

TECHNICAL REPORTS OF THE METEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE NO. 25

**SEASONAL MEAN DISTRIBUTION  
OF SEA PROPERTIES IN THE PACIFIC**

BY

**OCEANOGRAPHICAL RESEARCH DIVISION**

気象研究所技術報告

第25号

太平洋における海洋諸要素の季節平均分布

海洋研究部

気 象 研 究 所

METEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE, JAPAN

DECEMBER, 1989

# Meteorological Research Institute

Established in 1946

Director : Dr. Yasushi Okamura

|  |                              |
|--|------------------------------|
| Forecast Research Division   | Head : Mr. Isao Kubota       |
| Climate Research Division  | Head : Mr. Kazuhi Kiriyaama  |
| Typhoon Research Division  | Head : Mr. Kiyoshi Kurashige |
| Physical Meteorology Research Division                               | Head : Mr. Osamu Kojima      |
| Applied Meteorology Research Division                                | Head : Mr. Tsunehiro Majima  |
| Meteorological Satellite and<br>Observation System Research Division | Head : Mr. Akio Kurosaki     |
| Seismology and Volcanology Research Division                         | Head : Dr. Masaaki Seino     |
| Oceanographical Research Division                                    | Head : Mr. Akira Sano        |
| Geochemical Research Division  | Head : Dr. Yukio Sugimura    |

1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan

## Technical Reports of the Meteorological Research Institute

Editor-in-chief : Masaaki Seino

Editors : Fumiaki Fujibe      Tsugunobu Nagai      Tetsuo Nakazawa  
          Shigeru Chubachi      Junji Sato              Tomohiro Nagai  
          Itsuo Furuya            Hiroshi Ishizaki      Hisayuki Yoshikawa

Managing Editors : Yoshitsugu Nagasawa, Toshihiko Masuda

The *Technical Reports of the Meteorological Research Institute* has been issued at irregular intervals by the Meteorological Research Institute since 1978 as a medium for the publication of survey articles, technical reports, data reports and review articles on meteorology, oceanography, seismology and related geosciences, contributed by the members of the Meteorological Research Institute.

The Editing Committee reserves the right of decision on acceptability of manuscripts and is responsible for the final editing.

## 序

「気候」に対応させて「海候」という日本語が存在し、常用されて欲しいとかねがね思っている。とくに近年には、地球科学的見地から「気候」が海洋を含めてクローズアップされているので尚更である。

気象学では勿論のこと、マスコミでも一般の人々でも、「気候・気象・大気」という語をごく自然に使い分けている。ところが、海の分野では、ニュアンス的にはそれらに対応させながらも、「海洋」で済ませている。「気象と海洋」、「気候変動と海洋変動」、「大気・海洋相互作用」などと。それぞれのニュアンスは専門家には分っている、一般の人には何を意図しているのかを理解できないだろう。水を湛えた「海」を漠然と念頭に置けば上出来であり、それ以上に興味を深入りさせないだろう。几帳面に「天気」や「天候」に対して「海況」を、「気象」に対応させて「海象」を用いることもあるが、「海候」は無い。海洋国家と自負しているだけに、辞書には「海」の字が付く言葉は無数にある。しかし、「海候」は無い。専門的な海洋大事典や文部省の学術用語集・海洋学編も同様である。なお、「海洋気候」は、洋上の気候のことである。

何故「海候」という言葉が無いのか。「気候」は人間生活に密着して生じてきた言葉であり、その内容も実感が伴っている。しかも、気象観測所の分布が密であり、長期間にわたっての豊富なデータで科学的にも裏打ちされている。海にはそれらが乏しいからであろう。それでも、わが国の漁師は、昔から黒潮や親潮の特性（水温・流路・海色・生産性など）とその季節変動や年々変動を体験的に捉えていた。「海候」の意識であるが、これが科学的に裏打ちされたのは、そう遠い昔ではない。それも、水産業や海運業からの要望が強く、しかも日本の近海であるために観測が比較的容易なのでデータが蓄積されたからである。それがWCRPのWOCE（世界海洋循環実験計画）が必要としている大洋スケールのデータになると、大西洋では比較的豊富だが、太平洋では僅少である。北西太平洋の東経137°線で凌風丸が、冬季には1967年から、夏季には1972年からルーチンの海洋・海上気象観測を継続させて、それぞれの気候値を明確にしつつあるが、その努力と成果に対する国内外の評価の所以はここにある。

