

西部太平洋における透明度の分布*

森田二郎
(遠洋水産研究所)

Transparency observed by the Secchi disc in the Western Pacific Ocean

Jiro MORITA
(Far Seas Fisheries Research Laboratory)

Transparency is considered to be useful, although it is fairly rough, as an index of the primary productivity in the ocean.

Based on data of transparency, this paper discusses : a). horizontal distribution of transparency by seasons in the Western Pacific Ocean, b). seasonal variation of transparency by equatorial currents in the Western Pacific Ocean, c). seasonal variation of transparency in specially interested area in the Western Equatorial Pacific Ocean.

Data for 1949 through 1972 were obtained from Japanese investigation vessels of the national and prefectural governments, and training vessels of fisheries colleges and high schools as shown in Fig. 1, a, b, c, d. The author has calculated the average transparency in each one-degree quadrangle, by seasons, and has constructed the charts of horizontal distribution of transparency, by seasons, with contour interval of 5 m, as were inferred from Fig. 2.

Horizontal distribution of transparency by seasons

Horizontal distribution of transparency, by seasons, is described in Fig. 3, a, b, c, d. By means of comparison of the area of each transparency level (5 m contour) by seasons, the following can be said :

Area of transparency of 25—30 m is the widest from January to March, while, area of 30—35 m is the widest in other months :

Seasonal variation of transparency by equatorial currents

Area which seen fitted to discuss this subject were selected as shown in Fig. 4. Noteworthy findings are as follows :

In the area of the North Equatorial Current (A), each average transparency shows fairly high value, and the seasonal variation does not appear distinctly.

In the areas centering around the North Equatorial Countercurrent (C, D and B), the average transparency shows the highest value in April to June, and the seasonal variation with one peak and one trough seems to exist.

In the areas around the South Equatorial Current (E and F), the average transparency

* 1973年10月31日受理 遠洋水産研究所業績 第111号

shows the lowest value from April to June in area E, however, they shows the highest value from April to June in area F. Thus an opposite seasonal variation seems to exist in area E as compared to the case of the North Equatorial Countercurrent.

Seasonal variation of transparency in specially interested area

The area were selected to discuss characters of the seasonal variation of transparency in the so-called region of western boundary off Mindanao, the original region of the Equatorial Undercurrent and the South Equatorial Countercurrent north of the Solomon Islands, and the region of the North Equatorial Countercurrent, as shown in Fig. 5. By examination of Fig. 5, the most interesting findings follow:

In the region of so-called western boundary off Mindanao (X), average transparency shows the maximum value from April to June and from October to December, and the minimum value from January to March and from July to September. Thus, it can be said that there exist a special seasonal variation with two peaks and two troughs, which are not shown in other two regions (Y and Z). Further study should be put on that special seasonal variation.

ま え が き

海洋における光学的諸量, すなわち, 水色, 透明度および消散係数は, 海水中の浮遊物による光の吸収および反射に起因するところが大きい。そして, これら諸量のうち, 水色, 透明度はその測定が容易であることから, 比較的多くの資料が得られている。透明度について過去の研究をあげると, 以下のようである。

1) 透明度 (D) と消散係数 (k) との間には, POOLE and ATKINS (1929) により $kD=C$ (C は一定) なる関係が認められているが, 竹内 (1952) は, その関係式が透明度 $10m$ 以上の比較的透明な海水において成立することを報告している。

2) 海洋生産力と関連して, 近年多くの研究者により, 海水の光学的研究がすすめられている (佐々木, 1964, 市村, 1964, 上野, 1964)。これらの研究を通して, 補償深度は, 透明度と入射光の関数であるといわれている (RYTHER, 1966)。

3) 透明度と生物量との関係について, 丸茂 (1951) は, 日本近海の外洋における透明度とプランクトン量との間には, 透明度 $20\sim 36m$ の範囲において, もっともよく逆比例の相関が認められることを報告している。また, 小泉 (1952) は北方定点 ($39^{\circ}N$, $153^{\circ}E$) におけるプランクトン量 (V) と透明度 (D) との間関係の調べ, $V_{(cc/ms)}=0.3\sim 4.0$, $D_m=15\sim 30$ の範囲において $D=21.8V^{-0.25}$ なる実験式を求めている。

4) 基礎生産力と透明度との関係については, SAIJO and ICHIMURA (1960) が, クロロフィル量を用いて, 親潮域と黒潮域とで両者の間に差のあることを示している。

5) 宇田 (1935) は水色と透明度から求めた海水の清濁の度合が, 海域により異なることを報告している。さらに UDA (1955) は, 西部太平洋の $25^{\circ}N$ 付近において, 両者の資料より亜熱帯状束線の存在が示唆されると述べている。

これらの諸研究によれば, 透明度は概して海洋生産力の間接的な一指標となり, また, 水塊の差異をも示し得るものと考えられる。そこで, 動物プランクトン量および基礎生産力に関し, 十分な資料が得られていない西部太平洋において, 比較的多くの資料が得られている透明度の資料にもとづき, 地理的差異および季節変動等について検討した結果, 若干の知見を得たので報告する。

I 資料および方法

資料は, 1949~1972年の間に, 水産庁調査船およびマグロ漁業研究協議会に参加している地方公庁船により, 直径 $30cm$ の透明度板を用いて, 測定された値である。これら資料のうち, 対象海域として, 180° 以西, 南北 40° の範囲の西部太平洋からのものを選定し, 緯度・経度 1° 区画毎に四半期別 ($1\sim 3$ 月, $4\sim 6$ 月,

