であり、その平均温度は 17.8°C である。但し、1953年に補正された値を用いると、年間の平均温度は 20.8°C である。

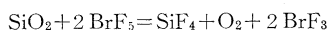
他の温度計法

炭酸塩温度計法のみでは、先に記したように、温度を一義的に決定することはできない。そこで、古代の水温を決定するには、更にもう一つの温度計法を確立する必要がある。二つの温度計法によって、温度を算出する式が二つとなり、未知数である t および A を連立方程式によって何らの仮定なく決定できる。そのための温度計として可能性のあるのが、燐酸と水との間、および珪酸と水との間の酸素原子の交換反応の平衡を利用する燐酸塩温度計法および珪酸塩温度計法である。

これらの方法も炭酸塩の場合に述べたように、多くの解決されなければならない問題がある。以下では特に珪酸塩温度計法に関する問題点について述べる。

(1) 分析上の問題

珪酸より炭酸ガスを製作することは、すでに岩石中の重炭素濃度を測定するために多くの人々によって研究されている。特に最近 CLAYTON¹⁴⁾ らによって開発された五弗化臭素法は良好な結果を得ている。



この反応で生成した酸素ガスは、低温で炭素と反応させることによって容易に炭酸ガスに換えることができる。

したがって、珪酸塩中の重炭素濃度を $\pm 0.1\%$ の精度で、温度を $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ まで決定し得る。

(2) 試料としての堆積物

外洋の深海における堆積物に寄与する珪酸を含む生物としては、珪藻・放散虫類・海綿などがある。これらは堆積物中でかなりの部分を占め、時には40%以上を占めることもあるので、試料としては入手しやすい。しかし、生物の死後直ちに、珪酸の水への溶解が初まり、堆積後もその中間にはさまれて存在する水への溶解は継続される。時としては、中間層の水は珪酸で過飽和となり珪酸の再結晶の可能性もある。再結晶が起ると、もとの生物中の重炭素濃度が保存されないおそれがある。したがって、再結晶を受けていない試料を選定する必要がある。

珪藻などの増殖にあたって、生成する珪藻と接している水との間に酸素原子の同位体交換平衡が成立しているかどうかという点である。特に、珪藻のように個体の増殖が一見非常に早く見えるものでは、水と珪藻との間に、その温度における同位体平衡が成立するかどうかという心配がある。増殖反応が早いために、いわゆる kinetic effect によって、生物個体中の重炭素濃度は熱力学的平衡より期待される値よりは小さくなるかも知れない。または、水中での水分子の拡散が律則段階となって、水の重炭素濃度に近い濃度をもつものになるかも知れない。そこで、炭酸塩の場合と同様に、一定温度で珪藻を飼育し、各温度における珪藻中の重炭素濃度を実測することによって、 $\delta\text{O}^{18} = f(t)$ の関係式を求める必要がある。この式ができれば、珪酸塩中の重炭素が水と同位体平衡にあるかどうかをもうかがい知ることができよう。

この方面の研究は、ここに記した珪藻類の飼育・外洋の堆積物の確認・再結晶化の検討など生物学・地質学上の専門的知識を必要とするものであって、それぞれの専門家の協力によってのみ可能となるものである。

4. おわりに

ここでは、深海の研究に貢献できる安定同位体の例について記した。前者は水そのものの構成元素の同位体である重水素・重炭素をトレーサーとしてその天然存在比の変化より、水の動きを見ようとする試みである。この試みはやっと初まったばかりで、今後多くのデータの集積とその適切な解釈とが望まれるものである。後者は10年以上以前より初まり、多くの成果があげられているものである。しかし、さらに他の温度計法の開発をも必要としている。このほかにも、安定同位体である重窒

素を用いる窒素元素の循環など、深海の研究に関連のある安定同位体の研究も今後多いに行なわれるべきもので、それによって、新しい知見も提供されることと思われる。

文 献

- 1) H. CRAIG, *Science*, **133**, 1833-1834 (1961).
- 2) S. EPSTEIN, T. MAYEDA, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **4**, 213-224 (1953).
- 3) I. FRIEDMAN, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **4**, 89-103 (1953).
- 4) Y. HORIBE, M. KOBAYAKAWA, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **20**, 273-283 (1960).
- 5) W. DANSGAARD, *Deep-Sea Res.*, **6**, 346-350 (1960).
- 6) H. CRAIG, L. I. GORDON, *Marine Geochemistry, Proc. of a Symposium at the Univ. of Rhode Island*, 277-371 (1965).
- 7) 堀部純男, *質量分析*, **14**, 113-120 (1966).
- 8) A.C. REDFIELD, I. FRIEDMAN, *Marine Geochemistry, Proc. of a Symposium at the Univ. of Rhode Island*, 149-168 (1965).
- 9) H.C. UREY, *J. Chem. Soc.*, **1947**, 562-81.
- 10) A.O. NIER, *Rev. Sci. Instr.*, **18**, 398-411 (1947).
- 11) C. R. MC KINNEY, J. M. MC CREA, S. EPSTEIN, H. A. ALLEN, H. C. UREY, *Rev. Sci. Instr.*, **21**, 724-730 (1950).
- 12) MC CREA, *J. Chem. Phys.*, **18**, 849-857 (1950).
- 13) S. EPSTEIN, R. BUCHSAUM, H. A. LOWENSTAM, *Bull. Geol. Soc. Am.*, **62**, 417-426 (1951), *ibid.*, **64**, 1315-1326 (1953).
- 14) R.N. CLAYTON, T.K. MAYEDA, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **27**, 43-52 (1963).

討 論

討論者 三宅泰雄 (東教育大)

ただ今、堀部さんから興味深い重水素あるいは重酸素の海洋中における分布の問題についてお話いただいた。最近、安定同位体を海洋学ないしは一般地球物理学的な研究に用いることが盛んになってきたが、これには二つの方法があると思う。一つは安定同位体を一つの保存的な量と考えて物質の変化の状態を追跡していく。たとえば重水素は海水を一つの溶液と考えると、溶媒にあたる水そのものの組成を決めていく。それにより水の混合その他を調べていこうという行きかたがある。もう一つは paleotemperature の問題がある。これは同位体効果を使って海洋その他いろいろな現象を調べていこうという

ことである。先ほど堀部さんがお話しになったのは酸素の同位体、たとえば炭酸イオンの溶液から炭酸カルシウムが沈積するとき、その温度によって同位体効果が違う。それを利用して温度を決めようという方法である。

重水素と重酸素の問題は非常に重要で、今まで海洋学では主として温度と塩分の二つの指標で決めている。この二つがわかれば密度が決まる。そして海水のもとになっている水は全くどの海洋でも同じであるという前提がある。ところが最近になって水そのものが非常に複雑なものであることがわかってきた。最近、海洋学におけるスタンダードという委員会があり、私も委員の1人だが海水の塩分と密度それから電気伝導度との関係を調べなおした。ところが水の密度は採水した場所で1/100万~10/100万のオーダーで密度が変ってくる。このことは海水のスタンダードの問題ばかりでなく度量衡自体の基本的なことがくずれかかっている状態である。

もう一つの大きな問題は、海洋はどうしてできたか？特に海洋水の起源は何かということについて最近大いに論じられている。ある人は火山活動で地球内部から供給されて蓄積したという考えをもっている。このような問題を解決するためにも水そのものの組成がどうであるかを決めなければ海洋の起源はわからないと思う。この決め手になるものの一つが重水素あるいは重酸素の問題になってくると思う。

今日お話になったことで一つ重要な発見として、 δD 重水素の変動に対して塩分のグラフを書くといくつかの点に分れて、それを結ぶ直線上に二つの違った性質を持つ水の混合領域があることがでてくる。これは非常に大切なことで、われわれのとぼしいデータから考えていたことは、塩分と重水素あるいは重酸素の関係は非常に高い塩分のところでは平行性があるが34.5‰ぐらいのところでは非常にばらつきがあり、あまり関係がないと指摘していた。これを細かく解析すると今日の堀部さんのような結果になり、新しい一つの海洋学的手段を提供するのではないかと思う。今までは $t-S$ diagram において水は同じであるという前提のもとに温度と塩分によって水の性質を規制していたが、この新しい行き方は海水を一つの溶液と考えると、その溶媒の水と溶質の二つの観点から見ている。

今日のお話はその点にあまりふれずに得られた結果について一つの海洋学的な新しいアナリシスを示されたが、更にその原因について追求していくならば海洋学に大きな貢献をするのではないかと思う。

次にアイソトープエフェクトであるが、物理的蒸発そ

の他によっておきるし、いろいろな化学変化によってもアイソトープの違いがでてくる。特に最近注目されているのは生物学的なアイソトープエフェクトが非常に大きな問題になってきている。1例として、われわれの研究室では、海洋中における溶存窒素であるとかアンモニア、亜硝酸、硝酸あるいは生物（魚とかプランクトン）、その中で特に窒素の同位体がどのように変動するかを調べた。それについては非常に複雑でわれわれは始め単純な無機化学系におけるアイソトープエフェクトを考えていたが実際には説明がつかない。特に生物を媒介するアイソトープセパレーションが非常にドミナントであることがわかってきた。今まで海洋における窒素のサイクルの問題は多くの生物学者や化学者によって扱われてきたが、アイソトープに関してはまだ初歩的な研究が始まったばかりである。この問題は今後、化学者ばかりでなくて生物学者も、更に海洋中におけるいろいろな同位体を使って新しいファクターとして物理的に扱った場合どうなるか特に物理学者の今後の研究にまちたい。（スライドの説明は略す）

一般討論 座長 猿橋勝子（気象研）

杉浦（気象研）：小笠原リッジの東側と西側で著しい

水塊の差があることは非常に興味ある問題だと思う。私は既に 1,000 m 以深で東側と西側で水温、塩素、分養塩などに差のあることを認めている。しかし、奇異に感じることは重水に関して 800 m 以浅で重水のコンテンツが違うことである。これをどう説明するか？

もう一つ興味をもったのは 800 m の重水濃度と 5,000 m の濃度が等しいということである。

答：杉浦さんの言われる小笠原リッジの東と西ということだが、測点 I_1 と I_6 はサンプリングの内では一番離れていて差のはっきりしたデータとして出した。

こういうふうな傾斜の部分混合であるといったが、もし混合だとすると下の部分があれだけ違っているとすれば、横に動くことを考えなければ下と上と真中というのは混合でできる。

三宅（東教育大）：混合の問題だが、1点のパーティクルの観測で直線になるから上と下の水が混合したのだとは考えない。水平アドベクションが非常に大きいから広い範囲で多くの測点で観測し、全体の傾向がどうなっているかということによって決めなくてはならないと思う。

答：私もそう思う。このデータは例として出した。

3. 深海底層流の連続測定について

佐々木忠義* 渡辺精一**

Mesure continue du courant de fond

Tadayoshi SASAKI et Seichi WATANABE

Résumé : Nous avons publié dans des notes précédentes des résultats de mesures des courants de fond par un courantomètre à pendule sphérique dont le principe consiste en mesure de la déviation d'une sphère par la poussée du courant. La présente note est consacrée à la description d'un nouveau modèle du même type permettant, toutefois, une mesure continue plus de 24 heures aussi bien qu'à la présentation d'un résultat d'une mesure. En outre des équipements déjà décrits dans des notes précédentes, ce modèle est muni d'un équipement de mouillage, d'une minuterie faisant fonctionner l'appareil de photo à un intervalle du temps préalablement déterminé. L'équipement de mouillage se compose d'une bouée submergée à 50 m environ au-dessous de la surface, d'une bouée de surface avec un réflecteur de radar et d'un câble de nylon. Il n'a pas d'ancre et de poids pour fixer le courantomètre au fond. Le résultat d'un essai pendant 20 heures à 1310 m de profondeur à Kashimanada prouve que le courantomètre était correctement installé au fond et ne bougeait pas du tout. Un autre essai complémentaire au golfe de Sagami pendant 20 heures montre qu'il faudrait prévenir les dommages du câble causés par les dents de poissons et une tolérance assez large pour la profondeur de la bouée submergée en raison de l'allongement et de la contraction du câble de nylon au cours de et après l'installation.

1. 緒 言

われわれが研究試作した底層流測定装置は、海水の流動によるピンポンボール振子の偏位を水中写真法によって記録し、実験式から流速を求める方式で、Fig. 1 に 2,000 m 以浅用の三脚形の装置を示す。船上から吊り下げて海底に設置した測定装置が船のドリフトに影響されないようにケーブルを注意深く繰り出しても、10 分以上の連続した測流データを得ることは困難である。Fig. 2 は JEDS-8 における St. H₁₅B (42°03'N, 144°39'E, 水深 1,770 m) の測流結果である。その継続時間は約 2 分で、流速、流向共に時間経過に従って変化しているのがわかる。始めの流速の値は着底直後の装置の不安定によるものでその後の 8.4~10.4 cm/sec および 67°~51°を示す変動の平均値をこの場所におけるこの時刻の流動

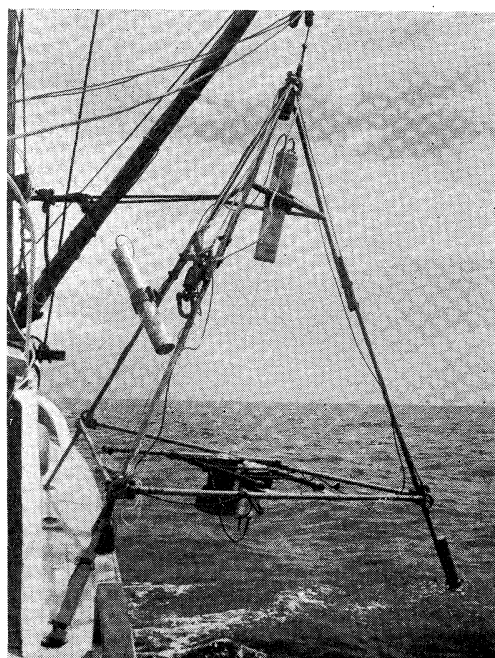


Fig. 1. The tripod-type bottom current meter to which the timer has recently been fitted.

* 東京水産大学, 理化学研究所 Tokyo University of Fisheries, The Institute of Physical and Chemical Research

** 理化学研究所 The Institute of Physical and Chemical Research

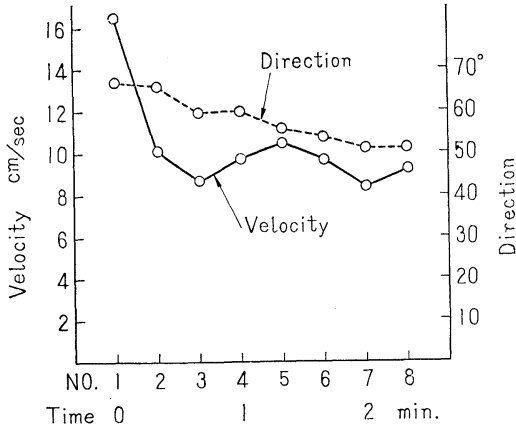


Fig. 2. Plot of variations of bottom current velocity and direction with the lapse of time at Stn. H₁₅B, 42°03'N, 144°39'E, 1770m in depth, in JEDS-8 cruise.

値とするのが妥当であろう。

このような短時間の測定でなく、1地点において一昼夜あるいはそれ以上の長時間の連続測定は海洋に関する諸問題により有用なデータを供給することは明らかである。そのためには従来用いた測定機を連続測定に適用できるように改造すると共に、適当な繫留装置を併用しなければならない。

2. 繫留装置

1,500~2,000 m の海域において数トンの小型船でも操作できる繫留装置を製作した (Figs. 3,4)。繫留装置は水面ウキ、水中ウキ、ナイロンケーブルおよび測定装置から構成されている。錨、おもりなどの海底固定具は

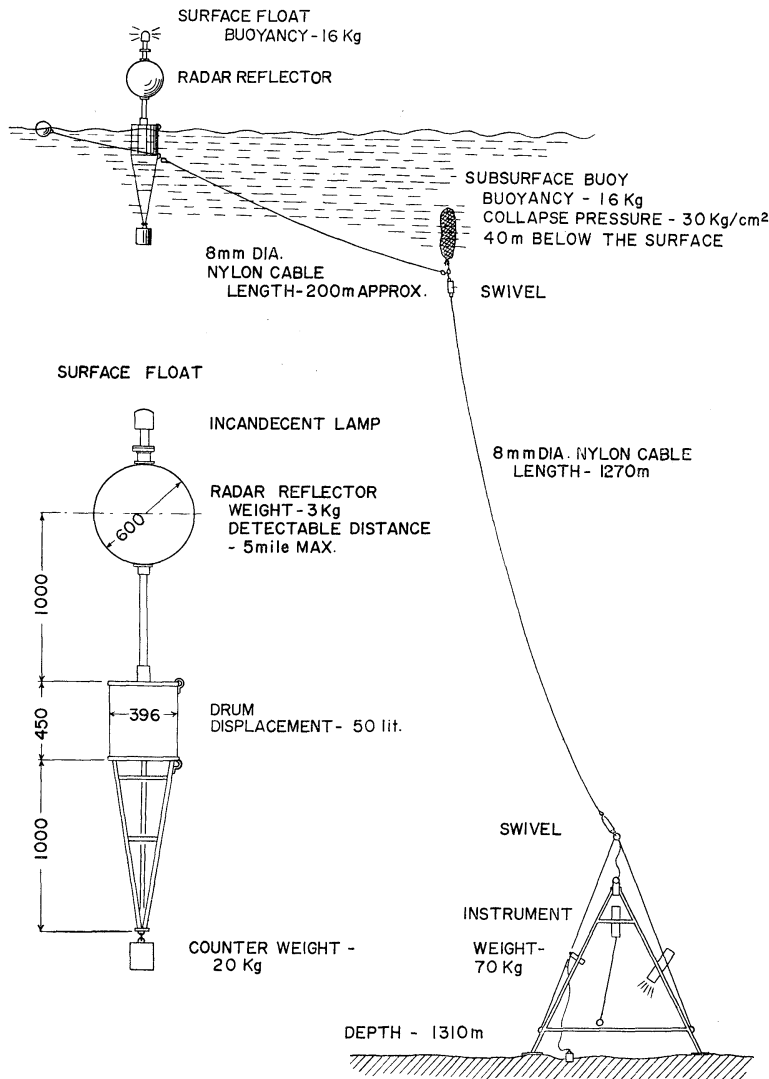


Fig. 3 The mooring system for measuring deep-sea bottom current.

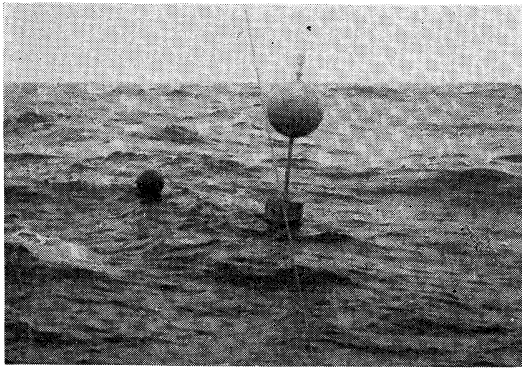


Fig. 4 The surface float of the mooring system shown in Fig. 3.

