

1975年11月のオーストラリア西岸域における 流動と海水特性について

木 谷 浩 三

The movements and physical characteristics of the water off the Western Australia in November, 1975

Kozo KITANI*

The movements and physical characteristics of the water off the Western Australia were investigated in November 6-16, 1975 by R. V. Kaiyo Maru, Fisheries Agency of Japan. The results obtained are summarized as follows:

1. The water with relatively high temperature and low salinity, originating from the northern part of surveyed area, moved southward along the inshore region of the Western Australia.

2. The water with relatively low temperature and high salinity, expanding to the southwestern part of surveyed area, moved to the north mainly in the offshore region and partly in the inshore region of the Western Australia.

3. As a result of above mentioned movements of water with different properties, a very complicated front was formed in the northwestern area of Fremantle, at the same time, three eddies were found in this area. One of the three eddies, which lay between the other two, was anticyclonic in circulation and seemed to represent convergence area, while the other two eddies were cyclonic and seemed to represent divergence area.

4. The velocity and the transportation of water across the 30°S section were calculated. As a whole, the integrated transportation across the 30°S section from the inshore region to the offshore up to 110°20'E has a significant northward resultant component.

5. The West Australian Current in the offing and its counter current in the coastal region (tentatively called the West Australian Coastal Counter Current) are recognized apparently, however, their seasonal mutability has been left for future studies.

ま え が き

水産庁調査船開洋丸による底魚漁場開発のための昭和50年度調査航海は、オーストラリア周辺海域及びノーフォーク海嶺域において実施された。ここでは、底魚漁場開発調査と共に行われた海洋調査結果の内、特にオーストラリア西岸域の流動と海水特性について述べる。

オーストラリア西岸域は、SVERDRUP (1942), DEFANT (1961) などの海流図に見られるように北上する海流、いわゆる West Australian Current の存在する海域として知られている。しかし近年における報告によると、

この海域には West Australian Current のような定常流は存在しないことが示唆されている。すなわち、ROCHFORD (1969) は、長期にわたる沿岸域の表面塩分の変化及び漂流びんの調査結果から、オーストラリア西岸域においては、晩秋から冬季までの間は南下流が、夏季には北上流が存在しており、流れに季節的变化のあることを示している。また HAMON (1972) は、1965—1969 年の観測資料から地衡流を求めた結果、オーストラリア西岸域には、従来いわれているような West Australian Current は認められず、また季節的にも不規則な流れが存在するものと想定している。この海域におけるこれまでの海洋調査は、CSIRO* を中心として実施されているが、上にも述べたように海況に関しては不明確な点が多い。これらを明らかにするためには、さらに多くの観測を実施し、各観測時ごとの海況の把握を的確に行うことが必要である。このような観点から、ここでは、開洋丸の観測時におけるオーストラリア西岸域の流動と海水特性について検討を行った。

観測期間は、1975 年 11 月 6 日～16 日、観測点数は、36 点であるが、観測域は、トロール調査点に合わせたため大陸棚域を主とした沿岸域となっている。これらの観測結果は、海洋観測資料センター (JODC) にファイル #49752901 として登録されている。

なお、本調査の実施において種々の協力を頂いた開洋丸乗組員各位に深謝の意を表す。また本小論のとりまとめに当り有益な助言、示唆を頂いた東海大学海洋学部宇田道隆教授、遠洋水産研究所山中一郎海洋部長、同川崎正和海洋第一研究室長、同水戸敏企画連絡室長及び同海洋部の各位に厚く御礼申し上げる。

結果及び考察

表面における水温分布 (図 1) は、25°S 以北においては 23°C 以上、Fremantle 沖合域では 21°C 以下で、概して、東西方向より南北方向での温度変化が大きいことを示している。北部の高塩域は、沿岸寄りの海域で南方へ張り出す分布形状を呈し、沖合寄りの海域では、同緯度の沿岸域に比べて低温を示している。Geraldton 北部のごく沿岸部には周辺域より 1°C 以上低温を示す海域が見られる。30°S 付近の海域では、21°C 等温線の大きな蛇行が示されている。

