

## 平成 15 年度海洋環境モニタリング調査結果について（要約）

### 1. 背景と目的

平成 6 年に国際的に発効した国連海洋法条約は、領海、公海、排他的経済水域、深海底、海洋環境の保全など、海洋の利用に関する問題一般を包括的に規律している条約で、この中で海洋に面する締約国には管轄権が生じる領海、排他的経済水域海域などの海洋環境の保全に必要な措置をとることを求めています。この条約は、平成 8 年 7 月に我が国においても発効し、我が国も我が国の排他的経済水域内の海洋環境保全に責務を有することとなりました。環境省においては、我が国に課せられたこの責務を果たす一環として、平成 10 年度から、汚染物質の影響、大気経由の海洋への負荷の影響、海洋のバックグラウンドの汚染状況等を確認することを目的として、海洋環境モニタリング調査を海洋環境モニタリング調査検討会（座長：中田英昭長崎大学教授）の指導の下に実施してきました。

平成 15 年度においては、陸域起源の汚染に注目した調査と廃棄物の海洋投入処分による汚染に注目した調査、および C-5 測点付近の PCB 汚染に注目した調査を実施しました。陸域起源の汚染に注目した調査では、特に大きな汚染原因が存在すると考えられる内湾や沿岸から、その沖合に向かっての汚染物質の分布や濃度勾配を把握することで、陸域起源の汚染原因が海洋環境にどのような影響を与えているかを把握することを目的としています。廃棄物の海洋投入処分による汚染に注目した調査では、廃棄物の海洋投入処分に起因する海洋汚染の発生の有無を確認することを目的としています。

また、ダイオキシン類やポリ塩化ビフェニル（PCB）などの残留性有機汚染物質については、既に国内法の整備などが行われており、また、平成 16 年 5 月に発効した「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs 条約）」により、国際的にも対策が進められていることから、このような点も視野に入れつつ調査を実施しています。

これに関連して、本モニタリングで継続的に調査を実施している C-5 測点付近において、これまでの調査で堆積物から 1000ng/g-dry を超える高い値の PCB が繰り返し検出され、何らかの PCB 負荷源が海底付近に存在していると想定されてきました。本年度は、負荷源の位置及び起源の特定を目的として、C-5 測点周辺の海域において詳細調査を実施しました。

### 2. 調査内容

海洋環境モニタリング調査は、昭和 50 年度から平成 6 年度まで実施されていた日本近海海洋汚染実態調査（以下、日本近海調査）で得られた成果に基づいて、調査内容を追加・拡充したものとなっています。具体的には、検討会の意見を踏まえてまとめられた「海洋環境モニタリング調査指針（平成 9 年度環境庁）」に基づき、日本近海調査においても行われてきた水質調査、底質調査、プラスチック類等調査を拡充するとともに、生体

濃度調査や生物群集調査を追加しています。

水質調査、底質調査、生体濃度調査ではそれぞれ、海水、海底の堆積物、海洋生物体内における重金属類（カドミウムや水銀など）や有害性の高い有機化学物質（PCB やダイオキシン類など）などの濃度を測定しています。

このうち、生体濃度調査は、陸域起源の汚染を対象とした調査においては、沿岸の潮間帯・海底に生息する生物としてイガイ類、沿岸の海底付近に生息する生物として底生性サメ類、沖合の表層付近に生息する生物としてイカ類、沖合の中層から底層にかけて生息する生物としてタラ類、沖合の海底付近に生息する生物として甲殻類を、それぞれの海域・水深における生物相を代表する生物として選んでいます（図 2）。

廃棄物などの海洋投入処分による汚染を対象とした調査では表層から中層にかけて生息する種としてハダカイワシ類（魚類）やエビ類（甲殻類）に代表される、遊泳して生活する小型生物（学術的にマイクロネクトンに分類される生物）を対象としました。

生物群集調査では、海底で生活する微小生物（学術的にメイオベントスに分類される生物）を対象として、その種類組成などの変化を調べています。

プラスチック類等調査では、海面を漂流するプラスチック類等のゴミが、沿岸から沖合に向かってどの様に分布しているかを把握します。

なお、このモニタリング調査が対象としている海域（我が国の排他的経済水域内）は非常に広大であり、すべての海域を 1 年で調査することが困難であることから、日本周辺の海域を 3～5 年で一巡するように調査計画を立てています。これらの調査を積み重ねることにより、経年的な海洋環境の変化を捉えるとともに、我が国周辺海域を一巡するごとに、海洋環境の実態について総合的な評価を行うことが可能となると考えられます。

一方、C-5 PCB 調査では、堆積物中の PCB の水平分布、鉛直分布、異性体組成について調査を行いました。本調査の試料は、白山検討員らの研究グループおよび東京大学海洋研究所淡青丸のご協力を得て採取しました。

### 3. 調査結果の概要

調査した海域は図 1 のとおりです。水質調査、底質調査、生体濃度調査の測定項目は表 1 のとおりです。このうち直鎖アルキルベンゼンの分析は東京農工大学高田研究室に依頼しました。陸域起源の汚染を対象とした調査における生体濃度調査の試料は別途、親潮域、黒潮域、東シナ海域、日本海域で捕獲されたものを買い取り等により入手しました（図 2）。C-5 PCB 調査の測点は図 3 のとおりです。測点は、これまでの調査により負荷源に近いと考えられた地点（KC7）を中心に配置し、さらに C-6 測点付近に対照点（MT2）を配置しました。各測点における測定項目は表 1 のとおりです。

### 3.1 陸域起源の汚染を対象とした調査

#### (1) 水質調査の結果 (図 4)

重金属類のうち、C 測線のカドミウムと銅は、沿岸で高く沖合で低くなっていました。特にカドミウムではこの傾向が顕著で、これは陸域からの負荷を反映したものと考えられました。それ以外の物質については、岸から沖合方向にはっきりとした濃度勾配は認められませんでした。なお、総水銀の値が日本近海調査よりも全体的に低くなっているのは、環境中の濃度が減少したというよりは、分析時のコンタミネーション（実験室の空気や、使用する純水、試薬、ガラス器具などから対象とする測定項目が混入すること）が減少したためと考えられました。

PCB の値が全体的に日本近海調査の結果よりも低くなっているのは、主として分析法の改良によるものと考えられました。ただし、大阪湾奥では、陸域からの負荷の減少も要因となっていると推察されました。

HCH は検出下限値を下げたことにより、C 測線において、大阪湾内の測点で高く、沖合寄りの測点で低くなっていることが今回明らかとなりました。大阪湾内の測点が高くなっていたのは、淀川水系からの負荷を反映している可能性があると考えられました。

ダイオキシン類は、C 測線において、大阪湾内の測点で高く、沖合寄りの測点で低くなっていました。大阪湾奥で高いのは、陸域からの負荷を反映したものと考えられました。

なお、今回調査した項目のうち、海水中的カドミウム、鉛、総水銀、PCB、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、およびダイオキシン類については環境基準が設定されています。これらの基準と本モニタリング結果を比較すると、すべての項目で基準値以下となっていました (表 2)。

#### (2) 底質調査の結果 (図 5)

C 測線の重金属類については、カドミウムと鉛、総水銀は、沿岸寄りで高く、沖合寄りで低くなっていました。全クロムは沿岸から沖合までほぼ同様でした。一方、銅は最も沖合に位置する C-8 で高い値を示しました。一方、D 測線の重金属類については、D-3 でカドミウム、鉛、銅、総水銀が高く、D-5 で銅が高くなっていたのが特徴的でした。

陸域からの負荷があまり及んでいないと考えられる C-6~8、D-1~5 では、水深が増加するにつれて銅の値が高くなる傾向が見られました。銅は深度が増すにつれて溶解と再吸着が起こっている可能性があります。すなわち、C-8 や D-5 で銅の値が高くなっていたのは、自然起源と推定されました。

D-3 は沖縄トラフ（南西諸島の北西側海底に並行して走る溝状の地形）に位置しています。データの再現性がよいこと、付近に人為的な汚染源が想定できないことから、カドミウム、鉛、銅、総水銀が高くなっていたのは、地質に由来するもの（熱水起源）と

考えられました。

有機化学物質についてみると、C 測線では PCB、ダイオキシン類、ブチルスズ化合物、ベンゾ(a)ピレンは、C-5 を除き沿岸寄りが高く沖合寄りで低くなっており、陸域からの負荷を反映していると考えられました。C-5 では従来から PCB の高い値が繰り返し検出されています(3.3 参照)。C-5 のダイオキシン類の値は、コプラナ PCB が突出して高くなっており、これは上述の PCB に由来するものと推定されます。フェニルスズ化合物は C-7 において高くなっていました。D 測線の有機化学物質は全て C 測線の沖合域と同様の低い値となっており、陸域からの負荷は検出されないレベルであることが分かりました。

直鎖アルキルベンゼン及びコプロスタノールは、それぞれ下水及びし尿に多く含まれる物質であり、これらによる汚染の状況を示す指標として平成 10~13 年度に下水、し尿の海洋投入処分海域において調査を行ってきました。ただし、これら 2 種類の化学物質は陸域からの負荷により海中濃度が増加する可能性もありますので、本年度の調査ではその影響の程度を把握する目的で、C 測線、D 測線においてこれらの物質の濃度を測定しました。

直鎖アルキルベンゼンは、大阪湾奥の C-1 で高くなっていた他は定量下限値未満となっていました。コプロスタノールは、C 測線では沿岸で高く沖合では低くなっていました。D 測線では C 測線沖合域と同様の低い値となっていました。直鎖アルキルベンゼン、コプロスタノールとも、D 測線の値がバックグラウンドレベルと考えられました。

なお、今回調査した項目のうち、堆積物中の全水銀と PCB については底質の暫定除去基準が、ダイオキシン類については環境基準が設定されています。これらの基準と本モニタリング結果を比較すると、すべての項目で基準値以下となっていました(表 3)。

### (3) 生体濃度調査の結果

海洋環境モニタリング調査の特徴の一つが、海洋生物体内の重金属類や有機化学物質などの濃度を調べる生体濃度調査の実施です。重金属類や有機化学物質の中には、海水や底質よりも生物体内に蓄積される性質のものがあります。これらの物質が海水や底質を分析しても検出できない程度のわずかな量しか存在しない場合であっても、生物を試料とすることで検出できる場合もあり、生体濃度調査は極微量の重金属類や有機化学物質が海洋環境の中でどの様に分布しているのかについて現状を把握するための有効な手段です。

重金属類や有機化学物質は、筋肉部よりも肝臓部に高濃度に蓄積されやすい性質があるため、これらがより高感度に検出できるように、底生性サメ類、イカ類、タラ類については肝臓部を分析部位としました(PCB とダイオキシン類については、他の調査との比較のため、肝臓部だけでなく筋肉部も同時に分析しています)。イガイ類と甲殻類に

についてはそれぞれ軟体部、筋肉部を分析部位としました。

平成 15 年度の生体濃度調査結果を、平成 10～14 年度の平均値および検出範囲とあわせて図 6 に示しました。有明海のイガイ類（軟体部）の銅、東シナ海域のイカ類（肝臓部）のフェニルスズ化合物については、これまでよりもやや高い値を示しましたが、全体的な傾向としては、過去 5 年間の値と同等の値を示しており、汚染の進行は認められませんでした。引き続き調査を続け、長期的な変化を追跡していくこととします。

平成 15 年度の調査における筋肉部もしくは軟体部の PCB およびダイオキシン類は、環境省等が別途実施している調査の範囲内の値でした。

#### (4) 生物群集調査結果

メイオベントス群集調査結果を図 7 に示しました。今年度の調査からマルチプルコアラを用いたサンプル採集を行っており、定量性の高い結果が得られていると考えられます。

C 測線における個体数は、C-3 で最も多くなっており、そこから沖合に向かうにつれて減少していました。一般的に、水深の深い海域ではメイオベントスの個体数は少くなる傾向が見られ、C 測線でも同様の傾向となっていました。D 測線では大陸側から沖合側にかけて個体数が減少しており、これも水深の増加傾向と一致していました。

C-1 測点においては、線虫類の個体数に対するカイアシ類の個体数の比（N/C 比）が、他の測点と比較して高くなっていました。これは、同測点において貧酸素水塊が他の測点よりも高い頻度で発生していることに起因していると考えられました。

#### (5) プラスチック類等調査（図 8）

平成 14 年度の調査においてはネットの曳網方法に問題があり採取個数が少なかったため、平成 15 年度の調査では改善を行いました。その結果、平成 15 年度の調査では C 測線、D 測線の平均値はそれぞれ 97,000 個/km<sup>2</sup>、100,000 個/km<sup>2</sup> であり、過去の調査結果の値 50,000 個/km<sup>2</sup>（平成 12 年度）および 140,000 個/km<sup>2</sup>（平成 11 年度）とほぼ同等でした。

C 測線では、C-7 で最も多くの数量の浮遊性プラスチック類が観測されました。D 測線では、採取個数は D-4 で最も多く観測されました。

### 3.2 廃棄物等の海洋投入処分による汚染を対象とした調査

投入処分海域における影響把握は、投入処分が実施されている海域（投入点）と、投入処分の影響を受けていないと想定した同水深帯の海域（対照点）の比較により行いました。

#### (1) 有機性汚泥、無機性汚泥などの投棄を認めている海域（海洋汚染防止法上の B 海域として規定されている海域）

この海域では非水溶性の廃棄物は調査時点では投入処分実績がなく、水溶性の有機性廃棄物の投入実績がありました。海水中の有機物の指標となる、全有機態炭素、全有機態窒素、全リンは、投入点 X-2-2 と対照点とで概ね同様の値となっていました（図 9（1））。なお、投入処分 B 海域には海洋投入処分基準に適合した廃棄物のみ投入処分が実施できます。この基準は、投入処分後、すみやかにその現場海域が水質、底質の環境基準を満たすことができる設定となっています。基準値適合の面からみると、本調査で得られた水質調査結果の値は、すべて環境基準値以下となっていました。

底質の調査結果は図 10 のとおりです。X-2-2 の堆積物には、直径数 mm～1cm 程度のレキが多数混入しており、これらのレキをフルイで除去してから粒度分析や化学分析を行いました。

PCB は X-2-2 および、その西方の対照点 X-2-2W でやや高くなっており、これらの値は大阪湾と同等のレベルでした。

有機スズ化合物については、X-2-2 において、他の地点と比較して非常に高い濃度のブチルスズ化合物（410ng/g-dry）およびフェニルスズ化合物（120ng/g-dry）が検出されました。これらの値は大阪湾奥の測点 C-1 よりも 1～2 桁程度高くなっていました。その他、対照点 X-2-2E および X-2-2W においても C-1 よりも高い値のフェニルスズ化合物が検出されました。

直鎖アルキルベンゼン及びコプロスタノールは、それぞれ下水及びし尿に多く含まれる物質であり、これらによる汚染の状況を示す指標になります。直鎖アルキルベンゼンは X-2-2 においては検出されませんでした。一方、コプロスタノールは X-2-2 において対照点よりも高くなっていました。この値は、バックグラウンドと考えられる D 測線の値に比べて高く、投入処分に由来する可能性があると考えられました。

生体濃度調査は今年度はじめて IKMT（アイザックキッド中層トロール：海中を水平または斜めに曳いて大型の動物プランクトンやマイクロネクトンを採集するネット）を導入し、X-2-2、X-2-2N（C-8）において試行的にマイクロネクトンの採取を行いました。X-2-2 における湿重量あたりの PCB の値は X-2-2N（C-8）と同様となっていました（図 11）。

生物群集調査はメイオVENTOSを対象としました（図 12）。X-2-2 で最も個体数が少なくなっていました。上述のとおり、同測点の堆積物には直径数 mm～1cm 程度のレキ

が多数混入していました。X-2-2 でメイオベントスの個体数が少なくなっていたのは、これが原因となっている可能性があると考えられます。

(2) 有機性汚泥などの投棄を認めている海域（海洋汚染防止法上の C 海域として規定されている海域）

海水中の有機物の指標となる、全有機態炭素、全有機態窒素、全リンは、投入点 Y-3-2 と対照点とで概ね同様の値となっていました（図 9(2)）。なお、投入処分 C 海域には海洋投入処分基準に適合した廃棄物のみ投入処分が実施できます。この海洋投入処分基準は、投入処分後、すみやかにその現場海域が水質、底質の環境基準を満たすことができる設定となっています。基準値適合の面からみると、本調査で得られた水質調査結果の値は、すべて環境基準値以下となっていました。

底質の調査結果は図 10 のとおりです。ダイオキシン類は Y-3-2 において総量でやや高くなっていました。

有機スズ化合物については、Y-3-2 において、他の地点と比較して非常に高い濃度のフェニルスズ化合物（3800ng/g-dry）が検出されました。フェニルスズ化合物の値は大坂湾奥の測点 C-1 よりも 3 桁程度高くなっていました。その他、同測点において C-1 の 2 倍程度の値のブチルスズ化合物が検出されました。

直鎖アルキルベンゼンは、Y-3-2 においては検出されませんでした。一方、コプロスタノールは Y-3-2 において対照点よりも高くなっていました。この値は、バックグラウンドと考えられる D 測線の値に比べて高く、投入処分に由来する可能性があると考えられました。

生体濃度調査は、Y-3-2 において試行的にマイクロネクトンの採取を行いました。湿重量あたりの PCB の値は X-2-2、X-2-2N（C-8）と同様となっていました（図 11）。

生物群集調査はメイオベントスを対象としました。Y-3-2 で個体数が少なくなるような傾向は見られませんでした（図 12）。

以上のように、X-2-2 および Y-3-2 の堆積物から、他の地点と比較して非常に高い濃度の有機スズ化合物が検出されました。これを踏まえて、平成 16 年度に X-2-2 および Y-3-2 の再調査を行ったところ、高い濃度の有機スズ化合物が再び検出されました（速報値を別添）。これらのことから、X-2-2 および Y-3-2 の堆積物中に周囲よりも高い濃度の有機スズ化合物が存在していることが確認されました。ただし、いずれも沖合の水深 4000m 級の海底であり、漁場として利用されていないため、海底付近の魚介類をヒトが直接摂取することはなく、この海底付近で有機スズ化合物を濃縮した生物が、表層あるいは沿岸にて漁獲されるヒトの食用となる魚介類に直接捕食される可能性も低いと考えられます。これらのことから、直ちに人の健康に影響を及ぼす可能性は低いと考えられますが、今後汚染の

拡大を監視する適切なモニタリングが必要と考えられます。

### 3.3 C-5 PCB 調査

#### (1) 水平分布

表層堆積物における PCB の値は、当初の想定どおり KC7 が最も高い値 (2300ng/g-dry) を示しましたが、その西側に位置する KC4 も同等の高い値 (2000ng/g-dry) を示しました (図 13)。対照点 MT2 では 16ng/g-dry でした。これまでの調査結果では、KC4 の西側および北側における PCB の値は 120ng/g-dry 未満となっていました (図 14)。周辺の地形は海底谷となっており、KC4 から KC7 にかけて落ち込む急斜面となっています。このため、従来想定してきた KC7 付近ではなく、KC4 近辺に負荷源が存在しており、そこから斜面下方に向けて汚染が拡がっていると考えられました。

#### (2) 鉛直分布

負荷源に近いと考えられる KC7 では、0~0.25cm 層の値は 820ng/g-dry と高く、深度を増すにつれて増加し、0.5~0.75cm 層では最大 4000ng/g-dry の値を示し、その後は深度が増すにつれて減少していました (図 15)。一方、負荷源からやや離れていると考えられる KC9 では表層 0~0.25cm 層の値は 62ng/g-dry と相対的に低く、深度を増すにつれて増加し、0.75~1cm 層で最大 130ng/g-dry の値を示し、1~2cm 層で少し下がった後はほぼ同様の値となっていました。