用いず、ケーブルは水中重量約 70 kg の測定装置の下部に付けられた 3 本の吊手にスイプルを介して接続されている。

水面ウキは 1 mm 厚さの鉄板で作られた 50 l ドラム缶を利用したもので、約 1m の高さにレーダーレフレクター、その上部に点滅する豆電球を入れた黄色塩化ビニール製標識灯を付けている。レフレクターは検知距離 5 マイルと称されているが荒天時には役に立たないことが後に判明した。余剰浮力は約 16 kg である。

水中ウキは 4 個の漁業用ハイゼックスウキを漁網に包んだもので、その浮力は約 16 kg、瞬間耐水圧は 30 kg/cm² である。水面下約 50 m に位置するようにケーブルの長さを調節し、更に 200 m のケーブルで水面ウキを繋留して設置する。水中ウキは流れによって更に深く沈降し、ケーブルの抵抗力の垂直分力が水面ウキにまで及ぶようになるので、この繋留装置をあまり強い流れのある海域で使用することはできない。後に述べるように表層流が最大 2.4 kt に達しても水面ウキは水中に引き込まれないことが立証されたが、水中ウキの一部が水圧によって破壊された。海底固定力の小さな繋留装置に用いる水中ウキは水圧に無関係な構造、たとえばガソリンを封入してウキの内外の圧力を平均させたものなどがよいと思われる。

3. 測定装置の改造

ピンポンボールの偏位、磁石方位計と傾斜計の指示は水中カメラによって 20 秒ごとに記録される。カメラには約 140 コマのフィルムを収納することができるので適当な連続コマ数と休止時間が得られるようなタイマーを用うることによって 1 昼夜或はそれ以上の連続測定を行なうことが可能となる。Fig. 5 は試作したタイマーの結

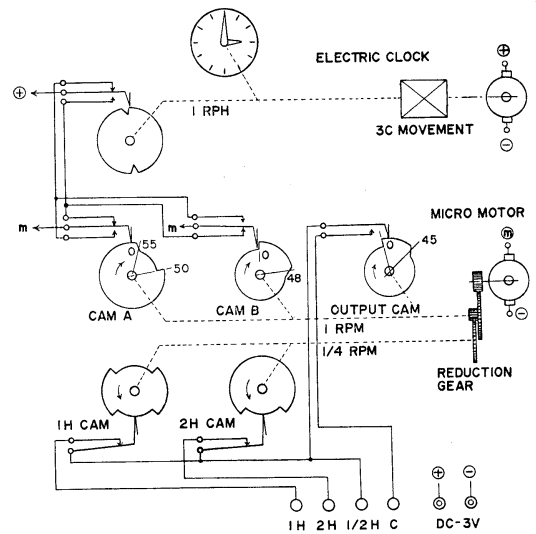


Fig. 5. A connection diagram of the timer for continuous measuring.

線図で、連続 1 分間 (20 秒間隔で 3 コマ) の記録が 30 分、1 時間、2 時間のうちあらかじめ定めた任意の一つの休止時間をおいて得られるようになっている。

制御は直流 3V で作動するテンプ式電気時計によって行なわれる。時計の 1 r.p.h. 軸において 30 分ごとに接点は切り換えられ、3V の + 極はマイクロモーターの 1 r.p.m. 軸上カム A カム B 両方の接点を経てモーターの m 極に接続される。モーターが回転すれば出力カムの接点は間もなく閉じて出力端子 C と 1/2h は導通する。約 50 秒経過すればカム A カム B の接点は共に他の接点に切換えられるのでモーターは停止する。また出力カムも接点を開き出力端子 C と 1/2h は導通なくなる。数分間経過すると時計の 1 r.p.h. カムは上の接点に切換えられるので 3V + 極は再びモーターに接続しモーターは回転するが数秒後カム A カム B とそれらの接点が図示の位置に戻って停止する。また出力カムは接点を開いたまま図示の 0 位置に戻る。この一連の動作により出力端子 C と 1/2h を測定装置の記録部に接続すれば 30 分間隔で 1 分間の記録が得られる。

モーターの 1/4 r.p.m. 軸には 1h カムと 2h カムがある。1h カムの接点は現在 1 分間接点を閉じているとすれば 30 分後の前述の 1 サークル中は回路を開き、更に 30 分後つまり現在より 1 時間後には接点を閉じるので出力端子 C と 1h は 1 時間ごとの記録に使用される。また 2h カムの接点は現在 1 分間接点を閉じているとすれば 2 時間経過した後再び接点を閉じて C と 2h 端子を

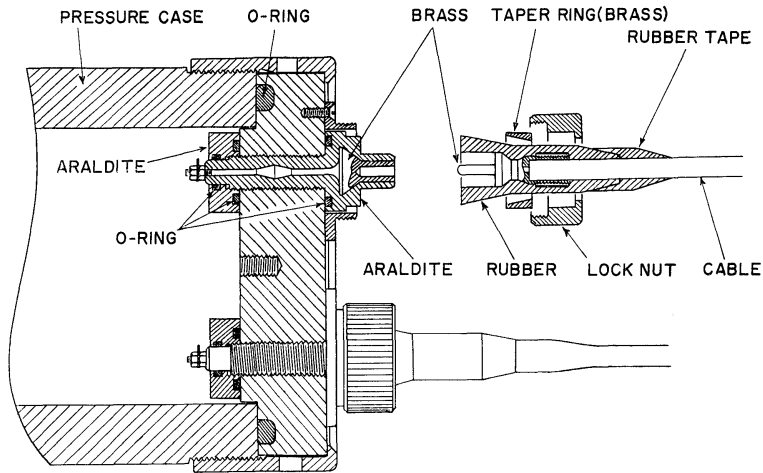


Fig. 6. A diagram showing the method of bringing electrical leads through a pressure case.

導通せしめる。この 1h カムと 2h カムは出力カムと直列になっているので予定間隔ごとに導通する時間は出力カムで定まり約 50 秒である。

タイマーは耐水圧 250 kg/cm² の高力アルミニウム合金製の円筒容器に収納され、アクリル製窓を通して時計の示す測定時刻が水中カメラで測定ボールと共に記録される。

Fig. 6 はタイマー用水密容器の一部と電線接続器を示したものである。接続器は耐水圧性のみでなく、接続の簡便さ、固定力、事故による離脱あるいは電線の切断のばあいにおいても諸計器を収納した水密容器の水密性などが要求される。容器の蓋に取り付けられたアラルダイト製の接続器本体は 3 個の O-リングで水密が保たれているので何らかの原因で外部電線側がはずれたり切断したりしても容器は水密性を保持する。電線を接続する際はゴム製スリーブをはめ込んだだけでも水密は保たれるが傾斜した内面を持つ黄銅リングをおさえねじで締め付けることにより、水密を一層確実なものとすると同時に接続器の離脱を防止している。この接続器はタイマーのみでなく、水中カメラ、ストロボ、着底スイッチの相互の接続にも使用されている。

4. 繫留用ナイロンケーブルの問題点

海底の設置物にウキを繫留するケーブルは合成繊維ケーブルが最も適している。比重はナイロンが 1.09~1.14, ポリプロピレンが 0.9~0.91 で海中では重量がほとんど問題にならないので小型のウキを用いることができる。しかしケーブル自体の流れによる抵抗力は等しい

Table 1. A table showing a breaking strength against each diameter of nylon cables and an elastic quality of 10 mm dia. nylon cable.

Breaking strength of nylon cable	
Diameter (mm)	Breaking strength (ton)
6	0.64
8	1.18
9	1.41
10	1.70
12	2.50
14	3.24

Elastic quality of 10 mm dia. nylon cable			
Load (kg)	Breaking strength (%)	Time	Elongation (%)
100	6	24 hour	7.2
100	6	100	8.8
200	11.8	24	13
200	11.8	100	15.7

破断力を持つ鋼製ケーブルの 1.6~1.8 倍となるから海底固定力とウキの余剰浮力も大きくする必要がる。ケーブルの各直径に対する破断荷重を Table 1 に示した。破断荷重近くまで引張り力を加えるとケーブルは約 40% も延びる。この性質は荒天の際の水面ウキの動揺による衝撃力を緩和し切断を防止する。しかし、繫留装置の設置作業に当って水中ウキを予定の水深に位置させようとするとき、延び易い性質は精度を悪くしウキの耐水圧の許容範囲を大きくとらなければならない欠点もあるので、吊り下げ時における設置物の荷重、設置後のウキの浮力による荷重に対する延びを充分考慮してケーブルの

長さを定める必要がある。

同じ表に 10 mm ナイロンケーブルに軽過重を加えたばあいの伸びを示したが、この伸びは無負荷としたばあいに 3~5 時間で元に戻る。しかし破断近くまで荷重を加えた場合には伸びはプラスチック変形をして無負荷となっても元に戻らなくなる。

ナイロンケーブルのもう一つの問題点は魚の咬み切りによる被害が懸念されることである。われわれの二、三の実験の範囲ではそのような事実はなかったが、第 5 回の深海研究に関するシンポジウム (1965 年 12 月 6 日) において述べた RICHARDSON 他の大西洋における流動測定のための繫留装置が魚の被害のため数多く流失したことが P.B. STIMSON によって報告されている。また、その報告に関連して被害を与えた魚の種類の推定を R. L. HAEDRICH が発表している。

Bermuda 近海に設置された 126 個の RICHARDSON 型のブイステーションの内無事に回収されたものは 75 個で成功率は約 60% である。繫留具がまったく流失したため失敗の原因がわからないものが総失敗数の 50% 近くに及んでいる。しかし、何らかの残された証拠によって失敗の原因が推定できる繫留装置の 45% が魚の咬み切りに原因するものであることから、原因不明の流失事故の中にも魚による被害が数多くあるものと推定される。魚の咬み切り説に対してキングや反転によってもたらされたケーブル内の不平均応力によるものとの反論もあった。そこで人為的に水中でケーブルを反転し、張力を与えて切断してその繊維の端末と現場から回収されたケーブルの端末とを比較検討した。切断までに到らない数多くのはっきりした歯の跡が見られるケーブルも多数回収された。

STIMSON は報告の中に Table 2 の如き回収と失敗の繫留期間に対する頻度を示している。注目すべきは最下欄の failures/1000 buoy days で、始めの数日間の高い流失率の期間を無事に過ぎると繫留は相当に確実性を持つようになることである。第 5 日目後は損失の平均割合はより小さくなり変動は 20% もない。魚の咬み付きはケーブル自体の存在によるものではなく、ケーブルに付着する生物が咬み付きを誘引するのであろうとの推測は繫留期間の延長と共に付着生物も増加すると考えられることから当を得ていないようである。咬み切りあるいは咬み付きの被害を与える生物をケーブルに残された切り口や歯跡によって何種類か推測しているが、ケーブルの魚に対する感受性の対策まで検討は進められていない。アルミニウム外装ケーブルが試験されたが、これ

Table 2. A table showing time distribution of recoveries and failures of the mooring system appeared in P.B. Stimson's report.

Days	0	2	5	10	20	50	100	200	500
Population	98	95	84	60	49	32	9	1	1
Recoveries	1	5	21	8	8	15	8	1	
Failures	2	6	3	3	9	8	(5)	0	
Interval length, days	2	3	5	10	30	50	100	300	
Failures/1000 buoy days	10	21	7.2	5.0	6.1	5.0	5.6	—	

も 5 週間後には原因不明のまま流失した。

R.L. HAEDRICH は STIMSON がケーブルの片側のみ切り傷を付ける魚を *Alepisaurus* であろうと推測しているのに対し、傷跡が多い水深から浅海性の *Alepisaurus* ではなく *Sudis hyalina* (Fig. 7) だと断定している。この魚は *Alepisaurus* と同様下あごの歯が大きく且つ鋭く、半透明の皮膚下に発光組織を持ち、体長を垂直方向に向けて泳いだり、共喰いの性質がある。発光生物がケーブルにひっかかり、暗黒の水中で縦に光ったケーブルは飢えたこの魚には餌に見えるに違いない。繫留期間が永くなると付着物が多くなり微小発光物も付着してケーブルはもはや光った魚であるという印象を与えなくなって魚の攻撃は減少し、STIMSON によって報告された流失の範囲が縮少し一定値となることがうなずける。

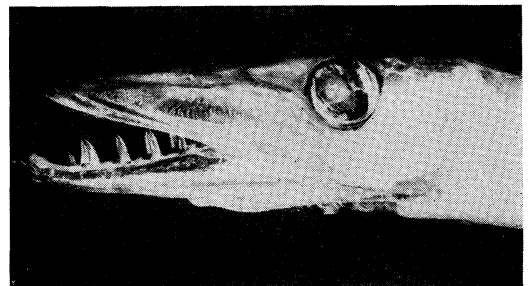


Fig. 7. Head and jaws of *Sudis hyalina*. A 405 mm specimen (MCZ 43077) from The Strait of Messina.

発光ペイントをケーブルに塗っておくことによって魚の攻撃を減少あるいは防止するのに役立つだろうと述べている。

5. 臨海実験

測定装置の改造と繫留装置の試作を終了した後、各部の臨海総合試験を目的として静岡県伊東沖水深 130 m の

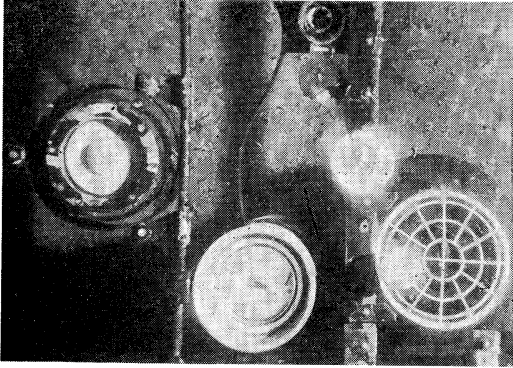


Fig. 8. An example of the recording film showing magnetic compass, timer, clinometer and measuring ball above the clinometer.

浅海において昭和41年8月17日13h30mより翌日9hまで30分ごとに測定を行なった。

Fig. 8 は得られた記録写真の1例で、左から方位計、タイマー、傾斜計、測定ボールが記録されている。海底は諸計器から約50cm離れているがその状況を充分観察できる程度に明瞭である。

Fig. 9 は記録から求めた流速および流向の時間変化を示したものである。測定ボールが15cm/sec以上の流速に対して軽過ぎたため、その偏位が大きく水中カメラの視野から外れて測定値が得られなかった部分がある。最下段に現場から約7km離れた網代港の潮汐の満干の時刻をHおよびLの記号で示してあるが、流速が大き過ぎて記録できなかった部分はそれらの中間の時刻に

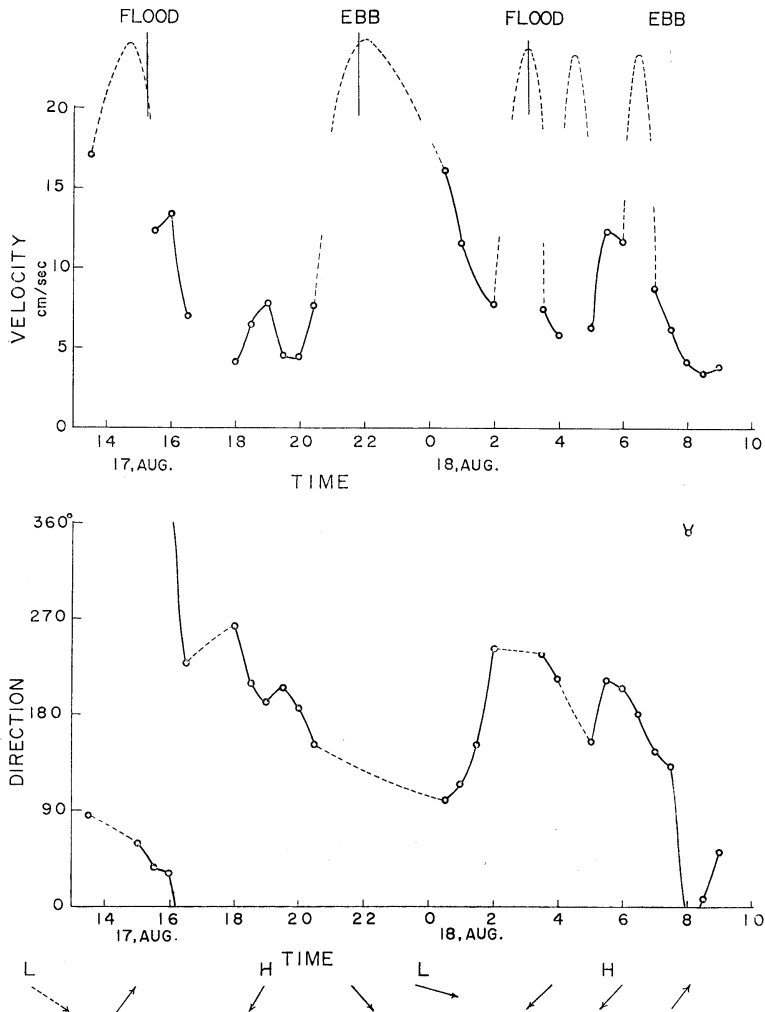


Fig. 9. Plots of variation of current velocity and direction every half an hour during twenty hours. Lacks of plot are due to too strong current which caused the light measuring ball to overrun the visual field of the camera.

ほぼ一致している。一般に潮汐波が定常波となって平均水位のとき最大の流速を示す沿岸や湾内の潮流の場合に一致していると言えないこともないが、測定海域は水深 200 m から 1,300 m に到る急斜面や初島に近く、海流の影響もあって流向は複雑である。満潮時にはおよそ 200° 干潮時には 100° をとっていると言えるが、流速が大きい LH の中間に近い 15 h 頃は 40°, 3 h 頃は 230° 方向でほとんど逆方向に流れ、HL の中間に近い 20 h 半頃は 150°, 9 h 頃は 55° で約 90° の差異がある。

13 h, 15 h, 16 h 半 3 回の表層流の測定結果は流速 15~20 cm/sec, 流向 45° を示し、その時刻における底層流の流向とはほぼ一致していた。

その後、海洋研究所の淡青丸を利用できる機会を得たので、鹿島灘東海村沖水深 1,310 m の地点 (36°23.4' N, 141°23.0' E) で約 20 時間の連続測定を行なった。

測定ボールの保持器が装置を吊り下げる途中で開いてボールを開放したためか、あるいは流速に対してボールの重量が小さ過ぎたためかは明らかでないが測定ボールが水中カメラの視野から外れて測定は失敗した。しかし海底に定着した茎状のベントスの流動によるなびき方向が時間の経過と共に変化している状態が明瞭に撮影された。Fig. 10 は 1 時間ごとに撮影された三つの一連の写真を示したものである。数個のベントスが見られるが、その内明瞭なる三つを選んでそのなびき方向を 9 月 14 日 14 h から翌日 10 h まで 1 時間ごとにプロットしたものが Fig. 11 である。

点線は三つのなびき方向の平均値を連ねたもので、14 h から 18 h まではおおよそ 70° 方向で大きな変化はないが 1 h 以後はやや右回りに回転している。18 h から 19 h までの 1 時間内に流向はおおよそ 180° も変化するが途中の記録がないので右回りか左回りかは不明である。その後 1 h までは 240° 方向を保ち、2 h 以後は順次左回りに回転し、10 h には 20 時間前の測定開始時のなびき方向に近づいている。現場から約 75 km 離れた小名浜港の潮汐の満干の時刻が最下段に H および L の記号で与えられている。この地点の如き外洋においては潮汐波は進行波と考えられ、HL の中間の時刻に潮流は止まり流向が変化するが 18 h から 19 h までの流向変化はこれと一致している。しかし、1 h と 7 h にはこのような変化は見られず左回りに順次方向を変えているのみである。

GEK による表層流の測定値の内、流向だけを同図にプロットしてある。表層および底層流の流向がおおよそ一致しているのは 15, 18 h 頃でその他は 80°~120° も異なり関連性を見出すことはできない。GEK の測得値のホドグラフから 76° 0.5 kt の海流の値が得られた。

この測定において、設置を終了後約 10 時間を経過した頃から風速 10~15 m のしけとなり水面ウキの流失と海底の装置の転倒が懸念されたが、20 時間の測定後無事に器材を回収することができた。10 時間に近い荒天と最大 2.4 kt にも及ぶ表層流があったにもかかわらず海底の装置は終始完全に海底に定着していたことが記録写真によって判明し、Fig. 3 に示した繫留装置が連続

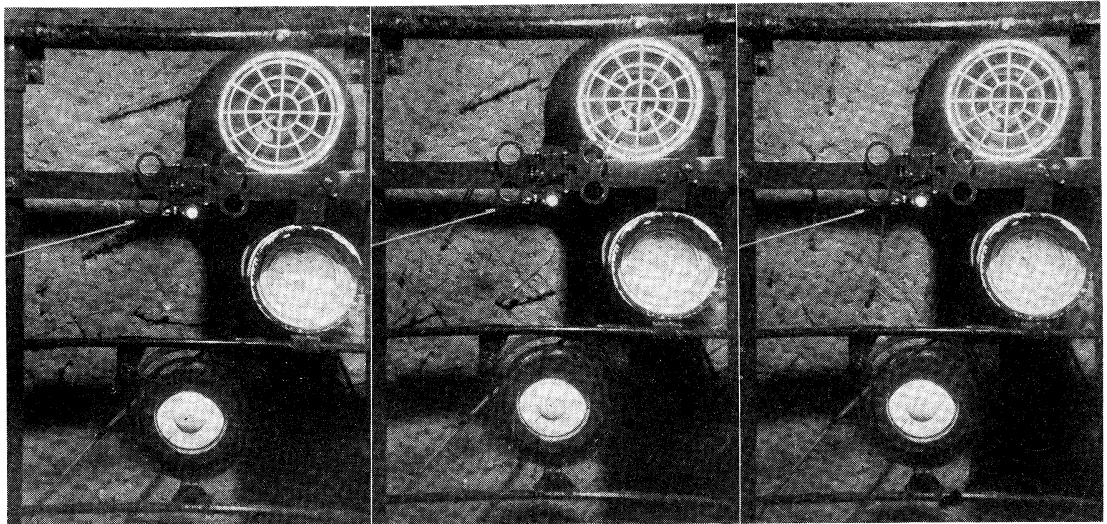


Fig. 10. Three photographs showing the hourly variation of lying direction of benthos caused by a bottom current at the depth of 1,310 m. Mean lying directions are 216° at three o'clock, 188° at four o'clock and 150° at five o'clock respectively.