表面塩分 (図 1 参照) は、25°S 以北で 35.0‰ 以下、32°S の Fremantle 沖合域では 35.3‰ 以上を示しており、特に 28°S 以北において南北方向での塩分変化が大きい。Geraldton 北部沿岸域の塩分は、周辺域よりも 0.1‰ 以上高く、水温分布と同様、分離された一つの水域を形成している。すなわち、この水域の表面には周辺海域とは異質の海水特性が認められる。28°S 以南の海域では、概して沖合寄りの海域で高塩、沿岸寄りの海域で低塩を示し、30°S 付近では、高塩水と低塩水が交錯する複雑な分布形状を呈している。特に沿岸近くの高塩域は、その中心で 35.5‰ 以上となり、周辺域から分離した形状を呈している。

100 m 層における水温分布 (図 2) は、表面における水温分布と同様に、概して北部域で高温、南部域で低温を示している。また 100 m 層における塩分 (図 2 参照) は、表面塩分と同様の分布傾向を示しているが、沿岸寄りで低塩、沖合域で高塩の傾向は、表面よりも顕著である。

調査海域における水温の水平分布は、表面で 21～23°C、その変化範囲は 2°C である。これに対して、100 m 層では 18～22°C の水温を示し、その変化範囲は 4°C と大きい。このことと塩分の水平分布の傾向から、沖合域における低温、高塩水は、表面よりも 100 m 層においてより沿岸にまで分布するものと考えられる。30°S 付近では、表面水温の場合と同様に 100 m 層においても、沿岸から沖合にかけて暖水域と冷水域とが交互に存在する複雑な水温分布を示している。また水温分布と同様に、塩分分布においても、高塩域と低塩域が交互に存在していることから、この付近の海域では、高温、低塩水の南方張り出し分布と、低温、高塩水の北方張り出し分布とが複雑に交錯しているものと考えられる。特に 30°S の 112°E 付近と 114°E 付近には、周辺域から分離した低温、高塩水域が形成されており、この付近の海水特性を複雑にしている。

ROCHFORD (1962) は、春から夏におけるインド洋南東域を表面の海水特性から 5 海域に区分し、オーストラリア西岸の 24°S から 35°S の海域は、表面塩分 35.5‰ 以上を示す Subtropical Zone (亜熱帯海域) に属するとしている。しかしながら今回の調査結果では、30°S 線の沖合域などに 35.5‰ 以上の水域がわずかに

* Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia.

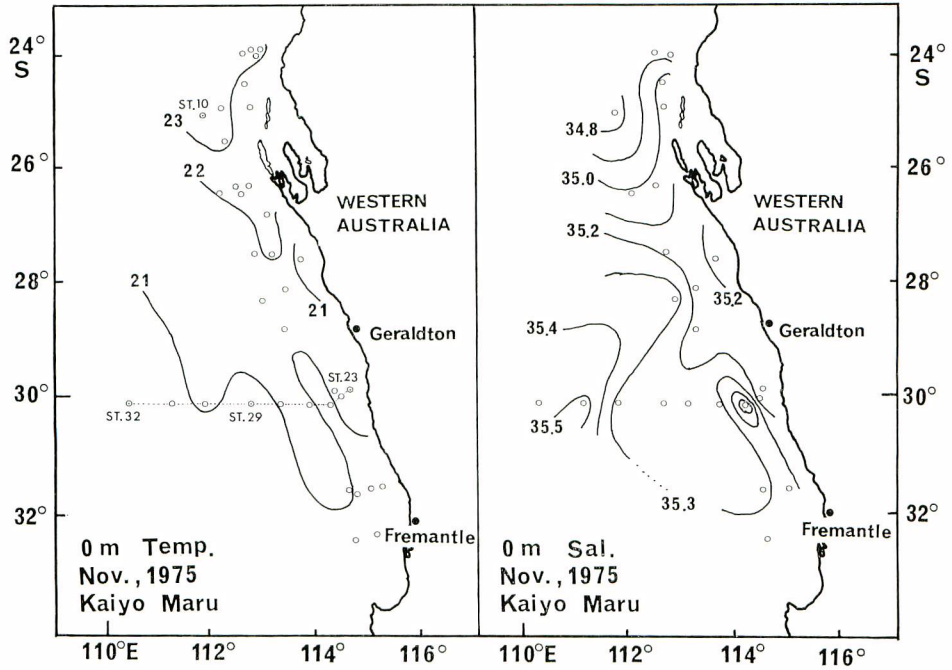


図 1. 表面における水温 (°C), 塩分 (‰) の分布, 1975 年 11 月
 Fig. 1. Temperature (°C) and salinity (‰) distribution at the sea surface in November, 1975.

