

う み

La mer

昭和 55 年 2 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon

日 仏 海 洋 学 会

編 集 委 員 会

委員長 富永政英 (鹿児島大学)
委員 半沢正男 (舞鶴海洋气象台) 星野通平 (東海大学) 今村 豊 (東京水産大学) 井上 実 (東京水産大学) 神田献二 (東京水産大学) 増田辰良 (東京水産大学) 森田良美 (東京水産大学) 永田 正 (東京水産大学) 西村 実 (東海大学) 杉浦吉雄 (鹿児島大学) 高木和徳 (東京水産大学) 高野健三 (理化学研究所) 宇野 寛 (東京水産大学) 山路 勇 (東京水産大学) 柳川三郎 (東京水産大学)

投 稿 規 定

1. 報文の投稿者は本会会員に限る。
2. 原稿は簡潔にわかりやすく書き、図表を含めて印刷ページで12ページ以内を原則とする。原稿(正1通, 副1通)は、(〒101)東京都千代田区神田駿河台2-3 日仏会館内 日仏海洋学会編集委員会宛に送ること。
3. 編集委員会は、事情により原稿の字句の加除訂正を行うことがある。
4. 論文(欧文, 和文とも)には必ず約200語の欧文(原則として仏語)の要旨をつけること。欧文論文には欧文の要旨のほかに必ず約500字の和文の要旨をつけること。
5. 図及び表は必要なもののみに限る。図はそのまま版下になるように縮尺を考慮して鮮明に黒インクで書き、論文の図及び表には必ず英文(又は仏文)の説明をつけること。
6. 初校は原則として著者が行う。
7. 報文には1編につき50部の別刷を無料で著者に進呈する。これ以上の部数に対しては、実費(送料を含む)を著者が負担する。

Rédacteur en chef Masahide TOMINAGA (Kagoshima University)
Comité de rédaction Masao HANZAWA (Maizuru Marine Observatory) Michihei HOSHINO (Tokai University) Yutaka IMAMURA (Tokyo University of Fisheries) Makoto INOUE (Tokyo University of Fisheries) Kenji KANDA (Tokyo University of Fisheries) Tatsuyoshi MASUDA (Tokyo University of Fisheries) Yoshimi MORITA (Tokyo University of Fisheries) Tadashi NAGATA (Tokyo University of Fisheries) Minoru NISHIMURA (Tokai University) Yoshio SUGIURA (Kagoshima University) Kazunori TAKAGI (Tokyo University of Fisheries) Kenzo TAKANO (Institute of Physical and Chemical Research) Yutaka UNO (Tokyo University of Fisheries) Isamu YAMAZI (Tokyo University of Fisheries) Saburo YANAGAWA (Tokyo University of Fisheries)

RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES AUTEURS

1. Les auteurs doivent être des Membres de la Société franco-japonaise d'océanographie.
2. Les notes ne peuvent dépasser douze pages. Les manuscrits à deux exemplaires, dactylographiés sur papier fort, doivent être envoyés au Comité de rédaction de la Société franco-japonaise d'océanographie, c/o Maison franco-japonaise, 2-3, Kanda Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo, 101 Japon.
3. Le Comité de rédaction se réserve le droit d'apporter, le cas échéant, des modifications mineuses aux manuscrits ainsi que de demander aux auteurs de les corriger.
4. Des résumés en langue japonaise ou langue française sont obligatoires.
5. Les figures au trait seront tracées à l'encre de Chine noire sur papier blanc ou sur calque. Les légendes des figures et des tableaux sont indispensables.
6. Les premières épreuves seront corrigées, en principe, par les auteurs.
7. Un tirage à part des articles en cinquante exemplaires est offert gratuitement aux auteurs. Ceux qui en désirent un plus grand nombre peuvent les faire établir à leurs frais.

屋久島南東線の地衡流*

小長俊二**, 西山勝暢**, 石崎 廣**, 半沢洋一***

Geostrophic Current Southeast of Yakushima Island*

Shunji KONAGA**, Katsunobu NISHIYAMA**, Hiroshi ISHIZAKI**
and Yoichi HANZAWA***

Abstract: During about 18 years since 1955, the density structure of sea water southeast of Yakushima Island (section E) was observed at least twice a year mainly by Nagasaki Marine Observatory. In this paper we attempted to study (1) the deep western boundary current along the Nansei Shoto Ridge by examining the structure of geostrophic currents across the section E and (2) the variations of geostrophic transports across the section E in connection with those of northeastern part of the East China Sea.

Following results were achieved: (1) Near Yakushima Island, geostrophic velocities may sometimes reach the minimum value at 500 to 600 m level (sometimes negative values), and below the reference level (taken 800 dbar level) they direct to the same direction as in surface layers. This may suggest that there exists the deep boundary current and Rossby wave wakes downstream of the oceanic ridge. (2) When the cold water region was present in the sea south of Tokai-Do, Japan, there might have been tendencies for the current pattern to deviate westwards, and for the mass transports to increase across the section PN and to decrease across the section E. As the southward transports east of Amami-Oshima Island increase very much in that period, the transports across the section E decrease, inspite of the transport increase in the East China Sea and so in the Straits of Tokara. (3) Differences of the yearly mean sea level between Naze and Nishino-omote take nearly the same behavior as the yearly mean sea level and coastal water temperature at Naze. The increase of the differences seems to accompany the increase of the mass transports across the Straits of Tokara. Low temperature and low mean sea level at Naze may probably suggest a cyclonic circulation around Amami-Oshima Island, and so in the southern part of the Straits of Tokara, counter currents are intensified, then the transports across the Straits must decrease, and vice versa in the case of high temperature and mean sea level at Naze. (4) There are considerable discrepancies between the surface current by geostrophic estimations and that with GEK values in individual cases. But making some temporal averages, a tendency may be seen that geostrophic velocities are rather strong compared with GEK values near Yakushima Island and vice versa in offshore region, due probably to the complicated vertical profile of the geostrophic velocities in nearshore region.

* 1979年9月4日受理 Received September 4, 1979
本研究の一部は昭和54年度日仏海洋学会学術研究発表会で講演した。

Partly presented at the Annual Meeting of the Society, May 1979.

** 気象研究所, 〒305 茨城県筑波郡谷田部町長峰1-1
Meteorological Research Institute, Nagamine 1-1, Yatabe-cho, Ibaraki, 305 Japan

*** 長崎海洋气象台, 〒850 長崎市南山手町11-51
Nagasaki Marine Observatory, Minamiyamate-cho 11-51, Nagasaki, 850 Japan

1. はじめに

大陸の東側は西岸境界流の存在で古くから多くの観測がなされてきたが、最近ロスビー波理論の発達から、海嶺の東側にも同様の境界流が存在する可能性が論じられ、天皇海山の東側の水温観測から、それと考えられる流れの存在が推定されている例もある (KENYON, 1978)¹⁾。薩南海嶺は、大陸の東岸に近く、東側には伊豆・小笠原海嶺や、九州パラオ海嶺があって、西進するロスビー波と

海嶺の関係を論ずる場所としては適当でないかも知れないが、この海嶺の両側で 1955~72 年に長崎海洋気象台が行ったかなり精しい海洋観測があるので、そのような観点から解析しなおすのも意義があると考え、この報告では屋久島南東の E 線で、800 m 深を基準にした地衡流の構造を中心に解析した。第 2 節では使用した資料のあらましを、第 3 節では E 線の地衡流の特徴をトカラ(吐噶喇)海峡の流れも考慮してのべる。第 4 節では GEK による表面海流との比較を、第 5 節では東シナ海、トカラ海峡などを含めて、E 線の流量およびそれに関連したいくつかの現象を調べ、第 6 節ではこれらを総合的に検討していくつかの結論を導いた。

2. 資料

地衡流計算に用いたすべての資料は気象庁海洋海上気象観測資料から、沿岸水温は長崎海洋気象台の西日本海況旬報を併用、潮汐資料およびトカラ海峡の GEK の値は水路部観測報告潮汐編・海洋編を用いた。

Fig. 1 に主な観測線の位置関係を示す。E 線の観測点は当初 20 海里間隔で 11 点あって、夏冬の 2 回の観測がなされていたが、1960 年からは 2~3 回行われるようになった。1965~68 年は CSK (Cooperative Study on the Kuroshio and Adjacent Sea) の特定線として年間 8 回合計 26 回の

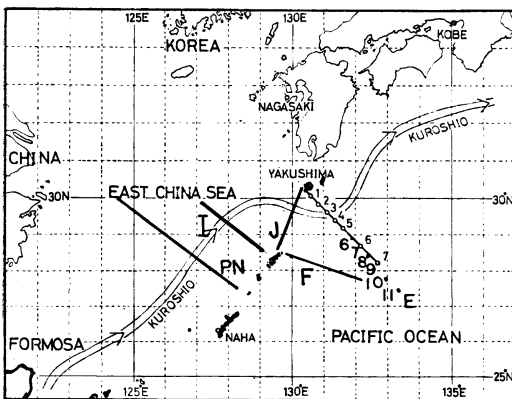


Fig. 1. Map of the survey area and main observation lines.

観測が、1,600 m 深までなされたが南東部は 40 海里にひろげられて全部で 7 測点となった。その後 1969 年に 2 回、1970, 71, 72 年に冬のみの観測がなされ、以後中止されている。PN 線は当初から現在までずっと年 2 回は観測されている。F 線は 1960 年以降 500 m までの観測しかないのも、それ以前のものを用い、J 線は観測密度の高い当初数年のもののみを用いた。潮汐は観測されているもの全部を使用した。

3. E 線の地衡流 (800 db 基準)

東シナ海からトカラ海峡を通過して太平洋に流出した黒潮は、E 線の北西部を通過して北東に流れている。九州東部に冷水域ができることと E 線上の黒潮はやや沖に偏る。したがって、E 線と黒潮流路とは必ずしも直交していない。また St. E₁ は水深

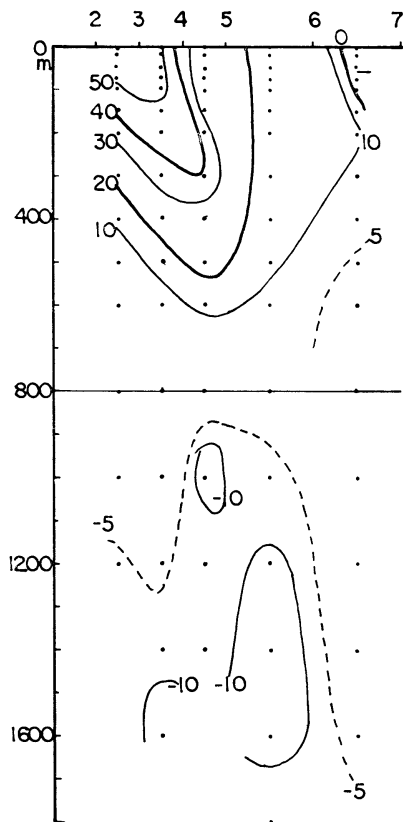


Fig. 2. Mean geostrophic velocities across the section E from March 1965 to April 1968.

が浅いため、地衡流の計算は St. E₂ から沖でのみ行なった。したがって、屋久島と E₂ の間の流れについては GEK 以外では考えていない。1965~68 年は観測頻度、測定深度共に異なるので、ここでは 1955~64 年、1965~68 年の 2 つのグループに分けて扱った。先ず Fig. 2 には 1965~68 年の 26 回の観測値を平均した地衡流を示す。この図からは、最も強い流れは Sts. 2~3 の間にあり、中層ではやや沖に偏している。800 m 以深では 10 cm s⁻¹ 以上の流れの所があって Sts. 5-6 の間で最強となっている。この期間の水温、塩分および表面流速については TSUCHIDA (1971)²⁾ の解析があり、表面流速は E₃ 付近が最強であり、すべての要素に年および半年変化が卓越すること、中層は変動幅の小さい亜熱帯モード水に対応していることなどが報告されている。また 1968 年冬には九州東沖に冷水域があり、E 線の流れにも影響が出たことも述べられている。これらのことを念頭において E 線の地衡流の構造を考える。

(i) 1955~1964 年の場合

Fig. 3 にはこの期間の Sts. 2-3, 3-4, 4-5 間の地衡流の北東成分の時系列を示す。Sts. 2-3 では表面に強い流れがありながら、400 m 以深に負の値がしばしば存在している。1955 年 7 月、1961 年 4 月はその顕著な例である。後者の場合、600 m で極小値を、800 m 以深で正の値を示している。この場合、基準面を深くすれば中層の負の値が増大し、逆に浅くすれば下層の正の値が増大することを示している。これは海嶺のすぐ東の場所であり、実際にこのような流れが存在するものと思う。海嶺の東側に発生する西岸境界流の特殊な形とみることもできる。

つぎに Sts. 3-4 間では中層での強い反流は見られず、基準面より下で反流が強まっている。1957 年 8 月、1961 年 2 月、1964 年 9 月には 1,200 m で -20 cm s⁻¹ をこえている。特に 1961 年 2 月には -30 cm s⁻¹ 以上となっている。

Sts. 4-5 の間では表層に反流が目立つようになり、1959 年 6 月、1961 年 4 月、1962 年 2, 8 月には表層と下層で負の値、中層で正の値となっていて、ちょうど Sts. 2-3 間でみかけた鉛直分布と逆

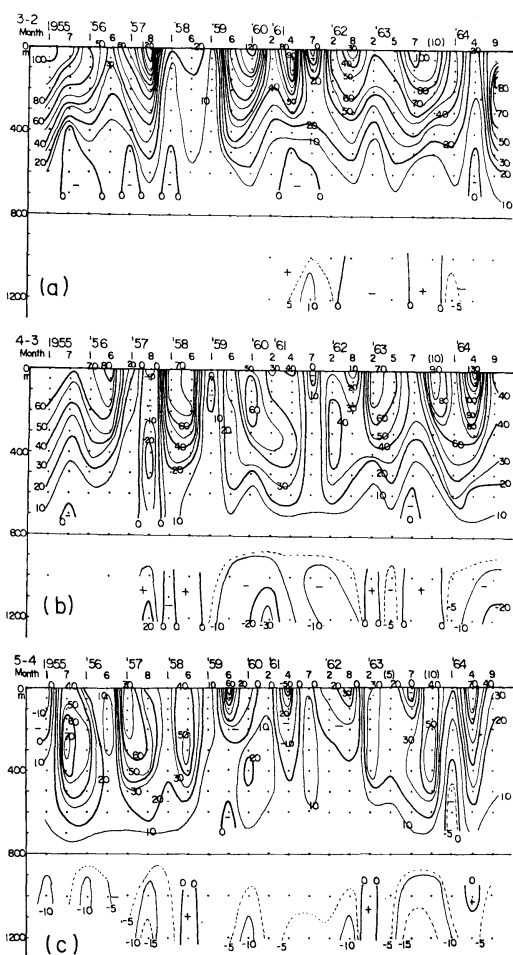


Fig. 3. Time series of geostrophic velocities between (a) Sts. E₂ and E₃, (b) E₃ and E₄ and (c) E₄ and E₅ from 1955 to 1964.

のセンスになっている。両者の関係はよくわからないが、海嶺の下流側に見える定常ロスビー波のようにも見える。800 m 以深ではほとんどが負の値であり、1,000 m で -10 cm s⁻¹ を越える時期もしばしばあるが、Sts. 3-4 間の下層の強流出現期とは一致しない。

このように下層での負の値が大きいときには、基準面を変えることによる流速、流量の変動は大きいことが予想される。

また、Sts. 4-5 間で表層に負の値が出現している時期は、1955 年、1959 年~1962 年の東海道沖に冷水域が発生した時期に一致している。

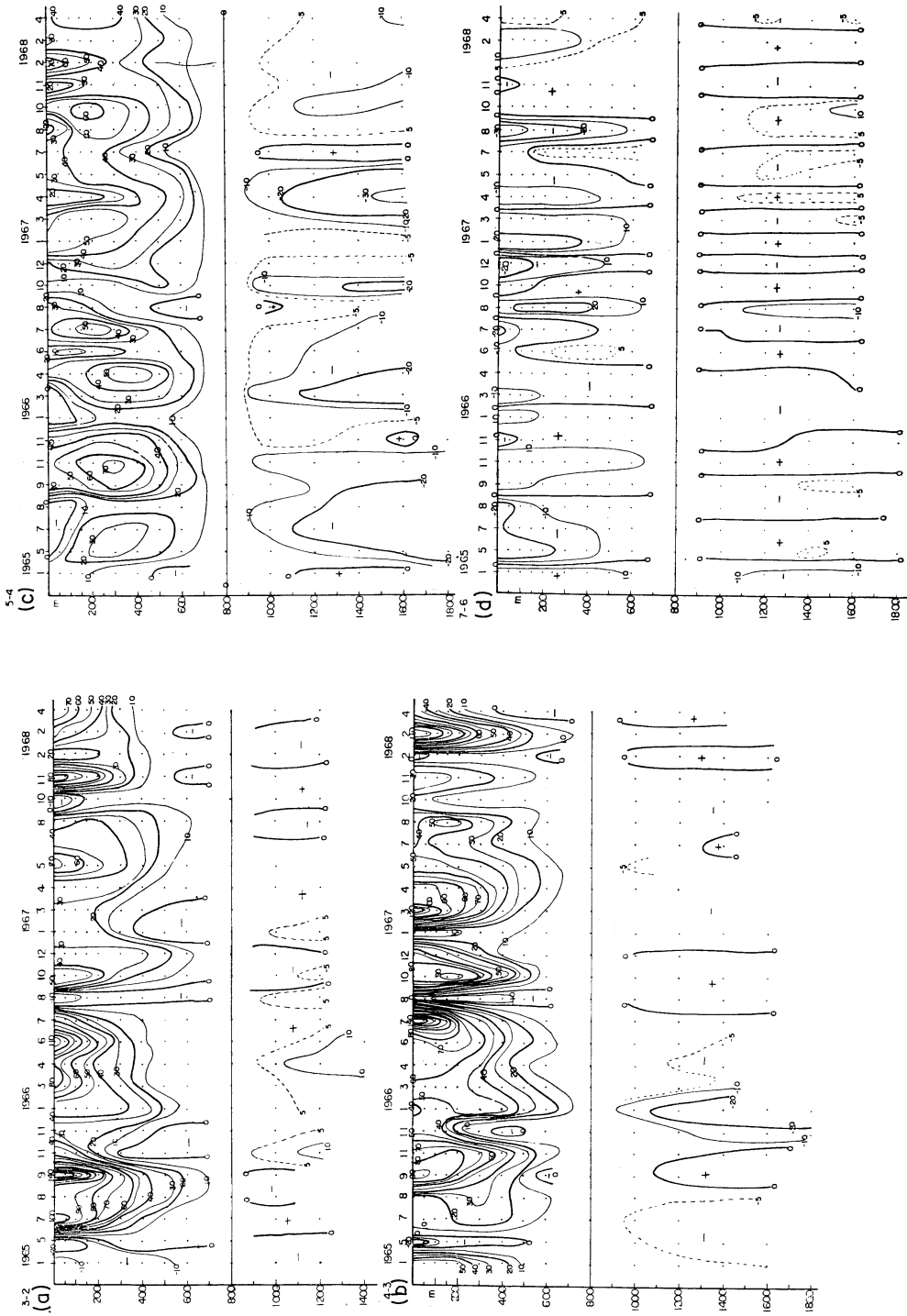


Fig. 4. Time series of geostrophic velocities between (a) Sts. E₂ and E₃, (b) E₃ and E₄, (c) E₁ and E₅, and (d) E₆ and E₇ from 1965 to 1968.

St. 5より沖の測点は年により異なり、欠測も多いので図示しないが、表層の反流出現頻度も多くなり、沖合いの複雑な海況に対応している。800 m以深の強流は St. 5より岸寄りに多く、Fig. 2に

示した 1965~1968 年の平均値とはやや異っている。

(ii) 1965~1968 年の場合

CSKの特定線になった関係で、時間的には必ず

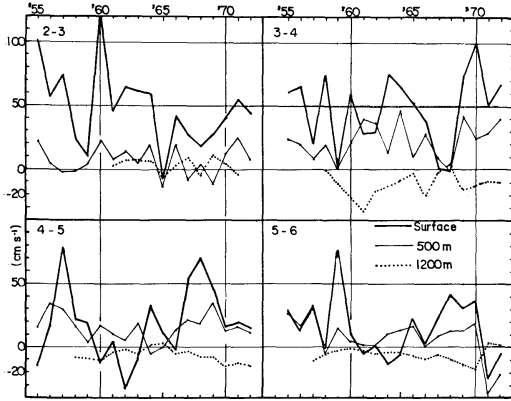


Fig. 5. Time series of geostrophic velocities in surface, 500 m and 1,200 m levels referred to 800 dbar surface between each station pair in winter season.

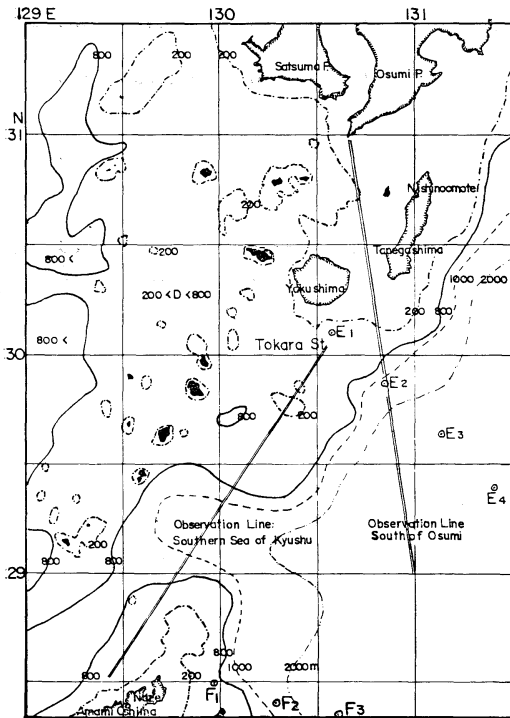


Fig. 6. Bottom topography around the Straits of Tokara.

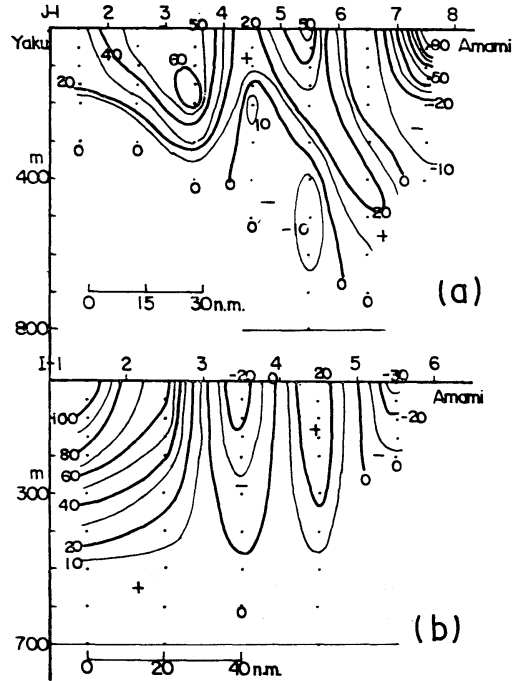


Fig. 7. Vertical sections of geostrophic velocities near the Straits of Tokara in July 1955, (a) J-line in the Straits of Tokara and (b) I-line, northwest direction of Amami-Oshima Island.

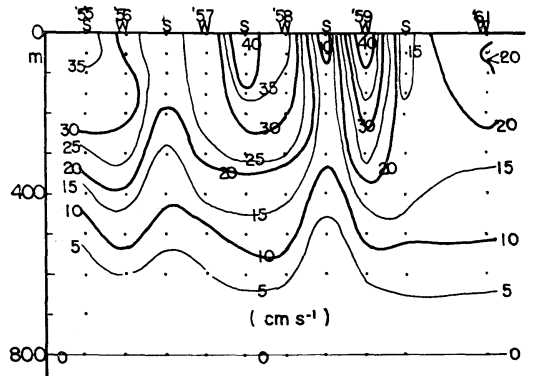


Fig. 8. Time series of geostrophic velocities between Sts. E₂ and F₂, just east of the Straits of Tokara, from 1955 to 1961.