平成 8 年度 (1996 年度) 海洋環境保全調査の結果 (図 16) について、古い年代の層から新しい年代の層にかけて PCB の値の変遷をみると、1950 年代半ばの値を除き、1940 年代から 1970 年頃にかけて徐々に増加する傾向にあり、1970 年頃を境に、急激な増加傾向に転じていました。1980 年代半ば以降は値がばらついたものの、全体としては同様の値となっていました。

日本近海調査における各年の測定値 (図 17) をみると、C-5 では 1991 年以降に 1000 ng/g-dry を超える高い値が検出されていますが、調査が開始された 1980 年当時から、沿岸寄りの C-4 の値に比べて 1~2 桁程度高い値が検出されており、この値は大阪湾奥の C-1 と同程度もしくはそれよりも高かったことが分かりました。

これらの結果を合わせて考察すると、KC7 の層別分析結果から、付近の海底に対し PCB を継続的に放出する汚染源があったと考えられます。また、日本近海調査の各年の調査結果から、沿岸域からの流入とは別に何らかの汚染負荷があったと考えられ、それが始まったのは少なくとも 1980 年以前であると言えます。

1980 年以前から近年まで PCB の負荷が継続していたという視点で、平成 8 年度の調査結果をみると、PCB の負荷が新たに加わったのは増加傾向が変化している 1970 年前後ではないかと考えられました。1970 年に汚染のピークを示していないことから、新た



な PCB 負荷源は、一度に PCB を放出するものではなく、そこに留まって継続的に PCB を放出するような性状のものであると考えられます。

### (3) 異性体組成

PCB には 209 の異性体が存在し、その組成は負荷源により異なっています。負荷源の手がかりを得るため、負荷源に近いと考えられる KC7 と、対照点である MT2 において、PCB 異性体の分析を行いました（図 18）。

ここで、PCB を含む機器等が当該海域海底付近に存在し、それらに由来する PCB 製品が負荷源となっていると仮定し、種々の化学品混合物の各原料の寄与を推定する手法であるケミカルマスバランス（CMB）法による解析を行いました。すなわち、KC7 および MT2 の PCB は、全量が PCB 製品（KC-300、400、500、600）に由来する PCB により構成されていると仮定し、その異性体組成が最もうまく再現できる各異性体の寄与率を、予測値と実測値の誤差が最小になるように最小二乗法を用いて求めました。各 PCB 製品の異性体組成は図 19 のとおりです。

解析の結果、両測点における PCB 製品の寄与率は異なっていました（図 20、図 21）。KC7 では KC-300 の寄与率が最も高く約 50%であり、KC-400、500、600 の寄与率はそれぞれ 28%、15%、6%となっていました。一方、MT2 では KC-300、400、500、600 の寄与率はそれぞれ 28%、50%、0%、21%となっていました。KC7 の PCB 濃度は MT2 より 3 桁程度高いことから、KC7 における PCB 製品の寄与率は、付近に存在する負荷源における PCB 製品の組成を反映していると考えられました。

PCB 製品の用途を表 4 に示します。このうち KC-1000 は KC-500 とトリクロロベンゼンが 6 : 4 の割合で混合された製品であり、高圧トランス用の絶縁油として使用されていました。本調査では汚染源に最も近いと考えられる KC4 においてもトリクロロベンゼンは検出限界値（5ng/g-dry）未満であったため、少なくとも高圧トランスは負荷源ではないと考えられました。KC-300 を主体とし、その他に KC-400、500、600 の寄与があることから、考えられる主な負荷源としては、蛍光灯の安定器、ペーパーコンデンサ、高圧コンデンサ、熱媒体、潤滑油などがあげられ、処理途中の抜き取り油や、各種廃棄物の混合物という可能性もあります。

### (4) まとめ

本モニタリングでは、日本周辺の海洋環境について継続的な調査を実施し、汚染の進行や新たな汚染の発見に努めてきました。ダイオキシン類や PCB などの残留性有機汚染物質については、POPs 条約により国際的にも対策が進められていることから、このような点も視野に入れつつ調査を実施しています。C-5 付近の PCB 汚染に関しては、本モニタリングにおいてその実態把握に努めてきており、今回の詳細調査により、KC4 の

海底付近に PCB 負荷源が存在しており、1970 年前後から少なくとも近年まで継続的な負荷があったこと、負荷源は PCB を含む多種の機器等の混合物である可能性が高いことを明らかにしました。

当該地点は紀伊海底谷に位置し、住友・上田（2003）によれば、当海域の表・中層は徳島県の最も重要な漁場のひとつになっている一方、底層は漁場として活用されていないとされています。当該海域における海生生物中の PCB 濃度を測定したデータは見当たりませんが、徳島県保健環境センターが実施している市販魚介類中の PCB 残留調査では、平成 13～15 年度にそれぞれ約 20 検体について調査を行い、いずれも暫定基準値を満たしているとされています。また、これまでに検出された堆積物中の PCB の最高濃度は  $4 \mu\text{g/g-dry}$  であり、PCB の暫定除去基準  $10 \mu\text{g/g-dry}$  を下回っています。

これらのことから、当該海域の PCB が直ちに人の健康に多大な影響を及ぼす可能性は低く、データの得られていない海底直上水における PCB 濃度を確認した上で、今後、汚染の状況に大きな変化がないことについて定期的な監視を行っていくこととします。

#### 4. 海洋環境モニタリング調査検討会検討員

(50音順、敬称略)

石坂 丞二	長崎大学水産学部教授
小城 春雄	前北海道大学水産学部教授
木幡 邦男	独立行政法人 国立環境研究所 東アジアの流域圏における生態系機能のモデル化と持続可能な環境管理プロジェクトグループ 海域環境管理研究チーム総合研究官
白山 義久	京都大学フィールド科学教育研究センター-海域ステーション瀬戸臨海実験所 所長
田辺 信介	愛媛大学沿岸環境科学研究センター教授
中田 英昭	長崎大学水産学部教授
西田 周平	東京大学海洋研究所浮遊生物分野教授
野尻 幸宏	独立行政法人 国立環境研究所 地球温暖化の影響評価と対策効果プロジェクトグループ 炭素循環研究チーム総合研究官
峯 正之	海上保安庁海洋情報部海洋調査課海洋汚染調査室 主任環境調査官

注：検討員・所属は平成15年度当時のも

(取りまとめ協力) 日本エヌ・ユー・エス株式会社

#### 5. 略語説明

co-PCB：コプラナ-ポリクロロビフェニル	OCDD：八塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン
DBT：ジブチルスズ	OCDF：八塩化ジベンゾフラン
DDT：ジクロロジフェニルトリクロロエタン	PCB：ポリクロロビフェニル
DPT：ジフェニルスズ	PCDD：ポリクロロジベンゾ-パラ-ジオキシン
HCH：ヘキサクロロシクロヘキサン	PCDF：ポリクロロジベンゾフラン
HpCDD：七塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン	PeCDD：五塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン
HpCDF：七塩化ジベンゾフラン	PeCDF：五塩化ジベンゾフラン
HxCDD：六塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン	TBT：トリブチルスズ
HxCDF：六塩化ジベンゾフラン	TeCDD：四塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン
MBT：モノブチルスズ	TeCDF：四塩化ジベンゾフラン
MPT：モノフェニルスズ	TPT：トリフェニルスズ

#### 6. 引用文献

住友寿明・上田幸男（2003）：かご漁法による紀伊海底谷の深海生物調査．徳島県立農林水産総合技術センター水産研究所研究報告，2，19-25．

徳島県保健環境センター衛生科学（食品）業務 HP

<http://www.pref.tokushima.jp/generaladmin.nsf/topics/B7C13479F82BCADE49256F8A0001C4AC?opendocument>

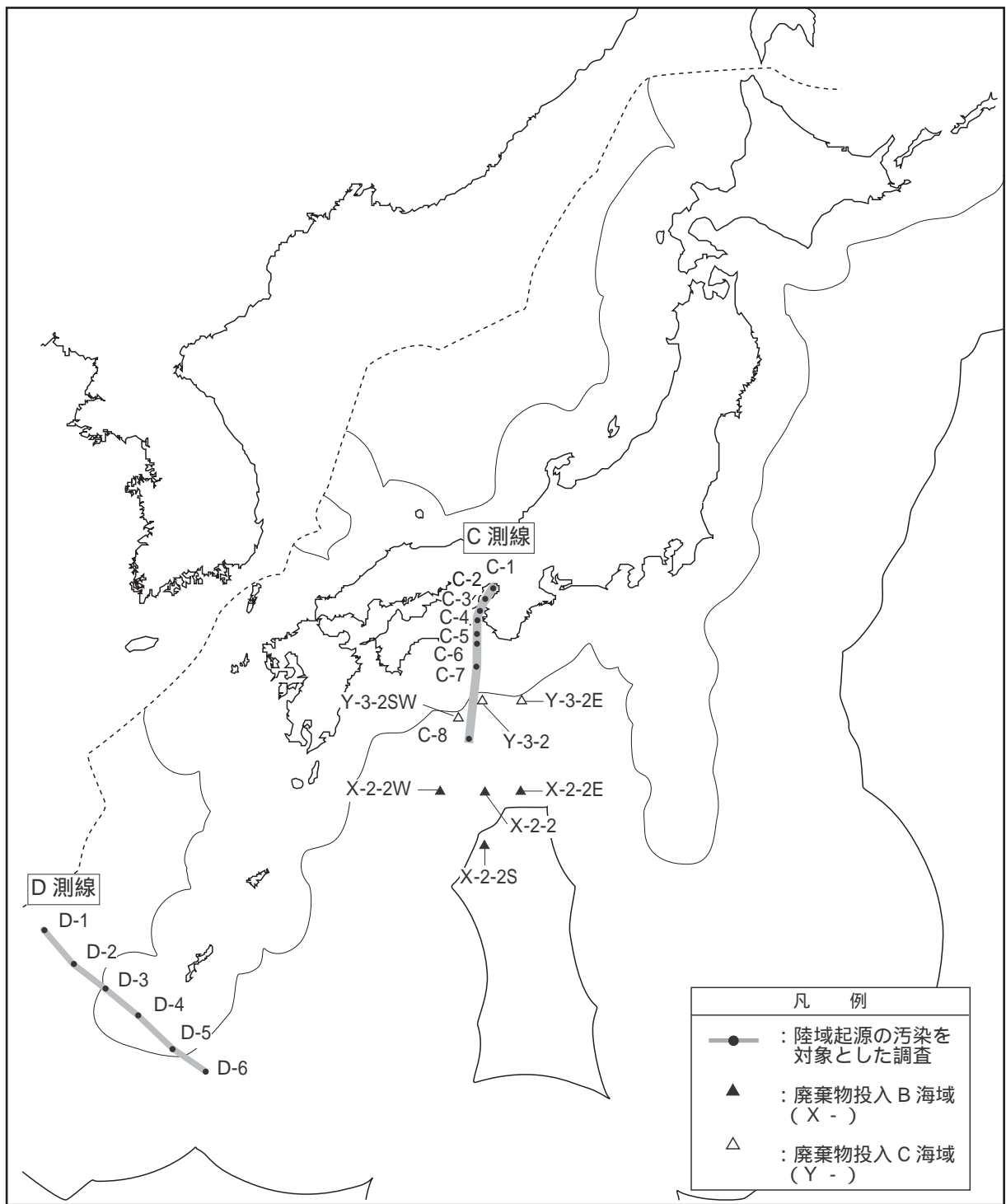


図1 平成15年度海洋環境モニタリングの調査位置（生体濃度調査を除く）

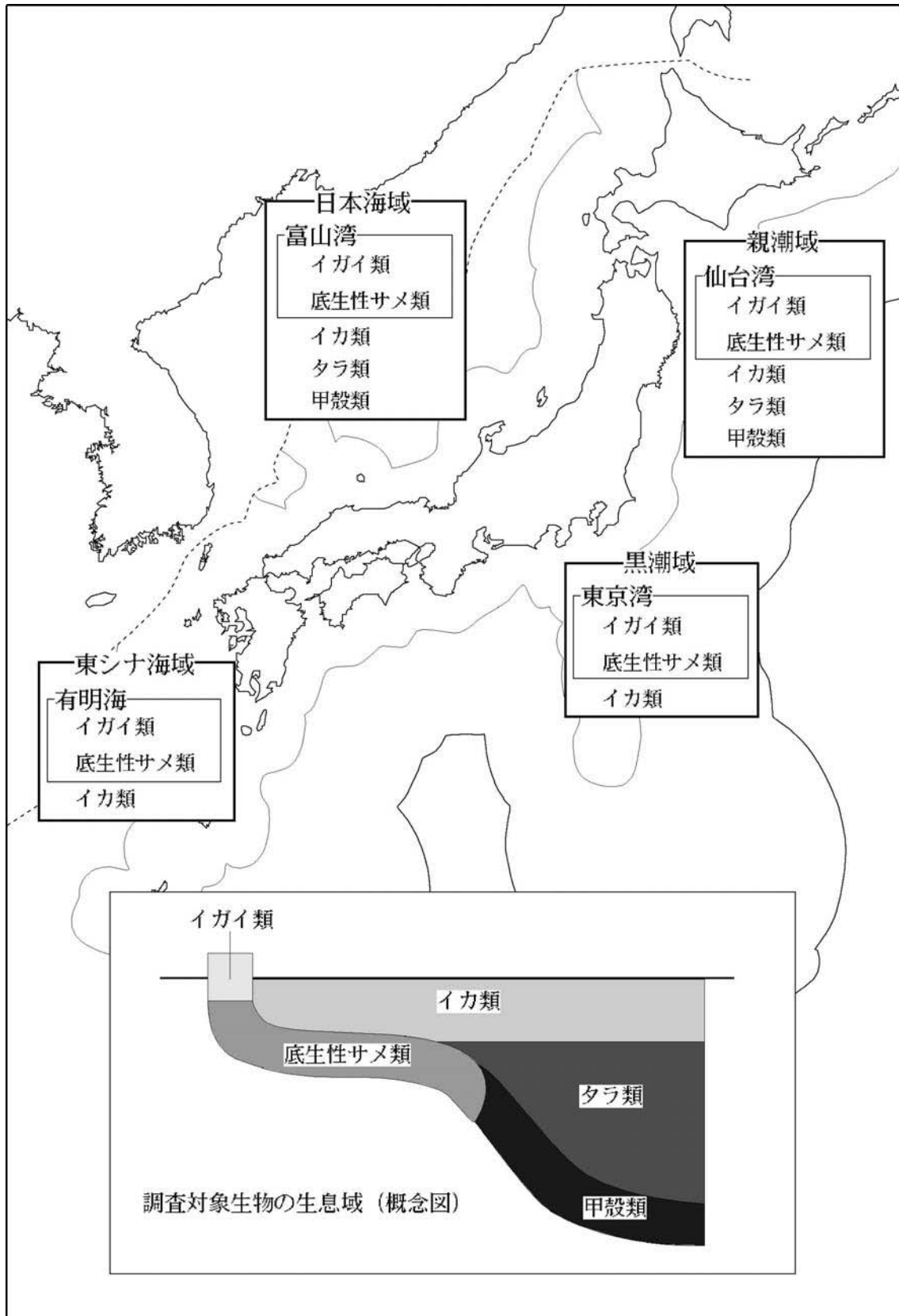


図2 平成16年度海洋環境モニタリングの調査位置図(生体濃度調査)

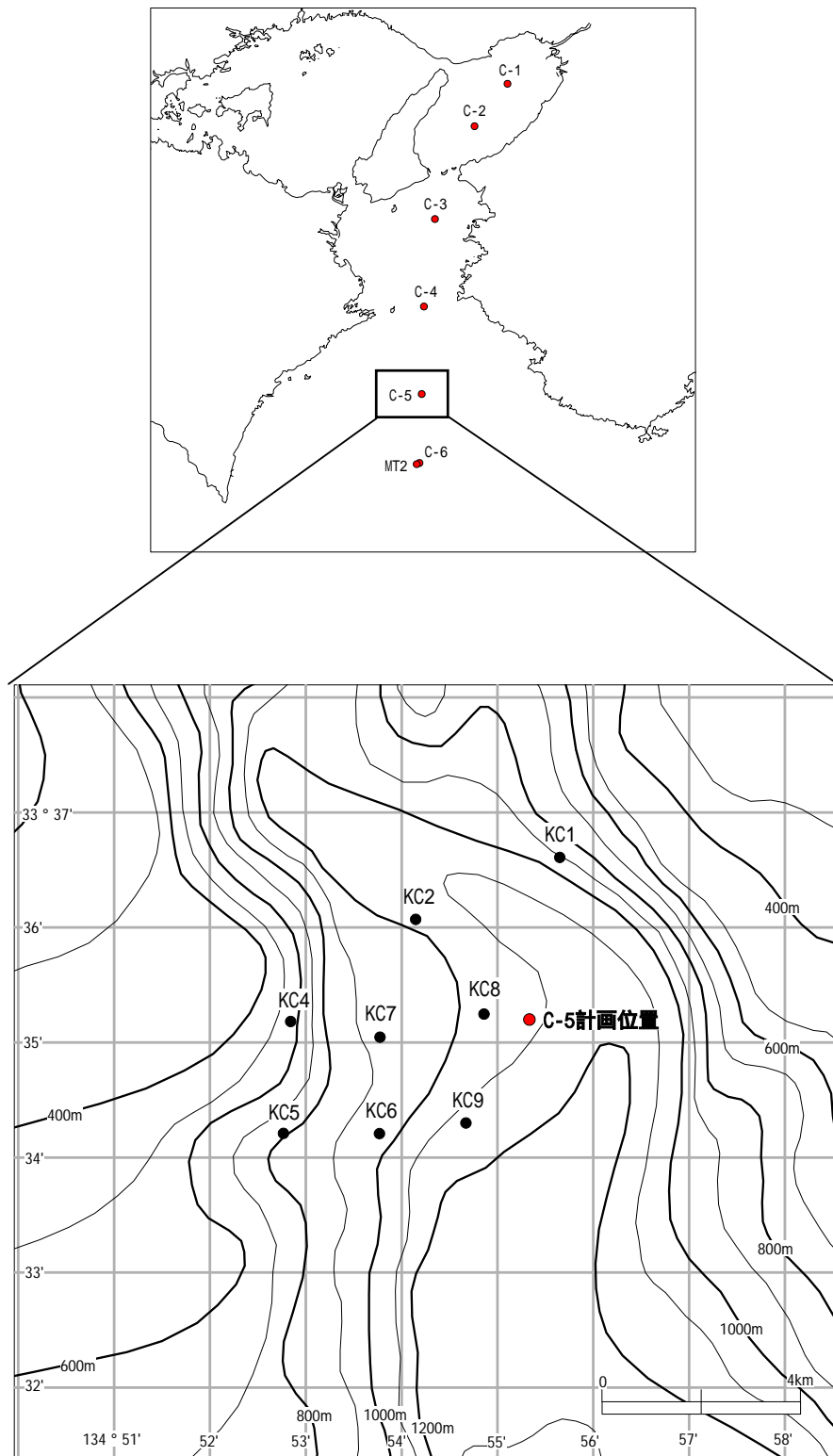


図3 平成15年度海洋環境モニタリングの調査位置（C-5 PCB調査）

表 1 各調査の測定項目

陸域起源の汚染を対象とした調査における測定項目

	水質調査	底質調査	生体濃度調査
一般項目	水温、塩分、溶存酸素、pH、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素、リン酸性リン、溶存ケイ酸、クロロフィル <i>a</i> 、	粒度組成、水分含有率、全有機態炭素、全窒素、全リン、硫化物	種同定、性別、全長等、湿重量、脂質量
重金属類	カドミウム、鉛、銅、総水銀、全クロム（全クロムは底質調査のみ）		
有機塩素化合物	ポリ塩化ビフェニル（PCB） ヘキサクロロシクロヘキサン（HCH）類： -HCH、 -HCH（HCH 類は水質調査のみ）		
ダイオキシン類	ポリクロロジベンゾ-バラ-ジオキシン（PCDD）・・・ TeCDD：1,3,6,8-TeCDD、1,3,7,9-TeCDD、2,3,7,8-TeCDD、PeCDD：1,2,3,7,8-PeCDD、HxCDD：1,2,3,4,7,8-HxCDD、1,2,3,6,7,8-HxCDD、1,2,3,7,8,9-HxCDD、HpCDD：1,2,3,4,6,7,8-HpCDD、OCDD ポリクロロジベンゾフラン（PCDF）・・・ TeCDF：1,3,6,8-TeCDF、2,3,7,8-TeCDF、PeCDF：1,2,3,7,8-PeCDF、2,3,4,7,8-PeCDF、HxCDF：1,2,3,4,7,8-HxCDF、1,2,3,6,7,8-HxCDF、1,2,3,7,8,9-HxCDF、2,3,4,6,7,8-HxCDF、HpCDF：1,2,3,4,6,7,8-HpCDF、1,2,3,4,7,8,9-HpCDF、OCDF コプラナ-ポリクロロビフェニル（co-PCB）・・・ 3,3',4,4'-TeCB（#77）、3,4,4',5-TeCB（#81）、3,3',4,4',5-PeCB（#126）、3,3',4,4',5,5'-HxCB（#169）、2,3,3',4,4'-PeCB（#105）、2,3,4,4',5-PeCB（#114）、2,3',4,4',5-PeCB（#118）、2',3,4,4',5-PeCB（#123）、2,3,3',4,4',5-HxCB（#156）、2,3,3',4,4',5'-HxCB（#157）、2,3',4,4',5,5'-HxCB（#167）、2,3,3',4,4',5,5'-HpCB（#189）		
有機スズ化合物	トリブチルスズ（TBT）、ジブチルスズ（DBT）、モノブチルスズ（MBT）、トリフェニルスズ（TPT）、ジフェニルスズ（DPT）、モノフェニルスズ（MPT）		
炭化水素	炭化水素（HC）	ベンゾ(a)ピレン	-
その他	-	マーカー（直鎖アルキルベンゼン、コプロスタノール類：コプロスタノール、epi-コプロスタノール、コレスタノール、コレステロール）	-

