Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2026-11-23

淀川河口域における海洋観測(商船・理工学)

森, 孝紘 ; 林, 美鶴 ; 野崎, 伸夫 ; 樽谷, 賢治 ; 吉永, 郁生 ; 川崎, 聡 ; 渕, 真輝 ; 西山, 真 ; 佐々木, 杏奈

(Citation)
神戸大学海事科学部紀要,2:115-126

(Issue Date)
2005-07-31

(Resource Type)
departmental bulletin paper

(Version)
Version of Record

(JaLCDOI)
https://doi.org/10.24546/00422405

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/00422405

淀川河口域における海洋観測

Oceanographic observation in theYodo River estuary

森孝紘[1]　林 美鶴[2]　野崎 伸夫　樽谷 賢治[3]　吉永 郁生[4]
Takahiro MORI , Mitsuru HAYASHI, Nobuo NOZAKI , Kenji TARUTANI , Ikuo YOSINAGA

川崎 聡[5]　渕 真輝　西山 真　佐々木 杏奈[1]
Satoshi KAWASAKI , Masaki FUTI , Makoto NISHIYAMA , Anna SASAKI

（平成 17 年 4 月 8 日受付）

Abstract

Environmental change is large in the Yodo River Estuary. In order to investigate a vertical and horizontal distributions of oceanic environment in the Yodo River Estuary, the current meter and the CTD (Conductivity, Temperature, Depth meter) were moored in the Yodo River Estuary from 29th June to 14th July for 16 days, and current direction and velocity, water temperature, salinity, etc, were observed continuously. Moreover water temperatures, salinity, etc, were observed around mooring CTD, and water and air were sampled and analyzed every day. We corrected the data and made the data set to consider oceanic environmental change in the Yodo River Estuary.

(Reserved 8th April, 2005)

1 はじめに

沿岸海域には、栄養塩や化学物質が外洋に比べ多く存在し、生物活動が活発で海水の変動も激しい。海洋環境の保全、改善を行うには沿岸海域での環境変動を明らかにする必要がある。これまでも多くの海洋観測が行われているが、任意の一時期の海洋観測により得られたデータを、その海域のある季節、あるいは年などの代表値として扱うことは少なくない。観測結果やデータの解析の際には環境変動に幅があることを考慮する必要があるが、海洋環境の短期的な変動は十分に観測されておらず、どの程度の幅を持っているのか不明である。

そこで淀川など河川からの物質の流入が多く、赤潮が頻発する淀川河口海域における海洋環境の変動を調べるため、西宮防波堤沖に 16 日間、観測装置を設置し、周辺海域で海洋観測を実施した。本稿では、観測により得られたデータの校正とデーセットの作成について述べ、校正後の結果の一例を示す。

2 方法

Fig.1 に示す大阪湾奥部の淀川河口域において、平成 16 年 6 月 29 日～7 月 14 日の 16 日間、海洋観測を行った。観測海域の水深は淀川の河口に近いＡ地点で約 11～13m、Ｂ地点で約 13～15m、河口から離

[1] 自然科学研究科海上輸送システム学専攻
[2] 内海域環境教育研究センター
[3] 独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所
[4] 京都大学大学院農学研究科
[5] 岡山理科大学大学院工学研究科

れたC地点で約15～16mである。観測内容と分析項目を以下に示す。

2-1 時系列観測

A2地点の水深約2mに電磁流速計（アレック電子COMPACT-EM）を、B地点の水深約1.6mにCTD（Conductivity, Temperature, Depth meter）（アレック電子社製クロロテック）を係留し、Table 1に示す項目を10分毎で観測した。また神戸大学海事科学部において、Table 1に示す一般気象観測項目及び潮位の時系列観測を1分毎に行った。

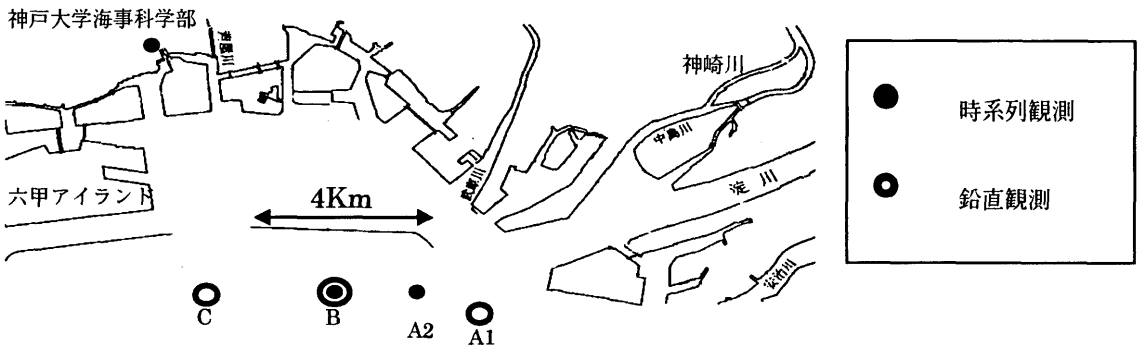


Fig. 1　観測場所

Table 1　観測内容及び分析項目

時系列観測	A2地点（深さ約2m）		10分間隔	流向、流速
	B地点(深さ約1.6m)		10分間隔	水温、塩分、蛍光光度、濁度、溶存酸素、光量
	神戸大学海事科学部分		1分間隔	潮位、気温、気圧、風向、風速、日射量、湿度
鉛直観測 A1, B, C地点	1日1回	海面～海底、0.1m毎		水温、塩分、蛍光光度、濁度、溶存酸素、光量、流向、流速 透明度、海色、海面分光光度
	ほぼ2日毎	0m,7m及び海底上1m		採水、溶存酸素、pH
		海面上2m		大気採取
	ランダム	海面下2m～海底、1m毎		流向、流速
分析	海水	chl.a濃度、溶存酸素濃度、植物プランクトン種別個体数、溶存態無機窒素・リン・珪素濃度、溶存態有機窒素・リン・炭素濃度、懸濁態窒素・リン、生物態珪素、懸濁物質量、一酸化二窒素濃度、二酸化炭素濃度(但し、6月29日～7月5日)、硝化・脱窒バクテリア量（但し、7月7日のみ）		
	大気	一酸化二窒素濃度、二酸化炭素濃度(但し、6月29日～7月5日)		

