

ミンダナオ渦上表層の水について (1)

緑川 弘毅^{*1} 米山 邦夫^{*1}

新家 富雄^{*1} 中埜 岩男^{*1}

西部北太平洋ミンダナオ東方沖の表層には暖かい水が集まり、北赤道海流がミンダナオ海流と黒潮に分岐するなど、顕著な海洋現象がみられる海域である。この海域に起る海洋現象は、太平洋沿岸の気候に影響を与えていることが分ってきた。太平洋の熱帯域は多降雨帯で、強い蒸発量を上回る雨量である。

種々の観測結果から、ミンダナオ渦の直上には、降水の影響を受けた表層水が堆積しているのを認めることができる。この塩分値の低い水はミンダナオ渦という冷水渦の性質に関係するものとの考えに基づいて、この現象の解釈を試みた。そして渦の上の海面表層の水は渦の運動によって、渦の中心に向かって収束するため、蒸発が遅れて塩分値が低く保たれるものと解釈した。

キーワード：ミンダナオ渦、海面表層の水、冷水渦、降雨量、蒸発量

Characteristics of Surface Water on the Mindanao Eddy (1)

Koki MIDORIKAWA^{*2} Kunio YONEYAMA^{*2}

Tomio SHINKE^{*2} Iwao NAKANO^{*2}

The eastern sea area of Mindanao Island is interesting for the piling up of warm water and the bifurcation of the North Equatorial Current into the Kuroshio and Mindanao Currents. These phenomena are both of importance to the climate of the Pacific area. Precipitation exceeds the strong evaporation of the equatorial area of the Pacific.

It is recognized from the data of the observations that the surface water under the influence of precipitation piles up thickly right above the Mindanao Eddy. The water extended on the surface of the Eddy is now interpreted to be connected with characteristics of cyclonic circulation.

Cyclonic circulation and upwelling from the underlayer are likely to concentrate the thin surface water to the center of the circulation. This phenomenon is appreciated from the fact that evaporation is delayed by the concentration of this surface water,

* 1 海洋研究部

* 2 Ocean Research Department

and keeps the salinity of the water low.

Key words : Mindanao Eddy, Cyclonic circulation, Surface water, Precipitation, Evaporation

1 はじめに

1.1 西部熱帯海域

北太平洋西部熱帯海域、ミンダナオ東方沖の海面には、風や海流により暖かい水が多量に堆積する。この表層水の演ずる数々の現象は太平洋沿岸域はもとより、世界の気象にも影響を及ぼしていることが知られるようになってきた。この海域の水（主として500m以浅）の一部は北上して黒潮と呼ばれ、他方ではさらに南西に進み、セレベス海やバンダ海を通りインド洋に入る。また一方では、この水は向きを反転して北赤道反流の一部となる。

赤道海域は、また雨量の多い特徴を持っているが、西部海域ではそれが顕著で年間3,000mmを越えている (Terada and Hanazawa, 1980)¹⁾。太平洋の熱帯域では雨量に相当か、あるいはこれを越える蒸発量があり (Budyko, 1963)²⁾、狭い赤道海域を除けば全般的に高い海面塩分値 (35.0 psu 程度) になっている。

1.2 ミンダナオ渦とは

北赤道海流がミンダナオ島沿岸で反転し、北赤道反流の一部となって東に向うが、その内側にとり囲まれた表層水がミンダナオ渦と呼ばれている。この渦の形や大きさなどの規模とその所在する位置の定常性については種々の説がある。

日本水路協会発行の統計的な資料、“海洋環境図・北太平洋”³⁾による水深200mの水温分布図 (Nakano, Midorikawa and Shimazu, 1990)⁴⁾には、8°N, 131°~132°E付近を中心とした東西の径が約1,000kmの渦が現われている (図1)。この付近がミンダナオ渦の統計的な位置と考えられるが、短期間ではその位置は移動しているようである。たとえば気象庁発行の海況旬報によると、100m層の水温分布に示された渦は、1992年5月にはその中心が9°N, 131°E付近にあったが、7月には10°N, 128°Eの西方に移動している。

立体的な渦の状態についてWyrski (1961)⁵⁾は次のように述べている。水深1,250dbarを無流面

とした地衡流の計算で、渦は600mに及んでおり、そして、渦の下層の水は海面近くの上層の水が発散するのを補う原理で湧昇が行われる。また、渦の回転の速さについては、海洋環境図³⁾の力学的深度から、径500km程で表層では1~3kn、水深100mでは0.3~1.0knである。

