

人工クラゲにより観測された 東シナ海海底流について - I *

川合 英夫 ** 坂本 久雄

ON BOTTOM CURRENTS IN THE EAST CHINA SEA MEASURED WITH SEA-BED DRIFTERS - I

Hideo KAWAI ** and Hisao SAKAMOTO

With the sea-bed drifters (Fig. 1) as used by U. S. scientists, an investigation on bottom currents in the East China Sea, the area of the continental shelf in the sea including that in the Yellow Sea being about 10^6 km^2 , was made. The sinking speed of a bunch of five drifters, weighted with two salt spools which quickly sink the drifters to the bottom, is about 7 m per minute immediately after the release. The 1788 drifters were released on board three research vessels at nine stations 140 to 200 nautical miles NW or NNW of the Amami Oshima Island on August 2-3, 1968 (Table 1, *upper* and Fig. 3). The bottom depths at the nine stations are between 95 and 130 m (Table 1). In twelve months, 93 sea-bed drifters have been recovered from the bottom by fishermen, and a drifter without the copper ferrule has been stranded on the shore of the Tsushima Island. The rate of recovery at the bottom has been 5.2%. The recovery position has commonly an error of about five nautical miles at most, which corresponds to the mean distance between positions of lowering and heaving of a bottom trawling net. Some of reports on the positions with too wide distance seem to be erroneous as shown in Figs. 3 and 4. Nevertheless, most of recovery positions are distributed in an envelope stretching northward nearly along the 100 m contour and bending loosely north-westward afterwards (Fig. 3). Comparing the results with the intensity of bottom trawling by Japanese fishing-boats (Fig. 2), the envelope seems to be an indication of bottom current. The drift speed assuming a straight trajectory between release and recovery positions is roughly between 0.5 and 1.5 nautical miles per day (Fig. 4).

* 昭和44年8月31日 受理 南西海区水産研究所業績 第12号。本研究の一部は日本海洋学会春季大会 (1969年4月) で発表された。

** 日本海区水産研究所 Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Niigata-shi

1. はじめに

日本列島を含む北太平洋西部の弧状列島東岸の大陸棚は、世界的に見ても極めて狭い部類に属する。しかしながらわが国西方にある東シナ海には、黄海を含めて総面積およそ100万 km^2 の広大な大陸棚が発達し、機船底曳網漁業に好適な漁場となっている。また近年脚光を浴びてきた、石油を初めとする海底鉱物資源の有望な埋蔵域の一つとなっている。この研究課題は、上述のような大陸棚上の水産資源の環境の一端の解明や、将来に予想される海底開発に伴う大陸棚海底汚染水の影響範囲の事前予察などの産業的寄与ばかりでなく、黒潮やその分枝流である対馬暖流・東鮮暖流・黄海暖流などの根源流域として重要な東シナ海の海底流の直接観測による海洋水文学的解明を意図して、取上げられたものである。

大陸棚海底流の直接観測については、海底に固定した自記流速計による方法もあるが、固定観測点の数や観測継続時間の長さには制約があり、広範囲かつ長期間の大陸棚海底流の動向については、推測以外に何らの知識も得られていなかった。本研究においては、多数のクラゲ型海底漂流物体（以後、単に人工クラゲと略称することもある。ただし東海区水産研究所海洋部で用いられている、クラゲ型海面漂流物体と区別する必要がある場合には、海底用人工クラゲと呼ぶ。）を、調査船により放流し、機船底曳網漁船などよりの回収位置と月日の報告により、海底流の流向とおよその流速を、直接測定しようとするものである。

海底用人工クラゲによる海流調査方法は、わが国では19世紀末より行なわれている、海面における漂流瓶調査の方法と似ているが、漂流面が海洋の上方境界面と下方境界面という本質的相異の他に、以下のような対照的相異がある。漂流瓶は風圧の影響を多分に受けるが、海底用人工クラゲはわずかではあるが海底摩擦の影響を受ける。この抵抗力は海底面の状態によるばかりでなく、クラゲの水中重量に比例して増大する。漂流瓶は海岸近くを流れていても、海岸に打上げられてしかも発見されなければ回収されない。海底用人工クラゲは海底で回収され、しかも回収時がその場所への到達時と一致する。しかしその回収は漁船の海底曳網にのみ依存し、回収数は曳網回数に多少により異なってくる。また投網と揚網の2地点間のどの地点で、網に掛かったのか不明であるという欠点がある。したがって、この調査結果によってあまり小規模な局所的な海流構造は論じられない。