2-2 鉛直観測

観測期間中毎日A、B、C地点において、CTD(Conductivity, Temperature, Depth Meter)（アレック電子社製クロロテック）を用いてTable 1に示す項目を海面～海底まで0.1m毎に鉛直観測を行い、同時に海色や透明度などの観測を行った。また観測後半に数回、A、B、C地点でADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)を用いて水深2mから海底まで1m毎の流向、流速の鉛直分布観測を行った。ただし6月29日A地点、7月11日C地点、7月8、12日のA、B、C地点における鉛直観測は観測機器不良のため行わなかった。

2-3 大気・海水採取

鉛直観測と並行して、6月29・30日、7月2・5・7・9・12・14日のA、B、C地点において、大気と海水を採取した。海水は海水ポンプ及びバンドン採水器を用いて0m、7m、海底上約1mから、大気は真空ポンプを用いて海面上約2mから採取した。採取した大気から、一酸化二窒素濃度と二酸化炭素濃度の測定を行った。また採取した海水を用いて、Table 1に示す植物プランクトンなどの生物項目、栄養

塩や温室効果ガスなどの化学項目の分析を行った。ただし、7月5日及び12日はA、B、C地点とも7mの採水は荒天のため行わなかった。

2-4 大気・海水分析

2-4-1 溶存酸素濃度（DO: Dissolved Oxide）

DOについては以下に挙げる2種類の方法で測定した。

1)ウインクラー法

海水を各層2サンプルずつDO瓶に取り、神戸大学海事科学部まで持ち帰り、ウインクラー法（気象庁,1990）により分析した。

2)溶存酸素計

A1、B、C各地点において、投げ込み式溶存酸素計（東亜ディーケーケー社製DO-25A）を用いて0m、7m、海底上1mのDO濃度を測定した。

2-4-2 形態別窒素・リン・珪素等

海水を3*l*ポリ瓶に取り、神戸大学海事科学部実験室に持ち帰り、ろ過を行った後、独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所で分析を行った。各項目の分析方法は以下の通り。

1)硝酸態窒素(NO_3-N)、亜硝酸態窒素(NO_2-N)、アンモニア態窒素(NH_4-N)、リン酸態リン(PO_4-P)、珪酸態珪素(SiO_2-Si)

オートアナライザー（BRAN+LUEBBE社製TRAACS2000）により、比色分析法（Strickland and Parsons,1972)で分析した。

2)溶存態有機炭素(DOC)、溶存態有機窒素(DON)

全有機態炭素計(島津社製TOC-VCSH)により、高温触媒接触酸化法（Ogawa & Fukuda & Koike,1999）で分析した。

3)溶存態有機リン(DOP)

過硫酸カリウム加圧分解により、比色分析法（Koroleff,1983）分析した。

4)粒状態有機炭素(POC)、粒状態窒素(PN)

CHNコーダ（YANACO社製MT-5）を用いて分析した。

5)粒状態リン(PP)

強熱分解により、比色分析法（Solozano & Sharp,1980）で分析した。

6)生物態ケイ素(BSi)

アルカリ分解（0.2N NaOH, 85℃）により、比色分析法（DeMaster,1981)で分析した。

7)懸濁物質量(SS)

フィルター（Millipore HA）上に捕集し、乾燥後、重量を測定した（岸野,1991）。

8)クロロフィル-a(chl.a)

DMF抽出により、蛍光分析法（Suzuki & Ishimaru,1990）で分析した。

2-4-3 硝化・脱窒バクテリア量

採取した海水を20*l*ポリ瓶に取り、4℃で保存し、京都大学研究室で細菌計数を行った。

2-4-4 一酸化二窒素濃度（N_2O:Nitrous Oxide）

海水は20*l*ロンテナーに静かに取り、また大気は5*l*アルミニウムバッグに採取し、神戸大学海事科学部実験室に持ち帰った。大気中N_2O濃度は、N_2O分析器（Thermo Electron社製MODEL46C）を用いて

測定した。また海水中 N_2O 濃度は、島之上ら(2001）と同様にバブリング法により測定した。

2-4-5 二酸化炭素分圧（CO_2:Carbon dioxide）

海水は 500*ml* 褐色瓶に静かに取り、また大気は 5*l* アルミニウムバッグに採取し、神戸大学海事科学部実験室まで持ち帰った。大気中濃度は非分散型赤外線ガス分析計（LI-COR 社製 CO_2Analyzer LI-6252）を用いて測定した。また海水中 CO_2 分圧を測定するための平衡器には、岡山式 p CO_2 自動測定装置を用いた。

2-4-6 水素イオン濃度（pH）

海水を 200*ml* ポリ瓶に取り、pH イオンメーター（堀場製作所製ガラス電極式水素イオン濃度計）を用いて測定した。

3 データの校正

3-1 蛍光光度の校正

採水分析により得られた chl.a 濃度を用いて、鉛直観測 CTD 付属の蛍光光度計の生データである N 値を校正した。蛍光光度は植物プランクトンの種によって蛍光の度合いが異なるので、採水分析を行った日は、その日の採水分析値と蛍光光度計 N 値との一次相関により、また採水を行わなかった日については、前後 2 日分の採水分析値と蛍光光度計 N 値の一次相関により係数を求めた。相関図を Fig.2 に示す。

時系列観測の蛍光光度計 N 値は、測定水深と採水分析水深が異なるため、採水分析 chl.a 濃度では校正できない。よって校正された鉛直観測 chl.a 濃度のうち、時系列観測と同水深の値を用いて校正した。相関図を Fig.3 に示す。両者には正の相関が見受けられるが、蛍光光度計 N 値が高いときに、データの散らばりが見受けられる。観測期間中、植物プランクトン濃度は表層で極めて高かった。このため時系列観測 CTD のセンサー水深が、数十センチ異なるだけで測定値が大きく変化すると考えられる。このような影響がデータの散らばりを生んだと考えられる。そこで、近似式と実際のデータの差が標準偏差 σ の 2 倍以上となった点（図中の四角い点）を除いた近似直線を用いて蛍光光度計を校正した。