2 ミンダナオ渦上の海面付近の水

ミンダナオ渦付近の表層には、ほとんど常に塩分値の低い水の存在がこれまでの資料から知られている。1991年12月と1992年7月に、当海域の8~10°N, 130~132°Eの範囲の海面の10m層において採水を行い塩分値を調べた。その結果を図2に示す。(a), (b)図ともに塩分値は34.0psu前後の低い値である。(b)図における計測時には渦の中心は前述のように西に移動していたが、計測海域は狭く(a)(b)ともに渦の一部を見ていたことになる。

渦の表層の塩分値の低い水の厚さや、それらの周辺海域との比較を行うため130°Eに沿って断面を求めた。図3にそれを示す。資料は海洋環境図・北太平洋³⁾によるもので、7~8°Nに渦の中心と思われる表層及び中層水の切れ目がみられる。表層のごく薄い層はその塩分値が34.10~34.20psuである。その海面の水は、水塊の切れ目すなわち渦の中心と思われる真上で、その厚さがふっくらと増大しているのが認められる。このことは別の資料からの他の図 (増沢, 1969)⁶⁾でも同様に認められる。

渦の上すなわち海面に凸レンズ状に滞留している水と、渦との関係はあるのだろうか。渦の中からは冷水の湧昇があるが、海面に浮いているレンズ状の水は塩分値が35.40psuの薄い層に乗っている。また、渦の南からの表層水は塩分値が34.60~35.20, 北からは34.50~34.95psu, そして、その下の比容60~300cl/tonの範囲には塩分の薄い中層水があるが、その値は34.30~34.50psuである。この比較的低塩分そして低温度の水が湧昇し

海面の雨水と混合することにより蒸発が遅れ、低塩分のレンズ状の水が渦の上にできる可能性はあるものと考えられる。しかしここでは、その原因を他に求めることとする。

3 渦の運動と海面付近の水

当海域の雨量は $3,000 \sim 4,000 \text{ mm/yr}$ (Terada and Hanazawa, 1984)¹⁾ で、蒸発量はそれより少

ない $2,000 \sim 2,500 \text{ mm/yr}$ (Budyko, 1963)²⁾ 程度と考えられる。従って、赤道海域の海面付近の水は拡散や蒸発で塩分値は高まるが、局所的には塩分の低い状態に留まるものと考えられる。

海面に薄く降り積った雨の層は北赤道反流に引込まれ、また、これに取り囲まれるものと仮定する。そしてこの渦の中の表層の水の動きに対して、Apel (1987)¹⁾ の行っている理論的考察の適用を