注：co-PCB の（ ）内の番号は IUPAC（国際純正及び応用化学連合）No.を示す。

表 1 ( 続き ) 各調査の測定項目

廃棄物等の海洋投入処分による汚染を対象とした調査における測定項目

	水質調査	底質調査	生体濃度調査
一般項目	水温、塩分、溶存酸素、pH、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素、リン酸性リン、溶存ケイ酸、クロロフィル <i>a</i> 、	粒度組成、水分含有率、全有機態炭素、全窒素、全リン、硫化物	種同定、性別、全長等、湿重量、脂質量
重金属類	カドミウム、鉛、銅、総水銀、全クロム ( 全クロムは底質調査のみ )		
有機塩素化合物	ポリ塩化ビフェニル ( PCB )		
ダイオキシン類 ( 水質調査なし )	ポリクロロジベンゾ-バラ-ジオキシン ( PCDD ) … TeCDD : 1,3,6,8-TeCDD、1,3,7,9-TeCDD、2,3,7,8-TeCDD、PeCDD : 1,2,3,7,8-PeCDD、HxCDD : 1,2,3,4,7,8-HxCDD、1,2,3,6,7,8-HxCDD、1,2,3,7,8,9-HxCDD、HpCDD : 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD、OCDD ポリクロロジベンゾフラン ( PCDF ) … TeCDF : 1,3,6,8-TeCDF、2,3,7,8-TeCDF、PeCDF : 1,2,3,7,8-PeCDF、2,3,4,7,8-PeCDF、HxCDF : 1,2,3,4,7,8-HxCDF、1,2,3,6,7,8-HxCDF、1,2,3,7,8,9-HxCDF、2,3,4,6,7,8-HxCDF、HpCDF : 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF、1,2,3,4,7,8,9-HpCDF、OCDF コプラナ-ポリクロロビフェニル ( co-PCB ) … 3,3',4,4'-TeCB (#77)、3,4,4',5-TeCB (#81)、3,3',4,4',5-PeCB (#126)、3,3',4,4',5,5'-HxCB (#169)、2,3,3',4,4'-PeCB (#105)、2,3,4,4',5-PeCB (#114)、2,3',4,4',5-PeCB (#118)、2',3,4,4',5-PeCB (#123)、2,3,3',4,4',5-HxCB (#156)、2,3,3',4,4',5'-HxCB (#157)、2,3',4,4',5,5'-HxCB (#167)、2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (#189)		
有機スズ化合物	トリブチルスズ ( TBT )、ジブチルスズ ( DBT )、モノブチルスズ ( MBT )、トリフェニルスズ ( TPT )、ジフェニルスズ ( DPT )、モノフェニルスズ ( MPT )		
炭化水素	炭化水素 ( HC )	ベンゾ(a)ピレン	-
その他	有機物関連項目 ( 化学的酸素要求量、全有機態炭素、全窒素、全リン )	マーカー ( 直鎖アルキルベンゼン、コプロスタノール類 : コプロスタノール、epi-コプロスタノール、コレスタノール、コレステロール )	-

注 : co-PCB の ( ) 内の番号は IUPAC ( 国際純正及び応用化学連合 ) No. を示す。

C-5 PCB 調査における測定項目

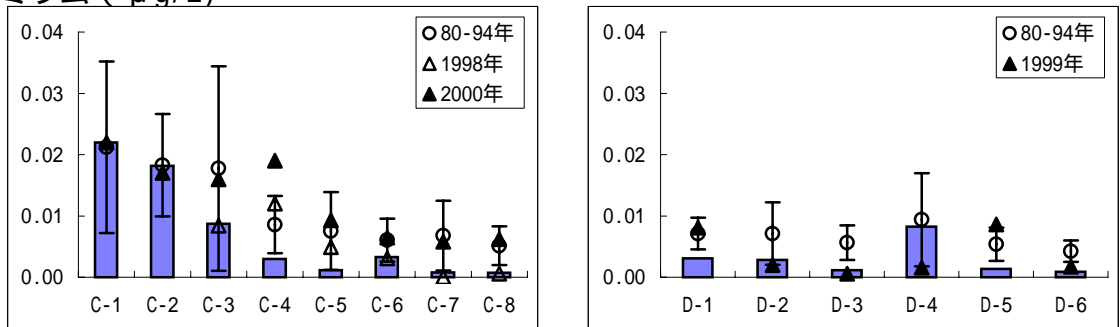
分析項目	深度(cm)	測点									
		KC1	KC2	KC4	KC5	KC6	KC7	KC8	KC9	MT2	
PCB総量	0-0.25										
	0.25-0.5										
	0.5-0.75										
	0.75-1										
	0-1										
	1-2										
	2-3										
	3-4										
	4-5										
PCB異性体	0-3										
トリクロロベンゼン	0-1										
堆積物一般項目	0-1										

トリクロロベンゼン : 1,2,3-トリクロロベンゼン、1,2,4-トリクロロベンゼン、1,3,5-トリクロロベンゼン

堆積物一般項目 : 粒度分析、水分含有率、硫化物、全有機態炭素、全窒素、全リン

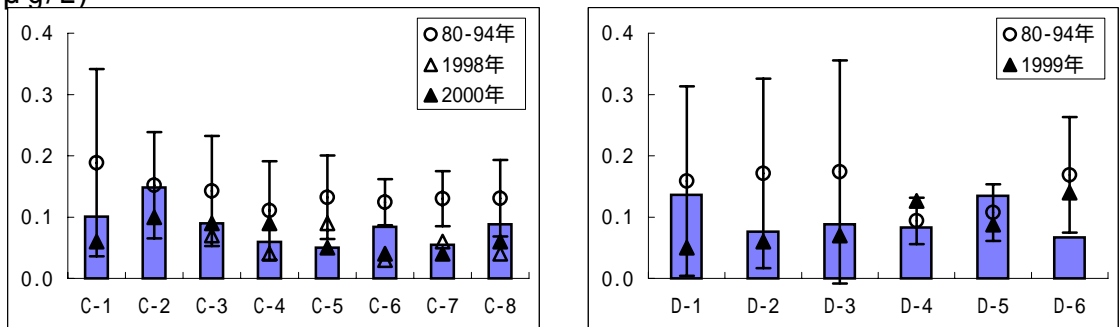


### カドミウム ( $\mu\text{g/L}$ )



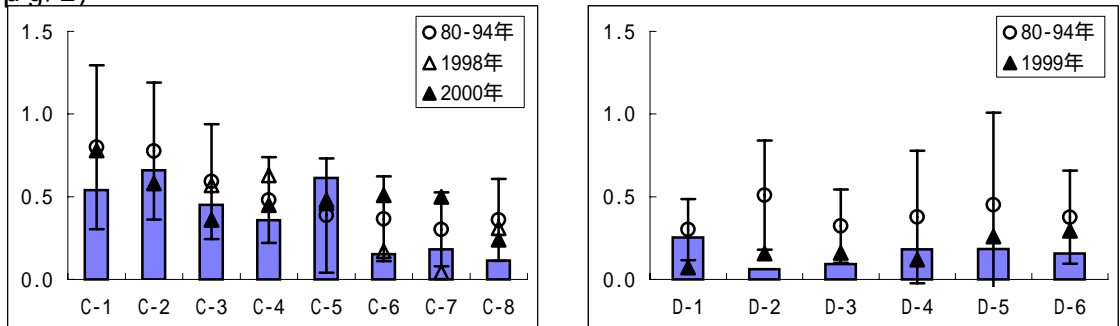
注：80-89年、90-94年の定量下限値はそれぞれ0.005、0.001  $\mu\text{g/L}$

### 鉛 ( $\mu\text{g/L}$ )



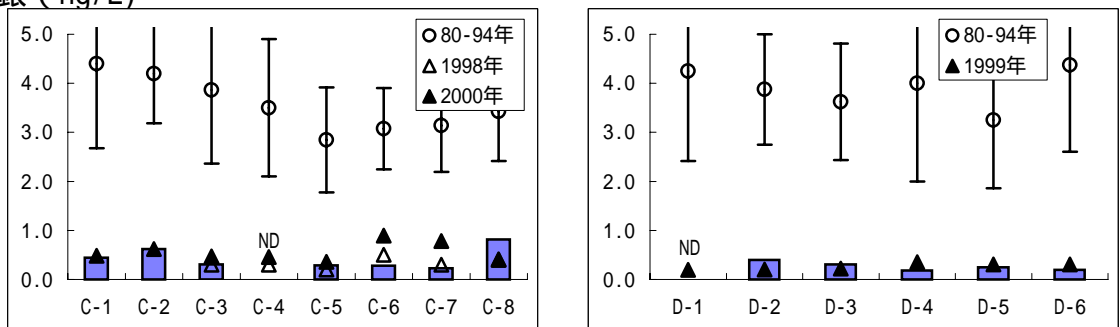
注：80-89年、90-94年の定量下限値はそれぞれ0.1、0.02  $\mu\text{g/L}$

### 銅 ( $\mu\text{g/L}$ )



注：80-89年、90-94年の定量下限値はそれぞれ0.2、0.01  $\mu\text{g/L}$

### 総水銀 ( $\text{ng/L}$ )

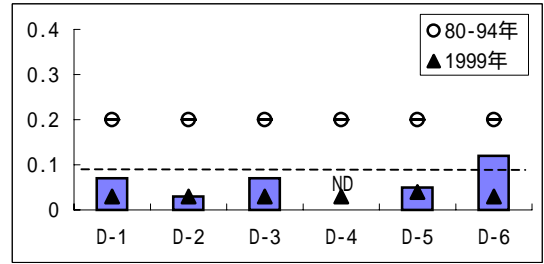
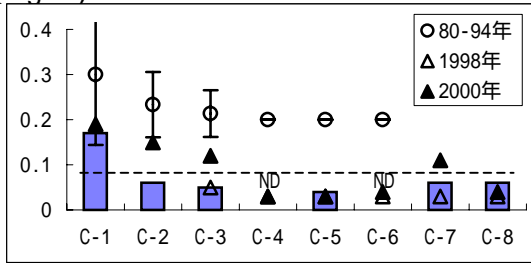


注：分析法の改良により、コンタミネーションが大幅に減少した。  
注：80-94年の定量下限値は1 $\text{ng/L}$

注：と上下のバーは、日本近海海洋汚染実態調査結果の平均値と標準偏差を表す。  
平均値の算出にあたっては、定量下限値未満の値は定量下限値として用いた。

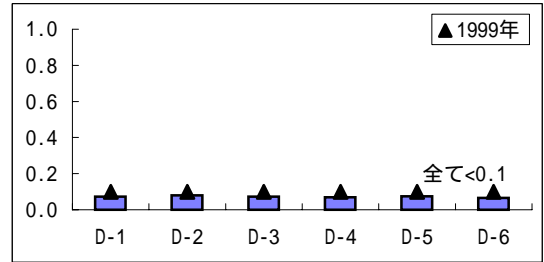
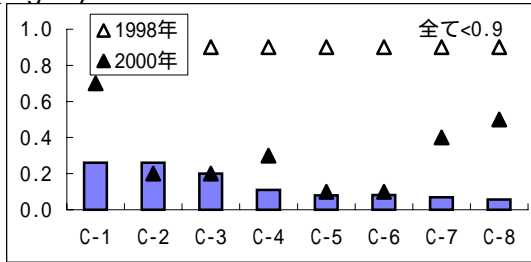
図4(1) 水質調査結果 (10m層)

PCB (ng/L)

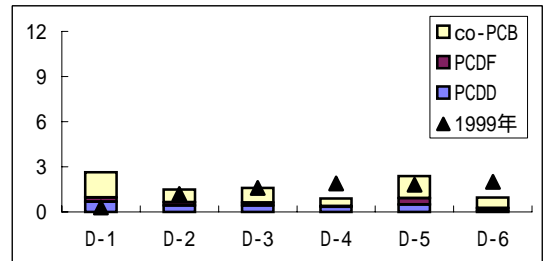
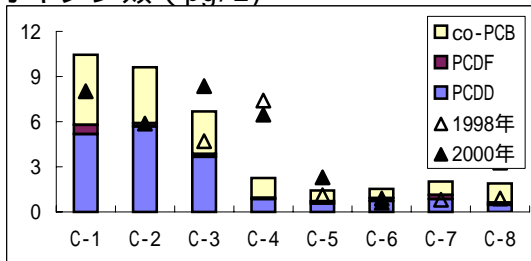


注：図中の点線は定量下限値を示す。  
注：80-94年の定量下限値は0.2ng/L

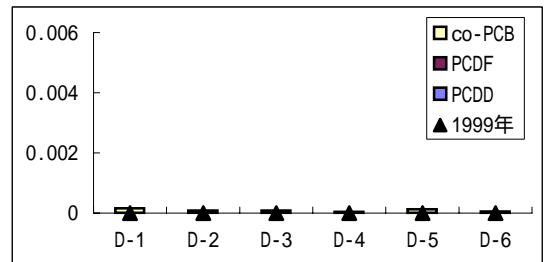
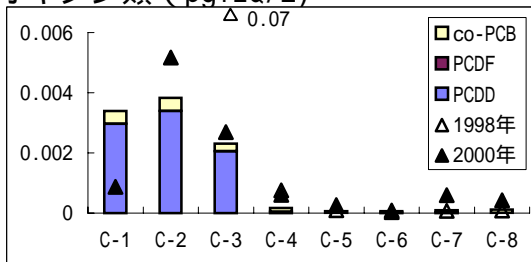
HCH (ng/L)



ダイオキシン類 (pg/L)

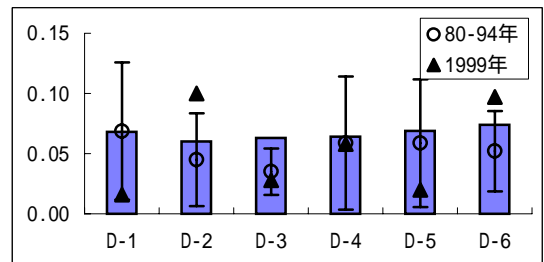
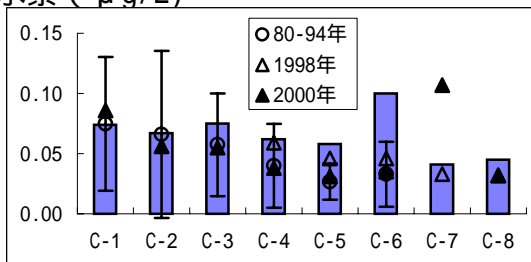


ダイオキシン類 (pgTEQ/L)



有機スズ化合物 D-2のDBT (6ng/L) 以外は全て定量下限値 (5ng/L) 未満

炭化水素 (μg/L)



注：と上下のバーは、日本近海海洋汚染実態調査結果の平均値と標準偏差を表す。  
平均値の算出にあたっては、定量下限値未満の値は定量下限値として用いた。

図4(2) 水質調査結果 (0.5m層)

表2 水質測定結果（注1）

測定項目	環境基準	測定結果 最小値～最大値（検体数）
カドミウム	0.01 mg/L 以下	0.0000006～0.00012 mg/L（170）
鉛	0.01 mg/L 以下	0.00002～0.00038 mg/L（170）
総水銀	0.0005 mg/L 以下	<0.00000003～0.0000013 mg/L（170）
PCB	検出されないこと（注2）	0.00000003～0.00000017 mg/L（21）
硝酸性窒素及び 亜硝酸性窒素	10 mg/L 以下	0.002～2.5 mg/L（149）
ダイオキシン類	1 pg-TEQ/L 以下	0.00004～0.0038 pg-TEQ/L（14）

注1：環境基準の設定されている項目についての測定結果

注2：「検出されないこと」は定められた測定方法の定量限界を下回ることであり、ここでは、0.0005mg/L 以下となる

測点	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
水深(m)	21	32	74	87	1010	1373	1865	4480	110	157	2133	792	3813
中央粒径(μm)	9.0	9.9	7.8	36	6.4	5.8	6.6	5.1	159	195	7.0	26	4.4

2000年								1999年					
水深(m)	18	29	70	82	982	1372	1897		105	152	2115	850	3876
中央粒径(μm)	3.5	3.9	90	45	55	1.8	6.4		170	200	3.8	110	10