3-2 DO の校正

ウインクラー法で測定した DO 濃度から酸素飽和度を求め、これを用いて鉛直観測 CTD 付属の溶存酸素計 N 値を校正した。飽和度を用いたのは、鉛直観測に使用した溶存酸素計は通常、飽和度による 2 点校正を行うためである。溶存酸素計には経時変化があるため、採水分析を行った日はその日の採水分析値(飽和度)と同水深の溶存酸素計の値との一次相関により、また採水を行わなかった日については、前後 2 日分の採水分析値と溶存酸素計 N 値の一次相関により係数を求めた。相関図を Fig. 4 に示す。

また時系列観測の溶存酸素計 N 値は、蛍光光度計と同様に校正された鉛直観測 DO 濃度のうち、時系列観測と同水深の値を用いて校正した。相関図を Fig.5 に示す。今回の観測では溶存酸素計の検出限界を超えることがたびたびあったため、検出限界を超えた範囲は欠測として、両者の一次相関から求めた係数で時系列観測 CTD 付属の溶存酸素計 N 値を校正した。

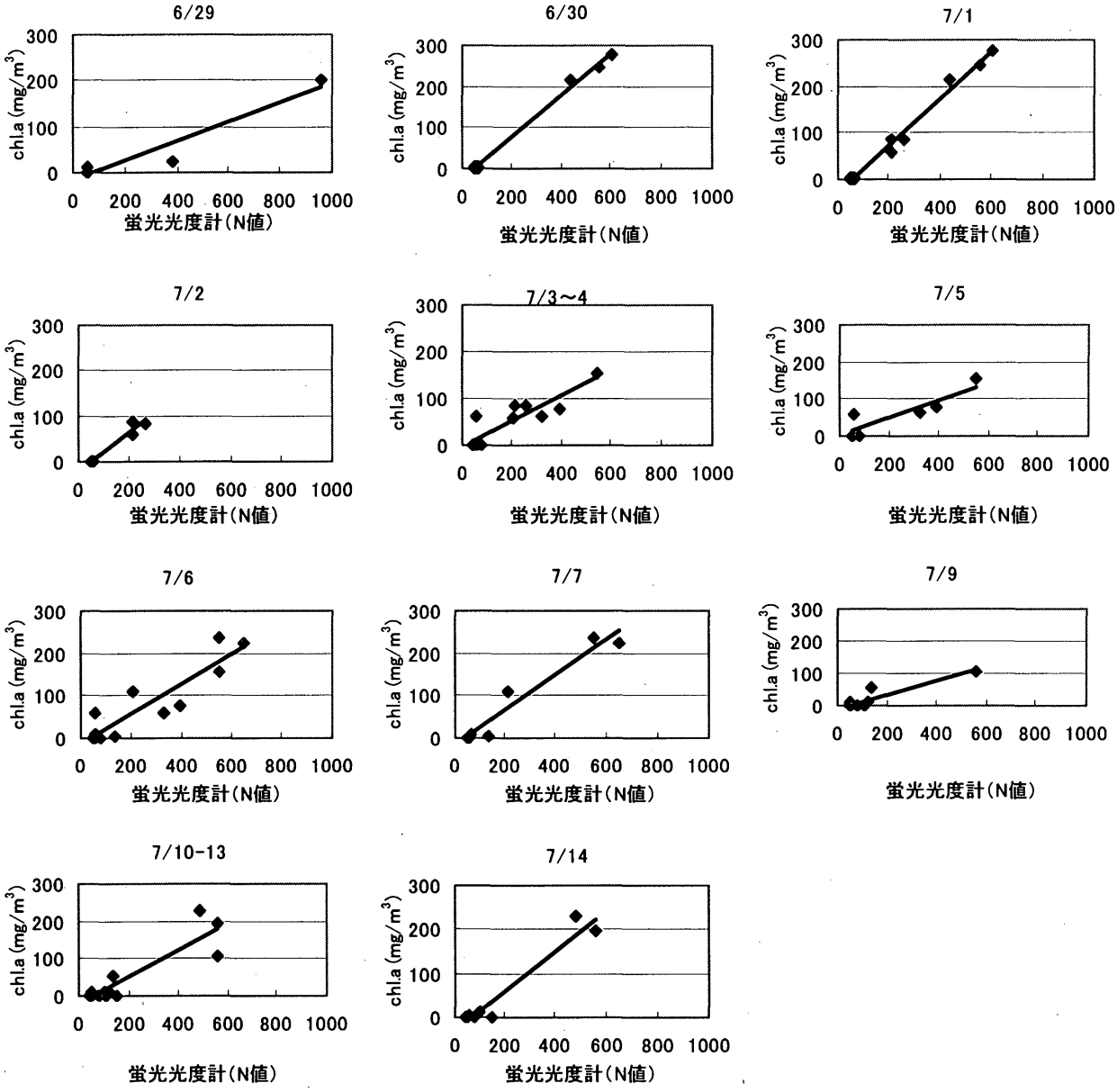


Fig.2　各日における採水分析 chl.a 濃度と鉛直観測蛍光光度計 N 値の相関

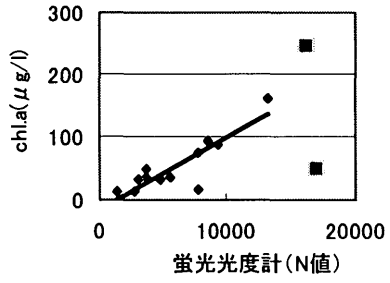


Fig.3　鉛直観測 chl.a 濃度と時系列観測蛍光光度計 N 値の相関

四角は、近似式と実際のデータの差が標準偏差 σ の 2 倍以上となった点

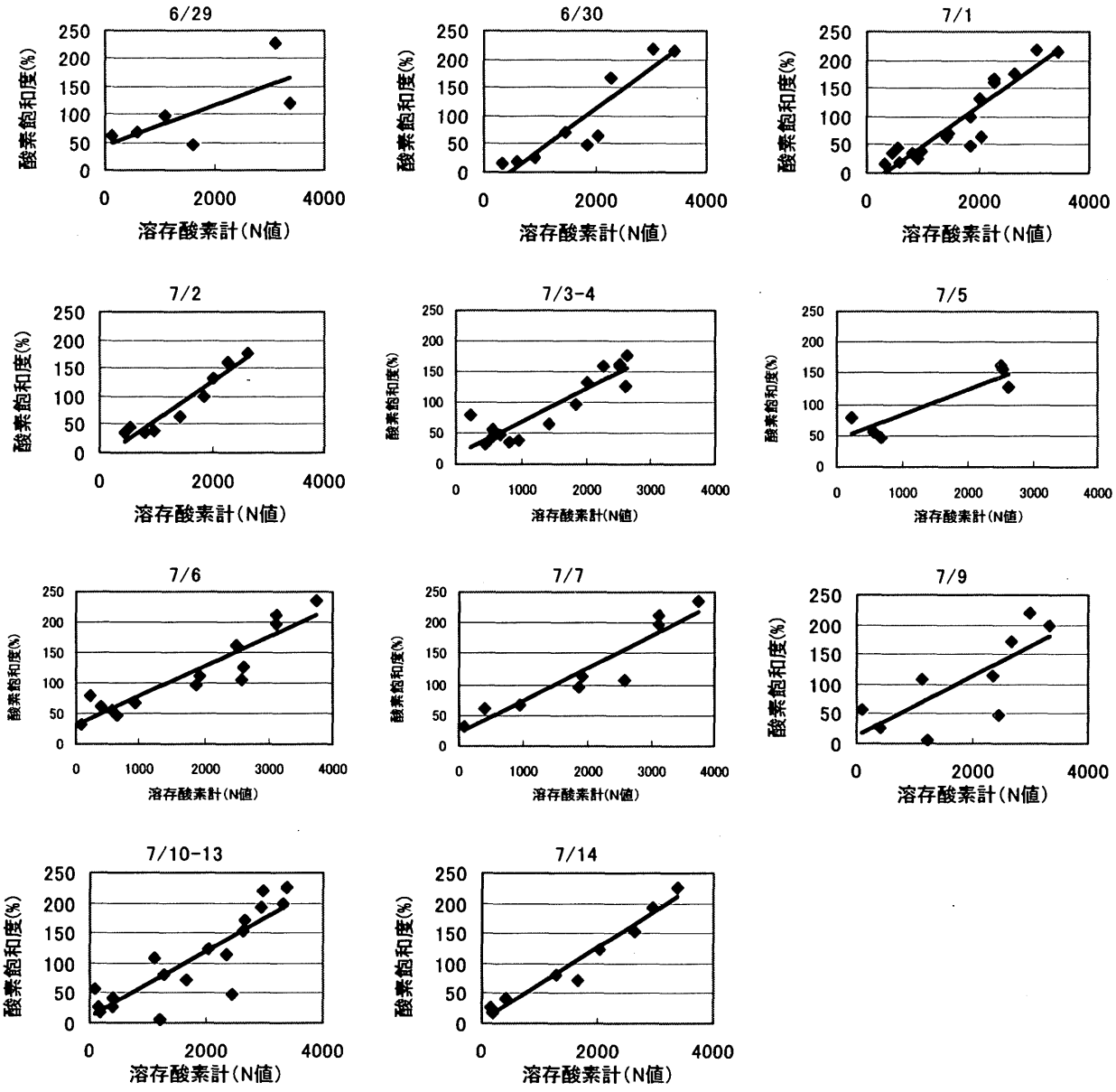


Fig.4　各日における採水分析酸素飽和度と鉛直観測溶存酸素計 N 値の相関

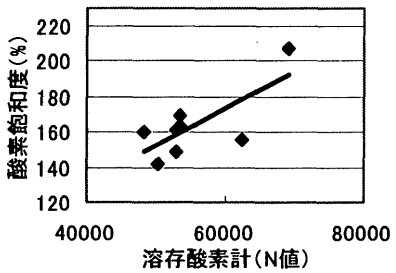


