

## 富山湾奥部における表層水連続測定結果

—1987年5月—

長田 宏<sup>1)</sup>・木谷 浩三<sup>1)</sup>・広田 祐一<sup>1)</sup>

### Results of Continuous Measurement of the Surface Water in the Toyama Bay in May, 1987

HIROSHI NAGATA, KOZO KITANI AND YUICHI HIROTA

#### Abstract

Horizontal measurement of temperature, salinity, turbidity and chlorophyll *a* was carried out continuously at the surface layer in the inner area of the Toyama Bay in May 30, 1987.

As a result, the following features were revealed ;

1) Though the quality of pumped water from the surface layer was different from the sea surface water itself, it was possible to estimate relative changes.

2) Temperature of the coastal water was higher than that in the offing one. The reason was thought that stratification had developed and the vertical mixing might be restricted, when the low-density inflow water was heated.

3) The variation pattern of temperature and salinity corresponded well with that of turbidity. So it was suggested that turbidity is useful as an index of water masses.

4) The distribution of chlorophyll *a* also correlated with that of temperature, salinity, and turbidity. The concentration of chlorophyll *a* seemed to be low in the area influenced by the Tsushima Current water.

5) Temperature and salinity in the surface layer changed rapidly with depth in the inner area of the Toyama Bay. It was thought that the water at the sea surface originated from river water and extends in a very thin layer in the area.

**Key words** Toyama Bay, continuous measurement, turbid water

#### I. はじめに

一般に沿岸域では河川水の流入あるいは潮流等によって潮目が形成されることが多く、わずかな位置の違いで著しい環境の変化を示すことが少なくない。また、動植物プランクトンは数 *m* ~ 数十 *m* のスケールでパッチ状の微細分布を示すことが知られている (安楽1979, 1980 a,

1987年10月13日受理, 日本海区水産研究所業績A第449号

1) 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所

(Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Suido-cho, Niigata, 951, Japan)

b). したがって、これらを的確に把握するには、従来の定点観測だけでは不十分であり、近年さかんに用いられているリモートセンシングのような総観的同時観測、あるいは、航走しながら各種のセンサーを直接海中に投入するか、またはポンプで汲み上げた水にセンサーを浸漬するかして行う連続的な観測が有効と考えられる。

津野・細見(1979)は霞ヶ浦でクロロフィル $a$ 量を指標とした植物プランクトンの連続測定を行い、湖沼におけるクロロフィル $a$ の水平分布は栄養塩の流入箇所や湖流による影響を受けていることを示した。中田・石川(1975)は岡山湾における連続測定からクロロフィル $a$ はおおよそ70mのスケールでパッチ状に分布していることを報告している。さらにTAKAHASHI *et al.*

(1980)は伊豆諸島東海域において水温、クロロフィル $a$ 、硝酸塩の連続測定を行い、湧昇現象と低次生産との関連を検討している。

富山湾は日本海側で最大の外洋性内湾である一方、湾奥域では神通川、黒部川をはじめとする5本の一級河川等からの陸水流入によって著しい潮目が形成されている。富山湾内には従来から定点が設けられ、富山県水産試験場によって詳細な調査が行われている(富山県水産試験場 1985など)が、これまで水平的な多項目連続測定は行われていない。そこで、1989年から深層水表層散水実験が予定されている富山湾奥部において河川水と沖合水の分布実態を把握するため、CTD、濁度計、バリオセンスを用いて、表層の水温、塩分、濁度、クロロフィル $a$ 量の連続測定を行った。本来、これらの測器は、海中に降ろして鉛直的な連続測定を行う目的のものであるが、ここでは航走中の船上に海水を連続して汲み上げ、この海水の水質変化を測定することによって、水平的連続測定を試みた。

本文に先立ち、原稿の御校閲と御助言を賜った日本海区水産研究所 北野 裕資源部長、及び調査に御協力いただいた日水研調査船「みずほ丸」の久保田勝彦船長をはじめとする乗組員各位に深謝する。また、データの整理、作図等に御協力いただいた片桐久子技官、斎藤千保嬢、田宮寿子嬢にお礼申し上げる。

