

D-1. 大陸棚海域循環過程における沿岸-外洋の物質フラックスに関する研究

D-1 (1) 海洋物質循環の変動機構に関する研究

研究代表者 国立環境研究所 渡辺正孝

環境庁 国立環境研究所

地球環境研究グループ	海洋研究チーム	切刀 正行・原島 省
地域環境研究グループ	海域保全研究チーム	木幡 邦男
水圏環境部	部長	渡辺 正孝
	土壌環境研究室	高松武次郎
	水環境工学研究室	原田 茂樹
社会環境システム部	情報解析研究室	須賀 伸介
生物圏環境部	環境微生物研究室	高村 典子

研究期間 平成2年度～平成4年度

平成2年度～平成4年度予算 44,351千円

要約

本研究の目的は、沿岸域から大陸棚にかけての水域における物質循環の素過程の連環を解明し、物質循環モデルの構築へと発展させることである。上記の水域は、人為起源の有害化学物質・栄養塩・有機物の負荷を受けやすく、かつ高い生物生産力を有して大きな物質循環フラックスを生み出しており、広域的な物質循環の変動に大きな影響を与える可能性が強く指摘されている。

上記の目的を達成するために、夏期に瀬戸内海の家島海域に海洋メゾコズム（隔離実験生態系）を設置し、環境条件の変遷にともなう、生態系構成の変遷、親生体元素の現存量変化、炭素循環フラックスの変動、大気・海水二酸化炭素分圧の変動などを追跡した。海洋メゾコズムは海面から底泥まで円筒型（直径5m、深さ18m）に海水を隔離するものであり、物質収支を保存し、沿岸域の生物化学過程を再現する事ができる。平成2年度～4年度に得られた主な成果を以下に示す。

- ① 植物プランクトン種・固体数の変遷を、栄養塩など化学的環境条件、および動物プランクトン種・固体数など生物学的環境条件の変遷から説明した。
- ② DIC・DOC・POCなど諸形態の炭素現存量変化を解析し、光合成によるPOC形成、沈降POCフラックス、その分解によるDOC生成などが炭素循環に占める役割を明らかにした。さらに、それらの挙動が生態系構成に大きく影響されていることを明らかにした。
- ③ 炭素安定同位体をトレーサーとして用い、光合成ループ（DIC→植物プランクトン→動物プランクトン）と、バクテリアルループ（DOC→バクテリア→微小動物プランクトン→動物プランクトン）の役割を評価した。さらに海洋メゾコズムにおける炭素収支を解析した。
- ④ フェオ色素をトレーサーとして用い、植物プランクトンの捕食・排泄活動に起因する沈降粒子の生成機構について考察した。
- ⑤ 大気・海洋の二酸化炭素分圧を連続測定する手法を確立した。

キーワード：海洋メゾコズム、物質循環、光合成、捕食、同化、沈降

1. 研究の目的と概要

近年の人間活動の増大により膨大な量の栄養塩、有機物、有害化学物質等が内湾や沿岸海域に負荷されており、さらには大陸棚にまで海洋汚染の影響が及びつつある。特に海洋生態系を通しての物質循環はそれら汚濁負荷の増大に伴い大きく変動することが危惧され、結果として地球環境にもたらす影響を早急に解明する必要がある。

海洋物質循環の機構解明とは、物理・化学・生物学的な素過程の連環を解明する事に他ならない。しかし、従来から行われてきた船舶による海洋観測のみでは、対象場での状態量変化が物理的移動によるものか、あるいは生物化学的物質変換によるものかを分離できないため、海洋物質循環を生み出す因果関係を明確に結論づけられない。このような点を補うために、自然海域に存在する海洋生態系をそのまま捕獲して物質循環を詳細・正確に追跡する海洋メゾコズム実験の手法を確立し、主に生物化学的物質循環の素過程の機構解明を研究の目的とした。

海洋物質循環において、親生物元素である炭素の循環は、有害化学物質・栄養塩・有機物など、汚染物質の循環と相互に影響しあう。そのため、炭素の循環経路・速度および形態変化についての理解を深める事が、海洋汚染物質の影響を評価する上で最も重要と言える。特に、光合成ループ（DIC-植物プランクトン-動物プランクトン）とバクテリアループ（DOC-バクテリア-微少動物プランクトン-動物プランクトン）の両者による循環速度・形態変化を定量的に評価することが急務となっている。また、炭素はラベルをつけてその循環を追跡できるという特徴を持っている。特に安定同位体を用いる事によって現場での炭素循環を追跡することが可能である。

上記のことより、平成2年度～4年度においては、炭素を中心とした親生物元素の循環を生態系構成の変動や他の環境条件の変動とともに追跡した。以下では、平成3年度におこなった炭素循環速度の計測結果を中心に、生物化学的環境条件変化に伴う生態系遷移、諸形態の親生物元素現存量の変動、沈降物質の組成などについて、平成2年度から4年度にかけて行った解析について述べる。

2. 研究方法

（1）NIESメゾコズムの構造と特徴

本研究で開発されたメゾコズムを図1に示す。メゾコズムは、ポリエステル繊維網目をエチレンビニルアセテート（EVA）で表面コーティングしたシートを用い、ステンレススチールのパイプを5本通して円筒型（直径5m、深さ18m）に海水を隔離する構造となっている。シートは透光性があり、また可塑剤を用いていないので、生物への影響を排除できる。設置においては、メゾコズム本体を蛇腹状に折り畳み海底に沈め、底部はチェーンをつけたカーテン部（約1.0m）を底泥中にダイバーが埋め込み固定した。その後数時間放置し、自然生態系に戻った後、シート上部をダイバーが静かに浮上させ、海上に固定されているフロートに吊るした。

本メゾコズムは約350m³と大きな容量を含み、内部に底泥を含んでいるのみならず、外部の水深5mの海水をミリポアフィルター（5μmと2.5μm）で濾過し、系内0.5mに流入させる半開放系となっている。そのため、自然海域に存在する程度の栄養塩や微量金属が流入し、メゾコズム内生態系を自然生態系に近い状態に維持している。また、図2に示すように、表層約0.2mからポンプ揚水した海水を鉛直に吊り下げた2本の円筒（長さ2.7m、内径21cm、円筒の下部端は水深3mに位置す