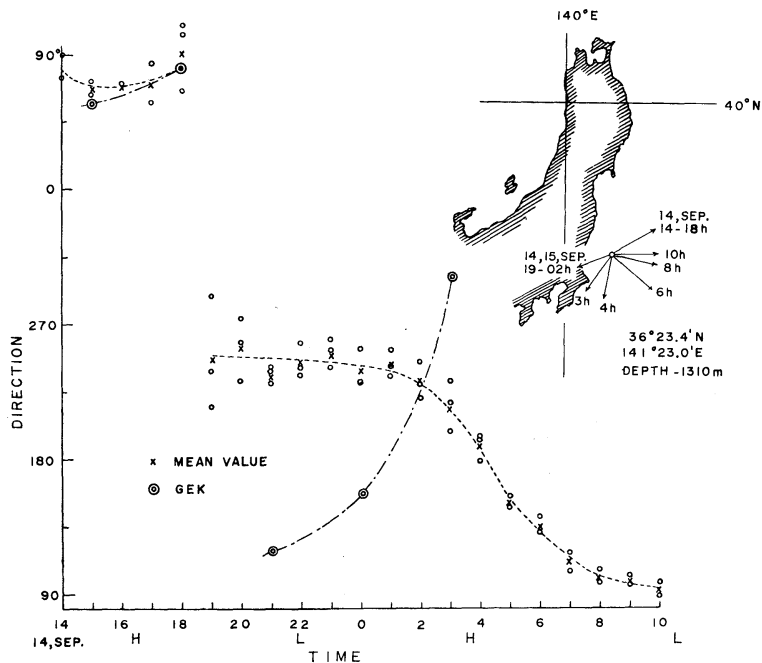


Fig. 11. Plot of variation of current direction with the lapse of time obtained from lying of benthos. The direction of surface current measured by means of GEK is also shown.

測定に有用であることを立証した。

文 献

- 1) 佐々木忠義, 渡辺精一 (1966): 深海底層流の測定について (II), うみ, 4 (1), 48-58.
- 2) P. B. STIMSON (1965): Synthetic-fiber deep-sea mooring cables: Their life expectancy and susceptibility to biological attack, Deep-Sea Res., 12, 1-8.
- 3) Richard L. HAEDRICH (1965): Identification of a deep-sea mooring-cable biter, Deep-Sea Res., 12, 773-776.

討 論

討論者 岩佐欽司 (水路部)

水路部においては、今まで深海の測流にはおもにエクマンメルツ流速計を用いた2器測流すなわち表面あるいは無流層と思われる800m以深の層との差によって深海の流れを求めていた。昭和35年頃音響式の中層流検流機を開発し、上層だけにエクマンメルツ流速計を用いるので短時間で測定できるようになった。しかし、いずれにしても短時間の観測であって連続測定は投錨しない限り困難である。只今の講演の如く深海の流動の長時間

連続測定が可能となり、しかも10cm/sec以下の遅い流速も求められるようになったのは喜ばしい。

1,000mの繫留方式の話があったが、われわれも種々繫留方式を経験しているので補足させて頂きたい。ナイロンロープの魚の咬み切りの被害については、日本においても最近相模湾平塚沖水深1,000mの地点に1トンのブイを防衛庁と共同で繫留したが、その際US-NAVYからもメンバーが参加していろいろ討論した。その結果錨から2~300mがナイロンロープ、それから上方は全部ステンレススチールワイヤーを用いた。そして咬み切り防止策としてナイロンロープをタールに浸して用い、10月25日以来異状なく繫留が続けられている。

お話の海底設置物の重量が70kgぐらいのときは、設置物を先に海中におろして行く方式でもよいと思われるが、重量が400kgあるいはそれ以上になると、洋上においてこれを先におろして行くことは非常に危険な作業である。ロープやワイヤーに作業員が引きずり込まれた例もある。対策としては最初に水面ブイを入れ、次に水中ブイを入れて船のドリフトのままにロープを繰り出し、最後に錨を落す方式を採っている。但し設置予定地点から幾分ずれることがある。

次に、水面ブイを繫留することは日本の沿岸海域にお

いては必ず漁業保償の対象となると考えられる。また、航行船舶の衝突、船のプロペラにロープがひっかかる問題などの難点がある。繫留方式はすくなくとも海面下 20 m ぐらいの水中ブイを用いることが最も安全で確実である。底曳漁業をやらない海域であれば漁業者との問題も生じない。

次に流速計の機械構造について言及するが、タイマー用時計としてトランジスター時計、テンプ時計その他各種のものがあるが最近われわれの長期連続観測用プロペラ式検流機には音叉時計を用い、広島湾で約 20 日間連続測定を行なって好結果を得ている。また、ケーブルコネクタにゴムを使用している由であるが、海水に長時間さらされた場合にはどうなるか。われわれは 4,5 か月間の経験はあるがそれ以上は未経験なので 1 年程度の長期観測をするような場合に支障が起きはしないかと懸念される。われわれも、1,300~2,000 m というような深い海域で繫留装置を用いて深さ方向の分布も測定したいし、リチャードソンのような方式で黒潮海域で水平方向に 5 点ぐらいの流速や水温の変化を適確に把握したいと考えている。

一般討論 座長 西村 実(漁船研)

西村：ロープその他の材料について、岩宮さんの御意見は。

岩宮(鶴見精機)：ステンレススチールワイヤーとナイロンロープの併用はいいことだと思う。また、ナイロンロープにタールを塗って咬み切りを防止するのも適切な方法だと思われる。ナイロンロープの伸びはわれわれのやっている曳航測機でも非常に大きいので、あらかじ

め伸びを考慮しておく必要がある。

岩佐(水路部)：ナイロンロープの伸びが永久性のものとなる場合があり、長さの決定に誤算を生じるので留意する必要がある。ナイロンに限らずポリプロピレン、クレモナなどすべて負荷と伸びの割合を考慮すべきである。

西村：高木さんに。ロープにフジツボが付着する問題が起るかどうか。300 m とか 1,000 m ぐらいの深さでも。

高木(東水大)：フジツボはどうだろうか。一度よごれてしまうと貝の卵が付いても脱落し易い。大体荒い面が問題になり、ロープの撚りの間に付くとしても深さが深いから沿岸性のフジツボは問題外だろう。

宇田(東水大)：最初の図で時間ゼロでは流速が大きく何分かたって落ち付いてゆくのがあったが、時間ゼロのプロットはどのようにして選んでいるか。そうとうな速さで流速計が海底にさがってゆくとすれば着底してからしばらくおいてからでないといけない。

答：流速計は着底してすぐに作動し始めるが、最初の 1 コマは露光しているので記録は 20 秒後から始まる。あのような記録が得られても最初の大きな変動をそのまま流動の値と考えるのは危いので、平均値をとってその場所の流速とする。

宇田：今までの経験ではエクマンメルツ流速計は始めは大分値が違って出るので、少し時間をおいてから測流を始める。先の図ではタイムゼロは後の方の 10 cm/sec のステディーのところ、角度では 50° ぐらいのところにとるべきであろう。

4. 深海海洋学研究の進歩発展とその動向

宇 田 道 隆*

Situation et problèmes actuels de l'océanographie de grand fond

Michitaka UDA

Résumé: L'auteur présente un aspect de la situation actuelle et quelques-uns des problèmes à résoudre de l'océanographie de grand fond, en passant en revue de nombreux résultats ou découvertes que l'on vient de parvenir par de nouveaux moyens de recherche dans le domaine des courants, tourbillons, masses d'eaux abyssaux. Il espère notamment que l'on élabore des théories des courants et contrecourants subsuperficiels, que l'on mesure directement les tourbillons et courants abyssaux beaucoup plus fréquemment et à des points beaucoup plus nombreux par de divers nouveaux appareils ou des appareils plus perfectionnés et que l'on met en lumière le mécanisme de la descente des eaux arctiques et antarctiques et le mécanisme de la formation des eaux profondes.

1. 結 言

前に「うみ」2(2), pp. 125-127 に報告(宇田: 深層流成層圏大循環の問題)以来 1966年5/6月モスクーの第2回国際海洋学会議, 同年8/9月, 第11回太平洋学術会議(東京)や Deep-Sea Research 等諸雑誌で発表された論文, 1966年9月13~16日サンチャゴでの「南極海洋学シンポジウム」(SCAR/SCOR/IAPO/IUBS)**などの資料に基づいて, 最近の世界的な深海海洋学的研究(主に物理的)について総述する。

日本では太平洋深層海流の実測(スワロー・フロートによる)に基づく研究総括が南日俊夫, 赤松英雄(1966), によりなされ, 日本海溝付近 1,000~3,000 m 深の南向流 1~15 cm/s が検出された。又, 理論的研究は須藤英雄(1965), 高野健三(1964), 吉田耕造(1965, 1967)などにより出されているが, ここには主に記述的海洋学のものをもとめた。

2. 新しい海洋構造の発見

(1) 西インド洋の層重, “幾重潮”。西独の新観測船 Meteor 号は 1965年1月北東季節風期の西インド洋アラビア海を観測して, 2,000 m 深までの水温, 塩分の成層状態を Bathysonde という新測器で測得し, 紅海から流出する “Red Sea Water” が厚さ 50 m ぐらいで水温逆転 1°C に達し薄いレンズ状の数層に及ぶ “幾重

潮”をなして水平に広がった高温高塩水層をあらわしていることを始めて明らかにした。G. DIETRICH, DÜRING, W. KRAUSE ら(キール大学海洋研究所)が研究し, A. DEFANT の舌状拡張水(地中海高塩水の大西洋流出)のモデルを使って論じている。米国にも S.T.D. があり, 今後このような測器の進歩によって新現象が続々解明せられるであろう。

(2) 南太平洋に南赤道逆流が 7°S~10°S に 6,000 km 以上も東行流をなして存在することが J. REID, Jr. (1959) によって報告されたが, 1963年南大西洋(5°~12.5°S)にも存在することが判った REID, 1964)。これの構造と成因が問題であり, 風だけでなく深層水の循環とも関連のあるものであろう。

(3) 北大西洋サルガツソー海で A.D. VOORIS (ウツホール海洋研究所)らが 1963年1月 26°N~29°N に東西に蛇行して 2,000 m 深まで明白なシオザカイ(水平的に 10 km に 1°C, 鉛直的に 100 m につき 1°C 差)が見出され(飛行機観測, 赤外線放射温度計による), 東行流 70 cm/sec. とされた。これは太平洋の亜熱帯収束(STC)研究に新しい示唆を与え中央水(高塩)形成機構などからみて重要な事実である。

(4) 赤道潜流 3大洋に流速の強弱の差, 風系に関連した変化, 高塩(S_{max})コアの存在など多少差はあるにせよ, 赤道潜流が発見され, それぞれの特色が明らかにされた。特にソ連ロモノゾフ号は大西洋赤道潜流を詳査して LOMONOSOV CURRENT と命名した。A. G.

* 東京水産大学 Tokyo University of Fisheries

** 資料を同会議出席の根本敬久博士の御好意で利用させて頂いたことを感謝する。

KOLENSNIKOV らによれば、同海流は幅 200~250 哩、断面は平たいレンズ状で最大厚さ赤道で 250m、西から東へ大西洋を横断 2,500~2,600 哩で、流軸はほぼ赤道上にあり、最大流速のコアは 100~150 m 深 (VAPNYAR による) 東方ほど浅くなり、厚さも減る。周年存在し、流向は安定している。流量は黒潮、ガルフストリームの半分ぐらい、塩分極大のコアは流速最大コアとほぼ一致し、高塩分水を西から東へ運んであり、ギニア湾に達する。インド洋でも赤道潜流は 1962 年発見せられた。コアの流速は太平洋 3 ノット余で最強、大西洋 2.4 ノットでこれに次ぎ、インド洋は冬季にみられ 1.2 ノット。

米国マイアミ大学 M. RINKEL も又 PILLSBURY 号、GERONIMO 号で 1963, 1964 年精測した結果を報告、赤道塩分極大コアがこの海流の指標であることを明らかにし、西阿距岸 60 マイル以内までその存在を追跡した。塩分コアでの流速は 10~15% の変動しかない一様性を示し、コア塩分は 1,800 マイル流路にわたり 0.03‰ 低下に過ぎぬ一定値を示した。コアは塩分 35.8‰ 等塩分線厚さで囲まれている。又、東独の A. Penck 号の観測ではギニア湾に入った同潜流が 15°30'W で塩分極大により二つに分れているとみられた。同号は STD 自記計を用い、塩分極大コアが流速極大コアの上方にあるとした。

(5) 東西境界流下の潜流 すでに California Undercurrent, Peru Undercurrent など東部境界流下の潜流は向極性 (Poleward) を示し、西部境界流下の潜流はガルフストリームの下方で J.A. KNAUSS, L. WORTHINGTON, SWALLOW らによりひょろひょろと底近くまで達するガルフストリームの西方の大陸斜面に南向 (向赤道性 Equatorward) 潜流が見出され、5~15 cm/sec 程度の流速で、流量は $55 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度とされている。

日本近海で前記南日、赤松 (1966) は日本海溝付近 1,000~3,000 m 深南向流 1~15 cm/sec を検知している。佐々木忠義 (1965) は 4,000~4,300 m 深で 2~3 cm/sec の底層流を測っている。亜寒帯中層水の存在する 300~1,000 m 深の流れをもっとよく知りたい。類推が許されるなら、Canary Current, Benguela Current, West Australian Current の下方の潜流に向極性が見出される可能性がある。

(6) 亜寒帯中層水 ($S_{\min.}$) について、最近 J. REID, Jr. (1965) がその水塊形成と運動を詳論し、盛冬の北西太平洋高緯度での 200 m 以深の対流的転倒 (Overturn) でなしに、高緯度の密度躍層をぬける鉛直混合により形成され、さらに南下拡延については横混合作用を重視し

た。すなわち高緯度表層水が直接に低緯度中層水の形成に貢献するものでないとした。REID は 1966 年 1 月 20 日~4 月 1 日米国スクリップス海洋研究所の Argo 号で 40°N 以北 180° 以西の水域、千島列島、カムチャッカ南東水域を観測し、冬季の親潮域の強い季節風による地衡的輸送量を推算して議論を進めた。

ソ連学士院 V. I. COOKSA (1966) も同じ問題を論じて 8 月、2 月現場密度 σ_t 26.75, 27.28 の等高線図からその面上の水温塩分を調べ、塩分極小のコアは一般に σ_t 26.75 面と一致することを示し、 σ_t 27.28 面は南太平洋の $S_{\min.}$ 層コアと一致するとした。彼はこの機構を i) 移流 ii) 大規模水平拡散プロセスによるが、ii) の効果が地衡流循環系で大きいとしている。筆者は移流効果が明らかに $S_{\min.}$ 地形図に基づいて認められることを力説し、親潮潜流を説いてきた。最近、丸茂隆三、大森信、古橋など諸博士の深海曳網により亜寒帯系プランクトンの親潮潜流 (5 cm/sec ぐらいの流速と推定) 輸送によると思われる分布を日本南海 25°N 以北に発見されたのは一つの力強い傍証であり、また南日、赤松、増沢、二谷ら諸氏の深層流実測結果もこれを裏書するものとみられる。横混合だけではとうてい説明できず、強い横混合は流れなしにはあり得ない。又、形成起源については冬季 Argo 号観測がオホーツク海内でごく短期の静穏海況時に行なわれ、対流混合の実状を把握したものとは言い得ず、今後ブイ測点ロボット観測が決定のため必要である。

3. 深海底強流の証

(1) Bruce C. HEEZEN, B. GLASS, H. W. MENARD (1966), Deep-Sea Research, 13, pp. 445-458 によれば、西赤道太平洋のマニヒキ海台 60 km² の南部頂上域 2,400~3,000 m 深の周りは 5,500 m の深みであるが、その頂上海台に約 1 km 厚さの堆積物 (有孔虫軟泥) に漣痕があり、水中カメラでみると、頂上部東面の有孔虫砂とマンガン小塊、丸石が分布、有孔虫砂テストから多分底流は 15 cm/sec 以上 (MENARD 1952, HEEZEN ら 1964) なることが海底写真から推測された。特異海底地形の平頂海山、海底峡谷頭の測流が重要であり、Turbidity Current, Deep Sea Tides, 津浪等の Transient Current のためであるか問題である。

南氷洋のベリングハウゼン海盆、スコチア海での写真撮影 (漣痕等) もまた強い底層流の証拠をみせている。ポテンシャル温度 (海底) の分布もまたロス海起源の底冷水がベリングハウゼン海盆に流れこみ、南西太平洋に向う相当強い流れを示している。ウエツデル海からのよ

り強力により冷たい底層流は明らかにスコチア・アーク周辺を洗って南大西洋に流入するとみられる (B. HEZEN, M. THARP, C.D. HOLLISTER, 1966)。

南極洋においても高緯度冬季底層水の表層で形成はまだ充分よく調べられていない。ロス海などでも $70^{\circ}\sim 75^{\circ}\text{S}$ に起るとみられている。