なお、本研究は科学技術振興調整費による「海洋深層資源の有効利用技術の開発に関する研究」の一部として実施された。

## II. 調査方法

表層連続測定は1987年5月30日、午前6時に図1のA点から開始した。手法としては、「みずほ丸」の前甲板上に水槽(長さ1.65m、幅0.8m、深さ0.3m、容積0.4 ton)を設置し、その中にCTD (Neil Brown MK3B)、濁度計(環境計測システム YPC-1型)、バリオセンスII型(西独 Impulsphysik 社)の各センサーを置いた。水槽にはポンプで汲み上げた雑用海水を一方向から流し込んで(毎秒8.8リットル)オーバーフローさせながら、図1の航路上をO点まで約8ktで航走した。途中、CTDデータをフロッピーディスクに書き込むため、10分間づつ計8回(Sta. B, C, E, G, H, J, L, M)停船したが、同日の17時には観測を終了した。

本法では、船内の配管を通った雑用海水を使用したこと、さらに水槽内の水が入れ替わるのに、約45秒かかる見積られたため、現場での値との間にタイムラグが生じたり、水槽内での混合によって誤差が生じるものと考えられる。そこで、この点を検討するため、5月29日、図1のX点からY点に向かって2~4ktで航走し、10分ごとに水槽内と海面とで同時に採水を行い、サリノメーター(Auto Lab. 601 MK IV)で両者の塩分を測定した。

一方、湾奥域における水温、塩分、濁度、クロロフィル $a$ 量の鉛直分布を測定するため、5月30日18時、神通川河口付近の水深35mのZ点(図1, 36°47.1' N 137°13.8' E)におい

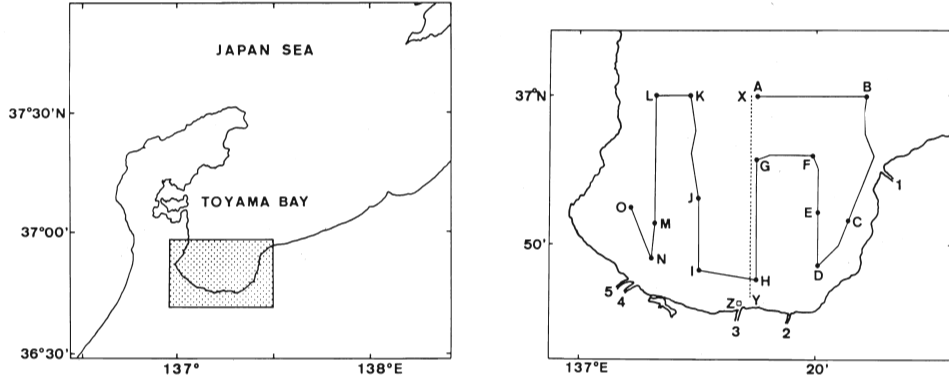


図1 観測定線および定点

1:黒部川 2:常願寺川 3:神通川 4:庄川 5:小矢部川

Fig. 1. Observation station and lines.

1: Kurobe R. 2: Joganji R. 3: Zinzu R. 4: Sho R. 5: Oyabe R.

て、CTD センサーに濁度計とパリオセンスのセンサーを固定し、上記の項目の水面から10m までの鉛直的な同時連続測定を行った。

### III. 結果および考察

#### 1. 水槽内と海面における水質変化の比較

定線 XY 上における水槽内と海面との同時採水による塩分変化をみると、沖合域では両者とも約34.0 (実用塩分1798, 以下同じ) を示し大差ないが、沿岸に近づくにつれて、海面では急激に塩分が低下し、一方、水槽内においては変動が小さく、湾最奥部では約4倍の塩分差を示した (図2)。このような結果は、両者の単なる時間的なずれ、あるいは水槽内での混合による平均化だけでは説明が困難である。他の理由として、採水深度の違いが考えられる。すなわち、バケツで採水した水は海面 (約0~30cm) の水であるのに対し、水槽内の雑用海水は約3m深 (取水口の位置) の水である。後述のようにCTD による塩分の鉛直測定の結果、富山湾奥部における河川水の影響を受けた低塩分水は、表層1~2m に広がる薄い層として存在していることが示されている (図5)。したがって、水槽内には海面とは異なった特性の水が流

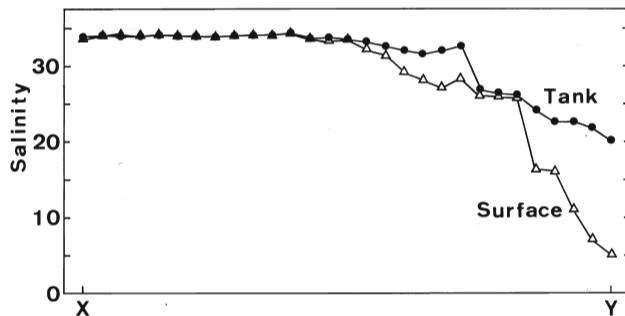


図2 定線 X-Y 上の水槽内と海面における塩分変化

Fig. 2. Changes of salinity in the tank and at the surface along X-Y line.