る) 内で上向きにジェット噴流することにより、メゾコズムの表層から水深5m付近の間にゆっくりとした鉛直循環流を形成させている。この鉛直循環流により、珪藻など遊泳力を持たない植物プランクトンを、自然海域と同じ程度にまで、有光層内に維持させる事ができる。これらのしくみにより、従来行われた海洋メゾコズム実験^{1) 2)}で問題となったメゾコズム内の植物プランクトン群衆の維持が可能となった。

メゾコズムを設置する家島海域は、瀬戸内海の播磨灘に位置する。家島海域における夏期・表層のバックグラウンドTN・TP濃度は、場所にもよるが東京湾よりも概ね1オーダー低い値であり、メゾコズムへの栄養塩添加、およびその濃度調節によって求める栄養状態の水塊を形成する事が可能である。

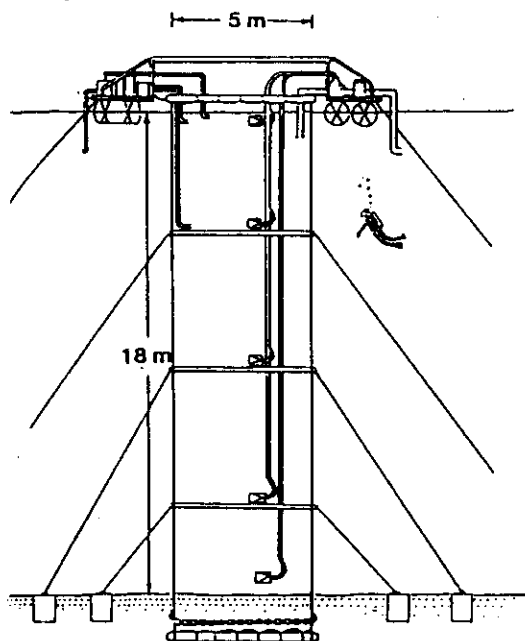


図1 NIESメゾコズムの形状

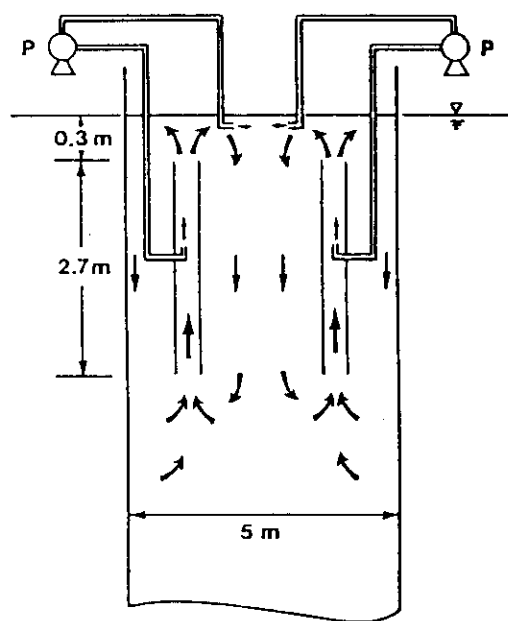


図2 鉛直循環装置

(2) メゾコズム実験の内容(平成3年度を例として述べる)

① 環境条件の操作

平成3年7月24日にメゾコズムを形成し、直ちに窒素(NaNO_3 , 500g), リン($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 60g) 及びシリカ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, 50g) を0~18mの全層にわたって添加した。更に7月30日及び8月4日に窒素・リン・シリカを6m以深に, 8月9日には窒素・リンを6m以深に添加した。また8月6日には下層から表層への栄養塩の巻き上げをなくすために鉛直循環流装置を停止した。

② 一般計測項目

観測はメゾコズム内で水温, 塩分, pH, DOの鉛直分布を毎日計測した(ハイドロラブマルチサベーターで)。さらに鉛直7点(0m, 2.5m, 5m, 7.5m, 10m, 15m, Bottom)でサンプル採水を行い, 色素量(島津HPLCで), POC・PON(GF/Fで濾過後, 柳本CHNコーダで), DOC(GF/Fの濾液を島津TOCメータで), PTP(GF/Fで濾過および前処理後, テクニコンオートアナライザーで), DIN・DIP・DISi(テクニコンオートアナライザーで), 微量金属, 植物プランクトン種・個体数(検鏡で), 動物プランクトン種・個体数(検鏡で)の計測を行った。また鉛直4点(0m, 5m, 10m, 15m)でサンプル採水を行い, DIC(酸処理によって発生させた CO_2 を富士電機NDIRで)の計測を行った。

③ セディメントトラップ実験

沈降粒子の役割を評価するため、水深5, 10, 15mにセディメントトラップを設置し、沈澱物中の色素量（GF/Cで濾過後、島津HPLCで）、POC・PON（GF/Fで濾過後、柳本CHNコードで）を計測した。

④ 安定同位体トレーサー実験

光合成ループとバクテリアループによる炭素循環速度の計測のため、安定同位体を用いたトレーサー実験を行った。メゾコズムの水深0.5mと10mから朝9時に海水を採取し、各々4.5ℓの透明なポリカーボネイト製ボトルに封入した。その際に、7月26, 28, 30日と8月1, 3, 5, 8, 10日は ^{13}C - NaHCO_3 を、7月25, 27, 31日と8月2, 4, 6, 9, 11日は ^{13}C -Glucoseを添加し、採取水深に吊下して培養を行った（現場法）。 ^{13}C - NaHCO_3 はDIC濃度の約10%（2-3mg/ℓ）、 ^{13}C -GlucoseはNV-DOC濃度の約2倍（2mg/ℓ）となるように添加した。13時まで4時間の培養を行った後、懸濁粒子を粒径分画した。 ^{13}C - NaHCO_3 添加の場合には200, 100, 20μmのナイロン製ネットおよびGF/Fフィルター（0.45μm）を用い、 ^{13}C -Glucose添加の場合には同じナイロン製ネット、GF/Cフィルター（1.0μm）、およびAnoporeフィルター（0.2μm）を用いた。ネットに捕獲された粒子は濾過海水に再懸濁後、GF/Cフィルターで再濾過した。各粒径分画中のPOC量と炭素安定同位体比の計測は、元素分析計（Carlo Erba NA-1500）と安定同位体比質量分析計（VG PRISM Series II）を直結したシステムで行った。