本研究は、科学技術庁特別調整費による、黒潮共同調査（CSK）に関する総合研究の一環として実施されたものである。また本調査は、西海区水産研究所海洋部担当の東シナ海黒潮調査に、便乗して実施されたものであり、以下に記す3隻の調査船の船長をはじめとする乗組員および調査員がこれに従事した。

蒼鷹丸	船長	黒肱善雄
(260トン)	調査員	近藤正人 (西海区水研海洋部)
		藤本 実 (東海区水研海洋部)
	故	藤森 完 (東海区水研海洋部)
		林 琦棒 (韓国国立水産振興院)
		岩佐秀一 (東海大学 学生)
陽光丸	船長	加藤 昌
(217トン)	調査員	井上尚文 (西海区水研海洋部)
		上原 進 (東海区水研海洋部)
俊鷹丸	船長	角田精一
(184トン)	調査員	玉井一寿 (西海区水研海洋部)
		金本自由生 (東海大学 学生)
		川合英夫 (南西海区水研海洋部)

更にまた人工クラゲの回収と回収位置の報告には、日本ばかりでなく韓国の漁船員の方々がこれに当たった。

なお、人工クラゲの原型である sea-bed drifter と salt spool の現品は、米国 Woods Hole 海洋学研究所の Dean F. BUMPUS 氏により送られてきたものである。沈降用塩塊の製作には高知市の

高野新一氏が当たり、須崎湾で行なった沈降実験には、高知県水産試験場調査船いそぢりの乗組員および石田善久技師らの応援を受けた。また本報で使用した機船底曳網漁船の曳網の回数統計資料は、西海区水産研究所底魚資源部より借用した。製図には川島宣子嬢が当たり、東シナ海の海底地形や底曳網漁業の実態などについては、西海区水産研究所の井上尚文技官らより教示を受けた。

以上の方々の援助に対して、ここに厚くお礼を申上げる。

2. 人工クラゲの構造

既に米国東岸の大陸棚において使用されている WOODHEAD 型 sea-bed drifter (BUMPUS, 1965; LEE *et al.* 1965) と、ほとんど同型のものを使用した (Fig. 1)。

A. 本体

クラゲの笠と足はポリエチレン製である。笠の直径は18 cm、厚みは1.5 mmであるが、皿のように凹んでおり、凹みの深さは約2.5 cmである。笠には4個の内径1.7 cmの穴があけてある。足の長さは約50 cm、太さは約5 mmである。笠と足の総重量は約35 gであるが、これのみでは海面に浮上してしまう。

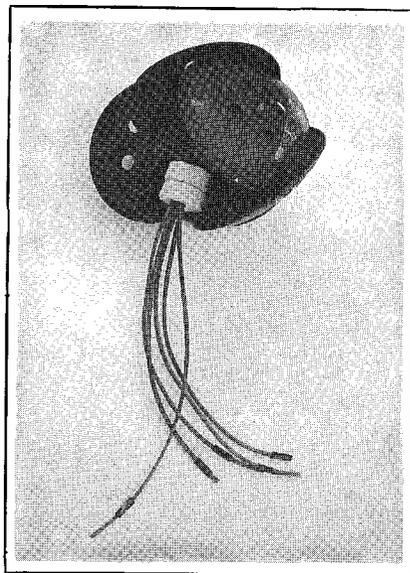


Fig. 1. Five sea-bed drifters with two and salt spools.