(2) 船直循環流の実態

W.H. MUNK (Deep-Sea Research, 1966) に最近海洋物理学の見地から深海大循環に対する批判的研究を行ない、平均鉛直流 1.4 cm/日 を求めている。多くの化学者がアイソトープなどを利用して、混合、大循環、滞在時間などを盛んに論じている (例えば Sr 90 からサルガツソ海 100 m 深の水温躍層を通る水の動きが 20°N 以南より数倍はやい)。鉛直混合だけ考えて移流項を省いた式での計算では実際と合わないものと考えられる。とにかく、地衡流計算や、コア水塊解析、水塊追跡などでやると $2\sim 3\text{ cm/sec}$ ぐらいの流れが多いのに、スワローのフロートで深層流を計ったり、水中カメラで海底の状況を見ると、どうも $10\sim 20\text{ cm/sec}$ の流れも深層に起ることは珍しくないし、今まで考えられていたより数倍強い流れとみられる。物理、化学、生物 (プランクトン輸送など)、地質を併せた総合的研究が要望される。

最近、寺本俊彦博士の開発した超音波流速計で三角点を次々鉛直観測 (できるだけ同時に) 行なって連続の式から鉛直流 w を出す方法を提案したい。潮汐的内波影響などを避けるために 26 時間を 3 点 3 隻で連続測流と同時に T, S, O_2 , P, N, プランクトン (底質), サンプルング実測するとよい。黒潮異常冷水域や、親潮潜流想定の日本海溝斜面の鳥島南東方など key area で実施が望ましい。

(3) 熊海の乱過流

アウスタウシ $A_u, A_v, \frac{\mu}{\rho}$ も実測から確定できよう。逆に渦度, $\frac{\mu}{\rho} A_u, A_v$ を実測できれば流れが出せる。米国では渦度 (Vorticity) の実測を、自由に浮いたスワロー型中立浮きの鉛直軸の周りの回転運動を記録して行なう方法が考案された。深海渦度計は新しい幾多の事実を教えるであろう。

4. 南極洋底層水

(1) Hakon MOSBY (1934, 1966) は W. BRENECKE (1921) の考え (主因は陸棚海域表面の水の形成にあるとする) に賛同し、バレンツ海でも F. NANSEN (1912) の指摘した通り、氷の形成で海水塩分が増加し 200 m 以深に均質水塊を生ずるもので、この底層水は結

氷点に対応する温度をもち、陸棚から斜面に沿って深海に沈降するに十分な重さ (密度) になるためには少くとも 34.62% の塩分に達しなければならないことを知り、深層水 (0.5°C , 34.68%) と混合して底層水が形成されるとし、Weddel Sea が大部分の底層水形成の場所とされて来た。N. P. FOFONOF (1958) は結氷陸棚水塩分 34.63% の水は暖かい深層水 (0.6°C , 34.7%) と混合してより重い水になるが、 34.51% の水では軽い混合水を生ずるのみだとした。そして陸棚水はそれ自身の混合水で沈下を阻止されることになる。すなわち、臨界塩分は 34.63% である。 34.63% 以上の塩分で急に沈降して数千 m 深に達し底層水を作る。ソ連 Ob 号の観測によると、ロス海域でも陸棚上で均質水が底深 (200 m , 又は $300\sim 400\text{ m}$ 深) に達する。ジブラルタル海峡を越える地中海水 (高塩高密度、大西洋水より $\Delta\rho=0.001$ 多い) は高速で強力な底層流をなして河流のように流出する。その傾斜面 $\alpha=0.01$ とし、流速 80 cm/sec と計算された。これがジブラルタル底層流に当る。

(2) ソ連レニングラード海洋気象研究所の L. N. KUZNETSOVA (1966) は極海の秋冬冷却、対流混合、鉛直流、形成を日高の方法で IGY データを用いて計算し深層水の北極海対流、貫入最大深度 $1,100\text{ m}$, 南極海で $1,300\text{ m}$ と推算した。しかし、特別な寒冷気象年には大規模な対流、異常な熱移譲が起り、好適塩構造に応じて盛んな対流が発達するものとした。すなわち、最大対流深度圏 (Zones with max. depth of convection) が G.L. DEACON, H.V. SVERDRUP, H. MOSBY の言ったように深層水形成域と一致し、底に達する対流も実現する。溶在 O_2 との関係や深層水年齢の問題も調和的に解釈されるべきははずである。すなわち J. REID や COOKSA の研究はまだ楯の一面のみをみたものに過ぎない。

5. 上昇流と気象擾乱

風成湧昇については相当調べられているが、台風、ハリケーンの如き旋回性猛風の海況に及ぼす影響については日高、彦坂など若干の理論的研究があるのみで、これまで観測は極めて乏しかったが、最近この問題を米、ソで意欲的に取り上げ、困難なしかも最も興味ある問題にチャレンジしている。

(1) 台風の湧昇効果 W. Redwood WRIGHT 台風シャーレイの通過前後の黒潮水温構造を 1965 年 9 月 BT 観測し、前 1 週間、後 24 時間以内の値を比べると最大冷却 2.5°C は台風眼直下で起っていた。混合層の深度 $5\sim 10\text{ m}$ 増加にすぎず、台風眼沖合側は $20\sim 25\text{ m}$ 湧昇を示し、台風湧昇冷却範囲は 20 哩以内で、大した

ことはなかった。

(2) ところが, R. E. STEVENSON, D. F. LEIPPER (テキサス農工大) の Alaminos 号でメキシコ湾北部陸棚水を 1965 年 9 月 8 日ハリケーン Betzy 通過前 (8 月下旬) と通過 (9 月 8 日) 直後 9 月中旬観測を比べると水温に大差があり, $2^{\circ}\sim 3^{\circ}\text{C}$ 低下し, 眼の東西 130 km 著低温, 水温躍層 40~90 m 降下をみた。

(3) ソ連モスコウ大学 S. S. LAPPO は海流に及ぼす気圧擾乱影響を調べ, 移動性低気圧で流速振動 1,500 m 深まで追跡できるほどだとし, 振動周期は 10 時間~10 日で振幅 50 cm/sec に上るとした。そして気圧海流を考え, 5×10^7 cm のサイズの低気圧で水平乱流 5×10^8 cm²/sec とした。

(4) W. B. Mc ALLISTER (オレゴン大学) はアラスカ湾で 1,000 m 深より上方への湧昇輸送を 10×10^8 m³/sec と求めた。

とにかく, 台風や持続的な旋流による湧昇効果は著しく 1,000 m 以上の深海にも影響を及ぼすものとみられる。パイロポット観測を台風にも耐える施設により行なえば, これらの問題を明らかに解くことができよう。

6. 結 び

2, 3, 4, 5 とも新しい測器, 新しい方法と観測設計によって, 深海海洋学研究的躍進をもたらしたものである。日本近海には幾多の解かるべき大きな問題がころがっており, 以上の諸研究はそれぞれわれわれに大きな示唆を与えてくれる。各専門分野の協力による総合的研究努力が要請される。

文 献

- (1) 宇田道隆 (1965): 深層流成層圏大循環の問題 日仏海洋学会誌, うみ, 第 2 巻, 第 2 号, 125-132.
- (2) 南日俊夫, 赤松英雄 (1966): 日本海溝付近の深層流測定 (英文). 日本海洋学会誌, 22 (4), 154-160.
- (3) Joseph. REID, Jr. (1965): Intermediate Waters of the Pacific Ocean. 後略.

討 論

討論者 高野健三 (東大・海洋研)

非常に深い海底での観測により, 時々, 大きな流速が得られることがある。そういう流れの存在を, 理論から説明するのは易しくない。もし, 混濁流が, 一部の人が

考えているように, 終始, いろいろな場所で起きているとすれば, 混濁流に伴う一時的な強い流れを, 偶々測定するということもあり得るだろう。しかし, 混濁流の存在に疑問を抱く人もあり, この点を明らかにするためには, まず, 堆積物の力学的性質の測定, それも実験室に資料を持ち帰ってではなく, 海底の現場での測定を行なう必要がある。

中層水, 深層水, 底層水の動きの経路については, 既に, 種々の図が描かれているが, 実測では全く確かめられていない。離れた 2 点で, T-S ダイアグラムが同じ形だからといって, その 2 点間に水の往来があるとは限らず, あるとしても, その経路は, 一般には分らない。

中層以下の水の大規模な運動は不明であるが, 表層での大循環の大体の様子は, かなり以前から知られている。しかし, 現在の理論は, いろいろな仮定を設けて単純にした大循環を, かりうじてとり扱えるようになったばかりの段階で, たとえば, 表層の大循環が, 主に風によって生じているのか, 又は, 赤道と極での海水の暖り方の違いによって生じているのかということも明らかではない。今後は, 大型計算機による数値解析に頼らなければ, 現実に即した大循環の理論, あるいは, 日本近海での海流理論の発展は望めない。海洋学における数値解析の水準は, 他の学問の分野に比べて低く, 又, 日本の海洋学での水準は, 他の国の海洋学での水準に比べて, 高くない。計算機が高速大型になり, 計算の規模が大型になると, 一個人が単独で行なう仕事には, あまり大きな期待がかけられないと思われる。

一般討論 座長 岩下光男 (東海大・海洋)

宇田 (東水大): 一言補足する。亜寒帯中層水——親潮潜流と呼ばれるが, ——が日本近くで潜って行く速さは, これまでは, 中立ちで 1,000~3,000 m の深さで測られている。塩分極小の深さの分布から考えて, 200~1,000 m の深さで測ってほしいと思う。

新野 (東水大): HEEZEN が, 海底堆積物から深層の流れを求めた方法は, 方法自体は完全であるが, 地質学的には問題があり, 堆積物の年代や, 堆積物がどこから運ばれて来たかという点を明らかにしないで, 深層流を正しく推定することはできない。今回の黒潮調査に底質を組み入れて頂いたことは, 黒潮本体の解明に役立つ。底質による流れの推定や, 底質内の化石, 石英, 長石の観察, 混濁流との関連の研究などは, 現在の海洋地質学の一つの傾向である。

5. 陸上の段丘と海底地形

土 隆 一*

Terrasse sur la terre et topographie du fond

Ryuichi TSUCHI

Résumé: Le golfe de Suruga et les côtes d'Enshunada à la région de Tokai servent de bons exemples pour montrer la relation entre la terrasse sur la terre et la topographie du fond de mer. L'auteur décrit l'histoire géologique de ces côtes. La structure géologique et la topographie du fond à l'ouest du golfe de Suruga suggèrent que la pente du plateau continental dans ces régions a été formée au quaternaire.

陸上の海岸地方に発達する段丘が、海底地形の何れかに続くのではないかという考えは古くからあった。大陸棚面は、かつて、日本島の撓曲を考えることによって南関東の高位段丘面である多摩面に対比された(矢部, 1929; 大塚, 1930)が、今日その形成は洪積世末の氷河性海面変化 Glacial eustasy に起因するという見方が強い。また、大陸斜面については、その勾配が、隣接する陸上山地の投影断面にほぼ一致することから、浸蝕を受ける以前の陸上山地が、海面上昇によって海面下に没したものであろうという考えが出されている(星野・岩淵, 1966)。

陸上の段丘と海底地形を対比する確実な証拠を得ることは実際のところなかなか難しい。

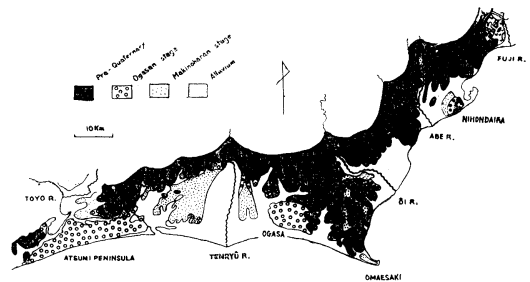
筆者は、最近までの調査の結果、東海地方の段丘群について、その地質学的特徴をかなり明らかにすることができたが、これらの段丘群がこの地方沿岸の海底地形とどのような関連があるか、ここに若干の考察を試みる。

1. 東海地方の段丘群

東海地方海岸一帯には、段丘が丘陵状ないし、台地形をなして広く発達し、高位・中位・低位の3群に大きく分けられるが、特に高位段丘と中位段丘は広い面積を占めて分布する。高位段丘は丘陵性の地形をなしかつての段丘面はほとんど開析されてしまっているが、残された平頂尾根を連ねることによって段丘面を復元することができる。これに対して、中位段丘は“洪積台地”と呼

ばれるように、広く平坦な台地面をつくり、開析もはるかに少なく、段丘面がよく保存されている。高位段丘は小笠山丘陵、天伯原台地などで代表され、中位段丘は牧ノ原台地、日本平などで代表される。これらの段丘堆積物は、この地方の大河川に由来する礫層が大部分を占めるが、その厚さは高位段丘で50~160 m、中位段丘で50 mに達し、かつ、しばしば海成層をはさみ、河口ないし海浜成の堆積物で、全体として海浸期の堆積をあらわしている。つまり、段丘堆積物の基底面は海面低下時の谷底面、段丘面は海面上昇時の氾濫原面すなわち、かつての沖積海岸平野面をあらわすと考えてよい。

筆者は、洪積世を古い方から曾我、小笠、牧ノ原、長者原の4期にわけ高位・中位段丘堆積物の生成した時代を、それぞれ小笠期、牧ノ原期と呼んでいるが、牧ノ原期段丘面の形成は、現在の沖積海岸平野面をつくった海面上昇の1時代前の大きな海面上昇という点から、南関東の下末吉(段丘)面に対応し、Riss-Würm 間氷期と考えている。したがって、小笠期はさらにそれより1時代前の海面上昇期をあらわすことになる。

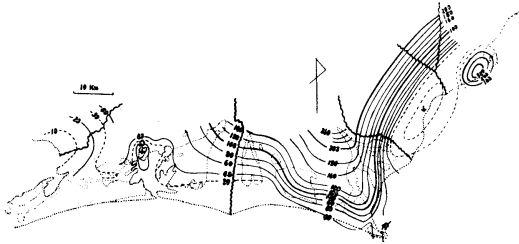


第1図 東海地方の高位(小笠)段丘, 中位(牧ノ原)段丘と平野の分布。

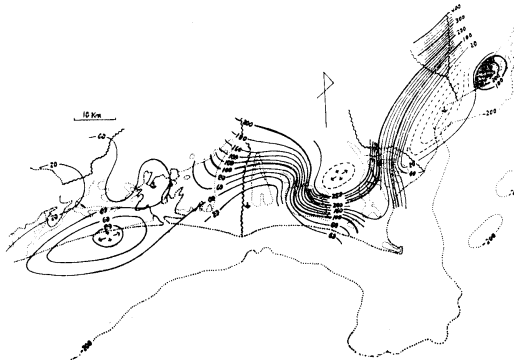
* 静岡大学理学部 Faculty of Science, Shizuoka University, Shizuoka

2. 段丘面の変位と海底地形

高位・中位段丘面が形成後どのように変位しているかを調べるために、これら段丘面の等高線をスムーズに連ねてつくったのが第2図 A, Bである。小笠期・牧ノ原期の段丘面がそれぞれ、かつての沖積海岸平野面であることを考えるならば、いかに大きく変位しているかがよくわかるし、この等高線は等変位線または等隆起線に近いものをあらわすと考えてよい。



第2図A 中位(牧ノ原)段丘面の等高線。単位 m。牧ノ原面の形成後の等変位線をあらわすと考えてよい。



第2図B 高位(小笠)段丘面の等高線および海底等深線。単位 m。等高線は小笠面の形成後の等変位線をあらわすと考えてよい。

この二つの図からこの地方の第四紀地殻変動を考えてみると、雁行する NE-SW 性の短軸波曲とほぼそれに直交する御前崎半島方向の軸をもった NW-SE 性の曲隆を読みとることができる。しかも、小笠期の変位は牧ノ原期にも同じ傾向で続いていること、渥美半島、小笠山、日本平であらわされるように、波曲の隆起部は東へゆくほど軸の向きは北へずれ、かつ、波曲の度合が強まっていることなどが示されている。なお、基盤の新第三系のしゅう曲構造との関係は、軸の方向は一致しているが、褶曲がそのままの形で第四紀へ続いているとは考えにくい。

ところで、このような段丘面の変位が海底地形とどのような関連があるかを考えてみよう。そこで、まず、牧ノ原(期段丘)面の変位を見ると、等変位線の形は現在の海岸線の輪郭にきわめてよく一致していることに気づく。このことは、現在のこの地方の海岸地形が牧ノ原面形成後の変位の影響を強く受けていることを示している。言いかえれば、現在の海岸線の概形は、もちろん小笠期以降の地殻変動も関係するとはいえ、牧ノ原期以降の地殻運動によっておよそ決定されたと考えてよい。

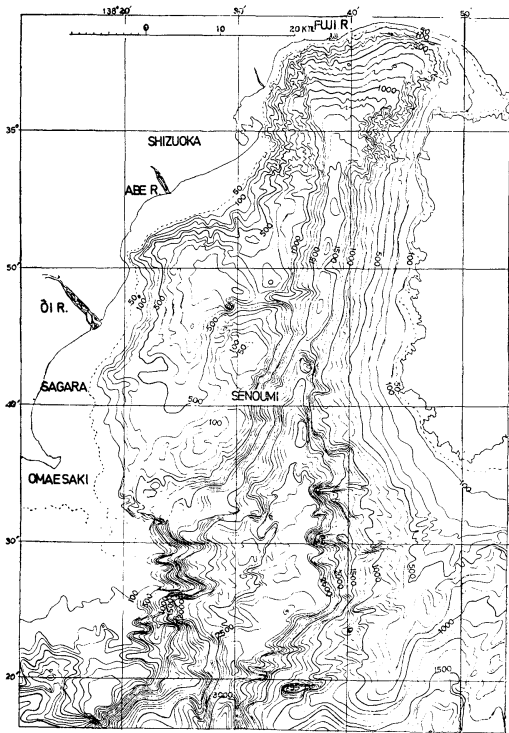
次に、小笠面の変位を見ると、その等変位線の輪郭は大陸棚外縁の地形的輪郭にほぼ一致しているように見える。すなわち、小笠面の隆起部あるいは突出部では大陸棚の幅が広く、沈降部あるいは湾入部では幅が狭くなっていて、きわめてよく対応する。このことは、小笠面の変位がこの地方の大陸斜面上部の地形と密接な関連をもっていることを暗示している。つまり、大陸斜面は小笠面の続きであるか、あるいは、その前後の近い時期に形成されたと考えてもよさそうである。

次に、大陸棚面は駿河湾の西部では外縁の水深は 90 m 前後、遠州灘側では御前崎南方の幅広いところで外縁水深 200 m、渥美半島沖の幅広いところで 300 m に達するが、そのほかは 120~160 m 前後の水深である。第2図Bには 200 m の等深線しか画かれてないが、大陸棚の幅については大よその傾向はこれで代表してもさしつかえない。ところで、もし、小笠面が大陸斜面上部に続くとするならば、大陸棚面は小笠面を截ることになり、その形成は明らかに小笠期より新しいということになる。

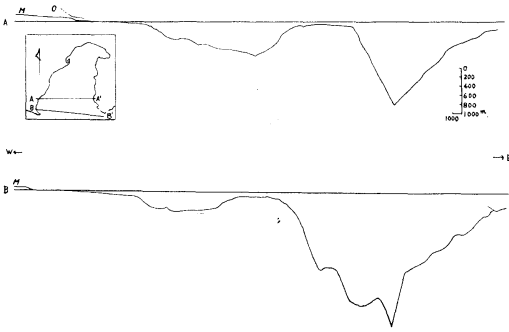
3. “石花海”^{せのうみ} 堆とその周辺の地形・地質

駿河湾のほぼ中央、相良の沖合には、深さ 600 m 以上に達する盆地状の凹所を距てて、“石花海”と呼ばれる堆がある。最浅所は 32 m であるが、頂部は平均 75 m 深の広い平坦面をなし、断面図で見ると頂部が截られた地形を示す。水深からみて、おそらく Würm 氷期末の海面低下によって頂部が波蝕されたのであろう。堆の底質についてはすでに新野(1933)、星野(1952)の詳しい研究があるが、筆者も淡青丸によって若干の調査を試みた。