Table 1. Comparison of geostrophic velocities and surface

Period	1-2		2-3		3-4		4-5		5-6	
	GEK kt	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	
1956, 6	0.03	0.69	39	0.84	80	0.68	12	0.00	33	
1957, 1	-0.24	0.70	75	0.85	20	0.39	78	0.38	30	
1957, 8	0.08	0.65	124	0.47	-11	0.19	38	0.71	-15	
1958, 1	-0.71	-0.12	24	0.81	74	0.51	21	0.02	0	
1958, 6	0.14	0.45	25	0.66	66	0.55	41	0.45	22	
1959, 1	-0.40	-0.17	10	0.33	4	0.47	19	1.35	77	
1959, 6	-0.40	0.04	99	0.27	35	0.42	-68	0.66	7	
1960, 2	-0.26	1.12	121	1.02	59	0.42	-12	-0.06	10	
1960, 6	-0.21	-0.05	51	-0.52	-8	-0.35	-8	-0.20	17	
1961, 4	0.69	1.16	88	0.24	43	0.98	-52	-0.34	-6	
1961, 7	—	—	-13	—	-8	—	4	—	3	
1962, 2	0.17	1.23	64	0.56	30	-0.06	-14	0.33	1	
1962, 4	0.22	0.79	106	0.18	-70	0.04	8	0.14	31	
1962, 8	—	—	38	—	15	—	-33	0.03	8	
1963, 2	0.39	0.64	61	0.55	74	0.48	30	0.17	-13	
1963, 4	0.33	1.13	62	0.46	28	0.27	-68	—	—	
1963, 8	0.55	1.78	106	1.32	35	0.32	-10	0.39	0	
1964, 1	-0.14	0.69	60	0.67	65	0.42	20	0.46	-5	
1964, 4	-0.54	-0.61	15	0.47	139	1.87	77	0.83	19	
1965, 9	-0.27	-0.38	44	-0.47	21	-0.07	33	-0.36	8	
1965, 3	0.18	0.22	-7	-0.03	53	0.53	-12	0.73	23	
1965, 5	0.62	1.06	-27	0.02	-21	-0.70	-8	-0.79	-8	
1965, 7	0.65	1.11	101	0.73	19	0.03	0	-0.39	-3	
1965, 8	0.05	0.79	95	0.73	18	0.28	-8	0.35	11	
1965, 9	0.25	1.35	145	1.76	91	0.67	48	-0.20	-35	
1965, 11E	0.14	0.84	56	1.38	72	0.94	45	0.60	22	
1965, 11L	0.23	0.22	36	0.76	49	1.10	38	0.77	21	
1966, 1	0.76	0.64	41	0.35	38	0.17	-2	0.12	2	
1966, 3	-0.03	0.75	89	0.76	54	0.32	-12	1.01	39	
1966, 4	-0.58	0.48	72	1.50	62	0.47	40	0.25	1	
1966, 6	-0.54	1.20	119	0.89	60	0.61	11	0.07	7	
1966, 7	-0.60	0.78	57	1.56	131	1.02	39	0.08	-7	
1966, 8	-0.74	-0.27	-15	0.47	5	0.81	35	0.50	51	
1966, 10	0.59	0.48	56	0.71	89	0.34	9	-0.05	9	
1966, 12	0.47	0.78	37	0.63	62	0.35	20	0.05	5	
1967, 1	0.13	0.20	27	0.31	2	0.38	54	0.40	23	
1967, 3	-0.36	1.03	30	1.69	120	0.95	46	0.69	32	
1967, 4	0.13	0.43	35	1.13	94	0.87	11	0.51	-17	
1967, 5	-0.39	0.43	77	0.98	57	-0.03	30	-0.12	-12	
1967, 7	0.95	1.71	—	1.04	40	0.64	35	0.67	12	
1967, 8	-0.29	0.59	36	0.75	35	0.30	14	0.00	32	
1967, 10	-0.17	0.04	-11	-0.06	13	0.42	51	0.16	-13	
1967, 11	-0.30	0.50	84	0.98	38	0.51	19	-0.10	11	
1968, 2E	-0.11	0.07	18	-0.05	-1	0.74	70	0.74	41	
1968, 2L	-0.45	0.35	51	2.10	119	1.76	28	1.33	24	
1968, 4	-0.64	-0.32	76	0.71	58	0.91	38	0.69	12	

velocities with GEK in station pairs across the section E.

6-7		7-8		8-9		9-10		10-11	
GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm ⁻¹
0.31	16	0.19	9	-0.14	6	-0.51	-7	-0.45	5
0.78	0	0.28	6	0.17	-6	-0.19	-20	-0.67	1
0.95	18								
-0.34	-14	-0.40	—						
0.27	12	-0.17	-3	-0.71	21	-0.67	-36	-0.27	12
1.49	81	0.25	25	-0.08	-30	0.19	0	0.55	19
0.21	0	-0.43	-11	-0.11	12	-0.13	—	-0.27	—
-0.34	-4	-0.51	14						
-0.25	2	0.15	4						
0.17	1	0.52	7	0.46	4	0.37	13		
—	13	—	5	—	9	—	-30		
1.06	14								
-0.10	-4	-0.24	-17	-0.43	-11				
-0.22	8	-0.16	12	-0.11	-14	-0.20	5	-0.21	2
-0.16	22	0.24	16						
-0.45	-11								
0.23	22	0.11	-16						
0.46	6	-0.30	-33						
—	3								
0.28	19								
-0.48	-23								
0.07	-25								
-0.36	-28								
0.51	11								
-0.36	19								
-0.18	-2								
0.12	12								
0.06	-11								
-0.19	0								
-0.10	-2								
-0.54	-21								
0.01	11								
-0.37	-6								
-0.20	-29								
-0.09	23								
-0.08	18								
-0.10	-11								
0.53	0								
-0.69	-6								
-1.03	-36								
0.00	8								
-0.26	-4								
0.35	15								
-0.17	5								

しも等間隔でないが、年8回、ほぼ同じ測点で1,600 m までの観測が行われた。ただし St. 2 は1,200 m まで、St. 1 はずっと浅い。(i) の場合に比して、St. 2 が2海里ほど沖に出されたほかは St. 5 までほぼ同じ、それより沖は40海里に間隔が広がられて、St. 7 は(i) の St. 9 に対応している。

Fig. 4 には Sts. 2-3, 3-4, 4-5, 6-7 間の地衡流速を示す。Sts. 2-3 間では表層の流れの弱いときもあり、時には反流も見られる。(i) の場合と同様に400~600 m に負の値が出たり、800 m 以深で正の値もしばしば出現している。Sts. 3-4 間でも表層にときどき負の値がみられるが、800 m 以深の流れは全般に弱く、1966年1月以外には -10 cm s^{-1} を越える流れはみられない。

Sts. 4-5 間では下層に強い流れがしばしばみられ、1,200 m で -20 cm s^{-1} を越えているのは1965年7月、1966年3月、1967年4月で、1967年4月には1,600 m で -30 cm s^{-1} の強い流れを示している。この3例の場合には、九州東沖に小型冷水域が発生または東進していた頃にあたっている(小長, 1978³⁾)。図には示さないが、Sts. 5-6 間でも下層の流れが強い。平均的にこの区間が最強流を示すことは Fig. 2 で見たとおりである。ここまでの海況からみて、(i) の場合に比して20-30海里ほど沖に全体のパターンが移動しているように見うけられる。

Sts. 6-7 間では流れも弱く、正負が頻繁に交替している。特に800 m 以深では観測ごとに入れ替わっているようにみえる。これは数ヶ月以内の短期変動の存在を暗示している。

(i) (ii) の期間を通じて長期変動の傾向を見るために、年1回、冬の観測のみを用いて、表面、500 m, 1,200 m の地衡流速の時系列を作って Fig. 5 に示す。2~12年程度の周期変動がうかがえる。特に Sts. 4-5 間の表面流の強い時期、1957年、1978年は、太陽黒点の極大期と一致している。

(iii) 1955~1961年のトカラ海峡域の流速

トカラ海峡は最深1,000 m 程度で全般的には500 m 前後のところが多く、すぐ西には数多くの島や海山が存在している。Fig. 6 にその略図を示す。29°00'-29°30'N に800 m 以深のところがあ

って、東シナ海の深部とつながっている。通常黒潮の流路が描かれている北半分は500 m 程度の水深である。図中の測線は水路部の GEK 定線で、九州南方定線と大隅半島南方定線と命名されている。

長崎海洋気象台が以前トカラ海峡に設定していた定線 J は、前者に近い。J 線において、1955~1959年の観測から地衡流を計算して、その代表例として1955年7月のものを Fig. 7 に示す。800 m より浅いところでは海底を基準にしたために、海底直上で強流がみられることもある。水深の深い Sts. 5-6 間に強い反流があって、E 線の Sts. 2-3 間の中層の反流とのつながりを暗示している。Fig. 7 の下図は同じ時期奄美大島北西の線の地衡流で、大島に近い Sts. 7-8 間に反流が見られる。このことは、E, J 線ばかりでなく I 線とも反流がつながっていることを暗示するものである。

J 線上の地衡流は1955年夏のパターンが必ずしも代表例ではなく、強流域、反流域の場所は一定していない。例えば1959年夏には、ほぼ全般に正の値がみられ、屋久島近くの下層に反流が存在している。トカラ海峡内の強流の位置が北にあるか南にあるかは太平洋側の海況と関係はありそうであるがこれだけのデータからは確認できない。

Fig. 8 にはトカラ海峡の東側で Sts. E₂-F₂ 間の地衡流を示した。間隔が90海里もあるので詳細な構造はわからないが、1955, 1957, 1959年と1年おきに表層の流れが強い。

4. 表面海流

海嶺の近くで GEK と地衡流の表面流がよく合うか否かを E, J 線で比較してみた。まず、E 線では GEK の観測は各層観測点およびその中間でなされているので、その3点の流速の E 線に直角な成分(北東を正として kt で示す)と地衡流の表面の値(cm s^{-1})を Table 1 に示す。表記単位が異なるのでややわかり難い点もあるが、流速値はともかくとして、流向まで逆になっている点がかかなりある。観測頻度の高い CSK 期間の3年間について年平均値を比較して見ると、Sts. 2-3, 3-4 間では地衡流が大きく、St. 4 より沖では GEK の方が

Table 2. Comparison of geostrophic velocities and surface velocities with GEK in vicinity of the Straits of Tokara.

Period	1-2		2-3		3-4		5-5		5-6		6-7		7-8	
	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm s ⁻¹	GEK kt	Geo cm s ⁻¹
1956, 6	1.17	5	2.20	54	2.35	37	1.48	63	0.76	90	0.62	53	-0.35	-154
1957, 1	1.01	31	0.61	-8	0.09	46	0.38	0	0.62	19	-0.01	-10	-0.33	39
1957, 8	0.06	72	-0.31	46	0.29	71	0.42	67	-0.36	43				
1958, 6	0.62	43	0.46	64										

大きいかほぼ等しい傾向がみられる。Sts. 2-3 の地衡流は鉛直構造が複雑で GEK の値も、正しく表面流速を表現しているとは考えられないが、Fig. 2 で示した地衡流の平均値では 800 m 以深の流れは Sts. 2-4 の方が 4-7 よりも弱く、地衡流の基準面をさげることは両者の差をいくらか緩和する。しかし絶対値が相当大きくて、流向が反対の場合もしばしばあって、単純には補正できない。GEK が瞬間値であることや表層の小さい渦の存在に影響されているように見える。

J 線のデータを Table 2 に示す。両者の差は更に大きい。E 線の条件のほか k-factor も関係しているのであろう。

Fig. 9 は、1966~1976 年の海上保安庁水路部の観測による GEK の値に適当な空間平均をほどこして描いたものである。この図から数年の周期性や南部での逆流を見ることができる。水深が深いところでの逆流は地衡流にも存在したが、この付近がしばしば反流域になっていることを示している。

一番下の図は大隅半島南方の測線上で最も流れの強いと見られる海域で平均した値で、トカラ海峡上と同様の変動を示す。大隅海峡でも 3 kt をこえる強流が観測されていて(図示せず)、そこで流量の多い時期もあることを暗示している。

5. 流量の比較

流量は基準面の選定に大きく支配されるが、ここでは 800 m を基準に計算した。E 線では 1950 年代、長崎海洋気象台で計算した 1,000 m 基準の値と比較すると、25-30% ほど小さい値となっている。

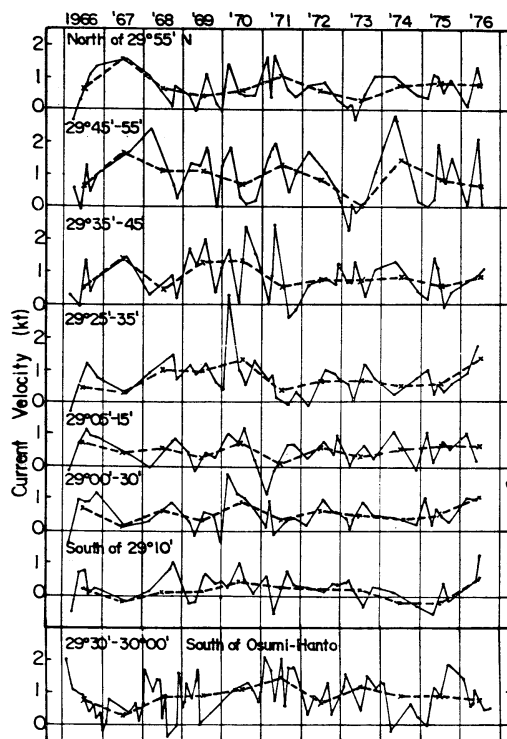


Fig. 9. Areal average surface current velocities with GEK (cross ridge component) in the Straits of Tokara.

Fig. 10 に E 線、東シナ海 PN 線 (700 m 基準) の流量および E₂ における力学的な高度偏差の値を示した。PN 線の流量が 1959~1962 年の東海道沖冷水域発達期間に増大したことはよく知られているが、1975 年以降の冷水域存在期にも同様の現象がみられている (例えば小長, 1978³⁾)。一方、1959~1962 年には E 線の流量が減少していることが NITANI (1975)⁴⁾ の報告にある。E 線では 1972 年以降の観測がないので、現存の冷水域について

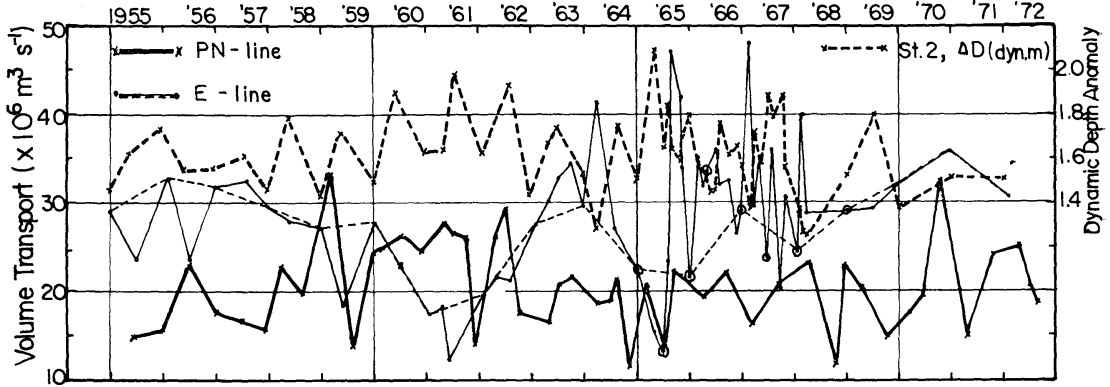


Fig. 10. Geostrophic transports across the section E (thin solid line; thin dashed line consists of data in winter only) and the section PN (thick solid line) and dynamic depth anomalies referred to 800 dbar at St. E₂.

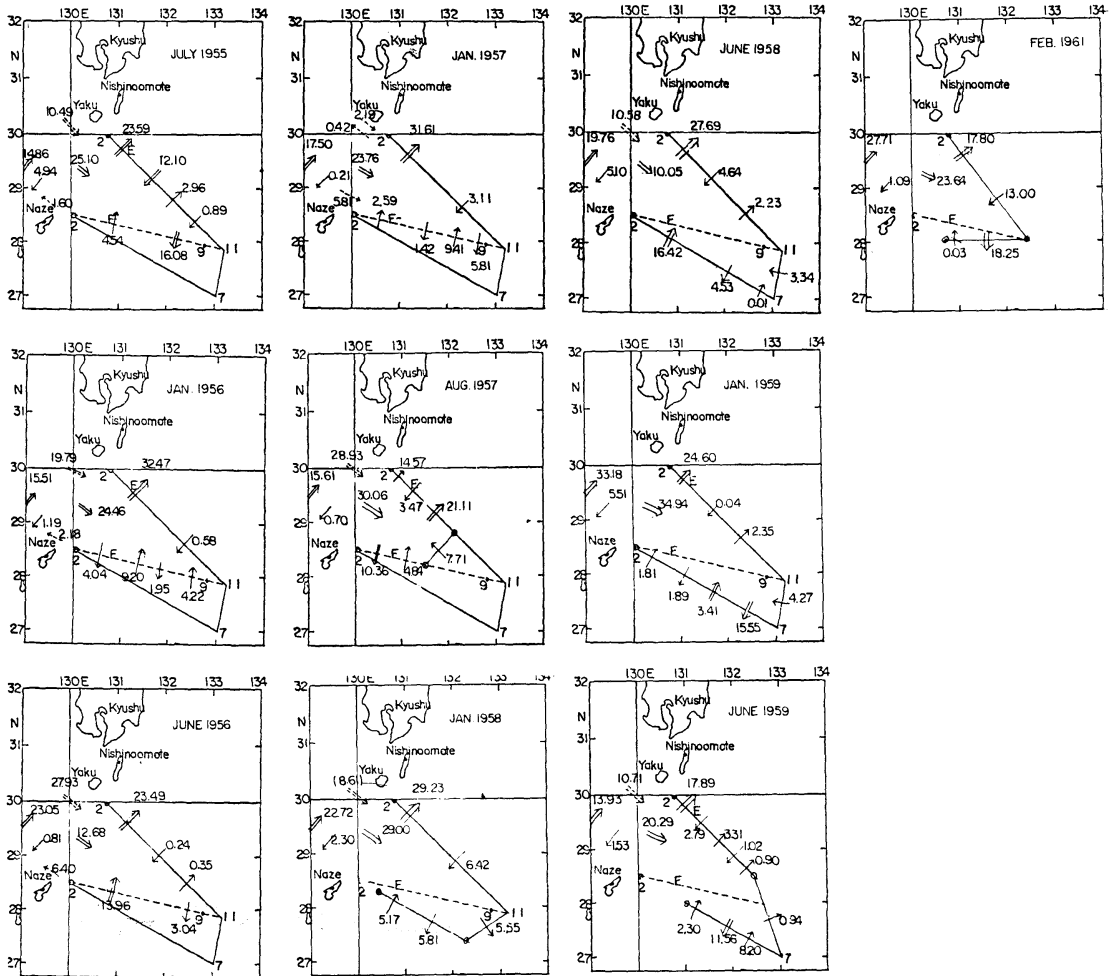


Fig. 11. Schematic models of the budget of geostrophic transports around the section E from 1955 to 1961.

の検証はできない。しかし、冷水域の存在した1955年に流量が比較的多かったこと、大型冷水域の存在しなかった1965年に少ないことなどから、冷水域の存在とE線の流量の関係は必ずしも一意的ではないように見える。個々の場合よりも全体的な傾向として考えるべきであろう。

つぎに東シナ海で増大した流量が、E線ではどうして少ないかについて考察を進める*。

考えられる原因としては、(1)トカラ海峡以外の場所を通して太平洋に流出する。(2)日本海や黄海方面に進む、(3)トカラ海峡を流出した流れが南下してE線を通らない、等のことがあげられる。

まず(3)について調べてみる。谷岡は名瀬・油津の潮位差とPN線またはトカラ海峡の流量について相関を求め、前者で0.644後方で0.869を得ている(谷岡克巳、私信)。潮位差を仲介して両線の流量は比較的良好一致を示すももの、個々の場合にはかなりの相異があることも暗示している。

Fig. 11には、1955~1961年の10回の観測からPN線は700 m、他は800 mを基準にした地衡流量を示す。トカラ海峡の流量はE₂-F₂間で計算したものを実線で、トカラ海峡の観測に基いたものを破線で示す。PN線の流量は全北上分と全南下分を奄美大島の北西に実線で示した。

東海道沖に冷水域が存在していた時期のものとして、1955年7月、1959年6月、1961年2月の3回があげられるが、最後のもの以外はPN線、E線共に流量は少ない。測点の位置や流量計算法の不確定もあって、この場合にも個々の場合に適用され難いものがあることを示している(このことはFig. 10のE線の流量がCSK期間中に著るしく変動していることから推定される)。

しかし、この10枚の図から特徴的なことを引出すことはできる。1955年7月にはPN線やJ線に比してE₂-F₂間、E線の北上流量は多いが、E線、F線の沖合いでの南下流量が著しい。1956年1月

はPN線に比してトカラ海峡、E線共に多い。F線中央部を北上する流量が増大していて、前回見られた沖合の南下量は減少している。同年6月はF線を北上する量が多く、J線では奄美大島のすぐ北の反流が目につく。

1957年1月はF線を北上する流量が加ってE線の流量が増大している。8月はトカラ海峡の流量は多く、E線の北上流は2つに分裂して沖合いの方が多い。F線の沿岸寄りの南下流量も多い。

1958年1月はE線とE₂-F₂間にはほぼ同じ流量を示し、PN線よりかなり多い。6月にはトカラ海峡が少なくF線の北上流が多く、E線でも多くなっている。

1959年1月は、冷水域発生直前の海況としてFUKUOKA (1960)⁵⁾が指摘したように、PN線の流量が非常に多い。彼はこの強勢な海流が海嶺を越えてより遠くに進むことから蛇行がはじまり、冷水域に発達するという仮説を立てた。それはさておき、E₂-F₂間の流量も多いが、E線では約2/3に減っていて、残りの大部分はF線の沖合を南下している。6月は、1月に比して各線とも流量

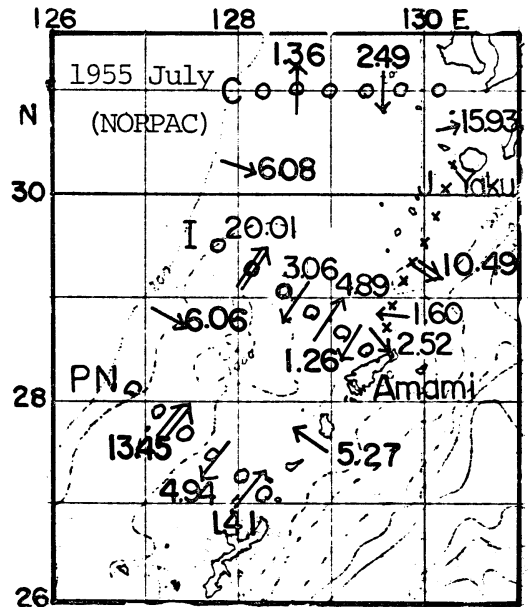


Fig. 12. Geostrophic transports in the East China Sea and the Straits of Tokara in July 1955.

* 1950年代後半、この海域での流量収支については、長崎海洋気象台の計算があり、海洋報告第4巻~8巻に記載されているが、基準面が異なるので計算しなおした。

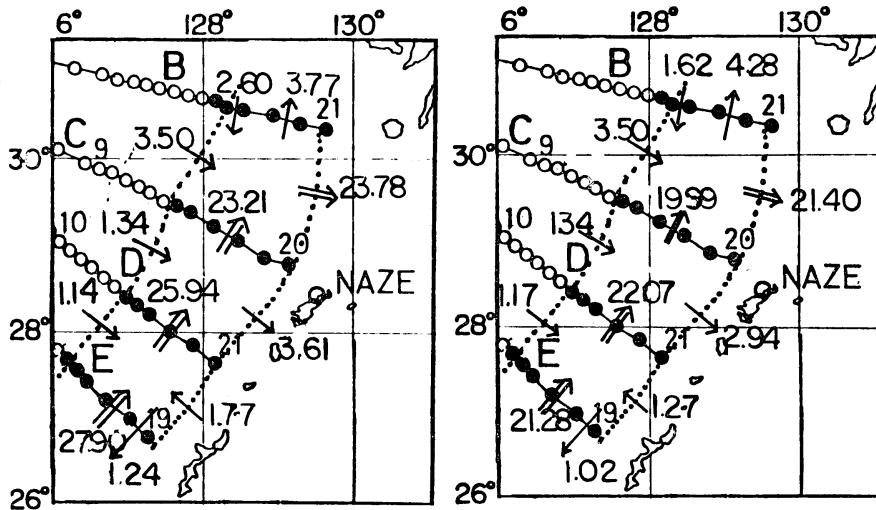


Fig. 13. Geostrophic transports in the East China Sea in October 1968. The left is computed with reference to bottom and the right to 700 dbar surface.