3. 結果と考察

（1）生態系構成の変遷について

① 植物プランクトン種の変遷

実験期間中に、Centrales（珪藻の円心目）、Pennales（珪藻の羽状目）、Pyrrophyta（炎色藻類）の主に3つの分類に属する80種以上の植物プランクトンが出現した。水深0m, 2.5m, 5mの3点の計測値を用いて0-5mの平均のセル数を種ごとに求め、さらに各分類の総和を求めた。その結果を図3に示し、0-5mの平均の栄養塩量を図4に示す。

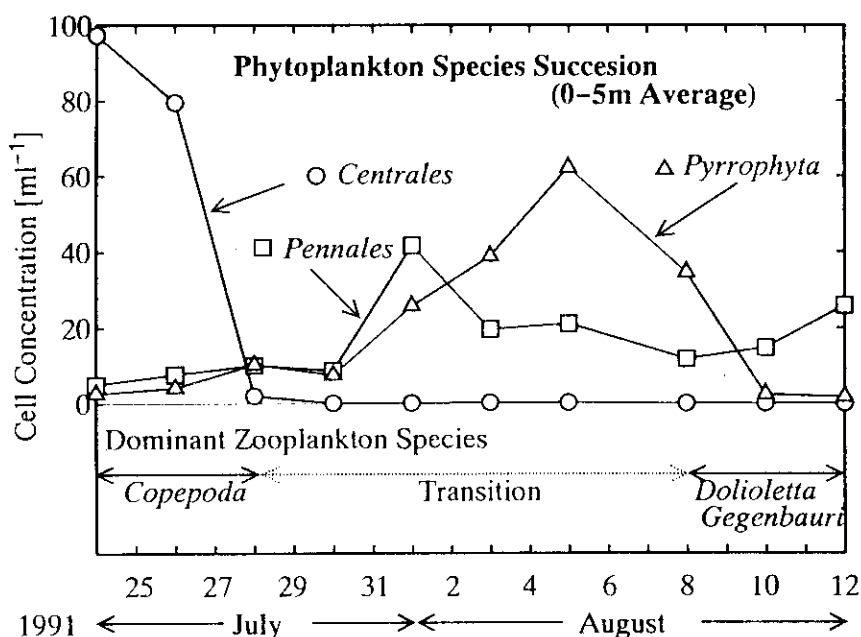


図3 実験期間中の優占植物プランクトン種（0-5m平均の固体数）

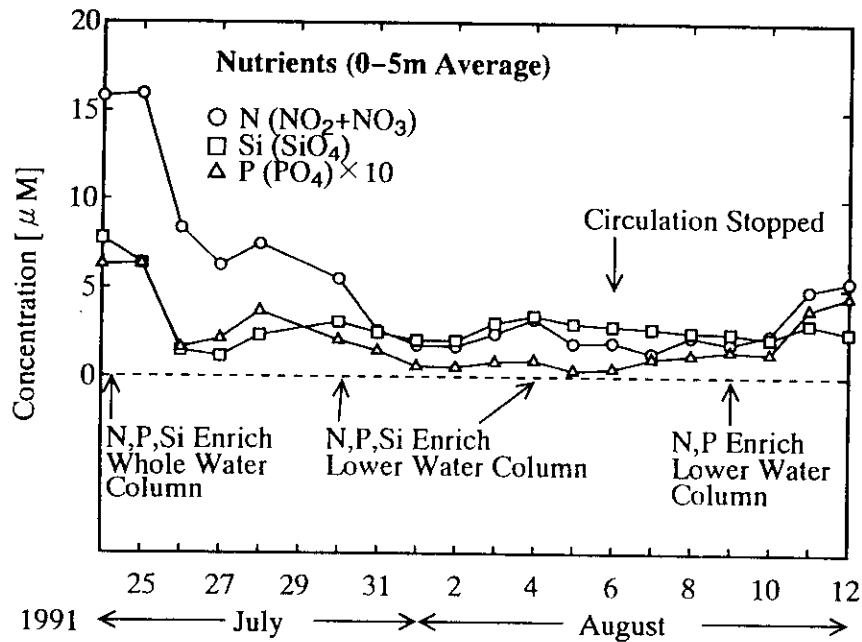


図4 栄養塩濃度の変遷 (0-5m層平均濃度)

図3より、Centrales, Pennales, Pyrrophyta, Pennalesの順で優占種が遷移したことがわかる。実験初期のCentralesからPennalesへの遷移は、大型で遊泳力のないCentralesが沈降した後、僅かに残されたシリカをPennalesが利用して増殖したためと考える。また栄養塩の枯渇した実験中盤のPennalesからPyrrophytaへの遷移は、遊泳力のあるPyrrophytaが下層の豊富な栄養塩を利用して増殖したためと考える。終盤のPyrrophytaの衰退は、下記に示す被囊類による捕食を受けたためと考える。

図5は0mの懸濁粒子に含まれるクロロフィルa、フコキサチン、ペリディニンの3つの色素の量変化を示している。フコキサチンはCentrales, Pennalesに、ペリディニンはPyrrophytaに特徴的

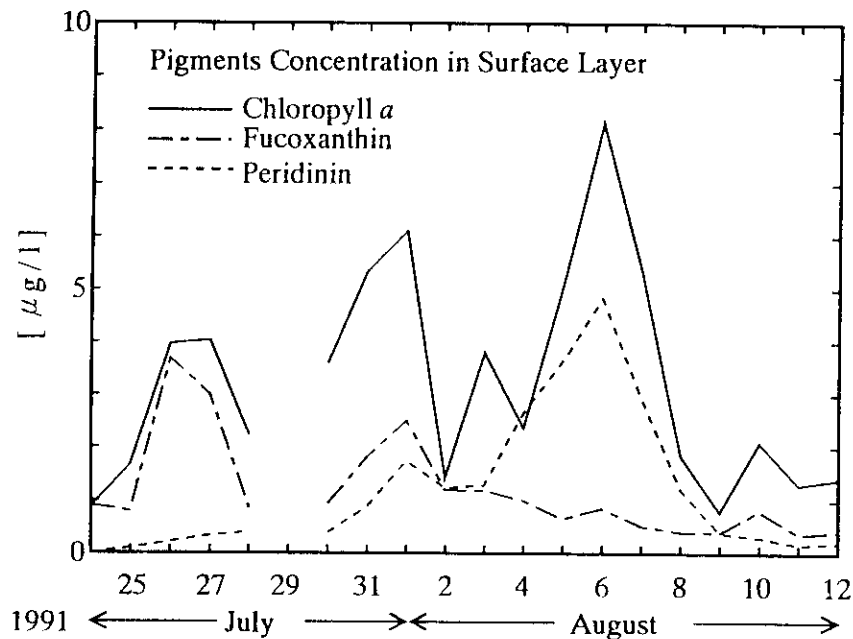


図5 懸濁粒子中の色素量の変遷 (0m)