さて、昨今、地球規模の気候問題や環境問題に世界的な焦点があてられ、それには「海洋」が密接にかかわっているとされている。モデルにせよ理論・解析にせよその基盤には「海候」の認識が必要である。定常的で豊富な気象観測によって得られた「気候」に対して「海候」をどのように処すべきか。

大洋スケールの定常的な海洋観測は少いものの、調査・研究観測の足跡は全海洋に記されている。この汎地球的な海洋データを収集し活用しようとする気運が1970年頃から国際的に高まってきた。その中心的な活動をしているNODC（米国海洋データセンター）が集めた海洋観測資料を

用いて、S. Levitus (1982) が水温・塩分・溶在酸素についてデータセットを作成した。1901年から1978年に至るデータ（項目と深度によって期間は異なっている）を品質チェックで吟味してから、水平的には1度メッシュ、鉛直的には項目と月・季・年の組合せによって異なるが0～5,500mの33層（最多）にグリッド化した。すなわち「海候値」である。この労作は、大気や海洋の各種モデルの初期値や検証用に、海況解析に国際的に活用されている。

磁気テープに収められた体系的な海洋データセットは、理論・計算を目的とするしかも大型計算機が使用可能な研究者にはきわめて有利である。そうでない人にとっては猫に小判である。様々な「海候」を図によって認識したいのである。Levitus 自身も気候学的な全海洋図を作成しているが、それは年平均値である。海にも季節変化があるので、できれば月平均図も欲しい。

都合が良いことに、当部では昭和63年度からの経常研究「北太平洋循環系の構造とその変動機構の解明」で Levitus の資料を用いて海況解析を行なっている。海洋循環解明に必要な要素に計算処理を行なって、「海候図」を解析している当部の周東健三室長にその公開努力を依頼した。またその有用・重要性を理解された編集委員会と企画室の協力によって産み出されたのがこの「海候図」である。内容はポテンシャル水温、塩分、ポテンシャル密度、ジオポテンシャルアノマリー（または地衡流速）の季節別の水平・鉛直分布である。残念ながら月別の図は膨大な量になるので割愛した。それでも888図になる。この中から必要な図を検索するための工夫も加えた。範囲を太平洋に絞ったので、Levitus の全海洋図よりも詳細になった感がする。また、この図を基にして海洋構造と季節変化についての解説も加えた。いささか手前味噌であるが、「海候図説」だと思う。

今後の TOGA や WOCE に、地球規模の環境問題等に、この図集を活用していただければ幸甚である。末文ながら、S. Levitus の仕事に敬意を表したい。その基になる海洋資料取得に努力されてきた世界各国の海洋観測従事者に感謝する。

平成元年12月

気象研究所 海洋研究部長

佐野 昭

# Seasonal Mean Distribution of Sea Properties in the Pacific\*

by

Oceanographical Research Division  
Meteorological Research Institute

太平洋における海洋諸要素の季節平均分布\*\*

気象研究所海洋研究部

---

\*Presented by Kenzo Shuto : Oceanographical Research Division, Meteorological Research Institute

\*\*周東健三：海洋研究部

# 目 次

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 序                             |    |
| 概要 (和文) .....                 | 1  |
| Abstract (英文) .....           | 3  |
| はじめに .....                    | 5  |
| 第1章 各季節における海洋諸要素の水平分布 .....   | 7  |
| 1.1 ポテンシャル水温                  |    |
| 1.2 塩分                        |    |
| 1.3 ポテンシャル密度                  |    |
| 1.4 ジオポテンシャルアノマリー             |    |
| 第2章 海洋諸要素の季節変化の水平分布 .....     | 11 |
| 2.1 ポテンシャル水温                  |    |
| 2.2 塩分                        |    |
| 2.3 ポテンシャル密度                  |    |
| 2.4 ジオポテンシャルアノマリー             |    |
| 第3章 各季節における海洋諸要素の鉛直断面分布 ..... | 17 |
| 3.1 ポテンシャル水温                  |    |
| 3.2 塩分                        |    |
| 3.3 ポテンシャル密度                  |    |
| 3.4 地衡流速                      |    |
| おわりに .....                    | 21 |
| 参考文献 .....                    | 21 |
| 付：図一覧表 .....                  | 23 |
| 付：英文図説 .....                  | 25 |