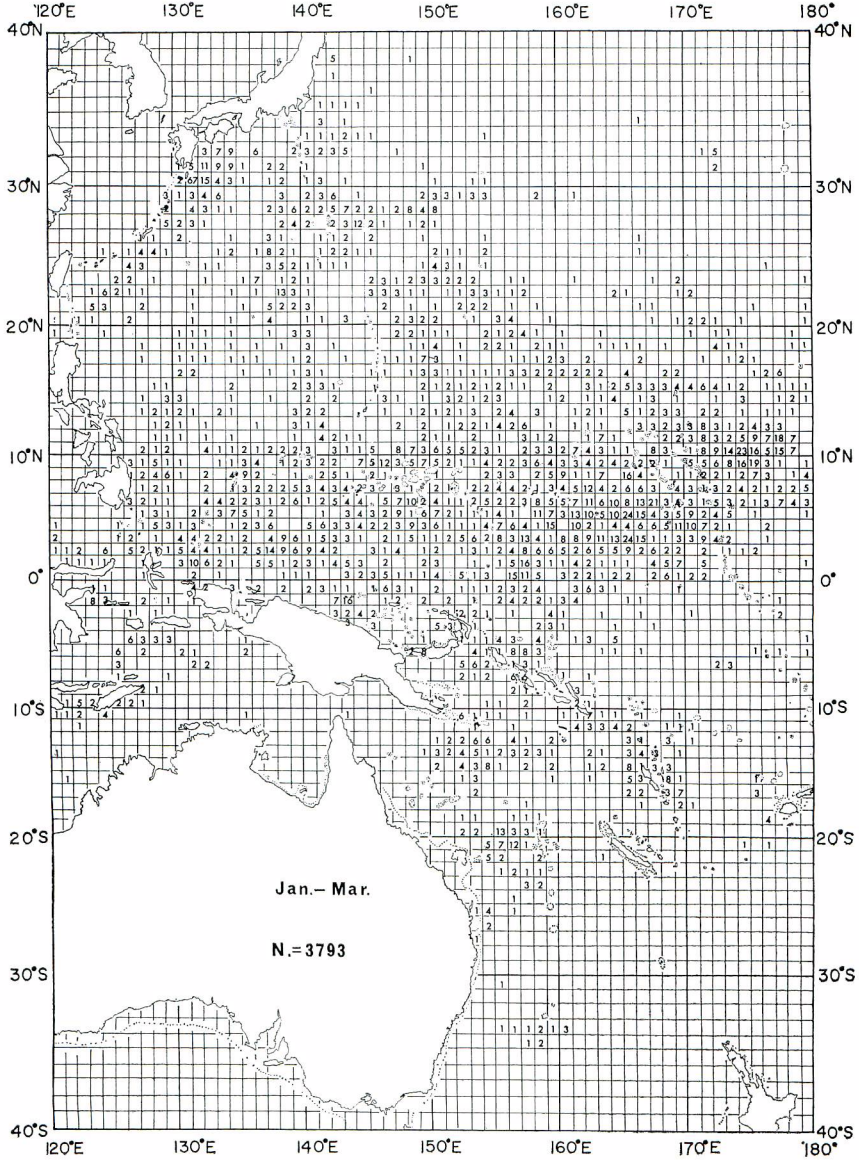


Fig. 1. a

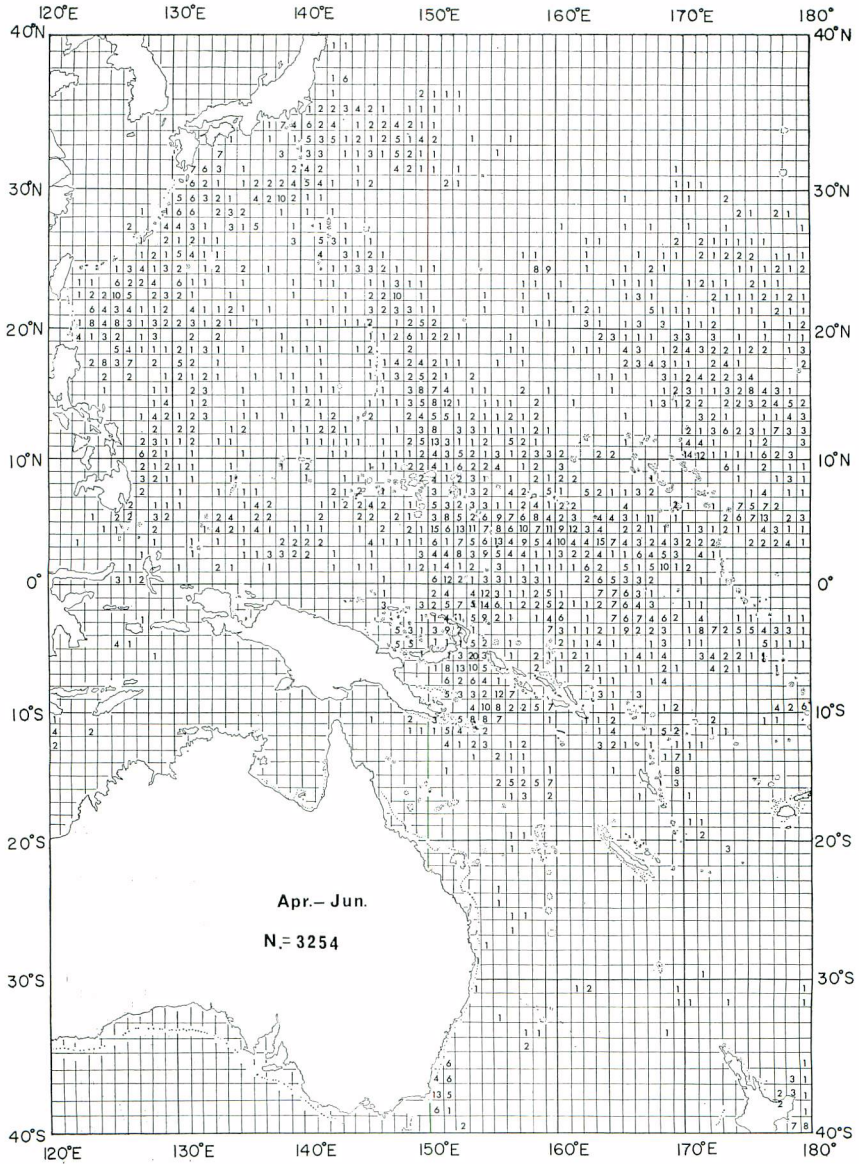


Fig. 1. b

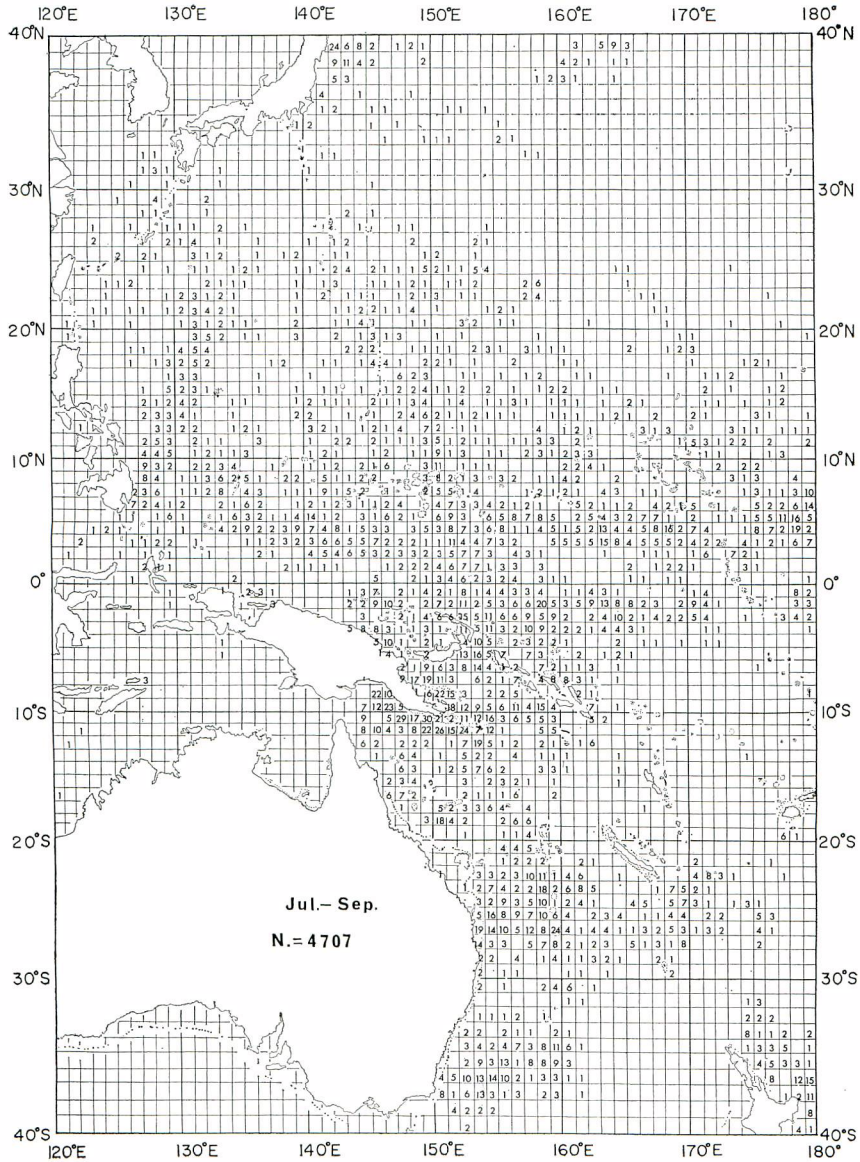


Fig. 1. c

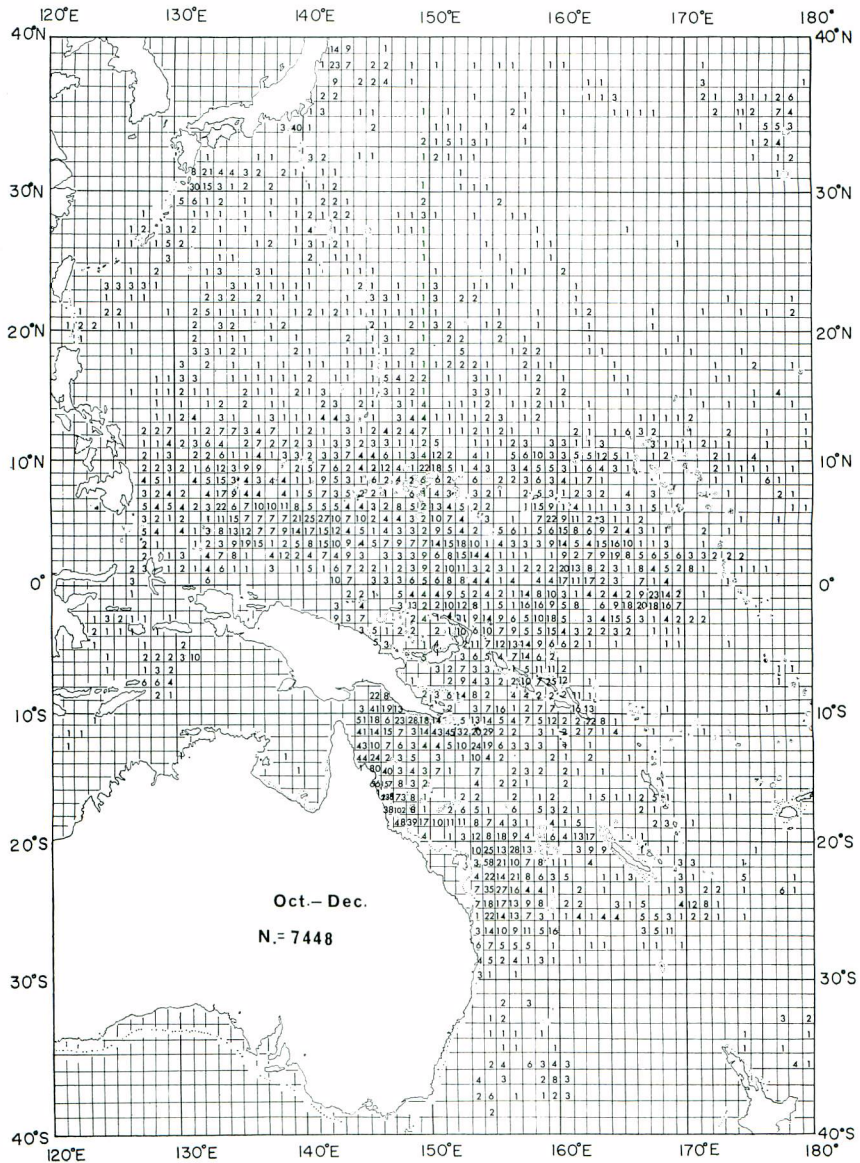


Fig. 1 d

Fig. 1. Number of observations on the transparency by one-degree quadrangle and quarter of the year.

a : Jan.-Mar. b : Apr.-Jun. c : Jul.-Sep. d : Oct.-Dec.

N denotes total number of observations by quarter of the year.

7～9月, 10～12月)の平均透明度を求めた。

用いた資料は, 約 19,200 ケである。その資料数を 1° 区画別, 四半期別に示した第 1 図 (a～d) から明らかなように, 観測点はかなり広い海域をカバーしている。しかし, 1° 区画毎の資料数の分布については, ほぼ, 10° N を境としてその南北両海域で差が大きいので, 10° N 以北の資料の少ない海域については, 結果の取り扱いについて十分に考慮する必要がある。