な色素である。

図5と図3を比較すると、優占種の推移はフコキサチン、ペリディニンのピークによく一致しており、懸濁粒子中の色素によって、上記した分類のレベルで優占植物プランクトン種の変遷を追跡できる可能性を強く示している。

② 動物プランクトン種の変遷

実験開始後7月28日までは堯脚類が卓越し、中盤（7月28日から8月3日まで）においては堯脚類の急速な減少と、代わりに被囊類（*Dolioletta gegenbauri*）の増加が見られた。後期（8月3日以降）においては被囊類が単独優先となった。実験の初期に卓越した堯脚類が著しい減少した理由は明確ではないが、*Pennales*と*Pyrrophyta*が優占植物プランクトン種となった環境に、メゾコズム中に出現した堯脚類が適応しなかったことが推察される。

（2）諸形態炭素量の変遷

① POC・DOC・沈降粒子POCの現存量の変動

メゾコズムを0-5mと5-15mの2層に分け、0-5m層においては0m, 2.5m, 5mの計測値を、5-15m層においては5m, 7.5m, 10m, 15mの計測値を積分し、POC・DOCの現存量を求めた。またセディメント中POCの計測値から、水深5mと15mの面を通過する沈降POCフラックスを求めた。それらの結果を図6と図7に示す。メゾコズム中の透明度は、植物プランクトン量に伴って変動するが、実験期間を通して2.5~10mであり、0-5m層は光合成が、5-15m層は沈降・分解が卓越する層と位置づけられる。

図6および7より、POC・DOC・沈降POCの値が上述した生態系遷移にともなって変動する様子を見る事ができる。実験初期には0-5m層にPOCのピークが見られ、遅れて5-15m層にPOCのピークが見られる。これは表層で卓越した*Centrales*が沈降により表層から下方へと移動し、徐々に衰退した事を表している。また8月2日から8日にかけて再び0-5m層でPOCのピークが再び見られ、5-15m層においてもPOCが多い傾向にある。この期間においては、水深5m面および15m面の沈降POCフラック

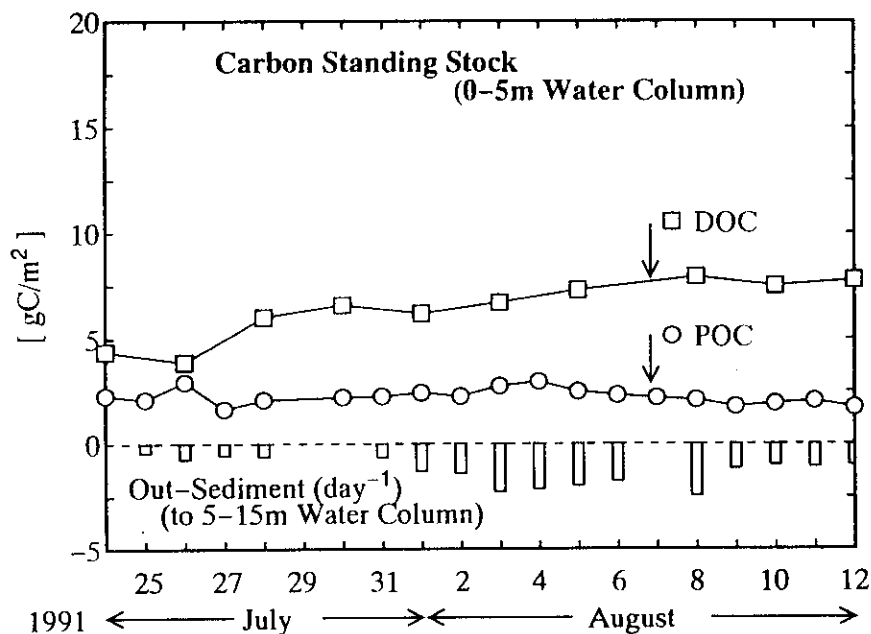


図6 POC・DOC・沈降粒子POCの現存量の変動（0-5m層積分）

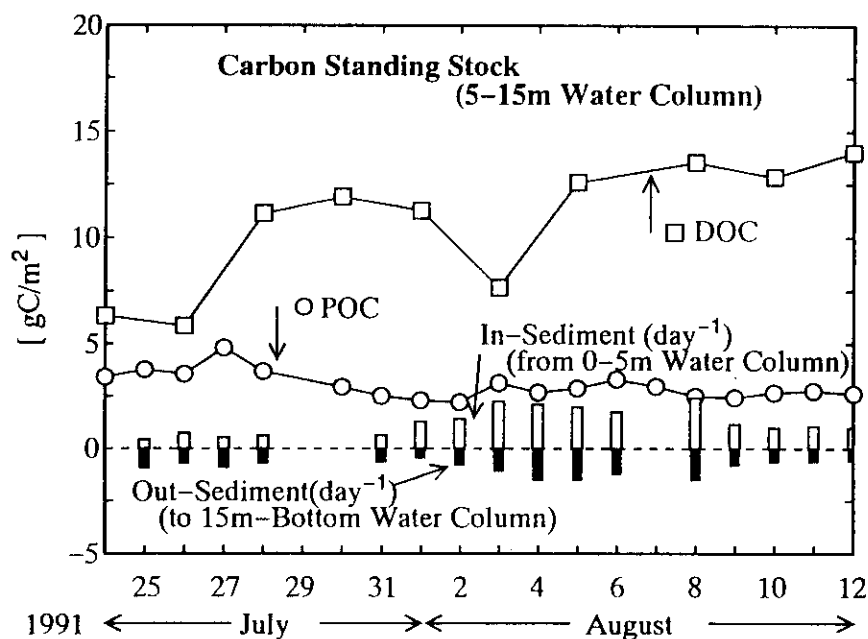


図7 POC・DOC・沈降粒子POCの現存量の変動 (5-15m層積分)