1998年								
水深(m)			74	84	1002	1362	1870	
中央粒径(μm)			73	19	-	5.4	18	

注：中央粒径は本年度はマイクロレーザー散乱法による値。1998～2000年はJIS法による値。

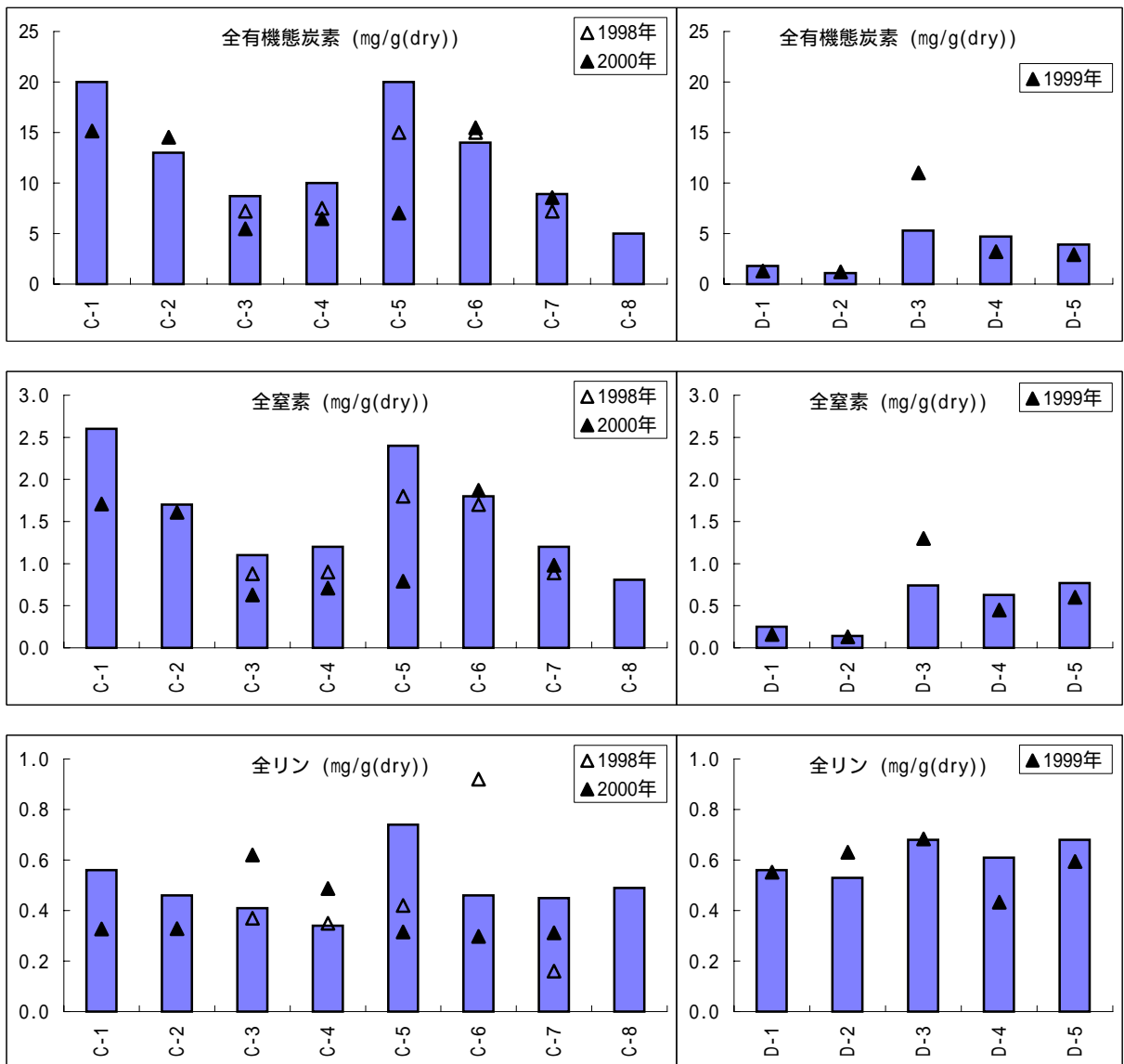
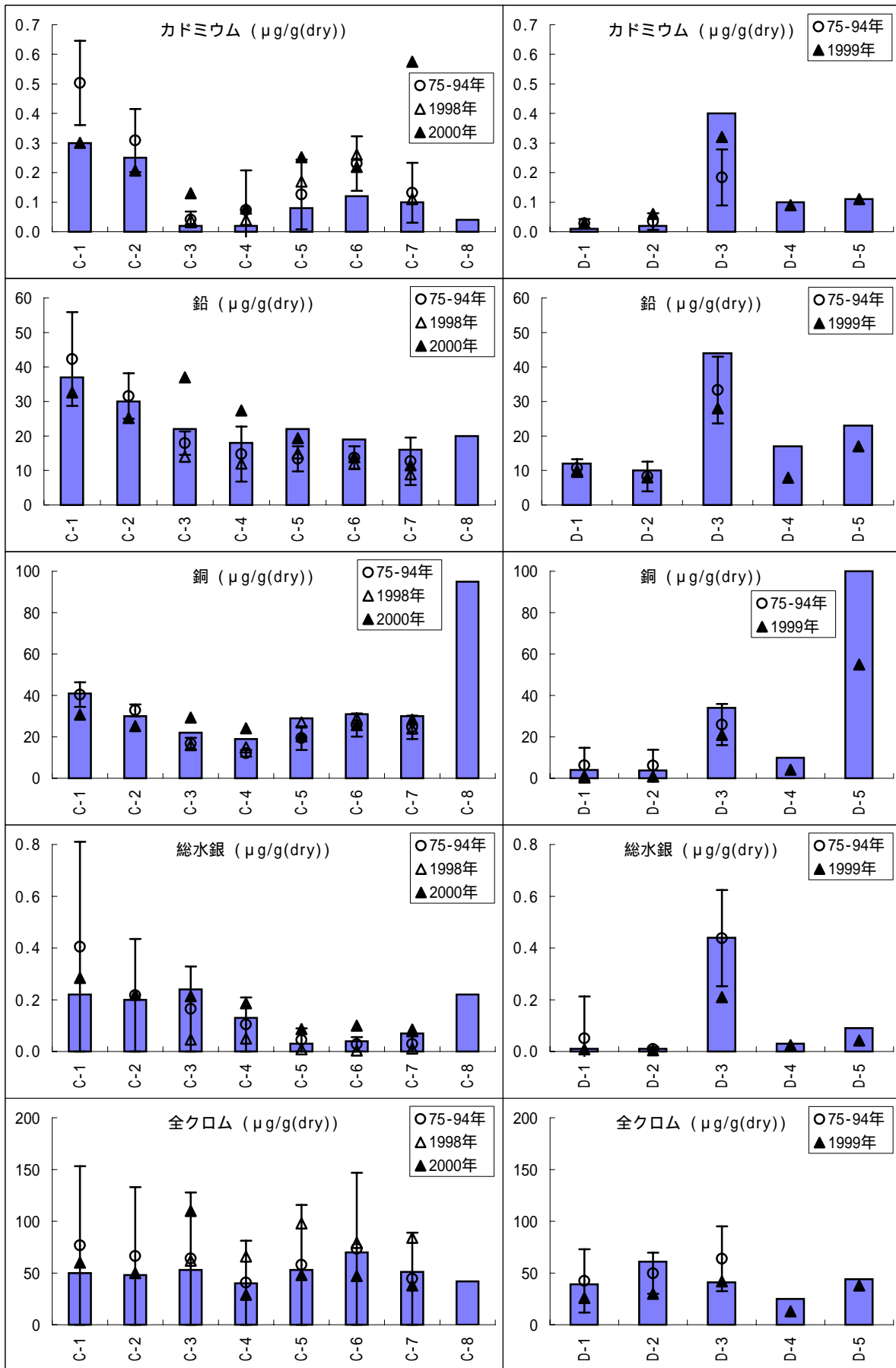
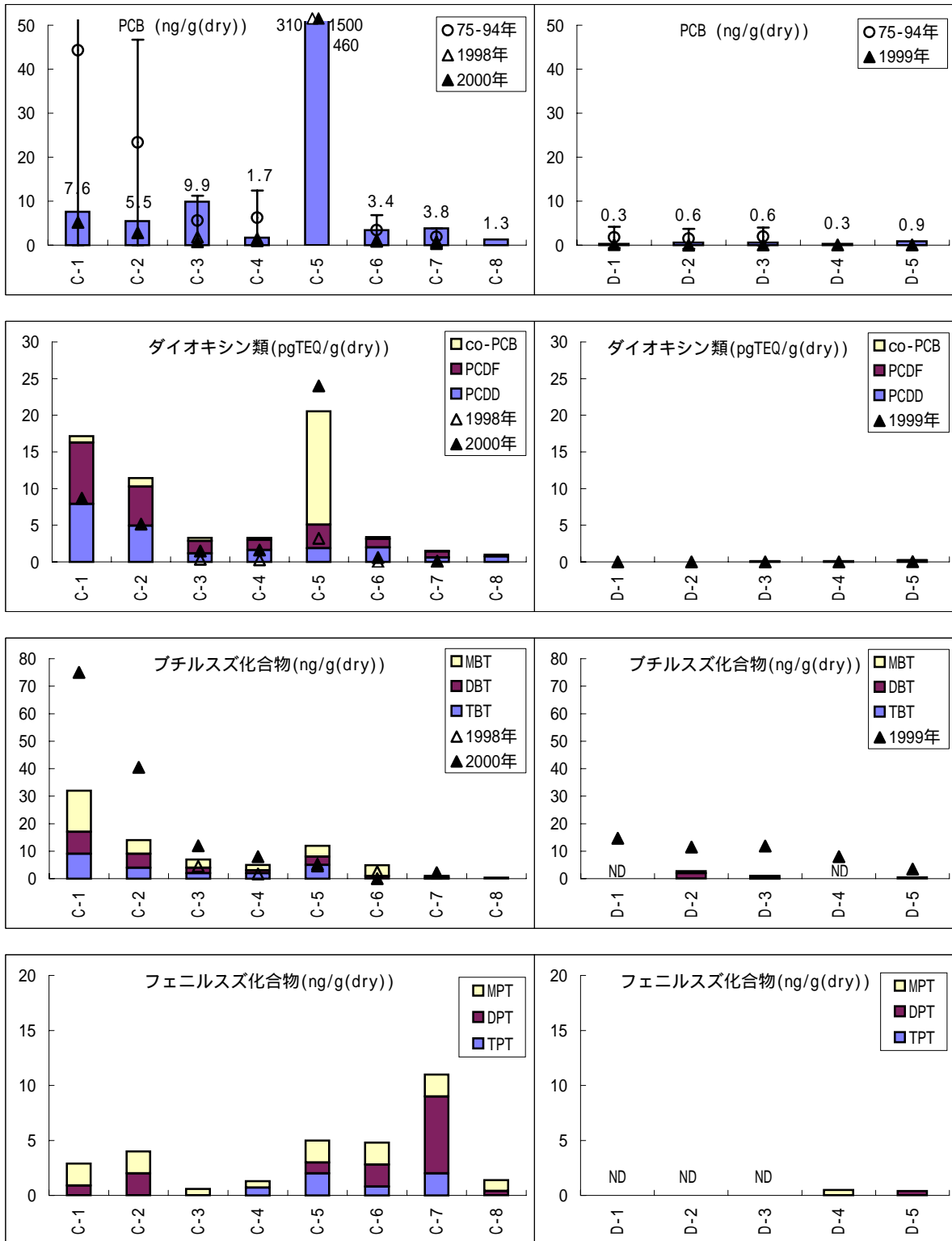


図5(1) 底質調査結果



注： と上下のバーは、日本近海海洋汚染実態調査結果の平均値と標準偏差を表す  
 図5(2) 底質調査結果



注： と上下のバーは、日本近海海洋汚染実態調査結果の平均値と標準偏差を表す

図5(3) 底質調査結果

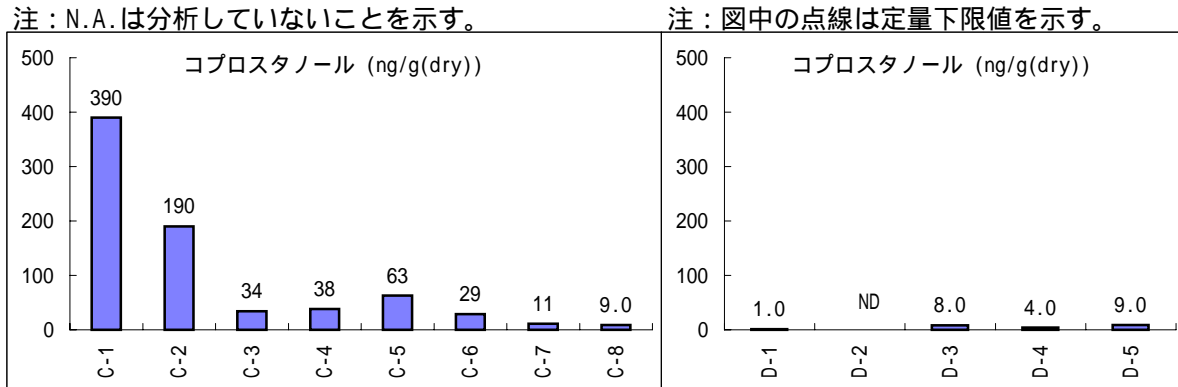
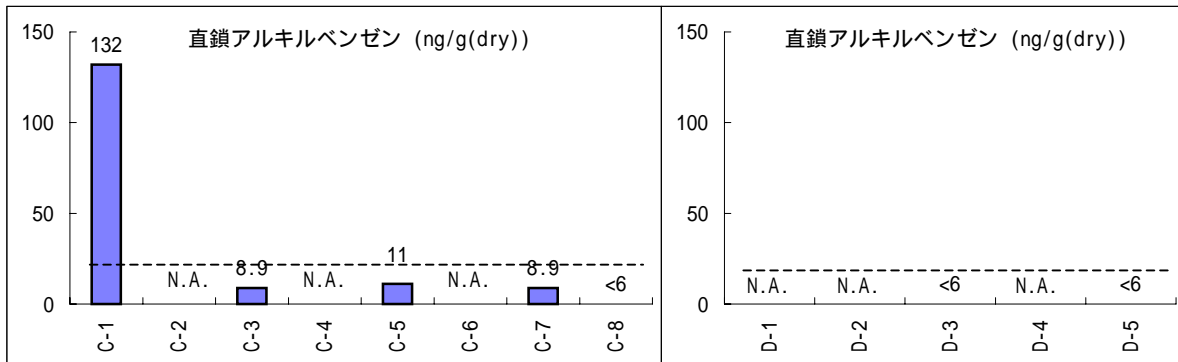
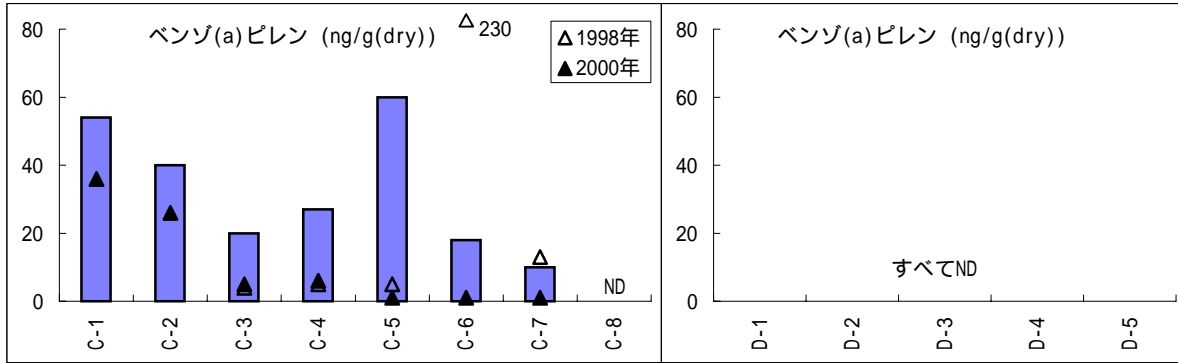


図5(4) 底質調査結果

表3 底質測定結果(注1)

測定項目	環境基準又は暫定除去基準	測定結果 最小値～最大値(検体数)
水銀	C(注2)(暫定除去基準)	0.01～0.44 ppm(13)
PCB	10 ppm(暫定除去基準)	0.0003～0.46 ppm(13)
ダイオキシン類	150 pg-TEQ/g以下(環境基準)	0.0004～21 pg-TEQ/g(13)

注1: 環境基準あるいは暫定除去基準の設定されている項目についての測定結果

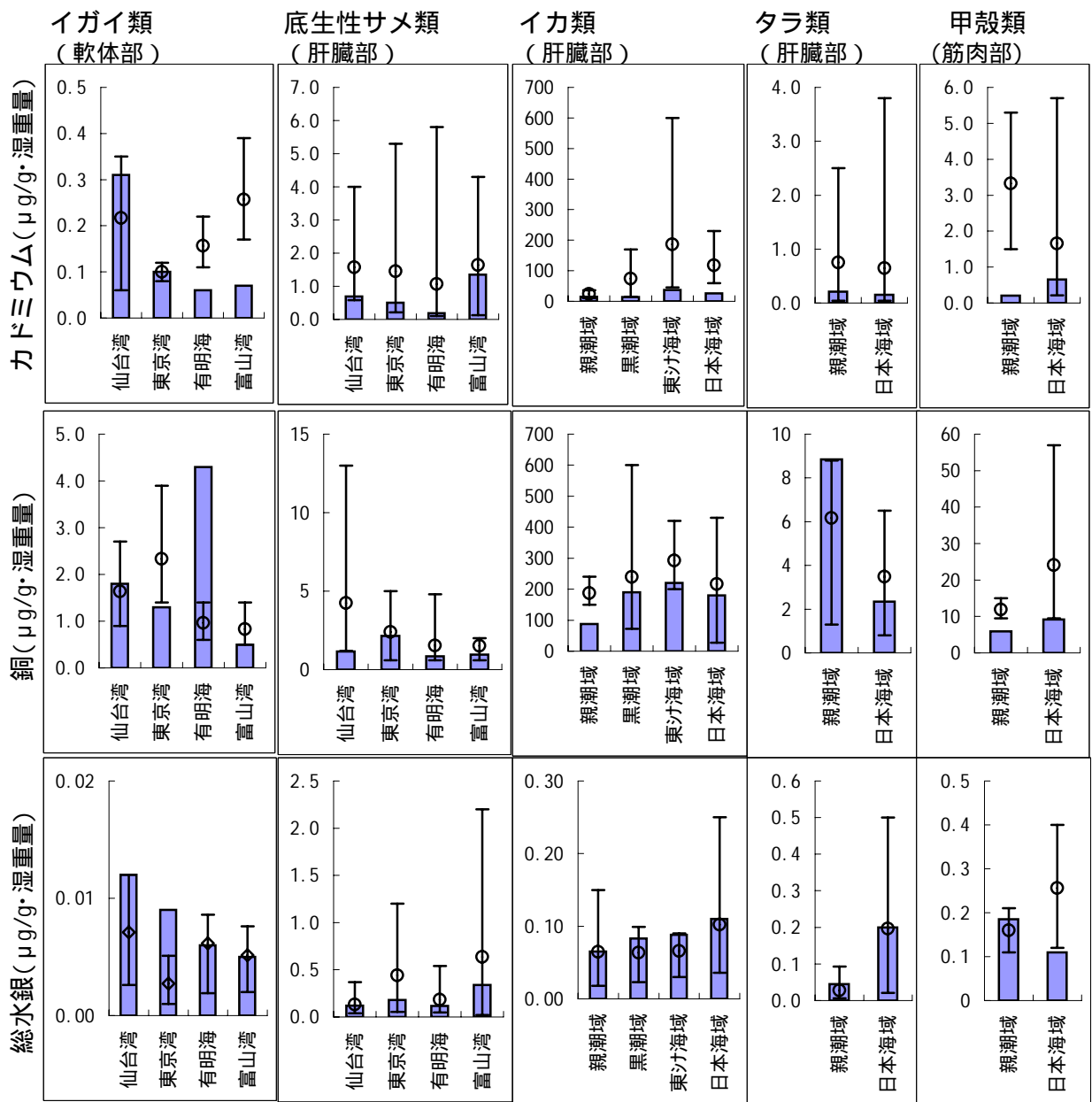
注2:  $C = 0.18 \times (H/J) \times (1/S)$  (ppm)

