

マグロ延縄の漂移からみた西部太平洋の表面海流分布*

山 中 一

(遠洋水産研究所)

Surface currents in the Western Pacific Ocean as seen from the drift of tuna longline gear

Hajime YAMANAKA

(Far Seas Fisheries Research Laboratory)

Many charts of surface currents in the Western Pacific Ocean have been compiled in the past by meteorological observatories of Nederland and England, and by hydrographic offices of England, Japan, U. S. A., and U.S.S.R.. Fig. 1 shows the MORSKOĪ Atlas (1950) (refer to the reference-Atlases). Moreover, surface circulation charts (WYRTKI, 1960, 1961) based on these current charts, geostrophic circulation charts (REID, 1961, BURKOV and PAVLOVA, 1963), and CSK Atlases have been issued. Data used for these current charts had been obtained (largely prior to 1935) by the median position method and are concentrated to main navigational route of merchant and naval vessels in space and time. Data of CSK are sparse in offshore areas, and observations of GEK are completely lacking in the equatorial region where the horizontal component of magnetic force is very small.

In the past, UDA (1934) observed velocity and direction of the currents in Japanese waters from drifts of tuna longline gear and drift-nets, and obtained results which coincided with those derived by other methods. Further, AUSTIN (1954) and SETTE (1955) observed easterly drifts of tuna longline gear in the equatorial region of the central Pacific, and their studies have acquired special interest as the earliest longline measurements of the Equatorial Undercurrent. MONTGOMERY and STROUP (1962) compiled results of drifts of tuna longline gear in the central equatorial Pacific, and stated that drifting of tuna longline gear in an easterly direction indicates the existence of the Equatorial Undercurrent. After that, YAMANAKA (1957), YAMANAKA and ANRAKU (1965) reported surface currents in the Solomon Sea and in the Indian Ocean, respectively, based on data from drifts of Japanese tuna longline gear.

As mentioned above, the surface current data as seen from drifts of tuna longline gear are thought to be very useful in oceanographical studies. Also, they have the special quality (unlike the data of the median position method) of many observations from tuna fishing grounds far from the main route of merchant and naval vessels (especially, in the equatorial region where GEK can not be used).

Based on data of surface currents as seen from drifts of tuna longline gear, this paper

* 1973年10月31日受理 遠洋水産研究所業績 第110号

discusses : a). average surface currents by season, by one-degree quadrangle in the Western Pacific Ocean, b). equatorial currents in the Western Pacific centering around the North Equatorial Countercurrent, c). easterly surface currents around the subtropical Pacific area (15°N – 27°N) and the southern Pacific area of the Equator (0° – 15°S).

Data for 1949 through 1969 were obtained from Japanese commercial tuna longline vessels, investigation vessels of the national and prefectural governments, and training vessels of fisheries colleges and high schools (Table 1). The author has constructed the current charts by vector average in each one-degree quadrangle, by season, following the same methods which were stated in the report of YAMANAKA (1957), and YAMANAKA and ANRAKU (1965).

Surface currents by seasons

Distribution of surface currents, by seasons, is indicated in Fig. 2, a, b, c, d. Although data are scarce from July to September and in the area of middle latitude (10°N – 20°N), owing to the lessened fishing activities of tuna longline boat due to poor catch in this season and area, an outline of the distribution of each current is given as follows :

1) Easterly current of the North Equatorial Countercurrent can be seen clearly in all seasons, and seasonal changes of the current velocity, width and position can be recognized.

2) So far as the data exist, a north-eastward and an eastward current of the Kuroshio can be seen distinctly as a band of strong current, and the existence of the Kuroshio Extension and the Kuroshio Counter-Current can be recognized.

3) Although the Subtropical Countercurrent is not distinct as a band of easterly current, it is indicated as a partial easterly current.

4) In the southern part of the North Equatorial Current, a westward current is distinct, but it shows a complex distribution around the Mariana Islands.

5) A seasonal change of the South Equatorial Current can be recognized around the northern coast of New Guinea.

6) A spatial easterly current can be seen in the vicinity of the Equator.

7) A comparatively continuous band of easterly current can be noticed in the eastern area of the Solomon Islands. This current becomes strong from October through December, and it seems to have a relation with the South Equatorial Countercurrent.

8) In the area south of 10°S , there are the Trade Drift and the East Australian Current, but direction for both currents are unstable and show complex distributions.

Equatorial currents centering around the North Equatorial Countercurrent

As stated, the North Equatorial Countercurrent can be clearly recognized in all seasons. Fig. 3 shows the schematic representation of the equatorial currents centering around the above current on the basis of Fig. 2. Some interesting findings from Fig. 3 are as follows :

A) The North Equatorial Countercurrent

1) Meandering

Both the northern and southern boundary of this current indicate meandering in all seasons. On the northern side of the northern boundary, a mutable area with width of 2° – 3° in latitude can be noticed with existence of many eddies indicated. These findings are in general agreement with that of MAO and YOSHIDA (1955), TSUCHIYA (1961), YAMANAKA (1971) and I. YAMANAKA and H. YAMANAKA (1972).

2) Mean position of the northern and southern boundary and width of this current

Table 2 shows the mean position of the northern and southern boundaries. Width of this current can be inferred from Fig. 3. As shown in Table 2, northern and southern boundaries shift mostly to the north from July to September and from January to March, respectively. The northern and southern boundaries move mostly to the south from April to June and July to September, respectively. In conclusion, width of this current is the broadest from July to September and the narrowest from January to March, which is in general agreement with SCHOTT (1939), MORSKOĀ Atlāss (1950), WYRTKI (1961) and YAMANAKA *et al.* (1965).

3) Current velocity

Although bands of strong currents (more than 1.6 *Kts*) are seen in the sphere of this current including its original area, they are obscure from July to September in the former case and most clear in October to December and July to September for the latter case. However they are not shown in any other seasons. PULS (1895), WYRTKI (1961), YAMANAKA *et al.* (1965) and HISARD *et al.* (1969) have pointed out that this current reaches its maximal strength in summer and its minimal strength in winter. However, the results of this paper do not coincide with those of many authors as stated above (except for the case of winter).

B) The South Equatorial Current

In October to December, this current vanishes along the north coast of New Guinea, and the south-easterly coastal current develops. After that, it can not be distinguished from the North Equatorial Countercurrent as has been stated by WYRTKI (1961).

C) The North Equatorial Current

Existence of the band of strong currents is clear in January to March. SCHOTT (1939), WYRTKI (1961) and KNAUS (1962) have reported that the geostrophic flux reaches its maximal volume in winter and minimal volume in summer, and the result of present study is in agreement with those above mentioned results. On the contrary, MASUZAWA (1970) stated that the difference of geostrophic flux between winter and summer can not be recognized, nevertheless the flux inferred from the seasonal distribution of wind stress is greater in winter and is smaller in summer.

D) The Mindanao Current

In July to September, the band of strong currents can be recognized easily as compared to other seasons. This finding is contrary to that of SCHOTT (1939), WYRTKI (1961) and MASUZAWA (1969).

**The easterly surface currents around the subtropical Pacific area (15°N—27°N)
and the southern Pacific area of the Equator (0°—15°S)**

As stated in chapter 1, the Subtropical Countercurrent and the South Equatorial Countercurrent are not distinct as bands of easterly current as seen on the current chart made from vector-averages by season, by one-degree quadrangle. This suggests that both currents are covered by westerly surface currents resulting from the strength of northeast and southeast seasonal winds. Accordingly, there is a strong possibility that both currents may appear as distinct easterly current if the above mentioned seasonal winds weaken. For that reason, the author selected only data of easterly currents and examined them as shown in Fig. 4. By examination of Fig. 4, some interesting findings follow :

A) The Subtropical Countercurrent

So far as seen from the drift of tuna longline gear, the multiple character (MASUZAWA, 1967, YOSHIDA, 1970, NITANI, 1970, and MASUZAWA, 1972), aspects in the mid-eastern Pacific (CHRNELL and SECKEL, 1966, REED, 1970) of the Subtropical Countercurrent (YOSHIDA and KIDOKORO, 1967, UDA and HASUNUMA, 1969), and a striped rather than mosaic character of the North Equatorial Current (NITANI, 1972) can not be made clear. However, the easterly current can be recognized all the year round (especially, current directions are stable and strong currents can be seen from January to February). In these months, existence of the easterly currents around 18°N are also suggested. The former findings are in general agreement with YAMANAKA *et al.* (1965) and UDA (1970).

B) The easterly currents in the southern vicinity of the Equator

These currents are hardly recognizable in northern summer when the ITC exist in northern hemisphere; however, it can be seen in northern winter when the ITC exist in southern hemisphere. It appears in the area west of 160°E, east of 160°E, and in all areas according to the developing, end, and mid-season of the Equatorial Westerlies, respectively. It seems difficult to relate these currents with the phenomena where the North Equatorial Countercurrent extends to the southern hemisphere (SVERDRUP and FLEMING, 1944, ROBINSON, 1954, MAO and YOSHIDA, 1955, YOSHIDA *et al.*, 1959 and TSUCHIYA, 1961). It is highly probable that these currents are related with the seasonal variation of the Equatorial Westerlies as stated by WYRTKI (1961), HISARD *et al.* (1969) and ROTSCHI (1971). However, there remains the problem of which effect is more likely, only the Equatorial Westerlies or both the Equatorial Westerlies and the Equatorial Undercurrent. On that problem, further study should be necessary.

C) The New Guinea Coastal Current

A south-easterly current appears along the north coast of New Guinea from November to February and is thought to be the New Guinea Coastal Current. This result is in agreement with WYRTKI (1961).

D) The South Equatorial Countercurrent

An easterly current can be seen starting from around the New Ireland and New Hanova Islands, extends through the northern area of the Solomon Islands and continues to the eastern area of this islands around 10°S. This current is thought to be related with the South Equatorial Countercurrent (REID, 1951, 1961, 1965, TSUCHIYA, 1968, 1970, ROTSCHI, 1970, 1971). From November to January, this easterly current appears clearly at the area east of the Solomon Islands, but needs further study to decide whether or not it develops in northern winter.

Another easterly current can be seen in the area of 3°–7°S, east of 160°E during May to June and September to October. These seasons correspond to the closing and beginning season of the Equatorial Westerlies, respectively. TSUCHIYA (1970) has pointed out the existence of the subsurface South Equatorial Countercurrent around 5°S in the depth of about 250 m. It seems to be impossible to relate this current with the surfacing of the subsurface South Equatorial countercurrent during weakening of the Equatorial Westerlies. For that reason, the further observation of this current is necessary.