B. 固着錘

長さ約3.5 cm、重量約5 gの銅製管状のもので、クラゲの足の末端付近に固着されている。これは藤本実の考案による。

C. ラベル

6 cm × 5 cmのステッカーで、クラゲ番号、回収に関するデータの報告依頼項目などが印刷されてある。

D. 沈降用塩塊

人工クラゲが海底流にしたがって海底に沿って漂流するためには、その比重が海水の比重よりわずかに大である状態が理想的である。しかしこのままで海中に投入すると、海底に達するまでの時間が長くかかり、もし表層や次層に強い海流があり、海底深度が大である時には、沈降途中における水平漂流距離が大となるために、海面における放流点と海底到達点との水平距離の差が大になってしまう。これを防ぐには、速いスピードで沈降するような工夫を必要とする。米国で用いられたものと同様な、溶解速度のやや遅い塩塊を試作して使用した。塩塊は外径約5 cm、内径約2 cm、厚さ約2 cm、重量約55 gのドーナツ型をなしていた。

3. 投入

BUMPUS (1965) の報告の Fig. 1 に示されているように、人工クラゲ5個の足を一束にして、ドーナツ型塩塊の穴に通し、丁度花束をもつような形で、調査船の甲板上より静かに海中に放流した。塩塊は、BUMPUS (1965) の場合には1個であったが、本調査では2個を用いた。

須崎港で実施した沈降実験では、クラゲは頭部を下にして、塩塊を2個と1個を付けた場合には、それぞ

Table 1. Sea-bed drifter releases and recoveries in the East China Sea

Release data										
Vessel	Yoko Maru			Soyo Maru			Shyn'yo Maru			Total
Station	X ₆	X ₇	X ₈	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Z ₆	Z ₇	Z ₈	
Date	Aug. 3	Aug. 3	Aug. 3	Aug. 2						
Time	0030	0220	0430	1820	2055	2305	1940	2205	2350	
N. Lat.	29°33'	29°38'	29°42'	30°08'	30°15'	30°21'	30°48'	30°53'	30°58'	
E. Long.	126°58'	126°44'	126°30'	127°26'	127°06'	126°45'	127°34'	127°17'	127°01'	
Depth (m)	110	100	100	130	105	95	120	110	95	
Direction	270°	320°	300°	150°	200°	245°	220°	280°	325°	
Velocity (kt)	0.9	0.3	0.3	1.2	0.7	0.2	0.6	0.5	0.4	
Released No. ed	198	200	199	195	200	198	199	200	198+(1) ^a	1787+(1) ^a

Number recovered by release station, by recovery month										
	X ₆	X ₇	X ₈	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Total
Aug. 1968	0	17	3	3	9	0	3	4	0	39
Sept.	1	2	3	1+(1) ^b	0	1	1	1+(1) ^b	(1) ^a	10+(1) ^a +(2) ^b
Oct.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov.	1	1	1	2	0	0	2	3	0	10
Dec.	1	0	1	0	0	1	(1) ^c	0	0	3+(1) ^c
Jan. 1969	1	0	0	0	1	0	5	2	1	10
Feb.	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3+(1) ^d
Mar.	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3
Apr.	0	0	0	0	0	0	2	2	0	4
May	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
June	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
July	0	1	1	0	0	0	0	1	1	4
Total	4	22	10	6+(1) ^b +(1) ^e	10	4	17+(1) ^c	13+(1) ^b	2+(1) ^a	88+(1) ^a +(2) ^b +(1) ^c +(1) ^d +(1) ^e

The mark *a* indicates a drifter stranded on the shore of the Tsushima Island without the copper ferrule.

The mark *b* indicates two drifters with indefinite correspondence of date and position of recovery to the number printed on the label adhered to the drifter.

The mark *c* indicates a drifter with a report indefinite about position of recovery.

The mark *d* indicates a drifter without any report about the number printed on the label.

The mark *e* indicates a drifter without any report about date and position of recovery.

れ平均して1分間に約7 mおよび3.5 mの速さで沈降した。塩塊が沈降途中で溶解するために、沈降速度は次第に減少するが、深さ200 mの海底に達するには、塩塊2個の場合には遅くとも1時間とはかからず、沈降中に2ノットの表層流や次層流で流されたとしても、そのために生ずる海底到達点と海面投入点の位置のくい違いは、2海里以内に留まり、東シナ海大陸棚上の海底流の研究では全く問題にならないという推定が本調査実施前に得られた。