H = 平均潮差 (m)、J = 溶出率、S = 安全率

例えば、H = 0.60m (大阪)、1.2m (那覇)、 $J = 5 \times 10^{-4}$ 、S = 100 とすると、

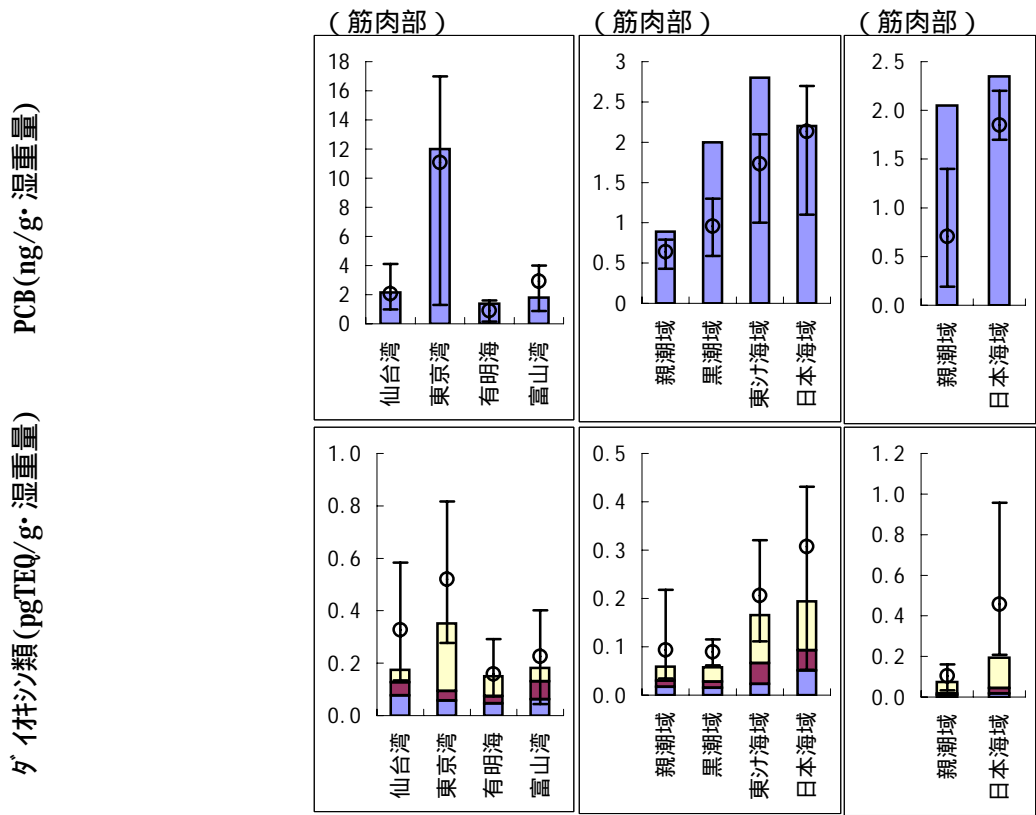
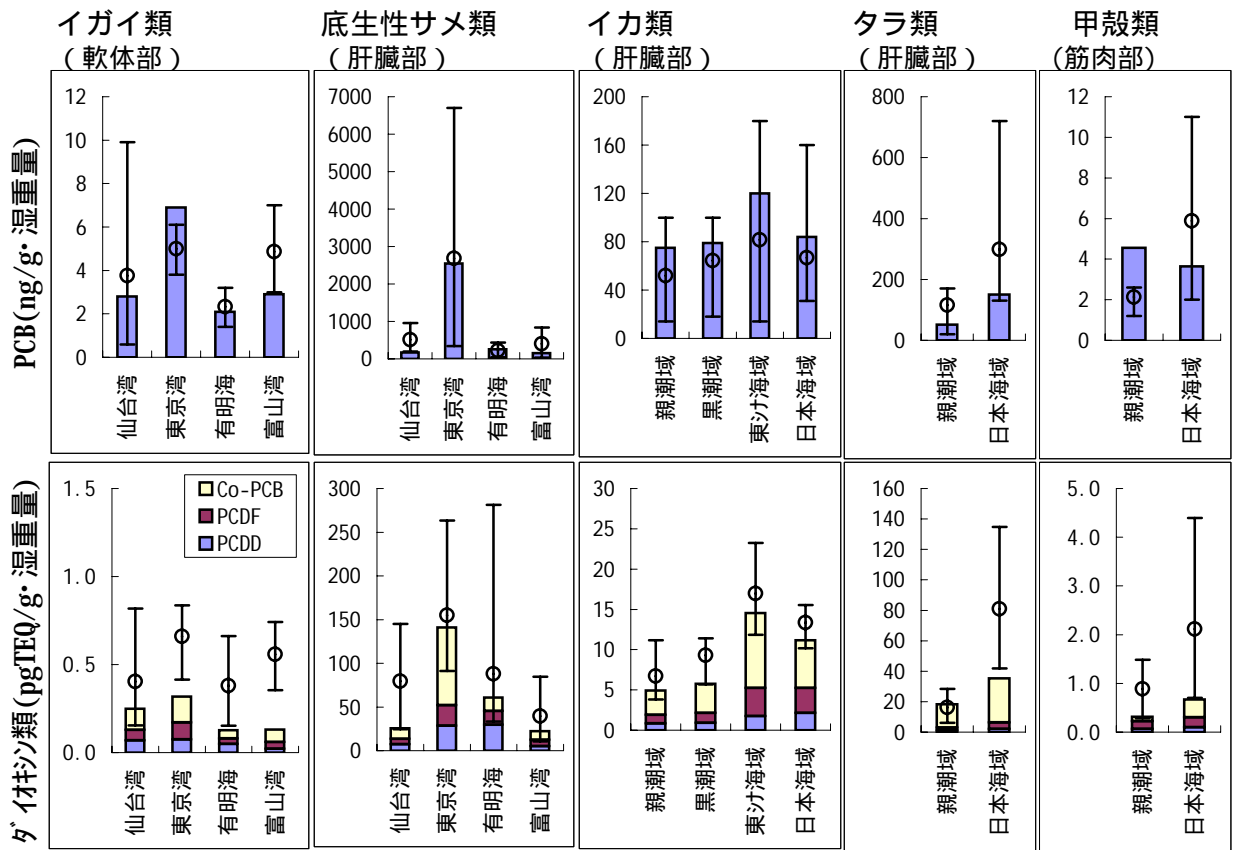
C = 2.2ppm (大阪)、4.3ppm (那覇) となる





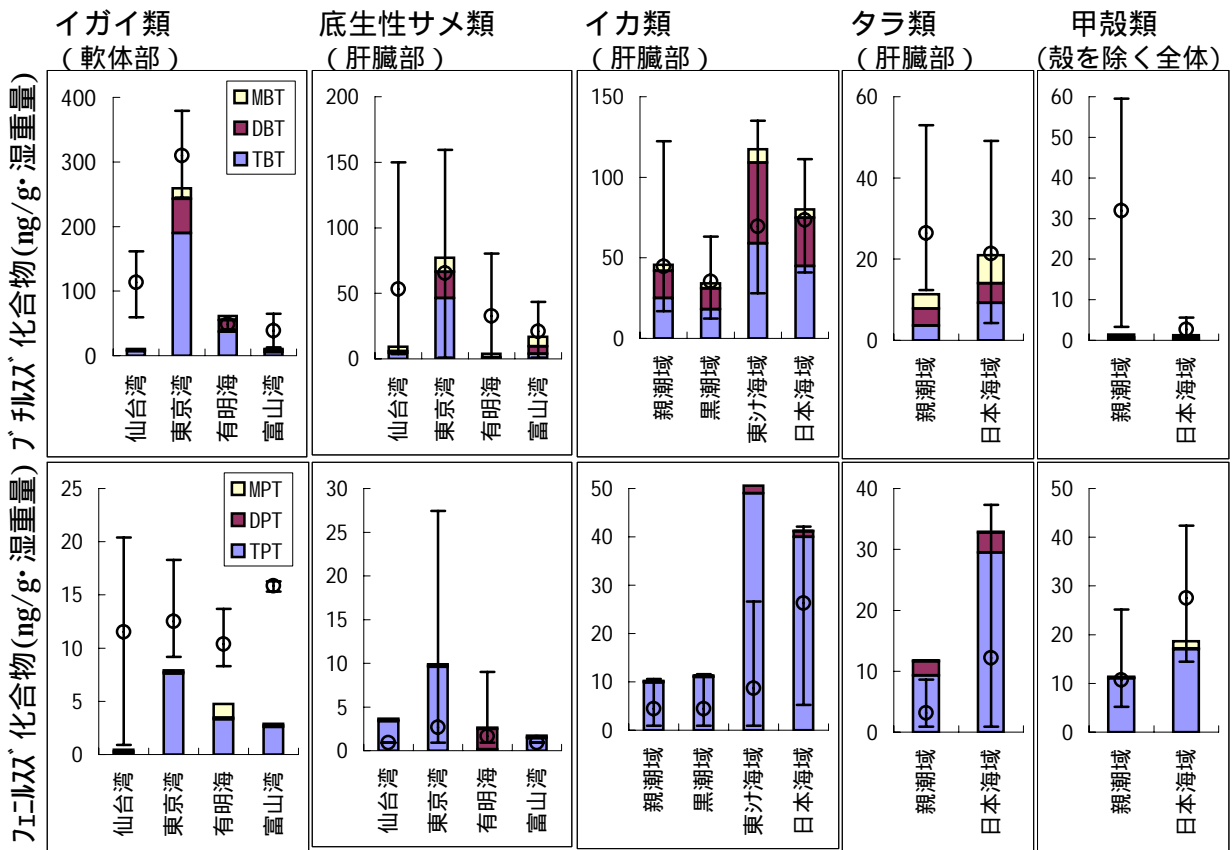
注：と上下のバーは、H10～14年の平均値と検出範囲を表す

図6(1) 生体濃度の測定結果



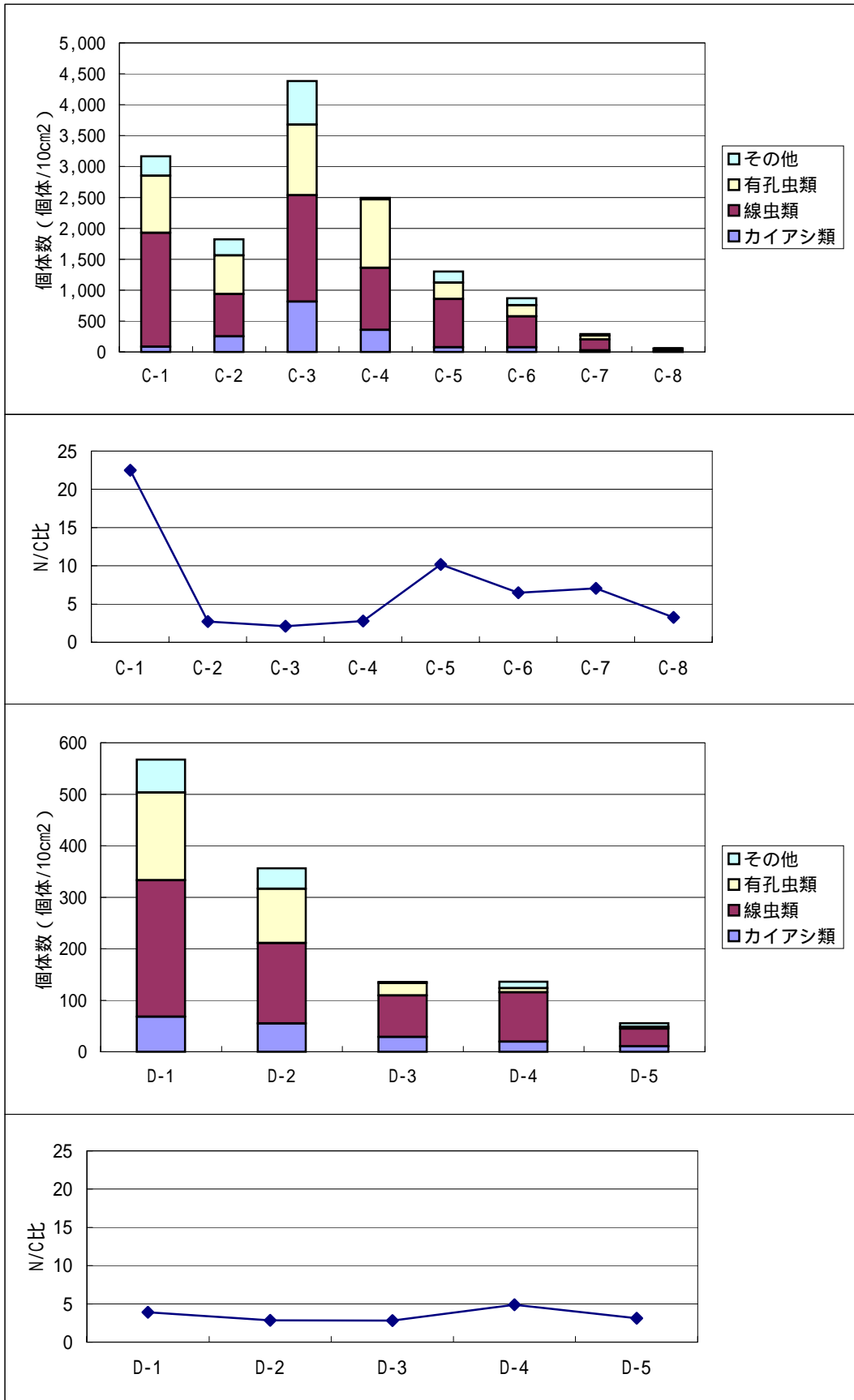
注：と上下のバーは、H10～14年の平均値と検出範囲を表す

図6(2) 生体濃度の測定結果



注：と上下のバーは、H10～14年の平均値と検出範囲を表す

図6(3) 生体濃度の測定結果



注：N/C比は線虫類の個体数 / カイアシ類の個体数

図7 生物群集調査結果（メイオベントス）

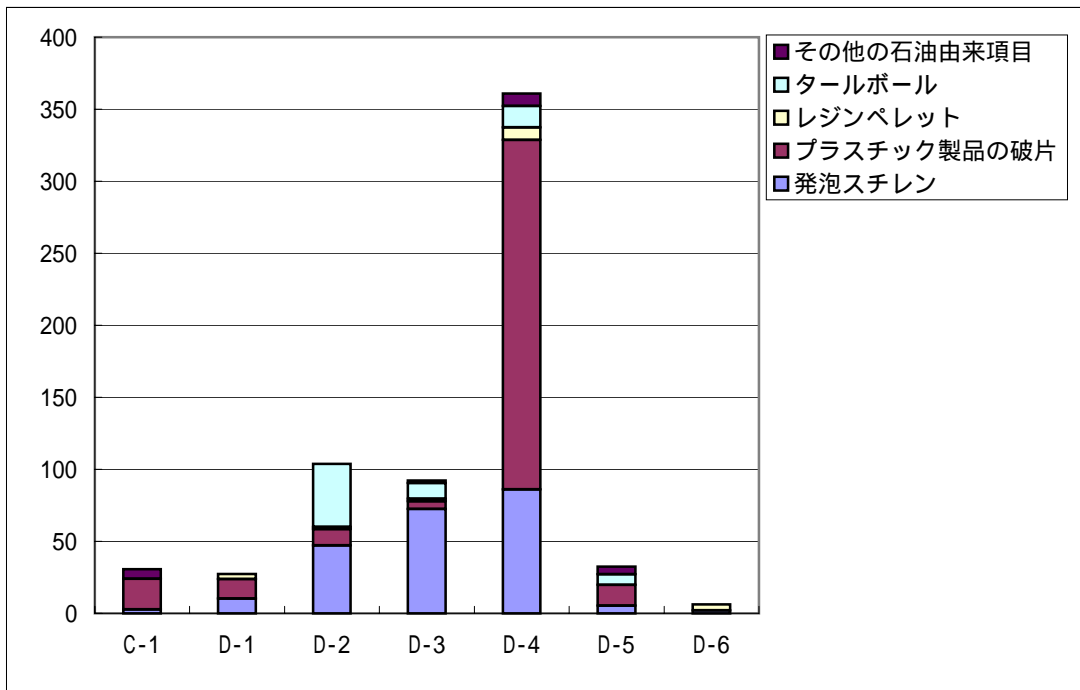
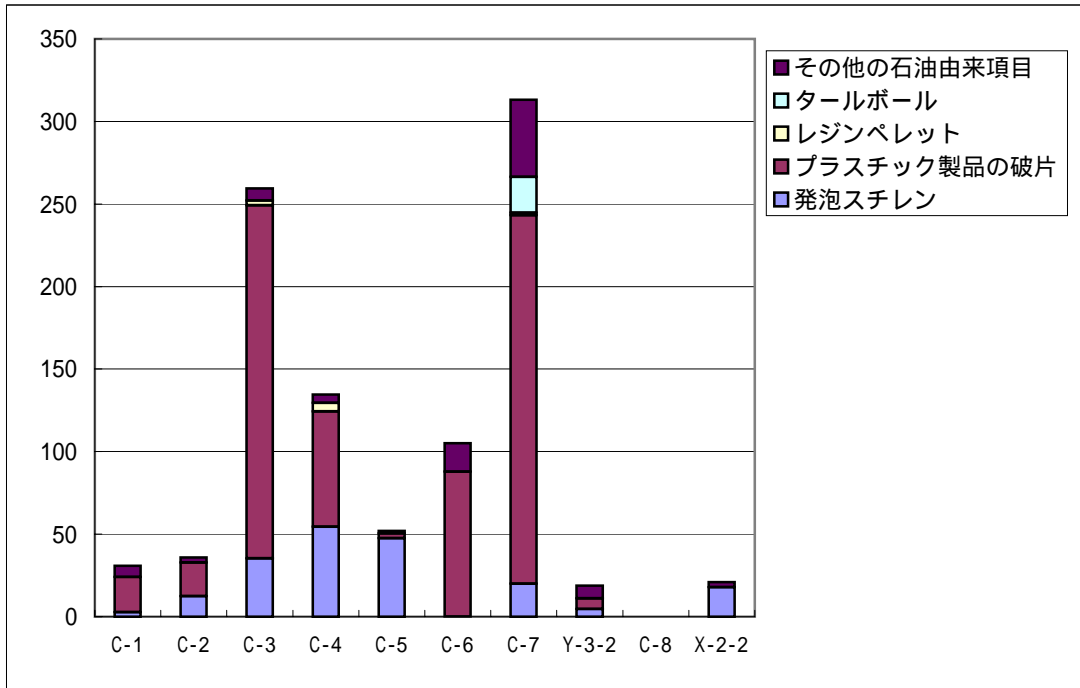


図8(1) プラスチック類(石油由来項目)の分布(単位:千個/km<sup>2</sup>)