ま え が き

遠洋、沿岸海域を問わず、表面海流に関する知見は水産海洋学的立場からみて、以下に述べるように、重要な価値をもつものと考えられる。すなわち、海流の境界や、それにとりなり収束、発散、混合層の深さ等は、魚群量や種の分布の上に大きな役割を果たしており、また、魚卵や発生稚仔魚の分布やその漂移、産卵および索餌海域のひろがり、さらに、魚類の回遊系路等の生態学的な諸問題は、表層の循環と深い関連をもつものと考えられる。

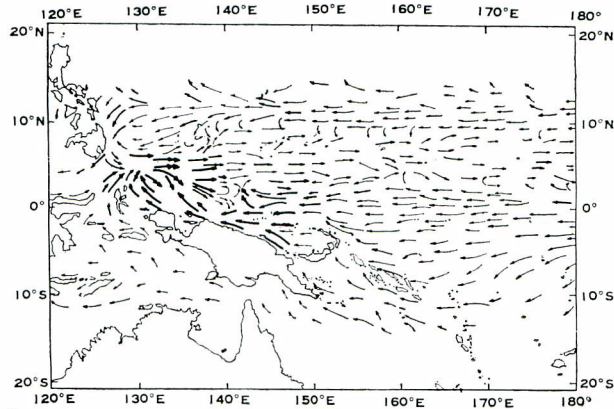


Fig. 1. a Northern summer

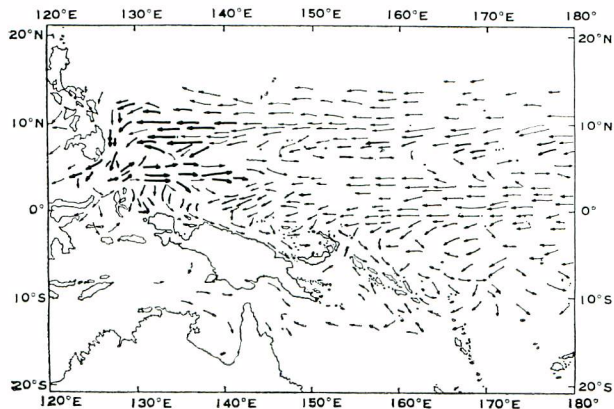


Fig. 1. b Northern winter

Fig. 1. Diagrammatic representation of the surface currents north of New Guinea (From MORSKOĪ ATLAS(1950)).
a : Northern summer, b : Northern winter

西部太平洋における表面海流については、冬、夏季別には SCHOIT (1939) の海流図 および 第 1 図に示す MORSKOĪ ATLAS (1950) があり、4 季別には日本水路部 (1935, NOS, 6031 A-D) が、月別には U. S. Nary Hydrographic Office (1944, H. O. No. 1058, 1945, H. O. No. 236, 1950, H. O. No. 577, 1964, H. O. No. 237), Great Britain, Hydrographic Department (1944, H. D. 177^{99/43}, 1945, H. D. 709), Koninklijk Neederlands Meteorologisch Instituut (1936, No. 115) 等がそれぞれ海流図を刊行してい

る。また南西太平洋における表面海流図としては、British Meteorological Office (1938, Mo 435), Royal Dutch Meteorological Institute (Nederlands Meteorologisch Instituut, 1949, Publ. 124), U. S. Navy Hydrographic Office (1944, H. O. NO. 10058) 等のものがある。WYRTKI (1960, 1961) は、U. S. Navy Hydrographic Office の海流図を基にして、珊瑚海およびタスマン海における月別の海流図や流線図を、さらに、ニューギニア北方海域の2ヶ月毎の海流図を作り表層循環について論及している。この外、REID (1961) および BURKOV and PAVLOVA (1963) により、南北太平洋における平均的な力学高低図が、また、最近では CSK 観測にともなって、CSK ATLAS (1967, VOL. 1, 1968, VOL. 2, 1969, VOL. 3, 1970, VOL. 4, 1971, VOL. 5) に力学高低図が、さらに、各観測船による GEK の観測結果等が報告されている。しかしながら、既往の海流図は1935年以前に得られた船舶の漂移による資料を基にしており、主要航路以外では時間的、空間的にみて資料が偏している場合が多い。また、前記の力学高低図は海流の細かい検討には不適當であり、CSK 観測の結果は局所的な海域の海流分布を検討する上に大きい意義をもっているが、全般的にみると沖合海域における資料が少なく、特に、地磁気の水平分力の小さい赤道海域では、GEK の観測資料がない等の問題点がある。

宇田 (1934) は、刺縄、延縄等の漂移による資料をもとにして、日本近海の高流分布について検討し良好な結果を得ている。AUSTIN (1954), SETTE (1955) は、中部太平洋の赤道海域における延縄調査中、赤道上において東向き延縄の漂移を観察し、これが延縄による赤道潜流測定という興味ある研究対象の端緒となった。MONTGOMERY and STROUP (1962) は、これらの結果を総括して、5月～9月の間、150°W～170°Wの海域で、赤道潜流の存在は5航海の東向き延縄の漂移により示されたとしている。その後、延縄の漂移にもとづいた海流資料を使って山中 (1957) は、ソロモン群島近海の表面海流を、また、YAMANAKA and ANRAKU (1965) はインド洋の表面海流について報告している。

以上述べたように、マグロ延縄の漂移からみた表面海流資料は、海洋学的研究の上に有用な情報を提供するものであり (TERAMOTO, 1972)、船舶の漂移による資料の場合と異なって、一般航路から離れたマグロ漁場における資料、特に、GEK の使用できない赤道海域における資料が多いという特性をもっている。もちろん、これらの資料の中には、天測誤差、測定位置、漂流時間等に基づく問題 (齊藤, 外, 1963, 平岩, 外, 1971) を含むものがある。しかしながら、膨大な資料数とその広大な分布等を考慮すると、前記の問題点は、資料の全般的な有用性を、必ずしもそこなうものではないと考えられる。このようなことから、マグロ延縄の漂移をてがかりにして推定した西部太平洋の表面海流分布について、全般的にとりまとめた結果をここに報告する。なお、上記の分布については、既に、部分的に山中 (1971) が報告している。

I 資料および方法

資料は第1表に示すように、1949～1969年の20年間に、当業船^{*}、および地方公庁船、水産庁調査船の操業記録から得られたものである。資料のチェックおよび整理の方法は、山中 (1957)、YAMANAKA and ANRAKU

Table 1. Number of observations, by season from 1949—'69, in the Western Pacific Ocean

Season	Number of observations at 20°—25°N	Number of observations at all area
Jan.—Mar.	324	7300
Apr.—Jun.	515	3728
Jul.—Sep.	53	2856
Oct.—Dec.	327	8967
Total	1199	22851

* 当業船の場合、1969年以降は漁獲統計システムの変更にともなって、漁獲成績報告書から延縄による表面海流資料の記入は除外されている。

(1965) の場合と同様であり、四半期別、1 度区画別に整理してベクトル平均値を求めた。

II 四半期別の表面海流の分布

マグロ漁船の時、空間的な分布との関係で、時期的には7～9月、空間的には10°N～20°Nの海域からの資料は少ないが、第2図に示す各海流の四半期別の分布状態について、とりまとめてみると以下のようである。

1) 1～3月(第2図, a)

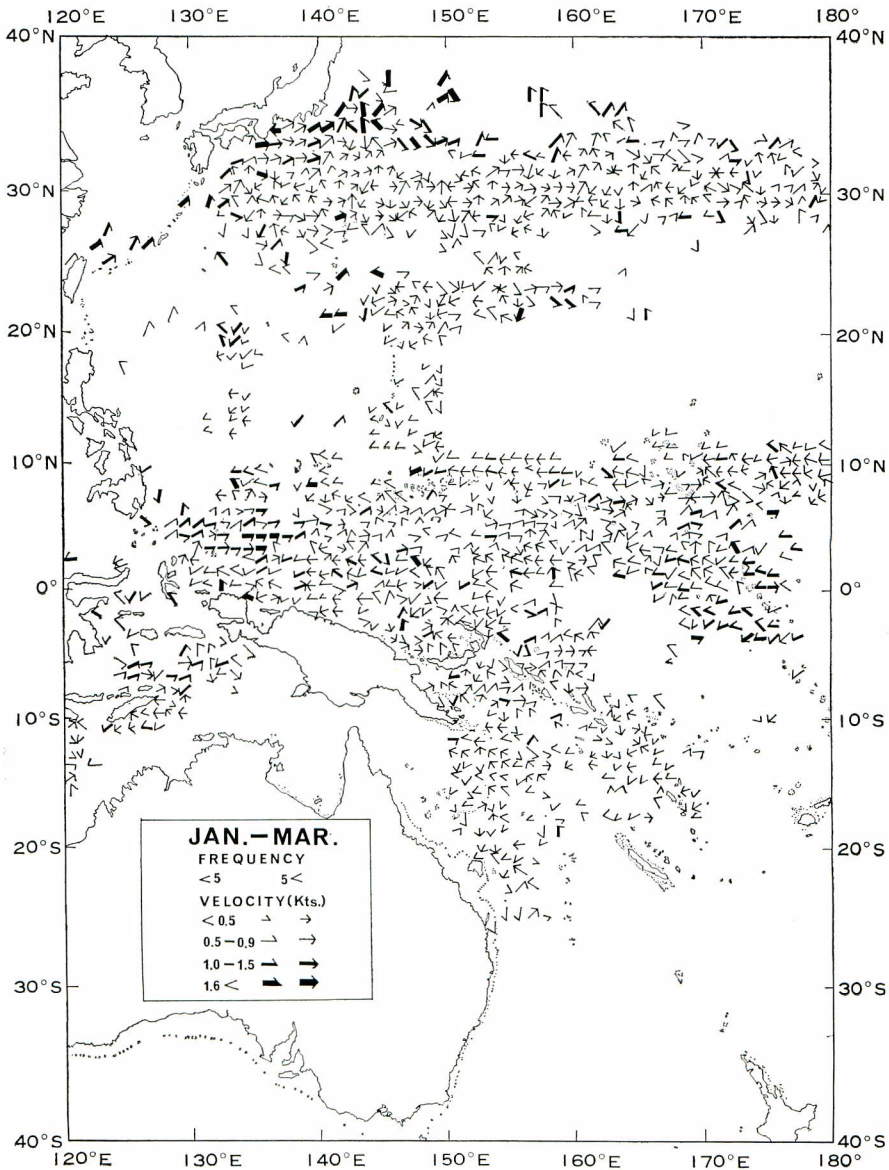


Fig. 2. a

台湾北東海域から日本沿海にかけて、北東～東向き黒潮 (Kuroshio) の強流帯は明らかであり、黒潮続流 (Kuroshio Extension) および北太平洋流 (North Pacific Current) の存在も示唆されている。黒潮の南側には、種々の方向を持つ黒潮反流 (Kuroshio Counter-Current) が認められる。

10°N～25°N の海域における資料は少ないが、20°N～23°N にかけて部分的に東向き流れがみられ、これは亜熱帯反流 (Subtropical Countercurrent) に関連をもつものと思われる。10°N 付近には明瞭な西向き流れがみられ、北赤道海流 (North Equatorial Current) の主流部の存在を示唆している。ミンダナオ海流 (Mindanao Current) は部分的にしか示されていないが、8°N～3°N の間には東向き流れが存在し、