堆の上には礫がのっているが、採集されたものを見ると、最大径 15 cm の礫を含む亜角礫・亜円礫で、分級も悪く、明らかに河成礫と考えてよさそうである。その組成は砂岩、頁岩が主で大井川系河川に由来すると思われるが、なかにごく少しではあるが、Gabbro, Diorite など安倍川系の要素が認められ、礫径から見ても、今日



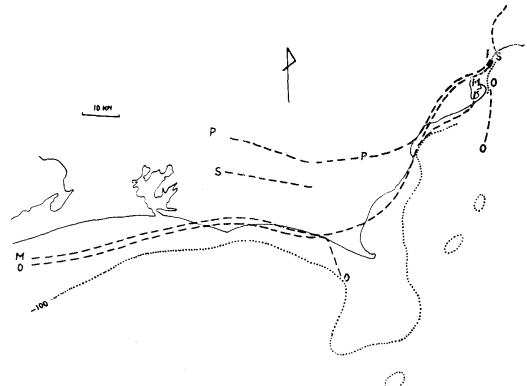
第3図 駿河湾の等深線図。



第4図 駿河湾周辺の地形断面図。海底地形は淡青丸の音測記録によって作成した。陸上は高位段丘面(O)と中位段丘面(M)を画いてある。

の安倍川または大井川の河口部のような堆積環境を想わせる。これらの川は現在河口まで多量の礫を運び、その付近の礫径は最大 25 cm に達する。そうだとするならば、礫の堆積当時この辺は大井川および安倍川の氾濫原の末端であったわけで、礫がここへ運ばれてくるためには、海岸との間の凹所がそれ以後に形成されたとしか考えられない。

それでは、堆上に見られる礫はどの時代のものである

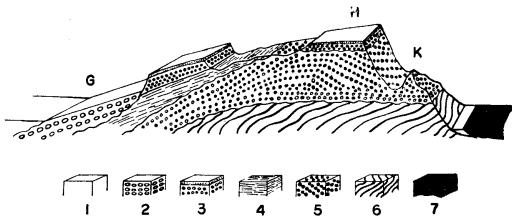


P: 鮮新世, S: 曾我期 (洪積世初期), O: 小笠期, M: 牧ノ原期 (R-W 間氷期)

第5図 各時代の海岸線推定図。

うか。海面低下期ならばどの時代でも運ばれてくる可能性はある。しかし、堆の頂部は形成後に截られたように見られるので、本来、礫は厚く堆積していたと思われる。そこで、高海面期でもこのあたりにまで礫が運ばれ得る時期があったかどうか検討してみよう。第5図は鮮新世以後の各時代の高海面期の海岸線を推定したものである。この図を見ると、小笠期には駿河湾から御前崎沖にかけて、現在より陸地ははるかに広がっていたようでこの時期は“せのうみ”付近が海岸であった可能性がある。礫の粒度、堆積条件などの点からも、曾我期と牧ノ原以降は考えにくく、堆上に見られる礫は小笠期のものとするのがもっとも妥当と思われる。もしこの対比が正しければ、盆地状の凹地形は小笠期以降につくられたことになる。

次に、この盆地状の凹地形はどのようにして形成されたのであろうか。一つの考えとして、小笠期の直後に大陸棚外縁付近が断層または撓曲によって落ちこむようになったのかも知れない。もう一つの考えとして、先にこの地方の大陸斜面上部は小笠面に続く可能性を述べたが、この盆地地形も、また、堆そのものも小笠面の波曲のあらわれとしてはどうであろうか。凹所の両翼、すなわち、相良沖の大陸斜面の傾斜、堆の西側斜面の傾斜はそれぞれ 7° 前後である。小笠面の傾斜も第2図Bに見られるようになりに著しく、御前崎半島では 3° 前後であるが、より東方の静岡の日本平丘陵では牧ノ原面の傾斜でさえ 7° に達する。したがって、盆地状凹地や堆の斜面程度の傾きならば、小笠面のもっとも東寄りの波曲として考えられぬことではない。また、“せのうみ”堆が小笠面の曲隆したものであるならば、その基盤は主



G: 草薙, H: 日本平 (標高 300m), K: 久能山
1: 沖積層, 2: 国吉田礫層 (長者原期), 3: 小鹿礫層 (牧ノ原期), 4: 草薙泥層 (牧ノ原期), 5: 久能山礫層 (小笠期), 6: 根古屋泥層 (曾我期), 7: 駿河湾

第6図 日本平丘陵の模式的断面構造。

として第四系でつくられているにちがいない。幸にも、堆の東側斜面でドレッジにより基盤を採取できたが、それは軟弱な塊状シルト岩で、含まれる化石有孔虫には現在のところ第三紀を指示するものは見出せなかった*。見かけの岩質も、日本平丘陵の基盤をつくる洪積世初期の根古屋層によく似ている。これらのことから、筆者は盆地状の凹地や堆の地形は小笠面の延長であろうと予想している。

4. ま と め

筆者はこの論文において、陸上の段丘と海底地形の関係について、東海地方の御前崎半島周辺を例にとり、この地方の高位段丘面 (小笠面) が大陸斜面上部に続くのではないかということ、駿河湾に見られる“せのうみ”堆やそれと大陸棚との間の盆地状の凹地形も小笠面の延長であって、この地方の第四紀の波曲のあらわれではないかということ、したがって大陸棚面は小笠期より後の形成と考えられることなど、幾つかの予想を述べた。この推定を確実にするには海底の地質構造に関する資料がもう少し必要と思っている。しかし、大陸斜面は広大であり、地域によって色々な地質学的特徴をもち、そこには多くの色々な地形が見られる。それらのうち、どこまでが高位段丘の延長として説明できるか今後検討していきたい。海岸地方の段丘面はかつての沖積平野であり、また、それに続く海岸や浅海底であり、その延長がどのような地形をなしていたか、また、それらが現在どのように変位しているかなど、沿岸の海底地質構造の調査と密接に関連づけながら各地の段丘の研究を進める必要がある。

あとがき: 最近、奈須紀幸博士らと共にスパーカーを

* 内尾高保博士の御教示による

使ってこの付近の海底地質構造の調査を行なった。その結果、盆地状凹所から堆にかけては、地質構造は海底地形に平行しているように見られること、堆の頂部は截られていることなどが明らかとなった。詳しくは別の機会に述べる。

文 献

- 星野通平 (1952): 駿河湾の底質: 水路要報 88, 230-238.
星野通平・岩淵義郎 (1966): 大陸斜面の地形について. 東海大海紀要 1, 37-49.
新野 弘 (1934): 駿河湾「瀬ノ海」の底質. 水産講習所報告, 29, 56-75.
大塚弥之助 (1930): “Geological Age of the Latest Continental Stage of the Japanese Islands” を読み. 地質雑, 37, 175-178.
YABE, H. (1929): Geological Age of the Latest Continental Stage of Japanese Islands. Proc. Imp. Acad., 5.

討 論

討論者 本座栄一 (東大・海洋研)

ただ今、駿河湾および遠州灘付近の陸上における段丘面の形成に関して地殻運動に伴う大陸棚およびその付近の海底地形の構造運動との関連性について興味ある研究成果を話された。

大陸棚は平均して7分というゆるやかな傾斜をもっている。大陸棚表面には陸に見られると同様な段丘や海谷などの起伏が見られる。堆積物が岸から隔たるにつれて鈎粒化するといった普遍的な現象は見られない。また、基盤の露出や礫の分布なども陸棚の外半分が多いと言われている。

大河のデルタが陸ほう端を越えて成長しつつあるものも見られるが、多くのものは陸ほうの内側に位置している。陸ほうの幅と陸ほう端の水深とは無関係であるという意見と相関関係が見られるという意見があるが、これは大陸棚の成因に関連した問題であり、日本近海においては星野さんが言われるように相関関係のあるものもないものがある。また、大陸棚地質構造の上から大陸の性格をもっている。この大陸棚の成因に関しては幾つかの考えがあるが、まず第1に大きな問題は第四紀の氷河の消長時における海面変動の侵食面であること、第2には大陸棚が大陸斜面の形成と関連して構造学的変動を受けて今日の形になった。陸からのエラスティックセダイメ

ンテーションによって、その面が大陸棚を形成するということである。また実際にはこういうものが二つないし三つが合成されたものが、今日の大陸棚を構成することも考えられる。しかしながらいかなる形で構成されたにしても第四紀の氷河の消長時における海面変動が大きな影響力をもってこの成因に関与したことは疑いない事実だと思う。従って大陸棚は第四紀に特徴的な海底地形だという考え方になる。

次に陸上に分布する海岸段丘ないし河岸段丘といったものに関しては近年多数の研究があり、少くともヴェルム氷期最末期以降のことに 대해서는いろいろ判明してきた。しかし、古い時代に形成された段丘はその後の地殻変動または堆積が進んで、その研究が困難のようである。日本近海の海底地形からも海底段丘と思われるものについて述べたものがあるが、それによると大陸棚上に海底段丘が大きく分けて2段見られるものと3段見られるものがある。これらの段丘と陸上における段丘との対比が試みられているが、海洋における調査の困難さに伴いはっきりしたことはわからない。大陸棚および大陸斜面の成因に関しては地形学上ないしは地質学上の問題を総合的に解決しなければならない。特に日本近海にはあまりないが、大陸ではそのデルタの前面堆積物が大陸棚とそれに続く大陸斜面を構成しているという例もある。(スライドの説明省略)

一般討論 座長 新野 弘 (東水大)

新野: 日本近海全般にわたる大陸棚の構造、それと地形についてのお話があり地質と海底地形に関連するおもしろい問題が提示された。世界的に見て海底地形特に大陸棚の地形に関しては、陸上のそれに近似した地形と堆積物があるために地球全体としての海洋の海面の動きに関する研究が盛んで、これは最初の土さんのお話にもあったし、後の本座さんのお話にもあったとおり地形だけで海底の地形を直ちに結ぶという古い形式の地形論では海洋と陸面の比較はできないということがはっきりしたと思う。これについて特に駿河湾の研究に造りかけの深い星野さんに意見をうかがいたい。

星野 (東海大): 意見ではなく質問がある。土さんとうかがいたい。一つはあそこは断層の通る所だと思うが海底の地形あるいは陸上の地形に関して断層は全く関与していないか?

答: 陸上では特に大きな断層は認められない。小規

模な断層は見られることがある。駿河湾の中央を通っている海溝状の深い谷地形については断層を考えた方がよいかもしいれないが、それを陸上にもってゆけばおそらく富士山の西側になるわけだ。

星野: さっき大陸棚の幅と地殻の動きについて言われたが、ごく簡単に言うと大陸棚の狭い所というのは大井川の沖にしる天竜川の沖にしる何か谷の入った所だと思うが。

答: そういう狭い所に谷が入ったのではないか? 谷のところで確かに狭くなっている。

星野: 谷の方が後でできたか?

答: 証拠不十分だが関連している。全体としては確かに幅が狭くなっている所に第四紀の地殻変動のくぼみがありそこに谷ができています。

星野: 大陸棚は非常に新しい地形だと思う。どちらが先か後かになると現地形はもともと狭かったのではないか?

答: 大陸棚は後で、大陸斜面の地形というのが小笠原時代につながるというふうに考える。

宇田 (東水大): 大きな断層があってそれから地下のマグマの対流から考えたとき、重力、磁力、熱流など測定して力学的に手がかりをつかめないか? 大西洋やインド洋にセントラルリッジというものがあるが磁力が大きく熱流が高い所に該当していることがわかったようだ。

新野: ただ今の宇田さんのお説は海洋学的なみかたで、これについては多くの論文がある。日本海の大和堆周辺の熱流の研究にも似た例がある。本日の問題は陸上段丘と海底地形といっても極小的なことをとり扱っているので、少くとも大陸棚および斜面付近についてはむしろリージョナルの変化、星野さんの質問にあった断層運動とも大きな関係があるので、その点了解願いたい。もちろん熱流、マグネは必要で地球内部との直接の関係だが、大陸棚ではもっと大きいものに打ち消される機会が大きい。

新野: 日本近海の大陸棚の面上を調べると、先の例にあった常磐付近ではしゅう状の海岸線に平行したかなり深い浅瀬が見られるが、これは北海道沿岸でも同様である。海底地形と陸上段丘は互に関連があるが、ただ今の討論でもはっきりしないように、これからあらゆる面で研究していかなければならない。

総 合 討 論

座長 淵 秀隆 (気象庁)

淵: 今日は生物, 化学, 物理, 地質という非常に広い分野にわたるお話をうかがった。今まで述べられた一つ分野とそれに関連する分野の御意見を, また全分野に関連するものがあればそれについてもうかがいたい。

今年の夏, 太平洋学術会議の際に観測船のオープンハウスをやり, ソ連とアメリカの船を見て日本は測定器械が貧弱で, 観測データも非常に少ないことを知った。われわれは海洋の資料の不足というところに力を注がないと, 立派な理論も検証できない。また, 新しい理論をたてるにしても材料不足では困るのではないかと考えている。データ処理についても日本では遅れている。アメリカの船メアリースピルはサーミスターチェンを装備して, 250 m まで水温の連続記録がとれ, しかも等温線がすぐ引かれて出るという追跡装置も付いている。

最近では世界的に船が2,000トン以上の大形船になり各分野の観測を同時に行なうようになってきた。宇田さんが話されたメテオール号にしても物理, 化学, 生物, 地質, 地球物理, 気象, その他ドイツでは造船も入り七つの分野で観測している。今度できたソ連のコースチャコフは6,800トンで18ノット出るが宇宙線まで考えて, 上から深海まで観測をすることになっている。

来年は海洋研の3,200トン, 水産庁の3,200トン, 海上保安庁の2,000トンもできるし, その次には海上保安庁の2,000トン, 防衛庁の1,500トンの海洋専門船ができる。それぞれの分野があり非常にむずかしいと思うがお互に話し合って協力して観測を行ない多くのデータを得たい。

新野 (東水大): 多くの調査を行なうことは結構だが反対の考え方があり, たとえば黒潮調査なりなんんりの時に専門船を1隻つくりこれで順次に各分野の調査を行なうという考え方もある。

淵: 私の口がたりなかったが, アメリカのメアリースピルはサーミスターチェンの専門船である。スクリップスのアゴーは, 今年アリュेशनを出て函館に入ったが, これは物理専門で観測し, 函館からは地質班が乗り込んでいる。こういうやり方もあると思う。

佐々木 (忠) (東水大): 東海大学で新船ができ, 非常に特色をもっているようだが岩下さんからお話を願いたい。

岩下 (東海大): 630トンの船を今建造中である。先ほどお話を聞いていると, 2,000トン, 3,000トン級の船が続々とできるようだ。船ができるのは良いとしても何か測器開発が非常に遅れているような気がする。船の建造計画を立てても金さえあれば船はできるが, どのような測器を装備しようかとなると, 日本では購入しようと思っても適切な新しいものができていない。私共としてもせっかく新しい船を作ったのだから, できるだけデータ解析や連続記録や連続観測をやろうと考えているが現状では外国で開発されているものを購入する以外に道はない。

私共の小船でできるだけ多くの学生を乗せて海洋観測訓練をやろうというので, 630トンに対して90名の学生が乗れるベッドを作っており, 研究調査員10名, 船員24名, 合計124名もの多くの人員を乗船させる計画である。研究室は物理関係, 計測関係が一つ, それに生物, 化学, 地質と四つの研究室があり, 学生があまり乗らない時には学生居室が研究室に早変わりする。始めコンテナ方式で設備を研究目的に応じて積み換えることを考えたが日本の造船法規などからむずかしい問題がある。

星野 (東海大): 今, 岩下さんが船ができて測器ができないと言われたが, もっと根本の問題で測器ができて人がいなければどうにもならないという問題があると思う。高野さんが言われたように, 日本での海洋学はかなり古くしかも環境からいって世界的に便利な所にある。何か世界をリードするような理論が出ないのはどこかに欠陥があるのではないかと。直接関係があるかどうかわからないが, たとえば高等学校の地学の中で海洋の部は非常に虐待されている事実がある。根本的なことを海洋学者が考えた方が良いのではないかと。

淵: 総理府に海洋科学技術審議会があり, 学校教育から施設にわたりいろいろ計画をたてている。われわれとしては皆でこれを推進するように答申している。

宇田 (東水大): インド洋の海洋調査ではサリノメーターが使われたり基礎生産等新しくいろいろなことが始まり, インターキャリブレーションが行なわれた。新たに日本でも船が大きくなり, この機会に測器とか観測方法が飛躍的な進歩をとげることが望しく, 今のお話にあったようにこれから新しくできる船は装備にそれぞれ特長をもっていたきたい。

淵: 人工衛星の利用ではもし予算が通れば来年私の

方で赤外線チャンネルを受けて、北太平洋の表面水温の図ができるのではないかと準備している。

宇田: ユネスコから出ているIMSのレターの最近号の2冊に世界中のメーカーとそれぞれの製品名が全部出ていて、主な日本のメーカーの名前とその製品名も出ているので御参考までにお伝えする。

淵: 岩下さんの言われる測器が入らないというのはどういう測器か?

岩下: 暗中模索だが良いのがあったら御推薦願いたい。

淵: 気象のゼネラルサーキュレーションと海洋のゼネラルサーキュレーションのインターアクションは是非やりたいと思う。

むすび (佐々木忠義)

主催者として御挨拶申し上げます。本日は皆様方には年末で何かとお忙しいところを多数お集り下され、講演者、討論者、座長をしていただいた方々並びに御聴講下さった方々により、終始熱心に御討論下され非常に意義深いシンポジウムの集りをもつことができました。

た。

本日は約80名の方々が御参加下され、その内訳をちょっと見たのですが、約20の機関の方々に分れ、非常にバラエティーのある分野の方々がお集り下さったわけです。

ただ今をもって第6回の深海研究に関するシンポジウムを無事終るわけですが、ふり返ってみますと、第1回を開催いたしましたのはちょうど7年前、と申しますのはどういう関係だか忘れましたが、途中で1回とぎれました。しかし、そのほかは毎年12月上旬を期しまして深海研究のシンポジウムを行なっております。来年、さ来年と更に引き続いて行なうわけですが、年と共に盛大になり、内容も充実してきております。今の総合討論うかがいますと、測器の問題もありますし、研究体制の問題もあるというわけで、もし皆様の方で是非必要であるという御意見があれば、年2回開催してもいっこうさしつかえありません。更に皆様方の積極的な御意見を適当な機会に承って、ますます発展的方向に進めたいと考えております。今後共なにとぞよろしく御協力をお願いいたします。

文 献 紹 介

П. Л. БЕЗРУКОВ, А. Я. КРЫЛОВ, В. И. ЧЕРНЫШЕВА

ПЕТРОГРАФИЯ И АБСОЛЮТНЫЙ ВОЗРАСТ БАЗАЛЬТОВ СО ДНА ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА (印度洋底の玄武岩の岩石記載と絶対年代)

ОКЕАНОЛОГИЯ Т. 4, ВЫП. 2, 261~266, 1966.