さらに, 透明度は前述したような海水自身の光学的性質, 浮遊物量等によって変化し, また, 測定時における海面状態, 気象条件および観測者の条件等による誤差も無視できないものと考えられるため, 透明度の解析には厳密にはそれらの諸点も考慮する必要がある。

なお, 透明度は 1 m 単位に測定されているが, 前述したいろいろの誤差要因から判断すると, 1 m を等透明度の単位として用いることは適切でないと考えられる。また, 宇田 (1935) は, 日本近海の透明度分布を 5 m 間隔の等透明度線を用いて検討している。さらに, この研究に用いる資料について, 1° 区画内に 10 ケ以上の測定資料があった場合 (約 300 区画) を選定し, 各区画毎に透明度の標準偏差を求め, その頻度分布 (第 2 図) のモードが 5.0～5.5 m の範囲にあらわれたことも考慮して, 等透明度線の間隔を 5 m とした。

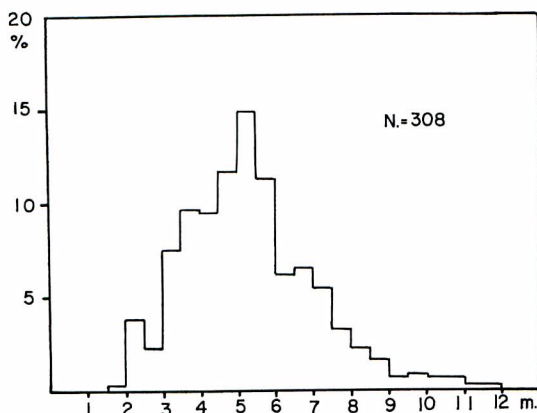


Fig. 2. Frequency distribution of standard deviation that are calculated on transparency from the data in one-degree quadrangles with 10 or more observations.