スも大きく、下層の栄養塩を用い得る *Pyrrophyta* が、表層の栄養塩が枯渇していても活発な光合成を行ったことがわかる。

② POCの組成

図8は0-5m層のPOCの組成変化を示している。植物プランクトン態POCは、(1)で述べた80種以上の植物プランクトンの個々のPOC量をStrathmannの式³⁾によって求め、積算した物である。動物プランクトン態POCは、100 μm 以上の画分のPOC (前節で述べたトレーサー実験の一部として計測した) に等しいと仮定した。図8より、0-5m層、5-15m層とも、植物プランクトン態POCと動物プランクトン態POCが影響を及ぼしあっている事があきらかである。例えば0-5mでは、初期には多くの植物

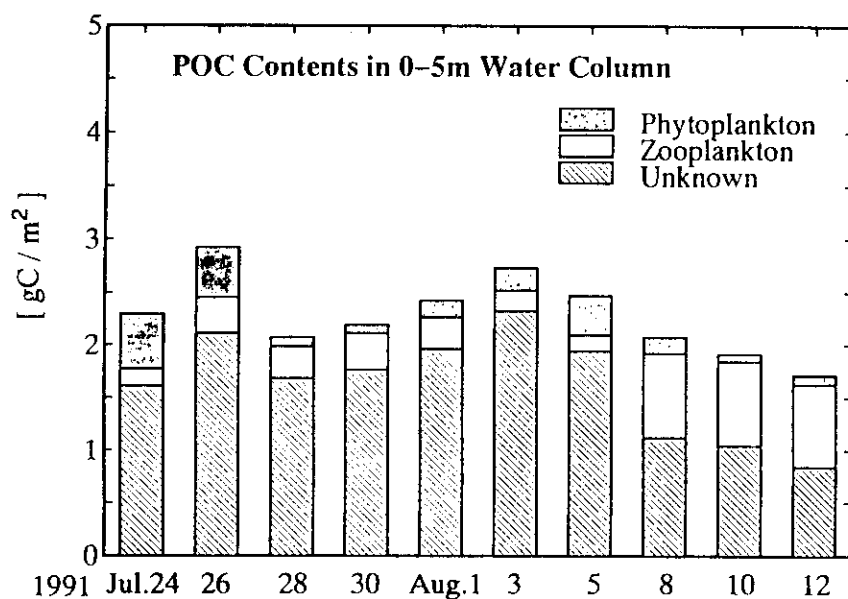


図8 POCの組成の変動 (0-5m層積分)

プランクトン態POCがあるが、その減少とともに動物プランクトン態POCも減少している。その結果植物プランクトン態POC増加し、動物プランクトン態POCの増加によって再び減少に向かうという様子が現れている。この図からも、生態系構成の変遷が炭素の現存量変化に大きな影響を与えている事が明かである。Unknown POCは、主に動物プランクトンの糞粒や生物遺体によって構成されていると考えられるが、POCに占める割合は大きく、その重要な役割が図8より推察される。

③ 光合成炭素のプール

POC・DOC・沈降POCのどのコンパートメントが光合成炭素のプールとなるか、という観点から図6から8を見ると、以下のことがわかる。

ア. 図6および7から、0-5m層および5-15m層とも、POCの最終値は初期値を下回っており、POC全体は光合成炭素のプールとなっていない。しかし、図8を見ると動物プランクトン態POCが大きく増加しており、動物プランクトン態POCが光合成炭素のプールになる可能性が示されている。

イ. 0-5m層および5-15m層とも、DOCの最終値は初期値を上回り（またほぼ単調増加の傾向にあり）、光合成炭素の大きなプールとなっている。

ウ. 水深5m面を通過する沈降POCフラックスの大きさは、0-5m層内のPOC現存量とほぼ同じオーダーであり、沈降POCフラックスが光合成POCの大きなプールとなっていることがわかる。

エ. 水深15m面の沈降POCフラックスは水深5m面の沈降POCフラックスの概ね0.7倍程度で推移し、水深5m面を通過する沈降POCが5-15mで活発に分解され、その結果5-15m層のDOCとしてプールされていると考えられる。

（3）光合成ループおよびバクテリアループによるPOC形成速度

① 粒径画分の意味について

(1)で述べたメゾコズム中に出現した優占植物プランクトンのうち*Centrales*は比較的大型であるが100um以下の粒径であり、従って植物プランクトンは全て20um画分あるいはGF/F画分に存在したと考える。また堯脚類および被囊類の動物プランクトンは、100um画分あるいは200um画分に存在したと考える。バクテリアの大部分はAnopore画分に（一部はGF/C画分に）、そしてバクテリア捕食性の微少動物プランクトンはおそらくGF/C、20um画分に存在したと推察される。

② DIC・DOCからPOCへの変換速度の定量

各粒径画分のPOC量と炭素安定同位体比の計測値を用い、DIC・DOCから各画分POCへの変換速度を求めた（定量はHama et alの方法⁴⁾に従った）。さらに各画分POCへの変換速度の総和および100um画分と200um画分への変換速度の合計を求めた。前者は、DIC起点の場合には総光合成量、DOC起点の場合には総バクテリア同化量（いずれの場合にも生物の呼吸・排泄による損失を含まないNet値）を4時間あたりの値として表し、後者はDIC起点の時にはその4時間に形成された光合成POCの中で動物プランクトンに補食された量、DOC起点の時にはその4時間に形成されたバクテリア同化POCの中で動物プランクトンに補食された量を4時間あたりの値として表す（真の捕食速度に対して過小な値であるが、捕食の挙動を表す指標となる）。結果を図9から図12に示す。

③ 光合成によるPOC形成速度（図9・10）

光合成は表層で卓越し、0.5mの値は10mの値の数十倍程度であった。0.5mの変動は、Chl. a濃度の変動と相関が強い。実験期間中の光合成速度の平均値は0.5mで155.2、10mで3.4（いずれもugC