が減少しているが、F線沖合の南下流はかなり多い。

1961年2月はPN線からE₂-F₂間、E線と、順に流量は漸減しているが、E線、F線の沖合での南下流量は多い。

この関係から言えることは、東海道沖に冷水域が存在するとき、『PN線したがってトカラ海峡を流出した水のうち、かなりの部分がF線の沖合を南下し、その上に、冷水域の存在しないとき奄美大島東側を北上していた流れが減少するので、E線の流量は減少する』という機構が考えられる。これは §3 でのべたE線沖合の逆流が冷水域の存在と関連していることと考え合せると、E、F線の沖合に低気圧性渦が発達し(四国沖暖水域の南西に存在するものと考えられる)、九州東沖の海況のパターンが西偏したと考えることができる。

個々の場合では、PN線、トカラ海峡、E線の流量は、あまりよく合っていない。この原因の一つとして、(1)、(2)の場合を考えてみよう。1955年夏*、1968年秋の気象庁5船による協同観測(各観測線がほとんど同時刻に観測されている)の資料を用いて、流量の収支を計算した。Fig. 12に

* 海洋報告(4)38に各断面の流量が表示されているが、基準面や計算法の相異から筆者の計算とは数値が異っている。

700 mを基準面にした1955年の結果を示す。PN、I線共に北上流と南下流が入り組んで、複雑な流れ方をしている。PN線の北上流は少ないが2本あり、またPN-I線の間の両端からそれとほぼ同量の水が流入し、I-C線間の陸棚側からも流入し、Fig. 11のE₂-F₂間の流量の多いことを説明している(J線の流量は少なく、大量の水が大隅海峡に向っているが、J、C線ともその近くが浅いので誤差が大きくなったとも考えられる)。

この図から、トカラ海峡以外でも、測線間や島の近くで、流量が相当多いことが理解される。特にこの場合、陸棚上を流れる量が非常に多く、PN線の流量は見かけ上少ないことがわかる。

つぎに、1968年秋のほぼ同時になされた観測資料から計算してみる。この時期には太平洋側の観測はなされていない。Fig. 13では、そのときの呼称にしたがって線名を記入したが、PN線はD線に相当している。この図の左側は、すべて観測された最深層を基準に計算したもので、流量バランスはとれていない。E、D、Cと北に向うほど流量が減っていることは、水深が浅くなっていることと関連があり、南部で底層には逆流が存在するか、北部でバロトロピック成分が強まったことを暗示している。陸棚側からの流入は1955年夏の例ほど多くはないが、常に流入の形をとっている。

右図は700 mを基準に計算したもので、各線の北上流量はほぼ一定しているし、トカラ海峡に向う流量はD線と大差ない。このように安定した傾向は黒潮が陸棚からやや離れて流れていたために、陸棚上の流れが少ないこともひとつの理由であるが、同時観測の重要性を暗示しているとも考えられる。

Fig. 12, 13からは、九州の西を通して日本海に向う流量は非常に少ない。

このことからいえることは、『陸棚上を流れる水や、南西諸島間の水の出入りのため、PN線とトカラ海峡の間の流量の変遷を正確に把握することは容易でないが、トカラ海峡の流量はPN線（あるいは東シナ海東部というべきか）を北上する流量に近い値を示している』。

6. 考察と結論

トカラ海峡の流れ、したがって流量の目安として、名瀬と西の表の潮位差の増減が考えられる。川辺(1978)⁶⁾は、この2点の年平均潮位差が、東海道沖の冷水域が発達する時期に大きくなることを指摘し、これがトカラ海峡の流量増大を暗示しているにもかかわらず、E線の流量がその時期減少するのは矛盾であるとの観点から、深海の西岸境界流を含む新しい流れの構造を提案している。この流量バランスについては、筆者らが前節で少数例ではあるが一応矛盾のない説明に成功した。

名瀬、西の表の潮位差は1959~1962年の冷水

域発生時には測定されていないので、それらの関連をもう少し調べてみる。1959~1962年のPN線の流量が多いこと、したがってトカラ海峡の流量が多いことは今までの議論で述べてきた。そして谷岡の研究から、トカラ海峡の流量と名瀬・油津の潮位差が非常によい相関関係にあることがわかっている(谷岡克巳、私信)。名瀬と西の表の潮位差にも似たような相関があるものと推定して考察してみる。

Fig. 14には名瀬と西の表の月平均および年平均潮位差と、名瀬の年平均潮位を示す。月平均潮位差には、10~30 cmにおよぶ急激で大きな変動が非常に多くみられる。しかし、年平均の潮位差は1967年を極小値として漸増し、1977年が極大になっているが、東海道沖に冷水域が発生した1975年以降は高いレベルで経過している。潮位差とはほぼ平行して、名瀬の年平均潮位が変化している。このことは、潮位差の変動に対し、年平均値をとる場合、名瀬の潮位が支配的であることを示している。

Fig. 15に描いた1958年以来測定されている名瀬の潮位は漸増傾向にあり、その傾向を取り去ってやると1959~1963年も一応高いレベルにあったと見ることができる。

Fig. 15には名瀬と屋久島の沿岸水温の年間偏差を示したが、名瀬の水温は名瀬の潮位と同じ変化傾向にあることがわかる。

これらのことから推定される機構は、名瀬が低

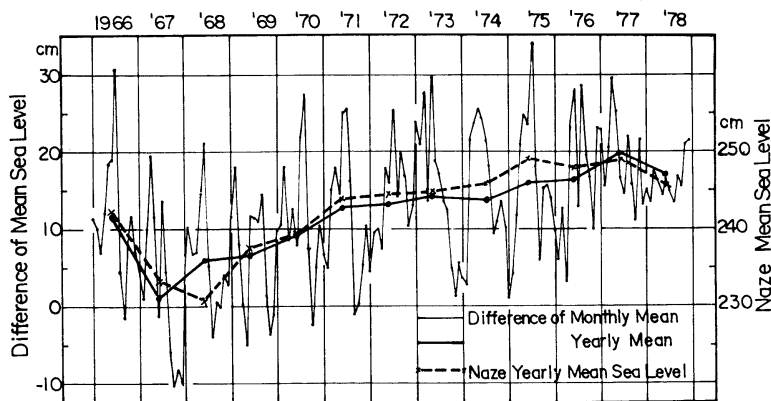


Fig. 14. Difference of mean sea levels between Naze and Nishino-omote; monthly (thin solid line) and yearly (thick solid line) mean, and yearly mean sea level at Naze (dashed line).

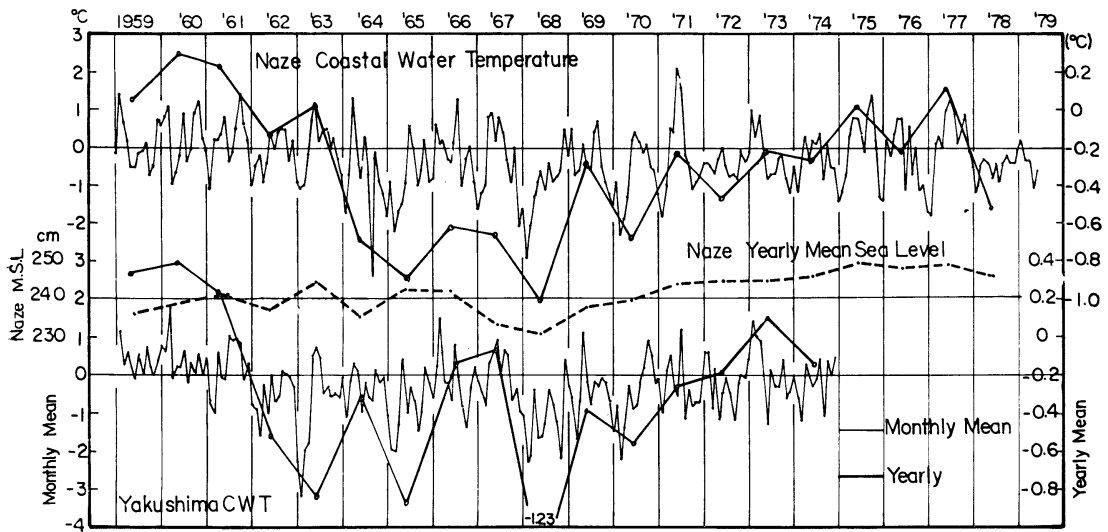


Fig. 15. Coastal water temperature at Naze and Yakushima; monthly (thin solid line) and yearly (thick solid line) mean and yearly mean sea level at Naze (dashed line).

水温低水位のときには奄美大島は低気圧性循環の中にあり、トカラ海峡の黒潮は屋久島寄りを流れ、奄美大島の近くで反流が強化される。逆に黒潮が奄美大島の近くを流れ、島が高気圧性循環の中にはいるか、低気圧性循環が弱まれば、名瀬は高温高潮位が期待される。トカラ海峡の場合、南部は北部に比して水深が深いので、黒潮がそこを流れる場合、表面流速は同じでも流量が増すことも考えられる。

東シナ海もトカラ海峡も地衡流量を計算する上で十分な水深があるとはいえないし、順圧的な流量が大きな役割を果している可能性もある。これら海域では FANDRY and PILLSBURY (1979)⁷⁾ が Drake Passage で行なったような直接測流と objective analysis を用いての順圧成分を含めた地衡量の推定が必要であろう。

一方、Fig. 15 では屋久島の沿岸水温も名瀬の水温とほぼ同じ位相で、より大きい振幅で変化していることがわかる。このことは、海流系の位置的变化だけでなく、気象に関連した水温の変化も大きいことを示している。これは沿岸水温が高いとき、即ち東海道沖に冷水域が発達している時期に、暖冬や猛暑が多いことを暗示している。冷水域の発達にもなって西偏し、発達する四国沖暖

水域の生成機構(西山勝暢ほか, 1980)⁸⁾とも関連があるように見える。

つぎに、ここでは PN 線上の流れの水平構造についてはほとんど触れなかったが、Fig. 12 に見るように北上流と南下流が入り組んでいる場合もあれば、Fig. 13 のように一本にまとまっている場合もある。最近の GEK 観測では、PN 線で陸棚寄りとな西諸島寄りに北上流があり、その中間に南下流がある場合、トカラ海峡での南北両端で太平洋に向って流出し中間で反流になっている例が何回か観測されて(例えば長崎海洋気象台海洋速報 89 号)、PN 線とトカラ海峡の流れの構造がつながっているようにみえる。PN 線と E 線の流量を比較する場合、このように分かれてトカラ海峡南部を通過する流量は §5 のべたような南下流となって E 線の流量に関与していないのかも知れない。将来更に検討を要する問題である。

海嶺の存在により地衡流がどのような鉛直プロフィールになるかは精密な実測流と合せ解析しなければわからないが、Fig. 16 に示した 1955 年 7 月の E 線の地衡流の鉛直プロフィールのうち、Sts. 2-3 間のような分布はよく見られる。§3 でも述べたが、この場合、表面が 100 cm s^{-1} 、400 m で 0、600 m で -20 cm s^{-1} となり、基準面の 800 m 以

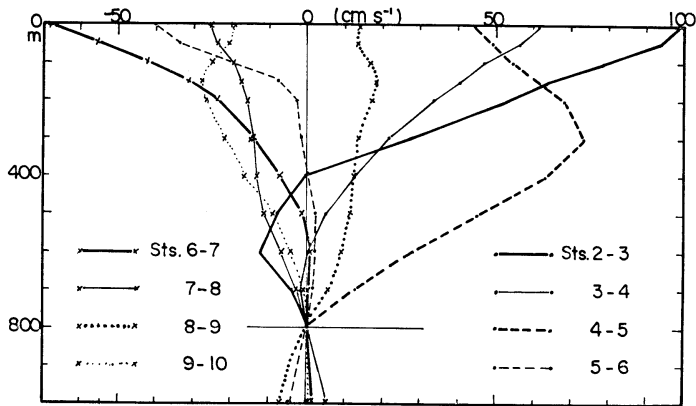


Fig. 16. Vertical profiles of geostrophic velocities in each station pair across the section E in July 1955.

深はこの点では測定深度の関係で計算できなかったが、他の例でみると、ほとんど同じ勾配で正の値になっている場合が多い。この傾向は Sts. 3-4 間でも見られるが、Sts. 5-6 間では逆のセンスで同じようなプロファイルとなっている。東向流の場合、海山の下流では定常ロスビー波が得意やすいので、そのような波と見ることは妥当であろう。

Sts. 2-3 間の中層の反流がトカラ海峡南部や奄美大島のすぐ北西側の反流とつながっているように見えるが、これは傾圧ロスビー波の下層が海底地形に沿って南下している形と見ることもできる。基準面より下の正の流れは、そうすると順圧ロスビー波による深海西岸境界流ということになる。しかし、このような鉛直プロファイルが常に見られるわけではないし、四国沖で 400 m に無流面を持つような渦もあまり見かけない。定常ロスビー波と見た場合、更に下流での振舞いなどわかっていない点は多くある。この現象の発生条件などは、更に検討してみる必要がある。E 線の海域では 5,000 m を越える水深もあり、1,600 m 以浅の情報だけでは不十分であるが、REID and MANTYLA (1978)⁹⁾ が作った太平洋全域の 3,500 m 基準の 1,000 m の力学的な高度図によれば、E 線の領域では等値線の分布は非常に粗である。データがないためにそのように見えるのでなければ、基準面として 800 m 又は 1,000 m を用いても 3,500 m でも大差ないということになる。実測による確認

が必要である。冷水域発生時に全般的な密度構造の変化は見られるが、ここではあえてそれに触れず、表層の地衡流のみで考えてみた。

これまでのべてきたことを要約すると、つぎのようになる。

(1) 800 m を基準に地衡流を計算した場合、屋久島寄りに東西スケール 150 km, 400~500 m の深さに無流面をもつ高気圧性の渦が存在するように見えることがある。800 m 以深の流れと考え合せると、深海の西岸境界流と表層の地形性定常ロスビー波のように見える。

(2) 東海道沖に冷水域があると、E 線付近で全体のパターンが西に寄るように見える。そして東シナ海 PN 線したがってトカラ海峡の流量は増えるが、そのうち半分くらいは沖合にできた反流と一緒に F 線の沖合を南下して、E 線の流量は減少している。

(3) 名瀬・西の表間の潮位差の年平均値は、名瀬の潮位および沿岸水温の年平均値とほぼ同じ傾向で変化している。これは奄美大島周辺での海流系の変動に対応している。即ち、大島周辺に低気圧性環流があれば名瀬では低潮位、低水温になり潮位差も減少し、トカラ海峡の流量は減り、奄美大島の東側での北上流は増大する。大島のまわりで高気圧性の渦があるか低気圧性渦が弱まれば、逆の現象が生じる。後者は東海道沖の冷水域発生期に対応している。

(4) E線で表面の地衡流速を GEK の値と比較すると、個々の場合はバラバラであるが、平均的に見ると、屋久島寄りで地衡流が、沖合で GEK の方が強くなっている。地衡流の鉛直プロファイルから見て基準面を少し深くすれば、この差は緩和される。

終りにこの報文を書くにあたって御鞭撻をいただいた気象研究所海洋研究部長 南日俊夫博士および長崎海洋気象台の赤松英雄 海洋課長に心から感謝する。また、貴重な御教示を頂いた長崎海洋気象台海洋課の谷岡克巳主任技術専門官にもあわせて感謝の念を捧げる。

文 献

- 1) KENYON, K. E. (1978): Indirect evidence of deep flow east of North Pacific Seamount. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, **34**, 288-294.
- 2) TSUCHIDA, T. (1971): On the seasonal variation of the Kuroshio southeast of Yakushima Island. *Oceanogr. Mag.*, **23**, 1-10.
- 3) 小長俊二 (1978): 黒潮の変動. 号外海洋科学 **2**, 67-80.
- 4) NITANI, H. (1975): Variation of the Kuroshio south of Japan. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, **31**, 154-173.
- 5) FUKUOKA, J. (1960): An analysis on the mechanism of the cold water mass appearance in the Enshu-Nada. *Oceanogr. Mag.*, **11**, 127-143.
- 6) 川辺正樹 (1978): 九州以南における流速の変動と黒潮の大蛇行. 号外海洋科学 **2**, 175-186.
- 7) FANDRY, C. and R. D. PILLSBURY (1979): On the estimation of absolute geostrophic volume transport applied to the Antarctic Circumpolar Current. *Jour. Phys. Oceanogr.*, **9**, 449-455.
- 8) 西山勝暢, 小長俊二, 石崎 廣 (1980): 黒潮大蛇行と四国沖の暖水域について. 気象研究所研究報告, **31**, 43-52.
- 9) REID, J. L. and A. W. MANTYLA (1978): On the mid-depth circulation of the North Pacific Ocean. *Jour. Phys. Oceanogr.*, **8**, 946-951.

Microbial Flock Produced by the IMAMURA and SUGITA Method*

Kimiaki YASUDA** and Nobuo TAGA**

Abstract: The aim of this investigation was to clarify the processes of formation of microbial flock and qualitative changes in microbial flora in a production tank using the method of IMAMURA and SUGITA (1972). Flock formation in the tank is interpreted as a process in which a part of the phosphate added superfluously as a nutrient is formed into insoluble phosphate particles by aeration, and then the particles are colonized by bacteria and form a flock.

The results obtained from bacteriological analyses using four media for bacteria and yeast isolation indicate that the major components of the microbial flock are yeast and the P strain which forms a pin-colony. The microbial flora showed great variation, in which several kinds of genera were predominant early in the culture and then disappeared completely after 56 hours, after which yeast and pin-colony forming bacteria rapidly became dominant. However, reappearance of *Vibrio* spp. after 96 hours was observed.

1. Introduction

It is known that suspended organic matter in seawater is composed of four components; phytoplankton, zooplankton, bacteria and detritus. However, in the sea, living organisms form only a small fraction of the particulate organic material and the major portion is composed of dead organic matter. The detritus which is a product of the destruction of dead organisms of vegetable and animal origin has potential value as an energy source for bacteria and a significant number of animals. Although free bacterial cells, which are common elements of all natural waters, are usually considered to constitute only a minor portion of the food resources available to marine filter-feeding invertebrates, it is well recognized that the detritus colonized by bacteria are enhanced in nutritive value (ODUM and DE LA CRUZ, 1967).

As part of the trend towards maximum utilization of energy sources, studies on the utilization, for mariculture feed purposes, of the residues from alcoholic fermentation of

rice or domestic refuse have been started in Japan. Bacteria or protozoa added to the residue activate nutrient regeneration, and enhance the nutritive value, and it can then be used as food for rotifers, prawn larvae, juveniles of fish, etc. These studies are based on the accomplishments of IMAMURA and SUGITA (1972), who succeeded in maintaining large numbers of prawn larvae on artificial microbial flock produced by their method. We also believe that microbial flock of a higher trophic level such as a mixture comprising bacteria, unicellular algae and protozoa is an excellent food for the early stages of marine animals. As for the constituent microbes of the microbial flock produced by the method of IMAMURA and SUGITA, however, as yet little is known of the kinds of bacteria or other organisms present and the processes of formation of the flock.

The purpose of the present investigation was to clarify the process of flocculation and changes in microbial flora in the production tank. These experiments were carried out at the Tamano Marine Station, Japan Fisheries Farming Association (JFFA), during the period from June to October, 1978.

2. Materials and methods

Production method of microbial flock Experi-

* Received September 18, 1979

** Ocean Research Institute, University of Tokyo, Minamidai 1-15-1, Nakano-ku, Tokyo, 164 Japan
Present address of K. YASUDA: Water Research Institute, Nagoya University, Chigusa-ku, Nagoya, 464 Japan

ments on microbial flock production were carried out using equipment of the Tamano Marine Station (JFFA). The plant consisted of 2,000 l capacity cylindrical twin production tanks, mixers, thermostats, and aeration pipes. 2,000 l of coastal seawater were added to the tanks with nutrients in the following concentrations; glucose 1.5 g, ammonium sulfate 0.18 g, and K_2HPO_4 0.065 g in 1,000 ml seawater. Water temperature was maintained at $31 \pm 1^\circ C$, and aeration and agitation were carried out simultaneously. Every 24 hours, 200 l of culture water was removed and replaced by an equivalent volume of seawater, and nutrients were added in the amounts described above.

Counts and identification of microorganisms
To identify the microbial flock constituents, bacteriological analyses were carried out using four kinds of medium. These media were: 1) Medium PPES-II (TAGA, 1968); 2) 10 times diluted PPES-II medium 3) GY medium composed of glucose 5.0 g, Polypeptone 5.0 g, Bacto-yeast extract 1.0 g, and Bacto-agar 15.0 g in 1,000 ml aged seawater at pH adjusted to 4.0; and 4) MY medium composed of Mart extract 5.0 g, Polypeptone 1.0 g, Bacto-yeast extract 1.0 g, and Bacto-agar 15.0 g in 1,000 ml aged seawater at final pH adjusted to 4.0. These media were considered to be useful for reflecting as far as possible the microbial flora in the tank. Incubations were carried out at $20^\circ C$ in the dark for 5-7 days.

When continuously analysing changes in viable cell numbers and floral composition in the production tank, isolation and viable counts were standardized using only Medium 2216 E (OPPENHEIMER and ZOBELL, 1952). Viable counts were expressed as colony forming unit (c.f.u.) by the spreading method (BUCK and CLEVERDON, 1960). The isolates were incubated for 5-7 days at $20^\circ C$ and simultaneously identified to genus level using the scheme of SHEWAN *et al.* (1960). Total counts of microorganisms were measured by the method given by HOBBIIE *et al.* (1977).

Analyses of environmental elements Four hours before and four hours after the addition of nutrients measurements of the seawater and culture water were carried out by the following

methods: pH; temperature; dissolved oxygen (DO) [by the WINKLER method; nitrite and ammonium by the method of STRICKLAND and PARSONS(1972); dissolved organic carbon(DOC) by the method of MENZEL and VACCARO (1964); and particulate organic carbon (POC) and nitrogen (PON) by the method of SHARP (1974). The levels of dissolved nitrogen found in the present study are expressed as the equivalent μg -at. NH_3 -N/l and NO_2 -N/l, and the levels of DOC, POC and PON expressed as the equivalent mg C/l and mg N/l, respectively.

3. Results

Changes of environmental elements As seen in Fig. 1, pH in the tank showed a rapid rate of decrease from 8 at the start of culture to 4 at 32 hours, after which it gradually increased and remained at around 5. DO fell rapidly to almost undetectable levels by 16 hours, and

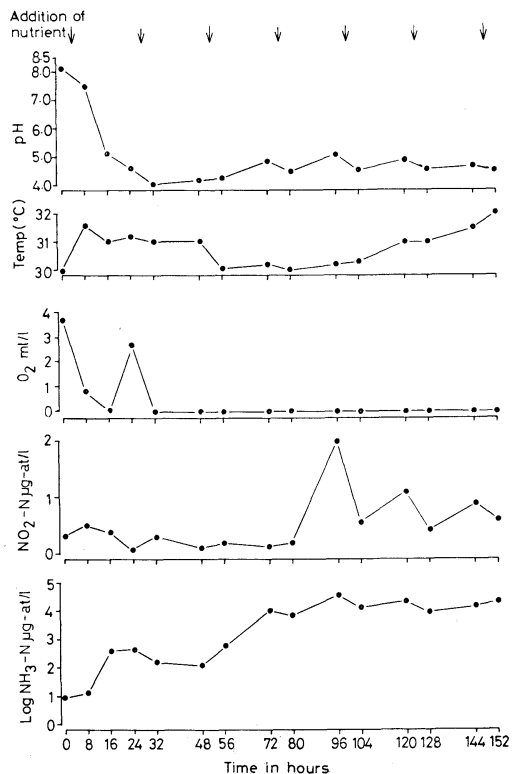


Fig. 1. Changes in pH, temperature, dissolved oxygen (DO), nitrite (NO_2 -N) and ammonium (NH_3 -N) in the microbial flock production tank.

although at 24 hours a temporary increase was observed, after 34 hours it continued at undetectable levels. The concentration of $\text{NH}_3\text{-N}$ throughout the experimental period ranged between $10^1\text{-}10^4 \mu\text{g-at/l}$ as it was gradually accumulating due to the ammonium sulfate added as nutrient every day. $\text{NO}_2\text{-N}$ was present in low concentrations ranging between $0.1\text{-}0.5 \mu\text{g-at/l}$ until 80 hours, while after 96 hours the concentration increased and was accompanied by the reappearance of *Vibrio* spp. in the culture water.