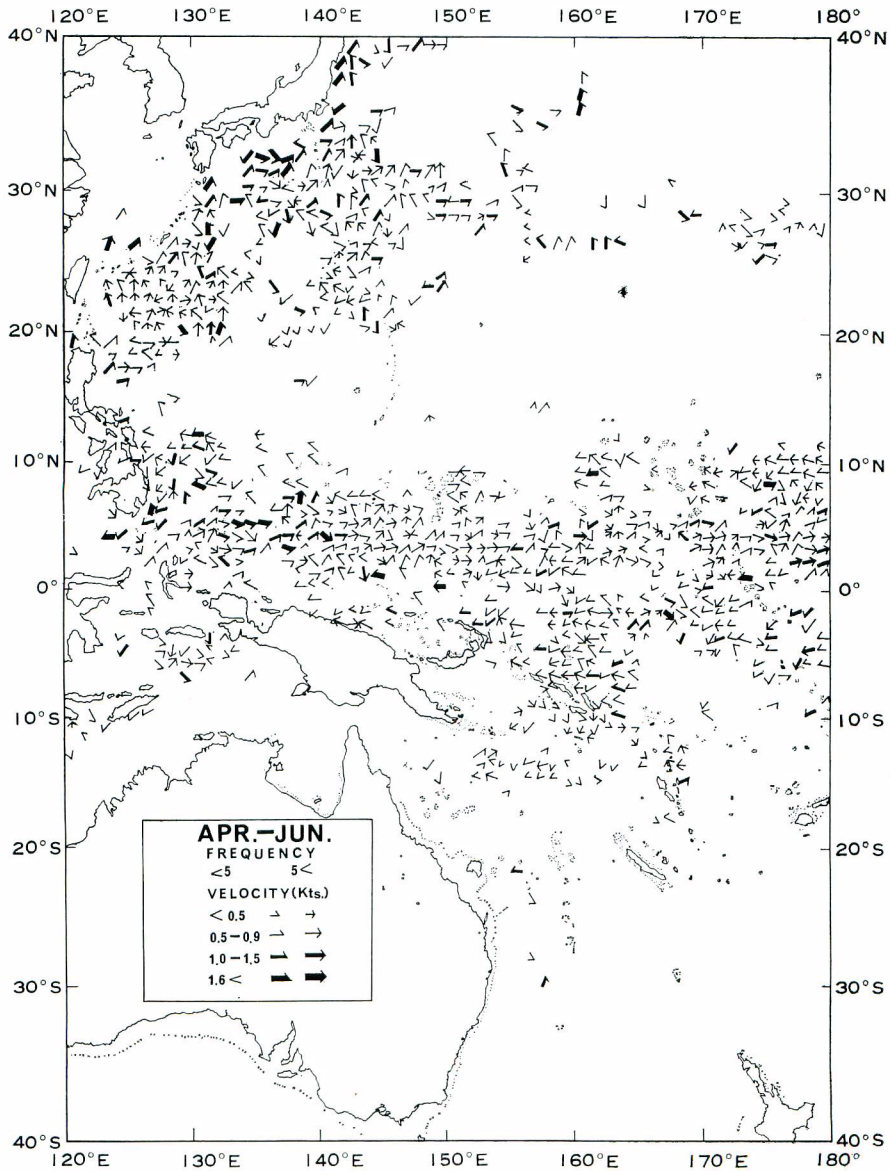


Fig. 2. b

北赤道反流* (North Equatorial Countercurrent) の存在は明瞭である。

北赤道反流の南側には、北西～西向きの南赤道海流 (South Equatorial Current) が存在している。ニューギニア北岸域では、弱い南東方向の流れがみられ、ニューギニア沿岸流 (New Guinea Coastal Current) に相当するものと考えられる。ソロモン群島の北側には、部分的な東向きの流れが示されており、これは南赤道反流 (South Equatorial Countercurrent) の存在を示唆するものかもしれない。ソロモン群島の南側か

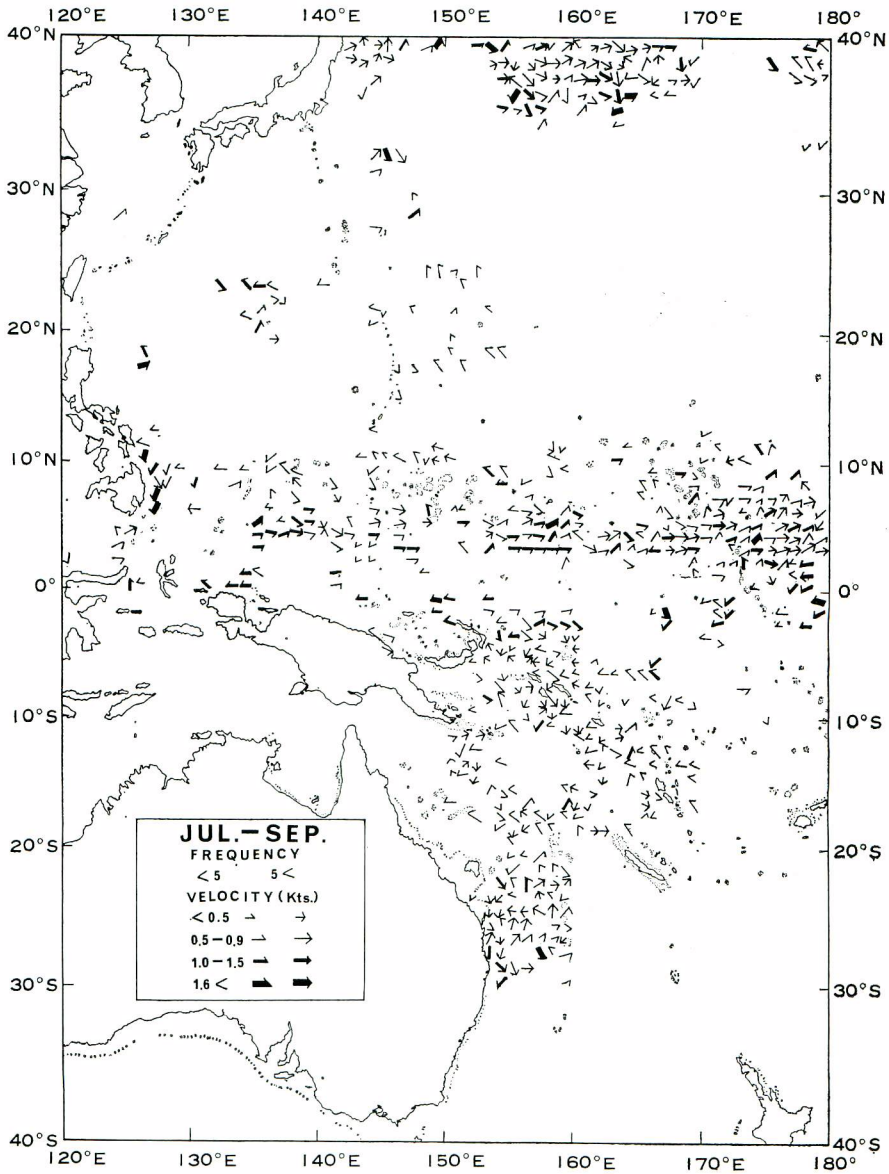


Fig. 2. c

* MONTGOMERY and STROUP (1962), TSUCHIYA (1970) および ROTSCI (1970) による提言、即ち、“赤道海流系の名称を変えるべきである。”により、ここでは、これまでの赤道反流を北赤道反流と呼称することにする。

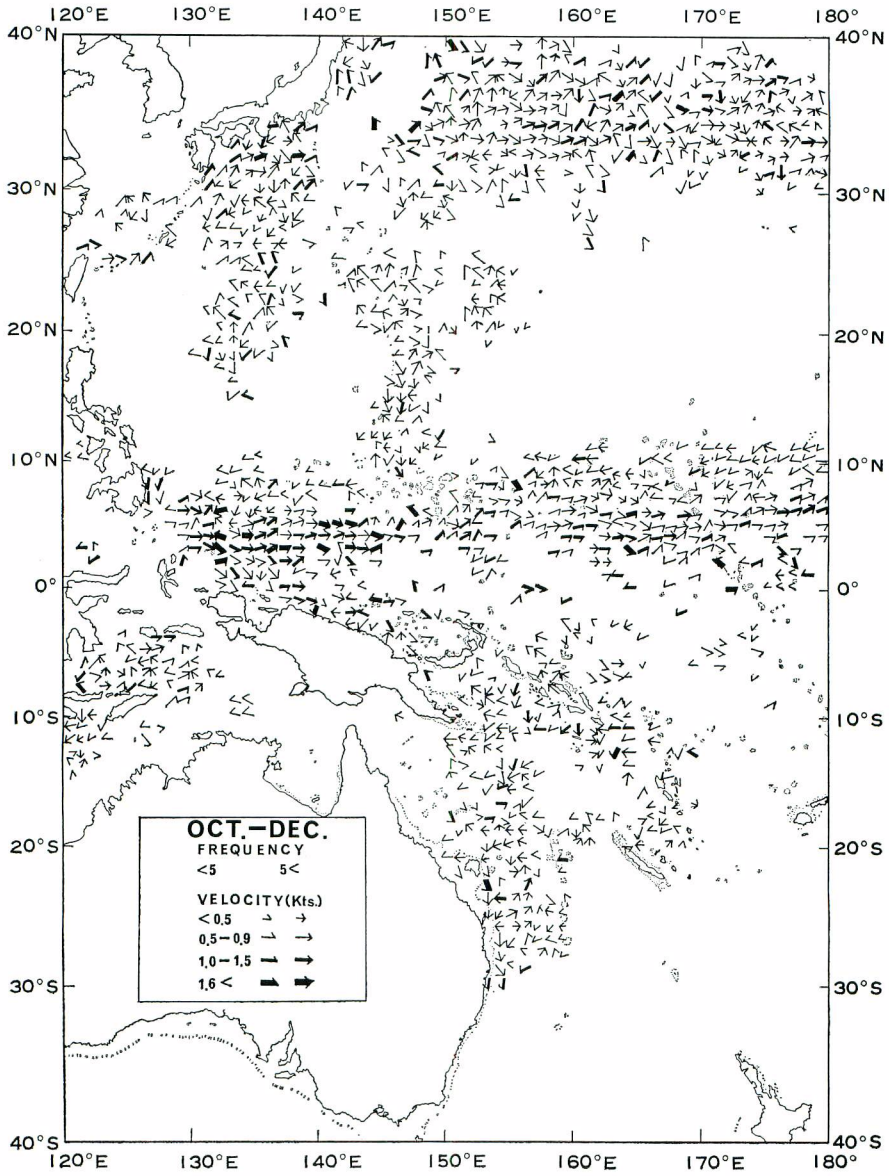


Fig. 2. d

Fig. 2. Average surface current vectors for season as seen from the drift of tuna longline gear. a: Jan.-Mar. b: Apr.-Jun. c: Jul.-Sep. d: Oct.-Dec.

The black arrows show the mean direction and force of surface currents in each one-degree quadrangle. The accuracy of the resultant current in any one-degree quadrangle is indicated by the number of observations (more or less than five).

