

浜名湖における沈降粒子について

—炭素同位体比からのアプローチ—

小栗一将¹・松本英二¹・日野明德²・黒倉 寿²・岡本 研²

¹：名古屋大学大気水圏科学研究所

〒464-01 名古屋市千種区不老町

²：東京大学農学部水産実験所

〒431-02 静岡県浜名郡舞阪町舞阪2971-4

【1】はじめに

近年、内湾堆積物を用いた古環境復元の試みが盛んである。特に、堆積物中に見られる縞々は、過去数百～数万年に渡る長い時間スケールの環境変動を記録している可能性が高い。とりわけ、1年で1セットの縞が作られる年縞堆積物は、1年の解像度で過去の環境変動の記録を遡ることができるため、古環境解析の研究に大きなインパクトを与えた。反面、陸源物質やプランクトンなどの沈降粒子がどのような経路から供給され、どのような過程を経て堆積物として保存されていくかを調べた研究は少ない。堆積物に縞が形成されるためには、(1)底棲生物によって堆積物が攪乱されないことと、(2)季節によって、あるいはイベント的に種類の異なる粒子が堆積することが重要である。(1)の条件が満たされるには、例えば水の強い密度成層の維持などで底棲生物が棲息せず、堆積物が乱されない環境であることが必要である。浜名湖湖心部では、夏期には湖水が密度成層するために、低層水中の溶存酸素は全くなくなるが、冬期には密度成層は崩れ、湖底にはシズクガイやツバサゴカイなどの底棲生物が棲息するため、(1)の条件には当てはまらない。しかし、湖心部の堆積物を観察すると、表層部約10cmは均一であるが、それ以深では灰色層と黒色層からなる細かな縞が現れる。つまり、湖底では冬期には底棲生物による生物攪乱が起きているが、本来ならば縞として保存されるべき粒子が、年を通じて現在も湖底に供給されている可能性がある。本研究では、浜名湖湖心部において1年間行ったセジメントトラップ実験によって得られた試料の炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$)、放射性炭素同位体比 ($\Delta^{14}\text{C}$) から、沈降粒子有機物の起源とその季節変化を明らかにすることで、湖心部における堆積過程についての知見を得ることを目的とする。

【2】浜名湖の環境について

浜名湖は静岡県西部に位置する汽水湖である(図1)。湖の南部は主に砂が堆積しており、水深も約3mほどであるが、北部はシルト～粘土が堆積し、水深約10mの盆状構造をしている。これらの地形境界は、湖中部の急峻な水深変化によりはっきりしている。また、湖の南部は今切口と呼ばれる水路で太平洋とつながっており、北西部

からは都田川が流れ込んでいる。南部の砂質地形は、約7400年前に太平洋から砂が急激に供給されて形成した（中井・馬場，1988，池谷ほか，1990）。その後、弥生の寒冷期には海水準は低下して浜名湖は淡水湖となったが、明応の大地震（1498年）による津波と、翌年の台風による高潮で今切口が決壊し、再び海水が出入りする汽水湖となったとされている。このように、湖の環境は、今切口の変化による海水の交換具合によって変化してきたと考えられる。近世においては、太平洋から再び供給された砂と明治時代に敷設された鉄道の堤防などのために、海水交換は悪化しはじめたと考えられる。しかし、1953年の13号台風による高潮の影響と、その後の今切口護岸工事、さらに60年代後半から70年代前半にかけて行われた海水交換のための浚渫工事により、湖水の塩分は増加しはじめた（阿井，1968，野中ほか，1973）。現代では湖心部水深10mの塩分は図2に示すように、年平均（1988年）で31.7%まで上昇している（静岡県水産試験場浜名湖分場，1980，1990）。