On the other hand, as shown in Fig. 2, the concentration of DOC gradually increased up to 152 hours from undetectable levels to 2,500 mg C/l, and POC held constant after 72 hours at 300-400 mg C/l. The ratio of POC to PON ranged between 5.5-6.0.

Bacteriological identification of microbial flock

It is necessary, when isolating, to use the most suitable medium in order to understand the character of microbial flock. The information from viable counts and isolates using the four media are shown in Table 1 and Table 2. Viable counts on the PPES-II medium were approximately 100 times as high as those on

Table 1. Viable counts of microorganisms, counted on different media, in the production tank of microbial flock (Tamano Seedling Production Plant).

Media	Viable counts (c.f.u./ml)
PPES-II	4.4×10^7
1/10 PPES-II	8.0×10^5
GY	3.9×10^6
MY	3.3×10^6

Table 2. Composition of microorganisms isolated by two kinds of medium.

Media	Microbes isolated	Isolation rate
PPES-II	Bacterial strain (P)	98.6 %
	Bacterial strain (B-9)	0.3 %
	Others	1.1 %
MY	Yeast	100 %
	Others	0 %

the diluted medium. Although small differences in viable counts between the GY medium and the MY medium were observed, the microorganisms forming colonies on these media were almost all yeast. From the above results, it is apparent that the major components of the microbial flock are yeast and the P strain which is a pin-colony forming bacteria.

Changes of microbial flora As shown in Fig. 3, trends in viable counts were completely contrary to those of pH, in the early period of culture. This phenomenon is a result of a rapid increase of viable cells caused by nutrient addition and a temporary decrease caused by rapid pH decrease. Total counts of bacteria and yeast, after rapid multiplication in the early period of culture, were nearly constant at $10^8\text{-}10^{10}$ cells/ml and $10^7\text{-}10^8$ cells/ml respectively, although a slight variation was observed. The slight increase in total counts of bacteria accompanied by reappearance of *Vibrio* spp. is worth noting.

On the other hand, microbial flora showed great variation. Several kinds of genera which were predominant in the early culture disappeared completely after 56 hours, after which yeast and pin-colony forming bacteria rapidly became dominant. However, the reappearance of *Vibrio* spp. after 96 hours is very interesting. It seems likely that some relationship exists

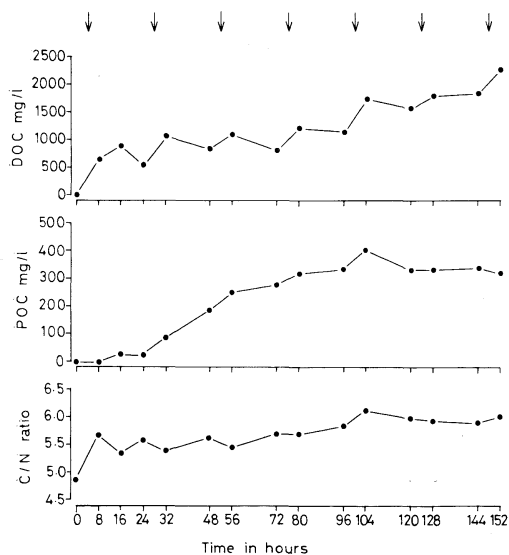


Fig. 2. Changes in dissolved organic carbon (DOC), particulate organic carbon (POC) and the C/N ratio in the microbial flock production tank.

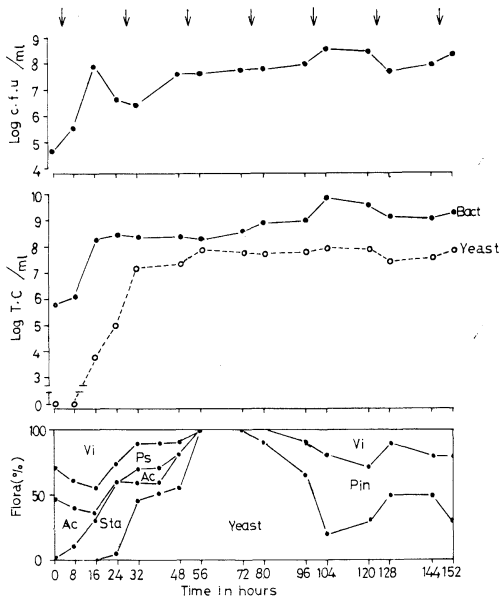


Fig. 3. Change in microbial population, enumerated by viable count (c.f.u./ml) and total count (T.C.), and of microbial flora in the process of microbial flock production.

Vi, *Vibrio* spp.; Ps, *Pseudomonas* spp.; Ac, *Acinetobacter* spp.; Sta, *Staphylococcus* spp.; Pin, pin-colony forming bacteria.

between this reappearance and the slight pH increase after 96 hours. It goes without saying microbial flock abounding in *Vibrio* spp. should not be used as food for larvae of seedling animals (YASUDA and TAGA, 1980).

4. Discussion

It is probable that the great differences in viable counts between the PPES-II medium and the diluted medium are due to the P strain. Since the environment of the production tank is one of high nutrition and low pH, the P strain adapted to such an environment can not form a colony on a low nutritive medium. However, neither could the P strain form a colony on the GY medium nor on the MY medium, which are similar to the culture environment in having high nutrition and low pH. A possible explanation is that the pH of the medium was too low. SIEBURTH (1968) suggested that the immedicable circumference of particulate organic matter in seawater is usually

kept weakly alkaline by production of $\text{NH}_3\text{-N}$ by the decomposition of protein. Thus, it is believed that the extremely thin circumference of the particles, even though the pH of the culture water was too low for the P strain, was kept weakly alkaline by the above-mentioned process. Accordingly, the P strain could successfully multiply in the tank.

Though the rapid pH decrease in the early period showed that the glucose added as a nutrient was decomposed into acids by the multiplying microorganisms, the phenomenon of the pH remaining constant after 32 hours may be due to a balance between ammonium sulfate, which was added intermittently as a nutrient, and the acids being produced. And although the rapid DO decrease in the tank was due to consumption during the multiplying of aerobic organisms, it is possible that the temporary increase of DO observed at 24 hours was due to a violent variation in microflora and decrease in the viable cell count between 16 hours and 32 hours, and consequent slowing down of the rate of DO consumption. Although the $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration remained at a high level, the $\text{NO}_2\text{-N}$ concentration was low. This may have been caused by either a slowdown in the progress of nitrification, due to a lack of ferric ion (SPENCER, 1956), or the presence of highly concentrated organic matter. A third alternative is that nitrite in the tank may have been prevented as a result of the uptake of ammonia in preference to nitrite by the multiplying bacteria (BROWN *et al.*, 1975).

On the other hand, that the DOC gradually accumulated due to an excess supply of nutrients, is indicated by the POC concentration remaining constant after 72 hours. In comparing the periods of rapid increases in total counts of microorganisms and concentration of POC, the former was from the start of culture to 16 hours, while the latter was from 24 hours to 56 hours. The above phenomenon may provide an explanation for the observation that a part of the phosphate added superfluously as a nutrient was formed into insoluble phosphate particles by aeration, and then the particles were colonized by bacteria to form organic particulate matter (ZOBELL, 1943; BARBER,

1966; MARSHALL *et al.*, 1971). In comparing the C/N ratios of particulate matter obtained in these experiments and other data (MANN, 1972), it can be seen that the major portion of the particles was composed of bacteria.

The difference between the total counts and the viable counts was small at 8 hours but then increased dramatically until total count was ten times that of viable count and this state continued. Thus one possible explanation for the difference is that, in the early experimental period, bacteria capable of forming a colony on the 2216E plate were dominant, whereas after 16 hours, several kinds of bacteria which had not colonized the plate, became dominant with the decrease in pH in the tank. Though after 56 hours yeast and pin-colony forming bacteria were abundant on the plate, it is considered that the bacteria might have specific heterotrophic metabolisms making us impossible to keep and store them. Furthermore, following the reappearance of *Vibrio* spp. after 96 hours, food value rapidly deteriorates. Therefore, for microbial flock produced by the method of IMAMURA and SUGITA, to stabilize the food value, pH in the tank should be controlled by the addition of a suitable quantity of nutrients. If this is done, the reappearance of *Vibrio* spp. will be prevented.

Acknowledgements

We wish to extend special acknowledgement to Dr. Y. OHSHIMA, Mr. T. FURUSAWA and Mr. K. IMAIZUMI, Japan Fisheries Farming Association (JFFA), for many helpful comments and advice on the production of the microbial flock. Thanks are due to Mrs. L. COWAN, Tokyo University of Fisheries, for her kind help in preparation of this manuscript in English.

References

- BARBER, R. T. (1966): Interaction of bubbles and bacteria in the formation of organic aggregates in seawater. *Nature*, **221**, 257-258.
- BROWN, C. B., D. S. MACDONALD-BROWN and S. O. STANLEY (1975): Inorganic nitrogen metabolism in marine bacteria: Nitrate uptake and reduction in a marine Pseudomonad. *Mar. Biol.*, **31**, 7-13
- BUCK, J. D. and R. C. CLEVERDON (1960): The spread plates as a method for the enumeration of marine bacteria. *Limnol. Oceanogr.*, **5**, 78-80.
- HOBBIE, J. E., R. J. DALEY and S. JASPER (1977): Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Appl. Environ. Microbiol.*, **33**, 1225-1228.
- IMAMURA, S. and T. SUGITA (1972): Development of technique on prawn larvae production: Culture of prawn larvae (*Penaeus japonicus* BATE) using artificial organic aggregates as food. *Saibai Giken*, **1**, 35-46. (In Japanese)
- MANN, K. H. (1972): Macrophyte production and detritus food chains in coastal water. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, **29** (Suppl.), 353-383.
- MARSHALL, K. C., R. STOUT and R. MITCHELL (1971): Mechanism of the initial events in the sorption of marine bacteria to surface. *J. Gen. Microbiol.*, **68**, 334-348.
- MENZEL, D. W. and R. F. VACCARO (1964): The measurement of dissolved organic and particulate carbon in seawater. *Limnol. Oceanogr.*, **9**, 138-142.
- ODUM, E. P. and A. A. DE LA CRUZ (1967): Particulate organic detritus in a Georgia salt marsh estuarine ecosystem. *In: G. H. LAUFF (Edit.)*, Estuaries. AAAS, Washington, pp. 383-388.
- OPPENHEIMER, C. H. and C. E. ZOBELL (1952): The growth and viability of sixty-three species of marine bacteria as influenced by hydrostatic pressure. *J. Mar. Res.*, **11**, 10-18.
- SHARP, J. H. (1974): Improved analysis for "particulate" organic carbon and nitrogen from seawater. *Limnol. Oceanogr.*, **19**, 984-989.
- SHEWAN, J. M., G. HOBBS and W. HODGKISS (1960): A determinative scheme for the identification of certain genera of gram-negative bacteria, with special reference to the Pseudomonadaceae. *J. Appl. Bacteriol.*, **23**, 379-390.
- SIEBURTH, J. MCN. (1968): Observation on bacteria planktonic in Narragansett Bay, Rhode Island; a Résumé. *Bull. Misaki Mar. Biol. Inst., Kyoto Univ.*, **12**, 49-64.
- SPENCER, C. P. (1956): The bacterial oxidation of ammonia in the sea. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, **35**, 621-630.
- STRICKLAND, J. D. H. and T. R. PARSONS (1972): A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Bd. Can. Bull.* **167**, 310 pp.
- TAGA, N. (1968): Some ecological aspects of marine bacteria in the Kuroshio current. *Bull. Misaki Mar. Biol. Inst., Kyoto Univ.*, **12**, 65-76.
- YASUDA, K. and N. TAGA (1980): Culture of *Brachionus plicatilis* MÜLLER using bacteria as food. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **46** (in press).
- ZOBELL, C. E. (1943): The effect of solid surfaces upon bacterial activity. *J. Bact.*, **46**, 39-56.

今村・相田方式で生産される微生物フロック

安田公昭，多賀信夫

要旨： 従来，栄養基質を添加した自然海水を開放的な大量培養水槽中で培養して生産される，いわゆる微用物フロックが，クルマエビ幼生の飼育に有効であるとされてきた（今村・相田，1972）が，その餌料効果は時おり著しく変動することが知られている。そこで，上記方式で培養生産される微生物群集の主体とその経時的変動，微生物フロックの生成機構ならびに生産槽内の環境諸要因の変動に関して実験的な解析を行なった。

生産槽内における微生物フロックは，栄養基質として過剰に添加されるリン酸塩の一部が曝気によって不溶性粒子となり，その粒子に栄養基質の添加によって増殖した細菌が付着することによって形成されることが明らかになった。また槽内における微生物相は経時的に大きく変動し，殊に培養開始 56 時間以後には当初優占的であった種々の属の細菌種が全く消失し，酵母と微小コロニー形成細菌群（属未同定）のみが急激に優占的となるが，96 時間以後再び *Vibrio* 属細菌が出現した。*Vibrio* 属細菌の特定種は稚仔魚の成長を阻害することが知られているが，微生物フロックの餌料効果の変動原因は，この *Vibrio* 属細菌の再出現にあると推察された。

A Short Review on the Primary Productivity in Different Parts of the North Pacific Ocean*

Shun-ei ICHIMURA**

Résumé: Les renseignements qui sont fournis par diverses sources sur la variation saisonnière de la productivité primaire dans les endroits différents de l'Océan Pacifique du Nord ont été revus. L'aspect général sur l'efficacité d'utilisation de l'énergie radiants par phytoplancton est présenté. Des investigations importante ont été effectuées dans les endroits étudiés. Des différences significatives ont été relevées dans le cycle saisonnier de la productivité aussi bien que dans l'efficacité photosynthétique.

1. Introduction

During the last two decades the primary productivity of the North Pacific Ocean has intensively been studied and a large amount of data has been collected. Most of researches have, however, been made as a part of general survey or during restricted period of the year and the data are widely scattered geographically and seasonally. Seasonal data are essential for the regional comparison or precise estimation of annual primary production but satisfying data are lacking at present except a few areas. In this paper, the available information related to seasonal variations of primary productivity in different parts of the North Pacific, where relatively long term studies have been made, is reviewed and a general picture on the geographical differences of primary productivity is presented.

2. Subarctic North Pacific Ocean

The primary productivity in this region has been measured sporadically by a number of investigators and the total primary production has been summarized by GESSNER (1959), GRAHAM and EDWARDS (1962) and SANGER (1972) including an excellent review of KOB-

LENTZ-MISHKE (1965). Primary production per unit water column indicates a great variation according to locations. High daily integrated primary production of 630 mg C/m² was measured in the east of Bower Bank in Bering Sea and a low value of 160 mg C/m² was in the central Subarctic Domain. The primary productivity of the mid subarctic region of the North Pacific was estimated by KOBLENTZ-MISHKE (1965) as 100-150 mg C/m²/day or 35-55 g C/m²/year in the transitional areas of the southern Subarctic. Recently, PARSONS and ANDERSON (1970) have made a large scale studies of primary productivity in this area including a complete transect of the subarctic North Pacific. With their studies it has become possible to extend our knowledge on the primary production processes in the subarctic Pacific. According to ANDERSON and MUNSON (1972), the primary productivity for water column showed a little geographical changes over large areas except the near coasts of North America and Japan, and in the area near the Aleutian Islands. Greatest concentration of chlorophyll *a* occurred in general during May or somewhat later, and primary productivity increased with time over most areas. The waters along the coast near the Aleutian Islands showed a large increase during April or earlier, whereas waters of the Western Gyre and the Alaskan Gyre showed the high productivity during the months of May and June.

Central Subarctic Domain: In this region, the

* Received May 15, 1979

Partly presented at the 13th Pacific Science Congress, Vancouver, British Columbia, Canada, 1975.

** Institute of Biological Sciences, The University of Tsukuba, Sakura-mura, Ibaraki, 300-31 Japan

year-round surveys were made only in a few areas. One was made at a position 50°N , 145°W (Ocean Station "P") by MCALLISTER *et al.* (1960) and the other was several cruises made by LARRANCE (1971). Fig. 1 shows the 6 year mean annual cycles of primary productivity and phytoplankton standing stock in euphotic zone at Station P. Primary productivity increased gradually from lower value of $30\text{ mg C/m}^2/\text{day}$ in January to a maximum of $350\text{ mg C/m}^2/\text{day}$ in July, then decreased gradually to $20\text{ mg C/m}^2/\text{day}$ in November, and remained at that level in December. Mean production for the year was about 48 g C/m^2 . This value is fairly lower than that of KOBLENTZ-MISHKE (1965). The results obtained by LARRANCE (1971) in the mid-Subarctic Pacific are presented in Fig. 2. As can be seen, chlorophyll concentration changed only slightly except in March, when chlorophyll was high during the early part of the plankton bloom. The lack of large seasonal change in chlorophyll concentration accorded fairly well with the result of ANDERSON and MUNSON (1972) in the oceanic area of the northeastern Pacific. Primary productivity in winter showed a low value of $74\text{ mg C/m}^2/\text{day}$. It increased significantly in March and a value of $272\text{ mg C/m}^2/\text{day}$ was more than three times as high as in February. In May, productivity

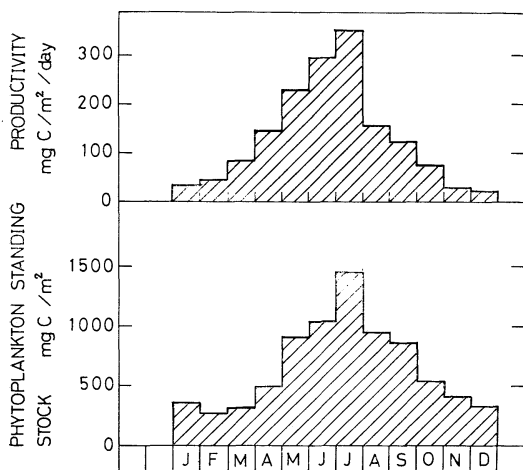


Fig. 1. Seasonal changes in phytoplankton biomass and productivity at Ocean Station "P" in the northeast Pacific Ocean. (Redrawn from MCALLISTER, 1969.)

decreased slightly to $246\text{ mg C/m}^2/\text{day}$ and it was relatively steady at intermediate levels throughout the summer. Annual primary production in this area is about $80\text{ to }100\text{ g C/m}^2$. These estimated values are considerably higher than $55\text{ to }91\text{ g C/m}^2$ by KOBLENTZ-MISHKE (1965).

The northeast North Pacific Ocean: Seasonal variation of primary productivity in this region has been studied by two groups, the Nanaimo and the Seattle. The results obtained by PARSONS *et al.* (1970) in the Strait of Georgia are shown in Fig. 3. The standing stock of phytoplankton in the first 20 m as measured by chlorophyll began to increase in March and reached a maximum during May. After that it decreased from July through winter. A large increase of primary productivity occurred from February and the maximum appeared in May. A pronounced decrease in productivity from June throughout August was accompanied by a marked drop in nutrients in the water column. The annual primary production of the Strait of Georgia was approximately 120 g C/m^2 .

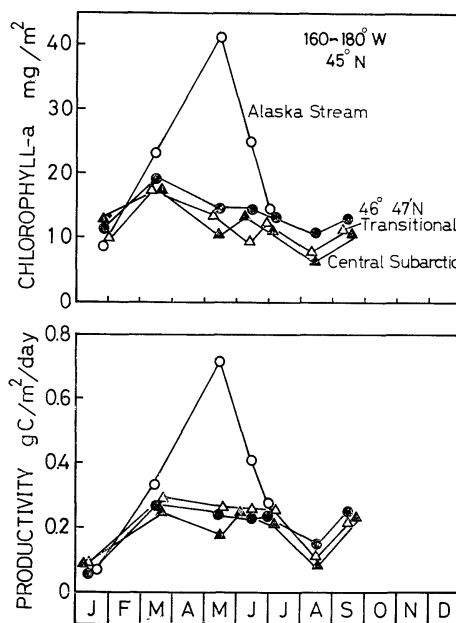


Fig. 2. Seasonal changes in chlorophyll *a* concentration and primary productivity in the mid-subarctic Pacific Ocean. (Based on the data provided by LARRANCE, 1971.)

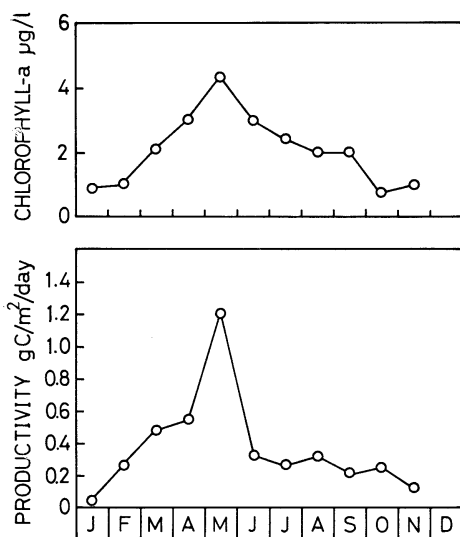


Fig. 3. Seasonal changes in chlorophyll *a* concentration and primary productivity in the Strait of Georgia. (Based on the data provided by PARSONS *et al.*, 1970.)

ANDERSON (1964) studied the seasonal and areal distributions of phytoplankton standing crop and primary productivity in waters off the Washington and Oregon coasts. Fig. 4 was reconstructed from the data presented by him. Each curve indicates the seasonal changes of primary productivity at approximately single station in three different major hydrographic regimes; oceanic water, coastal upwelling and plume. Primary productivity was low in winter and it did not exceed $0.1 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ in all regions. During the spring, productivity increased markedly to 0.3 to $0.5 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ in oceanic water and 0.4 to $0.9 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ in plume. At this time, high values as high as $1.8 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ were found in upwelling water. During June and July, except in upwelling, the productivity in both oceanic and plume areas dropped to lower levels and persisted to August. Upwelling area reached maximal values of greater than $2.5 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ in July and showed a striking drop in August. Typical values during the summer were somewhat less than $0.2 \text{ gC/m}^2/\text{day}$. Summer decrease was followed by a drop to less than $0.1 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ in all waters by December. The seasonal pictures derived from these data were roughly the same

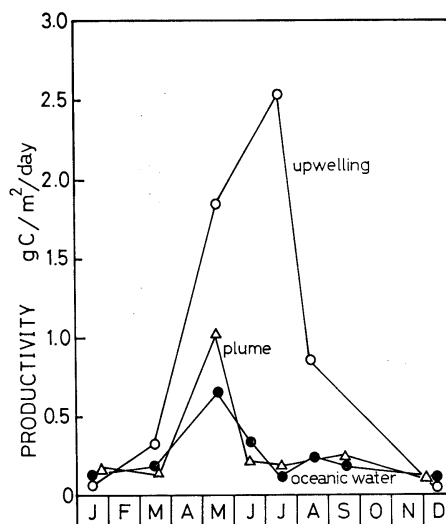


Fig. 4. Seasonal changes in primary productivity off the Washington and Oregon coasts. (Based on the data provided by ANDERSON, 1964.)

to those in the Strait of Georgia and also in open oceans of the temperate zones. Using these data, ANDERSON (1964) estimated annual primary production in this region as 60 gC/m^2 in the plume and oceanic waters and 150 gC/m^2 in upwelling area. In a more recent study (ANDERSON, 1972), these values were corrected to 125 gC/m^2 and 300 gC/m^2 , respectively, by considering the contribution of sub-surface chlorophyll maximum and excretion of organic matter during photosynthesis to primary production. Annual cycle of the primary production in the area off Oregon was also measured by SMALL *et al.* (1972) and the results were quite similar to those of ANDERSON (1972).