大洋底の火山岩の化学成分や噴出時期の問題は、非常に興味ぶかい。というのは、これを解明することによって、大洋底での火成活動の条件や、火成活動と大洋底の地質構造の関連性や、地球の歴史のさまざまな時期における火成活動の規模などが、はっきりするからである。

最近、海底の火山岩の研究は新しい段階に入っている。その第1は、以前に予想されていたよりも、多くの海底から火山岩が発見され、今後も任意の深さからサンプルを採集することができるほど、技術的な手段が進歩しているからである。第2に、ENGEL, ENGEL (1962, 1964, 1965)の研究が示すように、大洋島の特徴であるアルカリ玄武岩は、海洋底ではそれほど優勢ではなく、逆にカリの低いソーレイト玄武岩が多いということである。しかし、今のところ、大洋底の噴出岩の化学成分・絶対年代のデータが非常に少いので、新しいデータは注目に値するのである。

既に、ソビエト連邦科学アカデミーの海洋研究所の観測船ピチャーズ号は、印度洋底に塩基性火山岩が広く

分布していることを明らかにしている(БЕЗРУКОВ, 1961, 1962, 1963)。また、アラビヤ-印度山脈から、蛇紋岩が採集され(ЧЕРНЫШЕВА・БЕЗРУКОВ, 1966)、印度洋の中央山脈からは、超塩基性岩が発見されている(УДИНЦЕВ・ЧЕРНЫШЕВА, 1965)。今回ここで報告する火山岩は、カンラン石玄武岩・ソーレイト玄武岩、そして玄武岩ガラスである。

採集された玄武岩の中から4個が選ばれ、化学分析が行なわれた(第1表)。

サンプルA: 鉄マンガン of 外皮を伴う泡状の玄武岩である。ガラス化された石基のなかに普通輝石、カンラン石・斜長石の斑晶がある。輝石は粒状結晶をなし、 $N_p - N_p = 0.035$, $C: N_p = 46^\circ$, $2V = 60^\circ$ 。カンラン石はほとんどがイデイング石に置き換えられている。

サンプルB: 斑状組織をもつ玄武岩である。ガラス化され石基の中に、斜長石、単斜輝石、カンラン石の斑晶が散在する。カンラン石は緑泥石鉱物に置き換えられている。サンプルが小さかったために、絶対年代の測定に成功しなかった。

サンプルC: サンプルの表面は、鉄とマンガンの酸化物でおおわれている。斑状組織で特徴づけられる。石基の火山ガラスは、1.585 という屈折率をもつ。斑晶には斜長石、単斜輝石、カンラン石がある。

サンプルD: 玄武岩ガラスのサンプルである。褐色の火山ガラスのなかに、微細な斜長石、カンラン石、輝石の結晶がある。

第1表からわかるように、サンプルBとサンプルCは類似した化学成分をもち、カリの含有量が低く、ソーレイト玄武岩の特徴を示す。サンプルAとサンプルDは、カリの含有量が高い。サンプルAは、 SiO_2 , CaO , MgO の含有量が低く、 Fe_2O_3 , MnO_2 , H_2O^+ , H_2O^- の含有量が高いことで特徴づけられ、著しい二次的な変化があったことを物語っている。サンプルDは、 TiO_2 ,

第1表 玄武岩の化学成分。

	A	B	C	D
SiO_2	31.64	49.10	50.36	48.36
TiO_2	0.33	1.51	1.52	2.58
Al_2O_3	11.53	16.80	16.38	12.97
Fe_2O_3	10.50	2.85	3.54	2.04
FeO	—	6.95	5.32	9.34
MnO	—	0.25	0.24	0.22
MnO_2	17.58	—	—	—
MgO	1.35	7.19	7.09	10.30
CaO	2.34	11.35	12.21	8.78
Na_2O	3.71	2.63	2.55	3.09
K_2O	3.00	0.20	0.40	1.32
H_2O^+	6.32	0.60	0.54	0.97
H_2O^-	10.26	0.54	0.35	0.16
計	98.84	99.97	100.50	100.13

K₂O, Na₂O などの含量から推察するとアルカリ玄武岩である。

K-Ar 法によって玄武岩の絶対年代を決定した。測定結果は第 2 表に示してある。

第 2 表 印度洋底の玄武岩の絶対年代。

	51 m.y.	60 m.y.	63 m.y.
A			
D	55 m.y.		

この表から明らかなように、サンプルの絶対年代は、実際にはほとんど同じである。というのは、岩石の保存条件がさまざまであったのだから、分散する数字は誤差の範囲にあるといえよう。すべての玄武岩の絶対年代は

約 60 m.y. であり、Eocene ということができる。

以上のことから、印度洋底の玄武岩の年代は、印度半島のデカン高原の玄武岩の年代に近いことが明らかになった。絶対年代が測定された玄武岩の採集地点は、おたがいにかなりはなれており、また印度半島からもはるかに離れている。にもかかわらず、きわめて類似した絶対年代を示すということは、古第三紀の火山活動は印度洋底においても広い範囲にわたって行なわれたということである。印度洋底での古第三紀玄武岩の存在ということは、ここでのより古い火山岩やより新しい火山岩の産出の可能性を排除するものではない。

(東海大学海洋学部 青木 斌)

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПАРОВОЙ ВОДЫ МОРСКИХ ИЛУВ

A. С. МАРЧЕНКО

СОВЕТСКАЯ ГЕОЛОГИЯ Т. 9, ВЫЛ 4, 155~156, 1966.

(海底軟泥中の間隙水の化学組成)

飽和粘性土、特に海底軟泥層の間隙水の化学組成の研究は少ない。これは飽和粘土層から自然状態のまま、直接に間隙水を採取することが困難なためである。

よく知られているように、間隙水の化学組成は土の中でおこる物理・化学的過程に影響を与える。粘性土を電

気化学的に改良強化する際、間隙水の化学組成を知ることには特に大切である。

1964 年黒海計画局は大地下鉄トンネル計画局と共同して、イリイチョフ港の繫船場の一つに作る上屋(うわや)の基礎地盤になる海底軟泥の圧密工事を行なった。

表

試料採取地	陽 イ オ ン						陰 イ オ ン	
	K ⁺ +Na ⁺		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Cl ⁻	
	mg/l	mg-eq/l	mg/l	mg-eq/l	mg/l	mg-eq/l	mg/l	mg-eq/l
泊 地	5250.0	227.20	206.0	10.30	624.0	51.10	9380.0	264.0
ドレーン No. 169	8390.0	363.80	421.0	21.05	1017.0	83.15	15500.0	436.5
ドレーン No. 114	9320.0	403.70	176.0	8.80	1301.0	166.40	17400.0	485.0

試料採取地	陰 イ オ ン				硬 度		CO ₂ mg/l	pH	蒸発残渣 mg/l
	SO ₄ ⁻⁻		HCO ₃ ⁻		一 般 mg-eq/l	炭酸塩 mg-eq/l			
	mg/l	mg-eq/l	mg/l	mg-eq/l					
泊 地	1148.0	23.00	49.0	0.80	61.40	0.80	18.0	8.1	16410.0
ドレーン No. 169	1161.0	24.30	372.0	6.10	104.20	6.10	49.0	7.4	26510.0
ドレーン No. 114	628.0	13.10	1060.0	17.40	115.20	17.40	150.0	1.5	28683.0

軟泥の圧縮は、直径 426 mm、長さ 20 m のサンド・ドレーンと、その上に作った高さ 10 m の砂堤の重量によって行なった。サンド・ドレーンは 3.5 m×3.5 m 四方のピッチでうった。ドレーン効果を点検するため、ドレーン柱の中のいくつかを選び、間隙水の流出の測定を行なった。試験ドレーン・ボーリング孔はパーカッション法で掘削し、内径 406 mm のケーシングをおろしていった。予定深度 (20 m) に達したら、中粒純粹砂を満しケーシングを引き抜いた。この時、砂はドレーン柱を形成し孔内に残る。ケーシングは完全には引き抜かず、一部土の中に残し、砂堤から若干上に出るようにした。軟泥の中にケーシングは 2.0~2.5 m 入っている。こうすることによって、一方では通常の海水がドレーンの中に入ることを防げるし、他方では砂柱 (ドレーン柱) と軟泥の間に静水圧が発生し、ドレーンの中に四方から間隙

水が集まり、ケーシング中を間隙水だけ上昇させることができるのである。

ドレーンの中は海水不純物を含まない間隙水だけであるということは、観測ドレーンから採集したものと、泊地の海水との化学組成が相違していることからわかる。

化学分析の結果は表にしめす通りである。間隙水は海水に比して塩分濃度が約 1.5 倍あり、また一般的硬度も炭酸塩硬度も大きい。その上間隙水中には Cl と HCO₃ が著しく多く、また遊離炭酸ガスも多い。これらのことは、軟泥の中で有機質の酸化 (腐敗) が強く進んでいることをしめしている。

パリメールの分類によると、この海水は「海水および塩湖」にあたり、間隙水は「風化殻中の水」にあたる。

(東海大学海洋学部 大草重康)

録 事

1. 昭和41年12月2日、理化学研究所において昭和42年度第1回学会賞受賞候補者推薦委員会が開かれた。委員の互選により委員長に新野委員が選ばれた。

2. 12月6日、日仏会館会議室において理化学研究所海洋物理研究室、日本海洋学会、日本学術振興会深海研究委員会、東海大学海洋学部および本学会共催で「第6回深海研究に関するシンポジウム」が開かれた。話題および話題提供者は次の通りである。1) 深海底曳網漁獲物の系群解析について—高木和徳・池ノ上宏(東水大)、2) 海洋における安定同位体の二、三の問題—堀部純男(東大海洋研)、3) 深海底層流の連続測定について—佐々木忠義(東水大、理研)・渡辺精一(理研)、4) 深海海洋学研究の進歩発展とその動向—宇田道隆(東水大)、5) 陸上の段丘と海底地形—土 隆一(静岡大)。

午後1時より8時まで、約80名の出席者を得て、各話題に対して活発な討論が行なわれ盛会であった。

3. 12月22日、理化学研究所において第2回学会賞受賞候補者推薦委員会が開かれた。慎重審議の結果、委員会は鬼頭正隆氏(気象庁)を受賞候補者として推薦することに決定し、推薦理由を付けて会長に報告することにした。

4. 学会賞規定第5項に基づき、評議員による投票の結果、昭和42年度の実賞者は鬼頭正隆氏に決定した。

5. 昭和42年1月24日、理化学研究所において編集委員会が開かれ第5巻第1号の編集を行なった。

6. 下記の諸氏が入会された。

氏 名	所 属	紹 介 者
山 本 孝 一	株式会社ナック	佐々木忠義
伊 藤 憊	水産資源保護協会	〃
酒 包 敏 次	東海大・海洋	〃
小 出 五 郎	NHK科学産業部	〃
岩 佐 欽 司	水路部	〃
桜 井 紀 朗	日本鉄道建設公団	〃
藤 井 泰 司	山口県外海水試	〃
大 草 重 康	東海大・海洋	星野通平
岩 井 保	京大・農・水産	川上太左英
飯 塚 昭 二	長崎大・水産	柴田恵司
瀬 川 爾 朗	東大・海洋研	高野健三

新入賛助会員

会 社 名	住 所	紹 介 者
KK光電製作所	東京都品川区大崎 2-10-45	佐々木忠義
日本ダイビング ス ポ ー ツ	神戸市兵庫区神田町3	〃

7. 下記の諸氏が退会された。

福富孝治(北大・理)、平野敏行(東水大)、柏田研一(鹿大・水産)、相川吉徳(東水大)

8. 会員の住所、所属の変更

氏 名	新住所または新所属
奈須 敬二	中央区勝どき 5-5-1 東海区水産研究所
イーヴ・ド ・ムクシー	港区麻布 4-11-44 フランス大使館
山城 宏之	港区西新橋 1-4-10 第3森ビル 日営総合設計KK
佐伯 和昭	4 AO, Cité Unverstaire des Garçons Chemin du Bassin 13 Marseille (14 ^e), France
根本 敬久	中野区栄町通 1-28 東京大学海洋研究所
日本テトラ ポッドKK	港区新橋 2-1-3 新橋富士ビル9階

9. 交換図書として下記の刊行物を受領した。

- 1) 国立科学博物館研究報告, 9 (1~4), 1966.
- 2) 広島大学水畜産学部紀要, 6 (1), 1965.
- 3) 東京大学海洋研究所業績集, 3, 1964; 4, 1965.
- 4) 農業土木試験場年報, 39 年度, 40 年度.
- 5) 農業土木試験場技報, D(水産土木), 第1号, 1965.
- 6) 農業土木試験場報告, 第4号, 1966.

10. 寄贈図書

- 1) 東海大学海洋学部業績集, 40 年度.
- 2) 航海, 第24号, 1966.
- 3) 日仏理工科会誌, 10, 1966.
- 4) 日仏医学, 11 (1), 1966.
- 5) 湖沼研究所報告集, 昭和40年度.
- 6) Revue des travaux de l'institut des pêches maritimes, Tome XXX, 1966.
- 7) Science et pêche, N° 144, N° 149, N° 150, 1966.

日仏海洋学会役員

顧問 ルネ・カピタン ユベール・ブロッシェ
 ジャン・デルサルト

名誉会長 ジャック・ローベル

会長 佐々木忠義

常任幹事 大柴五八郎, 永田 正, 村上 脩

幹事 今村 豊, 岩下光男, 川口守一, 神田献二,
 菊地真一, 高野健三, 高木和徳, 西村 実,
 松尾邦之助, 丸茂隆三, 溝口哲夫, 山中鷹之助

監事 高山重嶺, 三宅泰雄

評議員 赤松英雄, 阿部友三郎, 阿部宗明, 新崎盛敏
 池松政人, 石井一美, 石野 誠, 市村俊英, 井上直一
 井上 実, 今井丈夫, 今村 豊, 入江春彦, 岩崎秀人
 岩下光男, 岩田憲幸, 上野福三, 宇田道隆, 内田清一郎
 宇野 寛, 江上不二夫, 大内正夫, 大久保 勲, 大島
 泰雄, 大柴五八郎, 大村秀雄, 岡部史郎, 小沢敬次郎
 小野弘平, 梶浦欣二郎, 金谷太郎, 川合英夫, 川上太
 左英, 川村輝良, 川村文三郎, 川口守一, 川原田 裕
 神田献二, 菊地真一, 鬼頭正隆, 木村喜之助, 草下孝
 也, 楠 宏, 国司秀明, 黒木敏郎, 黒沼勝蔵, 久保伊
 津男, 小林 博, 小牧勇蔵, 近藤 仁, 西条八束, 齋

藤泰一, 齋藤行正, 坂本市太郎, 佐々木忠義, 佐々木
 幸康, 猿橋勝子, 椎野秀雄, 柴田恵司, 下村敏正, 庄
 司大太郎, 末広恭雄, 杉浦吉雄, 須藤英雄, 関根 隆
 高野健三, 高橋淳雄, 高山重嶺, 高木和徳, 田畑忠司
 田村 保, 千葉卓夫, 辻田時美, 土屋靖彦, 寺本俊彦
 富永政英, 鳥居鉄也, 中井甚二郎, 中野猿人, 永田 正
 永田 豊, 永野泰一, 奈須敬二, 奈須紀幸, 南日俊夫
 新野 弘, 西村 実, 新田忠雄, 根本敬久, 野村 正
 花岡 資, 速水頌一郎, 半沢正男, 半谷高久, 菱田耕
 造, 日比谷 京, 檜山義夫, 平野敏行, 深沢文雄, 福島
 久雄, 淵 秀隆, 藤田龜太郎, 星野通平, 増沢譲太郎
 松江吉行, 松尾邦之助, 松崎卓一, 松平近義, 松平康
 男, 丸茂隆三, 溝口哲夫, 三宅泰雄, 宮崎千博, 宮崎
 正衛, 向井正幸, 村上 脩, 元田 茂, 森川光郎, 森
 田良美, 森安茂雄, 安井 正, 矢部 博, 山路 勇,
 山中鷹之助, 山中 一, 依田啓二, 渡辺貫太郎, 渡辺
 精一, 渡辺信雄 (50音順)

モーリス・アンコントル, アンドレ・ユービー, マル
 セル・ジュクラリウス, ビェール・ルイ・ブラン, イ
 ーヴ・ド・ムクシー, ロジェ・ベリカ, ビェール・サ
 ン・ルー

訂 正 表

う み 第4巻 第4号

ページ	行	誤	正
263	左下より 16	Africa	Arctic
"	右 Table 3 中	S. scrppsae-type	S. scrippsae-type
278	左欄外	Researc Chenter	Research Center
290	右下より 13	水草で,	文章で,

書 評

Précis d'hydrologie

marine et continentale

André Guilcher

Masson & C^{ie}, 1965

アンドレ・ギルシェル著 “海と陸の水文学概論”

hydrologie の訳は、“水文学”とすることに昨年きまったと聞いてゐる。本書の表題には、“海と陸の”といふ形容詞がついてゐる。Larousse によると hydrologie は、水の力学的、物理的、化学的性質を論ずる自然科学であり、hydrologie marine (海の水文学) は、最も狭い意味での océanographie (海洋学) と同義である (広い意味での海洋学には、海の動物、植物の研究が含まれ、更に水産や航海の研究までが含まれることもある)。hydrologie に似た hydrographie の方は、海水と淡水に関する地理学の一分野であり、海岸や海底の形、海の深さ、海水、潮汐、海流等をも扱ふ、とある。hydrologie continentale (陸の水文学) は、河川水文学、農業水文学、森林水文学など、陸水の水文学の総称であらう。

第二次世界大戦後、水文学は著しく進歩したが、同時に、専門が細く分れて、研究者が他の分野の進歩を追って行くことが段々難しくなってきた。概論書は、いろいろな分野を瞥見出来て便利であるが、最近の研究成果を広く、深く載せると、部厚になって、手軽には読めなくなる。そこで、本書は、地理学の研究者に、理論や観測の結果に重点をおいて簡単に最近の水文学を紹介し、水文学への興味をそそらうとしてゐる。したがって、本文 377 頁は、現象の叙述にあてられ、数式、方程式の類は全然ないと云ってよく、観測の方法や測器の説明も最小限度にとどめてゐる。各章の終りに、いはば大項目別に参考文献をあげて、研究の便をはかつてゐる。フランスの本だから、フランス人をはじめ、ヨーロッパ人の研究が多く引用されてゐるのは当然であるが、ソ連での研究が数多く挙げられてゐるのが目立つ。残念なのは、参考文献の配列が悪くて見にくいことと、海の水文学の部分に限って云へば、その選び方が玉石混淆の気配もあって、必ずしも適切ではないことであるが、利用の便を損ふ程

ではない。筆者は、パリ大学文学部の地理学の教授で、専門は海岸地形である。海岸地形の専門家が、水文学全般にわたって、これだけの本 (量では、本文 389 頁、図 217 枚、写真 8 葉) を書くには相当な努力を要するだらう。

地中海と大西洋の間の水の交換については、数年来いろいろな観測が行はれてゐるが、本書は、これまでに得られた結果を詳しく紹介してをり、本文 1953 年に北海沿岸を襲った高潮についても、かなり詳しい説明がある。

本書の三分の一あまりは、湖沼と河川の水文学に割かれてをり、陸水、海水を総括して、しかも陸水に、この程度の重みをおいて論じた本はすくないと思はれる。海洋学の研究者も、陸水について、この位の知識を持つことが望しいらしい。著者は地理学者だから、説明も地理学的であって、工学又は物理学の立場からではない。それで、土木工学の面から見れば、多小不満な点があるかも知れない。ほぼ同じことが、海の水文学の部分についても云へるわけである。