つぎに, ある透明度をもった水域の相対面積を以下のように標示した。

$$\frac{\text{(或る透明度範囲の } 1^\circ \text{ 区画の数)}}{\text{(資料の得られた } 1^\circ \text{ 区画の総数)}} \times 100 (\%)$$

II 透明度の四半期別水平分布

四半期別の水平分布を第 3 図 (a～d) に示す。

1) 1～3月 (第 3 図 a)

1～3月においては, 他の時期とは異なり, 25～30 m 範囲の透明度域がもっとも広く, そのなかに 20～25 m および 35～40 m の透明度域が局部的に認められる。そして, 透明度域の面積を比較すると, ほぼ, 25～30 m 域 (52%) > 30～35 m 域 (31%) > 20～25 m 域 (11%) > 35～40 m 域 (4%) の順になる。

2) 4～6月 (第 3 図 b)

4～6月においては, 1～3月に比較して 30～35 m の透明度域が拡大し, その周辺に 25～30 m の透明度域が存在している。さらに, 35～40 m, あるいは, 40 m 以上の比較的透明度の高い海域が, ほぼ, 10° N, 140° E を中心にして分布しており, また, 30～35 m 域の中にも局部的にみられる。それら三者の面積を比較すると, 30～35 m 域 (45%) > 25～30 m 域 (30%) > 35～40 m 域 (14%) の順である。