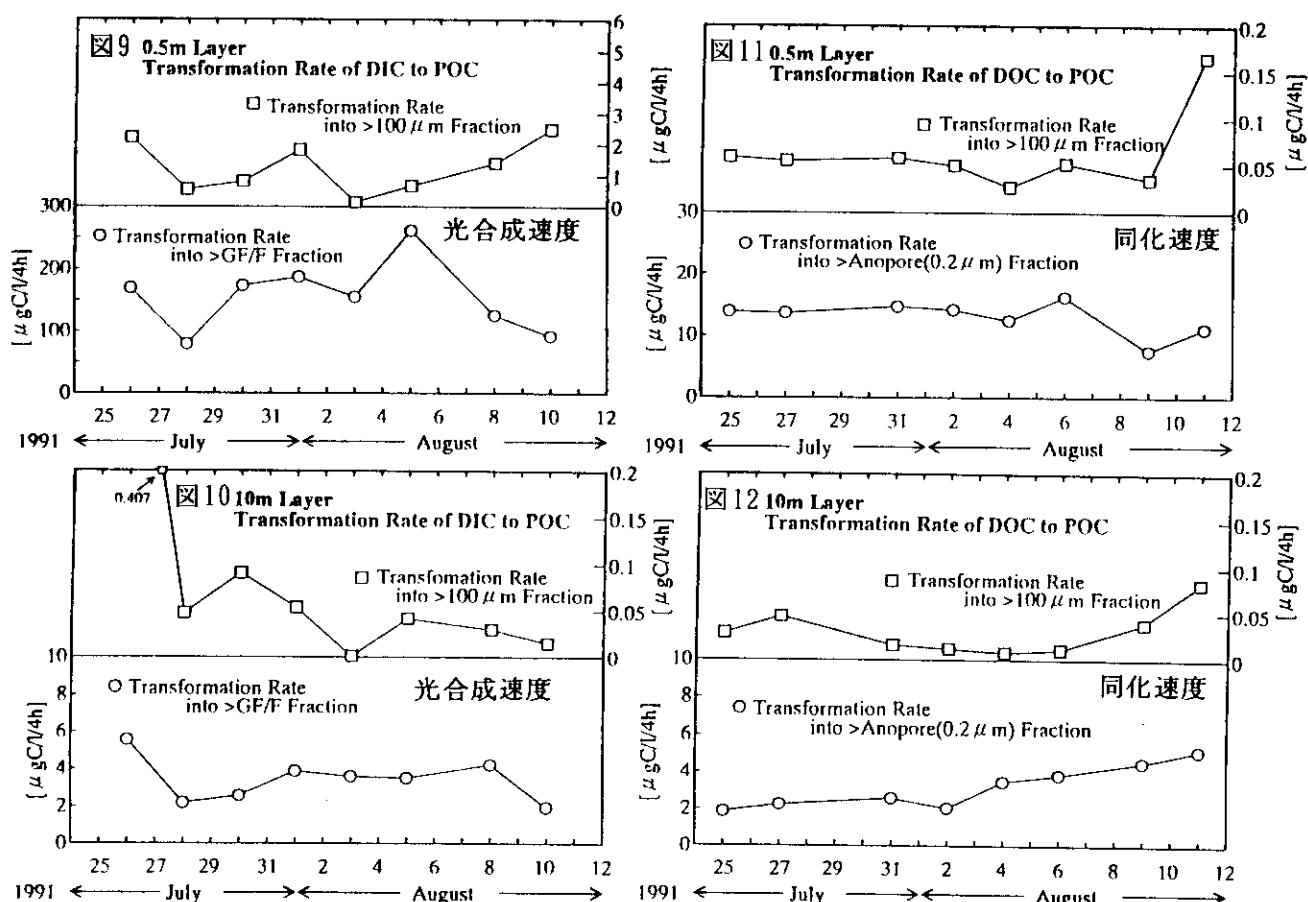


図9-12 0.5mおよび10mにおける光合成ループおよびバクテリアループによるPOC形成速度
(図9:光合成ループ0.5m, 図10:光合成ループ10m, 図11:バクテリアループ0.5m, 図12:バクテリアループ10m)

($\mu\text{C}/4\text{h}$)であった。この値が明期を代表するとし、かつ表層からの光合成速度の低減を指数近似した場合、0-5m層の光合成量は1227.3, 5-15m層は187.6 (いずれも $\text{mgC}/\text{m}^2/\text{day}$)となる。5m面を通過する沈降粒子中POCの実験期間平均値は1273.3 $\text{mgC}/\text{m}^2/\text{day}$ であるが、0-5m層の光合成量はこの値を下回っており、光合成によるPOC形成だけではメゾコズム中の炭素収支を説明できない。

④ バクテリアによる同化速度 (図11・12)

0.5mの値はほぼ一定、10mの値はDOCの増加に伴って増加している。光合成に比べて日変動が少なく、バクテリアループの活性は定常的と言える。また0.5mと10mの値の差は光合成の場合よりもかなり小さく、光合成の場合ほど深度方向の活性が低減しないと考える。実験期間中の同化速度の平均値は0.5mで12.92, 10mで3.03 (いずれも $\text{ugC}/\text{l}/4\text{h}$)であった。この値が明期・暗期を代表するとし、かつ表層からの低減を指数近似した場合、0-5m層のバクテリア同化量は299.6, 5-15m層は187.5 (いずれも $\text{mgC}/\text{m}^2/\text{day}$)となる。0-5m層の同化量は光合成量の2割以上を占め、③で述べたように、バクテリアループによるPOC形成を光合成ループに加えれば、初めてメゾコズム中の炭素収支が説明できる。一方、5-15m層の同化速度は光合成速度とほぼ同等であり、バクテリアループの役割が特に下層で大きいことが明かとなった。

⑤ 動物プランクトンによる捕食 (図9-12)

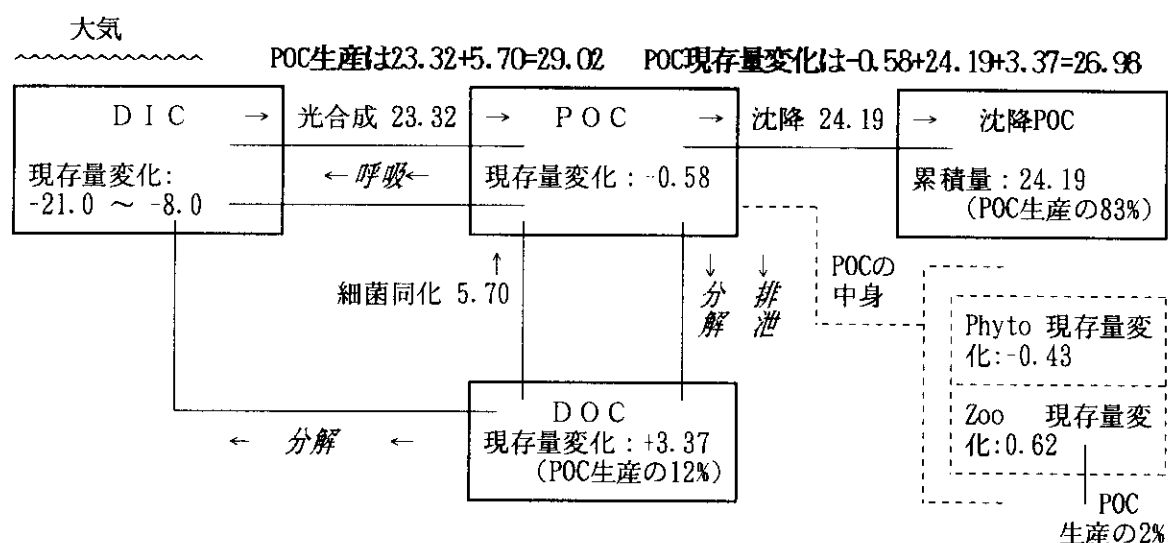
動物プランクトン種・固体数の変動により、光合成POCの捕食・バクテリア同化POCの捕食とも変