ら珊瑚海にかけては、南西～西～北西方向の幅広いが乱れた流れが示されており、WYRTKI (1960) による貿易風皮流 (Trade Drift) に当るものと考えられる。オーストラリア東岸域には南～南東方向に流れる東オーストラリア海流 (East Australian Current) が部分的に示されている。

2) 4～6月 (第2図, b)

20°N 以北の海域における諸海流の分布状態には、1～3月の場合と大差はみられない。北赤道逆流は明瞭な東向きの流れとして示されており、ミンダナオ沿岸における南～南西方向のミンダナオ海流と、セレベス、ハルマヘラ島の間の北上流が上記の赤道逆流に流入している。1～3月にみられたニューギニア沿岸流はこの時期には消滅しており、南赤道逆流の存在も明らかでなく、全般的に西～北西方向に流れる南赤道海流が発達しているのがみられる。なお、10°S 以南の海域における資料は少なく、東オーストラリア海流および貿易風皮流の様相については明らかではない。

3) 7～9月 (第2図, c)

この時期は、マクロ延縄漁況の急変する時期に当たっているため、1年中で最も資料が少ない。したがって、東向きに流れる北赤道逆流の場合を除いて、各海流分布の状態については明らかではない。

黒潮続流、ミンダナオ海流および南赤道海流は部分的に示されているに過ぎないが、後者のニューギニア北岸域における流速は大きく、この時期が南赤道海流の強勢期に当ることを示唆している。ソロモン群島の北側～東方にかけて、南赤道逆流に関連すると思われる東向きの流れが認められる。珊瑚海およびオーストラリア東岸域における貿易風皮流、東オーストラリア海流の流向は不定である。

4) 10～12月 (第2図, d)

大勢的にみると、1～3月の海流分布と大差はみられないが、ニューギニア北岸域では東向きの海流が卓越し、この海域では南赤道海流のみられないことが注目される。珊瑚海および東オーストラリア海岸域では、他の時期に比較して強い流れがみられるが、流向は不安定である。

以上の結果を総合すると、東向きの北赤道逆流はいずれの時期にも明瞭であり、時期による流速、幅、および位置等の変化が認められる。資料のある範囲では、北東および東向きの黒潮は強流帯として明らかであり、黒潮続流および黒潮逆流の存在も認められる。亜熱帯逆流は、東流帯としては明らかではないが、部分的な東流として示されている。西向きの北赤道海流の南半部は明らかであるが、北半部のマリアナ群島周辺では海流分布は複雑である。南赤道海流には、ニューギニア北岸域において、時期による変動が認められる。また、南赤道海流中では、赤道付近で散発的な東流が、ソロモン群島の東方には比較的連続した東流帯がみられる。後者は10～12月に著しいが、これは南赤道逆流と関連を持つものと思われる。10°S 以南の海域では、貿易風皮流および東オーストラリア海流が存在するが、流向は一定ではなく複雑な分布を示している。

III 考 察

前章では、四半期別の海流図をもとにして、海流分布の概要について検討したが、細かい資料をも加えて、主な海流についてより詳細に考察すると以下のようである。

1. 赤道海流系について

既述したように、北赤道逆流はいずれの時期にも明瞭に認められるので、四半期別の海流図をもとにして、この海流の範囲や流速等、さらに、周辺海流の流向、流速分布等を模式的* に示すと第3図のようである。同図から以下のようなことがうかがわれる。

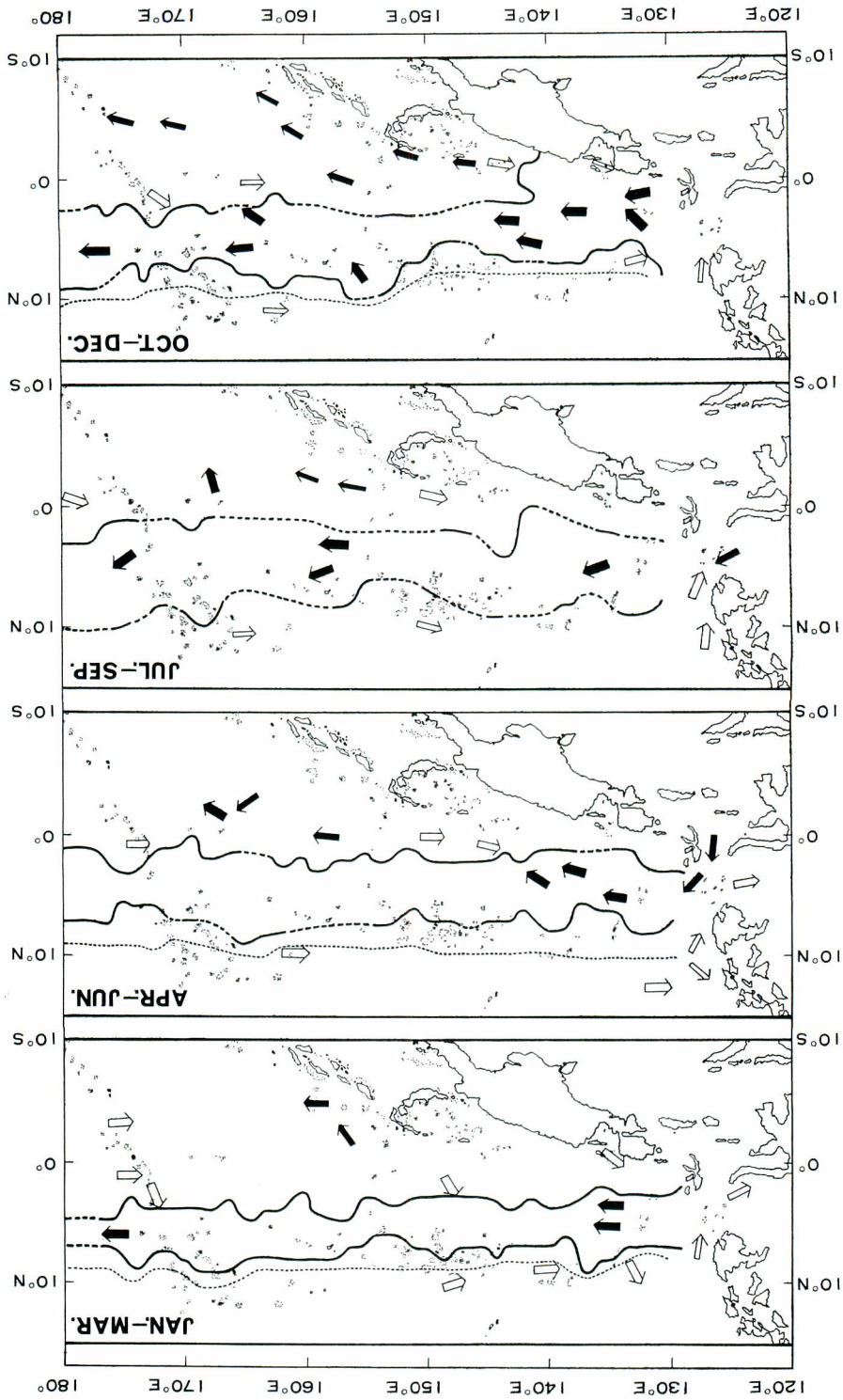
1) 北赤道逆流

(1) 蛇行

南、北縁ともに蛇行状態を示し、北縁の北側には緯度にして 2°～3° の幅で流向不定の海域がみられる。

* WYRTKI (1965) の場合と同様に、明瞭な東流ベクトル帯と、西流ベクトル帯との間を海流の境界として実線で結び、資料の無い海域は点線で結んだ。強流 (1.6 Kts 以上) の存在は、総合的に示されるように配慮した。

Fig. 3. Schematic representation of the equatorial currents centering around the North Equatorial Countercurrent on the basis of Fig. 2. Small dotted line and large arrows indicates the mutable area and strong currents (more than 1.6 Kts), respectively.



この海域内では多くの渦流の存在が示唆されている。

TSUCHIYA (1961) は、力学計算および直接測流の資料等をもとにして、南、北縁の位置について検討した結果、南、北縁の蛇行が存在することを報告している。また、山中 (1971)、I. YAMANAKA, H. YAMANAKA (1972) は、BT による連続海洋観測結果をもとにして、南、北縁の蛇行と、特にそれが東カロリン群島以西の海域において著しいことを指摘している。MAO and YOSHIDA (1955) は、北赤道反流の北縁に連続した反時計回りの渦流の存在を、山中 (1971) はこれと反対に、時計回りの渦流の存在を指摘している。これらのことから、北赤道反流の南、北縁の蛇行は普遍的なものであり、前述した渦流の存在と蛇行との間に関係があるように思われる。

(2) 南、北縁の位置および反流域の幅

第3図を基にして、北赤道反流の北縁、南縁、幅等の平均緯度を示すと第2表のようである。同表に示すように、北縁は7~9月、南縁は1~3月に最も北上し、北縁は4~6月、南縁は7~9月に最も南下している。また、北赤道反流の幅は7~9月に最も広く、1~3月に最も狭くなっている。

Table 2. Mean position of the northern and southern boundary, and width of the North Equatorial Countercurrent as inferred from Fig. 3.

Season	Northern boundary (°N Lat.)	Southern boundary (°N Lat.)	Width (°N Lat.)
Jan.—Mar.	7° 33′	3° 27′	3° 56′
Apr.—Jun.	7° 12′	2° 17′	4° 55′
Jul.—Sep.	8° 18′	2° 13′	6° 05′
Oct.—Dec.	7° 52′	2° 55′	4° 57′

SCHOTT (1939), MORSKOI (1950) の海流図によると、北赤道反流は夏季に北上し、冬季には南下しており、この海流の幅は夏季に広く冬季に狭くなっている。WYRTKI (1961) も、ニューギニア北側の海域における北赤道反流の幅は、11月に狭いことを報告している。TSUCHIYA (1961) は、北赤道反流は平均すると、3°~8°N に位置するが、緯度にして3°以上の幅で南北に移動すると述べている。また、山中、外 (1965) は、北縁は6°~8°30′N、南縁は2°~4°30′Nの間で南北に移動すると報告している。この外、I. YAMANAKA, H. YAMANAKA (1972) は、北縁は5°~10°N、南縁は4°N~1°S付近に位置し、緯度にして5°の幅で南北に移動するが、このような結果はCROMWELL (1954)、TSUCHIYA (1961)、山中、外 (1965) 等の結果と比較して、位置はやや北偏し、変動幅はやや大きいと述べている。さらに、150°~155°Eの海域では、南、北縁の相対的位置は奇数年には北に、偶数年には南に位置し、隔年周期的な位置の南北変化のあることを指摘している。以上のような過去の研究結果と、本報告のそれとはほぼ一致しているといえよう。

(3) 流速等

北赤道反流の源流部における強流帯 (1.6 Kts 以上) は各時期ともに現われているが、7~9月にはやや不明瞭である。また、北赤道反流内における強流帯は、10~12月に最も明瞭に、ついで、7~9月にも現われているが、その他の時期には示されていない。