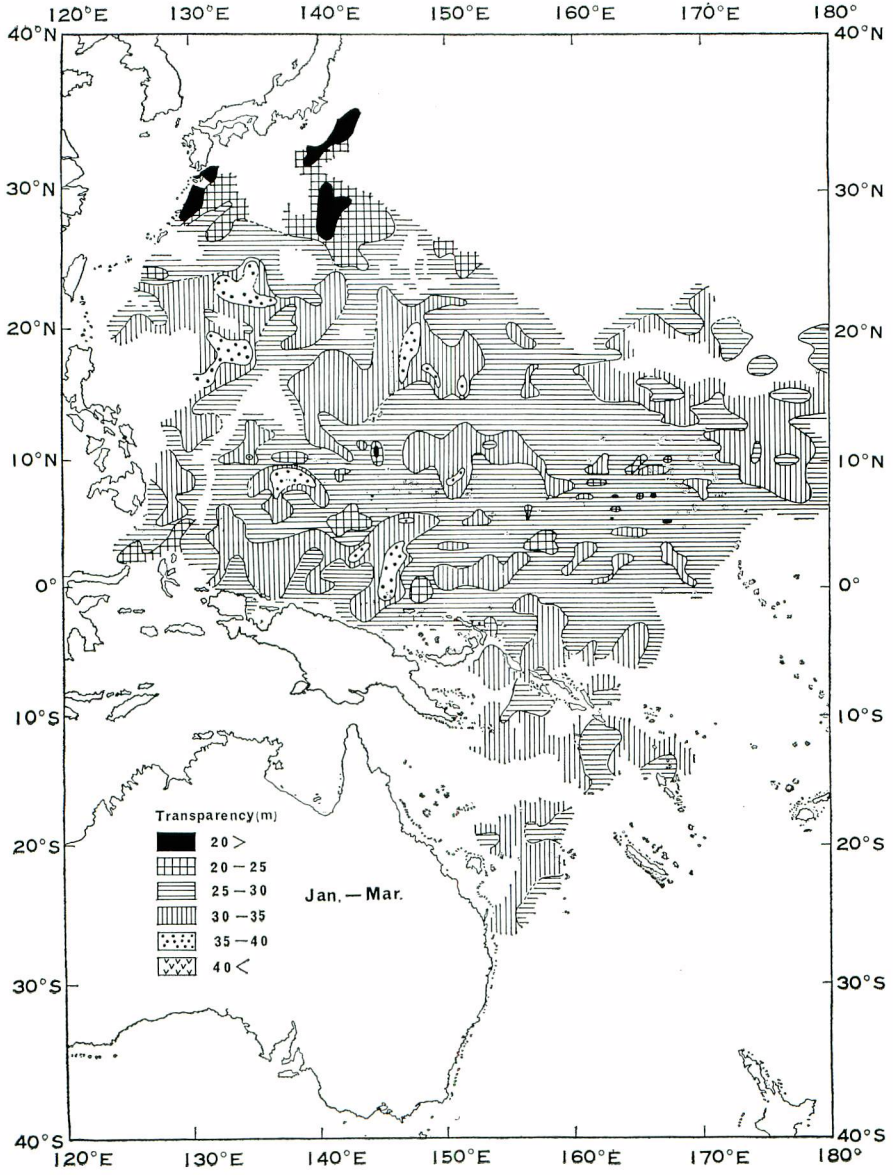


Fig. 3. a

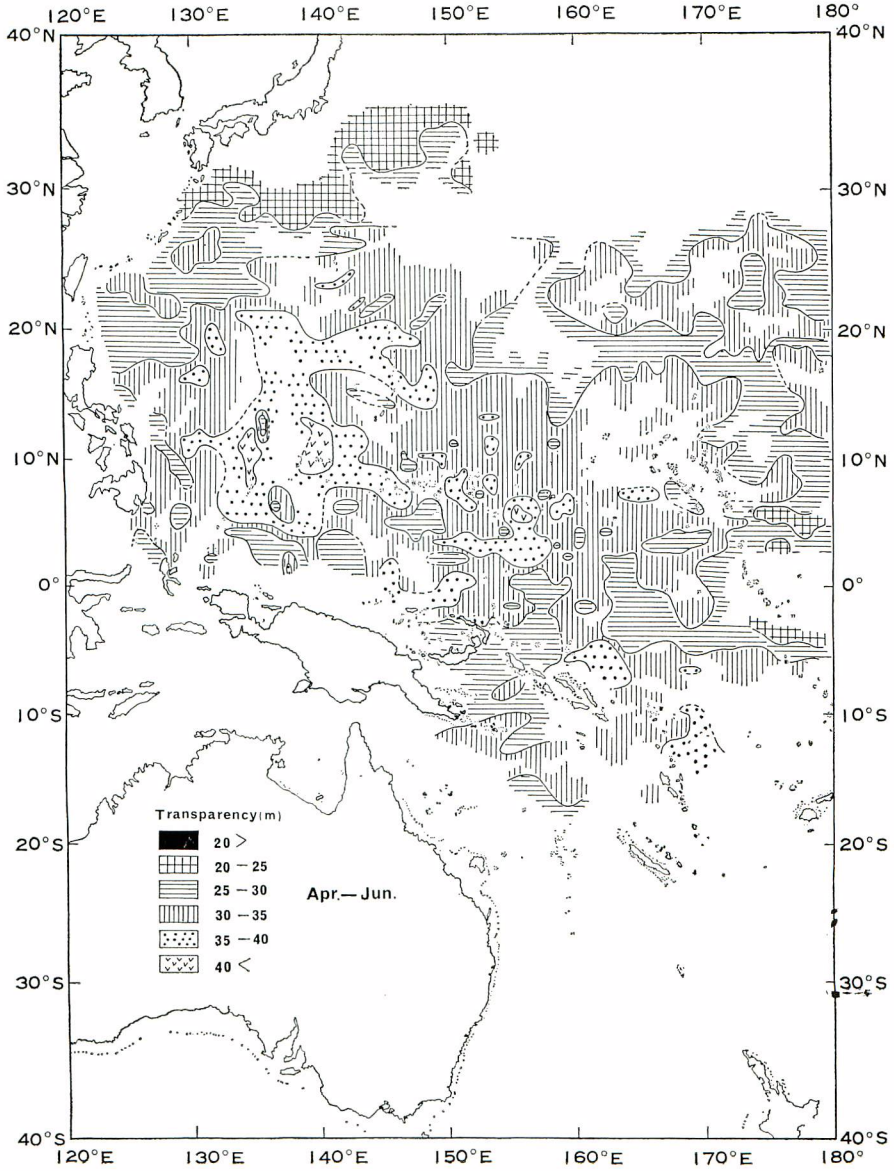


Fig. 3. b

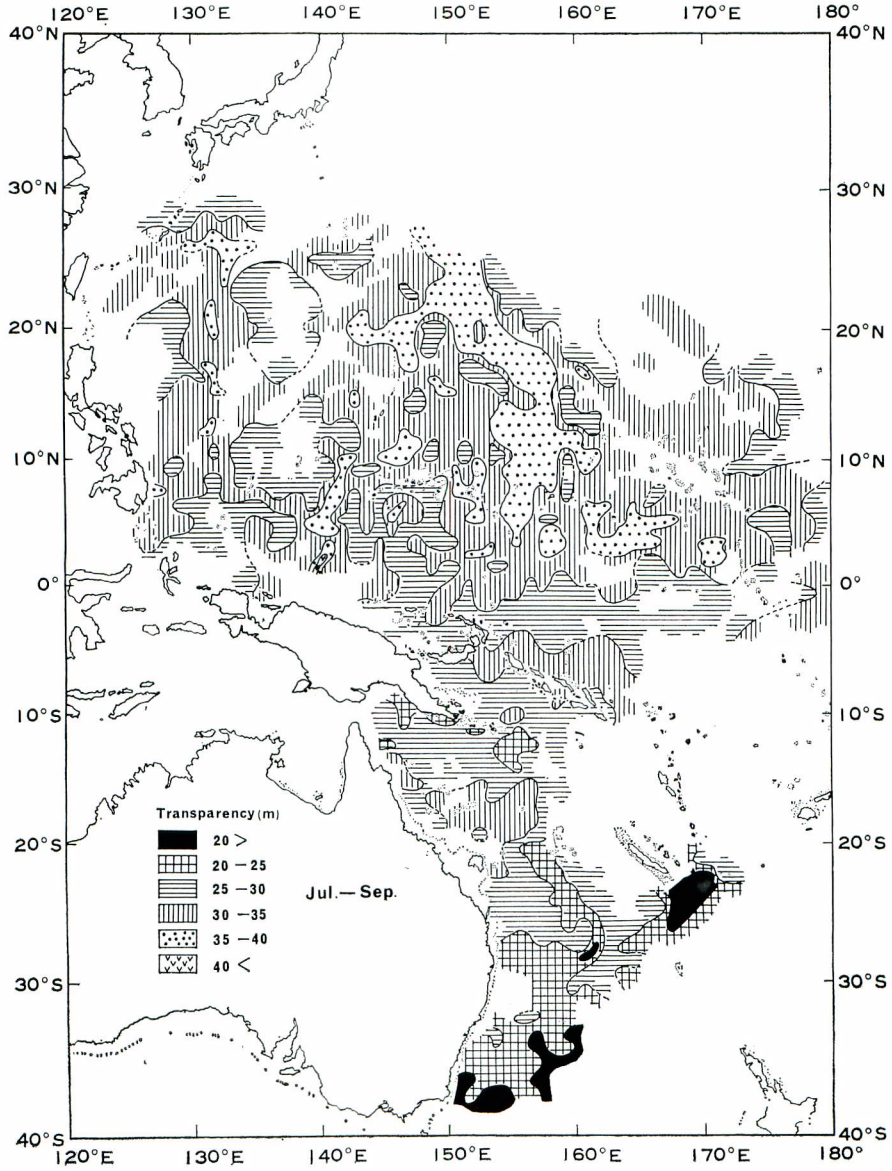


Fig. 3. c

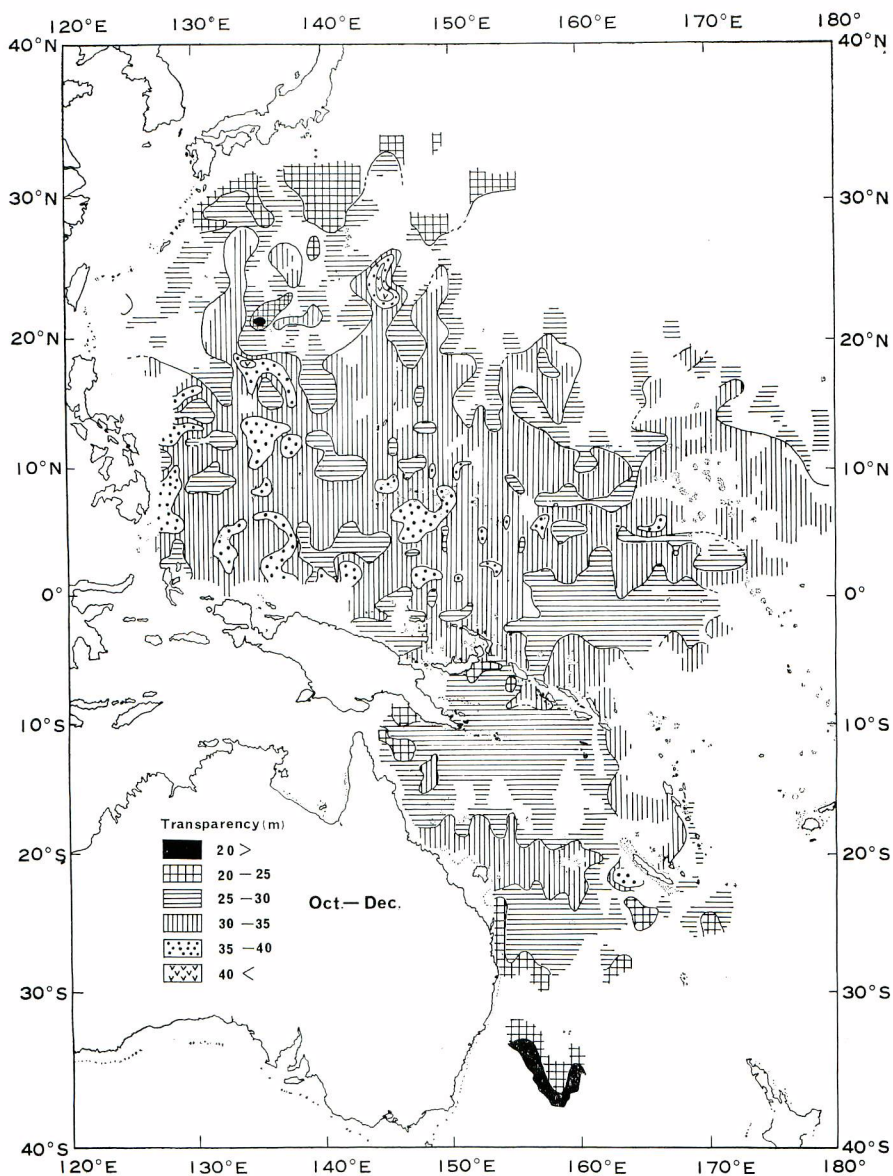


Fig. 3. d

Fig. 3. Distribution of transparency by quarter of the year.
 a : Jan.-Mar. b : Apr.-Jun. c : Jul.-Sep. d : Oct.-Dec.
 Contour interval is 5 m, and each division are shown schematically.