沈降用として付けた塩塊が溶解し尽くす時間は、Bumpus (1965)の場合には約1時間であったが、本研究で用いたものについては、静水中で1時間以上であった。動水中の実験は行なわれていないが、これより短時間であり、また全部が溶解し尽くす前に、塩塊の環が切れてクラゲが外れるものと考えられる。更に製品ムラがあるために、投入直後に海面付近で塩塊が2個ともヒビ割れして、投入したクラゲの内の或るものは、クラゲのみの水中重量によって沈降した場合も考えられる。その場合の沈降速度は、実験の結果によれば、1分間に約2 mであった。Table 1によれば、Y₆点での水深は130 m、海面流速は1.2ノットであり、9個の投入点の内の水深および海面流速の両方について最大値に当たる。上記の鉛直速度で人工クラゲが沈降すると、130 mの海底に達するには約65分を要し、沈降中の水平移動距離は、海底付近まで1.2ノットの海流があったと仮定しても、約1.3海里となる。またロランによる位置測定誤差は1海里程度である。したがって投入点位置の最大誤差は2~3海里程度であったと考えてよい。

Table 1の上半分に示されているように、3隻の調査船、陽光丸・蒼鷹丸・俊鷹丸により、奄美大島NW~NNW140~200 海里の東シナ海大陸棚上の9点 (Fig. 3の掛印)において、合計1788個の人工クラゲを、1968年8月2日夜より3日早朝までの約10時間以内に一齐に投入した。

投入点の海底深度は、すべて95~130 mの範囲内であった。G E Kによる投入点の海面海流は、Y₆点におけるほぼSSEに向かう1.2ノットを除いて、SSWよりNWの間の、西寄りの成分をもった1ノット未満の弱流であった。

井上 (1968)によれば、人工クラゲ投入時の黒潮主流は、X₆点の南東約45海里に当たる29.0° N, 127.5° E付近で大陸棚斜面より離れ、ほぼ東に進路をとってトカラ海峡に向かっていった。しかし対馬暖流の派生状況は、G E K観測結果では、あまり明らかではなかった。

4、回 収

東シナ海大陸棚に多数出漁している機船底曳網漁船またはトロール漁船に、回収および回収年月日・回収位置・回収漁具・回収者の住所氏名その他の報告を依頼した。

これらの漁船の大部分は、操業中に3ノット以下の船速で約1.5時間曳網する。中には極くまれであるがトロール漁船では約4時間も曳網する場合もあった。したがって投網点と揚網点の位置測定が正確になされたとしても、回収点の位置には通常の場合に最大約5海里、まれには最大約12海里の誤差が見込まれる。

回収位置の報告型式には、いろいろのものがあつた。

(1) 大部分の報告では、回収位置が緯度経度の1点で示されてあつた。これは投網点、揚網点、またはその中間点の何れかであると考えられる。

(2) 投網点と揚網点の2点の緯度経度を報告してきたものが、若干あつた。そしてこの2点間の距離が10海里未満の場合には、その中間点を回収点と見なして、Fig. 3に示した。その距離が10海里以上の場合には、誤まりと考えられ、Fig. 3には投入点と回収点の2点とも記入し、線分で結んで他の区別して示した。これはFig. 4でも同様に表わされてある。

(3) 回収位置が緯度経度によらずに、農林漁区番号によつたものが若干あつた。緯度経度30分の各区画は3桁の数字で表わされ、更にそれを9分割した緯度経度10分の小区画は、もう1桁の数字によつて表わされる。農林漁区番号による回収点報告では、大部分が10分区画まで示されてあつたが、中には2個の30分区画で示されていたものもあつた。その時には区画の中心点を結ぶ線分の中間点を回収点と見なした。

以上に述べたことを総合すると、回収点の位置の誤差は、ほとんどの場合に、10海里以内であつたと考え

てよい。

5. 考 察

Table.1 の下半分には、投入点別、回収月別に、回収個数が記されてある。1968年9月には対馬海岸に銅製錘りが外れ海面を漂流したものが打上げられた。これはZ₈点で投入されたものであった (Table 1 の a 符号)。これを除くと実効総投入数1787個のクラゲの内、投入からほとんど1年後の1969年7月31日までの海底での総回収数は93個、回収率は5.2%となる。