れ込んでいたものと考えられる。結果として、本法では海面における諸要素の変化の絶対値を測定することは無理であるが、少なくとも、表層（3 m層付近）の相対的な変動パターンは推定できることが示された。

## 2. 水平連続測定結果

観測定線を9本に分割し、それぞれの表層における水温、塩分、濁度、クロロフィル $a$ 量（パリオセンスの出力電圧）の連続測定結果を図3 A～Iに示した。また、連続記録から10分ごとのデータを取り出し、プロットして得られた水温、塩分、濁度、クロロフィル $a$ の水平分布を図4 A～Dに示した。観測の結果、湾奥の低塩分域は、対馬暖流系水の影響が強い湾口域よりも高水温であることが示された。特にB-C, C-E, G-H, M-Oの連続記録の上にこの傾向が顕著にみられた（図3 B, C, E, I）。恐らく、河川水の影響を受けた沿岸水は低塩分で低密度のため表層に広がり、大気からの受熱によって水温が上昇すると、更に密度が低下して成層が発達する。その結果、下層の海水とますます混合しにくくなり、沿岸水の表面温度が高くなっていくものと思われる。水平分布をみると、河川起源の水の影響が著しい海域は東西2か所あり、西側ではその海域はごく沿岸にのみ局在していたのに対し、東側ではこの水系の分布が北ないし北東に広がる傾向がうかがえた（図4 A～D）。I-J, J-L, L-Mでは塩分値は高く、しかも、その変化は極めて小さかった。I-Mの海域は高塩分であった（図4 B）ことから、この海域では対馬暖流水あるいは、その影響を受けた水が卓越していたものと考えられる。

水温、塩分と濁度の水平分布は、極めてよく対応しており、3者とも類似した分布パターンを示していた（図4 A～C）。また、連続測定結果でも、高温、低塩分の水域は高濁度を示した（図3 C, E, I）。三宅ら（1977）、代田（1979）は濁度の分布が水塊区分の1つの指標として有効であると述べているが、本調査においても同様の結果が示唆された。一方、富山湾奥部の濁度については、小矢部川、庄川、神通川流入域の年平均で10 ppmを越えることが報告されている（川崎 1985）が、今回の調査では、これらの海域で15～25 ppmの値が観測され、年平均よりも高濁度であった。

パリオセンスは海水の濁度が著しい場合、測定誤差が大きくなる可能性が指摘されている（日本海洋学会 1979, 小笹・西沢 1982）。したがって、パリオセンによるクロロフィル $a$ の測定結果については、今後さらに検討する必要があるものの、パリオセンスの出力電圧からみたクロロフィル $a$ 濃度も水温、塩分、濁度の水平分布とよく一致しており、高温、低塩分、高濁度の沿岸水域に高濃度に分布していることが示されている（図4 D）。また、対馬暖流系水の影響が強いと思われるI-Mの海域では出力値が低く、植物プランクトン量の少ないことが示唆された（図3 F～H）。

## 3. 鉛直連続測定結果

湾奥部の定点Zにおける測定結果によると、海面の水温は19℃、塩分は24程度を示したが、深くなるにつれて、両者とも急変し、2 m付近ではそれぞれ16.5℃、34に達した。しかし、それ以深では水温、塩分ともに変動は小さかった。また濁度、クロロフィル $a$ 量についても、同様の分布パターンが示された（図5）。このように著しく浅い深度における躍層の発達、流入河川水の影響を受けた低塩分水の温度上昇による密度低下と、その結果としての鉛直混合の抑制によると思われる。観測を行った定点Zは神通川の河口数百米の沖合である。富山湾奥域に流入する一級5河川（黒部川、常願寺川、神通川、庄川、小矢部川）のうち、神通川の平均流量が最も多い（建設省 1985）ことを考えれば、湾奥部における他の河川起源の水も、せいぜい2 m以浅のごく表層に薄く広がっているものと考えられる。従って河川起源の水の分布形