3) 7~9月(第3図c)

7~9月のソロモン諸島以北海域においては、30~35m域(43%)の面積がもっとも広いようであるが、25~30m域(39%)も1~3月についてで広い面積を占めている。そして、35~40mの透明度域(18%)は4~6月の場合に比較して若干東方のほぼ、 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $140^{\circ}\sim 155^{\circ}\text{E}$ の範囲に存在している。また、サンゴ海においては、 14°S 、 147°E 付近のオーストラリア沿岸近くに、そして、 18°S 、 152°E 付近を中心に30~35m域(14%)がみられ、それらの周りには、25~30m域(51%)が分布し後者の南側では、高緯度へ行くにしたがって透明度は低くなっている。一方、ニューギニア寄り、あるいは、その東方においても20~25mの低い透明度域が認められる。

4) 10~12月(第3図d)

10~12月のソロモン諸島以北の海域では、4~6月の場合と同様に30~35m域が広く存在し、その周りに25~30m域がみられている。そして35~40m域の面積は、4~6月および7~9月に比較して小さく、30~35m域の中に局部的に認められる。それら三者の面積を比較すると、30~35m域(47%)>25~30m域(38%)>35~40m域(9%)のようになる。また、サンゴ海においては、7~9月の増増と同様に25~30mより低い透明度の水域(81%)が大きな部分を占めている。 18°S 、 152°E 付近に、30~35m域(19%)が7~9月の場合よりも若干南に存在している。7~9月には、 14°S 、 147°E にみられた30~35m域は、それよりも少し東側に孤立した形でみられる。

以上の結果を総合すると、四半期別の西部太平洋における透明度の分布状態は、次のようなものである。すなわち、1~3月の場合には、25~30mの透明度域がもっとも広いのに対し、その他の時期では、30~35mの透明度域がもっとも広がっている。また、1~3月を除く各時期における25~30mの透明度域の面積比は、7~9月にもっとも大きく10~12月、4~6月の順に小さくなっている。

つぎに、7~9月および10~12月におけるサンゴ海の透明度の分布についてみると、30mより低い透明度域の中に、 18°S 、 152°E 付近を中心に、30~35mの高い透明度域が存在しており、その南側における透明度は、高緯度になるにしたがって低くなっている。さらに、この時期、この海域の低い透明度の分布域は、ソロモン諸島北側の熱帯海域に出現する低透明度域のそれよりも大きい。

III 論議および考察

前章では、四半期別の透明度の分布について考察するために、各透明度域の面積について述べた。つぎに、透明度の季節変化と主要な海流との関係を検討するのに好都合で、かつ、周年を通して比較的資料が多くあるような海域を選定した。すなわち、北赤道海流、北赤道逆流、南赤道海流を含む海域として、 152°E の子午線に沿い、 $11^{\circ}\text{N}\sim 1^{\circ}\text{S}$ の間の海域をとりあげ、緯度、経度 2° 区画ごとに、透明度の季節変化について検討した。同時に、近年、黒潮の起源域(NITANI, 1972)として、注目されている。いわゆる西部境界領域、および南赤道逆流や赤道潜流の起源域(TSUCHIYA, 1970)と考えられる海域についても透明度の季節変化について検討した。

1) 赤道海流系別にみた透明度の季節変化

第4図には、既往の知見(MAO and YOSHIDA, 1955, TSUCHIYA, 1961, 山中, 1973)にもとづき、西部太平洋赤道海域における海流系別の透明度の季節変化を示した。第4図において、Aは北赤道海流域、Bは北赤道海流と北赤道逆流との境界域、C、Dは北赤道反流域、Eは、北赤道逆流と南赤道海流との境界域、Fは南赤道海流域と考えられる。なお、表1にそれら海域別および季節別の資料数、透明度の平均値および変動係数等を示した。

海域Aでは、1~3月および4~6月は、7~9月および10~12月に比較して平均透明度は低いが、その季節変化はあまり明瞭でない。

海域B、C、Dにおける平均透明度は、いずれの場合にも1~3月に最小、4~6月に最大に達し、7~9月から10~12月とふたたび低くなる。

しかし、海域Eでは、海域B、C、Dとは全く逆の現象を呈し、透明度は4~6月に最小、10~12月に最大

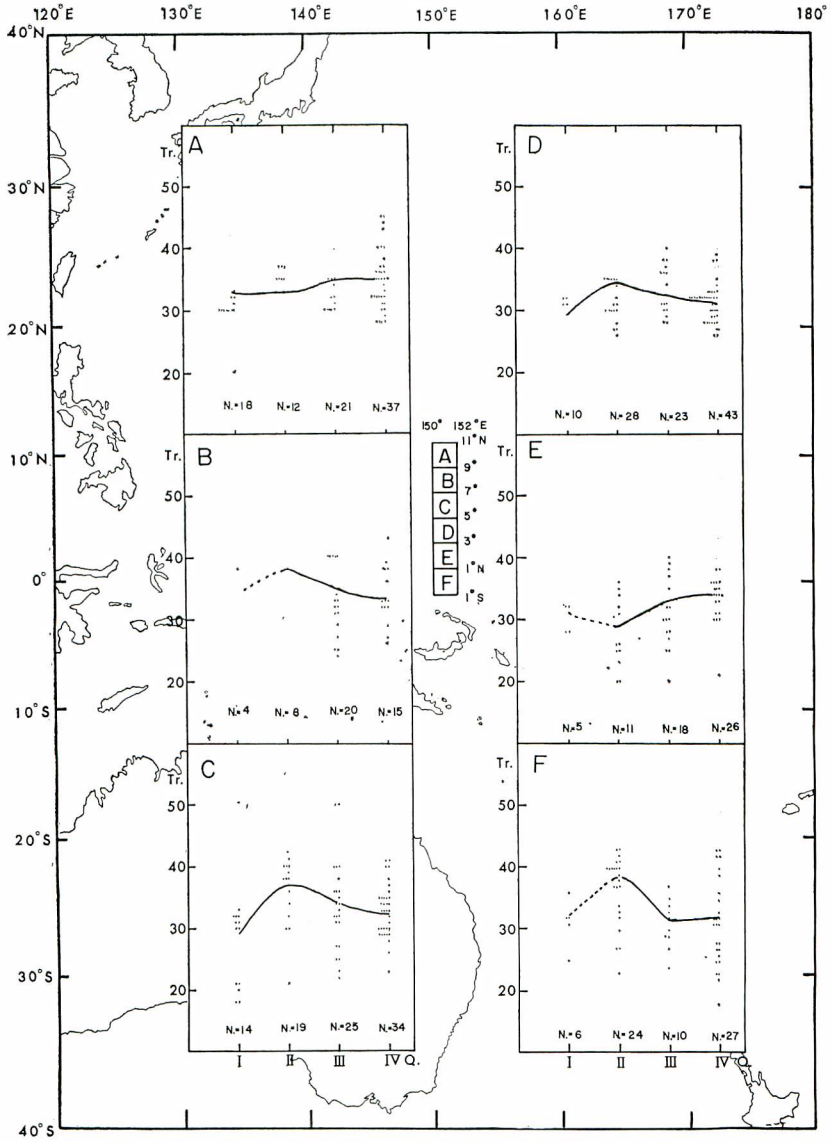


Fig. 4. Seasonal variations of mean transparency in two-degree quadrangles along 151°E meridian in the equatorial waters from 11°N to 1°S.

Designation for two-degree quadrangles, A, B, C, D, E and F, respectively, are as follows ;

- A.....area of the North Equatorial Current
- B.....boundary area between the North Equatorial Current and the North Equatorial Countercurrent
- C, D.....area of the North Equatorial Countercurrent
- E.....boundary area between the North Equatorial Countercurrent and the South Equatorial Current
- F.....area of the South Equatorial Current
- I Q...Jan.-Mar. II Q...Apr.-Jun. III Q...Jul.-Sep. IV Q...Oct.-Dec.