また1968年9月に回収された2個はY₆とZ₇点で放流されたものであるが、報告書に記入されてあった2組の回収月日・位置と2個のクラゲ番号の対応が不明であった (Table 1 の b 符号)。Z₆点で放流され1968年12月に韓国の漁船員により回収されたものは、回収位置の報告が不明確であった (Table 1 の c 符号)。1969年2月に回収されたものの内の1個については、回収位置の報告は受けたが、ラベルが送付されずクラゲ番号、したがって投入点も不明であった (Table 1 の d 符号)。Y₆点で放流された内の1個については、回収位置と回収月の報告がなかった (Table 1 の e 符号)。これらの報告が不完全なクラゲ個数は計5個であった。

次に月別回収個数を調べると、投入直後の1968年8月に極めて多く39個であったが、10月には皆無となった。1968年11月と1969年1月には、それぞれ10個とやや多い回収があったが、その後は散発的となった。また投入点別に見ると、X₇、Z₆、Z₇点で投入されたものは、それぞれ22、18、14個と他の点より多い回収個数を示している。しかし更に月別に見ると、X₇点で投入されたものは、投入直後の8月末までに17個が回収され、その後の回収はほとんどない。Fig. 2は、水産庁福岡漁業調整事務所統計をとった、1968年8月以降の各月の、緯度経度30分区分毎の、わが国機船底曳網漁船の曳網回数を、5階級に分けて示した図である。この図に示されているように、8月におけるX₇点付近での曳網回数が非常に多かったことが、上述の回収状況と関連している。これに対して、Z₆とZ₇点で投入されたものについては、各月の回収個数がたいして多くはないが、回収が継続的であった点が特徴的である。この2点は、9個の投入点の内でも最も北東寄りに位置を占めており、海底流の流向と各月における主漁場の形成位置と関連しているのであろう。

Fig. 3 には、2箇月毎に区分した回収月により記号別に、全回収点の位置が海図上に記入されている。この点数は総計89個 (線分で結んだ一対の2点は、第4節(2)で説明した理由により、1個と数える。) であり、Table 1 の総回収個数94より5個少ないことは、本節の初めに説明した理由による。海底の等深線は西海区水産研究所遠洋資源部 (1966) によった。

投入直後の1968年8月における回収点は、ほとんど投入点付近に限られていた。しかし済州島南方60海里付近 (32°N 付近) に達したものが1個あった。また投入点Z₈の西方150海里付近 (31°N, 124°E 付近) で2個回収されたが、これは報告位置の誤まりと考えられる。9月における回収点も8月におけるものより全体として、やや北に移動した程度で、回収位置には大きな変化が見られない。その後の回収点は、ほぼ100m等深線沿いに北進し、済州島南方50~100海里付近よりは、ゆるやかに進路を北西に転じ、1969年1月には、回収点の先頭は済州島西方60海里付近 (33°N 付近) の黄海南部に到達した。その後の回収点もほぼ上述の進路上にあった。投入よりほぼ一年後に当たる1969年7月31日までの回収位置の内、最北のものは木浦西方の 34.5°N, 125.0°E 付近にあった。

Fig. 2 によれば、済州島東方近海では、かなりの操業が行なわれているにもかかわらず、現在まで回収が全くない。ただし先にも述べたように、対馬海岸には錘りが外れて海面を漂流したものが1個回収されている。これらのことから、奄美大島NW~NNW 140~200海里付近より済州島西方60海里付近を経て、更に黄海南部に入り込む、海底流の存在を確認できた。従来の推定では、この辺りの海底流は、対馬海峡または朝鮮海峡へ流去するとされていたが、本研究の結果によって、そのような推定の誤まりが明らかになった。

Fig. 4は、1968年8月2日を0日として数えた、クラゲの投入より回収までの経過日数と直線漂流距離の関係を表わす。回収報告の不完全のものが5個あり、Fig. 4の総点数（線分で結んだ一対の点は、先にも述べた理由により、1個として数える。）は、Table 1の総回収個数より5個少ない。縦軸のマイナスの距離は、回収点が投入点より低緯度にある場合に相当する。またFig. 4に引かれている原点より放射する直線に沿っては、直線漂流距離が一定であり、数字は1日当たりの漂流距離を表わす。投入直後に回収されたものについては、漂流距離が短いために、回収位置の誤差が漂流速度に対して、相対的に大きな誤差を生ずるために、これを無視すると、クラゲの海底直線漂流速度は、1日当たり0.5~1.5海里程度のものがほとんどであった。したがって海底流の流速は、これを若干上廻るものと推定するのが、妥当であろう。