PULS (1895) は、北赤道反流は9月に最も発達し、3~4月に最も衰えると述べているが、WYRTKI (1961) は、ニューギニア北側の海域においては、6~8月に北赤道反流の勢力が最も強く、10~11月には勢力が弱まると報告している。山中、外 (1965) は、130°~140°Eの間の輸送量は6~7月に最大となると述べ、前述したWYRTKI (1961) の結果を裏付けている。また、HISARD, MAGNIER and WAUTHY (1969) は、ニューギニア北側における表面海流のパターンや強さは1年中顕著に変化しており、7月には、北赤道反流はミンダナオ海流および、ニューギニア北部沿岸に沿って流れ、ハルマヘラに達する南赤道流によって涵養されるために、この月には最強に達すること、さらに、1月には、南赤道海流は北西風の増大に直面して勢力が衰え、北赤道反流はニューギニア沿岸流として南半球側の水を失い、北半球側の水だけによって涵養されるために、こ

の月には勢力が最弱になると報告している。このように、既往の報告は流量を中心とした勢力の季節変動を論じているのに対して、本報告の場合には強流帯の有無だけについて検討している。したがって、両者の結果にかなりのずれのある場合もあるが、冬季に北赤道反流の流速が弱い点では一致している。WYRTKI (1961) は、ニューギニア北側の海域において、4月には北赤道反流もニューギニア沿岸流とともに消滅し、西と北西方向の吹送流が卓越すると述べている。東部太平洋における北赤道反流の季節変動については、CROMWELL (1958), KNAUSS (1958), CROMWELL and BENNETT (1959) および WYRTKI (1965) 等が検討しているが、一年の中の或る期間、この海流は *zonally discontinuous* なものであると述べている。本報告の場合、資料は3ヶ月ごとに整理されているために、このような検討はできない。

2) 南赤道海流

強流帯の存在については明らかではないが、10~12月には、ニューギニア北岸海域に南赤道海流は認められず、南東方向の沿岸流が発達して北赤道反流と区別できない。

WYRTKI (1961) は、ニューギニア北岸域において2月には南赤道海流は赤道の北に現われ、4月には西と北西に向う吹送流が卓越し、6~8月には最も卓越するが、10月には勢力が弱まり、11月には南赤道海流は存在せず、南東に向う沿岸流が生ずると報告している。また、WYRTKI (1965) によると、東部太平洋の赤道のすぐ北側では南赤道海流は8~9月に最強で3月に最弱であることを、TSUCHIYA (1970) も、一般に北半球の冬季よりも夏季に強いと報告している。本報告の場合には、南赤道海流の強弱について検討できる資料は少ないが、上述した10~12月のニューギニア北岸域にみられた現象は、前述した WYRTKI (1961) のそれをうらがきしている。

3) 北赤道海流

強流帯の存在は、1~3月の間に最も明瞭である。

SCHOTT (1939) は、太平洋西部における北赤道海流の流量は冬に大きく夏に小さいことを、WYRTKI (1961) も、ニューギニア北側の海域では表面流速は冬に大きく夏に小さいことを、さらに、KNAUSS (1962) は1月の流量が7月のその約2.5倍に近いこと等を報告している。この外、NITANI (1972) は、北赤道海流の最大流速は10°N 付近にあり、100 cm/sec に達すると述べている。これに対し増沢 (1970) は、前記のような報告はあるが、流速や流量の季節変化については確定した知見があるようには思われないと述べている。これらのことから、今回得られた結果は、増沢以前の研究結果と一応、一致しているものと考えられる。

4) ミンダナオ海流

海流分布の詳細については不明であるが、強流帯の存在は7~9月に比較的明瞭である。

SCHOTT (1939) は、この海流は顕著な年変化を示し、冬季強勢になることを、WYRTKI (1961) も、時として流速は100 cm/sec に達するが、冬季(11月~1月)に流速最大であると述べている。増沢 (1969) は、この海流は50 m 深で流速最大であり、強流帯は距岸100 Km 以内であることを、CANNON (1970) も、強い流れの限界は70~80 Km であることを報告している。この外、増沢 (1969) は、冬、夏季における地衡流量を計算した結果、夏と冬のちがいがあるとはいえないと述べている。このようにミンダナオ海流の流速、流量の季節変化については、既往の研究結果と最近のそれとはかなり異なっているが、本報告の場合でも既往の結果とは一致していない。

2. 亜熱帯反流、南赤道反流および赤道付近の東流について

既述したように、四半期別のベクトル平均値の場合、亜熱帯反流および南赤道反流は明瞭な東流帯としては示されていない。これは両海流ともに中心深度が浅く、かつ、流速も小さいので (UDA and HASUNUMA, 1969, TSUCHIYA, 1970)、北東および南東の季節風の卓越に起因する表層の西流に覆われる (CROMWELL, MONTGOMERY and STROUP, 1954, ROTSCHI, 1971) ためと考えられる。したがって、季節風の弱い時には、両海流は東流として記録されやすくなると考えられる。このような観点から、15°~25°N, 0°~15°S の海域について東向き海流原資料だけをとりあげ、月別に図示すると、第4図のようである。