Table 1. Number of data (N. D), average transparency (\bar{T}) and coefficient of variance ($C = \frac{\text{standard deviation}}{\bar{T}} \times 100$) by seasons and areas as are shown in fig. 4 and 5.

Area Season		Transparency						X	Y	Z
		A	B	C	D	E	F			
Jan. ~ Mar.	N. D	18	4	14	10	5	6	45	41	32
	\bar{T}	33	34	29	29	31	33	29	28	31
	C	25	23	19	19	9	18	20	21	16
Apr. ~ Jun.	N. D	12	8	19	28	11	23	11	94	24
	\bar{T}	33	38	37	34	29	36	38	34	32
	C	19	21	24	19	25	15	12	20	20
Jul. ~ Sep.	N. D	21	20	25	23	18	10	45	76	98
	\bar{T}	35	35	34	32	33	31	30	33	28
	C	20	21	21	21	23	13	23	20	15
Oct. ~ Dec.	N. D	37	15	34	43	26	27	130	118	157
	\bar{T}	35	34	33	32	34	32	35	33	28
	C	16	14	13	10	14	24	20	13	18

に達する傾向が認められる。

南赤道流域の海域 F では、最大値は海域 B, C, D と同様、4~6月にみられるが、最小値は7~9月に認められ、後者のあらわれる時期が若干異なっている。

これらの諸現象から、北赤道逆流と南赤道海流の境界域以南および北赤道海流域を除く海域の平均透明度は、一般に1~3月に最小、4~6月に最大となる傾向が認められた。

前述した POOLE and ATKINS (1929), 竹内 (1952), 丸茂 (1951) および小泉 (1952) の研究により得られた透明度と消散係数、またはプランクトン量との関係等から推すと、1~3月と4~6月の間の平均透明度の差は浮遊物の量の差に起因しているのではないかと考えられる。また、北赤道海流における平均透明度の季節変動が不明瞭なのは、北赤道反流域に比較して、海中浮遊物の変動が小さいことを示唆しているものと考えられる。一方、海域 E における平均透明度の最小値は、海域 A, B, C, D, および後述する海域 X, Z と異なり、4~6月に、また海域 F の最小値は7~9月にみられる。このような現象が、北赤道逆流と南赤道流に関連した海域にだけにみられることから推すと、既述した他の海域の場合とは異なる季節変動、たとえば、KING and DEMOND (1953) の報告にある南赤道海流と北赤道逆流との収束線の消長と関連しているものと思われる。しかしながら、両海域の場合ともに、1~3月の資料数が少なく、ここで述べた解釈が普遍的なものであるか否かについては、今後の資料の蓄積をまって確かめる必要がある。

2) 赤道海流系の起源海域における透明度の季節変動

前述したように、いわゆる西部境界領域 (増沢, 1970) と、ソロモン諸島北側の赤道潜流、南赤道逆流の起源域 (TSUCHIYA, 1970, ROTSHI, 1971, 山中, 1973) である海域を選定して、両海域における季節変化について検討した。

第5図には、いわゆる西部境界領域 (X), および赤道潜流、南赤道逆流の起源域 (Z) における透明度の季節変化を、北赤道反流域 (Y) におけるそれとともにあわせて示した。

海域 X のいわゆる西部境界領域における平均透明度の季節変化では、2つの極小値 (1~3月, 7~9月)

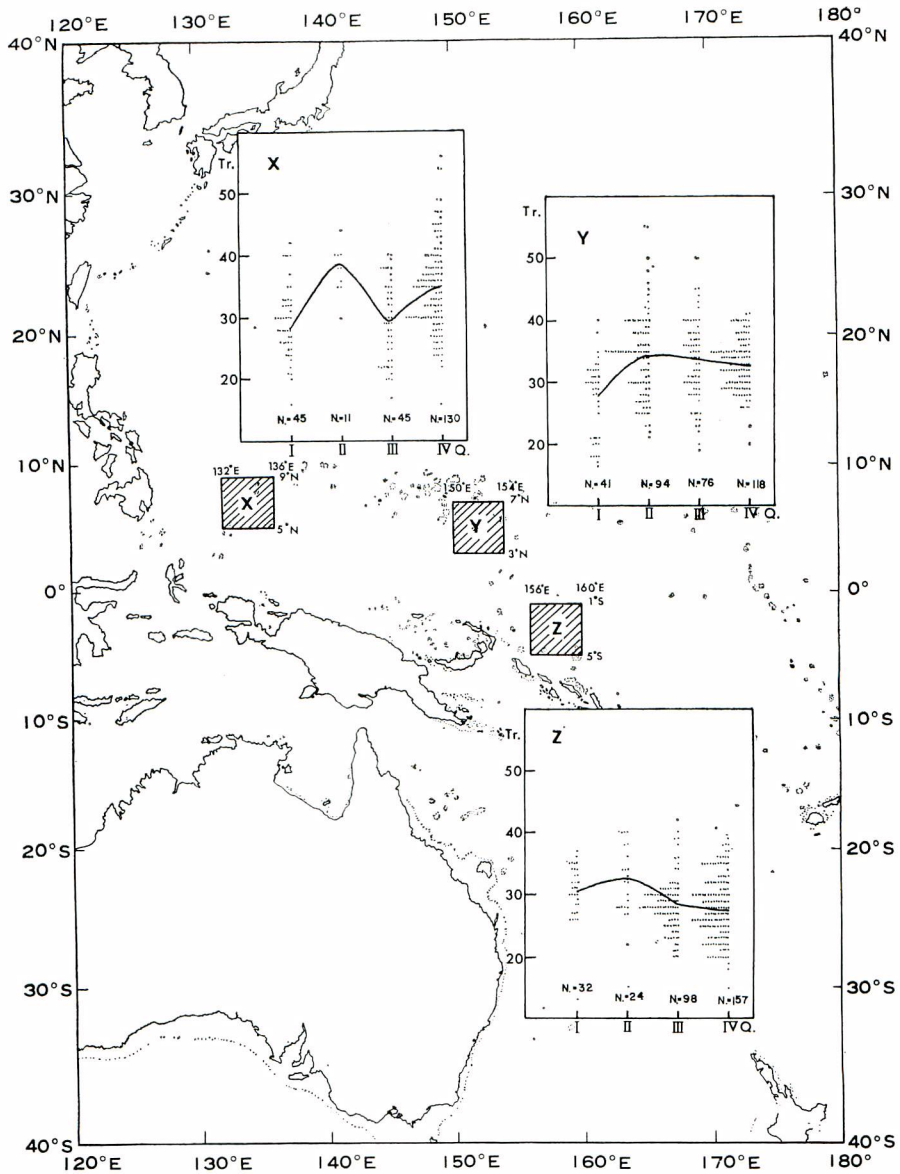


Fig. 5. Seasonal variations of mean transparency in the regions X, Y, and Z. Designation of areas X, Y, and Z are as follows :
 X.....region of the so-called western boundary off Mindanao
 Y.....region of the North Equatorial Countercurrent
 Z.....original region of the Equatorial Undercurrent and the South Equatorial Countercurrent