Bering Sea: The most intensive seasonal studies in Bering Sea have been made by MCROY *et al.* (1972). Measurements were made during February, March and July at numerous stations. Summer measurement in the region near the Aleutian Islands showed the surface productivity of 2.2 to $165 \text{ mgC/m}^3/\text{day}$. At the Bering Strait they reported a very high summer productivity of $410 \text{ mgC/m}^3/\text{day}$ and the integrated value of $4 \text{ gC/m}^2/\text{day}$. Winter measurements were made at the eastern Bering Sea. In this region, the productivity of surface water under ice was very low. It ranged from 0.2 to 4 mg

$C/m^3/day$ and the integrated production varied from 7.6 to 70 $mg C/m^2/day$. If it is assumed that the active photosynthetic season in Bering Sea is about 7 months, the annual production would be 80 $g C/m^2$.

3. Northwestern North Pacific Ocean

The northwestern North Pacific Ocean includes three different marine environments. Namely, they are the Oyashio Current, the Kuroshio Current and the western central Pacific water. The primary productivity of this region has been investigated by several workers, but most of them are concentrated in the summer season and the data on the seasonal variation are very few. SAIJO and ICHIMURA (1960) reported that the rate of production in summer is 0.3 to 0.4 $g C/m^2/day$ for the Oyashio Current, 0.1 to 0.2 $g C/m^2/day$ for the Oyashio Extension, and less than 0.1 $g C/m^2/day$ for the Kuroshio. According to the estimation made by KOBLENTZ-MISHKE (1965), the average annual primary production is 164 $g C/m^2$

in the Oyashio Current and 50 to 100 $g C/m^2$ both in the Kuroshio Current and the Kuroshio Extension.

The seasonal variation of primary productivity in the northwestern North Pacific Ocean was reported by TANIGUCHI and KAWAMURA (1972) at a station in the southern front of the Oyashio and by SHIMURA and ICHIMURA (1972) at a station in coastal water of the Kuroshio.

The Oyashio Current: Fig. 5 shows the results obtained by TANIGUCHI and KAWAMURA (1972). Productivity increased rapidly in March and reached the highest values with a range of 1.0 to 2.0 $g C/m^2/day$ by the end of April, then decreased to 0.4 $g C/m^2/day$ in late summer. The lowest productivity was measured in winter. The ratio of mean spring to summer daily productivity reached 3.3. TANIGUCHI (1972) calculated the annual primary production in the Oyashio Current to be 156 $g C/m^2$. This is identical with the value estimated by KOBLENTZ-MISHKE (1965).

The Kuroshio Current: Seasonal cycle of primary productivity in the Kuroshio Current is shown in Fig. 6. This was obtained at a station

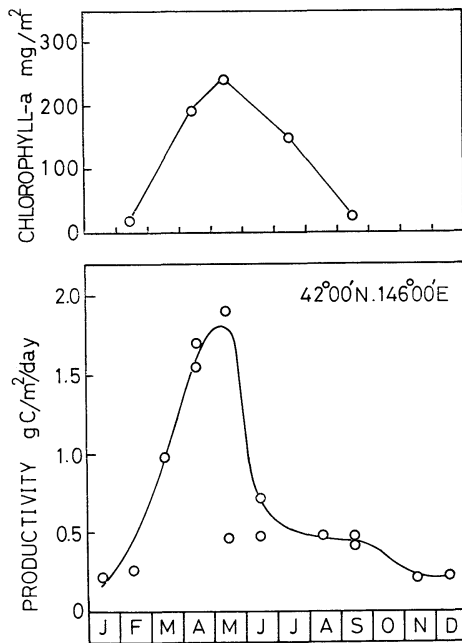


Fig. 5. Seasonal changes in chlorophyll *a* concentration and primary productivity at a station in the Oyashio region. (Data from TANIGUCHI and KAWAMURA, 1972.)

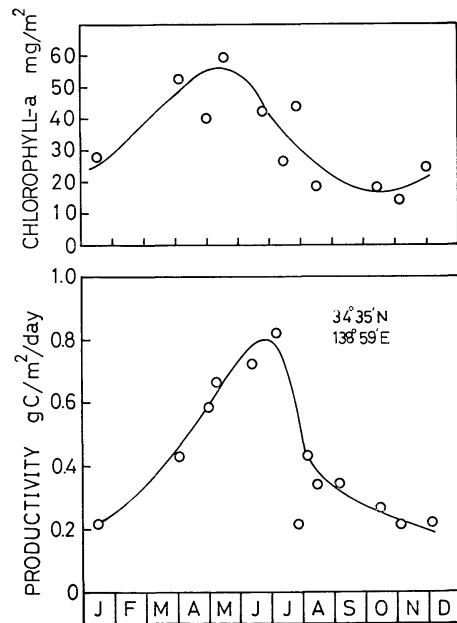


Fig. 6. Seasonal changes in chlorophyll *a* concentration and primary productivity at a station in the Kuroshio region. (Data from SHIMURA and ICHIMURA, 1972.)

in the coastal water adjacent to the Kuroshio Current off the midcoast of Japan (SHIMURA and ICHIMURA, 1972). The amount of phytoplankton as measured by chlorophyll *a* varied from 20 to 60 mg C/m² throughout the year with a seasonal maximum in May. The highest values were measured during April and May, and the lowest in November. The primary productivity showed the highest value of 0.8 g C/m²/day in early summer, subsequently it decreased with the progress of season and by November it dropped to the lowest value of 0.2 g C/m²/day, and was relatively steady at the same level throughout the winter. Productivity increased significantly in March. The annual primary production in the water column was about 120 g C/m². This value accords fairly well with that of the Washington coast reported by ANDERSON (1964) and with 100 to 150 g C/m² in the Kuroshio region by ARUGA and MONSI (1962).

4. Tropical Waters

Primary productivity in tropical waters of the Pacific Ocean has been studied by a number of investigators, but the seasonal variation is still not known at all in oceanic waters. SOURNIA (1969) assembled nearly a hundred references from all regions of tropical seas and realized that the seasonal variation of primary productivity is nearly absent in the offshore tropical ocean. He also reported the annual variations of species composition and of primary productivity in neritic waters. Same conclusion has been noticed by KOBLENTZ-MISHKE (1965) in the tropical Pacific Ocean. However, it has never been detected completely because data are insufficient to separate the seasonal cycle from other sources of variations. Recently, OWEN and ZEITZSCHEL (1970) and BLACKBURN *et al.* (1970) examined the suggestion that the annual cycle of primary production in the tropical oceanic region may be negligible or non-existent, by using data from year-long series of measurements in an offshore area of the eastern tropical Pacific. It is apparent that the maximum chlorophyll values appear in the known upwelling areas and they are most pronounced at the equator off the American coast.

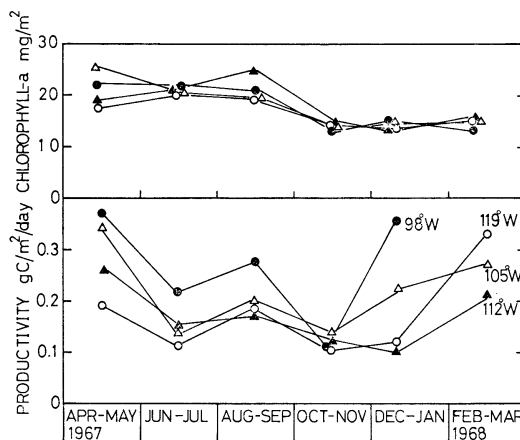


Fig. 7. Seasonal changes in chlorophyll *a* concentration and primary productivity in the oceanic eastern tropical Pacific. (Based on the data provided by OWEN and ZEITZSCHEL, 1970 and by BLACKBURN *et al.*, 1970.)

The distribution pattern of primary productivity consists of a maximum to the south of southern Mexico, Guatemala and Costa Rica and north of 7°N latitude, and offshore minima are found between them. Fig. 7 was reconstructed from their data on chlorophyll *a* and primary productivity in the western area of the eastern tropical Pacific. Values are averaged for each cruise period over a wide range of latitude and longitude. The standing stock of chlorophyll *a* varied slightly with season in much the same phase at all locations. Namely, a maximum occurred in the period of April or September and a minimum in October or January, differing by a factor of less than 2. Primary productivity was maintained at a fairly low level and did not change noticeably with season. The maximum production was found at all longitude in the period May–April and a second peak was in September. The principal minimum occurred in July or November. The maximum/minimum ratio ranged significantly from 2.5 to 3.5. Average values of the daily primary production were from 127 to 318 mg C/m² with a mean of 205 mg C/m² over the region studied and the annual production was estimated as 75 g C/m². OWEN and ZEITZSCHEL (1970) noted that the primary productivity in this region exceeds the value obtained by JITTS (1969) in the Indian Ocean by

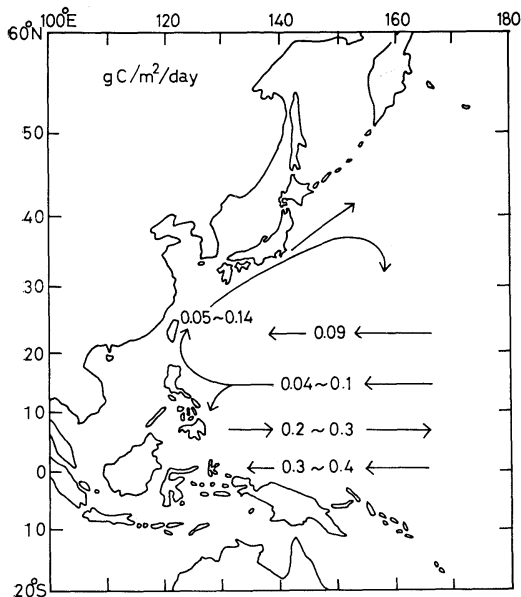


Fig. 8. Geographical distribution of the daily primary production in the western tropical Pacific and adjacent seas. (Based on the data by TANIGUCHI, 1972, SOROKIN, 1973 and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 1975.)

some 64% and lies close to be $72 \text{ g C/m}^2/\text{year}$ by MENZEL and RYTHER (1960).

The tropical western Pacific: Primary productivity of this area has been measured by several investigators at rather scattered intervals throughout the year. Fig. 8 shows the primary productivity of the equatorial region in the western Pacific measured by SOROKIN (1973), TANIGUCHI (1972) and our group. The primary productivity in the equatorial region is appreciably higher than that of waters to the north and south of the equator. The daily production was found to be 0.3 to 0.4 g C/m^2 in the South Equatorial Current and 0.2 to 0.3 g C/m^2 in the South Equatorial Counter Current. The values of 0.04 to $0.15 \text{ g C/m}^2/\text{day}$ were also measured in the North Equatorial Current. TANIGUCHI (1972) estimated tentatively the annual primary production as 106 g C/m^2 in the South Equatorial Current and 70 g C/m^2 in the Equatorial Counter Current. It is a matter of course that no computation of annual primary production can be made without knowing the seasonal changes.

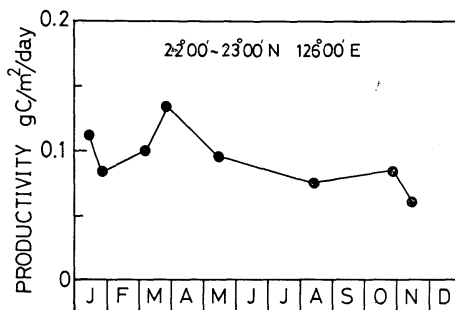


Fig. 9. Seasonal changes in primary productivity in the subtropical Pacific. (Based on the data provided by TANIGUCHI, 1972 and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 1975.)

However, it will be possible to derive a brief picture from existing materials collected by some investigators. Fig. 9 was constructed from the representative data obtained by TANIGUCHI (1972) and by our group (Ocean Research Institute, University of Tokyo, 1975) in the subtropical waters between 22° and 23°N along 126°E . Productivity was almost uniform throughout the year and considerably low, usually ranging between 0.05 to $0.1 \text{ g C/m}^2/\text{day}$. The magnitude of primary production, calculated from this curve, came to the value of about 40 g C/m^2 in the North Equatorial Current.

5. Photosynthetic energy efficiency of phytoplankton production

The efficiency of photosynthetic utilization of radiant energy in phytoplankton production was calculated. In this case, the production is the diel net photosynthetic production and the matter losses by excretion and nocturnal respiration are not taken into account. Radiant energy used for the calculation is that presented by the investigators in parallel with their measurement of productivity. The amount of photosynthetically active radiation (PHAR) is assumed as 50% of the total incident energy on the sea surface and a suitable allowance is made for the reflection of sun light on the sea surface. A factor used for the conversion of assimilated carbon to caloric value is $10 \text{ kcal per gram carbon}$. As an example, the results calculated from the data reported by PARSONS *et al.* (1970) in the Strait of Georgia

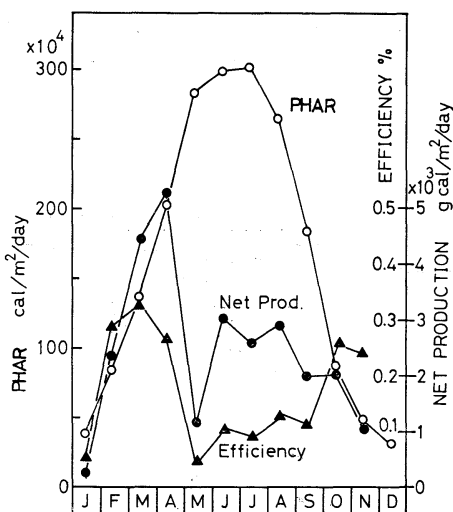


Fig. 10. Seasonal changes in photosynthetically active radiation (PHAR), net primary production and photosynthetic efficiency of radiant energy in the Strait of Georgia. (Data from PARSONS *et al.*, 1970.)

are presented in Fig. 10. It will be seen that PHAR on each square meter of the surface fluctuates between 40×10^4 and 300×10^4 g. cal per day and that the energy content of photosynthetic products of phytoplankton ranges from 2×10^3 to 5×10^3 g. cal per day. Thus the photosynthetic efficiency ranges from 0.05 to 0.33%. In this way, the photosynthetic efficiency was calculated for different regions of the North Pacific and the results are presented in Table 1. In the subarctic Pacific region, the photosynthetic efficiency was found to be 0.10 to 0.55% for the neritic waters and 0.05 to 0.25% for the oceanic waters. The efficiency in the northwestern Pacific regions was 0.15 to 0.74% for the Oyashio Current and 0.15 to 0.30% for the Kuroshio Current. The efficiency of 0.03 to 0.11% was obtained for the central Pacific water. The photosynthetic efficiency in the tropical and the subtropical Pacific was rather lower than that in the northern North Pacific Ocean. It ranged from 0.05 to 0.12% in the Equatorial Counter Current and 0.02 to 0.07% throughout the year in the North Equatorial Current. In both productive areas of the South Equatorial Current and upwelling regions of the tropical eastern Pacific, the ef-

Table 1. Photosynthetic utilization of radiant energy at different parts of the North Pacific Ocean

Regions	Efficiency (%)
Subarctic region	
Strait of Georgia	0.05 -0.33
Washington & Oregon coasts	
Oceanic water	0.05 -0.25
Upwelling water	0.08 -0.48
Plume water	0.10 -0.36
Mid subarctic region	
Bering Sea	0.005-0.40
Alaska Stream	0.03 -0.55
Northwestern Pacific	
Oyashio Current	0.15 -0.74
Kuroshio Current	0.15 -0.30
Western Central Pacific water	0.03 -0.11
Tropical & Subtropical Pacific	
North Equatorial Current	0.02 -0.07
Equatorial Counter Current	0.05 -0.12
South Equatorial Current	0.15 -0.20
Tropical Eastern Pacific	0.10 -0.16

iciency increased slightly to the values of 0.10 to 0.20%.

Conclusion is that the photosynthetic utilization of radiant energy in the North Pacific Ocean ranges from a lower value of 0.02% to a high value of 0.74%. However, higher efficiency is probably measured in the eutrophic coastal waters.

References

ANDERSON, G. C. (1964): The seasonal and geographical distribution of primary productivity off the Washington and Oregon coasts. *Limnol. Oceanogr.*, **9**, 284-302.

ANDERSON, G. C. and R. E. MUNSON (1972): Primary productivity studies using merchant vessels in the North Pacific Ocean. p. 199-216. *In: Biological Oceanography of the North Pacific Ocean.* (edit. TAKENOUTI *et al.*), Idemitsu Shoten, Tokyo.

ANDERSON, G. C. (1972): Aspects of marine phytoplankton studies near the Columbia River, with special reference to a subsurface chlorophyll maximum. p. 219-240. *In: The Columbia River estuary and adjacent ocean waters.* (edit. PRUTER and ALVERSON), Univ. Washington Press.

ARUGA, Y. and M. MONSI (1962): Primary productivity in the northwestern part of the Pacific off Honshu, Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **18**, 85-94.

- BLACKBURN, M., R. W. LAURS, R. W. OWEN and B. ZEITZSCHEL (1970): Seasonal and areal changes in standing stocks of phytoplankton, zooplankton and micronekton in the eastern tropical Pacific. *Mar. Biol.*, **7**, 14-31.
- GESSNER, F. (1959): *Hydrobotanik*. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin. 701 pp.
- GRAHAM, H. W. and I. EDWARDS (1962): The world biomass of marine fishes. p. 3-8. *In*: Fish in nutrition. (edit. HEEN). Fishing News, Ltd., London.
- JITTS, H. R. (1969): Seasonal variation in the Indian Ocean along 110°E. IV. Primary production. *Australian Jour. of Marine and Freshwater Research*, **20**, 65-79.
- KOBLENTZ-MISHKE, O. J. (1965): Primary production in the Pacific. *Oceanol.*, **5**, 325-337 (in Russian. English translation, *Oceanol.*, **5**, 104-116.)
- LARRANCE, J. D. (1971): Primary productivity in the mid-subarctic Pacific Ocean region, 1966-1968. *Fish. Bull.*, **69**, 595-613.
- MCALISTER, C. D., T. R. PARSONS and J. D. STRICKLAND (1960): Primary productivity at Station "P" in the north-east Pacific Ocean. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, **25**, 240-259.
- MCALISTER, C. D. (1969): Aspects of estimating zooplankton production from phytoplankton production. *Jour. Fish. Res. Bd. Can.* **26**, 199-220.
- MCROY, C. P., J. J. GOERING and W. E. SHIELS (1972): Studies of primary production in the eastern Bering Sea. p. 199-216. *In*: Biological Oceanography of the northern North Pacific Ocean. (edit. TAKENOUTI *et al.*), Idemitsu Shoten, Tokyo.
- MENZEL, D. W. and J. H. RYTHER (1960): The annual cycle of primary production in the Sargasso Sea off Bermuda. *Deep-Sea Res.*, **6**, 351-367.
- OCEAN RESEARCH INSTITUTE, UNIV. OF TOKYO (1975): Studies on the community of marine pelagic blue-green algae. 77 pp.
- OWEN, R. N. and B. ZEITZSCHEL (1970): Phytoplankton production: Seasonal changes in the oceanic eastern tropical Pacific. *Mar. Biol.*, **7**, 32-36.
- PARSONS, T. R. and G. C. ANDERSON (1970): Large scale studies of primary production in the North Pacific Ocean. *Deep-Sea Res.*, **17**, 765-776.
- PARSONS, T. R., R. T. LEBRASSEUR and W. E. BARRACHLOUGH (1970): Levels of production in the Pacific environment of the Strait of Georgia, British Columbia: A review. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **27**, 1251-1264.
- SAIJO, Y. and S. ICHIMURA (1960): Primary production in the northwestern Pacific Ocean. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **16**, 136-145.
- SANGER, G. A. (1972): Fishery potentials and estimated biological productivity of the subarctic Pacific region. p. 561-574. *In*: Biological Oceanography of the northern North Pacific Ocean. (edit. TAKENOUTI *et al.*), Idemitsu Shoten, Tokyo.
- SHIMURA, S. and S. ICHIMURA (1972): Primary productivity in coastal water adjacent to the Kuroshio off Shimoda. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **28**, 8-17.
- SMALL, L. F., H. CURL and W. A. GLOSCHENKO (1972): Estimates of primary production off Oregon using an improved chlorophyll-light technique. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **29**, 1261-1267.
- SOURNIA, A. (1969): Cycle annuel du phytoplancton et de la production primaire dans les lers tropicales. *Mar. Biol.*, **3**, 287-303.
- SOROKIN, Yu. I. (1973): Data on biological productivity of the western tropical Pacific Ocean. *Mar. Biol.*, **20**, 177-196.
- TANIGUCHI, A. and T. KAWAMURA (1972): Primary production in the Oyashio region with special reference to the subsurface chlorophyll maximum layer and phytoplankton-zooplankton relationships. p. 231-243. *In*: Biological Oceanography of the northern North Pacific Ocean. (edit. TAKENOUTI *et al.*), Idemitsu Shoten, Tokyo.
- TANIGUCHI, A. (1972): Geographical variation of primary production in the western Pacific Ocean and adjacent seas with reference to the interrelations between various parameters of primary production. *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, **19**, 1-34.

北太平洋の地理的基礎生産，とくに季節変動について

市 村 俊 英

要旨：北太平洋の基礎生産に関し，とくに長期的な調査が実施されている海域の測点の資料をもとに，植物プランクトンの現存量と生産力との季節変動のパターンについて概説した。また各海域での植物プランクトンの光合成効率について考察した。基礎生産の季節変動は緯度の高い富栄養の海域で大きく，低緯度の海域では一般に低い値を示し，光合成効率もほぼこれと同じ傾向がみられる。

Recent Mariculture Technique in Japan*

Yutaka UNO** and Ikuo HAYASHI**

The changes in annual catch by fisheries type during the last ten years in Japan are shown in Fig. 1.

Japan's fisheries continued to develop steadily with production reaching 9,909 million tons in 1971. The catch level of 10 million tons was achieved in 1972, and maintained from 1973-75. Comparing 1976 production with 1966's, production increased by about 1.5 times or 3.55 million tons during those ten years (Table 1).

Production by shallow sea culture is about 9.8% of the total in quantity and about 19.0% in value. Production by culture in shallow

coastal waters mainly consists of yellowtail, Kuruma shrimp, oyster, scallop, pearl oyster, Nori (*Porphyra*), *Undaria* etc., and annual production for the same period is shown in Tables 2 and 3. Quite a few species of aquatic animals are commercially cultivated. Among them, production by culture of yellowtail, oyster, pearl oyster, scallop, *Undaria* and Nori has been stagnant, because of the narrowing down of the culture grounds due to pollution and reclamation of the foreshore, in spite of the continued development of culture techniques for these species. Production of Kuruma shrimp, abalone and red sea bream has been increasing

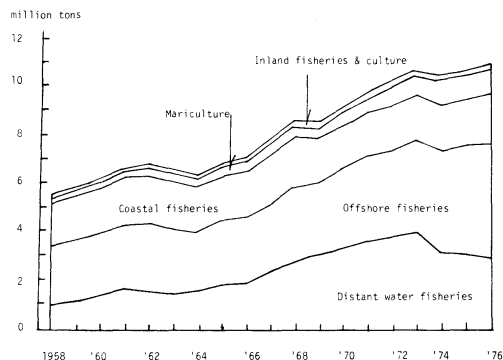


Fig. 1. Changes in annual fisheries catch by type of fisheries (Japan Fish. Ass., 1977).