動しているが、0.5mで光合成POCの捕食が大きく優り、10mではほぼ同等の値を示す傾向が見られる。動物プランクトンの栄養源として、下層のバクテリア同化POCが大きな役割を果たすことが推察される。

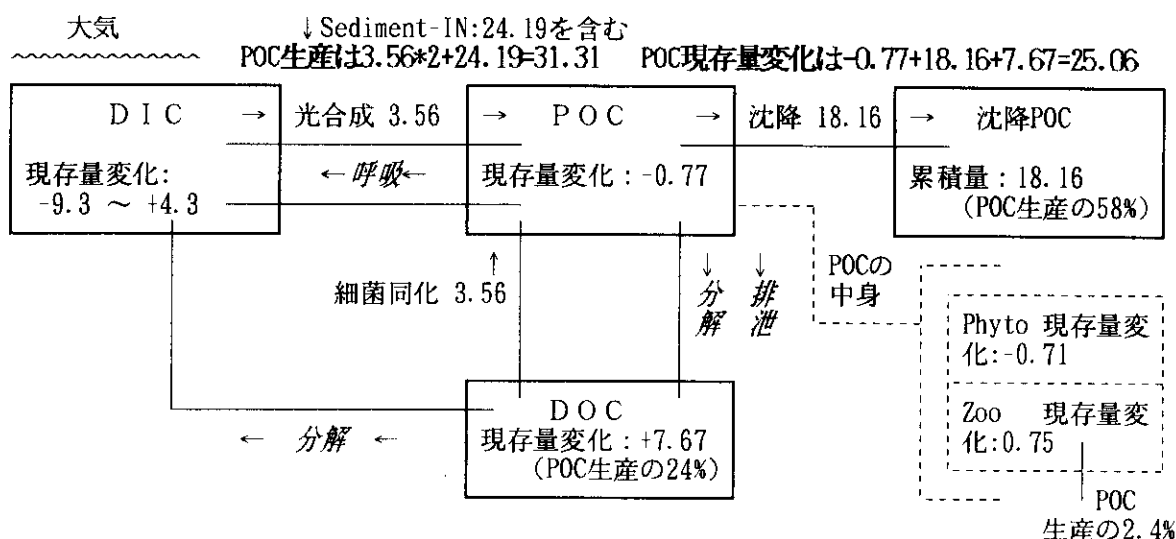
(4) 炭素収支

0-5m層と5-15m層の実験19日間の炭素収支を図13に示す。POC・DOCの現存量変化は、図6・7中の最終値と初期値の差から求めた。沈降POCは、図6・7中の沈降POCフラックスを積算して求めた。DICの計測値は±3%程度の誤差を含むため、(2)の解析には含めなかったが、ここではPOC・DOCと同様に最終値と計測値の差を求め、幅のある値として求めた。光合成量および細菌同化量については、

0-5mについて：数字はすべてgC/m²



5-15mについて：数字はすべてgC/m²



注1) 斜体文字は解析中。

注2) DICの現存量変化は±3%の測定誤差を含む参考値。

図13 実験19日間の炭素収支

図9-12で示した4時間あたりの速度を、(3)で示した方法で日あたりの値に直し、19日分の積算を行った。POCの中身については、図8中の最終値と初期値の差から計算した。また、各コンパートメントが総POC形成量（光合成と細菌同化の和）に占める割合を図中に示した。生物の呼吸速度、POCやDOCの分解速度については解析中であり、図中に含めていない。

図13はNetのPOC形成とPOCの現存量変化を比較したものであり、図中に示したように、収支はある程度とれていた。安定同位体を用いたトレーサー実験の空間頻度を上げれば、さらに収支はよく合うと考える。

この図より、沈降POCとDOCが形成されたPOCのプールとなり、特に沈降POCの役割が大きいことが明かである。中でも0-5m層の沈降POCは、総POC形成の83%を占め、大きな割合を果たしている。5-15m層においては沈降POCの占める割合が58%に低減するが、代わりにDOCの占める割合が増加している。これは(2)で述べたように、5m面を通過する沈降POCが5-15m層で活発に分解されているためと考える。また、0-5m層、5-15m層とも動物プランクトン態POCの現存量変化が総POC形成の2%以上を占め、動物プランクトンが沿岸域の炭素循環に果たす役割の重要性を表している。

(5) 沈降粒子の生成要因

沈降粒子の生成要因を調べるために、水深5m面通過する沈降懸濁粒子中の色素（クロロフィルa、フェオ色素）量を調べた。沈降懸濁粒子中のクロロフィルa量は、捕食を受けることなく沈降した植物プランクトンの量に対応し、フェオフィチン、フェオフォルバイドなどのフェオ色素量は動物プランクトンによる捕食を受けた植物プランクトン量に対応する⁵⁾。

水深5m面を通過する沈降懸濁粒子中の、クロロフィルaとフェオ色素の和は平均 $8.6\text{mg/m}^2/\text{day}$ （max 19.1, min 0.8）であり、このうちフェオ色素は平均 $3.0\text{mg/m}^2/\text{day}$ （max 6.0, min 0.4）でありクロロフィルaは平均 $5.5\text{mg/m}^2/\text{day}$ （max 13.1, min 1.5）であった。この結果より、沈降する植物プランクトンのうち、捕食を受けた後にペレットとして沈降するものは、捕食を受けることなく沈降するものの約半分を占める事がわかった。動物プランクトンは沈降粒子の生成においても、大きな役割を果たす事が明かとなった。また、沈降懸濁粒子中の色素組成により、沿岸域や水深の浅い大陸棚での鉛直物質フラックス組成を推定できる可能性が示された。