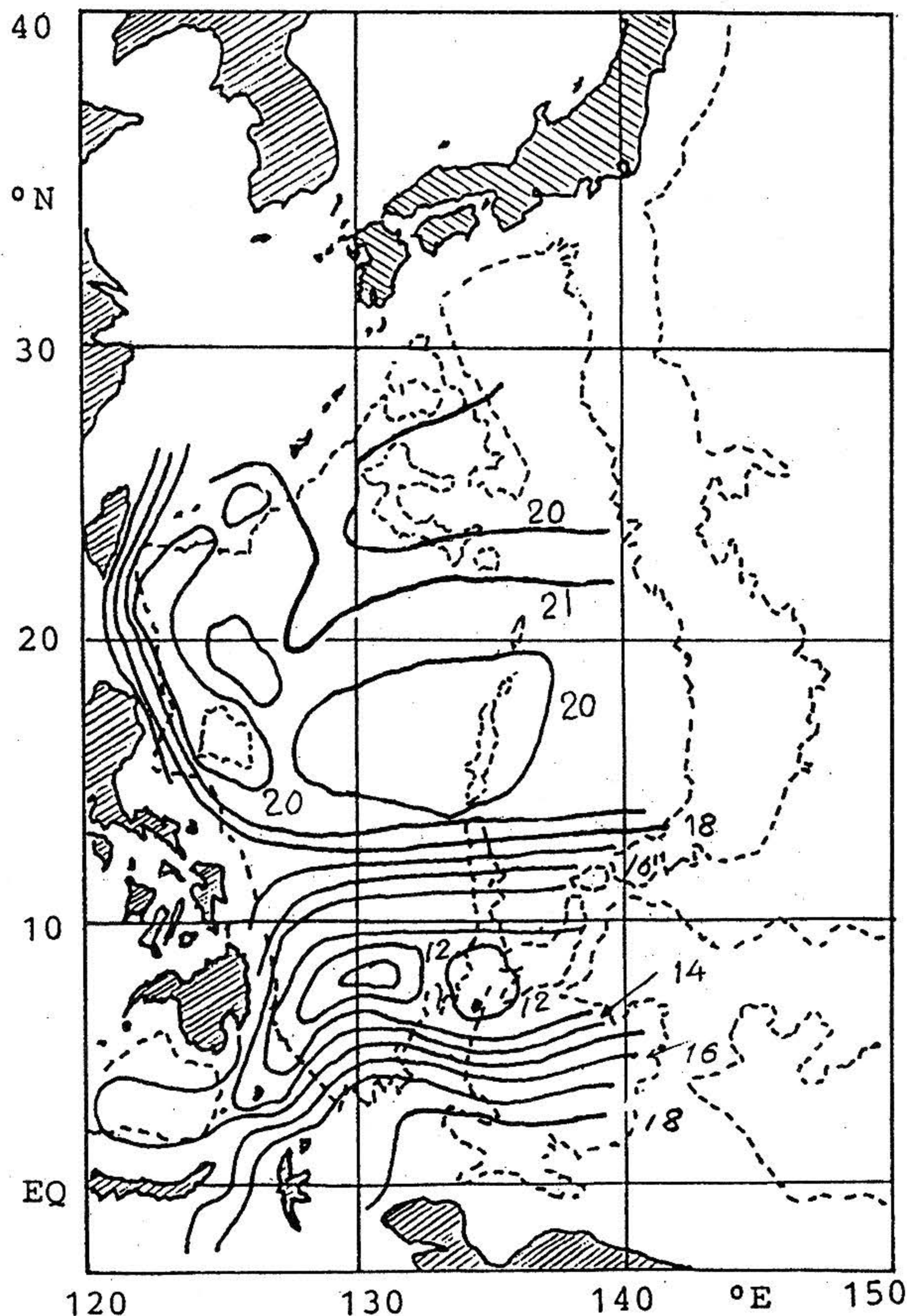


図1 水深200mの水温分布にはミンダナオ渦を示す反時計回りの冷水循環がみられる

Fig. 1 Temperature distribution of 200m in depth shows the cyclonic circulations of Mindanao Eddy.