Table 1. Quantity and value by type of fisheries
Quantity: metric tons; value: million yen (1976)

Fisheries Type,	Quantity	Value
Distant waters	2,948,990	520,930
Offshore waters	4,656,193	662,830
Coastal waters	2,000,100	586,480
Mariculture	849,909	293,340
Inland fisheries & culture	200,711	122,560
Total	10,655,903	21,861,140

* Received September 21, 1979

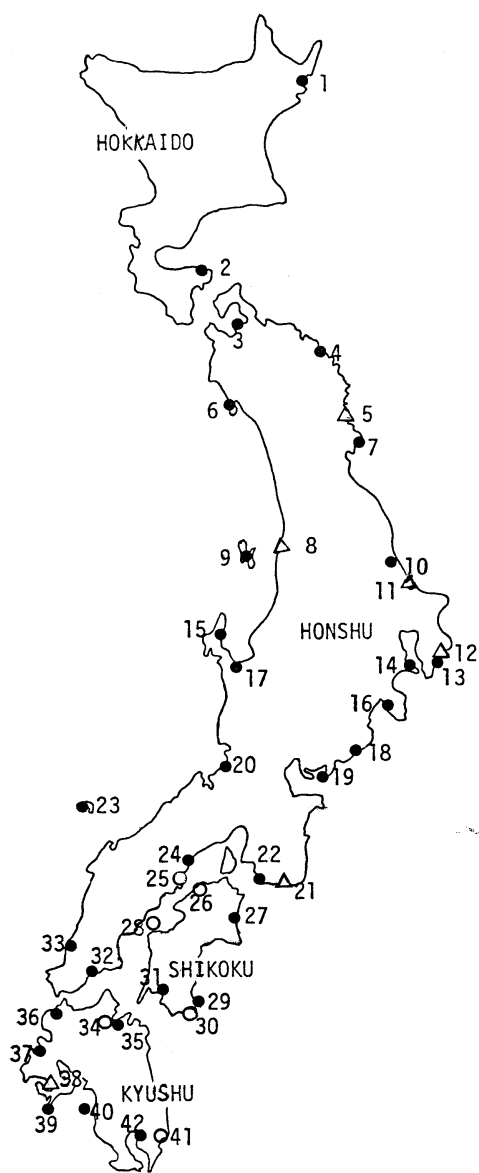
** Tokyo University of Fisheries, Konan-4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

Table 2. Major species for mariculture

Fin-fish	
Yellowtail	<i>Seriola quinqueradiata</i>
Red sea bream	<i>Pagrus major</i>
Black sea bream	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>
Jack mackerel	<i>Trachurus japonicus</i>
Caranx	<i>Caranx delicatissimus</i>
Puffer	<i>Fugu rubripes</i>
Filefish	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>
Sea bass	<i>Lateolabrax japonicus</i>
Parrot fish	<i>Oplegnathus fasciatus</i>
Flatfish	<i>Paralichthys olivaceus</i>
Shellfish	
Spiny lobster	<i>Panulirus japonicus</i>
Blue crab	<i>Neptunus trituberculatus</i>
Kuruma shrimp	<i>Penaeus japonicus</i>
Ascidian	<i>Halocynthia roretzi</i>
Scallop	<i>Patinoptecten yessoensis</i>
Oyster	<i>Crassostrea gigas</i>
Pearl	<i>Pinctada martensii</i>
Abalone	<i>Haliotis discus hannai</i> , <i>H. discus discus</i> , <i>H. gigantea</i> , <i>H. sieboldii</i> , <i>H. diversicolor aquatilis</i>
Algae	
Nori	<i>Porphyra tenera</i> , <i>P. yezoensis</i>
Undaria	<i>Undaria pinnatifida</i>
Laminaria	<i>Laminaria japonica</i>

Table 3. Mariculture products by species (After Statistics of Fisheries, 1977, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries) (Unit: t)

Finfish										
Year	Total	Seriola	Red sea bream	<i>Evynnis japonica</i>	Jack mackerel	Filefish	Caranx	Fugu	Black sea bream	Others
1960	284,828	1,431	—	—	—	—	—	—	—	—
61	322,498	2,036	—	—	—	—	—	—	—	—
62	362,897	4,470	—	—	—	—	—	119	—	25
63	389,987	5,038	—	—	—	—	—	118	—	60
64	362,992	10,321	—	—	—	—	—	113	—	112
65	379,697	14,779	—	—	—	—	—	91	—	105
66	405,197	16,875	—	—	—	—	—	75	—	270
67	470,133	21,169	—	—	—	—	—	46	—	313
68	521,942	31,777	—	—	—	—	—	63	—	354
69	473,292	32,613	—	—	—	—	—	52	—	481
70	549,081	43,300	460	5	2	63	36	26	2	16
71	608,682	61,743	971	23	24	44	43	21	1	41
72	647,905	76,913	1,298	95	112	149	15	15	13	113
73	790,973	80,269	2,606	58	348	253	30	17	9	179
74	879,758	92,684	3,414	85	628	51	48	8	4	158
75	772,741	92,352	4,303	126	923	17	22	11	6	236
76	849,908	101,619	6,453	125	721	10	69	11	61	187
Shellfish										
Year	Spiny lobster	Kuruma shrimp	Neptunus	Octopus	Ascidian	Others	Scallop	Oyster	Pearl	Others
1960	15	97	—	—	—	—	—	182,779	48	—
—	20	85	1	—	—	—	—	172,895	80	—
—	16	125	—	145	—	—	—	203,594	69	—
—	8	179	4	371	—	—	—	240,144	80	—
—	10	154	3	787	—	—	—	240,564	85	—
65	9	96	2	623	—	—	—	210,603	99	—
—	13	212	9	190	47	—	—	221,139	118	—
—	14	305	11	117	203	—	—	232,200	125	—
—	11	311	15	77	167	—	—	267,388	112	—
—	2	295	1	50	102	—	—	245,458	97	—
70	0	301	0	109	94	—	5,675	190,799	85	4
—	0	306	1	98	339	—	11,165	193,846	49	5
—	0	454	1	68	1,118	—	23,162	217,373	42	42
—	—	653	0	56	4,678	—	39,372	229,899	34	298
—	—	911	5	54	5,036	—	62,673	210,583	30	132
75	—	936	0	41	6,313	—	70,256	201,173	30	114
—	—	1,042	—	42	8,390	16	64,909	226,286	34	73
Algae										
Year	<i>Porphyra</i>	<i>Undaria</i>	<i>Laminaria</i>	Year	<i>Porphyra</i>	<i>Undaria</i>	<i>Laminaria</i>			
1960	100,457	—	—	1965	134,320	59,821	—			
—	147,379	—	—	70	231,464	76,698	282			
—	154,631	—	—	—	244,946	94,350	666			
—	144,531	—	—	—	217,906	105,678	3,338			
—	111,851	—	—	—	311,410	113,159	4,648			
65	140,753	12,537	—	—	339,314	153,762	10,177			
—	128,440	37,809	—	75	278,127	102,058	15,696			
—	157,550	58,080	—	—	291,050	126,723	22,087			
—	144,969	76,698	—	—	—	—	—			



- : Seto Inland Sea Fish Farming Center Facility
 ● : Prefectural Facility
 △ : Others

Fig. 2. Map of hatcheries in Japan for mariculture (1978).

E : *Erimacrus isenbeckii* and *Paralithodes camtschaticus*

H : *Haliotis* spp.

Pe: *Patinopecten yessoensis*

Pa: *Paralichthys olivaceus*

C : *Caranx delicatissimus*

Pg: *Pagrus major*

Pu: *Fugu rubripes*

N : *Neptunus trituberculatus*

Pr: *Penaeus japonicus*

A : *Plecoglossus altivelis*

S : *Seriola quinqueradiata*

1. Kushiro (Hokkaido; E, P)
2. Shikabe (Hokkaido; H, E)
3. Maura (Aomori Pref.; Pe, H)
4. Miyako (Iwate; H)
5. Mone (Miyagi; H, Pe, O)
6. Toga (Akita; H)
7. Ojika (Miyagi; H, Pa)
8. Murakami (Niigata; H, Pa)
9. Mano (Niigata; H, Pa)
10. Isozaki (Ibaragi; H)
11. Tokaimura (Ibaragi; Pr, Pa)
12. Ubara (Chiba; H)
13. Chikura (Chiba; H, Pg, C)
14. Misaki (Kanagawa; H, Pr, Pg)
15. Notojima (Ishikawa; Pa, Pg, N, Pr)
16. Numazu (Shizuoka; Pg, Pr, Pu, H)
17. Himi (Toyama; Pg, H)
18. Hamaoka (Shizuoka; Pg, Pr, Pa)
19. Atsumi (Aichi; Pr, H, A)
20. Katami (Fukui; N, Pg, Pr, H)
21. Shirahama (Wakayama; Pa, C, Pu, Pg etc)
22. Tanabe (Wakayama; Pa, Pg, H, etc)
23. Urago (Shimane; Pg, Pr, H)
24. Ushimado (Okayama; Pr, N, Pg, etc)
25. Tamano (Okayama; Pg, Pr, N)
26. Takamatsu (Kagawa; Pr, S, Pg)
27. Asakawa (Tokushima; Pg, H, Pr)
28. Hakatajima (Ehime; Pg)
29. Komame (Kochi; Pg, S)
30. Komame (Kochi; S, Pg)
31. Shitabe (Ehime; Pr, Pg, H)
32. Aio (Yamaguchi; Pr, Pu, A)
33. Nagato (Yamaguchi; Pg, A)
34. Kamiura (Oita; Pg, Pr, H)
35. Kamiura (Oita; Pg, Pr)
36. Genkai (Fukuoka; Pg, Pr, H)
37. Chinzei (Fukuoka; Pg, H)
38. Sasebo (Saga; H, Pg, Pr)
39. Nomozaki (Nagasaki; Pg, H)
40. Ushibuka (Kumamoto; Pg, Pr, H)
41. Shibushi (Kagoshima; Pr, Pg, H)
42. Tarumizu (Kagoshima; H, Pr, Pg)

and the scale of culture of these species is expected to continue to expand.

Recently, mass production techniques for Kuruma shrimp, red sea bream, scallop and abalone have made great progress. National and Prefectural governments have established facilities for seed production of these species to restore and increase the marine resources in their areas (Fig. 2). After many feasibility studies they now produce more than 200 million

larvae per year including both fish and shellfish to stock the open sea (mainly shallow waters) with them. In order to restock the fenceless natural environment effectively, much ecological knowledge is needed about the distribution of the species to be restocked. In this respect, an explanation could be made from the summarized results of studies concerning Kuruma shrimp *Penaeus japonicus*, which is a sedentary shrimp species, not a wandering species such as *P.*

Table 4. Life history phase of *Penaeus japonicus* (KURATA, 1972)

Phase	Beginning from	Duration in days ^{a)}	Approx. BL (mm) Male	Approx. BL (mm) Female	Life form	Habitats
Embryo	Fertilization	0.6		0.24 ^{b)}	Planktonic	Offshore
Larva	Hatching	14-15		0.35-5.0	do	do
Juvenile	Metamorphosis	30		5-25	Planktonic-benthic	Offshore estuary
Adolescent	Development of secondary sex characteristics	60	25-90 ^{c)}	25-110 ^{d)}	Benthic	Estuary sound
Subadult	Onset of gonad maturation	?	90-100 ^{e)}	110-125 ^{e)}	do	Sound offshore
Adult	Completion of gonadal maturation	?	100-220 ^{f)}	125-262	do	Offshore

a) Approximate number of days in summer, b) diameter of egg. c) minimum size with jointed petasma, d) minimum size with stopper, e) minimum size with ripe gonad, f) maximum size ever found.

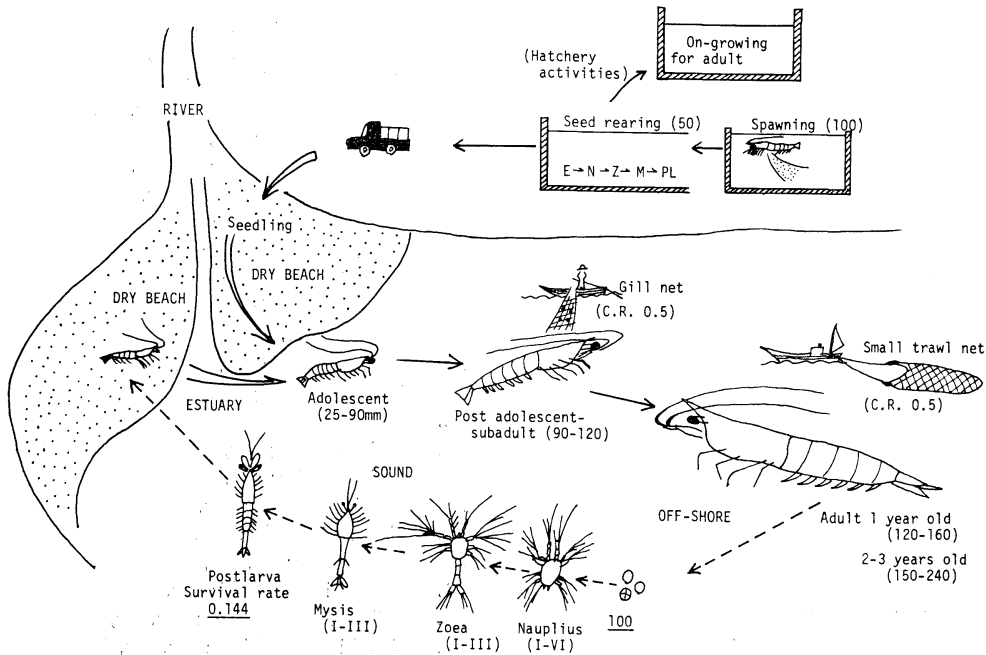


Fig. 3. Diagrammatic drawing of life cycle in *P. japonicus* (KURATA, 1972).

setiferus and *P. orientalis*.

Through the development of indoor culture techniques for the mass production of postlarvae and many trials for the restocking of this species, it has been possible to gain some understanding of their life cycle as shown in Table 4 and Fig. 3. During the juvenile stage they remain in tidal estuary areas where there are many pools offering a plentiful supply of foods and some protection from predator fishes. Hatchery production abbreviates the pelagic life stages (Fig. 3) and the survival rate can be increased to ca. 50% compared with the very low natural survival rate.

Principles for restocking:

1. Life history stage principle

Restocking should be carried out at the same phase of life history as corresponds to natural life cycle of shrimp, especially in relation to habitat and food.

2. Protection principle

Postlarvae should be released in an area where they have some protection from predators.

3. Dispersion principle

They should be distributed as sparsely and homogeneously as possible.

It is very important to check out the above-mentioned ecological factors for the specific species as a base for reasonable restocking activity but this requires much time, many researchers and a sufficient budget.

Next, taking an actual example of restocking, Figs. 4 and 5 are a summary of the results monitored by Yamaguchi Prefecture Fisheries

Research Station. The releasing trials were carried out between 1972 and 1979. In each trial about 2 million seeds were used for restocking and in total 27 million postlarvae (12 mm in total length, 0.01 g in body weight) were released during three years. In Omi Bay, Yamaguchi Pref., released postlarvae reach a size of 7 cm and are caught in the sound by set-nets after two and a half months and individuals measuring more than 14 cm are caught offshore by small trawls up to November. It has been established that released larvae move to offshore areas as they grow larger based on the results of tagging experiments as shown in Figs. 4 and 5.

After restocking trials, mortality among the

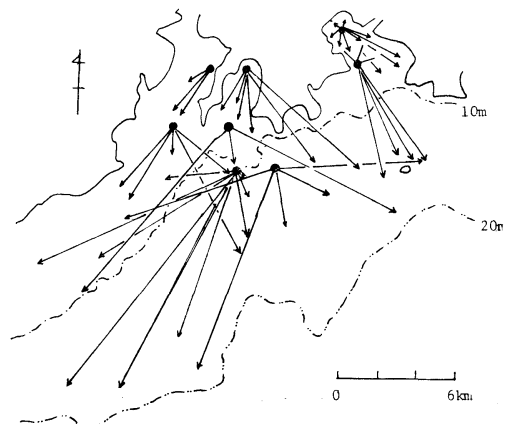


Fig. 4. Movement of Kuruma shrimp based on tagging experiments in Yamaguchi Pref. (HIYAMA, 1976).

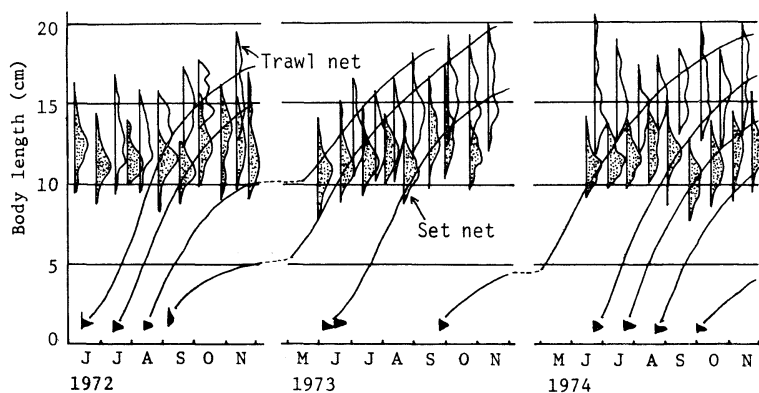


Fig. 5. Growth of restocked population in Omi Bay, Yamaguchi Pref. (HIYAMA, 1976).

Table 5. Economic comparison between Kuruma-shrimp culture and "farming fishery"
(HASEGAWA, 1973)

	Type of production	Yield rate (%)	Body weight of harvested prawn (g)	Market price of prawn (yen/kg)	Income rate (%)
Premises of comparison	Culture	70	20	3,000	33
	Farming fishery	10	35	2,000	70

	Price of seedling (yen/head)	Type of production	Yield (yen)	Material cost (yen)			Income (yen)
				Seedlings	Others	Total	
Income per head of seedling	0.26	Culture	42	0.26	27.9	28.1	13.6
		Farming fishery	7	0.26	2.1	2.36	4.6
Income per kilogram of harvested prawn	0.26	Culture	3,000	18.5	1,981	2,000	1,000
		Farming fishery	2,000	74.3	600	674	1,326
Income per kilogram of harvested prawn	4.9	Culture	3,000	348	1,981	2,329	671
		Farming fishery	2,000	1,400	600	2,000	0

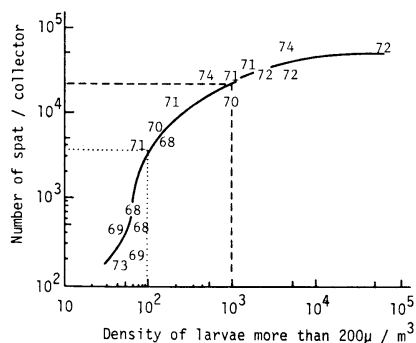


Fig. 6. Relationship between spats collecting and density of larvae (Ind./m³) (TSUBATA *et al.*, 1972).

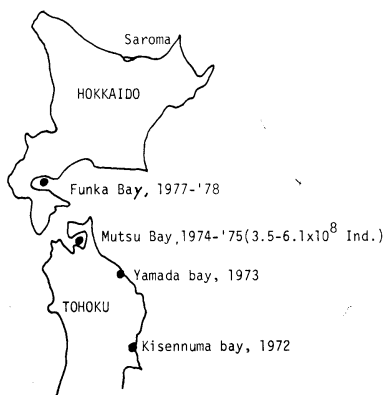


Fig. 7. Occurrence of mass mortality of scallop in northern part of Japan.

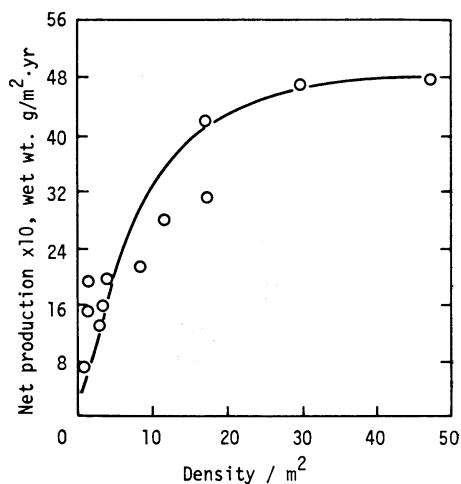


Fig. 8. Relationships between the density and the net production of scallop in Mutsu Bay (YAMAMOTO, 1977).

released larvae occurs in the following steps:

1. 24 hours after being released.
2. 2-4 weeks after releasing up to a size of ca. 3 cm. Mortality is estimated at max. 35%/5 days.
3. 2 months, up to a size of ca. 10 cm. Mortality is estimated at 3.5%/5 days. During this period the growth rate has been measured as 1-2 mm/day in summer.

Finally, 6-7% of the restocked larvae survive to reach a size of 10-14 cm and are caught by set-nets or small trawls, but recapture rate

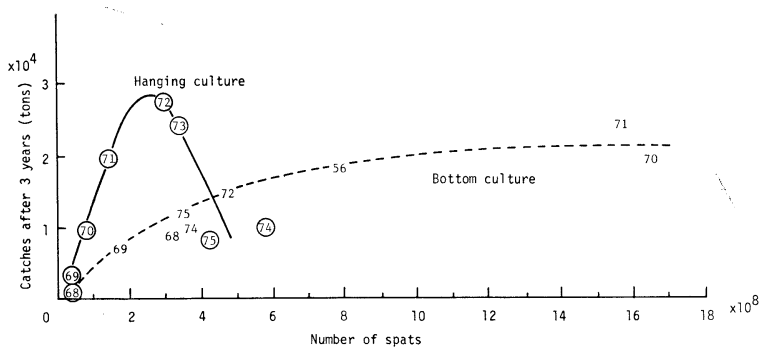


Fig. 9. Relationships between number of spats and catches after 3 years (After the data of Aomori Mariculture Center).

Table 6. Daily variations of ration of larvae *Pagrus major* in outdoor tank (100 t). Temperature 17.0-22.0°C; specific gravity ($\sigma=15$) 23.12-25.76; pH 8.12-8.58; a, number of larvae; b, nos. of rotifer supplied; c, vol. of water exchanged; d, nos. of available rotifer for larvae; e, rotifer inds./larva (d/a); f, actual rotifer density (inds./larva) (b/a); g, feeding ratio (f/e). (FUKUSHO, 1977).

Age (Day)	Total length	a	b	c	d	e	f	g
			5.0	0(t)	5.00			
0	2.98		0	0	0			
1	2.98	173	3.0	0	3.00	173.4	173.4	1.00
2	3.10	173	2.0	10	1.82	105.2	115.6	1.10
3	3.10	173	1.5	10	1.36	78.6	86.7	1.10
4	3.27	173	0	10	0	0	0	—
5	3.47	173	0	25	0	0	0	—
6	3.50	172	2.0	25	1.60	93.0	116.3	1.25
7	3.90	163	2.0	25	1.60	98.2	122.7	1.25
8	3.95	152	3.5	25	2.80	184.2	230.3	1.25
9	4.11	140	3.0	30	2.31	165.0	214.3	1.30
10	4.04	132	4.0	30	3.08	233.3	303.0	1.30
11	4.56	130	4.0	42	2.82	216.9	307.7	1.42
12	4.89	130	5.0	42	3.52	270.8	384.6	1.42
13	5.40	130	12.0	42	8.45	650.0	923.1	1.42
14	5.64	130	4.0	38	2.90	223.1	307.7	1.38
15	6.02	129	5.0	50	3.33	258.1	387.6	1.50
16	6.62	123	9.0	48	6.08	494.3	731.7	1.48
17	6.25	112	10.0	50	6.67	595.5	892.9	1.50
18	7.14	102	10.0	50	6.67	653.9	980.4	1.50
19	7.04	94	14.0	50	9.33	992.6	1,489.4	1.50
20	7.98	91	15.0	50	10.00	1,098.9	1,648.4	1.50
21	8.45	90	17.0	100	8.50	944.4	1,888.9	2.00
22	8.65	90	12.0	100	6.00	666.7	1,333.3	2.00
23	9.17	90	14.0	100	7.00	777.8	1,555.6	2.00
24	9.56	90	3.5	120	1.59	176.7	388.9	2.20
25	9.43	90	12.0	150	4.80	533.3	1,333.3	2.50
26	10.83	83	5.0	100	2.50	301.2	602.4	2.00
27	9.82	76	5.0	150	2.00	263.2	658.0	2.50
28	10.71	69	11.0	200	3.67	531.9	1,595.7	3.00
29	11.90	62	9.5	300	2.38	383.9	1,535.6	4.00

varies greatly according to the conditions in each releasing area.

The economic effect on the fishing yield in the case of restocking with Kuruma shrimp larvae was investigated by HASEGAWA (1973) in relation to one farming fishery trial at the pilot farm of Saijo, Shikoku in 1971. The natural mortality of the shrimp was estimated at 3-4 percent per day and this rate remained stable from seedling size (10-13 mm) to commercial size. Growth was very rapid and larvae stocked in June reached commercial size in September and were recaptured by gill nets and small trawls in the fishery grounds near and off the releasing sites in the tidal area. The results are summarized in Table 5.

As already mentioned, for fish farming of a specific species, the basic thing is to establish the mass production of seed. There are two methods for this.