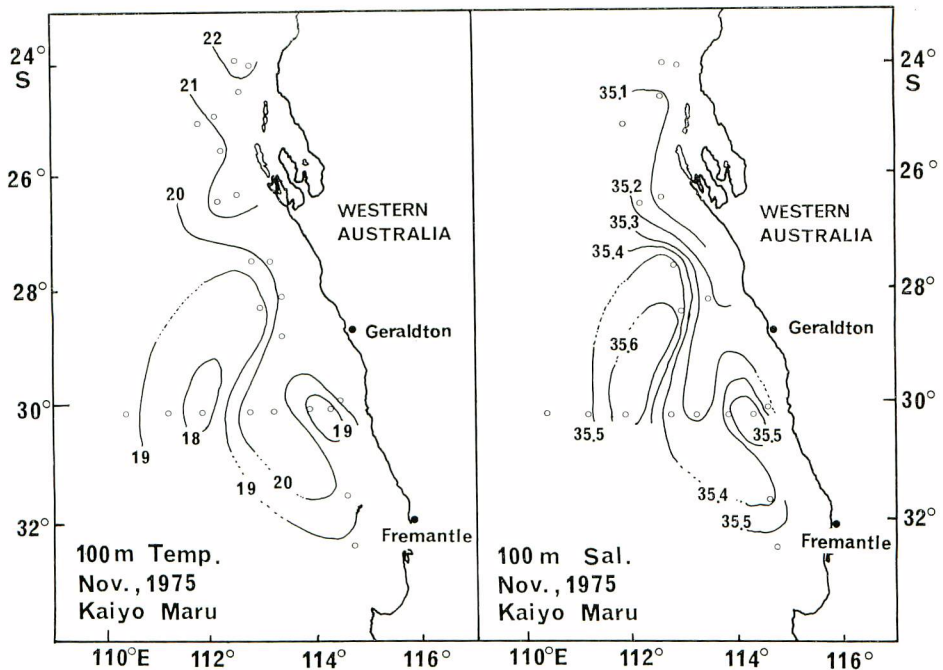


図 2. 100 m における水温 (°C), 塩分 (‰) の分布, 1975 年 11 月
 Fig. 2. Temperature (°C) and salinity (‰) distribution at the 100 m layer in November, 1975.

認められる以外は、オーストラリア西岸域の表面塩分は、比較的低い。ここに見られる表面塩分は、ROCHFORD (1962) の区分に従うと Tropical Zone (熱帯海域) と Subtropical Zone の間にある Transitional Zone (転移帯水域) のそれに相当し、25°S 以北に分布するとされている。しかし今回の調査では、比較的高温、低塩な Transitional Zone の水が、オーストラリア西岸の全域にわたって分布しており、この水の南偏傾向が著しいことが示唆されている。また比較的低温、高塩な Subtropical Zone の水は、30°S 以南の海域にわずかに見られるのみである。

全観測点において得られた T-S 関係 (図 3) を見ると、水温 6°C 以下の比較的下層の水においても、1 つの曲線にのるような T-S 関係とはならず、不規則な海水特性を示している。ROCHFORD (1961) によるとインド洋南東域の中層 ($\sigma_t=27.00\sim 27.59$) には、起源を異にする水型、すなわち、Antarctic Intermediate Water (南極中層水)、North-West Indian Water (北西インド洋水) そして Banda Intermediate Water (バンダ海中層水) の存在することが示されている。上記の T-S 関係において、比較的深い層においても T-S ダイアグラム上の分布範囲が不規則となるのは、このような海水特性の異なる水型が存在していることを示唆するものと考えられる。水深 100~300m, $\sigma_t=25.50\sim 26.00$ には、35.60‰ 以上の塩分極大層が認められる