Fig.5　鉛直観測酸素飽和度と時系列観測溶存酸素計 N 値の相関

4 鉛直データと時系列データの比較

鉛直観測と時系列観測の同時刻、同水深の値は、測定場所の違いや海況によって必ずしも同じ海水を計測しているとは限らないが、ほぼ同じ値を示すことが期待される。しかし16日間の観測終了後、時系列観測 CTD にフジツボ等の付着がみられた。これら付着物の影響や、センサーの特性などによる両者の差を明らかにするため、同時刻、同水深のデータを抽出し、両データを比較した。

4-1 水温

Fig.6(a)に水温の時系列観測と鉛直観測の相関図を、Fig.6(b) 時系列観測と鉛直観測の水温の差の経時変化を示す。両者は相関が高かったが、観測前半は両者の差が小さくなるような傾向が見られ、後半は一定になっていた。また時系列観測水温は、後半に日変動が不明瞭になった。このような変化は付着物の影響が考えられるが、両者の相関は高いので後半の時系列観測水温データも使用可能と考えられる。

4-2 塩分

Fig.7(a)に塩分の時系列観測と鉛直観測の相関図を、Fig.7(b) 時系列観測と鉛直観測の塩分の差の経時変化を示す。塩分は相関が低く、特に観測の後半、7月10日以降（図中三角で示す）から急激に差が大きくなっていた。観測前半は両者の差が小さくなる傾向だったのが、7月10日以降差が開く傾向に転じたことから、このあたりで付着物の影響が大きくなったと考えられるため、塩分の時系列データは 10日0時0分以降を欠測とした。

4-3 濁度

Fig.8(a)に濁度の時系列観測と鉛直観測の相関図を、Fig.8(b) 時系列観測と鉛直観測の濁度の差の経時変化を示す。濁度についても塩分と同じ傾向が見受けられたことから、7月10日0時0分以降の濁度の時系列データは欠測とした。