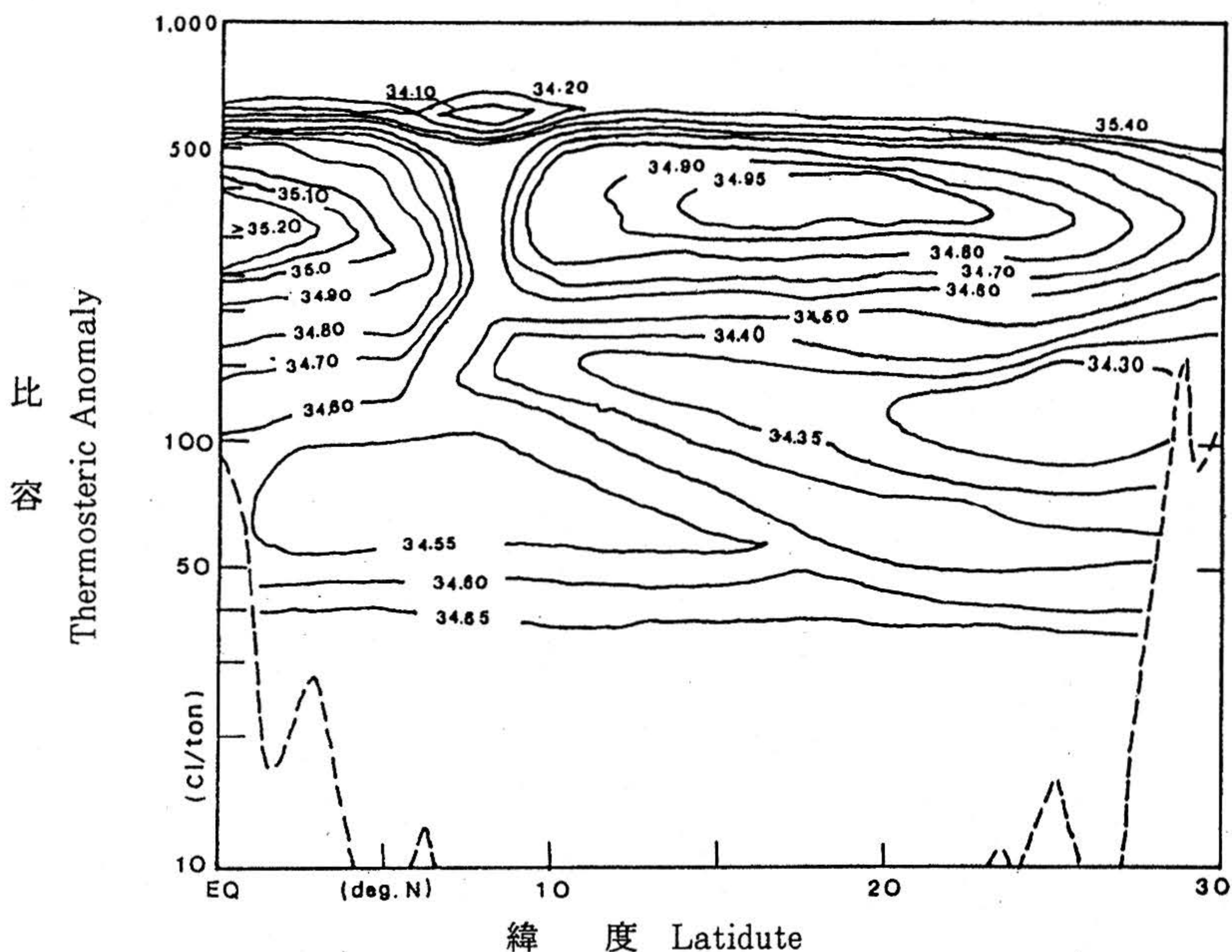


図3 西部北太平洋，東経130度における塩分の断面図
Fig. 3 Longitudinal salinity distribution along 130°E

試みた。彼は彼の著書「Principle of Ocean Physics」の“流れと循環”の章で，高圧渦（暖水渦）の中央からの沈降流をピルボックスを用いて図説を行っている。筆者らはこの理論を参考に鉛直流の向を反対にして低圧渦（冷水渦）の水の動きを考えた。

4図にそのモデルを密度（実線），圧力（点線）それに水の動き（実線に矢印）を入れて示した。渦は円筒形または楕円の筒で，水は水平方向には反時計回りの運動をしている。渦の表面は摺り鉢状で，もし下からの湧昇が無視される状態と仮定すれば，表面の水はこの斜面上を右側を高く，そして左側を低く見ながら地衡状態を保って（仮想的ではあるが）旋回する。

しかし，実際には渦の中には下から上に向う流れが在り，湧昇した水は表層付近で四方に発散している（Wyrki, 1961）⁴⁾。この発散は渦の旋回速度の大きい表面付近で大きく，下からの水はこれ