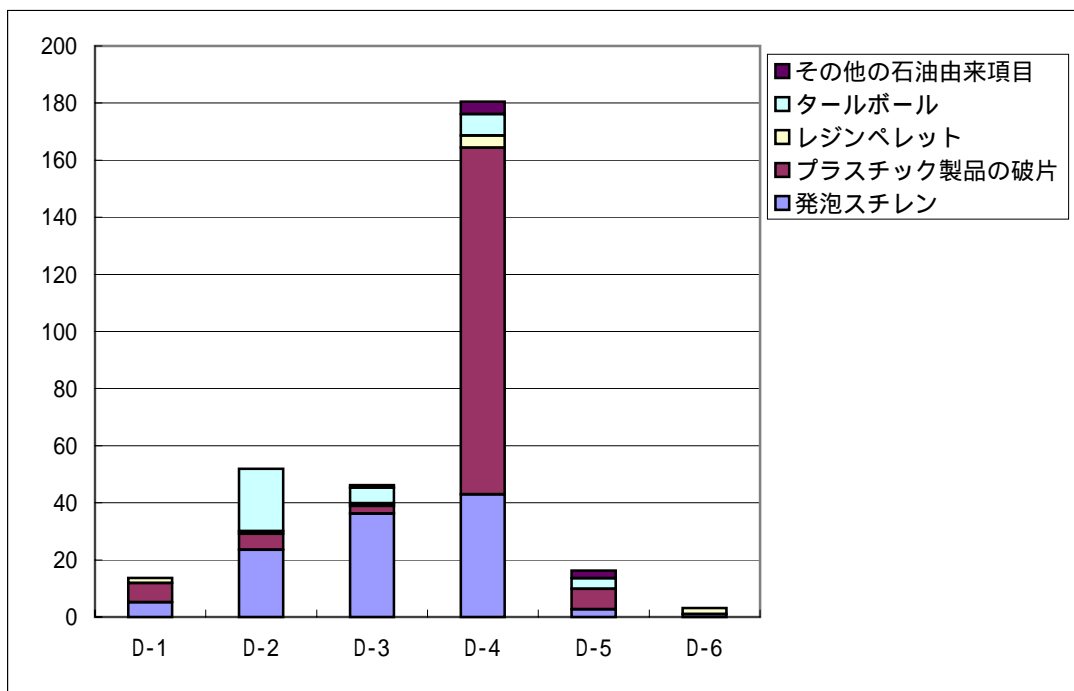
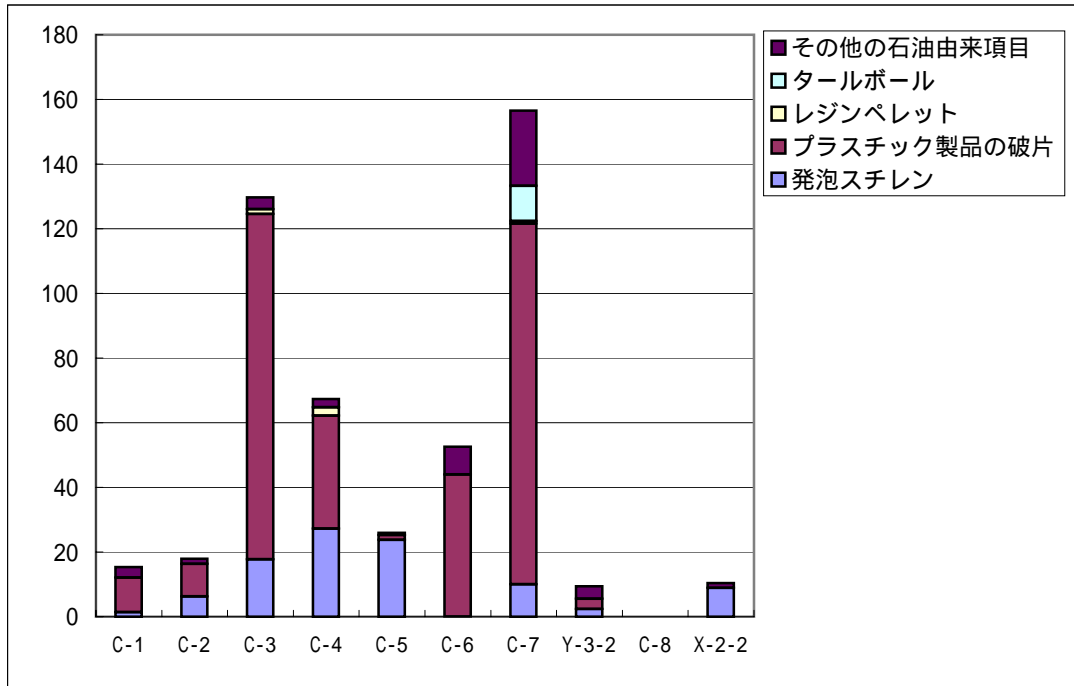


図8(2) プラスチック類(石油由来項目)の分布(単位:個/km)

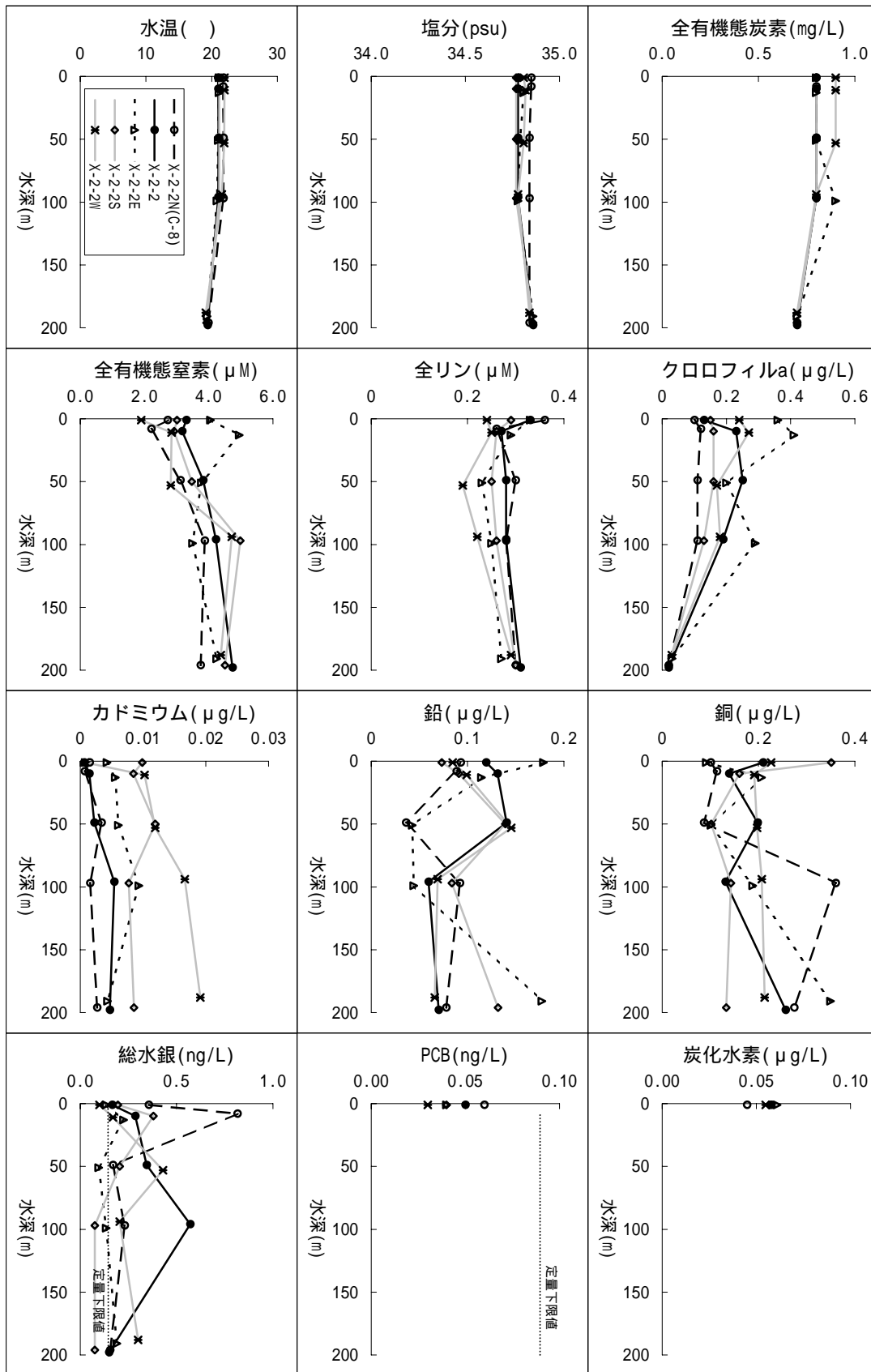


図9(1) 水質調査結果 (投入処分B海域)

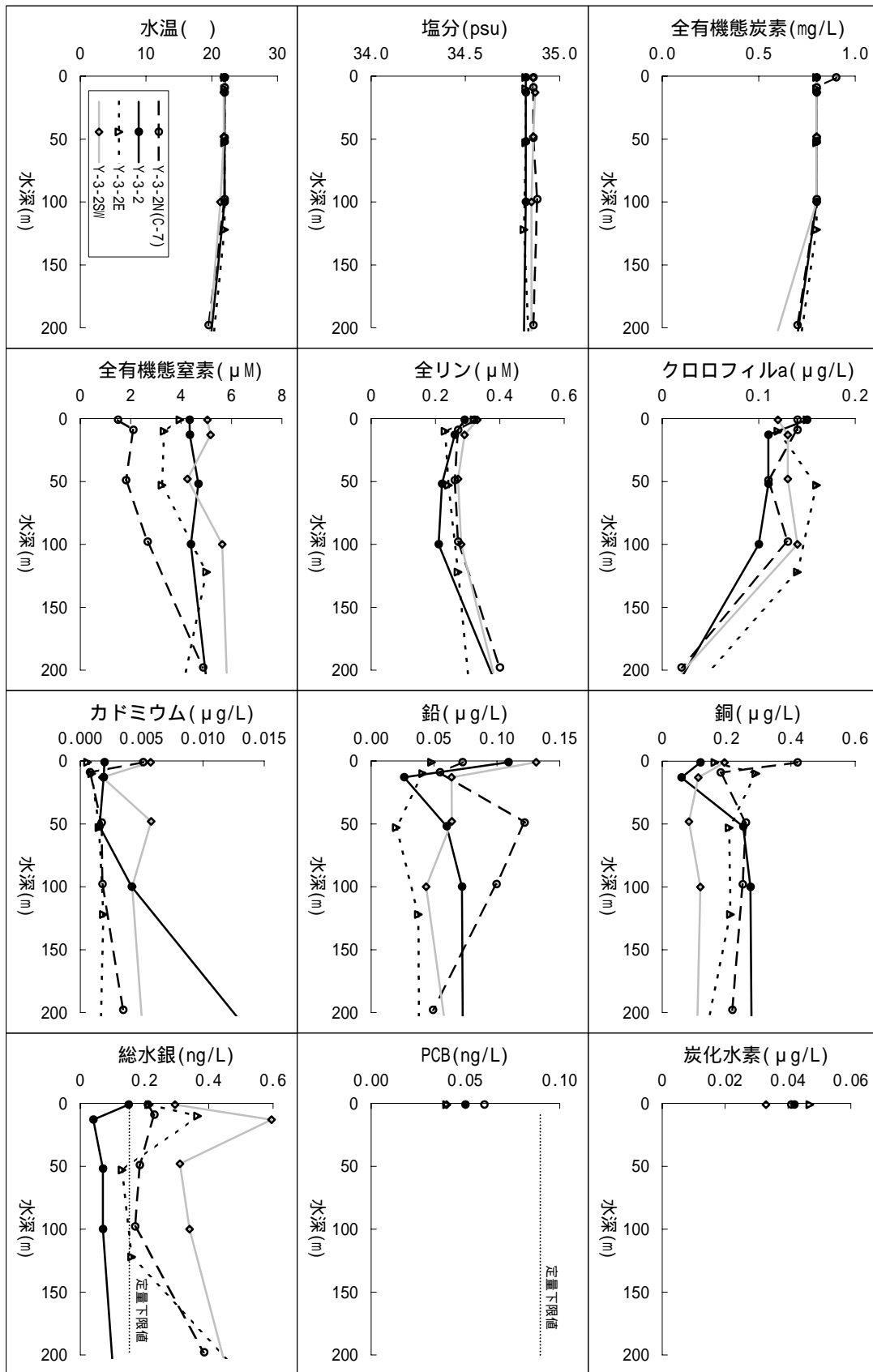


図9(2) 水質調査結果 (投入処分C海域)



測点	X-2-2N	X-2-2	X-2-2E	X-2-2S	X-2-2W	Y-3-2N	Y-3-2	Y-3-2E	Y-3-2SW
水深(m)	4480	4419	4198	4892	4286	1865	4066	4370	4469
中央粒径(μm)	5.1	5.4	5.0	4.9	4.7	6.6	5.2	6.9	5.5

注：X-2-2では、直径数mm～1cm程度のレキが多数混入していた。このレキをフルイで除去し、粒度分析や化学分析を行った。

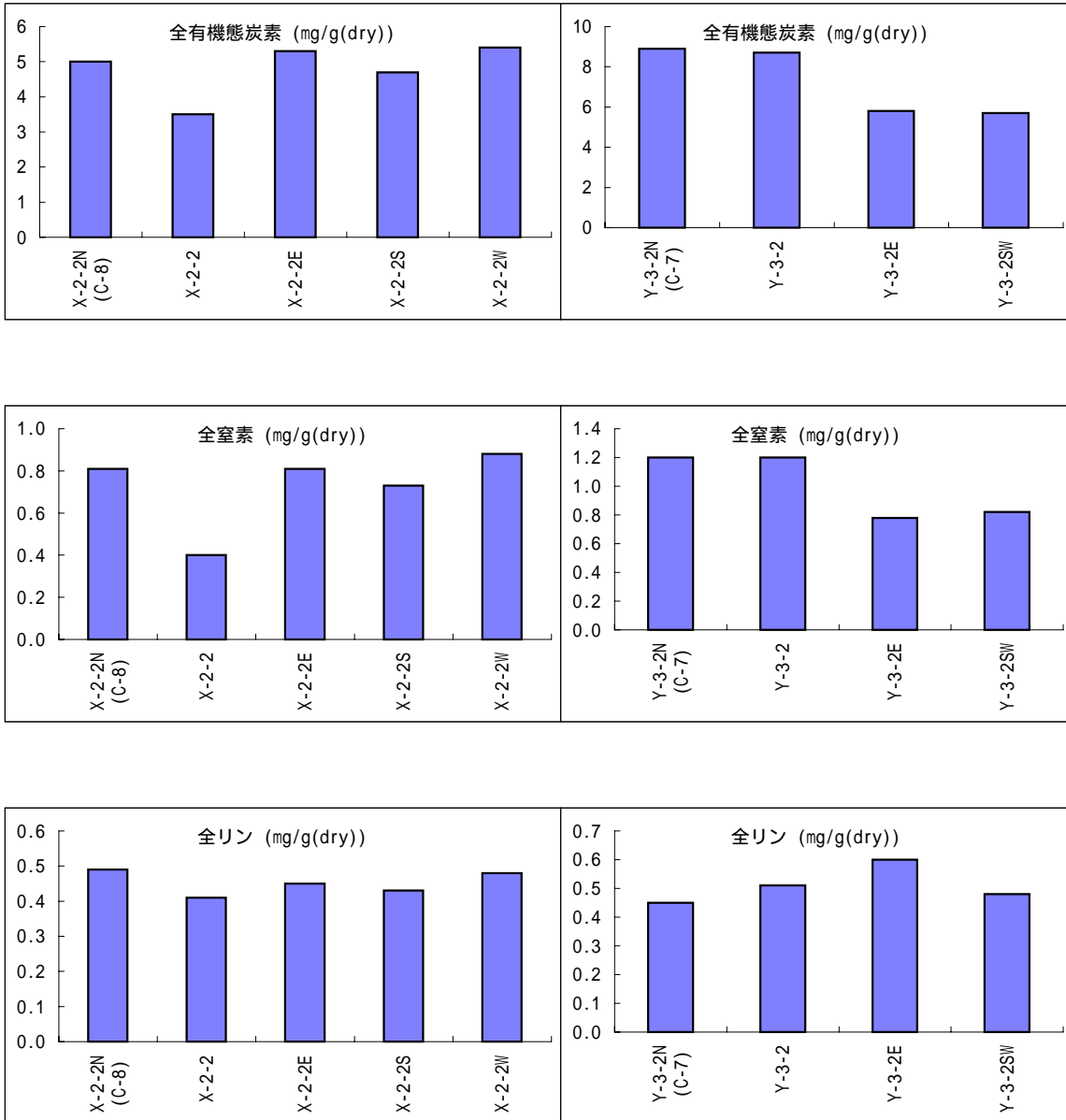


図10(1) 底質調査結果（投入処分B・C海域）

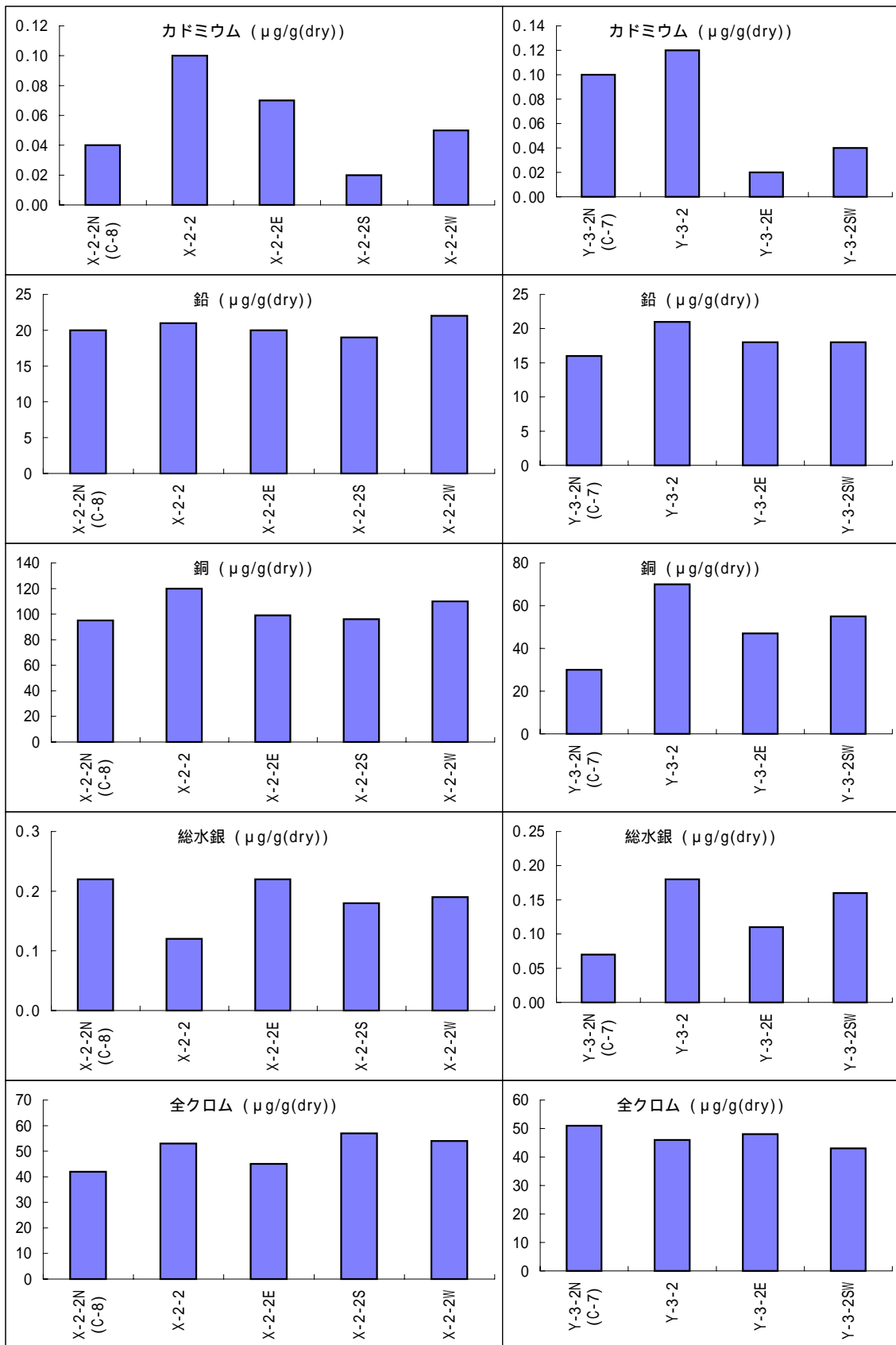


図10(2) 底質調査結果 (投入処分B・C海域)