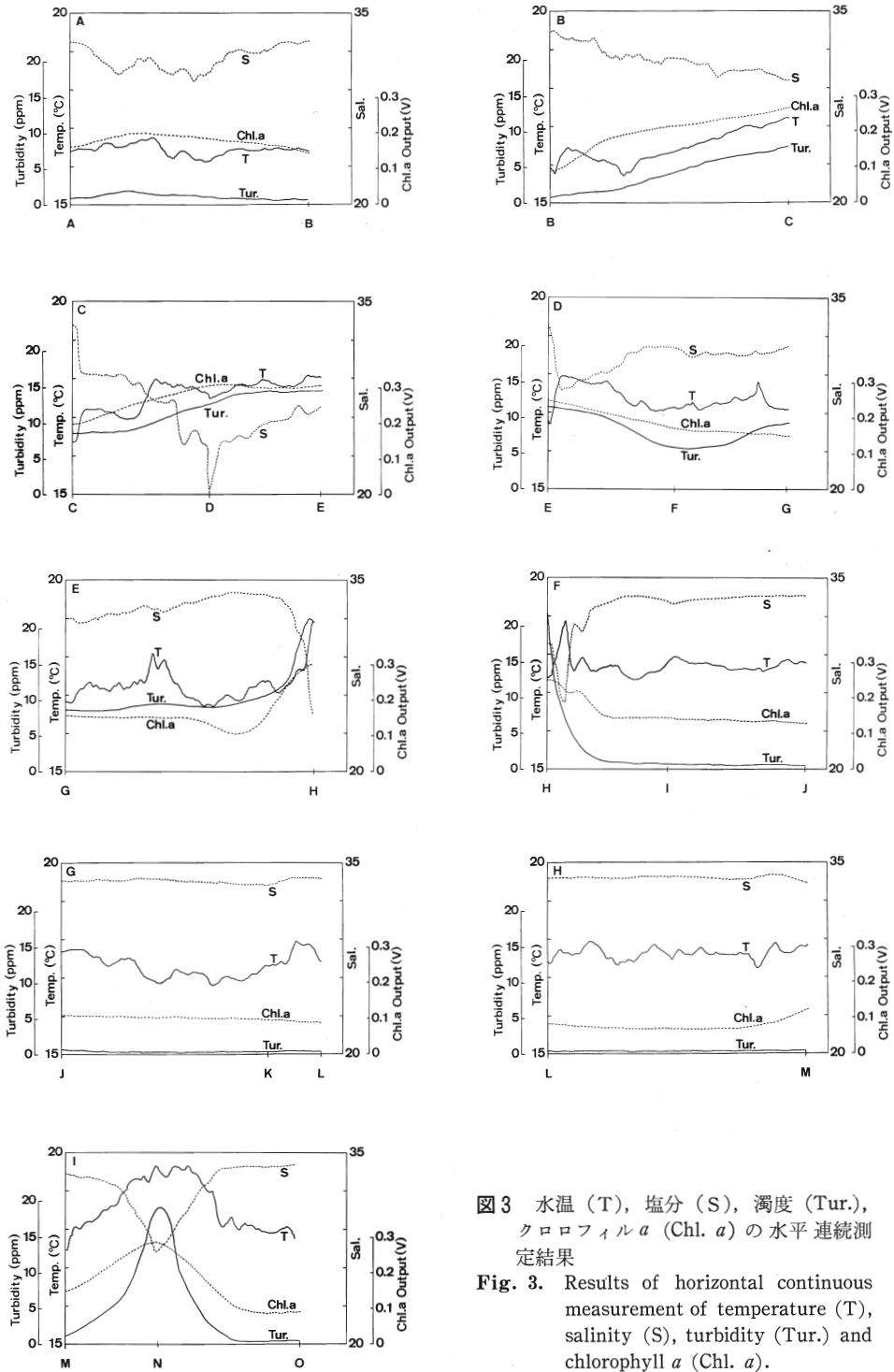


図3 水温 (T), 塩分 (S), 濁度 (Tur.), クロロフィル a (Chl. a) の水平連続測定結果

Fig. 3. Results of horizontal continuous measurement of temperature (T), salinity (S), turbidity (Tur.) and chlorophyll a (Chl. a).