## 概 要

本報告においては、Levitus (1982) の季節別の多年平均海洋データセットを用いて太平洋における海洋諸要素の分布を示してある。第1章では、ポテンシャル水温 ( $\theta$ )、塩分 ( $S$ )、ポテンシャル密度 ( $\sigma_\theta$ )、ジオポテンシャルアノマリー ( $GPA$ ) の水平分布を示す。西太平洋熱帯域の暖水、亜熱帯高塩分水、高緯度域の低塩分水、北太平洋の亜寒帯環流、亜熱帯環流、南極周極流などの特徴が記述してある。第2章では、第1章で示した諸要素の季節間差と年較差の水平分布を示す。冬から春 (南半球では夏から秋) にかけての  $\theta$  の変化では、100~150m 深では海面付近とは逆の変化 (北太平洋で降温、南太平洋で昇温が卓越) を示している。塩分の変化は水温の変化ほど組織立ったものではない。日本の東方海域は、水温、密度および  $GPA$  の年較差が大きい。塩分の年較差は熱帯域の東部および西部で大きい。 $GPA$  の年較差は東部熱帯域および南極周極流域でも大きい。第3章ではポテンシャル水温 ( $\theta$ )、塩分 ( $S$ )、ポテンシャル密度 ( $\sigma_\theta$ )、地衡流速の南北および東西の断面分布が示してある。諸要素の分布の特徴を述べた後、亜熱帯高塩分水、中層水 (塩分極小水) と等ポテンシャル密度面および流れの場との関係を記述してある。北太平洋の中層水は  $\sigma_\theta = 26.8$  に、南極中層水は  $\sigma_\theta = 27.2 \sim 27.3$  の等密度面に沿って低緯度に張り出しているが、その場所では亜熱帯循環によって東向きの流れが卓越している。

## Abstract

Recently as climatic change has gradually become more evident, the role that oceans play in it has attracted more attention, and global oceanographic observations are going to be put into practice in the WOCE (World Ocean Circulation Experiment) program of WCRP in order to clarify the role.

Under these circumstances the necessity of understanding the sea conditions of the oceans as a whole is increasing, and the author believes that it is worthwhile to show the basic distribution of sea properties in the Pacific as done in this technical report.

The main aim is to show their distribution; therefore the description in this report is limited to the statement of the characteristics in the distribution of sea properties without any oceanographic analysis.

Levitus' (1982) seasonal mean oceanographic data set, which is used here, consists of temperature and salinity data at standard depths at  $1^\circ \times 1^\circ$  grid points of the world oceans. The sea properties treated in this report are potential temperature ( $\theta$ ), salinity ( $S$ ), potential density ( $\sigma_\theta$ ), geopotential anomaly ( $GPA$ ) and velocity of geostrophic current.

$\theta$  is calculated based on Fofonoff and Millard (1983) with the reference to the sea surface.  $\sigma_\theta$  is calculated by  $\sigma_\theta = \rho(S, \theta, 0) - 1000.0$  ( $\text{kg m}^{-3}$ ), where  $\rho$  is the density of seawater which is calculated based on UNESCO (1981).  $GPA$  is calculated by

$$GPA = \int_p^{p_r} \{ \alpha(S, T, p) - \alpha(35, 0, p) \} dp,$$

where  $\alpha = \rho^{-1}$ ,  $T$  is water temperature in situ,  $p$  is pressure and  $p_r$  is the reference pressure which is taken as 150 bar (1500 db). The velocity of the geostrophic current is calculated by dividing the difference of  $GPA$  between any two stations by the distance between them and Coriolis parameter  $f$ .

In chapter 1, the horizontal distribution of  $\theta$ ,  $S$ ,  $\sigma_\theta$  and  $GPA$  is treated, and such subjects are discussed as warm water in the tropical western Pacific, subtropical high salinity water, low salinity water in high latitudes, subarctic gyre in the North Pacific, subtropical gyres in the North and the South Pacific and the Antarctic Circumpolar Current.