【3】実験方法

1993年～1994年にかけて、浜名湖においてセジメントトラップ実験を行った。トラップは、長さ50cm、直径8.5cmの塩化ビニル製の筒に、500mlスチロール瓶をつけたものを2本束ね、これを水深2m、6m、11mの3層に係留した（図1）。係留地点は湖心部（水深12m）である。また、都田川（金指）と湖南部（新所沖）において、95年8月21日に低層水の懸濁粒子を採取をした。試料採取場所と係留地点を図1に、係留期間を表1に示す。実験で得られた試料は乾燥、秤量後、念のため1N塩酸で炭酸塩の溶解を行った。この試料を再び乾燥させた後、元素分析計(CARLO ERBA EA1108)で炭素、窒素濃度を測定した。また、この試料から、Minagawa *et al.* (1984) による封管法に従い二酸化炭素ガスを精製し、質量分析計(Finnigan MAT251)で炭素同位体比を測定した。放射性炭素濃度は、精製した二酸化炭素をKitagawa *et al.* (1993)による水素還元法でグラファイトに還元して分析試料とし、名古屋大学年代測定資料研究センターのタンデム加速質量分析計で測定した。測定後のグラファイトは再び封管法で二酸化炭素に戻して安定同位体比を測定した。測定結果は同位体分別効果の補正に用いた。

【4】結果と考察

湖心部における1年間の全有機炭素濃度 (TOC) , $\delta^{13}\text{C}$ 値, $\Delta^{14}\text{C}$ 値を図3に示す。冬季は、係留に失敗したためにデータが欠損している。また、夏期には、表層2mのトラップにフジツボが大量に付着し、マスフラックスが極端に大きな値を示した。このため、この時期 (94/8/1～10/25) の表層2mのデータはすべて棄却した。その他の $\Delta^{14}\text{C}$ 値の欠損は、試料が少なすぎたために、測定に必要な量のグラファイトを作成できなかったためである。

TOCはすべての層のトラップにおいて、 $\delta^{13}\text{C}$ 値は水深2mのトラップにおいて、春から夏にかけて増加の傾向を示し、秋から冬にかけては減少傾向を示した。これは、

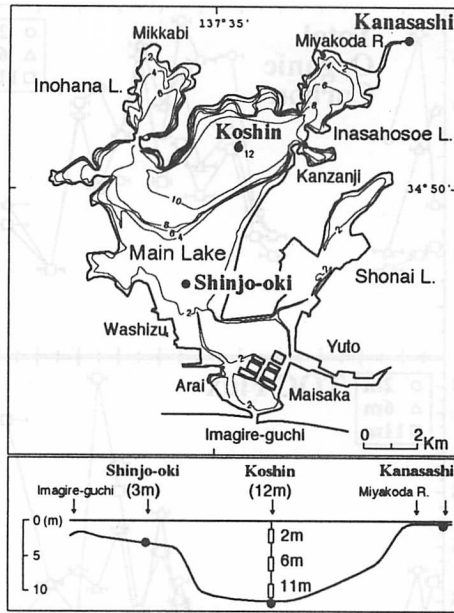


図1：浜名湖の地形と試料採取地点。湖心部，新所沖金指の3点。

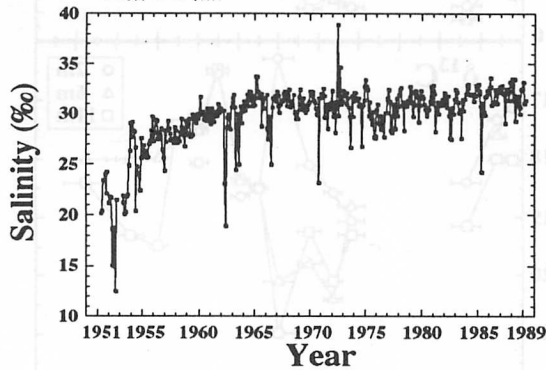


図2：湖心部，水深10mにおける塩分の経年変化。
静岡県水産試験場浜名湖分場(1980,1990)より作製。

表1：トラップの係留期間。

Date	Interval (day)	2m	6m	11m
93/11/24~12/8	14			
12/8~12/20	12			
12/20~94/1/12	23			
1/12~2/28	47	failed	failed	failed
2/28~3/18	18	failed	failed	failed
3/18~4/8	21			
4/8~4/22	14			
4/22~5/10	18			
5/10~6/2	23			
6/2~6/17	15			
6/17~7/1	14			
7/1~7/18	17			
7/18~8/1	14			
8/1~8/18	17	rejected	rejected	
8/18~9/1	14	rejected	rejected	
9/1~9/22	21	rejected		
9/22~10/25	33	rejected		
10/25~11/15	21	failed	failed	failed