1) 亜熱帯反流

第4図に示すように、全般的にみると東向きの流れは1年中存在している。しかしながら、東向きの海流の

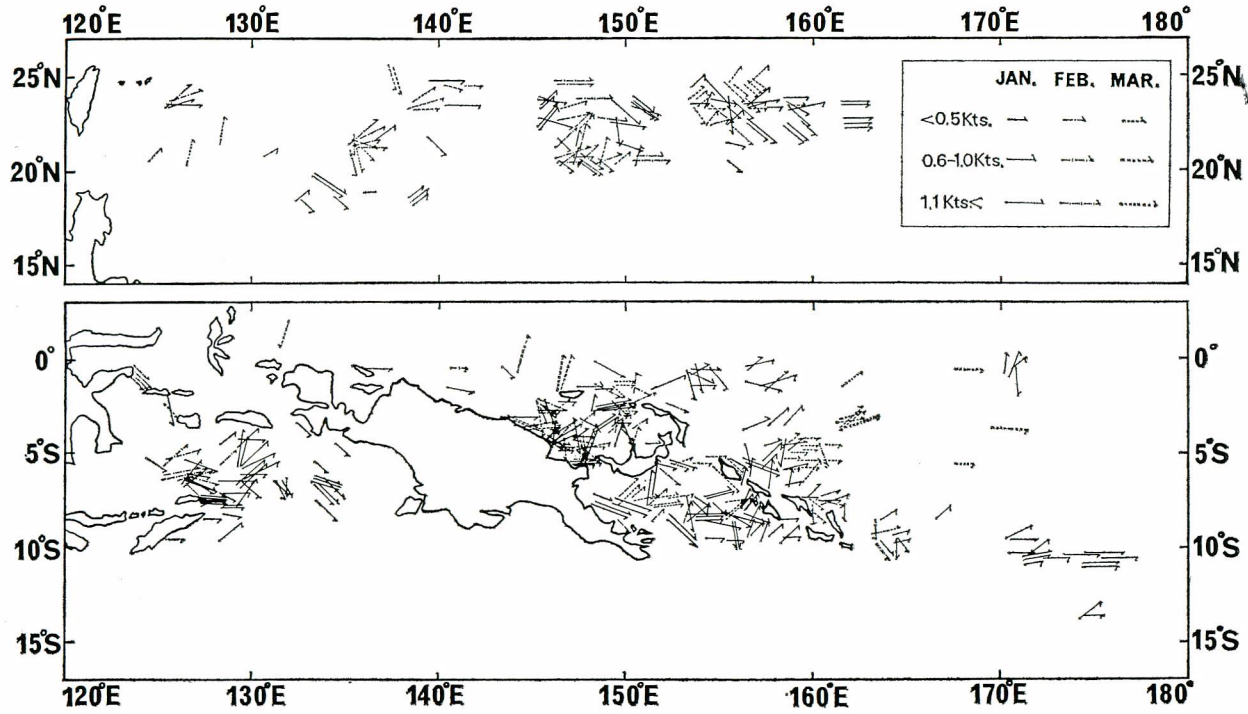


Fig. 4. a

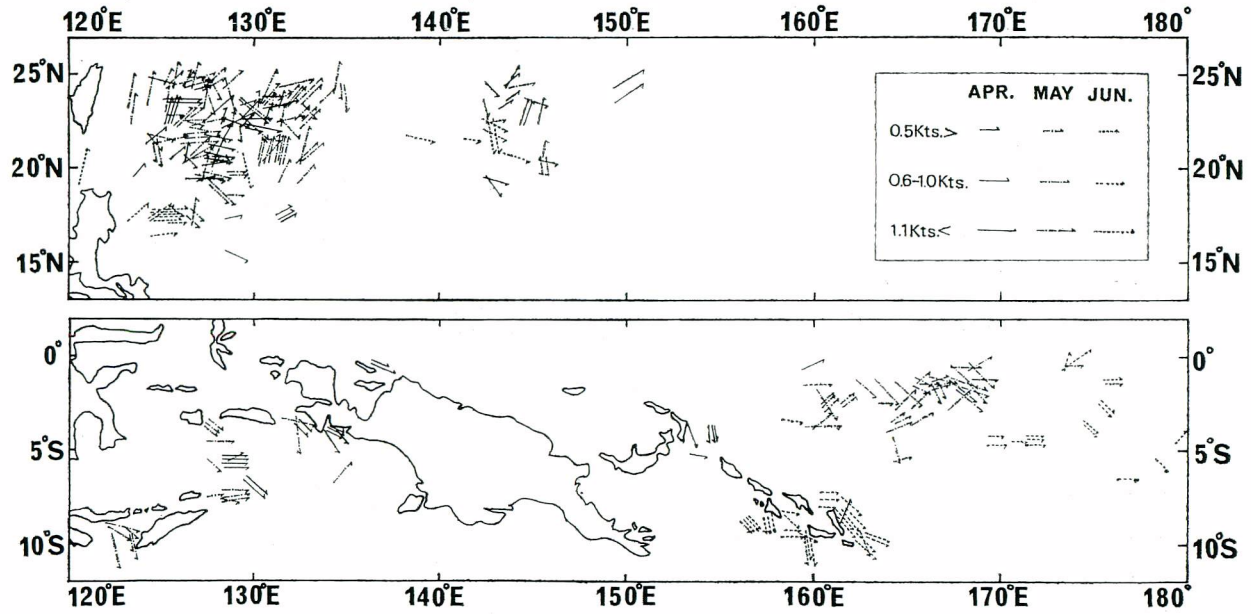


Fig. 4. b

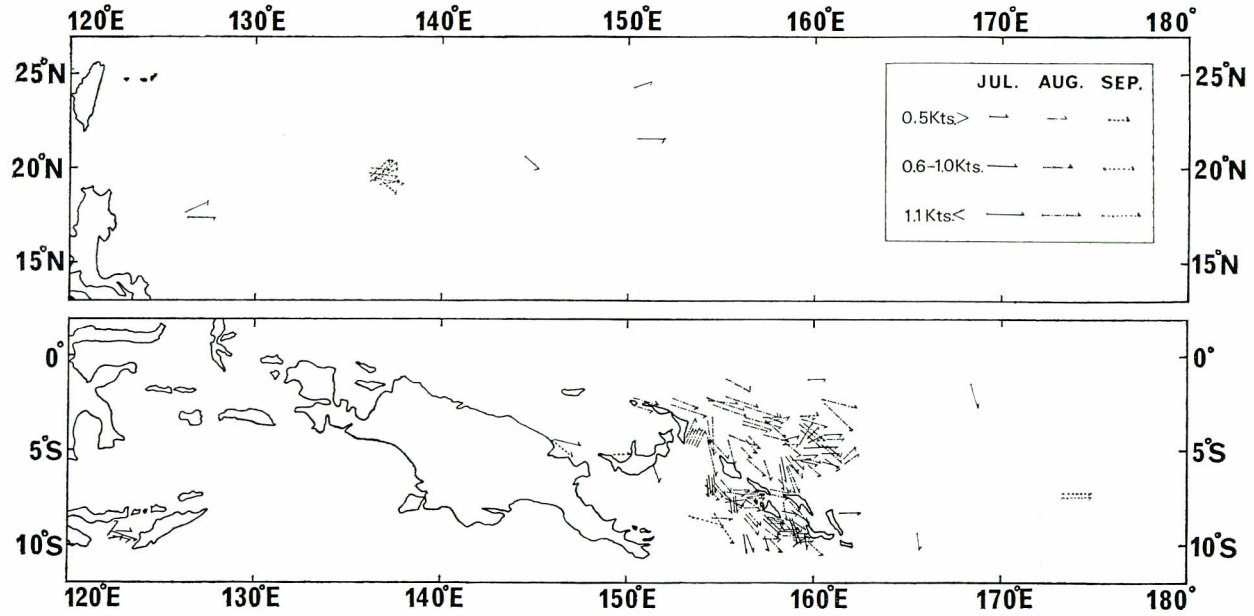


Fig. 4. c

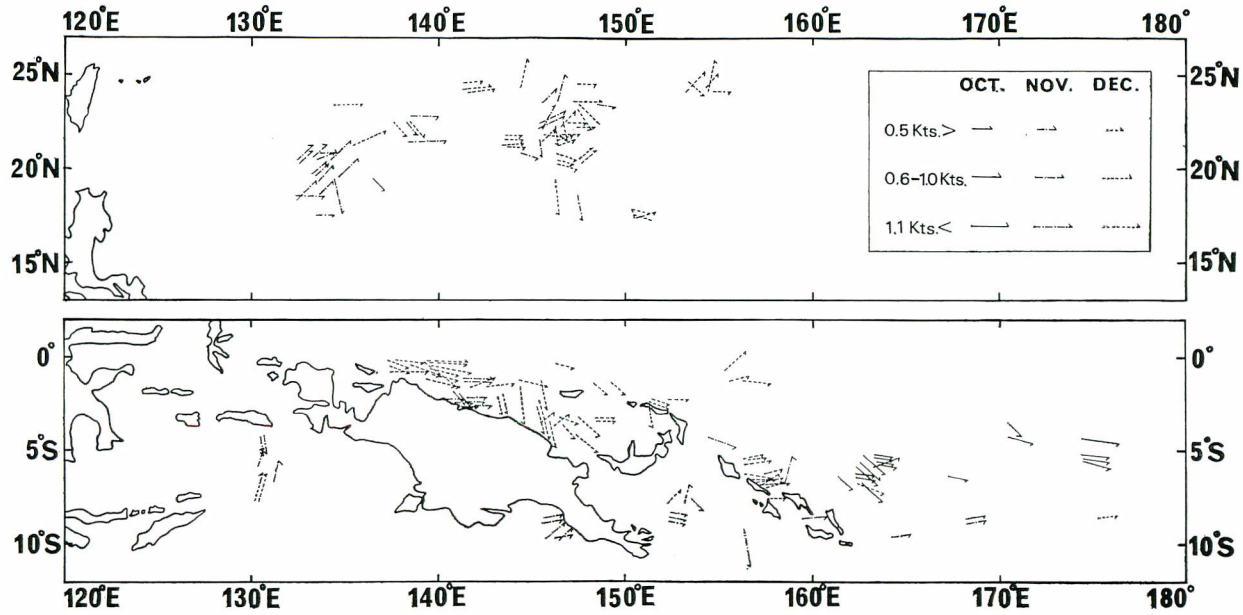


Fig. 4. d

Fig. 4. Easterly surface currents, by season, around the subtropical area (15°N – 27°N) and the southern area of the Equator (0° – 15°S) as seen from the drift of tuna longline gear, from 1949–'69.

a : Jan.–Mar. b : Apr.–Jun. c : Jul.–Sep. d : Oct.–Dec. Arrows are drawn representatively by each month based on the original data.

出現状況、流速等については以下のような傾向が認められる。

11月には、 20°N 以北の海域に北東方向の、 20°N 以南の海域に南東方向の海流がみられる。12~2月には、 20°N 以北、 140°E E以西の海域に北東~南東向きの海流がみられるが、 20°N 以北の 140°E 以東の海域には明瞭な東流がみられ、流向が安定している。流速は12月には、 0.5Kts 以下の場合が多いが、1~2月には流速は大きくなり、 $0.6\sim 1.0\text{Kts}$ の場合が多く、時には 1.0Kts 以上の強い流れのみられることもある。3~5月には、全般的にみて海流は北東~南東方向で、流速は $0.6\sim 1.0\text{Kts}$ の場合が多く、流向は不安定であり、6月には 140°E 以東の海域に部分的な東流がみられるにすぎない。第1表に示したように、7~9月には資料数が極めて少ないが、10月の場合もこれらと同様に資料数が少なく、これらの月には 20°N 以北の海域に部分的な東流が示されているに過ぎない。以上のことから、東流の存在が明瞭で流向が安定しており、大きい流速のみられるのは1~2月で、他の月にも東向きの流れは認められるが流向は不安定であるといえよう。この外、1~2月には、 $18^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ の間でも東流の示されていることが注目される。

この海域における東流は、既に、UDA (1955)、山中、外 (1965) 等により観測されており、YOSHIDA and KIDOKORO (1967, a, b) は、反時計廻りの風の応力の渦度 (vorticity) の谷が、東向きの海流因であることを理論的に導き出して、Subtropical Countercurrent と命名した。その後、UDA and HASUNUMA (1969) は、CSK (1965~'66) の資料をも含む既往の資料を解析して、亜熱帯反流の全体的な様相を明らかにした。UDA, HASUNUMA によると、この海流の流速は $0.2\sim 1.3\text{Kts}$ (平均 0.5Kts) で、地衡流的な場で1年中示されており、海流幅は約100海里、厚さは300mで顕著な蛇行がみられ、流量は黒潮のその10~20%である。また、UDA, HASUNUMA は、日本水路部発行の船舶の漂移から求めた資料を基にした4季別の表面海流図 (1924~'34) にも、 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ の間に同様な東向きの流れのみられることを指摘している。なお、山中、外 (1965) は、この海流は南西季節風期に、UDA (1970) は、冬および春に卓越するらしいことを報告している。

山中、外 (1965) は、 18°N にみられる東流は、CROMWELL (1951)、MAO and YOSHIDA (1955) による中部太平洋の同緯度の東向きの海流に結びついているらしいことを、また、CHARNELL and SECKEL (1966) は、ハワイ諸島の近くの 20°N のすぐ北側に、東流のみられることを、さらに、REED (1970) は、 160°W の $24\sim 26^{\circ}\text{N}$ の間に流速 18cm/sec 以上の東流がみられることや、この東流は晩夏に定常的に現われるらしいこと等を報告しているが、中部、東部太平洋における様相については、まだ不明瞭な点が多い。

MASUZAWA (1967) は弱い東向きと西向きの流れが交互に現われ、東流は $22^{\circ}\sim 24^{\circ}\text{N}$ で最も卓越していることを、ROBINSON (1969) は11~5月にかけて、 $22^{\circ}\sim 27^{\circ}\text{N}$ の間の躍層の深度分布は不規則で、大きさの変化する一連の渦の存在を示唆するように思われると述べている。また、NITANI (1970) は、 $16^{\circ}\sim 19^{\circ}\text{N}$ 、 $20\sim 22^{\circ}\text{N}$ の2つの東流帯の存在することを述べている。さらに、YOSHIDA (1970) は、200m層における緯度的な水温傾度を示すマップでは、 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ の海域の海流は3~4の東向きのベルトと、3つの西向きのベルトで明瞭に分離しており、その中で最も顕著な現象は、東流は経度の異なる断面でも、 $21^{\circ}\sim 22^{\circ}\text{N}$ の間に常にみられることであると述べている。その後、MASUZAWA (1972) は、BURKOV and PAVLOLA (1963) による力学高低図には、亜熱帯反流は連続した海流としてではなく、 20°N 、 135°E から 30°N 、 165°W までの断続した東向きの流れとして示されていることや、亜熱帯海域では海流パターンは不規則にみえるが、注意して観察すると半システムチックな東向きの海流が示されていると述べている。さらに、NITANI (1972) は $5^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ の間の北赤道海流域は5つの西向きおよび東向きの帯に分離されるが、南半部における分離は北半部のそれほど明瞭でないこと、これらの事実から、北赤道海流はモザイクよりも縞状性 (striped character) をもつように思われると述べている。また、この分類による北からの第1、第2の東向きの帯流は亜熱帯反流に関連しており、つぎに、第3の東向きの帯流が 18°N 付近に存在する可能性も大きいとはいえ、第4、第5の東向きの帯流の存在および成因等については不明瞭であると報告している。

延縄の漂移から得られた結果からでは、上述したような亜熱帯反流の multiple 性 (multiple character)、または、縞状性や、さらに、これの中部、東部太平洋における状態等については、情報を追加することはできなかった。しかしながら、周年にわたって東流のみられること、特に、1~2月に流向が安定しており、大き

い流速のみられること等は、既往の報告結果(山中, 外, 1965, UDA, 1970)と一致しており、また、1~2月には18°N付近の東流の存在も示唆されているものと考えられる。

2) 南半球側の赤道付近にみられる東流

第4図に示すように、9~11月の間は赤道付近に東流は全く示されていない。しかしながら、これら以外の時期には、130°E~180°, 0°~2°Sの海域に東向き of 海流の存在が認められる。海域的な東流の出現の特性についてみると、3~6月の間には0.6~1.0 Ktsの東流が160°E以東の海域に、12~4月の間には、0.6~1.0 Kts またはそれ以上の流速を示す東流一特に12~1月に明瞭である一が、160°E以西の海域に現われている。なお、7~8月にも東流の存在は示されているが、観測回数そのものは少ない。以上のことから、7~11月の間には赤道付近には東流はほとんどみられないが、12~6月の間には東流がみられ、12~2月の間には160°E以西の海域に、5~6月の間には160°E以東の海域に、3~4月では全般的に東流がみられるという傾向が指摘できる。