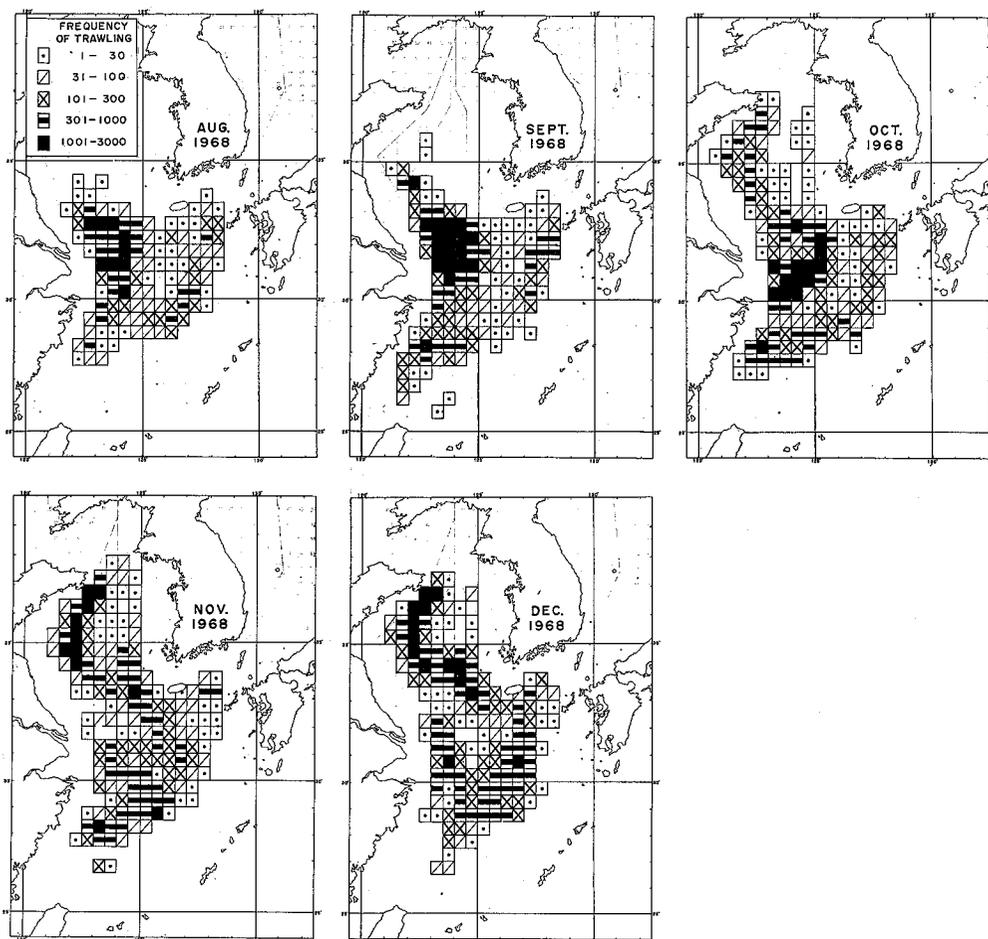


Fig. 2. Intensity of bottom trawling by Japanese fishing-boats in the East China Sea based on unpublished statistics from the Fukuoka Fisheries Coordination Office, the Japan Fisheries Agency.