折りこみ図が 2 枚あって、2 枚とも、一頁分だけ空白をとってあるので、図を展いたままで、本文を読むことも、図を眺めることも出来て、親切な作り方である。表紙は黒い布に金文字をかぶせた立派な装本である。同じ頃に出版された Lacombe の Cours d'océanographie physique も、特別な型の上質紙を使った二段組の高価な本である。序文によれば、本書は地理学者を対象としてゐるが、地理学者ではなくても一読の値打ちはある。しかし、それにしても、フランスやフランス連合には、もともと水文学の研究者や学生は多くはないし、又他の国にもフランス語を楽に読める人がすくないことを思ふと、労作といふ感じが益々強くなる。日本語か英語で書かれてゐたら私達には有益だった。

(高野健三)

賛 助 会 員 (50音順)

- 井 出 利 明
 伊 藤 精 機 株 式 会 社
 小 樽 舶 用 電 機 株 式 会 社
 海 上 電 機 株 式 会 社
 神 野 潜 水 工 業 株 式 会 社
 暁 東 電 子 株 式 会 社
 協 同 低 温 工 業 株 式 会 社
 株 式 会 社 協 和 産 業
 協 和 商 工 株 式 会 社
 小 松 川 化 工 機 株 式 会 社
 株 式 会 社 光 電 製 作 所
 小 山 康 三
 株 式 会 社 産 研
 三 信 船 舶 電 具 株 式 会 社
 三 洋 水 路 測 量 株 式 会 社
 芝 電 気 株 式 会 社
 シュナイダー財団極東駐在事務所
 昭 和 電 装 株 式 会 社
 ソ ニ ー 株 式 会 社
 大 洋 電 機 株 式 会 社
 株 式 会 社 泰 和 電 器
 株 式 会 社 鶴 見 精 機 工 作 所
 帝 国 酸 素 株 式 会 社
 東 京 工 材 株 式 会 社
 株 式 会 社 東 京 本 山 商 会
 東 芝 機 械 株 式 会 社 研 究 所
 株 式 会 社 東 邦 電 探
 日 本 ア ク ア ラ ン グ 株 式 会 社
 日 本 海 事 広 報 協 会 海 の 世 界 編 集 部
 有 限 会 社 日 本 ダ イ ビ ン グ ス ポ ー ツ
 日 本 テ ト ラ ボ ッ ド 株 式 会 社
 日 本 無 線 株 式 会 社
 舶 用 電 球 株 式 会 社
 有 限 会 社 ハ ラ グ 電 機 製 作 所
 ヒ エ ン 電 工 株 式 会 社
 富 士 真 珠 株 式 会 社
 フ ラ ン ス 物 産 株 式 会 社
 古 野 電 気 株 式 会 社
 陽 明 紙 業 株 式 会 社
 株 式 会 社 吉 田 製 作 所
 吉 野 計 器 製 作 所
 理 研 ビ ニ ー ル 工 業 株 式 会 社
 株 式 会 社 離 合 社
 株 式 会 社 渡 部 計 器 製 作 所
- 釧路市白金町 11
 東京都千代田区神田神保町 1-65 共益ビル
 小樽市色内町 1-20
 東京都千代田区神田錦町 1-19
 大阪府泉南郡岬町深日
 東京都港区芝新橋 1-30 新幸ビル
 東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル
 石巻市門脇九軒町 84
 東京都豊島区目白4丁目 24-1
 東京都江戸川区西小松川 1-2645
 東京都品川区大崎 2-10-45
 東京都千代田区神田司町 2-11 英和印刷社
 沼津市千本郷林 1907
 東京都千代田区神田司町 1-23
 東京都港区新橋 5-23-7 三栄ビル
 東京都千代田区内幸町 2-20 日比谷会館ビル
 東京都港区琴平町 38 日本ガス協会ビル
 高松市福岡町 467
 東京都品川区北品川 6-351
 東京都千代田区神田錦町 3-16
 東京都港区芝茸手町 7
 横浜市鶴見区鶴見町 1506
 神戸市兵庫区高松町 22-1
 東京都中央区築地 4-2 築三ビル
 東京都豊島区池袋 5-225
 沼津市大岡 7068-3
 東京都杉並区上高井戸 5-327
 東京都豊島区巢鴨 6-1344 大塚ビル
 東京都港区琴平町 35 船舶振興ビル
 神戸市兵庫区神田町 3
 東京都港区新橋 2-1-3 新橋富士ビル
 東京都港区芝桜川町 25 第五械ビル
 東京都目黒区下目黒 1-105
 東京都豊島区池袋 8-3292
 堺市松屋町 1-3
 東京都中央区銀座西 5-3
 東京都千代田区神田錦町 1-6 教文館内
 西宮市葺原町 85
 東京都千代田区神田錦町 1-19
 東京都台東区上野 3-13-9
 東京都北区西ヶ原 1-14
 東京都中央区日本橋 本市ビル
 東京都千代田区神田鍛冶町 1-2 丸石ビル
 東京都文京区向丘 1-7-17

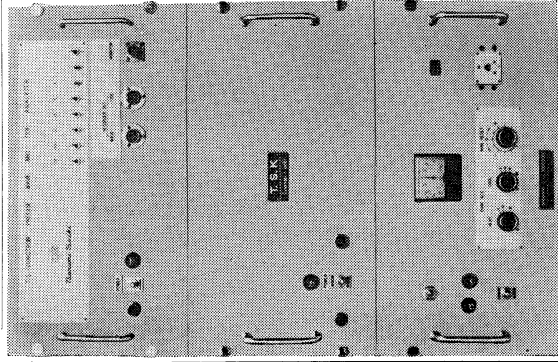
T.S.K.

株式会社 鶴見精機研究所

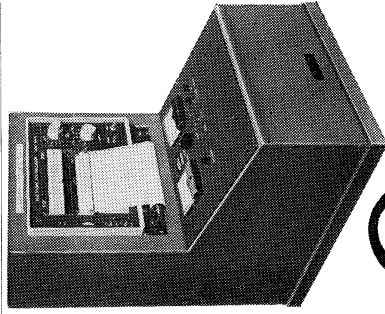
THE TSURUMI SEIKI KOSAKUSHO CO., LTD.

No. 1506 TSURUMI-MACHI, TSURUMI-KU, YOKOHAMA, JAPAN.

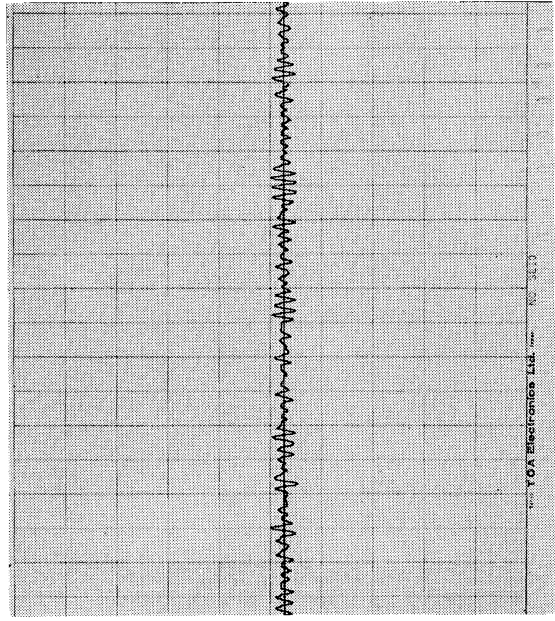
Study-Develop-Manufacture-Service Policy
offers reliable marine research instruments.



Wave and Tide Analysing System.
波浪水位解析装置



Transmitter.



T.S.-V.1~V.2 Wave Recorder.

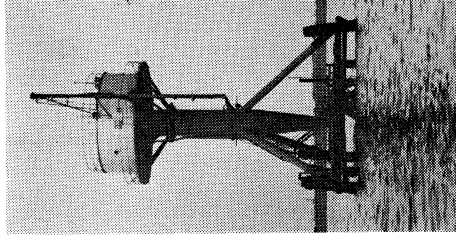
(Capable of recording tide simultaneously)

Do you have an wave recorder which can be satisfied with your requirement?

波時計（同時に潮位計）で御要求を完全に満足出来るものが御有りですか。

Our T.S.-V.1 and V.2 Wave Recorder provide you full satisfaction in respects of its accuracy and durability.

当社の T.S.-V.1 及 V.2 Wave Recorder は御要求を充分満たします。精密に、耐久的に。



Actual Records of
Wave and Tide.

株式会社 鶴見精機研究所

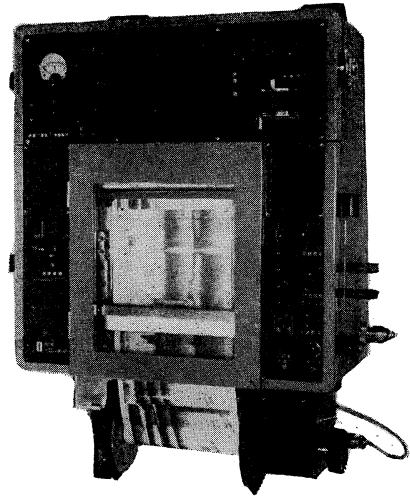
電話 横浜 (52) 5 2 5 2 (代表) —5

岩宮測器研究所

所長 岩宮政雄



自動追尾方式ラン受信機
(日, 英, 仏, 加 特許)



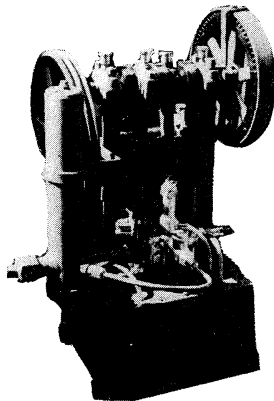
ニュービデオグラフ
トランジスター式、二周波魚群探知機



古野電気株式会社

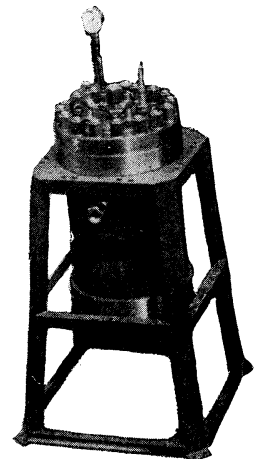
西宮市芦原町 85 電(3) 1051
 東部支社: 東京都品川区五反田 1~423 Tel. (447) 2311 代表
 西部支社: 長崎市大黒町 2~1 Tel. (2) 3261 代表

ヨシダの海洋試験機



超高压テストポンプ

- 水 圧 試 験 装 置
- 高 圧 水 圧 ポ ン プ
- 流 水 実 験 装 置
- 恒 温 水 槽
- 回 流 水 槽
- 衝 撃 試 験 機
- 抗 張 力 試 験 機
- 摩 耗 試 験 機



高圧テスト容器

☆ その他各種試験機装置設計製作



株 式
会 社

吉田製作所

東京都台東区上野 3 丁目 13 番 9 号 電話 (832) 4351~5

TEIKOKU SANSO K.K.

(Filiale de L'AIR LIQUIDE, Paris)

Ses 23 Usines, 23 Agences et Bureaux de vente, 21 filiales,
100 distributeurs produisent et distribuent :

Gaz Industriels : Oxygène, Azote, Acétylène dissous, Argon,
Néon, Hélium, Xénon, Krypton, Propane, Butane.

Matériels et produits pour la soudure

**Installations de séparation et de purification de gaz à basse
température**

Son Département Développement représente au Japon les procédés
de nombreuses sociétés, entre autres,

L'AIR LIQUIDE

Société Chimique de la GRANDE PAROISSE

Société d'Electro-chimie, d'Electro-métallurgie et des Aciéries
électriques d'UGINE

Compagnie de Filage des Métaux et des Joints Curty (CEFILAC)

Compagnie PECHINEY-SAINT-GOBAIN

Compagnie de Produits Chimiques et Electro-métallurgiques PECHINEY

Société KLEBER-COLOMBES

Le Méthane Liquide

Société des Très Basses Températures

Société PRAT-DANIEL

Institut Français du Pétrole

Compagnie Générale de Télégraphie Sans Fil

Compagnie des Compteurs

Société POCLAIN

Société HISPANO-SUIZA

Société NADELLA

Société GURY

Société HYDRO-MECA

Société de Forgeage de Rive de Gier

ete. etc....

22/1 Takamatsu-cho, Hyogo-ku, Kobe, Japan

P. O. BOX No. 522, KOBE PORT JAPAN

(Siège Légal: Nihon Gas Kyokai Bldg. 38, Kotohira-cho. Shiba,
Minato-ku, Tokyo, Japan)

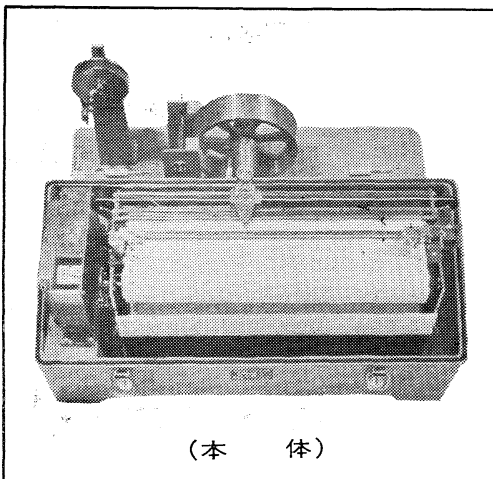
ストレンゲージ型波向計 (SGWP)



(受感部)

(記録器)

フース型長期捲自記検潮器 (LFT-III)



(本体)

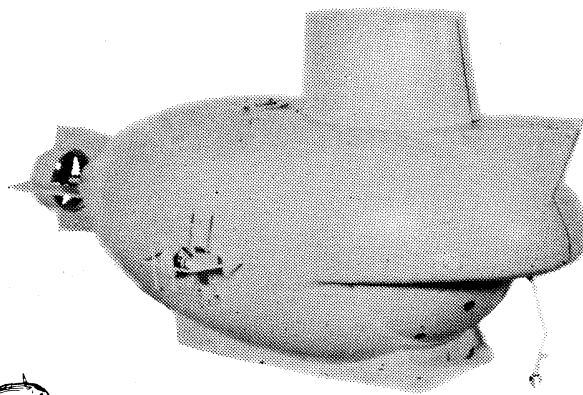
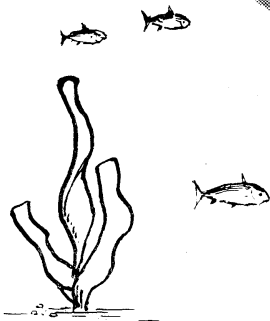
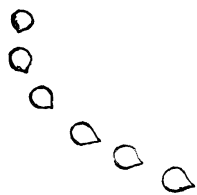
営業品目
 階段抵抗式波高計
 ケーブル式波高計
 フース型検潮器
 小野式自記流速計
 自記水位計
 港施型土圧計
 理研式水中カメラ
 その他海洋視測諸計器

協和商工株式会社

東京都豊島区目白4丁目24番地1号
 TEL (952) 1376代表

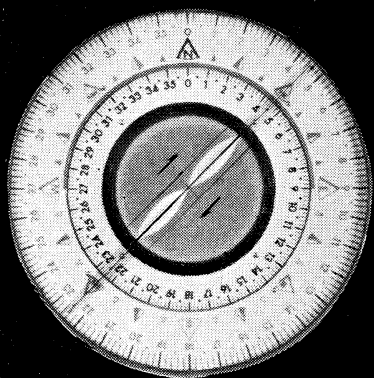


海底資源の開発に活躍が期待される川崎重工の潜水調査船



川崎重工

本社 神戸市生田区東川崎町 2-14
東京支店 東京都港区新橋 1-1-1



Bearing Indication of Radio Direction Finder

ENSURE Safety

with

Koden Radio Navigation Instruments

- Radio Direction Finder
- Loran Receiver
- Echo Sounder
- Fish Finder
- Facsimile Receiver
- Morse Teletype Converter
- Morse Code Selector



Koden Electronics Co., Ltd.

10-45, Kamiosaki 2-chome, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan

Tel: Tokyo 441-1131

Cable Address: "KOELEC TOKYO"

メルタック

熱溶融型接着剤ですから、溶剤や水を含まないため乾燥の必要がなく、瞬間的に接着します。

ポリエチレン、アルミ箔等にも良く接着します。

ポリロック

含浸、注型、充填用として使用される接着性と作業性の良好なシーリング材です。

ポリワックス

ワックスを主成分とし、各種ポリマーをブレンドした防湿、密封用のシーリングワックスです。

東京工材株式会社

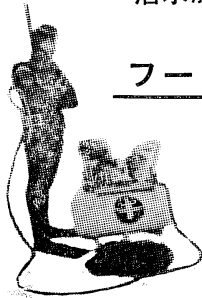
東京都中央区築地 4-7-1 TEL (542) 3361 (代)

アクアラング

aqua-lung



◎ カタログ 進呈 ◎
潜水服採寸表



フーカ-潜水具

- 最新式アクアラング器具一式
- フーカ-潜水具
沿岸工事、水中調査、養魚、養殖、漁業、救難作業等の水中作業に画期的な高効率を示す潜水器具
- ナイロンジャージ付スポンジゴム潜水服
軽くて強く………保温性がよく………着心地快適
- アクアラング事業部併設
水中作業のご依頼に応じますのでご照会下さい
- アクアラング講習会常設
東京にアクアラング訓練用プールを設置

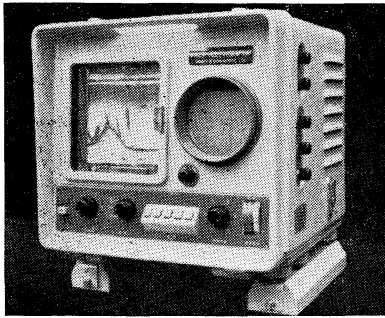
仏国・スピロテック社 日本総代理店
米国・U.S. ダイバーズ社

日本アクアラング株式会社

九州営業所 福岡市大手門3の12の12
電話 福岡 (74) 8907
名古屋営業所 名古屋市中川区東出町3の1
電話 名古屋 (331) 5016

東京営業所 東京都豊島区巢鴨6の1344
(国電大塚駅前大塚ビル一階)
電話 東京 (918) 6526 (代表)

本社 神戸市兵庫区高松町22の1
(帝國酸素株式会社内)
神戸営業所 電話 神戸 (67) 5501 (大代表)



サンケンの魚群探知機

- 底曳き用
- カツオ・マグロ用
- 鮭・鱒・サンマ用

2周波デラックス



株式会社 産 研

本社・工場	沼津市千本郷林1907	TEL(沼津)(代表)(3)4411
研究所	産業科学研究所(全所)	
東京営業所	東京都千代田区神田鍛冶町2の2(今川橋ビル内)	TEL(東京)(代表)(256)1871
札幌営業所	札幌市北四条西7丁目(北瀬連ビル内)	TEL(札幌)(24)3236~8
下関出張所	下関市新地町149の3	TEL(下関)(22)0275
長崎出張所	長崎市旭町3丁目3	TEL(長崎)(2)4631
函館連絡所	函館市鶴岡町3番地の7	TEL(函館)(3)4730
釧路連絡所	釧路市末広町2丁目8(橋北ビル内)	TEL(釧路)(2)6142
稚内連絡所	稚内市港町4丁目59	TEL(稚内)3674
福岡連絡所	福岡市大手門町3丁目8-14	TEL(福岡)(75)6960

Murayama

水中濁度計

水中照度計

電導度計



株式会社 村山電機製作所

本社 東京都目黒区中目黒3-1163
 電話(711)5201(代表)~4
 出張所 小倉・名古屋

水路測量と土質調査

Hydrographic Survey and Marine Geological Survey **SANYO Hydrographic Survey Co., LTD.**

業務 深淺測量, 底質土質調査, 国土保全測量調査, 海洋資源開発測量調査

防災工事測量調査, マイルポストの測量, 航海保安に必要な調査, 海底ケーブル沈設測量調査, 潮汐, 潮流, 海流, 波浪の観測

一般海洋観測調査, その他一般海事関係の観測調査および関係業務の技術, 科学的研究

特色 高性能の精密計測機の整備拡充

元海上保安庁職員をもつて組織する優秀なる我国唯一の技術陣

総代理店(連絡先)は全国的組織網を持つ三井物産 K. K の本, 支店出張所

三洋水路測量株式会社

東京都港区新橋5丁目23番7号

電話 (432) 2971~4

REVERSING THERMOMETER



Protected



Unprotected

Patented parallax-free back scale, opal glass
back sheath enable precise measurements.