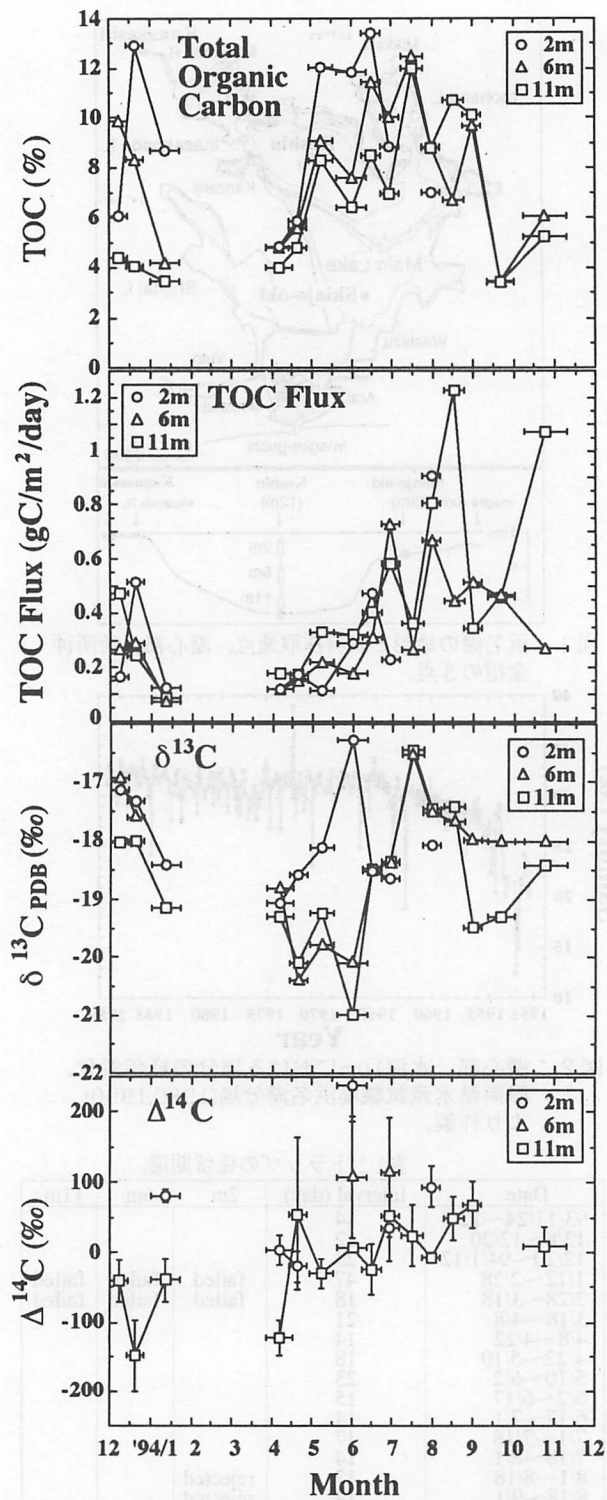


図3：湖心部トラップの有機炭素濃度、有機炭素フラックス、炭素安定同位体比、放射性炭素同位体比

夏期にプランクトンの一次生産が盛んになったためと考えられる。春期の水深6mと11mトラップは、水深2mのトラップの結果とは異なり、 -20% 以下の小さな値を示した。これは、6m、11mトラップにはプランクトン起源の他に、別の起源の有機物の混入があったことを意味する。また、93年12月に見られたTOCと $\delta^{13}\text{C}$ 値のピークは、渦鞭毛藻 (*Gymnodinium mikimotoi*) による赤潮と重なっており、赤潮による一時的な一次生産の増大を反映していると思われる。 $\Delta^{14}\text{C}$ 値も同様に、底層の沈降粒子の値は表層の値よりも小さく、底層のトラップにはプランクトン起源の他に、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値が小さい有機物が混入していることを示唆している。また、TOCフラックスはいずれの深さも6月半ばから増加を始め、8月でほぼ最大になり、その後減少傾向を示した(10月25日~11月15日の水深11mを除く)。すなわち、一次生産がTOCフラックスに最も大きく影響するのは主に夏期であることが分かる。