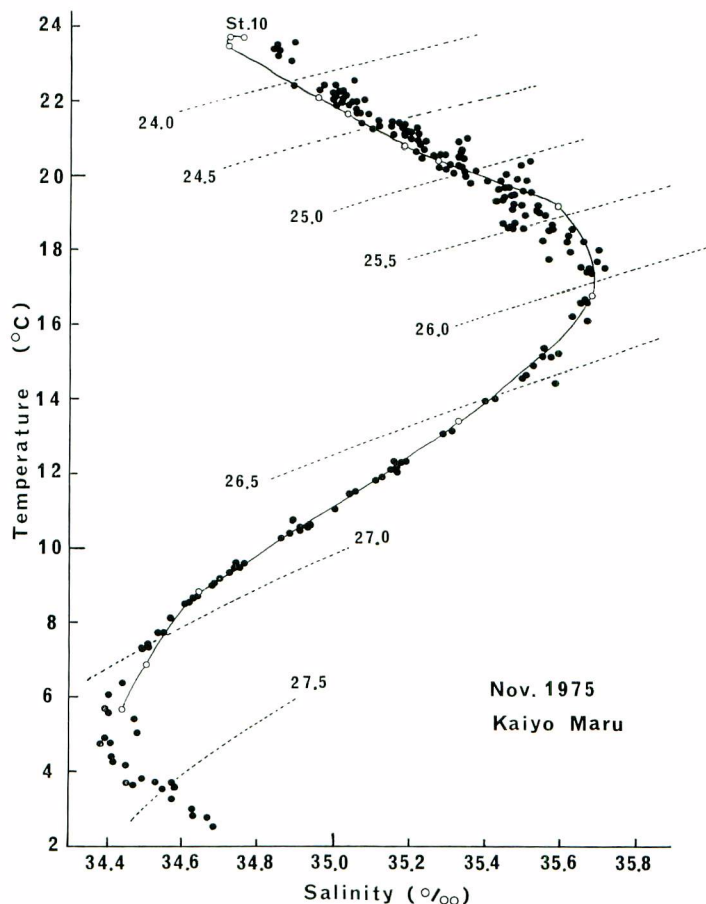


図 3. 西オーストラリア沖における水塊の水温—塩分関係

Fig. 3. Temperature—salinity relations of water mass off the Western Australia. (—○— ST. 10, ● other stations)

が、ROCHFORD (1964) は、この水を South-East Indian High Salinity Water (南東インド洋高塩水) と名づけている。この起源は、より西方のインド洋南東域にあって、中心域での塩分は、35.9‰以上、出現深度は、50m以浅にあるとしている。オーストラリア西岸域にみられる塩分極大層水は、上下層水あるいは隣接水との混合により変質し、起源水に比べると約0.3‰の塩分低下をしたものと考えられる。この塩分極大層の上層には、高温、低塩な表層水が存在し、特に北部の25°S付近では、水温23°C以上、塩分34.8‰以下の低密度の表層水が見られる。陸棚上においては、今回観測のなされた31°34'Sまで塩分極大水は見られず、すべてこの高温、低塩水で占められていた。

微細現象としては、ST. 10のT-S曲線に示されるように、ほぼ全観測点において表面塩分がその下層塩分より高く、密度逆転を生じている観測点も多く認められた。本調査は、南半球の晩春に行われているが、この時期にも海面からの蒸発が活発であることが示唆されている。

30°S線断面の流速、流量を得るための地衡流計算は、ST. 27~ST. 32においては、1500 db面を基準とし、ST. 26~ST. 27とST. 24~ST. 26においては、水深の関係でそれぞれ、1200 db面と100 db面を基準としている。この鉛直断面においては、沿岸から沖合にかけて南下成分と北上成分を持つ流れが交互に存在し、この付近の海域で複雑な流動のあることを示唆している(図4)。最大流速は、ST. 26~ST. 27の表層における北上流成分の48 cm/secである。他の観測点においても表層に大きな流速が見られ、沿岸のST. 24~ST. 26を除いて30 cm/sec以上の南下及び北上流成分が示されている。そして深度とともに流速は減少し、600 m以深では約10 cm/sec以下となっている。ST. 24~ST. 26では、100 db面基準で求めた流速であるにもかかわらず、21 cm/secの比較的大きな南下流成分が得られている。この断面を通過する南北の流量は、ヒストグラムに示すように北上流量が大きく、沿岸からST. 32(110°21'E)までの北上流の総量は33.6 Svとなる。これに対して南下流の総量は、ST. 28~ST. 30(113°15'E~110°55'E)において15.3 Svが得られている。この値に沿岸における南下流量が加算されるので、沿岸から110°20'Eまでの東西断面における南北輸送量の収支は、正味で約16 Svの北上流量とみなされる。前述の海水特性をこのような流れと対比すると、高温、低塩水は南下し、低温、高塩水は北上する流れとなる。