4-4 光量

Fig.9(a)に光量の時系列観測と鉛直観測の相関図を、Fig.9(b) 時系列観測と鉛直観測の光量の差の経時変化を示す。光は水深に伴い指数関数的に変化するため両者の観測水深が少し変化するだけで、大きな差が生じる。このことを考慮すると、両者には相関があるといえる。また同様の理由から、両者の差の変動は大きかったが経時的な変化は見られなかったので、付着物の影響は小さいと考えられる。

光量データを除く、時系列と鉛直データの経時変化に見られたドリフトは、センサーの感度が長期間の間に変化するようなセンサーの特性によるドリフトとは考えにくく、時系列観測 CTD への付着物の影響によるものだと考えられる。このドリフトには一定の傾向があるので、付着物影響のない鉛直観測 CTD を基準として補正が可能である。相関図からはどの項目についても両者に一定の関係が見られたが、絶対値に差があった。この絶対値の違いは、時系列、鉛直もしくは両方のセンサー感度が長期間の間に変化していることから生じるものであるが、現時点でどちらのセンサーがどれだけ変化しているかは分からない。このため鉛直観測 CTD を基準とした時系列観測 CTD の経時変化を補正することは、現時点ではできない。今後相互比較実験を行い、それぞれセンサーの値を補正する必要がある。

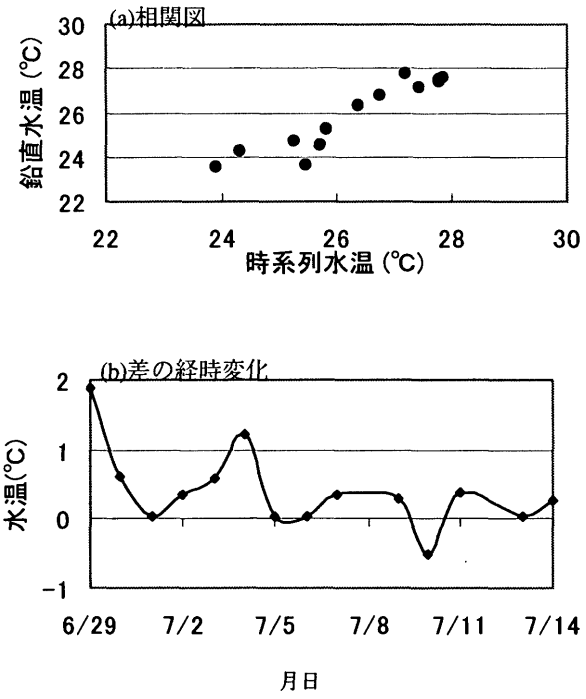


Fig.6 水温データの比較

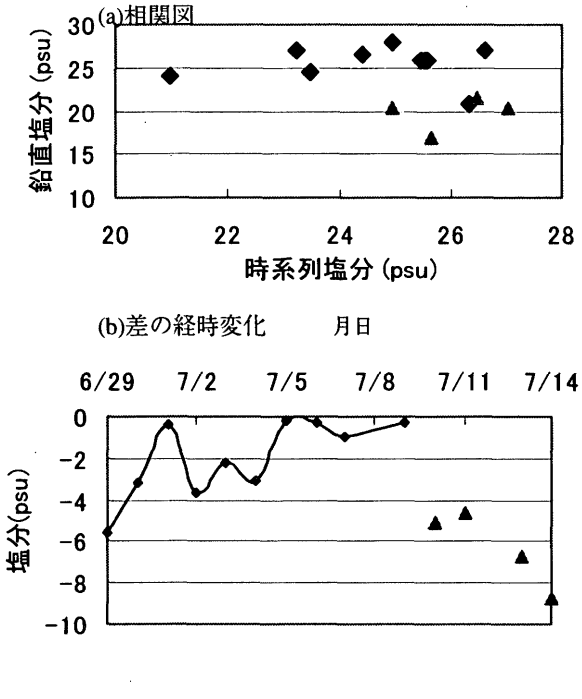


Fig.7 塩分データの比較

三角は 7 月 10 日以降のデータ

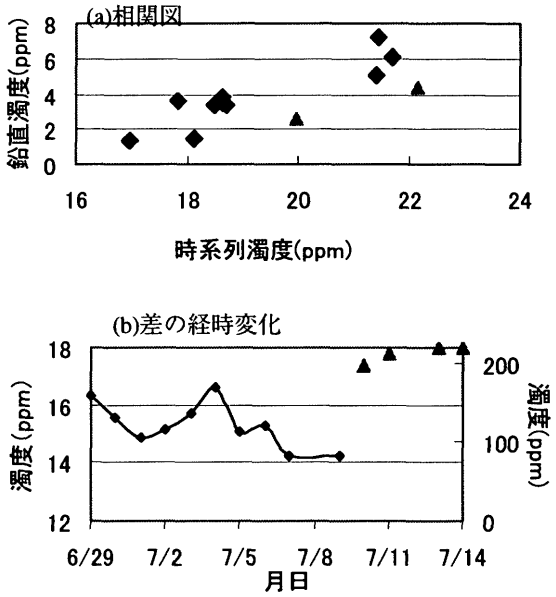


Fig.8 濁度データの比較

三角は 7 月 10 日以降のデータ

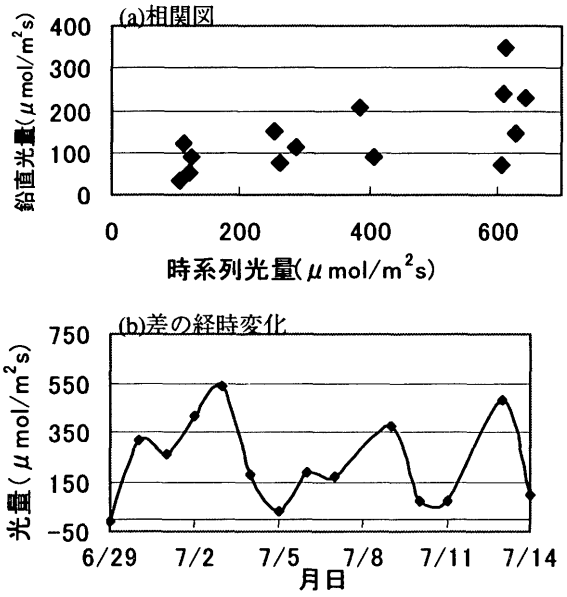


Fig.9 光量データの比較

5 結果

結果の一例として、Fig.10～14 に B 地点における水温、塩分、chl.a 濃度、濁度、光量の時系列分布を示す。Fig15～17 に A2 地点における流向流速、神戸大学海事科学部における潮位及び風向、風速の時系列変動を示す。Fig.18 に、7 月 7 日 B 地点における水温、塩分、chl.a の鉛直分布を示す。Fig.19～21 に右から A、B、C 地点における溶存無機態窒素:DIN(硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素を合計した値)、溶存態無機リン:DIP(リン酸態リン)、溶存態無機珪素:DSi(珪酸態珪素)の鉛直時期列分布を示