プランクトン以外の起源の有機物で、 $\delta^{13}\text{C}$ 値、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値が共に小さいものとして、河川からの陸起源有機物があげられる。しかし浜名湖の場合、南部から外洋の高塩分の海水が、潮汐作用で低層水として湖盆にもたらされるため (Mazda, 1985)、南部から懸濁粒子が湖盆に供給されていることが考えられる。そこで、水深2mのトラップの年平均値をプランクトン起源、95年8月21日に採取した湖南部(新所沖)の懸濁粒子と93年8月21日に採取した湖心部の表層堆積物の値を再懸濁起源、都田川(金指)の懸濁粒子の値を陸起源有機物として代表させ、これらの値を水深11mのトラップの $\delta^{13}\text{C}$ 値と $\Delta^{14}\text{C}$ 値の散布図にプロットすると(図4)、沈降粒子有機物は冬期から春期には再懸濁起源が卓越し、夏期から秋期にはプランクトン起源が卓越することが分かる。しかし、これらの端成分値については、さらにデータを増やし、信頼性を高めていく必要があると思われる。また、陸起源有機物の寄与はほとんど認められないが、この理由として、実験を行った1994年は、例年に比べて降水量が極端に少なかったために、河川からの陸源物質の供給が少なかったことが考えられる。

【5】結論

浜名湖湖心部で1年を通じて行ったセジメントトラップ実験の結果、以下のことが明らかになった。

- (1): トラップの全有機炭素濃度と2mトラップの炭素同位体比は春期から夏期にかけて増加する。これは、一次生産の増大を示す。
- (2): 春期の6m、11mトラップに捕獲された沈降粒子の炭素同位体比は、2mトラップの結果よりも小さな値を示した。これは、中層、低層部にプランクトンとは別起源の有機物が供給されていることを示唆する。
- (3): 放射性炭素同位体比は、底層で小さな値を示し、(2)の結果を支持する。
- (4): 表層で生産された有機物がTOCフラックスとして最も効くのは夏期である。
- (5): 湖心部に供給される懸濁粒子の起源として、プランクトン起源、陸起源の他、湖南部からの再懸濁起源が考えられる。
- (6): 推定される端成分の $\delta^{13}\text{C}$ 値と $\Delta^{14}\text{C}$ 値から、湖心部に沈降する有機物は、冬期か