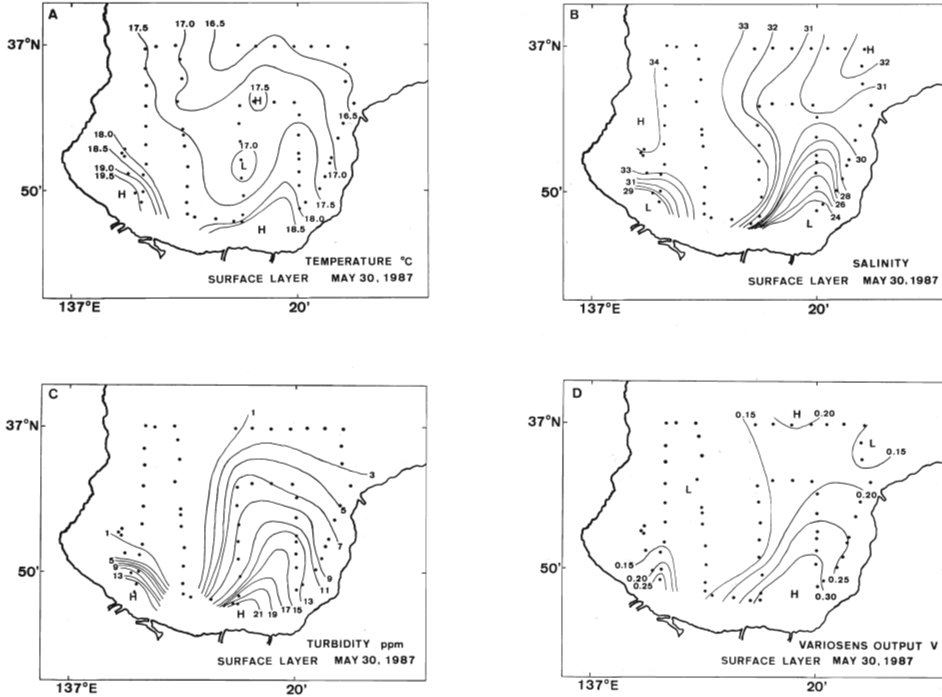


図4 富山湾奥部における水温(A), 塩分(B), 濁度(C), クロロフィルa(D)の水平分布

Fig. 4. Horizontal distribution of temperature (A), salinity (B), turbidity (C) and chlorophyll a (D) in the inner area of the Toyama Bay.

態をより詳細に把握するためには、今回実施した取水方法では不十分であり、この点については今後さらに検討を加えねばならないだろう。

#### IV. 要 約

1987年5月30日、富山湾奥部で水温、塩分、濁度、クロロフィルaの連続観測を行い、以下の知見を得た。

1. 調査船の雑用海水を汲み上げた水槽内での測定値は、海面における値とは異なっていたが、相対的な変動のパターンを推定することはできた。したがって、この方法で測定を行えば、表層(約3m)の概略的な水平分布把握が可能である。
2. 富山湾奥部の沿岸水は、湾口部よりも高水温であった。これは、河川水の影響で低塩分、低密度となった水系が表層に広がり、受熱によって昇温すると、さらに密度が低下して成層が発達し、下層の海水との混合が抑制されるためと考えられる。
3. 水温、塩分の変化と濁度の変化は極めてよく対応しており、濁度の分布が水塊区分としても有効であることが示された。
4. クロロフィルa濃度も水温、塩分、濁度の分布とよく一致しており、対馬暖流水の影響が強い海域では、低濃度であることが示唆された。
5. 神通川河口付近で行った鉛直測定結果によると、表面では水温、塩分がそれぞれ19℃、24程度であったが、深度とともに急変し、2m付近では16.5℃、34に達した。それ以深では両