50 m層におけるthermosteric anomaly (δ_t)の分布(図5)は、概してこの海域の北部域と沿岸域で比容が大きく、南部域と沖合域で比容が小さいことを示している。しかし、30°S線上付近では、周辺域から分離した高比容域と低比容域の存在が認められる。また表面、100 m及び200 m層における比容もほぼ同様の分布傾向を示していることから、表層のdynamic height(力学高度)は、北部域と沿岸域では高く、南部域と沖合域で

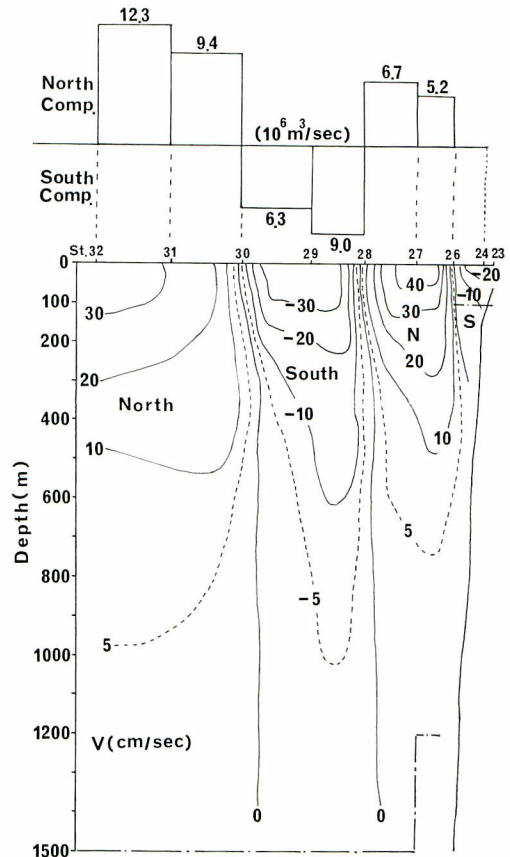


図4. 30°S線断面を横ぎる流速 (cm/sec) と輸送量 ($10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$)

Fig. 4. Velocity (cm/sec) and transport ($10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$) across the vertical section along the 30° S.

は低いと推察される。また 30°S 線上付近には、dynamic height の高い水域と低い水域が周辺域から分離していると考えられる。

これらの結果にもとづいて、今回の調査時における表層の流動を模式的に示すと (図 6)、陸棚上を中心としたオーストラリア西岸域には、高温、低塩水の南下があり、30°S 付近で北上する低温、高塩水と複雑な接合を生じているものと考えられる。しかし沿岸陸棚域では、30°S 以南にも北部域に起源をもつ高温、低塩水が認められ、南下流動が存在するものと考えられる。沖合域での観測は少ないが、低温、高塩水の北上流動は、大きいものと推察される。起源を異にする 2 つの水型が複雑な流動を示す 30°S 付近では、いくつかの渦流の存在が示唆されている。すなわち、沖合の 112°E と沿岸の 114°E 付近を中心として右回りの渦流が、そして、この 2 つの渦流の間には、左回りの渦流が存在し、前者が発散域、後者が収束域となっているものと考えられる。

WYRTKI (1962) は、Fremantle 西方の 32°S, 110°E を中心に右回りの渦流が存在し、それは、年や季節による変動はあるものの、ほぼ定常的にこの位置に出現するものであろうと述べている。また HAMON (1965) は、数年間の dynamic height anomaly (力学高度アノマリー) を調べ Fremantle 西方の 30°S~32°S, 90°E~115°E の海域には、右回りと左回りの渦流機構、すなわち double eddy system (二重渦系) が存在することを推測している。

本調査時においても、30°S 付近に渦流が存在するという示唆は、WYRTKI (1962) や HAMON (1965) の指摘と一致しているが、その数や出現位置などにおいて異なっている。この渦流がどのような機構によって形成されるかは明らかでないが、起源を異にする異質水型の複雑な接合と密接な関連を持つものと考えられる。