One is the natural seed collecting method. In the case of species such as scallop, oyster and yellowtail the juveniles are collected in the open sea. It is possible to obtain large numbers of spats or juveniles of each species every year. In order to assure the stability of the quantities collected by this method, it has become clear recently that one of the main factors of successful natural collection, especially in semi-enclosed waters with a fixed current pattern, is the building up of the natural parent population to a certain level by culture, restocking etc. Once the parent population has been increased up to this level, yearly spat collection can be expected to achieve a good degree of stability. One of the relatively clear examples of this is the case of scallop spat collection in Mutsu Bay as shown in Fig. 6. It can be seen that once the density of larvae with size of larger than 200 μm in shell length has reached more than 100 inds./ m^3 , the number of spat collected yearly achieves stability at more than 4,000 spats per collector. The density of larvae corresponds approximately to the numbers of the parent population.

Beginning in 1972, the phenomenon of mass mortalities of hanging scallop has been experienced in all the major scallop culture areas as shown in Fig. 7. This phenomenon began in

the southernmost culture areas which also happened to be practicably enclosed bays of relatively small area. However, in 1975 the same phenomenon appeared in Mutsu Bay and spread north Funaka Bay in 1977 in spite of this bay being one of the largest and most open embayment areas.

Following the mass mortality of cultured scallops ecological studies have been made in all major culture areas. It has been found that there is a limit to total potential production in each area. In the case of Mutsu Bay the limit for production by bottom culture may be about 20,000 tons and by hanging culture somewhat less than 30,000 tons as shown by the data contained in Fig. 9. Studies carried out to investigate the causes of this phenomenon have clearly shown that there is a maximum density for scallop culture above which such mortality tends to occur. This is shown in Fig. 8 where it can be seen that after reaching a certain culture density no increase in production is possible.

The other method for mass production of seed is culture in tanks. In the case of red sea

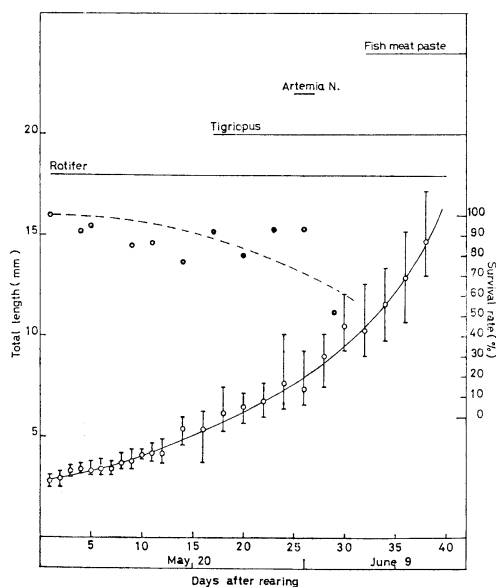


Fig. 10. Growth of larvae of red sea bream in mass culture tank (100 t). W. T., 17.3-22.6 °C; pH, 7.6-9.0; initial number of larvae, 2.68 million; survival rate, 40.0 %. (FUKUSHO *et al.*, 1976)

Table 7. The life history phases of Japanese red sea bream *Pagrus major*

Phase	Size	Age	Organ	Behavior	Food	Habitats
Tank rearing						
Egg	1 mm	— (day)	—	Pelagic	None	Offshore
Prelarva	2.3-3.2	2-4	Yolk	„	None	
Postlarva I	3.2-6.0	4-15	Yolk absorbed (4 days old)	„	None	
„ II	6-10	15-25	Origin of fins	Moving to benthic life. Schooling	Rotifer	Coastal waters
Juvenile I	10-20	25-40	Digestive and swimming organs well developed	Cannibalism, schooling	} Minced meat of fish and shellfish plus rotifer and copepods	} Sound or bay
„ II	20-40	40-60	„	Cannibalism disappears		
Field study						
Adolescent	40-90	40-90	Development of adult form morphologically	Trophic migration and offshore dispersion	} Gammaridea, Polychaeta, Mysis, Crustacea, Ophiuroidea	} Coastal or offshore
Subadult	9-23 cm	0.25-2 (year)	Onset of gonadal characters			
Adult	23-36 >36	<3	Completion of gonad maturation			

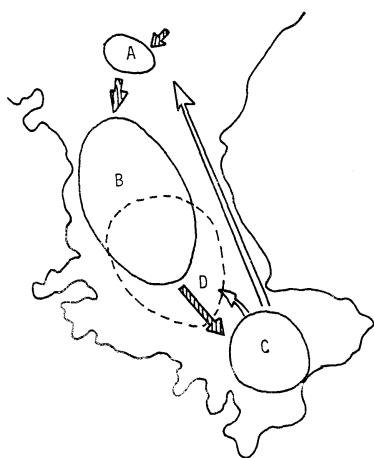


Fig. 11. Diagram of trophic migration of juvenile

Pagrus major in Shishiki Bay, Kyushu.

A: Larva (TL 3.3-10.0 mm). Apr.-May.

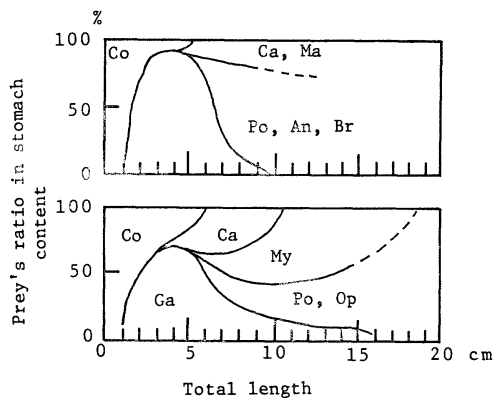
B: Juvenile (FL 10-20 mm), May-June.

C: Juvenile-Adolescent (FL 25-80 mm).

D: Adolescent (FL 80-100 mm).

(TANAKA, 1977)

bream, flatfish and abalone, the seed cannot be collected in the open sea. Therefore, juveniles are reared artificially in tanks. Recently, the techniques in this field have made great progress, especially those for red sea bream and about a million juveniles 3-4 cm in length can be pro-

Fig. 12. Differentiation of food habits of *Pagrus**major* through postlarva-adolescent stages.

Upper; Hosonosu, Seto Inland Sea (After

IMABAYASHI *et al.* 1976), Lower; ShishikiBay, Kyushu (After TANAKA *et al.*).

(SAISHU, 1978)

Co; Copepoda Op; Ophiuroidea

Ga; Gammaridea An; Anomura

Ca; Caprellidea Br; Brachiura

Po; Polychaeta My; Mysis

Ma; Macrura

duced in one hatchery facility.

Next, there are some techniques used in relation to the food supply system. FUKUSHO *et al.* (1976) carried out experiments for mass

production employing 100-ton tanks and the results are shown in Table 6 and Fig. 10. They have established a practical technique for the mass production of red sea bream and can produce 62×10^4 juveniles per tank.

Through such practical rearing and field work, some knowledge has been acquired concerning the life history of the species as shown in Table 7. The differentiation of trophic migration pattern and food habit are shown in Figs. 11 and 12. This information will be very effective in working out a reasonable restocking plan in the next step of sea farming.

Concerning the future research problems in the field of large scale mariculture, they are as follows:

1. Development of effective restocking methods particularly the improvement of the natural habitats by using man-made reefs etc.
2. Theoretical and practical methods for calculating the potential capacity of the culture and restocking areas.
3. Exploitation of mass culture techniques for new species. Compared with traditional style mariculture such as oyster culture, the recent advances in technology have enabled the mass culture of Kuruma shrimp, abalone and red sea bream. Now, having developed large scale mariculture for coastal and offshore waters, there remains one unexploited area for mariculture. This is the culture of oceanic species such as tuna.

Literature

- FUKUSHO, K., O. HARADA and J. YOSHIO (1976): Mass seedling of red sea bream *Pagrus major*, using large-scale outdoor tanks. Bull. Nagasaki Pref. Inst. Fish. (2), 92-100 (in Japanese).
- HASEGAWA, H. (1973): Releasing of seedlings and its effect on the fishing yield in case of the Kuruma-prawn farming fishery. Rep. Fisheries Resources Investg. (15): 111-132 (in Japanese with English abstract).
- HIYAMA, S. (1976): Study on the effect of fishing yield by restocking of Kuruma prawn larvae. Fisheries Science Ser. 23, 20-31 (in Japanese).
- KURATA, H. (1972): Certain principles pertaining to the Penaeids shrimp seedling and seedling for the farming in the sea. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (5): 33-75 (in Japanese with English abstract).
- SAISHU, K. (1978): Ecological study on the relationship between population and restocking of the fish. Fisheries Science Ser. 23: 20-31 (in Japanese).
- TANAKA, M. (1977): Some problems about the environmental structure with special references to the production of red sea bream yearlings in Sijiki Bay. Rep. Fish. Resources Investg. (20): 77-102 (in Japanese with English abstract).
- TSUBATA, B., S. ITO and H. KANNO (1973): Recent advances in scallop culture in Mutsu Bay. 2nd Inter. Ocean Devel. Conf. Preprints 2: 1692-1701.
- YAMAMOTO, G. (1977): Some problems of aquaculture in northern Japan with special reference to the ecology of the scallop. Proc. 4th Soviet-Japan Joint Symp. Aquaculture, Sep.-Oct. 1975, Tallinn: 12-18.

資 料

国際連合 “Technical Panel on Ocean Energy” の第1回会議*

高 野 健 三**

First Meeting of the UN Technical Panel on Ocean Energy*

Kenzo TAKANO**

海洋エネルギーの利用について上記の第1回会議が1979年11月5日から9日までパリのユネスコ本部で開かれた。再生のきくエネルギー源としての海洋エネルギーへの関心が国内や国外で強くなっているようなので、この際この第1回会議のいきさつをかんとんに述べたい。

1978年の国連第33回総会は、“新しい、再生のきくエネルギー源”について、おおざっぱにいえばつぎのような決議をした。「今後のエネルギー需要の増大——とくに開発途上国の需要——に応ずるためには、”新しい、再生のきくエネルギー源”の開発が必要である。この分野の技術は、近年いちじるしく進歩したとはいえ国際協力がたいせつであるし、また、とくに開発途上国へこれらの技術を普及させるための具体的な方策を考えなければならぬ。最新の情報の交換ももちろん必要である。そういうわけで国連は、1981年に“新しい、再生のきくエネルギー源”についての国際研究集会を開く。“新しい、再生のきくエネルギー源”とは、太陽エネルギー、地熱、風力、海のエネルギー、生物エネルギーなどである。この研究集会は、将来のエネルギー需要に応ずるために、とくに開発途上国の開発を促進するために、“新しい、再生のきくエネルギー源”の開発・利用を推進することを目的とする。そのため、これらのエネルギー利用技術の現状を分析し、利用の経済性を検討し、開発途上国への技術普及に必要な方策を明らかにし、情報の交換を促進する。また、必要経費の調達についても討議する。この研究集会を準備するため専門家によって構成されるパネルを設ける。」

この決議をうけてユネスコは、研究集会の準備に積極的な姿勢をとることになり、今回の“Technical Panel on Ocean Energy”の第1回会議の世話役となった。「海洋エネルギーパネル」のほかに、太陽や地熱や風など7つの分野、つまり海を含めて8つのパネルが設けられている。このうち、パネルメンバーとして日本代表が加わっているのは海と地熱である。

海のパネルには、日本から宮崎（海洋科学技術センター研究員）、アメリカから NAEF（ロッキード社支配人）、フランスから PUJOL（国立海洋開発センター副長官）、インドから SINGH（インド電力部長）、チリーから VARAS（チリー工学研究所部長）が出席した。イギリスも代表を出しているが、今回は欠席した。PUJOL が座長となった。ほかにニューヨークの国連やパリのユネスコなどから11名が事務局あるいはオブザーバーなどとして加わった。私は IOC コンサルタントという立場であった。会は、座長が検討事項のそれぞれについてパネルメンバーの発言をつぎつぎと求め、事務局の協力のもとに VARAS が報告書の原稿を書き、最終日に修正原稿を承認して終わった。パネルメンバー以外の出席者もときたま発言した。検討事項は大きくわければ、(1) 利用できそうな海洋エネルギーの総量、(2) 利用に適した場所のえらび方、(3) 温度差エネルギー、(4) 温度差エネルギー利用について開発途上国が果たす役割、(5) 温度差エネルギーによる洋上化学工業と養殖業、(6) 波のエネルギー、(7) 外洋の油井や離れ小島など孤立した場所での波エネルギー、(8) 潮汐エネルギー、(9) ほかの海洋エネルギー：海流、海上の風、塩分差、海洋生物エネルギー、海洋底地殻熱流量、(10) 開発途上国がかかえている特別な問題、(11) 今世紀末までの海洋エネルギー、(12) ほぼ1年後に開かれる予定の第2回会議までにパネ

* 1979年11月30日受理

Received November 30, 1979

** 理化学研究所、〒351 埼玉県和光市広沢 2-1

The Institute of Physical and Chemical Research,
Hirosawa 2-1, Wako-shi, Saitama, 351 Japan

ルおよびパネルメンバーがしておくことがら、となる。

開発途上国への技術普及および情報の伝達についておもに VARAS から他のパネルメンバーとはやや異なる趣旨の発言があったほかは、意見の対立というようなことはほとんどなかった。VARAS は技術普及の専門家でもある。政府の代表による会議はだいたいそうなるのか、あるいは座長 PUJOL の腕前なのか、この種の会に出席した経験がこれまでにないからよくわからない。ただ、つぎの理由もあったのではないと思う。海洋エネルギーの利用はいろいろな分野の科学・技術とかかわっている。たとえば、海にどれだけのエネルギーがあるのかという問題は海洋力学——エネルギーを扱う点で現在の海洋力学よりは高度な海洋力学——そのものであり、洋上で海洋エネルギーを水素やアンモニヤやアルミニウム製造に使うのは化学工業である。電圧や周波数の変動が激しい、いわば質の悪い電力をどのように陸上の質のよい電力系に組みこむか、陸上までの送電をどのように行うのか、あるいは電力をどのように貯蔵するのか、という問題もあるし、大型施設の繫留技術、その運転が海の生態系に及ぼす影響の事前評価、さらに、法律上のその立場という問題もある。これらのすべての面にいちおうの見識をもつのは容易ではないから、(海洋エネルギー利用の) ある特定のことがらについての他人の説が妥当なのかどうかを判断しがたいことが多い。この傾向は今回の会議にもあつた。1例をあげる。海流発電の経済性(コスト)についてフランスが行った見積りの方法と結果とが紹介された。理由ははぶくがその方法はかなり粗雑である。しかし、パネルメンバーからは質問も意見も出ないから、報告書(案)では「海流については、莫大な経費をかけても非常にわずかなエネルギーしか得られない、とパネルは結論を下した」となってしまう。「莫大な経費で……わずかなエネルギーしか得られない」というのは、すくなくとも現状では正しくないと思う。日本ではコストの試算はなぜかほとんど行われていないが*、外国ではすくなくない。温度差、波、潮汐、海流のエネルギー利用についてそれぞれの研究者・技術者は、それぞれのコストをすくなくに見積る傾向がないわけでもないので慎重な検討が必要であるが、この4種のエネルギーのコストは机上の計算ではだいたい同じ程度の値になるようである**。上記のフランスの見積りでは、海流エネルギーのコストは現在稼働中のランス潮汐発電所の電力コストの20倍であり、公表されているほかの文献とはかなり違っている。ここにはただ1つの例しかあげないが、同じたぐいのことはほかにもあり、当然といえ

ば当然であるが報告書はパネルメンバーの個性あるいは個人見解を強く反映している部分を含んでいる。(上記の「結論を下した」の件は、私の指摘によってすこし修正された。)

開発途上国の多くは低緯度であって自然エネルギー、新しい、再生のきくエネルギー源にはとくに恵まれている。開発途上だから今後のエネルギー需要の伸びはいちじるしいはずである。その時期はちょうど先進工業国が化石燃料をほぼ使い果しそうな時期にあたる。先進工業国は、自国のエネルギー問題を考えるだけでなく、自然エネルギーの利用技術を早く確立して、開発途上国の開発に手を貸さなければならない立場にある。ちなみに、第33回総会の決議に参加した34カ国(日本はその一つ)の大半は開発途上国である。1981年の国連集会在が「新しい、再生のきくエネルギー源」の開発をいっそう促進することを期待する。

なお、日本は、このパネル第2回会議までに、さきに述べた日本の波エネルギーのコストおよび温度差エネルギーと海流エネルギーのコスト、政府や民間のいろいろな(海のエネルギー利用の)委員会や調査会の報告書の要約、温度差エネルギー利用計画、などを用意することとなった。

*「日本の波力発電の研究は、コストを無視し、ただどれだけのエネルギーを波から取出せるかということに重点をおいている」という報告に出席者は納得しなかったようである。来年に予定されている第2回会議では日本はコストの試算を報告することになった。

** エネルギーをコストや環境に与える影響だけによって評価するのは正しくない。海洋エネルギーを利用するには施設が必要である。施設を作り、運転するには、前もってエネルギーが必要である。この、いわば投資エネルギーを、この施設で生産されるエネルギーが何年かかってとりもどすかということがかんじんである。私たちは海洋エネルギーを利用して金銭上の利益を得ようとしているのではなく、化石エネルギーにかわるエネルギーを得ようとしているのである。ある種の波力発電装置についてイギリスで行われた研究によれば、「この発電装置は、使われている鉄1トンあたり77Wの波エネルギーを生産する。いっぽう1トンの鉄を作るには10,000kwhのエネルギーが費やされる。この10,000kwhを77Wでとりもどすには10⁷/77(時間)=15(年)かかる。15年という年月は、発電装置の耐用年数にはほぼ等しい。つまり、この装置は実質的にはエネルギーを生産していない」となってしまう。他の、自然エネルギー、化石、原子力、核融合などのエネルギー源もこの面から検討することが必要であろう。

ARGOS と漂流うきの現状*

高野 健 三**

Present Status of ARGOS and Drifting Buoy*

Kenzo TAKANO**

漂流するうき（漂流うきにかぎらず、離れ小島でも気球でもかまわない）に計測器をつけ、データを人工衛星に送らせるとともに人工衛星がうきの位置を計算してゆくという ARGOS については 3 年前に紹介されている（本誌，14，96，1976）。ここでは、その現状をかんたんに述べよう。

現在 ARGOS の管理のもとで働いているうきの大部分は FGGE (First GARP Global Experiment, GARP は Global Atmospheric Research Programme—地球大気開発計画—。FGGE は 1978 年 12 月 1 日に始まり、1979 年 11 月 30 日に終る) のためのものである。世界じゅうの気象データを 1 年にわたってしっかり集めるのが FGGE の目的であるが、南半球では海が広すぎるため陸上の観測網だけではいちじるしく不足である。この不足ぶんを埋めるのが漂流うきである。最初のうきは 1978 年 10 月に放たれた。図 1 は 1979 年 7 月 16 日のうきの分布を、図 2 は 8 月 13 日の分布を示す。うきの大部分は 20°S と 65°S の間を流れている。表 1 に見られるように、7 月 31 日に人工衛星に電波を発射していた (FGGE の) うきは 247 個である。それまでに放たれたうきの数は 368 だから、そのうちの 121 個は電源がつかたか、故障か、沈没か、回収されてしまったか、のどれかである。これらのうきは、すくなくとも気圧、海面気温、水温を測っており、なかには、サーミスタチェーンを下にたらし、水温の鉛直分布を測っているものもある。しかし、この種の漂流うきには今後解決しなければならない技術問題がいくつもあるらしい。たとえば、最近きいた

表 1 1979 年 7 月 31 日の分布

海 域	それまでに放流されたうきの数	発信中のうきの数
南 半 球	302	194
赤 道 域	36	29
北大西洋	6	4
北 極 海	24	20
合計(個)	368	247

話では、サーミスタチェーンはじきに切れてしまう。浮体とその下に長くのびるケーブルが風波やうねりにどのように反応するのか、その運動特性をよく研究してみる必要があるらしい。FGGE のうきの働き具合を検討する会が 11 月 26 日から 30 日までジュネーブの WMO で開かれる。FGGE のうきのプログラムには 12 カ国が参加しているが、日本はこのなかに含まれていない。ARGOS は FGGE のほかにも多くの研究計画（つまり利用者の使用申請課題）があり、1979 年 10 月 1 日でその数は 60 になる。いっぽう使用を認可された発信器は同じ日付までに 1,079 個（使用済み、故障中も含む）、10 月 1 日に発信していたのは、うきが 308 個、気球が 14 個、固定（漂流しない）が 35 個、計 357 個となっている。

日本からもいくつかの計画が登録されており、使用認可済みの発信器もあるが、現在のところ放流されたうきはただの 1 個にすぎない。事故がなければ北太平洋中部のどこかを流れ、発信しているはずである。日本が発信器をもちながら、それがなかなか海に浮かばないのは、あとですこしふれるが、どうも日本に特有な考え方もよるらしい。

今年 11 月 30 日に FGGE は終る。FGGE 以後の ARGOS と漂流うきの方向を検討するため、WMO と IOC の共催で 12 月 3 日から 5 日まで “Joint WMO/

* 1979 年 11 月 30 日受理

Received November 30, 1979

** 理化学研究所，〒351 埼玉県和光市広沢 2-1

The Institute of Physical and Chemical Research,
Hirosawa 2-1, Wako-shi, Saitama, 351 Japan

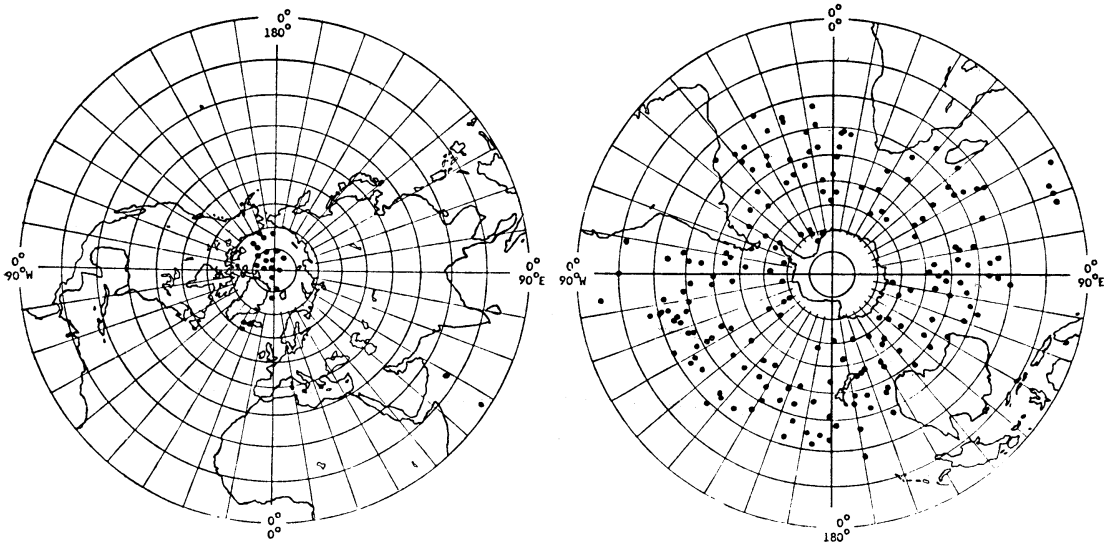


図 1. FGGE うきの分布 (1979年7月16日)

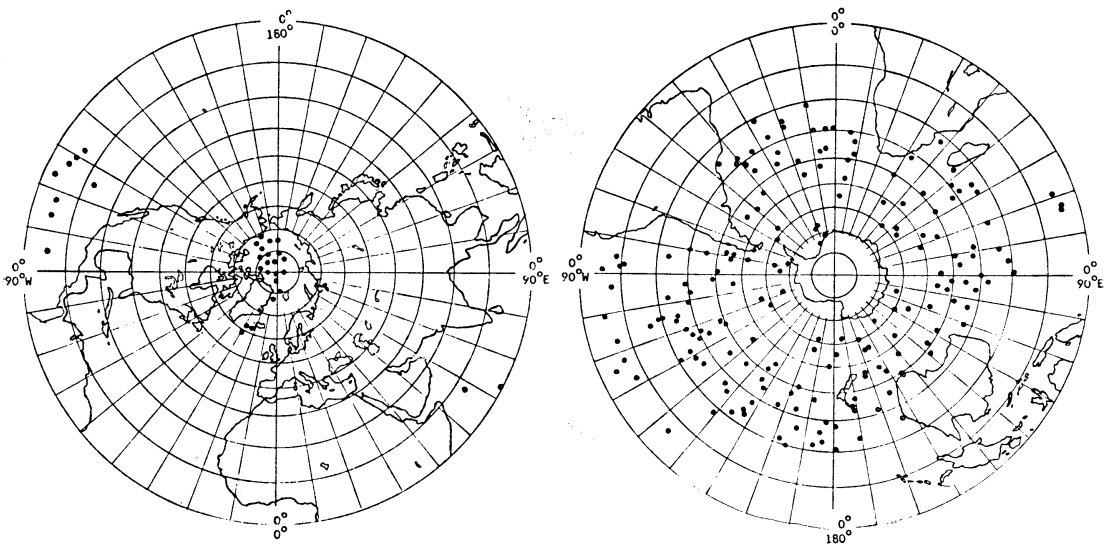


図 2. FGGE うきの分布 (1979年8月18日)