北赤道逆流が、赤道を越えて南半球側まで広がる現象については、SVERDRUP and FLEMING (1944), ROBINSON (1954), MAO and YOSHIDA (1955), 吉田, 外 (1959) 等によって報告されており、TSUCHIYA (1961) も上記の現象を指摘しているが、年および季節による特長等については不明な点が多い。しかしながら、今回の結果からみると、赤道付近に認められる東流の出現には、季節的な特長がある。したがって、このような結果と過去の研究結果とを結びつけて考えることは、今のところ、困難なように思われる。

WYRTKI (1961), HISARD *et al.* (1969) は、ニューギニアの北側海域では北半球の冬季に、北西風の増大に直面して南赤道海流は勢力を失うと報告している。一方、PULS (1895) は、115°W からガスバゴス群島の間の赤道における表面海流は3~4月に東に向きを変えらることを指摘しており、この現象は東からの貿易風が弱まる間に、赤道潜流が表層に出るものとして説明されている(CROMWELL, MONTGOMERY and STROUP, 1954), 西部太平洋における赤道潜流の中心は200 m 深にあることが、TSUCHIYA (1961, 1968, 1970), MONTGOMERY and STROUP (1962) 等によって報告されているが、ROTSCHI (1971) は、170°E 線上の赤道では、表層には南赤道海流に属する西向流が、下層には東向きの赤道潜流が存在しており、後者は多くの場合、上部(中心は100 m 深)と下部(中心は200 m 深)の2つに分けられると報告している。さらに、ROTSCHI (1971) は、北半球の冬季、赤道付近で西風が強い時には、表層の南赤道海流は東向流に、上部の潜流は西向きとなることを指摘している。

以上のことから、赤道付近にみられる東流は、赤道偏西風との関連が強いものと考えられる。赤道前線(Intertropical Convergence, 根本, 外, 1959)が北半球側にある北半球夏季には、東向きの流れはほとんど認められないことや、赤道前線が南半球側にある冬季には、東向きの流れのみられることや、さらに、赤道偏西風が発達しつつある過程では、160°E以西に、後半期に入ると全海域にわたって、最終期には160°E以東の海域だけにのみ東流のみられること等、この東流と赤道偏西風の季節的消長との間に、深い関連が示唆されている。しかしながら、この東流が赤道偏西風だけの影響によるものか、あるいは、上述した赤道潜流をも含めた影響によるものかは今後の問題として残されている。

3) ニューギニア沿岸流

第4図a, bに示すように、11~2月にかけて、ニューギニア北岸域およびビスマルク海には、東~南東向きの海流の存在は明らかであるが、他の時期にはこの海流は全く示されていない。

MORSKOI ATLAS (1950) には、北半球の冬季、ニューギニア沿岸にそった南東向きの流れに、New Guinea Coastal Current の名称が付けられている。また、WYRTKI (1961), HISARD *et al.* (1969) は、11月には北赤道逆流は南東方向に水を失い、この水は風の影響によって、ニューギニアの北岸に沿った南東方向の沿岸流(New Guinea Coastal Current)を形成するが、4月には、西および北西方向の吹送流が卓越するために、北赤道逆流も沿岸流とともに消滅すると報告している。MASUZAWA (1967) も、この海流は北半球の冬季に、ニューギニアの沿岸に密接した薄い東向きの流れで、他の時期には南赤道海流の西向きの流れで置きかえられると想定されている(WYRTKI, 1961, BURKOV and OVCHINIKOV, 1960)と述べている。

以上のことから、第4図 a, b に示すように、11~2月にかけてみられる南東方向の海流は、New Guinea Coastal Current と考えられ、出現時期も WYRTKI (1961) のものと一致しているようである。

4) 南赤道反流

第4図に示すように、5, 9, 10月を除きほとんど周年にわたって、ソロモン群島北側の海域に東~南東方向の海流がみられるが、特に8月には顕著に現われている。各月におけるこの海流分布の北限について検討すると、ニューアイルランドおよびニューハノーバー島の北東岸域にみられる南東方向の海流と連続しているように思われる。また、前記の海流に連続していると考えられる東流が、11~1月にかけてソロモン群島以東の10°Sの海域に、明瞭に現われている。なお、これらの東流とは離れて、5月には3°~4°S, 160°~170°Eに、6月には3°~7°S, 170°E~180°に、さらに、9~10月には4°~7°S, 160°~175°Eに東流の存在することが注目される。

南赤道反流は REID (1959) によって発見され、その後、REID (1961, 1965), WOOSTER (1961), TSUCHIYA (1961, 1968, 1970), KOSHLJAKOV, NEIMAN (1965), ROTTSCHI, LEMASON (1968), および ROTTSCHI (1970, 1971) 等によって報告されており、BURKOV and OVCHINNIKOV (1960), KOSHLJAKOV and NEIMAN (1965) 等の実測結果もある。また、YOSHIDA (1961) は HIDAKA (1958) によって推定された風の応力分布から、力学的にこの海流の推測可能なことを指摘している。

TSUCHIYA (1968, 1970) は、南赤道反流は表層ではソロモン群島付近に発し、120°W まで流軸は10°S 付近にあるが、それ以東の海域では南に遷移するように思われると述べている。また、推定最大流速は10 cm/sec で、東よりの海域よりも西よりの海域でよく規定されるが、力学計算に基づく南赤道反流は、表層では10°S に、次表層では5°S の250 m 深にあり、両者はしばしば分離している場合があることを報告している。一方、ROTTSCHI (1970) は、この海流は非常に変化し易く、10~30 cm/sec の流速の中心はいつも表層にあるが、その深度は200~500 m と変化し、表面における平均幅は560 Km で、620 Km の範囲で変化しており、南縁の緯度的変化は少ないが、北縁の変化は大きいことを報告している。さらに、ROTTSCHI (1971) は、170°E では、南赤道反流が赤道直下の下部潜流と接続している場合が多いと述べている。

REID (1961) は、米国海軍水路部の海流図では、10°S における東流の存在する証拠は1年中みられないが、米国空軍省の海流図(1939)によると、10°S の東流は11月~4月の間、ソロモン群島を起点にしていることを示していると述べている。WYRTKI (1965) は、船の漂移から求めた表面海流図では、140°W 以東の海域に何らの東向きの流れが示されていないことから、南赤道反流は次表層にだけ存在するのではないかと示唆している。その後、ROTTSCHI (1970) は10°S, 170°E 付近で、ニューギニア北側に起源をもつ *Euphausia fallax*, 多分、ニューヘブリデス島に起源をもつと思われる *stomatopod* 幼生を収集したこと、および GEK による測流により、1968年5月、東向きの海流のみられたこと等から、この海流の存在を肯定している。

以上のことから、ニューアイルランドおよびニューハノーバー付近を発し、ソロモン群島北側を通り、同群島の10°S 付近へと連続している東流は、南赤道反流に関連したものと考えられる。また、11~1月にかけて、この東流はソロモン群島以東の海域に明瞭に現われているが、北半球の冬季にあたる時期にこの海流が発達するか否かは、今後検討すべき問題である。なお、5~6月および9~10月には、3°~7°S, 160°E 以東の海域に東流がみられるが、この時期はそれぞれ赤道偏西風(北西季節風)の終期および初期に当たっている。TSUCHIYA (1970) は、次表層の南赤道反流が5°S 付近にあることを指摘しているが、深度が250 m 内外であることや、前述した風系の関係等からおすと、赤道偏西風の発達によって南赤道流の勢力が弱まり、これにともなって次表層の反流が表層に浮上する可能性は極めて少ないように思われる。したがって、これらの東流の性格等については、今後の観測によって確かめる必要がある。

謝 辞

この報告をまとめるに当たり、延縄の漂移に関する資料を提供された日本各地の鮪延縄当業船および地方公庁船の各位に、また、資料蒐集に絶大な協力を頂いた遠洋水研浮魚資源部、塩浜利夫、薬科衛生の両氏や旧南海区水研の市場調査員各位に深謝する。

また、種々の文献の紹介や、貴重な示唆を頂いた東海大学海洋学部、宇田道隆教授、気象庁海洋気象部、増沢謙太郎海洋課長や、遠洋水産研究所、山中一郎海洋部長に、さらに、本文の稿閲を頂いた北海道大学水産学部、辻田時美教授、遠洋水産研究所、須田明企画連絡室長に感謝する。

つぎに、文献および摘要の英文の校閲をそれぞれ頂いた Pacific Environment Institute (In Vancouver), Mr. Allen DODIMEAD, Inter American Tropical Tuna Commission (In La Jolla), Mr. Patrick K. TOMLINSON に感謝する。

最後に 延縄の漂流から求める海流資料に関して、天測誤差等の影響について指摘を頂いた、北海道大学水産学部、斎藤昭二助教授に謝意を表わす。

文 献

- AUSTIN, T. S. 1954 : Mid-Pacific oceanography III, transequatorial waters August-October 1951. U. S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep., Fish. 131, 17 pp.
- BURKOV, V. A. and I. M. OVCHINNIKOV. 1960 : Investigations of equatorial currents to the north of New Guinea (in Russian). Trudy. Inst. Okeanol. Akad. Nauk, SSSR, 40, 121-134.
- BURKOV, V. A. and Yu. V. PAVLOVA. 1963 : Geostrophic circulation on the surface of the northern part of the Pacific in summer (in Russian). Result at y Issledovaii po Programme Mezhdunarodnogo Geofizicheskogo Goda, Okeanologicheskie Issledo vaniya, Sbornik Statey, X Razdel Programmy Magg, Izdatelstvo Akademii Nauk SSSR, 9, 21-31.
- CANNON, G. A. 1970 : Characteristics of waters east of Mindanao, Philippine Islands, August 1965. p. 205-211, In The Kuroshio, J. C. MARR, editor, East-West Center Press, Honolulu, 611 pp.
- CROMWELL, T. 1951 : Mid-Pacific oceanography, January through March 1950. U. S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep., Fish. 54, 9 pp.
- CROMWELL, T. 1954 : Mid-Pacific oceanography II, transequatorial waters June-August 1950, January-March 1951. U. S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep., Fish. 131, 13 pp.
- CROMWELL, T., R. B. MONTGOMERY and E. D. STROUP. 1954 : Equatorial Undercurrent in Pacific Ocean revealed by new methods. Science, 119, 648-649.
- CROMWELL, T. 1958 : Thermocline topography, horizontal currents and "ridging" in the eastern tropical Pacific. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 3 (3), 133-164.
- CROMWELL, T. & E. B. BENNETT. 1959 : Surface drift charts for the eastern tropical Pacific Ocean. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 8 (5), 215-237.
- CHARNELL, R. L. and G. R. SECKEL. 1966 : The circulation on the trade wind zone of the central North Pacific. Proc. XIth Pacific Science Congress, Tokyo, 2 (abstract).
- HIDAKA, K. 1958 : Computation of the wind stresses over the ocean. Rec. Oceanogr. Works Japan, New series, 4, 77-123.
- 平岩 節, 藤井武治, 山本昭一, 増田紀義, 石井清彦, 佐々木成二 1971 : 漂流特性による漁具監視法. 日航会誌, 45, 47-54.
- HISARD, P., Y. MAGNIER and B. WAUTHY. 1969 : Comparison of the hydrographic structure of equatorial waters north of New Guinea and at 170°E. J. Mar. Res., 27 (2), 191-205.
- KNAUSS, J. A. 1958 : The Equatorial Countercurrent as shown by the Equapac observations. Proc. Pac. Sci. Congr., 9th Bangkok, 16, Oceanography, 228-232.
- KNAUSS, J. A. 1962 : Equatorial current systems. The Sea, M. N. HILL, General editor, John Wiley & Sons, 2, 554 pp.
- KOSHIJAKOV, M. N. and V. G. NEIMAN. 1965 : Some results of measurements and calculations