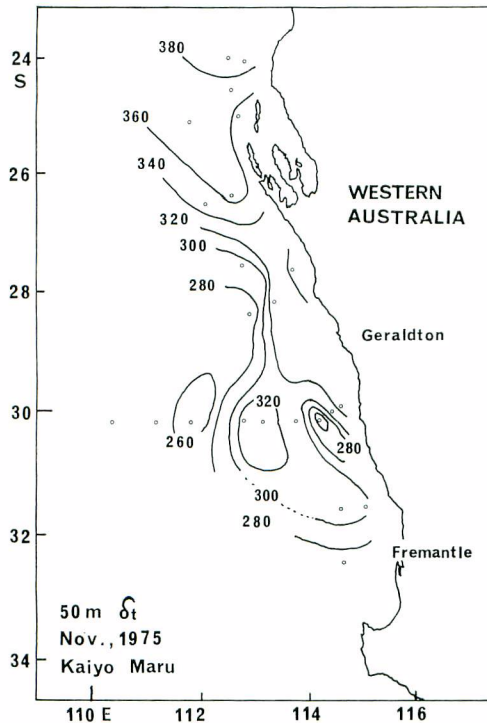


図 5. 50 m における比容アノマリー, Δt (cl/ton) の分布

Fig. 5. Horizontal distribution of thermohaline anomaly, Δt (cl/ton) at the 50 m layer.

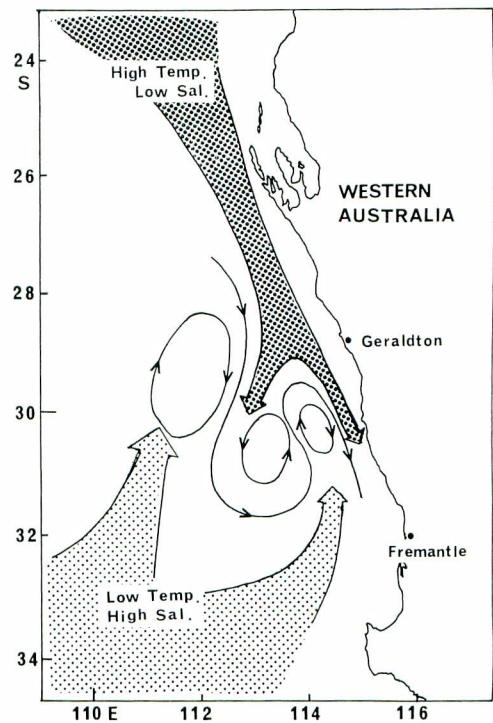


図 6. 1975 年 11 月における表層水流動の模式図

Fig. 6. Schematic diagram of water movements at the surface layer in November, 1975,

あ と が き

開洋丸の観測結果によると、オーストラリア西岸域においては、従来の海流図には見られない南下流動が示唆されている。また 30°S 以南の海域では、常時渦流の存在することが示唆されることから、この付近の海域においては、ほぼ定常的に異水型の複雑な接合が生じているものと考えられる。

沖合域での流動については、調査域が沿岸を中心としていたので明確にはできなかったが、北上流が卓越しており、いわゆる West Australian Current を想定することができる。沿岸域における南下流動が、安定的に存在するならば、この沖合域の北上流に対する反流（西オーストラリア沿岸反流）として位置づけることが考えられる。しかし、今回みられた南下流動がどの程度安定しているか、季節的にどのように変化するかは、今後の調査に待たねばならない。

文 献

- DEFANT, A. 1961: Physical oceanography. Vol. 1. 729 pp., Pergamon Press, New York.
- HAMON, B.V. 1965: Geostrophic currents in the south-eastern Indian Ocean. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, **16**, 255-257.
- 1972: Geopotential topographies and currents off West Australia, 1965—1969. CSIRO Aust. Div. Fish. Oceanogr. Tech. Pap. No. 32.
- ROCHFORD, D.J. 1961: Hydrology of the Indian Ocean. I. The water masses in intermediate depths of the south-east Indian Ocean. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, **12**, 129-149.
- 1962: Hydrology of the Indian Ocean. II. The surface waters of the south-east Indian Ocean and Arafura Sea in the spring and summer. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, **13**, 226-251.
- 1964: Hydrology of the Indian Ocean. III. Water masses of the upper 500 metres of the south-east Indian Ocean. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, **15**, 25-55.
- 1969: Seasonal interchange of high and low salinity surface waters off south-west Australia. CSIRO Aust. Div. Fish. Oceanogr. Tech. Pap. No. 29.
- SVERDRUP, H.U., M.W. JOHNSON and R.H. FREMING 1942: The Oceans. 1087 pp., Prentice-Hall, INC., New York.
- WYRTKI, K. 1962: Geopotential topographies and associated circulation in the south-eastern Indian Ocean. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, **13**, 1-17.