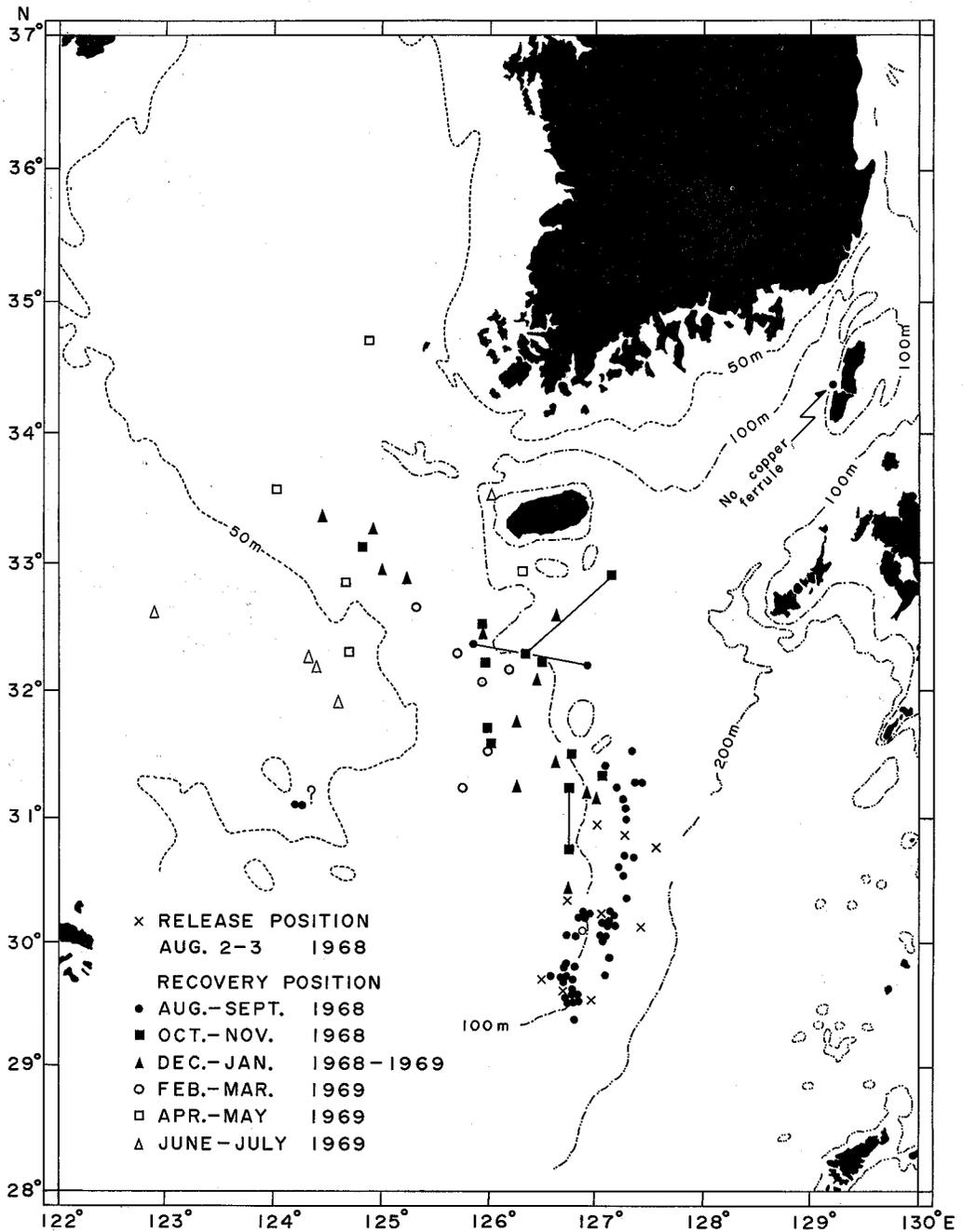


Fig. 3. Release and recovery positions of sea-bed drifters. A couple of positions tied with a straight line indicate probably erroneous positions of lowering and heaving of a bottom trawling net because of too wide distance. The bottom contour lines are reproduced from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, the Division of Pelagic Fisheries Resources (1966).

文 献

BUMPUS, D. F. 1965: Residual drift along the bottom on the continental shelf in the Middle Atlantic Bight area. *Limnol. Oceanog.* 10: (Suppl.) R 50-R 53.

井上尚文. 1968 : 昭和43年度「CSKに関する特別調査研究」調査実施概要. 西海区水研海洋部 (透写複写).

LEE, A. J., BUMPUS, D. E. and LAUZIER, L. M. 1965 : The sea-bed drifter. *International commission for the Northwest Atlantic Fisheries Research Bull.* 2: 42-47.

西海区水研遠洋資源部. 1966 : 底魚資源調査研究連絡 41.