- of zonal currents in the equatorial part of the Pacific Ocean (in Russian). *Okeanologia*, 5, 235—249.
- MAO, H. L. and K. YOSHIDA. 1955 : Physical oceanography in the Marshall Islands area. Bikini and nearby atolls, Marshall Islands. Prof. Pap. U. S. Geol. Surv., 260-R, 645—684.
- MASUZAWA, J. 1967 : An oceanographic section from Japan to New Guinea at 137°E in January 1967. *Oceanogr. Mag.*, 19 (2), 95—118.
- 増沢譲太郎 1969 : ミンダナオ海流. 水海研会報, 特別号 (宇田道隆教授退官記念論文集), 99—104.
- 増沢譲太郎 1970 : 短報 日本南方の北赤道海流の流量. 日海会誌, 26 (1), 61—64.
- MASUZAWA, J. 1972 : Water characteristics of the North Pacific Central Region. p. 95—127, In KUROSHIO-Its Physical Aspects, H. STOMMEL and K. YOSHIDA, editor, Univ. Tokyo Press, 517 pp.
- MONTGOMERY, R. B. and E. D. STROUP. 1962 : Equatorial waters and currents at 150°W in July-August 1952. *The Johns Hopkins Oceanogr. Stud.*, 1, 68 pp.
- 根本順吉, 倉嶋 厚, 吉野正敏, 沼田 真 1959 : 季節風. 地人書館, 東京, 294 pp.
- NITANI, H. 1970 : Oceanographic conditions in the sea east of Philippines and Luzon Strait in summers of 1965 and 1966. p. 212—232, In *The Kuroshio*. J. C. MARR, editor, East-West Center Press, Honolulu, 611 pp.
- NITANI, H. 1972 : Beginn of the Kuroshio. p. 129—163, In KUROSHIO-Its Physical Aspects, H. STOMMEL and K. YOSHIDA, editor, Univ. Tokyo Press, 517 pp.
- PULS, CASAR. 1895 : Oberflächertemperaturen und Strömungsverhältnisse des Äquatorialgürtels des Stillen Ozeans. *Arch. Disch. Seewarte*, 18 (1), 38 pp.
- REID, J. L. Jr. 1959 : Evidence of a South Equatorial Countercurrent in the Pacific Ocean. *Nature, Lond.*, 184, 209—210.
- REID, J. L. Jr. 1961 : On the geostrophic flow at the surface of the Pacific Ocean with respect to the 1,000-decibar surface. *Tellus*, 13 (4), 489—502.
- REID, J. L. Jr. 1965 : Intermediate waters of the Pacific Ocean. *The Johns Hopkins Oceanogr. Stud.*, 2, 85 pp.
- REED, R. K. 1970 : On subtropical currents and thermal structure in the central North Pacific. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 26 (3), 61—62.
- ROBINSON, M. K. 1954 : Sea temperature in the Marshall Islands area. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap., 260-D, 281—292.
- ROBINSON, M. K. 1969 : Theoretical predictions of Subtropical Countercurrent confirmed by bathythermograph (BT) data. *Bull. Japan Soc. Fish. Oceanogr.*, Special Number, 115—121.
- ROTSCHI, H. and L. LEMASSON. 1968 : Variations observed during two years in the western equatorial Pacific. *Adv. Fish. Oceanogr.*, Tokyo, 2, 13—15.
- ROTSCHI, H. 1970 : Variation of Equatorial currents. *Scientific Exploration of the South Pacific, II Circulation of the South Pacific*. National Academy of Sciences, W. S. WOOSTER, editor, Washington, D. C., 75—83.
- ROTSCHI, H. 1971 : Some Aspects of the Equatorial and Intertropical Circulation in the Western and Central South Pacific. *The Ocean World, Proc. Joint Oceanogr. Assem. IAPSO IABO CMG SCOR Tokyo*, Edited by M. Uda, Japan Soc. for the Promo. Sci., 221—223.
- 斎藤昭二, 中根重勝, 藤井武次 1963 : 風圧による新旧おしよる丸の横漂流について. 日航会誌, 30, 83—90.
- SCHOTT, G. 1939 : Die äquatorialen Strömungen des westlichen Stillen Ozeans. *Ann. Hydrogr., U. Mar. Met.*, 67, 247—257.

- SETTE, O. E. 1955 : Consideration of midocean fish production as related to oceanic circulatory system. *J. Mar. Res.*, **14**, 398—414.
- SVERDRUP, H. U. and J. A. FLEMING 1944 : Scientific results of cruise VII of the CARNEGIE, 1928—29. *Oceanography I-A. Observations and results in physical oceanography : Carnegie Inst. Pubs.* p. III, 111 pp.
- TSUCHIYA, M. 1961 : An oceanographic description of the equatorial current system of the western Pacific. *Oceanogr. Mag.*, **13** (1), 1—30.
- TSUCHIYA, M. 1968 : Upper waters of the Intertropical Pacific Oceans. *The Johns Hopkins Oceanogr. Stud.*, **4**, 50 pp.
- TSUCHIYA, M. 1970 : Equatorial circulation of the South Pacific. p. 69—74, *Scientific Exploration of the South Pacific, II Circulation of the South Pacific. Nati. Acad. Sci., W. S. WOOSTER, editor, Washington, D. C.*, 257 pp.
- WOOSTER, W. S. 1961 : Further evidence of a Pacific South Equatorial Countercurrent. *Deep Sea Res.*, **8**, 294—297.
- WYRTKI, K. 1960 : The surface circulation in the Coral and Tasman Seas. *C. S. I. R. O. Aust. Div. Fish. Oceanogr. Tech. Pap.*, (8), 1—44.
- WYRTKI, K. 1961 : Physical oceanography of the Southeast Asian Waters. Scientific result of marine investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand, 1959—1961. *Naga Report*, **2**, 195 pp.
- WYRTKI, K. 1965 : Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. *Bull. Inter-Amer, Trop. Tuna Comm.*, **9**(5), 269—304.
- 宇田道隆 1934 : 流網, 延縄による海流の研究について. *日水会誌*, **3** (2), 93—99.
- UDA, M. 1955 : On the subtropical convergence and currents in the north western Pacific. *Rec. Oceanogr. Works Japan*, **2**(1), 141—150.
- UDA, M. and K. HASUNUMA. 1969 : The eastward Subtropical Countercurrent in the western North Pacific Ocean. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **25** (4), 201—210.
- UDA, M. 1970 : Fishery coeanographic studies of frontal eddies and transport associated with the Kuroshio System including the "Subtropical Countercurrent". p. 593—611, In the Kuroshio, J. C. Marr, editor, East-West Center Press, Honolulu, 611 pp.
- 山中 一 1957 : マグロ延縄の漂移からみたソロモン群島近海 6—8 月の海流. *南水研報*, (5), 158—164.
- YAMANAKA, H., N. ANRAKU. 1965 : Surface currents in the Indian Ocean as seen from the drift of tuna longline gear. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, (22), 21—33,
- 山中 一, 安楽 昇, 森田二郎 1965 : 西部太平洋における海況変動. *南水研報*, (22), 35—70.
- 山中 一 1971 : 1. 南方カツオ漁場海域の海洋構造, (1) マグロ延縄の漂移からみた表面海流, 透明度. *水海研会報*, (18), 113—118.
- YAMANAKA, I. and H. YAMANAKA. 1972 : On the variation of the current pattern in the equatorial western Pacific and its relationship with the yellowfin tuna stock. *The Kuroshio II, Saikon Pub. Com. Limit.*, 525—533.
- 吉田昭三, 二谷頼男, 鈴木成二 1959 : 赤道海域一斉海流測定 (国際地球観測年) について. *水路要報*, (59), 1—30.
- YOSHIDA, K 1961 : Some calculations on the equatorial circulation. *Rec. Oceanogr. Works Japan, New series*, **6**, 101—105.
- YOSHIDA, K. and T. KIDOKORO. 1967 a : A Subtropical Countercurrent in the North Pacific. —An eastward flow near the Subtropical Convergence. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **23** (2),

88—91.

- YOSHIDA, K. and T. KIDOKORO. 1967 b : A Subtropical Countercurrent (II). —A prediction of eastward flows at lower subtropical latitudes. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 23 (5), 231—246.
- YOSHIDA, K. 1970 : Subtropical Countercurrent : Band structures revealed from CSK data. p. 197—204, In *The Kuroshio*, J. C. MARR, editor, East-West Center Press, Honolulu, 611 pp.

海 流 図 (Atlases)

ВОЕНО-МОРСКОЕ МИНИСТЕРСТВО СОЮЗА С (Edit)

1950 : МОРСКОЙ АТААС, ТОМ I НАВИГАЦИОННО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ. ИЗДАНИЕ МОРСКОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ШТАВА.

Great Britain, Hydrographic Department

1944 : Eastern Archipelago : region lat. 10°S—20°N. long. 94°E—130°E. Generalised surface currents in January to December. H. D. 17799/43.

1945 : The surface currents of the South China, Java, Celebes and Sulu Seas. Publ. H. D. 709.

Great Britain, Meteorological Office

1938 : "South Pacific Ocean Currents". Mo 435.

Japanese Oceanographic Data Center

1967 : Provisional CSK ATLAS, For Vol. 1, Summer 1965.

1968 : Provisional CSK ATLAS, Vol. 2, Winter 1965—66.

1969 : CSK ATLAS, Vol. 3, Summer 1966.

1970 : CSK ATLAS, Vol. 4, Winter 1967.

1971 : CSK ATLAS, vol. 5, Apr. 1967—Mar. 1968.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

1936 : Oceanographic and meteorological observations in the China Seas and in the western part of the North Pacific Ocean. No. 115.

Nederlands Meteorologisch Instituut

1949 : Sea areas around Australia. Oceanographic and meteorological data. Publ. 124.

日本水路部 1935 : 印度洋及び濠州近海海流図, Nos. 6031 A-D.

United States Navy Hydrographic Office

1944 : Current charts, Southwestern Pacific Ocean. H. O. No. 10058.

1945 : Currents in the South China, Java, Celebes and Sulu Seas. H. O. No. 236.

1950 : Atlas of pilot charts, Pacific and Indian Oceans. H. O. No. 577.

1964 : Ocean current in the vicinity of the Japan Islands and the China Coast. H. O. No. 237.