(6) 大気及び海洋の二酸化炭素分圧計測

大気-海洋の二酸化炭素交換を支配している大気及び海水中の二酸化炭素分圧の連続測定を行った。メゾコズムのポンツーン上に設置した温度制御ボックス内に、海水CO₂平衡器及びNDIR方式CO₂測定装置を接続した。海水をポンプにより連続的に海水CO₂平衡器に導入し、NDIRとCO₂平衡器とを循環させている空気内のCO₂分圧と平衡状態にすることにより、海水中の二酸化炭素分圧の測定を行った。

海水を平衡器に導入させる配管や平衡器内への藻類・貝の付着、およびそれらの増殖を防ぐための検討を重ね、大気中および海水中のCO₂濃度を連続測定するシステムを完成させた。

4. 本研究のまとめ

隔離実験生態系である海洋メゾコズムの構築手法を確立し、化学・生物学的な環境条件と炭素を

中心とした親生物元素の循環について検討した。特に、炭素の循環については、植物プランクトン種・固体数、および動物プランクトン種・固体数の変動にともなう諸形態現存量の変化、光合成ループおよびバクテリアループによる循環速度の変動などを明らかにする事ができた。その結果を総合化して炭素収支を求め、沿岸域の炭素循環において、沈降POCフラックスの挙動、DOCの生成とバクテリアによる同化などが大きな役割を果たしている事を明らかにした。特に近年大きな話題となっているバクテリアによるPOC形成量は、光合成によるそれに対し、メゾコズムの0-5m層では2割を占め、また5-15m層では同等である事が明かとなった。さらに深い系を考える場合、バクテリアループの役割は増大すると考える。さらに、沈降懸濁粒子中の色素から、動物プランクトンの排泄物がメゾコズム内の鉛直循環フラックスに大きな影響を与えている事を明らかにした。また、大気中および海水中の二酸化炭素分圧を連続測定するシステムを完成させた。

5. 今後の課題

本報告では、POCの形成・収支を中心として解析を行い、沿岸域の生物化学的炭素循環について多くの事を明らかにしたが、その結果をDICの消費（光合成）と生成（生物の呼吸、および大気からの吸収）と関連付けた解析は課題として残された。DICの計測精度の向上、生物の呼吸・分解速度の定量化を推進し、また4.の(5)で示した大気・海洋の二酸化炭素分圧測定の結果も活用する必要がある。また4.の(3)・(4)では動物プランクトンによる捕食・排泄の役割の大きさを示したが、今後さらに種・固体数の変動と関連付けた定量的解析を進める必要がある。

引用文献

- 1) Grice, G.D. and Reeve, M.R., 1982, Introduction and Description of Experimental Ecosystem. In Marine Mesocosms. [Eds.] Grice & Reeve, Springer-Verlag, New York
- 2) Riemann, B.O., Nielsen, T.G., Bjornsen, P.K. and Pock-Steen, J., 1988, Regulation of Phytoplankton Biomass in Estuarine Enclosures., Mar. Ecol. Prog. Ser., Vol.48, 205-215
- 3) Strathmann, R.R., 1967, Estimating the Organic Content of Phytoplankton from Cell Volume or Plasma Volume., Limnol. Oceanogr., 411-418
- 4) Hama, T., Miyazaki, T., Ogawa, Y., Iwakuma, T., Takahashi, T., Otsuki, A. and Ichimura, S., 1983, Measurement of Photosynthetic Production of a Marine Phytoplankton Population Using a Stable ^{13}C Isotope, Mar. Biol., 73:31-36
- 5) Welshmeyer, N.A. and Lorenzen, C. J., 1985, Chlorophyll Budgets: Zooplankton Grazing and Phytoplankton Growth in a Temperate Fjord and the Central Pacific Gyres., Limnol. Oceanogr., 30(1), 1-21

研究発表の状況

- 1) Kohata, K., Watanabe, M. and Yamanaka, K., 1991, Highly Sensitive Determination of Photosynthetic Pigments in Marine in situ Samplers by High-performance Liquid Chromatography., J. Chromatogr., 558, 131-140
- 2) 渡辺正孝, 1992, 海に作った閉鎖生態実験系, 日経サイエンス, 22-5, 20-25
- 3) 功刀正行・木幡邦男・渡辺正孝・藤森知郎・佐藤一省, 1992, 炭素循環における海洋の役割 -閉鎖実験系における大気海洋間交換と取り込み-, 第33回大気汚染学会
- 4) 越川海・原田茂樹・渡辺正孝・木幡邦男・築比地宗彰・佐藤一省, 1993, ^{13}C トレーサーを用いた海洋メゾコズム中のCarbon-Cycleに関する研究: その1 DI^{13}C を起点とする炭素フローのボトル培養による追跡, 1993年度海洋学会春期大会講演要旨集, 351-352
- 5) 越川海・原田茂樹・渡辺正孝・木幡邦男・築比地宗彰・佐藤一省, 1993, ^{13}C トレーサーを用いた海洋メゾコズム中のCarbon-Cycleに関する研究: その2 DO^{13}C を起点とする炭素フローのボトル培養による追跡, 1993年度海洋学会春期大会講演要旨集, 353-354
- 6) 原田茂樹・渡辺正孝・木幡邦男・越川海・佐藤一省, 1993, ^{13}C トレーサーを用いた海洋メゾコズム中のCarbon-Cycleに関する研究: その3 $\text{DIC}\cdot\text{DOC}$ から POC への変換と諸形態炭素量の変遷, 1993年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 135-136
- 7) 原田茂樹・渡辺正孝・木幡邦男・庵谷晃・越川海, 1994, 海洋メゾコズム中の生態系遷移と炭素循環に関する研究: 1. 藻類種の変遷と諸形態炭素量の変遷, 第28回日本水環境学会年会
- 8) 越川海・原田茂樹・渡辺正孝・木幡邦男・佐藤一省, 1994, 海洋メゾコズム中の生態系遷移と炭素循環に関する研究: 2. ^{13}C トレーサーを用いた炭素の形態変化, 第28回日本水環境学会年会