Write for details

YKS

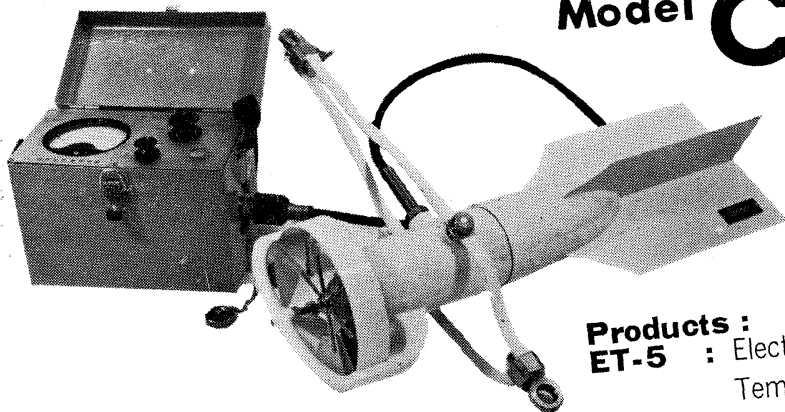
Yoshino Keiki Co.

1-14, NISHIGAHARA KITA-KU
TOKYO JAPAN

Standard Thermometer
Precise Thermometer
Mercury Barometer
Hydrometer

Direct-Reading Current Meter

Model **CM-2**



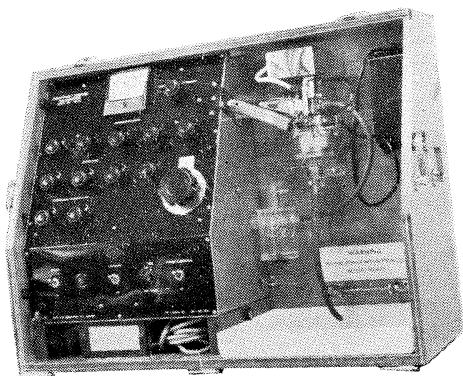
Catalogues are to be sent immediately upon receipt of your order.

- Products :**
ET-5 : Electric Meter of Water Temperature
ECT-5 : Salinity Detector
WE-2 : Pressure Type Wave Gauge

TOHO DENTAN CO., LTD.

Office : 1-309, Kugayama, Suginami-ku, Tokyo Tel. Tokyo (334) 3451~3

AUTO-LAB INDUCTIVE SALINOMETER



オーストラリア C.S.I.R.O. の BROWN 及び HAMON 両氏によって開発された、ポータブルで恒温槽不用の劃期的精密塩分計。

仕 様

- 測定範囲 : 標準品は 27.8~42‰ S
 (御注文により 0~42‰ S 可能)
 感 度 : 0.0004‰ S
 確 度 : ±0.003‰ S
 所要水量 : 55 cc
 消費電力 : 最大 25 W
 寸 法 : 30×68×50 cm
 重 量 : 32 kg

製 造 品 目

各種 溫度計 各種 轉倒
 各種 溫度計 各種 標準
 各種 溫度計 各種 水溫
 各種 溫度計 各種 氣象用・理化學用

日本および アジア總代理店



株式会社 **渡部計器製作所**

東京都文京区向丘1の7の17
 TEL (811) 5954, 0044 (812) 2360



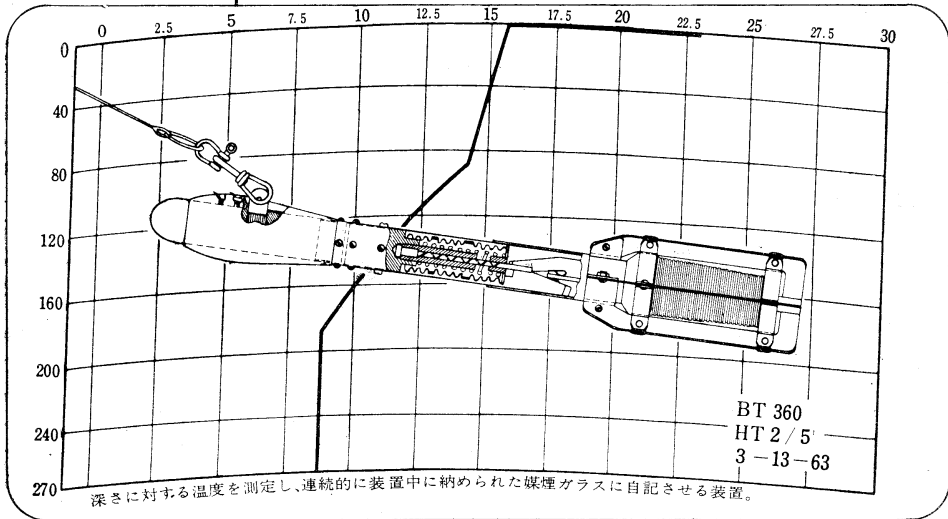
BT
BATHY THERMOGRAPH

NO.2045 *ノウマリンレコーダ*

(THERMARINE RECORDER)

WALLACE & TIERNAN INC.

NEW JERSEY, U.S.A.



Model	FA-190012	FA-190022	FA-190032
Depth Range	0 ~ 60 m. (0 ~ 200ft.)	0 ~ 135 m. (0 ~ 450ft.)	0 ~ 270 m. (0 ~ 900ft.)
Temp. Range	- 1 ~ + 30°C (28 ~ 90°F)		

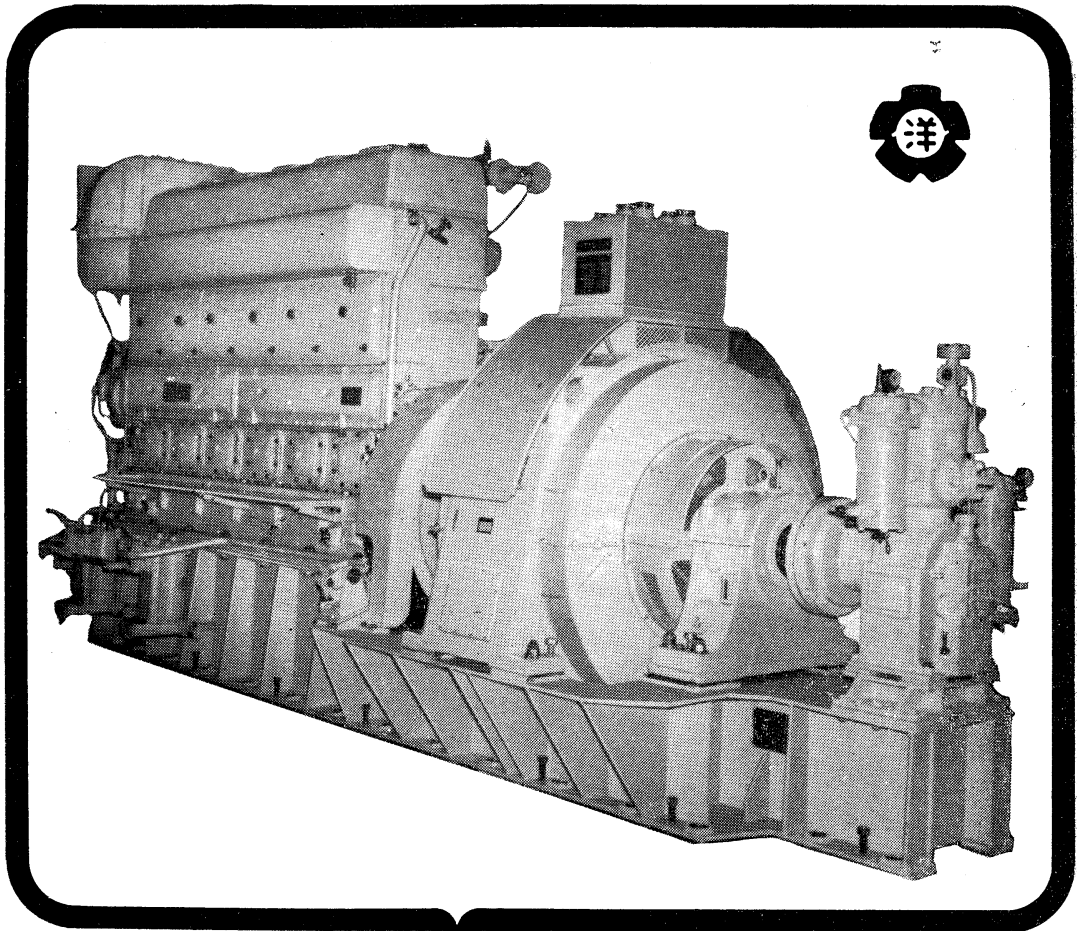
海洋観測器械
日本代理店

株式会社 離 合 社

本 社 東京都千代田区神田鍛冶町1の2 丸石ビル
電 話 東 京 (252) 1 5 1 1 (代表)
大阪営業所 大阪市北区北同心町1の15 電話大阪(351)7346・8019
工 場 東 京 ・ 浦 和

R.L.S.

ながい経験と最新の技術を誇る！
大洋の船舶用電気機器



主要生産品目
 自励・他励交流発電機
 直流発電機
 各種電動機及制御装置
 船舶自動化装置
 配電盤

大洋電機株式会社

取締役社長 山田沢三

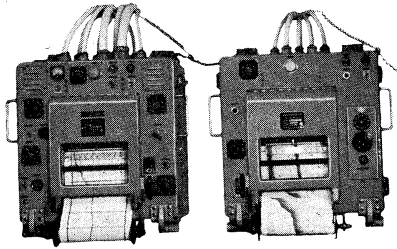
本社 東京都千代田区神田錦町3の16
 電話 東京 (293) 3061~8
 岐阜工場 岐阜県羽島郡笠松町如月町18
 電話 笠松 4111~5
 伊勢崎工場 群馬県伊勢崎市八斗島町726
 電話 伊勢崎 1815・1816・1835・816
 下関出張所 下関市竹崎町399
 電話 下関 (22) 2820・3704
 北海道出張所 札幌市北二条東二丁目 浜建ビル
 電話 札幌 (25) 6347(23)8061・8261

音響測深機

ECHO SOUNDER

精密深海用音響測深機

精密な深海測深を目的としてI. G. Y. 等で使用しているもので測深能力は13,000m, 精度は1/5000以上の機能を有しています。



PRECISION DEPTH RECORDER

- The main recording apparatus with multiple recording system is able to record the depth of 13,000 meters
- Always keep over 1/5000 of precision because of the crystal controlled recording motor driven by fixed frequency electrical source.

記録レンジ

第一記録機 0-2000m 0-2200m 多重記録方式

第二記録機 0-200m 100m ステップシフト

記録精度 ±1/5000

周波数 10KC

記録方式 螺旋状電極線多重記録方式

発振出力 約2KW

増幅方式 ヘテロダイン増幅方式

記録紙 電解式記録紙 紙巾 216mm
有効紙巾 170mm

電源 AC 100V 60% 1.5KVVA

Sounding range

First recorder 0 to 2000m, 0 to 2200m multiple recording system

Second recorder 0 to 200m(100m step shift)

Sounding Precision

Precision of recording pen speed Better than $\pm 1/5000$

Frequency 10 KC

Recording system

Spiral electrode wire multiple-recording system

Oscillation output About 2 KW

Amplifier system Heterodyne amplification system

First recording channel output 5W

second recording channel 10W

Recording paper

Electrolytic recording paper paper width 216mm

Effective recording width 170mm

Power source

AC 100V, 60%

極浅海用精密音響測深機

高性能浅海用測深機で、浅海、湖沼、河川、ダム等の精密測深に最適。

記録目盛 0-10m, 10-20m, ……90-100m
0-100m ……連続自動記録

精度 ±0.1%

周波数 200K%

記録紙 放電破壊記録紙 長さ10m巾150mm

電源 DC 24V 約7.5A



PRECISION ECHO SOUNDER FOR SHALLOW

Ideal for surveying shallow seas, harbors, lakes, dams, rivers.

Accurate to 0.1%

Portable and easily removed.

航海用音響測深機

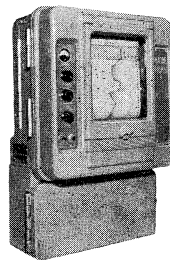
高性能測深機で、客船、貨物船、油槽船、海洋観測船等いづれの船型にも容易に装備でき、操作も簡単で、感度、精度ともすぐれています。

記録目盛 0-120(m) 0-720(m)
100-220(m) 600-1320(m)
200-320(m) 1200-1920(m)

周波数 23KC

記録紙 乾式 長さ10m 巾150mm

電源 AC 100, 110, 115, 200, 220, 230(V) 60%
DC 100, 110, 115, 200, 220, 230(V)



ECHO SOUNDER FOR NAVIGATION

MARINE GRAPH is most adaptable to passenger boats cargo boats oceanic observation boats, tankers, etc.

Recording range 0-120(m) 0-720(m)
100-220(m) 600-1320(m)
200-320(m) 1200-1920(m)

Frequency 23K C/s

Recording paper dry type length 10m width 150mm

Power source AC 100, 110, 115, 200, 220, 230(V)
DC 100, 110, 115, 200, 220, 230(V)

海上電機株式会社

東京都千代田区神田錦町1の19
電話 東京 291局2611-3, 8181-3



MARINE INSTRUMENTS CO., LTD.

1-19 KANDA NISHIKI-CHO, CHIYODA-KU, TOKYO
TEL. TOKYO (291) 2611-3, 8181-3
CABLE ADDRESS "MARINEINSTRU" TOKYO

NEW! 工業計測用6Lシリーズ 直流増幅器

高感度，高入力インピーダンス

6L1-P形(ペン書きオシログラフ増幅器なし)

6L1-PD形(" 付き)

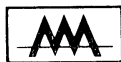
中感度，広帯域

6L2-P形(ペン書きオシログラフ増幅器なし)

6L2-PD形(" 付き)

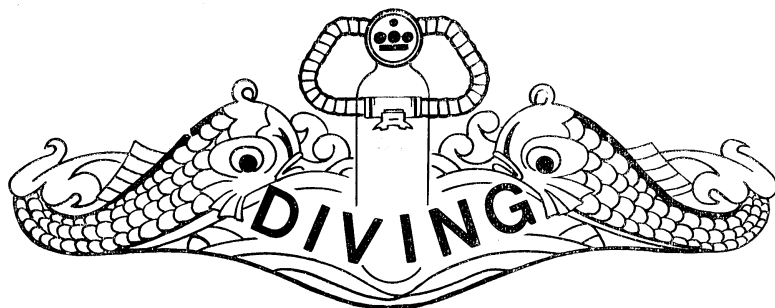
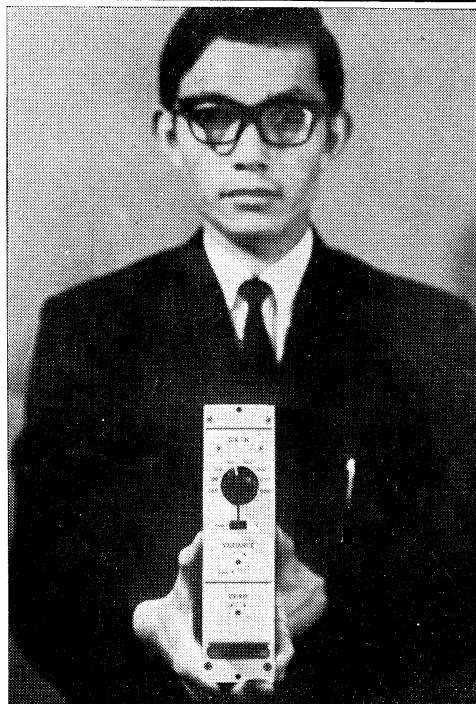
特長

- 工業計測システムの一環としてのデザイン
- 高安定度
- 6L1シリーズ 入力換算 $1\mu\text{V}/\text{day}$ or 10°C
- 6L2シリーズ 入力換算 $20\mu\text{V}/\text{day}$ or 10°C
- 各種の波形記録・指示装置と接続できる
- 電源フローティング平衡入力



三栄測器株式会社

東京都新宿区柏木1-89(伊藤ビル)
PHONE (363) 8 2 5 1 (代)



潜水器具総合メーカー

日本ダイビングスポーツ

本社 神戸市兵庫区神田町3番地

TEL 神戸 078 (34) 7959
9451

昭和42年2月25日印刷
昭和42年2月28日発行

う み 第5巻
第1号

定価 ¥400

編集者 今村 豊

発行者 佐々木 忠義

発行所 日仏海洋学会

財団法人日仏会館内

東京都千代田区神田駿河台2-3

振替番号：東京96503

印刷者 小山 康三

印刷所 英和印刷社

東京都千代田区神田司町2-11

第5巻 第1号

目 次

原 著

1966年夏季長崎丸黒潮調査における 大型魚体の分布について……………	柴田 恵 司・阿部 茂 夫	1
北太平洋における地磁気局地異常……………	瀬川 爾 朗・小沢 敬次郎 友田 好 文	8
大気の圧力変動によって生ずる内部波について……………	富 永 政 英	21

資 料

漁場探査技術懇談会の開催報告……………		31
アワビ類の増殖に関する生態学的諸問題……………	宇 野 寛	37
南極洋生物海洋学の一展望 —南極海洋学シンポジウム (於 チリー共和国, サンチャゴ市) に出席して—……………	根 本 敬 久	42

シンポジウム

第6回 深海研究に関するシンポジウム……………		50
-------------------------	--	----

文献紹介……………		87
-----------	--	----

録 事……………		90
----------	--	----

書 評……………		92
----------	--	----

Tome 5 N° 1

SOMMAIRE

Notes originales

Distribution de gros poissons observés à l'enquête du Kuroshio par le Nagasaki-Maru en été de 1966 ……	Keishi SHIBATA et Shigeo ABE	1
Local Magnetic Anomalies in the North Pacific Ocean ……………	Jiro SEGAWA, Kejiro OZAWA and Yoshibumi TOMODA	8
Sur des ondes internes engendrées par la perturbation atmosphérique ……………	Masahide TOMINAGA	21

Documentations

Colloque sur la technique de l'exploitation de la pêche……………		31
Problèmes écologiques de l'élevage de l'oreille de mer ……………	Yutaka UNO	37
Un aperçu de l'océanographie biologique de l'océan Antarctique……………	Takahisa NEMOTO	42

Symposium

VI° Symposium sur la mer profonde ……………		50
---	--	----

Information ……………		87
-------------------	--	----

Procès-Verbaux……………		90
---------------------	--	----

Analyses de livres……………		92
-------------------------	--	----