および2つの極大値(4~6月, 10~12月)が認められた。

海域Zでは, 海域B, C, DおよびFと同様に, 4~6月に最大値がみられるが, 最小値は前記の諸海域の1~3月に対し, 10~12月にみられる。このことは, 既述したように, 浮遊物量の季節変化を示唆しているものと思われる。

平均透明度の季節変化において, それぞれ2つの極大値と極小値が得られた海域Xは, 後述するように北赤道反流の南北両側からの海水の補給により, 北赤道反流の海水が形成される海域でもある(WYRTKI, 1961, HISARD *et al.*, 1969, NITANI, 1972)。この赤道反流の勢力(流量, 流速)の消長は, 季節風の周期と関連しており, 7月においては, 北赤道反流はその南側の海水をも加えて最強になり, また, 1月にはその北側の海水だけになるため最弱になるとされている(WYRTKI, 1961)。このような過去の研究結果と, 透明度の2つの極大と極小の季節変化との関係を考慮すると, 透明度が低くなる時期は, 北赤道反流の最強と最弱の時期にあたる。その現象の機構についてここでは全く不明であるが, 丸茂外(1954)は, 北方定点(39°N, 153°E)において認められた透明度の2山2谷型の季節変化の要因として, 栄養塩の季節変化を指摘している。一方, ミンダナオ沖の反時計廻り(北半球)の渦流は周年形成されており(TAKAHASHI, 1959, CANNON, 1966, NITANI, 1970), 湧昇現象をとまなうことから, その季節的な消長が, 透明度の季節変化の間接的な要因となることも考えられよう。

このように, 西部太平洋のいわゆる境界領域における透明度の季節変化の要因として, 北赤道反流の南北両側からの海水の移流および, 渦流の発達などがあげられるが, それらの海洋現象と同時に風を主とした気象条件をも考慮すべきであろう。いずれにしても, 将来これらの海象, 気象現象と平行して浮遊物量または生物生産量に関する調査研究の促進が必要と考えられる。

要 約

透明度は概して, 海洋生産力の間接的な一指標に用いられることに着目し, 地方公庁船によって1949~1972年間に得られた資料を用いて, 西部太平洋, 180°以西, 南北40°の範囲における透明度の地理的差異や季節変動について検討した結果, 以下のような知見を得た。

四半期別に, 各透明度域の面積を比較すると, 1~3月には, 25~30mの透明度域が広いのに対し, 他の時期では, 30~35mの透明度域がもっとも広がっている(第3図a~d)。

つぎに, 海流系別および海域別の透明度の季節変化についてみると, いわゆる西部境界領域(第5図, 海域X)を除く海域では, 程度の差はあれ年1回, 最大値および最小値が出現することが認められた。最大値の出現する時期は共通して4~6月にあったが, 最小値の出現する季節はそれぞれの海域によって異なっている(第4, 5図)。

一方, いわゆる西部境界領域においては, 他の海域と異なり, 透明度の季節変化にそれぞれ2つの極大値と極小値が認められたが, このような特異な透明度の季節変化があらわれる原因は不明である。しかし, 既往の研究結果等から, 透明度の変化要因として浮遊物量が指摘されるため, 本研究の対象とした海域において, 将来透明度と浮遊物の相互関係の究明をさらに促進するとともに, その海洋環境ならびに気象条件の調査研究の充実をはかることが必要と考えられる。

謝 辞

この報告をまとめるに当たり, 透明度資料の提供をされた地方公庁船の各位に, また, 透明度の測定に協力をお願いした旧俊鷹丸および旧照洋丸の乗組員や, 乗船調査員各位に深謝する。

また, 種々の文献の紹介や, 適切な指導と助言を頂いた遠洋水研, 山中一郎海洋部長, 奈須敬二海洋部第一研究室長, 山中一海洋部第二研究室長, さらに, 原稿の校閲を頂いた須田明企画連絡室長および海洋部各位に感謝する。

文 献

- CANNON, G. A. 1966 : Tropical waters in the western Pacific Ocean, August-September 1957. *Deep-Sea. Res.*, **13**, 1139-1148.
- 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.
- KING, J. E. and J. DEMOND. 1953 : Zooplankton abundance in the central Pacific. *U. S. Fish Wildl. Serv., Fish. Bull.*, **54** (82), 107-144.
- 小泉政美 1952 : 北方定点における水色, 透明度およびプランクトン量. *日海会誌*, **8** (2), 71-83.
- 市村俊英 1964 : 海洋における光学的現象と漁業に関するシンポジウム, 2) 海洋における光学的現象と基礎生産. *うみ*, **2** (1), 53-54.
- 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.
- 丸茂隆三 1951 : 日本近海におけるプランクトン量と透明度との関係. *日海会誌*, **7** (1), 9-13.
- 丸茂隆三・鬼頭正隆・朝岡 治 1954 : 外洋における主要プランクトン群の生産量とその季節変化. *日海会誌*, **10** (4), 209-215.
- 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.
- NITANI, H. 1970 : Oceanographic conditions in the sea east of Philippines and Luzon Strait in summers of 1965 and 1966. p. 212-252, In the Kuroshio, J. C. MARR, editor, East-West Center Press, Honolulu, 611 pp.
- NITANI, H. 1972 : Begining of the Kuroshio. p. 129-163, In KUROSHIO-Its Physical Aspects, H. STOMMEL and K. YOSHIDA, editor, Univ. Tokyo Press, 517 pp.
- POOLE, H. H. and W. R. ATKINS. 1929 : Photo-electric measurements of the penetration of light into sea water. *J. Mar. Biol. Assoc.*, **16**, 297.
- 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.
- RYTHER, J. H. 1966 : Biological Oceanography-geographic variations in productivity. p. 347-380, *The sea 2-ideas and observations on progress in the study of the seas*, M. N. HILL, editor, second pr., Interscience Publishers, New York, 554 pp.
- SAIJO, Y. and S. ICHIMURA. 1960 : Primary production in the northwestern Pacific Ocean. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **16** (3), 29-35.
- 佐々木忠義 1964 : 海洋における光学的現象と漁業に関するシンポジウム, 1) 海洋における光学的現象と漁業. *うみ*, **2** (1), 49-53.
- TAKAHASHI, T. 1959 : Hydrograhical researches in the western equatorial Pacific. *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.*, **7**, 141-147.
- 竹内能忠 1952 : 海中照明及びそれに関連する諸現象に関する研究. *研究時報*, **4** (6), 18-74.
- TSUCHIYA, M. 1961 : An oceanographic description of the equatorial current system of the western Pacific. *Oceanogr. Mag.*, **13** (1), 1-30.
- 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.
- WYRTKI, K. 1961 : Physical oceanography of the southeast Asian Waters. Scientific results of marine investigations of the South China Sea and Gulf of Thailand, 1959-1961. *Naga*

Report, 2, 195 pp.

宇田道隆 1935：昭和八年盛夏に於ける北太平洋の海況，水試場報 6, 1-130.

UDA, M. 1955: *On the subtropical convergence and the currents in the Northwestern Pacific.*
Rec. Oceanogr. Works Japan, 2 (1), 141-150.

上野福三 1964：海洋における光学的現象と漁業に関するシンポジウム，3) 海洋における光学的現象とプランクトン，うみ，2 (1), 55-58.

山中 一 1973：マクロ延縄の漂移からみた西部太平洋の表面海流分布，遠水研報，9, 19-43.