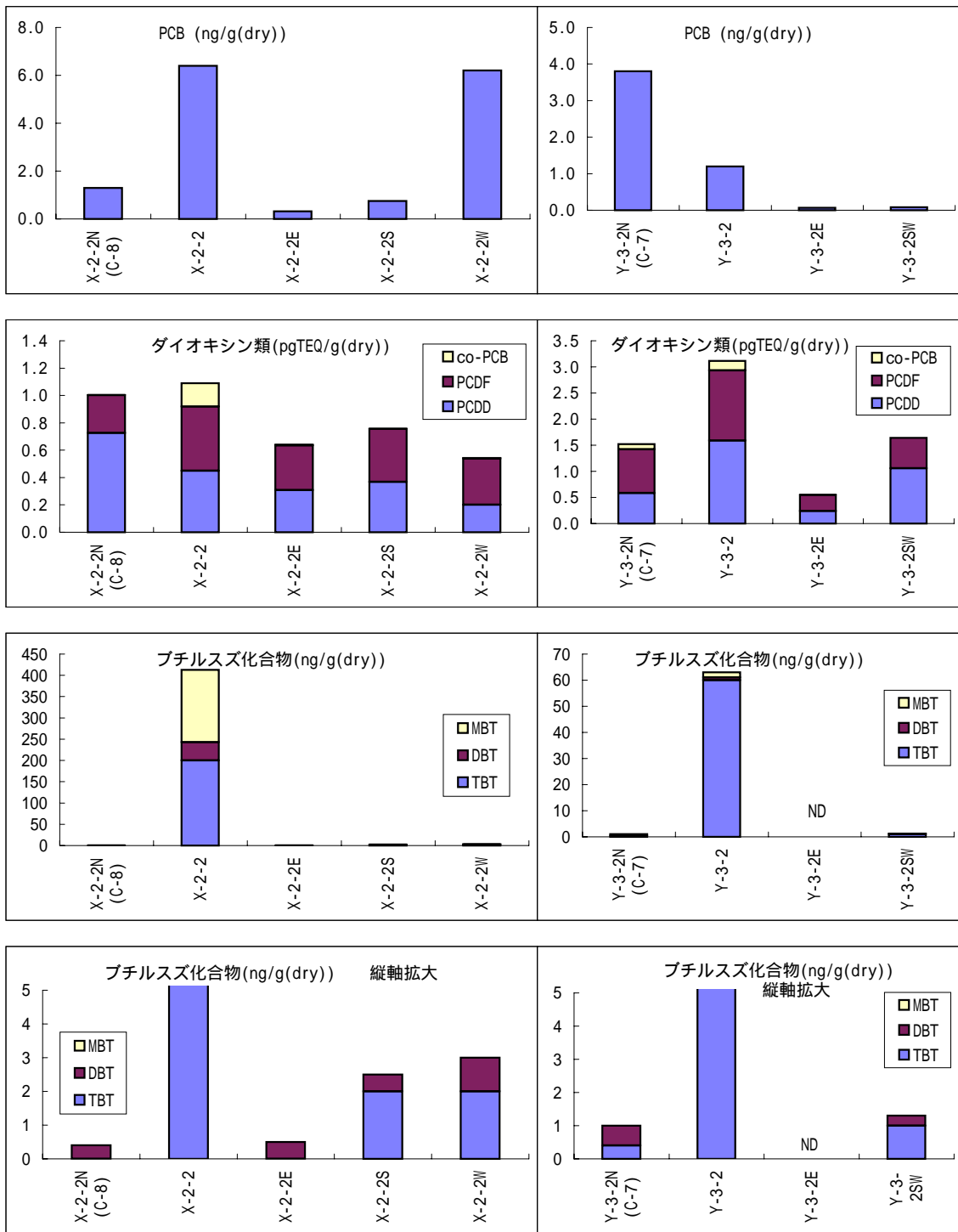
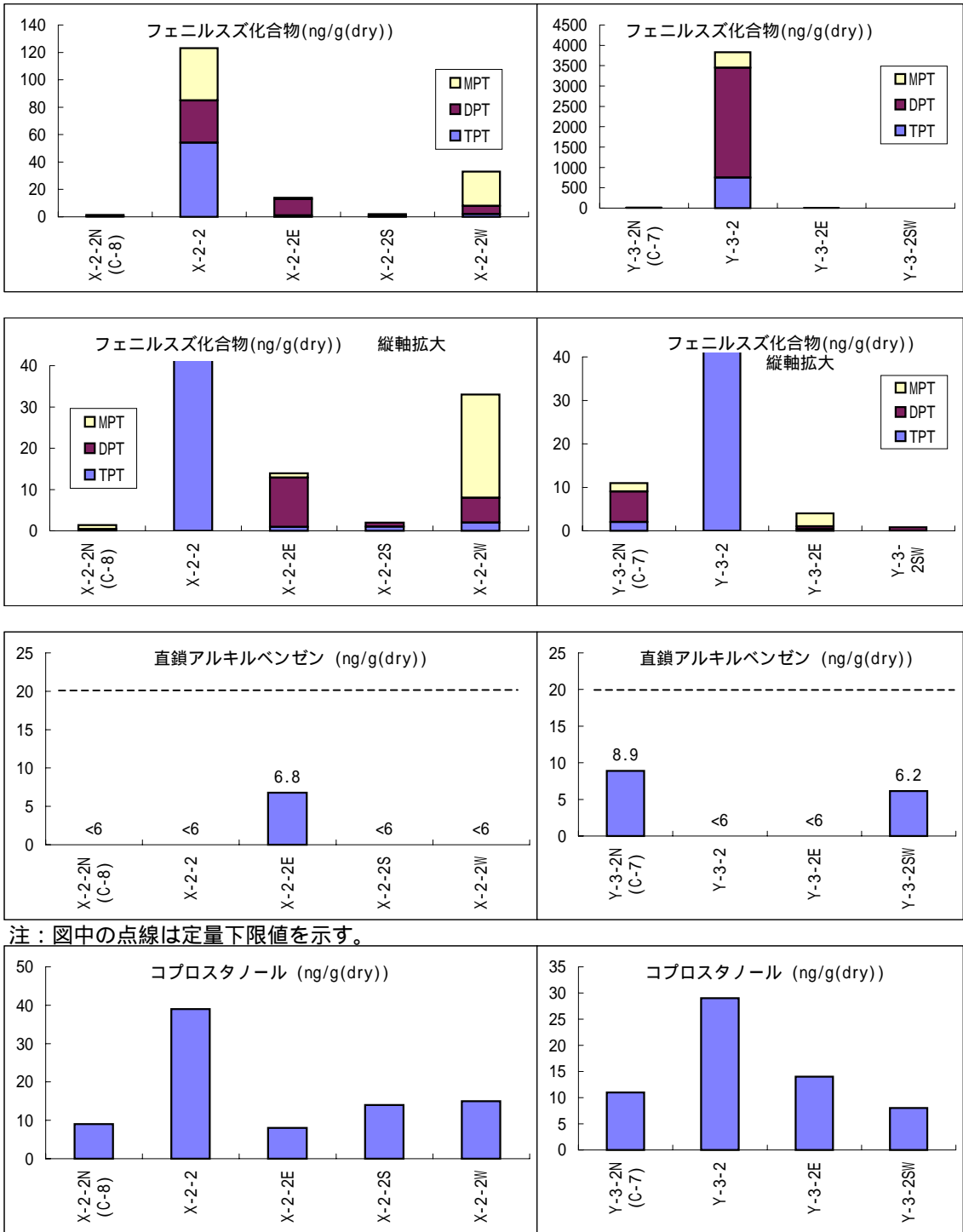
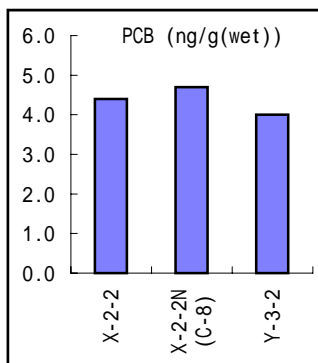


図10(3) 底質調査結果 (投入処分B・C海域)



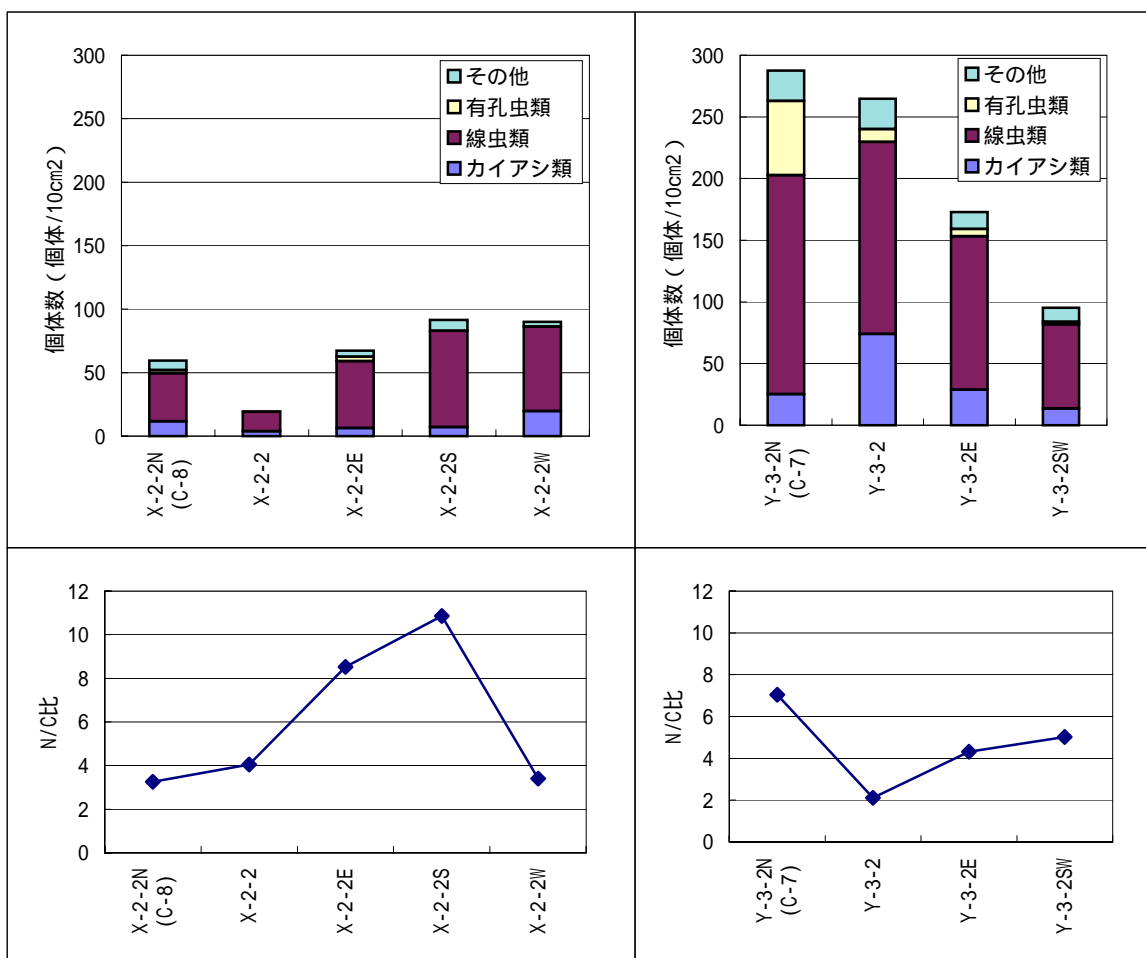
注：図中の点線は定量下限値を示す。

図10(4) 底質調査結果 (投入処分B・C海域)



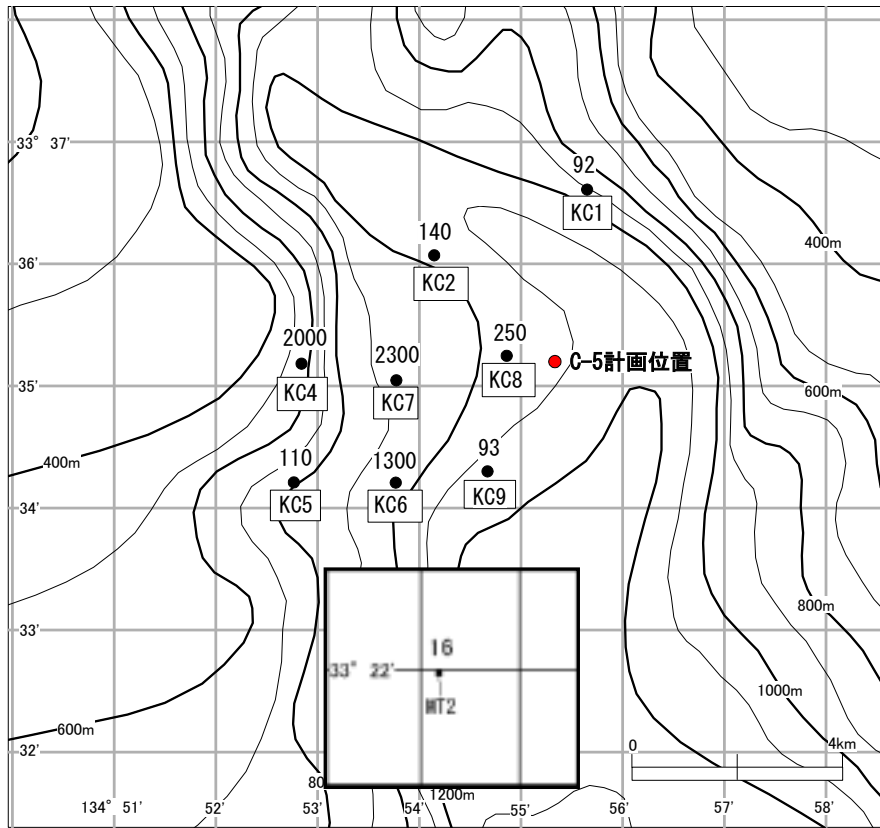
試料：マイクロネクトン（ホウライエソ科、ヨコエソ科、ホテイエソ科、ムネエソ科）

図11 生体濃度調査結果（廃棄物投入処分B・C海域）



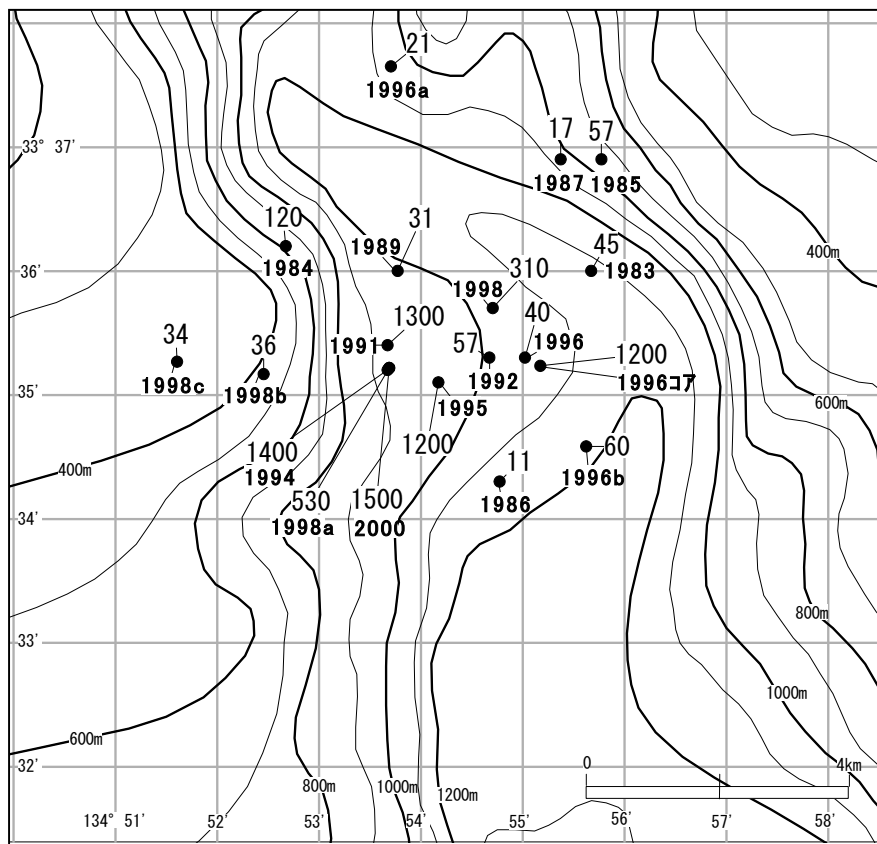
注：N/C比は線虫類の個体数 / カイアシ類の個体数

図12 生物群集調査結果（投入処分B・C海域，メイオベントス）



単位：ng/g(dry)

図 13 C-5 PCB 調査結果（水平分布、0-1cm 層）



単位：ng/g(dry)