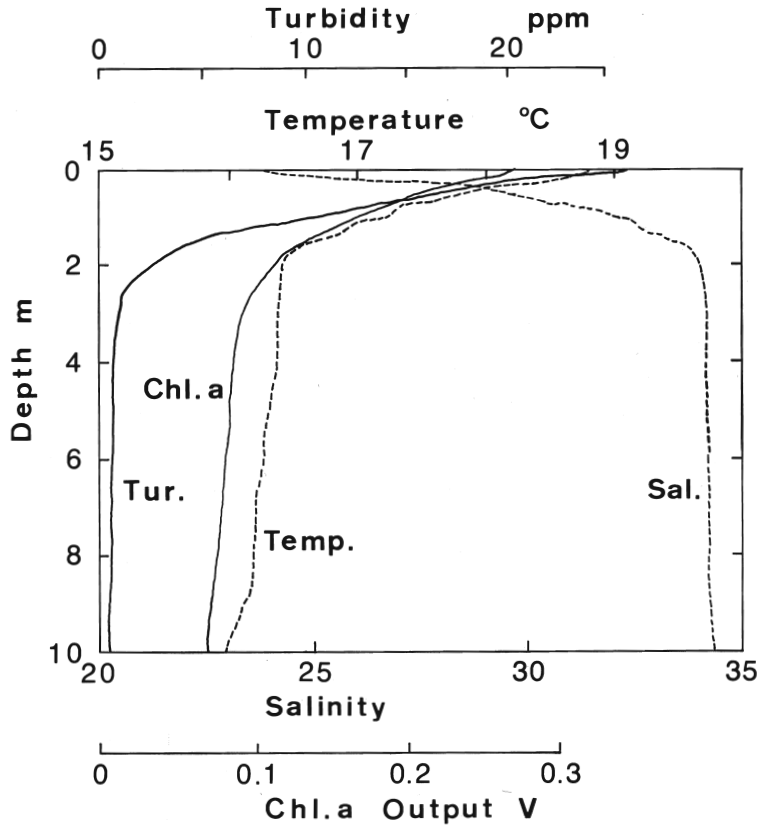


図5 定点Zにおける水温、塩分、濁度、クロロフィルaの鉛直分布  
 Fig. 5. Vertical distribution of temperature, salinity, turbidity and chlorophyll a at Sta. Z.

者とも変動は少なかったことから、富山湾奥域における河川水起源の水は、表面にごく薄く広がっているものとみなされた。

#### 文 献

- 安楽正照 (1979) プランクトン研究ノート (1)動物プランクトンの微細分布 研究の歴史. 海洋と生物 1 (5), 66-72.
- 安楽正照 (1980 a) プランクトン研究ノート (2)動物プランクトンの微細分布 原因と生態的意義. 海洋と生物 2 (1), 47-51.
- 安楽正照 (1980 b) プランクトン研究ノート (3)動物プランクトンの微細分布 内外のシンポジウム. 海洋と生物 2 (2), 147-152.
- 川崎賢一 (1985) 日本全国沿岸海洋誌. 富山湾 III化学. pp 1001-1008, 東海大学出版会, 東京, 1106 pp.
- 建設省 (1985) 流量年表 (昭和59年). 建設省河川局編, 東京, 442 pp.
- 小笹悦二・西沢 敏 (1982) 現場蛍光度測定法によるクロロフィル定量の問題点. 日プランクトン報, 29 (1), 52-58.
- 三宅秀男・梶原昌弘・藤芳義裕・松岡光明 (1977) 噴火湾における津軽暖流水の流入期の濁度分布. 北大水産彙集, 28 (3), 154-164.
- 中田喜三郎・石川公敏 (1975) 沿岸海域における植物プランクトン量の変動について. 日生態誌, 25 (4), 201-205.

- 日本海洋学会 (1979) 海洋環境調査法. 恒星社厚生閣, 東京, 666 pp.
- 代田昭彦 (1979) 非生物体ニゴリの研究—II. 河口域における水塊指標としての濁度. 日本誌, 45 (9), 1129-1135.
- TAKAHASHI, M., K. ISAO, T. ISHIMARU, T. SAINO, K. FURUYA, Y. FUJITA, A. HATTORI and S. ICHIMURA (1980) Upwelling Plumes in Sagami Bay and Adjacent Water around the Izu Island, Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, (36), 209-216.
- 富山県水産試験場 (1985) 富山湾奥海域海況調査報告書. 60 pp.
- 津野 洋・細見正明 (1979) けい光分光光度計によるクロロフィル *a* の連続測定とその分布特性に関する一考察. 国立公害研究所研報 (6), 213-222.