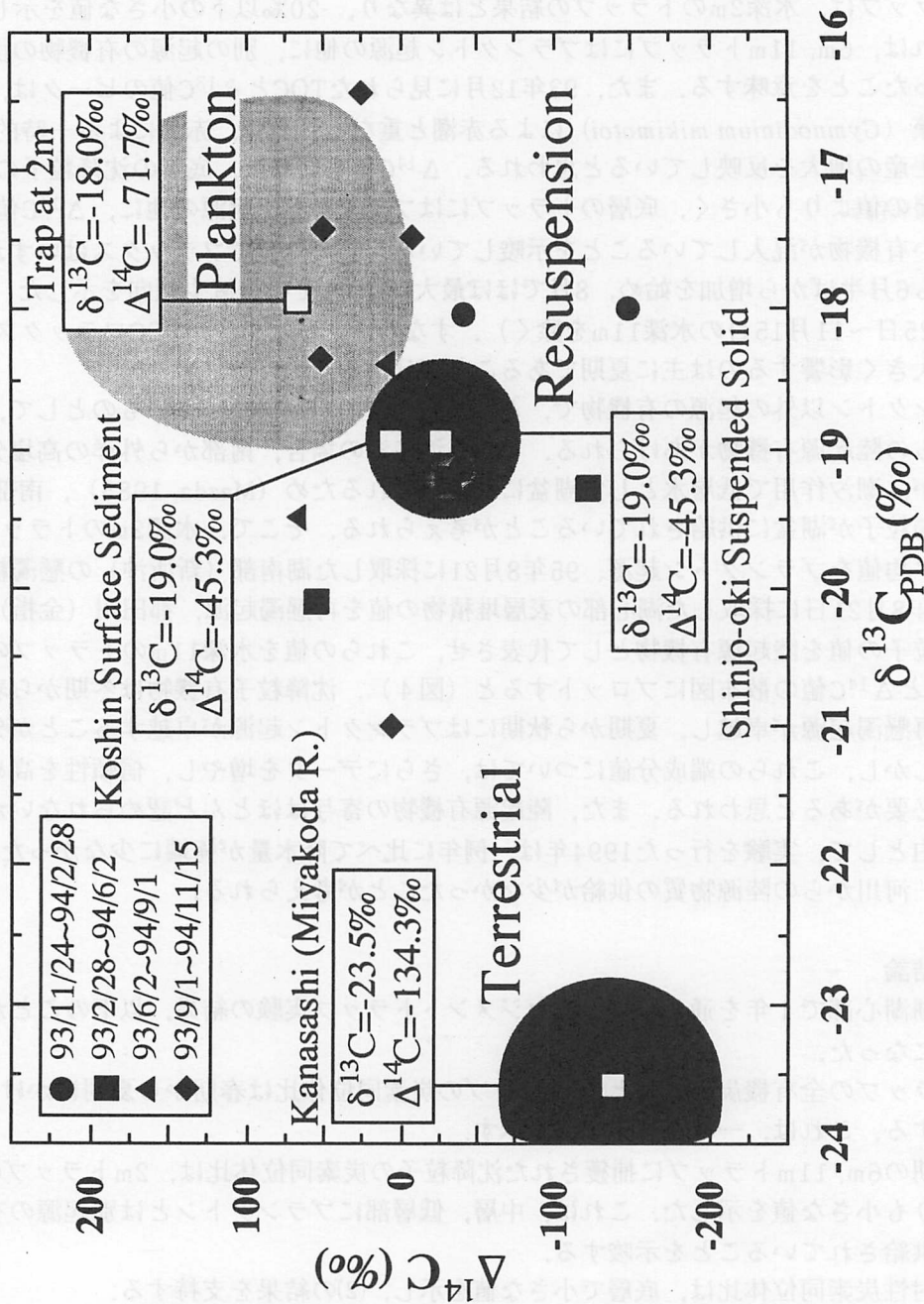


図4：水深11mのトラップに捕獲された粒子の炭素同位体比と陸起源、再懸濁起源、プランクトン起源の3成分の値。

ら春期には再懸濁起源が卓越し、夏期から秋期にはプランクトン起源が卓越することが明らかになった。

【6】謝辞

本研究を進めるにあたり、名古屋大学大気水圏科学研究所の中塚武博士ならびに吉田尚弘助教授には、大変有意義な意見をいただいた。試料の ^{14}C 濃度測定に関して、名古屋大学年代測定資料研究センターの中村俊夫助教授ならびに池田晃子技官には、タンデトロンの使用に関して大変便宜を図っていただいた。また、東京大学農学部水産実験所の青木茂博士には、浜名湖の環境に関する貴重な助言をいただいた。同実験所の漆畑君代技官ならびに齊藤輝年主任には、実験所の利用に関して大変便宜を図っていただいた。また、同実験所の高瀬卓彦技官には現場において操船をしていただいた。ここに深く感謝の意を表します。

引用文献：

- 阿井敏夫 (1968) : 近年の湖水性状の変動傾向. (静岡県水産試験場浜名湖分場編), 静岡県水産試験場浜名湖分場試験報告書. 浜名湖浅海漁場開発調査. 1, 62-71.
- 池谷仙之・和田秀樹・阿久津浩・高橋 実 (1990) : 浜名湖の起源と地史的変遷. 地質学論集, 36, 129-150.
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E. (1993) : A batch preparation method of graphite targets with low background for AMS ^{14}C measurements. *Radiocarbon*, 35, 295-300.
- Mazda, Y. (1985) : Vertical two-dimensional mechanism of tidal exchange in a bay with a sill-entrance. *J. Oceanogr. Soc. Japan*. 41, 225-234.
- Minagwa, M., Winter, D. A. and Kaplan, I. R. (1984) : Comparison of Kjeldahl and combustion methods for measurement of nitrogen isotopes in organic matter. *Anal. Chem.*, 56, 1859-1861.
- 中井信之・馬場直美 (1988) : 湖底堆積物コアの加速器 ^{14}C 年代から見た浜名湖の古環境変遷史. (池谷仙之編) 浜名湖の起源と地史的変遷に関する総合研究. 昭和60・61・62年度科学研究費補助金(総合研究A)研究成果報告書.
- 野中 忠・村松高明・鈴木克宏・平井 淳 (1973) : 浜名湖浅海開発工事の効果—海水交流について—. 水産土木, 10, 1, 47-51.
- 静岡県水産試験場浜名湖分場 (1980) : 浜名湖定点観測結果 1951-1980.
- 静岡県水産試験場浜名湖分場 (1990) : 浜名湖定点観測結果 1980-1990.