In chapter 2, the seasonal change and the range of annual variation of those sea properties are presented. The change of  $\theta$  at 100 to 150 m depth from winter to spring (from summer to autumn in the Southern Hemisphere) shows opposite patterns of distribution to



the one near the sea surface, namely descent in the North Pacific and ascent in the South Pacific. Seasonal changes in salinity are not so systematic as temperature change. In the region east of Japan the range of annual variation in  $\theta$ ,  $\sigma_\theta$  and  $GPA$  is large. The range of salinity change is large in the eastern and western parts of the tropical region. The range of  $GPA$  change is large also in the eastern tropical region and in the region of the Antarctic Circumpolar Current.

In chapter 3, meridional and zonal sections of  $\theta$ ,  $S$ ,  $\sigma_\theta$  and the velocity of the geostrophic current are shown. After the description of the characteristics in their distribution, some relationship between subtropical high salinity water, intermediate water (defined by salinity minimum), potential density surfaces and the velocity field is mentioned. The North Pacific Intermediate Water and the Antarctic Intermediate Water extend toward the low latitudes along the  $\sigma_\theta = 26.8$  surface and  $\sigma_\theta = 27.2 \sim 27.3$  surface respectively, and the eastward current is conspicuous in the velocity field there due to subtropical gyres in the North and the South Pacific.

Lastly, the author wishes to express his thanks to Dr. Sydney Levitus for his permission to publish these maps in this technical report.

## はじめに

近年、気候変動が顕在化するにつれて気候変動における海洋の果たす役割が注目され、世界気候研究計画 (WCRP) の中で世界海洋循環実験計画 (WOCE) のように大規模な海洋観測が国際的に実施されようとしている。

太平洋は世界最大の海洋であり、全球的な気候変動に大きな影響を与えている。このような背景のもとで、太平洋全体の海況を理解する必要性は高まっており、この技術報告において太平洋の基本的海洋構造を示すことは意義があると信ずる。

この技術報告では太平洋の基本的海洋構造を表す諸要素の平均的分布を示すことに主眼を置いている。従ってここでは海洋学的解析を行わずに諸要素の分布の特徴を述べるに止める。

ここで使用しているのは、Levitus (1982) の季節別の多年平均海洋データセットであり、それは全世界の海洋の  $1^\circ \times 1^\circ$  の格子点の海面から 1500m 深までの基準深度における現場水温 ( $T$ ) と塩分 ( $S$ ) のデータから成っている。このデータでは冬季が 2~4 月、春季が 5~7 月、夏季が 8~10 月、秋季が 11~1 月となっていて、気象における季節とは少しずれているが、これは海洋における季節の遅れを考慮したものと思われる。

ここではポテンシャル水温 ( $\theta$ )、塩分 ( $S$ )、ポテンシャル密度 ( $\sigma_\theta$ )、ジオポテンシャルアノマリー (GPA) および地衡流速を扱う。熱力学的保存量として  $\theta$  と  $\sigma_\theta$  を取り上げたが、 $\theta$  と現場水温 ( $T$ ) との差は 1500m 深で  $0.1^\circ\text{C}$  程度、 $\sigma_\theta$  と現場密度 ( $\rho - 1000.0$ ) との差は 1500m 深で  $7.0\text{kg/m}^3$  程度である。

$\theta$  は Fofonoff and Millard (1983) に基づき、基準圧力を 0 bar に取って計算し、 $\sigma_\theta$  は  $\sigma_\theta = \rho(S, \theta, 0) - 1000.0$  ( $\text{kg/m}^3$ ) とした。 $\rho(S, T, p)$  は UNESCO (1981) により計算した。GPA は次式によって計算した。

$$GPA = \int_p^{p_r} \{ \alpha(S, T, p) - \alpha(35, 0, p) \} dp$$

ここで  $\alpha (= 1/\rho)$  は現場比容、 $p$  は圧力、 $p_r$  は基準面の圧力で 150 bar (1500 db) に取っている。地衡流速は 2 点間の GPA の差を 2 点間の距離とコリオリのパラメータ  $f$  で除して求めたが、その際 3 次のスプライン補間により、基準深度における  $T, S$  の値から 10m 毎の値を求め、それに基づいて GPA を計算した。