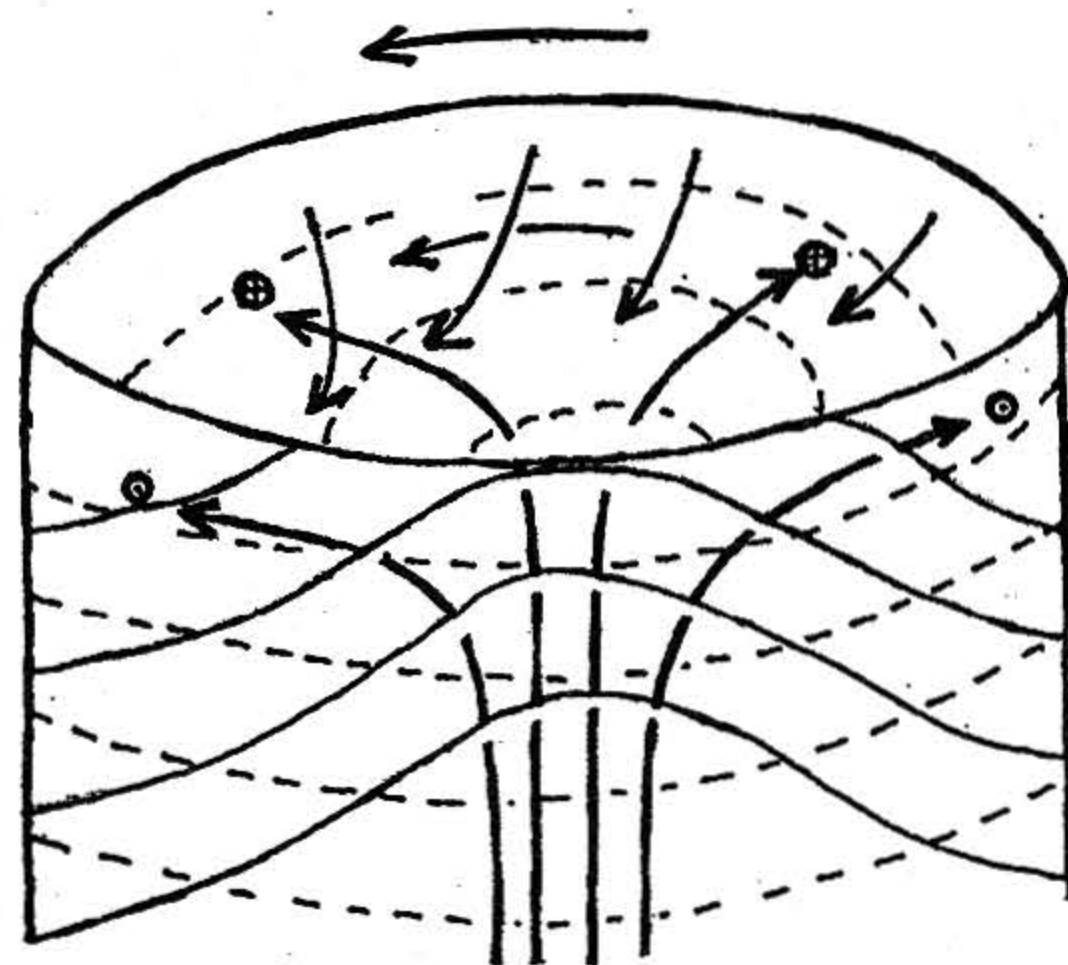


図4 北半球での低圧渦の構造と機能を等密度線と等圧線，そして流線で図示した

Fig. 4 Schematics of the interior structures and works of cyclonic eddies in the Northern Hemisphere, showing stream lines and contours of constant pressure and density.

を補うことによって生ずる。渦の上部で発散する水は表層の水よりも密度が少し大きい筈である(下から上ってくるため)。従って湧昇する水の多くは表面に達する以前に側面から四方に発散する。

上記のことは、図における下方からの流線の先端が渦の表面に達することなく側面に抜け出すことである。従って渦の表面においては、側面への発散を補うために、外側から内へ向う流れが生じなければならない。こうして渦の中の表面の水は発散することなく、渦の中心に向かって集められる。

ミンダナオ渦周辺の海面の現象に対する一つの解釈の試みとして、上記モデルで考察した水理を適用してみると、渦の中にとり込まれた雨水を多く含む海面の水は、渦の運動によって内側へ集められ堆積することの可能性を多分に俊示するものである。

4 まとめ

- 1) ミンダナオ渦付近の海面表層の塩分の薄い水は、沿岸水をも含むセレベス海などからの移流との理解⁶⁾もあるが、移流の一過程の状態だけではなく、渦の上に集積しているように見える。
- 2) 渦の上の海面表層の水は、渦の運動で渦の中心に向かって移動し、堆積する。この面積の収束によって、水は蒸発が遅れ塩分値を低く保つ。
- 3) これ以外にもこの表層水の成因については、渦の中からの低温・低塩分(比較的)の中層水などの湧昇が関係しているかもしれない。しかし、主たる原因は前節に記したことによると考えられる。

謝 辞

本研究の海洋観測においては、当センターの観測船「かいよう」の乗員、特に湯川船長をはじめ、協力乗員の沖電気工業株式会社の方々にお世話を頂いた。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Terada, K. and M. Hanazawa : Climate of the North Pacific Ocean. / World Survey of Climatology, 15, Climates of the Oceans. Edited by Ho. Von Loon, 716pp. (1984)
- 2) Budyko, M.I. : Atlas of the Heat Balance of the Earth. Clobnaia Goofiz Obsoiv, Moscow, 69pp. (1963)
- 3) Marine Enviromental Atlas, Northwestern Pacific Ocean (海洋環境図). Japan Hydrographic Association, (1975)
- 4) Nakano, I., K. Midorikawa and S. Shimazu : On the Climatological Aspects of the Minda nao Basin. JAMSTECR 23, (1990)
- 5) Wyrtki, K. : Physical oceanography of the southeast Asian waters. Naya Rep., 2, 195pp. (1961)
- 6) 増沢譲太郎 : ミンダナオ海流. Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography Special Number, (1969)
- 7) Apel, J.R. : Principles of Ocean Physics. Chap.6, Academic Press, (1987)

(原稿受理 : 1992 年 10 月 30 日)