す。

今後これらのデータを使ってさらに詳しい解析を行う。

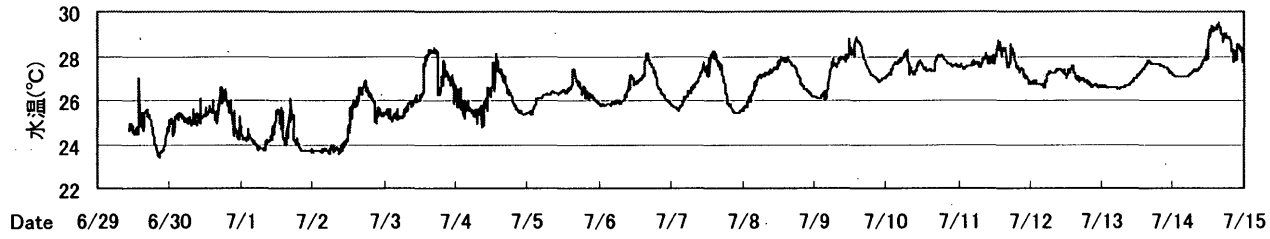


Fig.10　水温の時系列変動

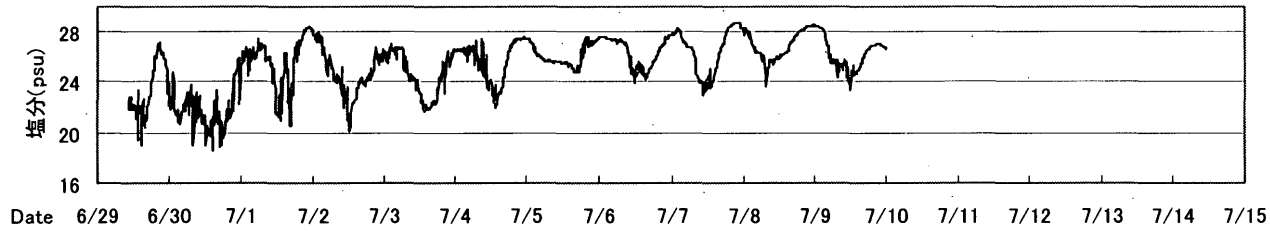


Fig.11　塩分の時系列変動

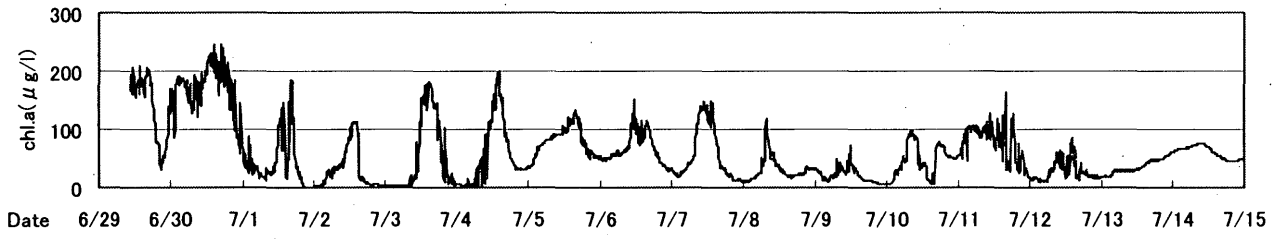


Fig.12　chl.a 濃度の時系列変動

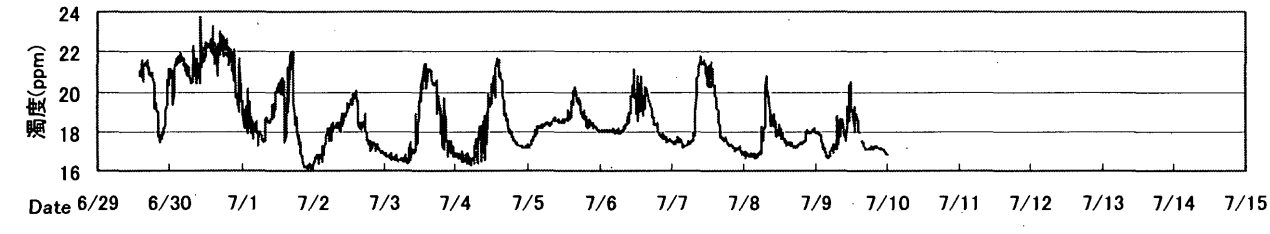


Fig.13　濁度の時系列変動

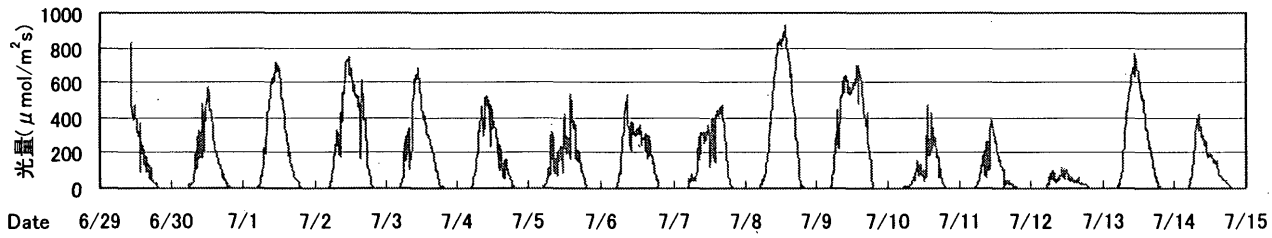


Fig.14　光量の時系列変動

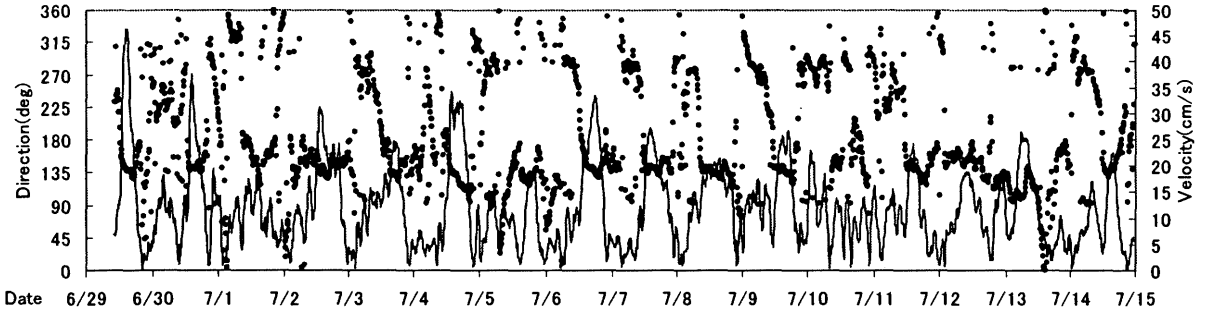


Fig.15　A2 地点における流向・流速の時系列変動

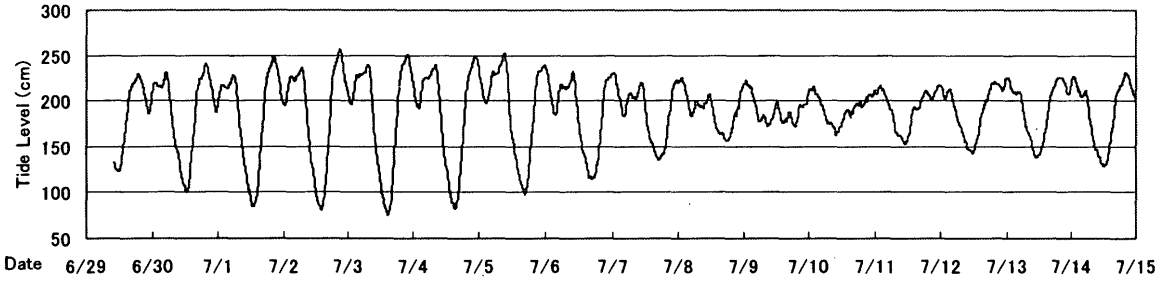


Fig.16　神戸大学海事科学部における潮位の時系列変動

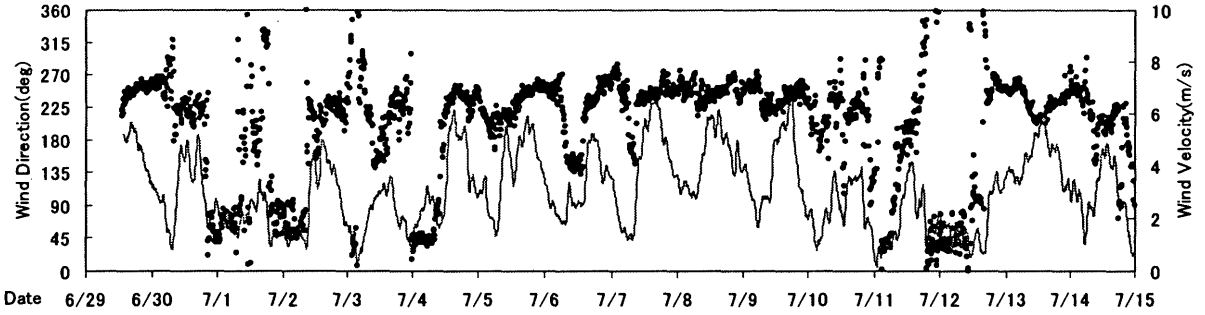


Fig.17　神戸大学海事科学部における風向・風速の時系列変動

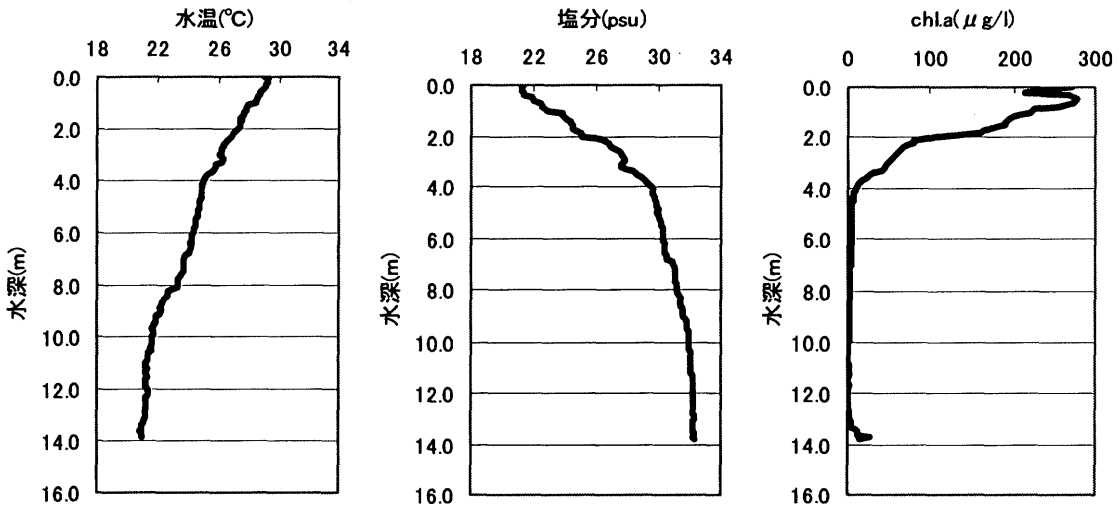


Fig.18　7 月 7 日 B 地点における水温、塩分、クロロフィル a の鉛直分布

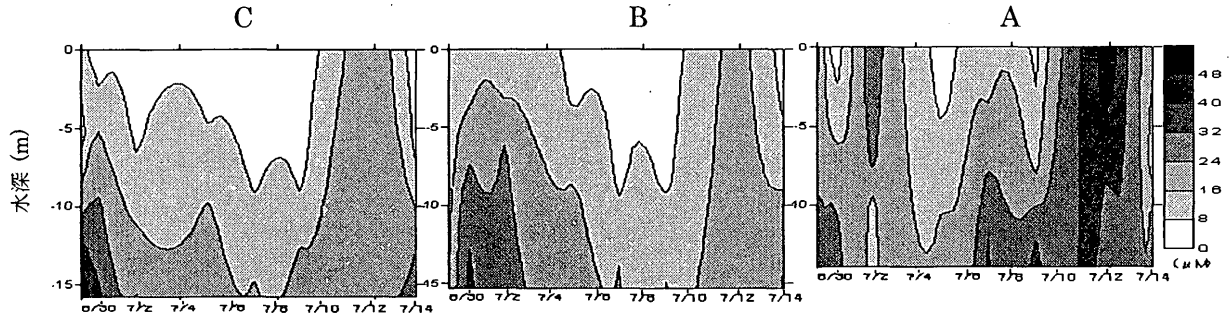