IOC Informal Planning Meeting on Drifting Buoy Programmes” というのがジュネーブで開かれる。その趣旨はおおざっぱに言えばつぎようになる。「漂流うきの技術は確立されたというわけではないが、そのねうち、とくに WWW (World Weather Watch) や IG-OSS (International Global Ocean Station System) や WCP (World Climate Programme)* のように広い空

* この計画の中での海洋プログラムについては日本学術会議の世界気候小委員会で立案中である。

間を対象とする場合のねうち、はすでに立証されている。今後、この手段を使う研究はふえるだろう。そこで、(1) データを国々の間で交換する、(2) データをもっとも有効に生かすために放流海域を国際協調のもとにえらぶ、(3) うきの放流と回収に各国が協力する、ことなどをこの会で相談する。各国で進行中あるいは計画中の研究を紹介し、国際協力によってさらによい成果が見こまれるものについては国際研究として取上げることも検討する。漂流うきの法律上の立場が複雑になりそうなの

で、漂流うきは各国が独自に運用するよりも国際機関が運用するほうがよいと考えられるし、そのためにはデータはだれでも使えるようにしておくのが望ましいと考えられる。……」うきがどこかに流れついたら何とかしてふたたび手元に取戻せないだろうか、と私は考えていたが、同じことを考えるケチな人は国外にはいるそうで、上記 (3) のように、「自分の国の海岸に流れついたり、海岸近くを流れていたりしたら拾い上げて送り返してあげましょう」という方向に話は進んでいるらしい。ここが、日本の研究者の考え方とちがう点である。日本では、「うきが外国の領海に流れついて（その国が許可していない）無許可電波を発射するという事態になったとき、その国は日本（の ARGOS 利用者）を非難するで

あろう。その非難を日本政府がすこしでもかわしてくれるように、発信器の電波管理を政府にお願いしましょう。そして政府の管理のもとでうきを流しましょう」という方針らしい。国外では“国際協力”が強調されているというのに日本だけがいわば「攘夷」ふうである。その姿勢が反映されているのかどうか知らないが、国際協調路線を進むための12月3日～5日の会議の案内への反応が日本は遅かった。遅さは“関心の薄さ”にとられて、それが主催者側には理解できなかつたらしい。日本の係（気象庁の長坂さん）によれば「遅くはなかった」、また「漂流うきプログラムが IGOSS の枠内で進められるかぎり、気象庁、水路部、東大海洋研以外は眼中にない」由。

学 会 記 事

1. 昭和54年12月10日，東京水産大学において編集委員会が開かれ，第18巻1号の編集を行った。
2. 昭和54年11月28日，東京水産大学において第1回昭和55年度学会賞受賞候補者推薦委員会が開かれた。
3. 昭和54年12月25日，東京水産大学において第2回学会賞受賞候補者推薦委員会が開かれ，審議の結果，昭和55年度受賞候補者として岡見登氏を推薦することとし，この旨松生委員長から会長に報告した。

4. 退会

正会員 石川直弘，降旗常雄，小泉俊雄，松崎卓一，志村宗司

5. 昭和55年1月21日，日仏会館においてシンポジウム「外洋・境界層での流速測定」が，理化学研究所海洋計測工学研究室およびB点懇談会との共催で開かれた。

序 高野健三（理化研）
気象庁における定置観測 飯田隼人（気象庁）
外洋 今脇資郎（京大理）
密度場から得られる流速場変動 蓮沼啓一（東大海洋研）
海洋大循環と海洋観測 竹松正樹（九大応力研）
沖縄西表島近海黒潮流域 淵 秀隆・佐藤孫七・
○稲葉榮生・川畑広紀（東海大海洋）

伊豆海嶺附近および四国沖の黒潮 ○石井春雄・
倉本茂樹・猿渡了己（水路部）

伊豆海嶺附近の黒潮 平 啓介（東大海洋研）
メーカーの立場 鈴木重教（鶴見精機）

総合討論

6. 住所所属の変更

岩淵 義郎 横浜市中区北仲通り6-64
第三管区海上保安本部水路部

銚中村鉄工所 藤田峯雄

茨城県北相馬郡藤代町大字毛有 850

武居 薫 下関市吉見永田本町 1944 水産大学校

7. 交換及び寄贈図書

- 1) 函館海洋気象台，海上気象報告 第35号
- 2) 季刊 海洋時報 第15号
- 3) 海洋産業研究資料 10(9, 10)
- 4) 研究実用化報告 28(9, 10, 11)
- 5) 横須賀市博物館研究報告 第26号
- 6) 英国産業ニュース 11, 12, 1月号
- 7) 鯨研通信 第330, 331号
- 8) 航海 第62号
- 9) 広島大学生物生産学部紀要 第18巻2号
- 10) Science et Peche N° 290~292
- 11) Bulletin d'Information N° 126~130
- 12) Annales Hydrographiques N° 752

お 知 ら せ

昭和55年度日仏海洋学会総会及び学術研究発表会が下記の日程で開かれます。会員各位には多数御参加下さいますようお願いいたします。

記

昭和55年5月30日（金） 於日仏会館会議室

（評議員会は5月28日（水）16:00～ 東京水産大学において開かれます。）

日仏海洋学会役員

顧問 ユベール・ブロッシェ ジャン・デルサルト
 ジャック・ロペール アレクシス・ドランデ
 ール ベルナル・フランク ミシェル・ル
 サージュ ロペール・ゲルムール

名誉会長 ジャック・マゴー

会長 佐々木忠義

副会長 黒木敏郎, 國司秀明

常任幹事 阿部友三郎, 有賀祐勝, 宇野 寛, 永田 正,
 松生 治

庶務幹事 三浦昭雄

編集幹事 有賀祐勝

幹事 石野 誠, 井上 実, 今村 豊, 岩下光男,
 川原田 裕, 神田献二, 菊地真一, 草下孝也,
 齋藤泰一, 佐々木幸康, 杉浦吉雄, 高木和徳,
 高野健三, 辻田時美, 奈須敬二, 根本敬久,
 半沢正男, 丸茂隆三, 森田良美, 山中鷹之助
 (五十音順)

監事 久保田 穰, 岩崎秀人

評議員 青山恒雄, 赤松秀雄, 秋山 勉, 阿部宗明,
 阿部友三郎, 新崎盛敏, 有賀祐勝, 石野 誠,
 石渡直典, 市村俊英, 井上 実, 今村 豊,
 入江春彦, 岩崎秀人, 岩下光男, 岩田憲幸,
 宇田道隆, 宇野 寛, 大内正夫, 小倉通男,
 大村秀雄, 岡部史郎, 岡見 登, 梶浦欣二郎,

加藤重一, 加納 敬, 川合英夫, 川上太左英,
 川村輝良, 川原田 裕, 神田献二, 菊地真一,
 草下孝也, 楠 宏, 国司秀明, 久保田 穰,
 黒木敏郎, 小泉政美, 小林 博, 小牧勇哉,
 西条八束, 齋藤泰一, 齋藤行正, 佐伯和昭,
 坂本市太郎, 佐々木忠義, 佐々木幸康,
 猿橋勝子, 柴田恵司, 下村敏正, 庄司大太郎,
 杉浦吉雄, 関 文威, 多賀信夫, 高木和徳,
 高野健三, 高橋淳雄, 高橋 正, 谷口 旭,
 田畑忠司, 田村 保, 千葉卓夫, 辻田時美,
 寺本俊彦, 鳥羽良明, 冨永政英, 鳥居鉄也,
 中井甚二郎, 中野猿人, 永田 正, 永田 豊,
 奈須敬二, 奈須紀幸, 西沢 敏, 新田忠雄,
 根本敬久, 野村 正, 半沢正男, 半谷高久,
 樋口明生, 菱田耕造, 日比谷 京, 平野敏行,
 深沢文雄, 深瀬 茂, 福島久雄, 淵 秀隆,
 星野通平, 増沢譲太郎, 増田辰良, 松生 治,
 松崎卓一, 丸茂隆三, 三浦昭雄, 三宅泰雄,
 宮崎千博, 宮崎正衛, 村野正昭, 元田 茂,
 森川吉郎, 森田良美, 森安茂雄, 安井 正,
 柳川三郎, 山路 勇, 山中鷹之助, 山中一郎,
 山中 一, 吉田多摩夫, 渡辺精一
 (五十音順)

マルセル・ジュグラリス, ジャン・アंकテ
 イル, ロジェ・ペリカ

賛 助 会 員

旭化成工業株式会社
 株式会社内田老鶴園新社 内田悟
 株式会社 オーシャン・エージ社
 株式会社 大林組
 株式会社 オセアノート
 小樽船舶電機株式会社
 株式会社 オルガノ
 株式会社 海洋開発センター
 社団法人 海洋産業研究会
 協同低温工業株式会社
 協和商工株式会社
 小松川化工機株式会社
 小山 康 三
 三信船舶電具株式会社
 三洋水路測量株式会社

東京都千代田区有楽町 1-1-2 三井ビル
 東京都千代田区九段北 1-2-1 蜂谷ビル
 東京都千代田区神田美土代町 11-2 第1東英ビル
 東京都千代田区神田司町 2-3
 東京都千代田区平河町 1-4-3 伏見ビル
 小樽市色内町 3-4-3
 東京都文京区本郷 5-5-16
 東京都港区赤坂 1-9-1
 東京都港区新橋 3-1-10 丸藤ビル
 東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル
 東京都豊島区目白 4-24-1
 東京都江戸川区松島 1-342
 東京都文京区本駒込 6-15-10 英和印刷社
 東京都千代田区神田 1-16-8
 東京都港区新橋 5-23-7 三栄ビル

シュナイダー財団極東駐在事務所	東京都港区南青山 2-2-8 DF ビル
昭和電装株式会社	高松市寺井町 1079
新日本気象海洋株式会社	東京都世田谷区玉川 3-14-5
株式会社 鶴見精機	横浜市鶴見区鶴見町 1506
東亜建設工業株式会社	東京都千代田区四番町 5
株式会社 東京久栄	東京都中央区日本橋 3-1-15 久栄ビル
東京製網繊維ロープ株式会社	東京都中央区日本橋室町 2-6 江戸ビル
株式会社 東邦電探	東京都杉並区宮前 1-8-9
中川防蝕工業株式会社	東京都千代田区神田鍛冶町 2-2-2 東京建物ビル
日本アクアラング株式会社	神奈川県厚木市温水 2229-4
日本海洋産業株式会社	東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル
日本テトラポッド株式会社	東京都港区新橋 2-1-13 新橋富士ビル9階
社団法人 日本能率協会	東京都港区芝公園 3-1-22 協立ビル
日本プレスコンクリート株式会社	東京都中央区日本橋本石町 1-4
深田サルベージ株式会社	東京都千代田区神田錦町 1-9-1 天理教ビル8階
藤田 潔	東京都新宿区四谷 3-9 光明堂ビル 株式会社ビデオプロモーション
藤田 峯 雄	東京都江東区南砂 1-3-25 株式会社 中村鉄工所
フランス物産株式会社	東京都千代田区神田小川町 3-20-2 増淵ビル
古野電気株式会社	東京都中央区八重洲 4-5 藤加ビル
丸文株式会社	東京都中央区日本橋大伝馬町 2-1-1
三井海洋開発株式会社	東京都千代田区霞ヶ関 3-2-5 霞ヶ関ビル3002号室
宮本 悟	東京都中央区かちどき 3-3-5 かちどきビル (株) 本地郷
吉野計器製作所	東京都北区西ヶ原 1-14
株式会社 離合社	東京都千代田区神田鍛冶町 1-10-4
株式会社 渡部計器製作所	東京都文京区向丘 1-7-17

Exploiting the Ocean by...

T.S.K. OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS

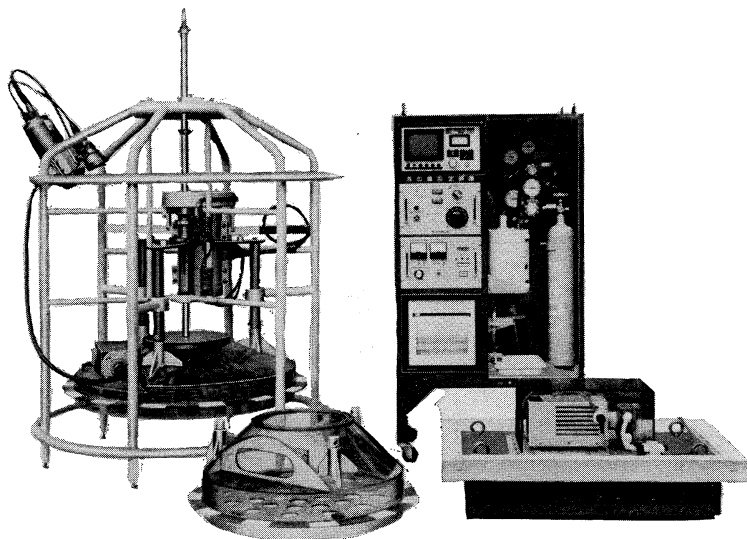
REPRESENTATIVE GROUPS OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

○溶出量測定装置

この装置は汚染底質からの汚染物質の溶出速度を観測するために、海水—底質界面での汚染物質濃度及び溶存酸素の測定を行うための装置である。

(中国工業技術試験所納入)

- 構成 ・ 船上モニター変換記録部
- ・ 水中測定部
- ・ 循環ポンプ部
- 測定項目 溶存酸素 (ガルバニック方式)
- 濁度 (透過光方式)
- 他に pH, Eh, 水温等増設可能



株式会社 鶴 見 精 機

1506 Tsurumi-cho, Tsurumi-ku, Yokohama, Japan 〒230 TEL; 045-521-5252

CABLE ADDRESS; TSURUMISEIKI Yokohama, TELEX; 3823750 TSKJPN J

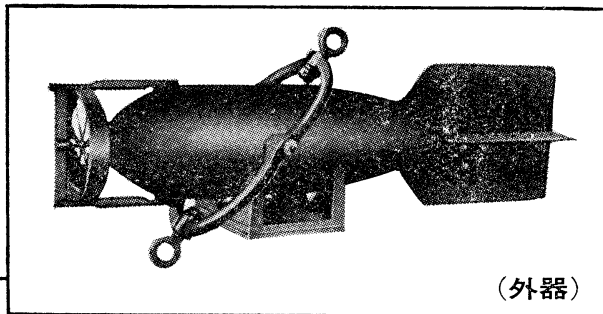
OVERSEAS FACTORY; Seoul KOREA

IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY

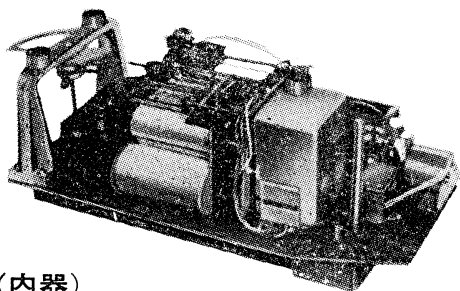
長期捲自記流速計

(NC-II)

本流速計は海中に設置し、内蔵した記録器に流速流向を同時に記録するプロペラ型の流速計で約20日間の記録を取る事が出来ます。但し流速は20分毎に3分間の平均流速を又流向は20分毎に一回、共に棒グラフ状に記録しますから読取が非常に簡単なのが特徴となっております。



(外器)



(内器)

プロペラはA, B, C三枚一組になって居り

A(弱流用).....1m/sec

B(中流用).....2m/sec

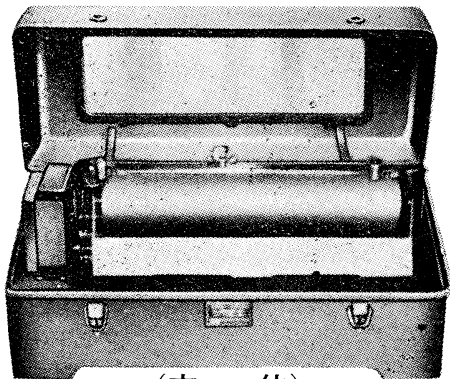
C(強流用).....3m/sec

迄で一枚毎に検定してあります。

弱流ペラーに依る最低速度は約4cm/secです。

フース型長期捲自記検潮器

(LFT-III)



(本体)

営業品目

階段抵抗式波高計
 ケーブル式波高計
 フース型検潮器
 小野式自記流速計
 自記水位計
 港施型土圧計
 理研式水中カメラ
 その他海洋観測諸計器

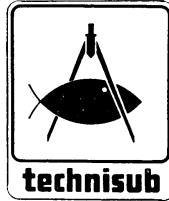
協和商工株式会社

東京都豊島区目白4丁目24番地1号
 TEL (952) 1376代表 〒171

最高の品質 信頼のブランド aqua-lung®



France.



Italy.



Australia.



U.S.A.



日本アクアラング株式会社

本社・東京支社：東京都杉並区方南町2-4-7 (第2細野ビル) 〒168 TEL.(03)313-8441

本社・神戸支社：神戸市兵庫区浜中町2丁目18-6 〒652 TEL.(078)681-3201代

九州支社：福岡市中央区港3丁目7-5 〒810 TEL.(092)741-8907・751-0715

横浜営業所：横浜市中区野毛町3-129 〒232 TEL.(045)231-3021

名古屋営業所：名古屋市東区富士塚町3-14 〒461 TEL.(052)951-5016代

大阪営業所：大阪市西区九条通1丁目5-3 〒550 TEL.(06)582-5604代

四国出張所：高松市福岡町4丁目36-9(高松帝酸内) 〒760 TEL.(0878)51-8853

アクアラングは日本においては当社が専用使用権を有している国際的商標です。

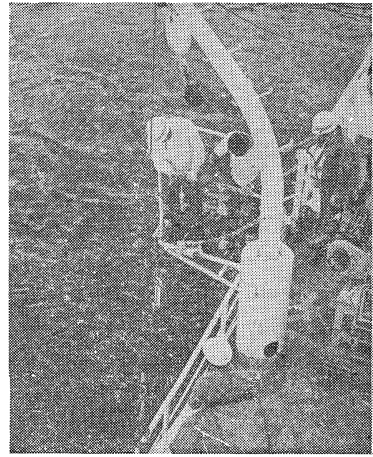
商標登録「aqua-lung」登録番号 第494877号 商標登録「アクアラング」登録番号 第494878号

東京支社住所変更 「関東支社：〒243 神奈川県厚木市温水 2229-4 TEL 0462-47-3222」

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

海洋環境調査 海底地形地質調査

- 水質調査・プランクトン底棲生物調査・潮汐・海潮流・水温・拡散・波浪等の調査(解析・予報)
- 環境アセスメント・シミュレーション
- 海底地形・地質・地層・構造の調査・水深調査・海図補正測量



外洋における海洋調査



三洋水路測量株式会社

本社 東京都港区新橋5-23-7(三栄ビル) ☎03(432)2971-5
 大阪支店 大阪市都島区中野町3-6-2(谷長ビル) ☎06(353)0858-7020
 門司出張所 北九州市門司区港町3-32(大分銀行ビル) ☎093(321)8824
 仙台出張所 仙台市一番町2-8-15(太陽生命仙台ビル) ☎0222(27)9355
 札幌出張所 札幌市中央区大通東2-8-5(プレゼント札幌) ☎011(251)3747

総代理店



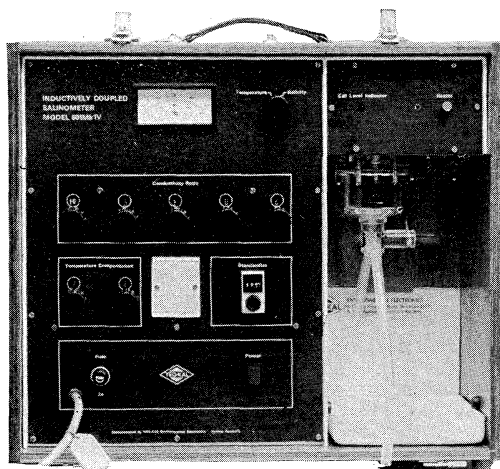
TIL は無限の可能性に挑戦する

- ◆ 漁撈電子機器
- ◆ 航海計器
- ◆ 海洋開発機器
- ◆ 航空機用電子機器
- ◆ 各種制御機器
- ◆ コンピュータ端末機器
- ◆ 各種情報システム



本社 / 西宮市戸原町9-52 ☎0798(65)2111(大代) 支社 / 東京都中央区八重洲4-5藤和ビル ☎03(272)8491(代) ほか37ヶ所

INDUCTIVE SALINOMER MODEL 601 MK IV



海水の塩分測定の標準器として、既に定評のあるオート・ラブ 601 MK III の改良型で、小型・軽量・能率化した高精密塩分計です。試料水を吸上げる際に、レベル検出器により吸引ポンプと攪拌モーターとが自動的に切換えられます。温度はメーター指針により直示されます。

測定範囲	0~51 ‰ S
感 度	0.0004 ‰ S
確 度	±0.003 ‰ S
所要水量	約 55 cc
電 源	AC 100 V 50~60 Hz
消費電力	最大 25 W
寸 法	52(幅)×43.5(高)×21(奥行)cm

営 業 品 目

転倒温度計・水温計・湿度計・
採水器・採泥器・塩分計・
水中照度計・濁度計・S-T計・
海洋観測機器・水質公害監視機器



株式会社 **渡部計器製作所**

東京都文京区向丘1の7の17
TEL (811) 0044 (代表) ☎ 113

Murayama

水 中 濁 度 計
水 中 照 度 計
電 導 度 計



株式会社 **村山電機製作所**

本 社 東京都目黒区五本木2-13-1
出張所 名古屋・大阪・北九州

昭和 55 年 2 月 25 日 印刷
昭和 55 年 2 月 28 日 発行

5 2

第 18 卷
第 1 号

定価 ¥ 950

編集者 富 永 政 英
発行者 佐 々 木 忠 義
発行所 日 仏 海 洋 学 会
財団法人 日仏会館内
東京都千代田区神田駿河台2-3
郵便番号: 1 0 1
電話: 03(291)1141
振替番号: 東京 9 6 5 0 3

印刷者 小 山 康 三
印刷所 英 和 印 刷 社
東京都文京区本駒込 6-15-10
郵便番号: 1 1 3
電話: 03(941)6500

第 18 卷 第 1 号

目 次

原 著

- 屋久島南東線の地衡流小長俊二, 西山勝暢, 石崎 廣, 半沢洋一 1
今村・梶田方式で生産される微生物フロック (英文).....安田公昭, 多賀信夫 17

総 説

- 北太平洋の一次生産 (英文).....市村俊英 23
近年における日本の栽培漁業技術 (英文).....宇野 寛, 林 育夫 31

資 料

- 国際連合 “Technical Panel on Ocean Energy” の第 1 回会議.....高野 健 三 41
ARGOS と漂流うきの現状.....高野 健 三 43
学会記事 46

Tome 18 N° 1

SOMMAIRE

Notes originales

- Geostrophic Current Southeast of Yakushima Island (in Japanese)
..... Shunji KONAGA, Katsunobu NISHIYAMA, Hiroshi ISHIZAKI and Yoichi HANZAWA 1
Microbial Flock Produced by the Imamura and Sugita Method
.....Kimiaki YASUDA and Nobuo TAGA 17

Compte rendu

- A Short Review on the Primary Productivity in Different Parts of the
North Pacific Ocean.....Shun-ei ICHIMURA 23
Recent Mariculture Technique in JapanYutaka UNO and Ikuro HAYASHI 31

Documentation

- First Meeting of the UN Technical Panel on Ocean Energy (in Japanese)Kenzo TAKANO 41
Present Status of ARGOS and Drifting Buoys (in Japanese).....Kenzo TAKANO 43

- Procès-Verbaux..... 46