口頭発表：

小栗一将・松本英二・日野明德・黒倉 寿・岡本 研 (1995)：浜名湖におけるセジメントトラップ中の有機物の起源. 日本海洋学会秋季学術大会 (名古屋大学), 日本海洋学会講演要旨集, 372.

引用文献：
西井英夫 (1982)：琵琶湖の湖木村沢の交差傾向. (帯同) 琵琶湖湖沼学研究会報告集, 1, 62-71.
池谷敏之・和田孝浩・岡本 研・高橋 真 (1990)：琵琶湖の底泥と地史的変遷. 地質学雑誌, 36, 129-150.
Kiyawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Masumoto, E. (1993): A batch preparation method of graphic targets with low background for AMS ^{14}C measurement. *Radiocarbon*, 35, 292-300.
Mizuta, Y. (1989): Vertical two-dimensional mechanism of tidal exchange in a bay with a sill. *Estuarine J. Geowater Sci. Japan*, 41, 225-234.
Munzwa, M., Winter, D. A. and Kaplan, I. R. (1984): Comparison of Kjeldahl and combustion methods for measurement of nitrogen isotopes in organic matter. *Anal. Chem.*, 56, 1822-1827.
中井研之・池谷敏之 (1988)：湖沼堆積物中の加速器質量分析計による炭素同位体の古地質学. 池谷敏之編「湖沼の地質学」(池谷敏之編) 湖沼の地質学と地史的変遷に関する総合研究, 昭和60, 61-62. 半田洋行研究補助金 (総合研究A) 研究成果報告書.
中井 研・池谷 敏之・村松 高博・鈴木 京彦・平井 隆 (1973)：琵琶湖の地質学. 第一巻. 地質学雑誌, 10, 1, 47-51.
池谷敏之・池谷敏之 (1980)：琵琶湖の地質学. 第一巻. 地質学雑誌, 10, 1, 47-51.
池谷敏之・池谷敏之 (1990)：琵琶湖の地質学. 第一巻. 地質学雑誌, 10, 1, 47-51.

A Study on the Particulate Organic Matter in the Lake Hamana

-An Approach from Carbon Isotopes-

Kazumasa OGURI*¹, Eiji MATSUMOTO*¹

Akinori HINO*², Hisashi KUROKURA*² and Ken OKAMOTO*².

*¹: Institute for Hydrospheric-Atmospheric Sciences, Nagoya University.
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-01, Japan.

*²: Fisheries Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.
2971-4, Maisaka, Maisaka-cho, Hamana-gun, Shizuoka, 431-02, Japan.

Abstract:

Sediment trap experiment was carried out in central region of Lake Hamana from Nov. 24th, 1993 to Nov. 15th, 1994. The results of total organic carbon (TOC) content and stable carbon isotope ratio ($\delta^{13}\text{C}$) showed that primary production increased during spring and summer and decreased in winter. The result of $\delta^{13}\text{C}$ at 2m did not correspond to those at 6m and 11m. This means that the particulate organic matter (POM) which have small $\delta^{13}\text{C}$ was captured in deeper trap besides phytoplankton. Radioactive carbon isotope ratio ($\Delta^{14}\text{C}$) also showed that POM in deeper trap have small ratio. These POM seem to come from terrestrial input and resuspension from southern sharrow region. The $\delta^{13}\text{C}$ and $\Delta^{14}\text{C}$ of these three end members showed -18‰ and 71.7‰ (plankton origin), -23.5‰ and -134.3‰ (terrestrial origin), and -19.0‰ and -45.3‰ (resuspension origin). According to $\delta^{13}\text{C}$ and $\Delta^{14}\text{C}$ of POM captured at 11m and three end members, POM were mainly supplied from southern region from winter to spring, and plankton origin dominated from summer to autumn, and terrestrial input was very low through the year. Perhaps it may reflect low precipitation.