Fig.19　A、B、C 地点における DIN の鉛直時系列分布

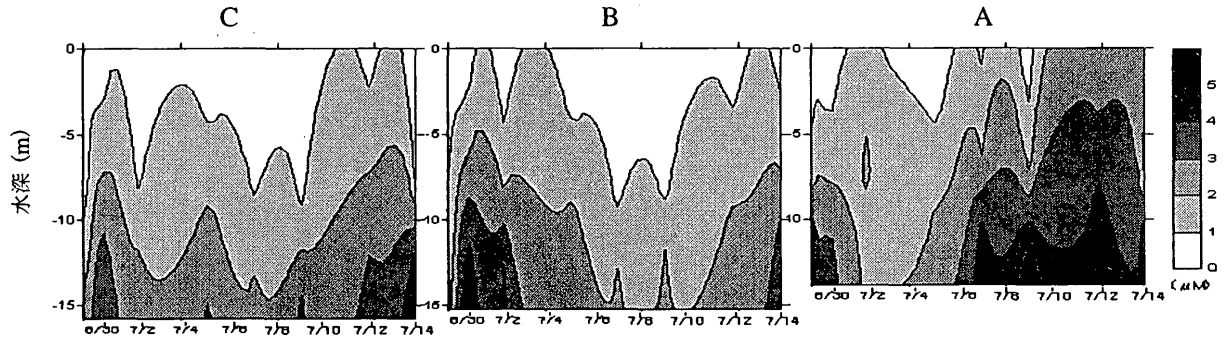


Fig.20　A、B、C 地点における DIP の鉛直時系列分布

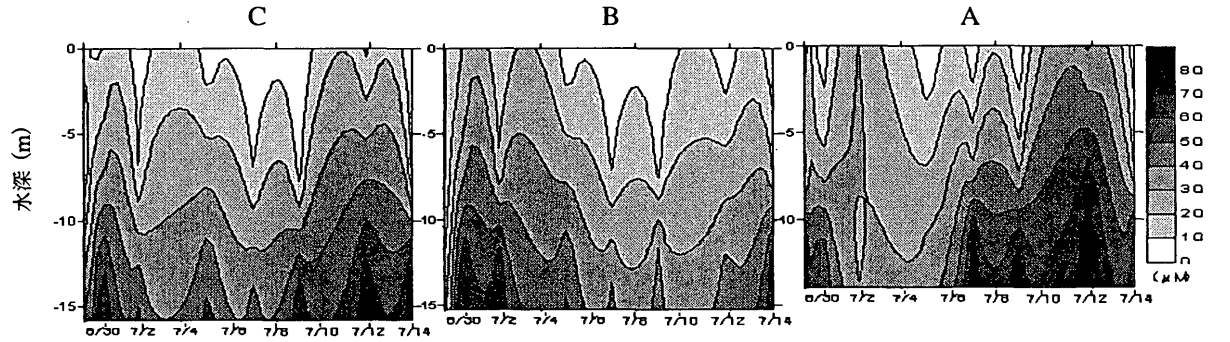


Fig.21　A、B、C 地点における DSi の鉛直時系列分布

6　参考文献

DeMaster, D.J. (1981) The supply and accumulation of silica in the marine environment. Geochim Cosmochim Acta 45: 1715-1732.

岸野元彰 (1991): 濁度, 沿岸環境調査マニュアル－水質・微生物篇（日本海洋学会編）, 恒星社厚生閣, 61-66.

気象庁 (1990) :海洋観測指針（第 1 部）,48-63

Koroleff, F (1983): Determination of phosphorus. In Method sod Seawater Analysis (Grasshoff, K., Ehrhardt, M. & Kremling, K. eds), Velag Chemie, Weinheim, 125-139.

島之上雅也, (2002):西部熱帯太平洋海域における大気・海洋中の一酸化二窒素測定と解析.平成 14 年度神戸商船大学学位論文,11-27

Ogawa, H., Fukuda, R, Koike, I (1999) Vertical distributions of dissolved organic carbon and nitrogen in the Southern Ocean. Deep-Sea Res. 46, 1809-1826.

Solozano, L. & Sharp, J. H. (1980): Determination of total dissolved phosphorus and

particulate phosphorus in natural waters. Limnol. Oceanogr. 25, 754-758.
Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. (1972) A Practical Handbook of Sea Water Analysis, 2nd ed., Bull. Fish. Res. Bd. Canada 167, 1-310.
Suzuki, R. & Ishimaru, T. (1990): An improved method for the determination of phytoplankton chlorophyll using N, N-dimethylformamide. J. Oceanogr. Soc. Japan 46,190-194.
柳哲雄（2001）:沿岸海洋学,恒星社厚生閣,7-9