図 14 過去の C-5 調査における PCB 測定結果

日本近海調査（～1994 年）、海洋環境保全調査（1995～97 年）、海洋環境モニタリング（1998 年～）の結果

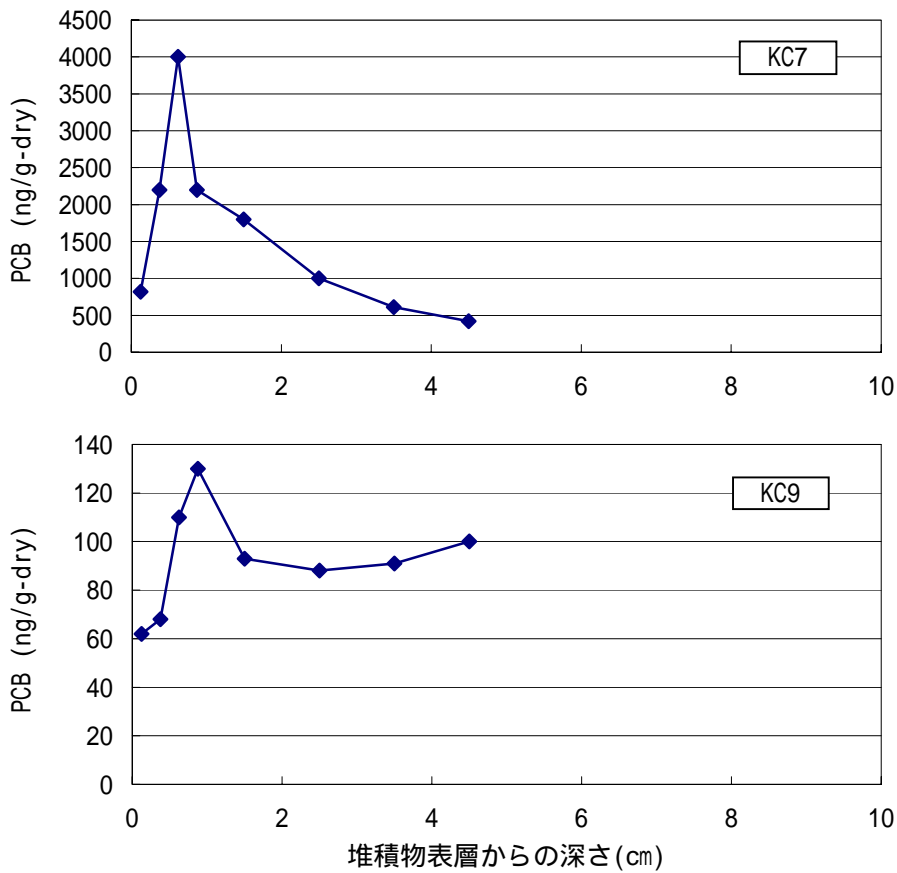


図15 C-5 PCB調査結果（鉛直分布）

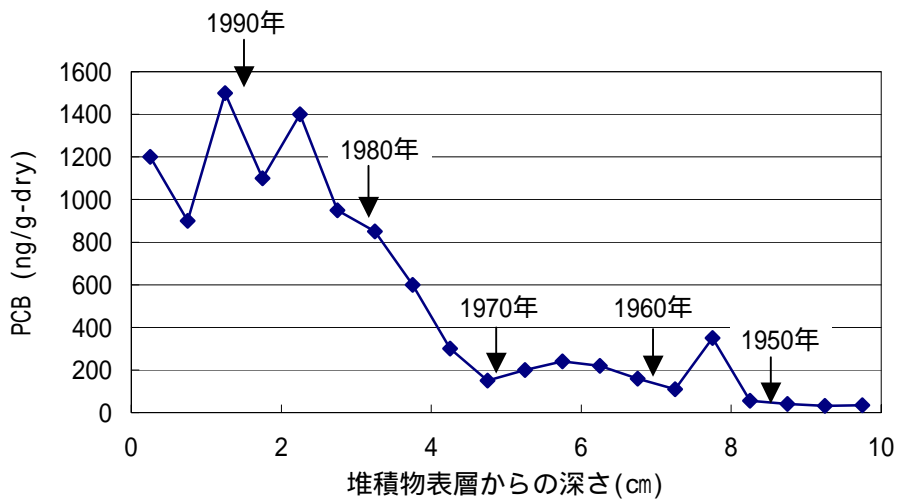


図16 C-5 PCB層別分析結果（平成8年度（1996年度）海洋環境保全調査）  
年代測定は<sup>210</sup>Pb法による

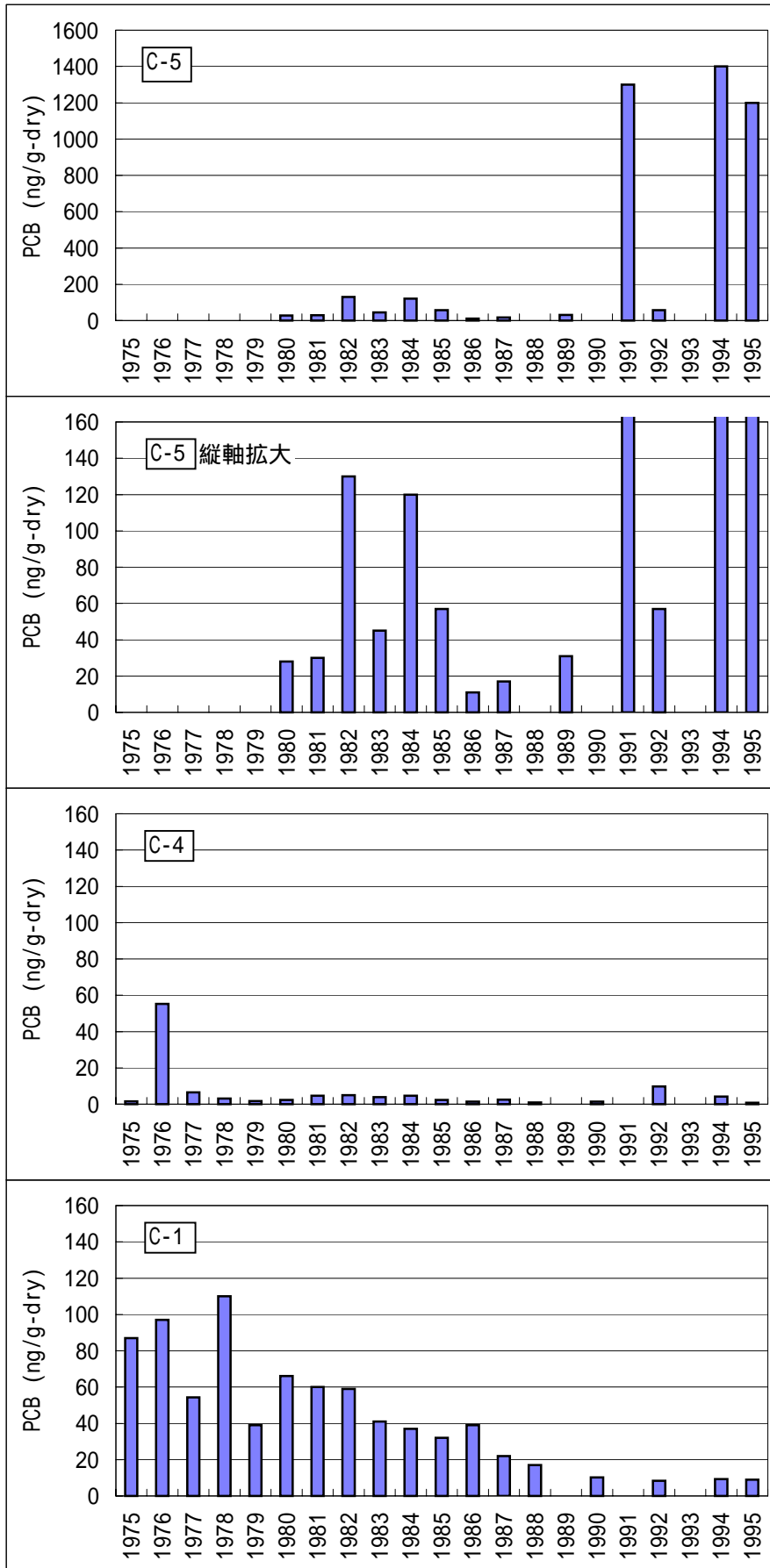
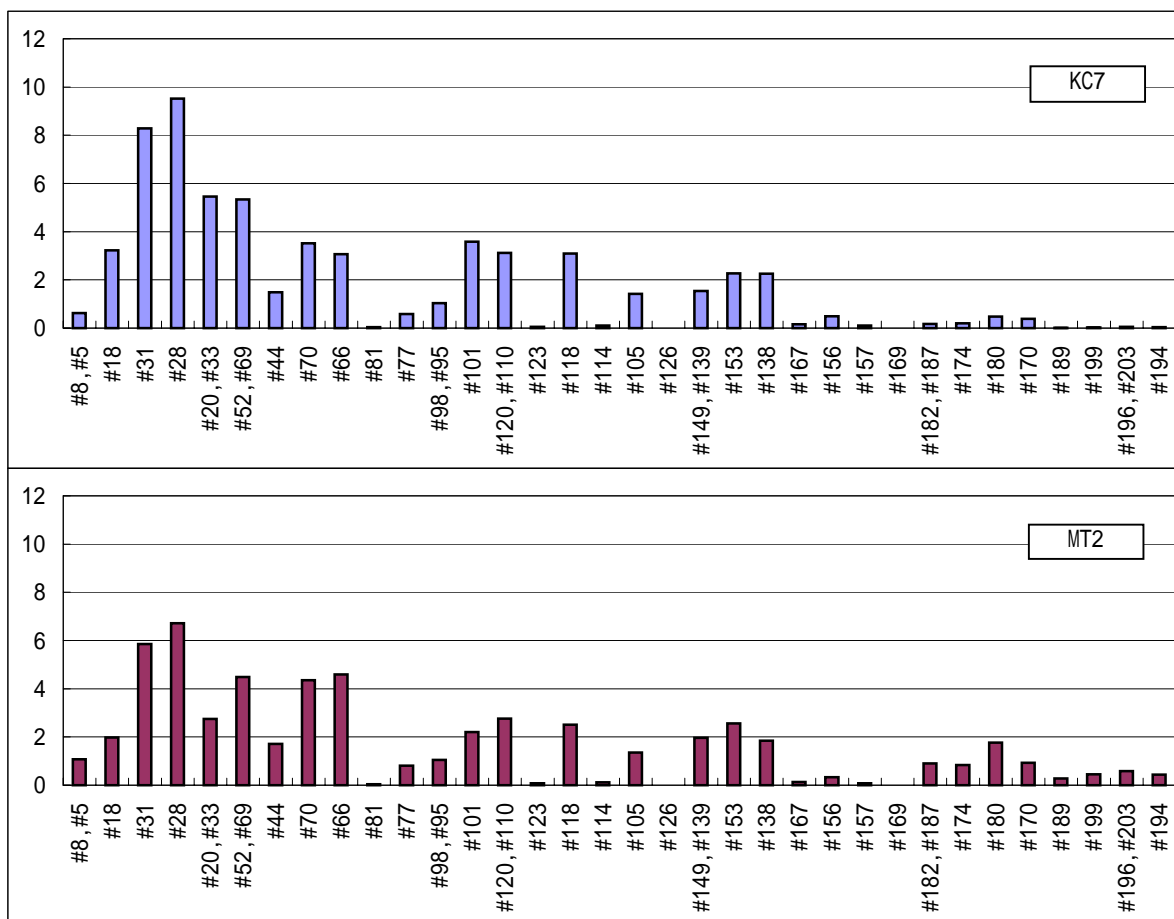


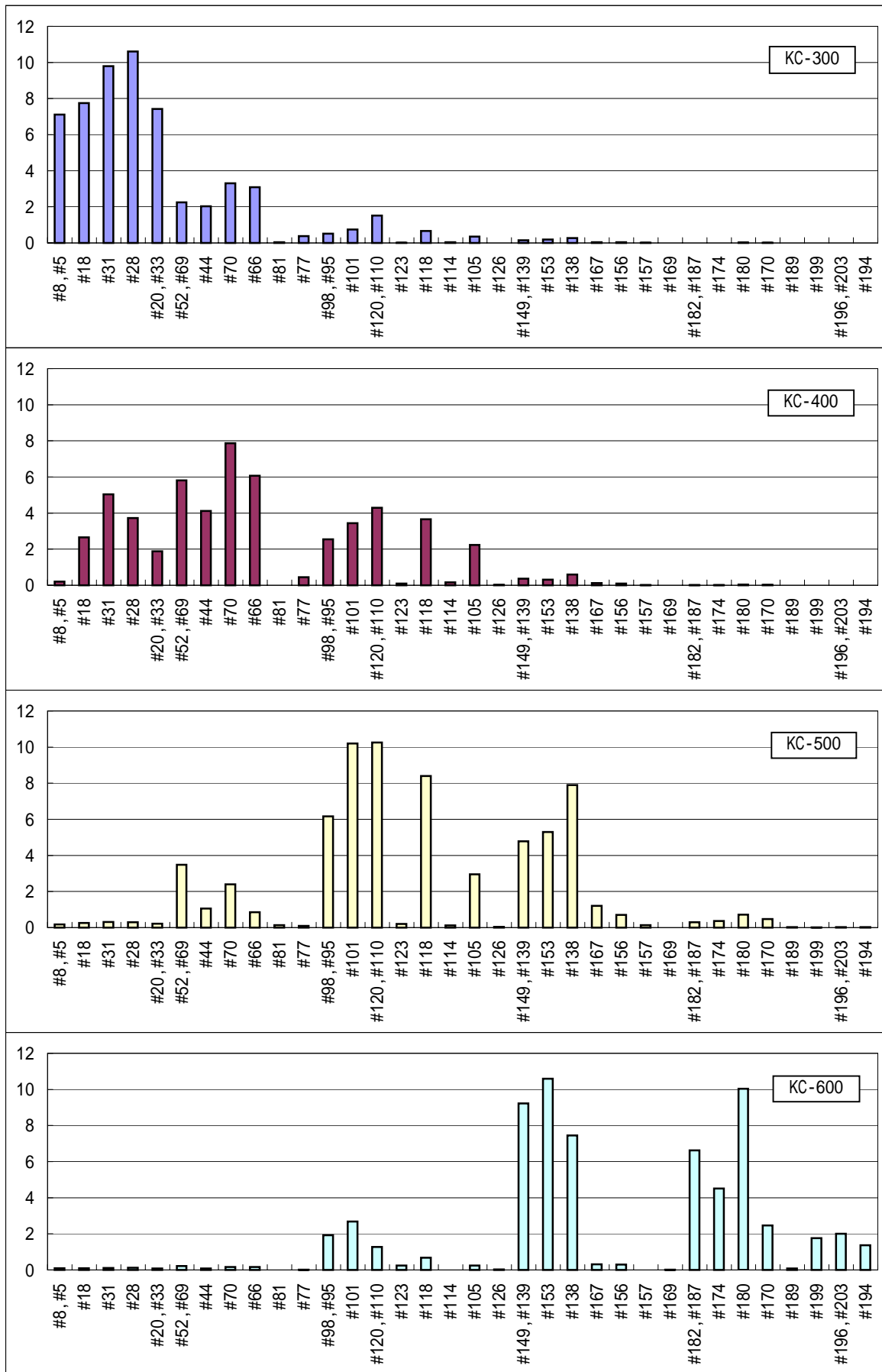
図17 日本近海調査における各年の堆積物中PCBの値





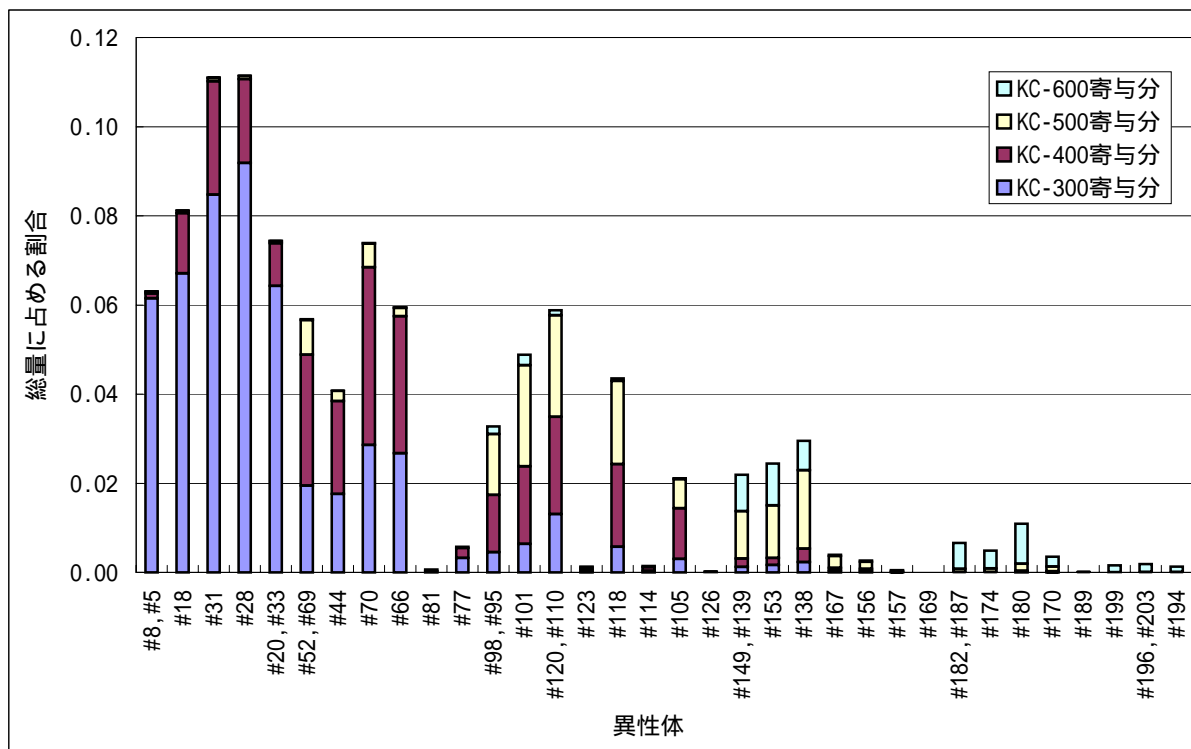
注：異性体番号はIUPAC（国際純正及び応用化学連合）No.を示す。

図18 調査測点における異性体組成（各異性体の総量に占める重量割合（%））



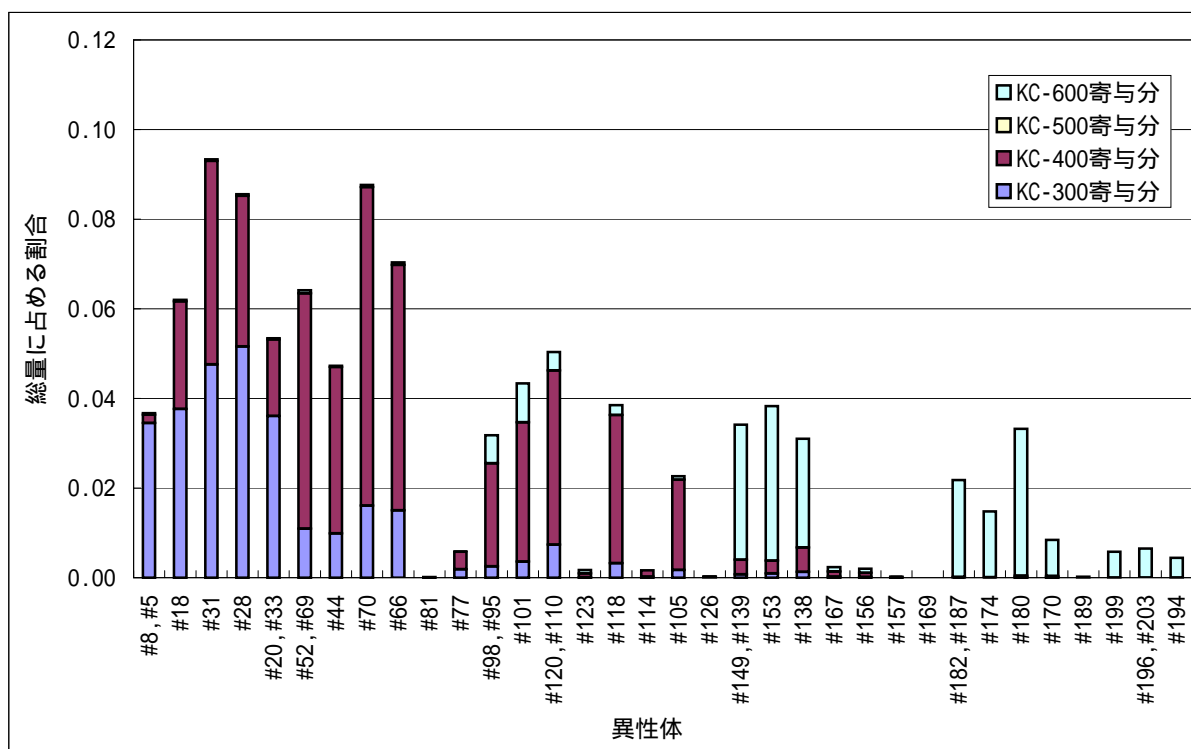
注：異性体番号はIUPAC（国際純正及び応用化学連合）No.を示す。 出典：高薈ら（1995）

図19 PCB製品の異性体組成（各異性体の総量に占める重量割合（%））



注：異性体番号はIUPAC（国際純正及び応用化学連合）No.を示す。

図20 KC7における各異性体ごとのPCB製品の寄与割合



注：異性体番号はIUPAC（国際純正及び応用化学連合）No.を示す。

図21 MT2における各異性体ごとのPCB製品の寄与割合

表4 PCBの用途と使用場所、銘柄の例

用途大別		製品例・使用場所	銘柄	
絶縁油	トランス用	ビル・病院・車両（地下鉄・新幹線他）・船舶・鉱山・地下設備などのトランス	KC-1000	Ar-T100
	コンデンサ用	蛍光灯・水銀灯の安定器用、洗濯機・冷房機器・ドライヤー・電子レンジなどの家電用、モーター用などの固定ペーパーコンデンサ、直流用コンデンサ、蓄電用コンデンサ	KC-300 KC-400 KC-500	Ar-1242 Ar-1248 Ar-1254
熱媒体（加熱と冷却）		各種化学工業・食品工業・製紙工業・薬品工業・合成樹脂工業などの諸工程における加熱と冷却、船舶の燃料油予熱、集中暖房、パネルヒーター、乾燥機	KC-300 KC-400	サントサーム（アロクロールの別製品）
潤滑油		高温用潤滑油、作動油、真空ポンプ、切削油、極圧添加材	KC-300 など	Ar-1248 Ar-1254など
可塑剤	絶縁用	電線・ケーブルの破覆、絶縁テープ、電気製品用プラスチック成型品	KC-500 KC-600など	
	難燃用	ポリエステル樹脂、ポリエチレン樹脂、ゴムなどに混合		
	その他	接着剤、化学砥石、ニス、ワックス、アスファルトに混合		
塗料、印刷インキ		難燃性塗料、耐蝕性塗料、耐薬品性塗料、耐水塗料、印刷インキ	KC-500 KC-600など	
複写紙		感圧複写紙（ノーカーボン紙）、電子複写紙 国や地方自治体、多量の伝票が使用される金融・保険業、その他の事業所	KC-300	
その他		紙や毛織物などのコーティング、自動車のシーラント、陶器ガラス器の彩色、カラーテレビ部品、農薬の効力延長剤		

注：KC-1000は、KC-500とトリクロロベンゼンを6：4で混合したもの

出典：日本POPsネットワークHP（[http://env.safetyeng.bsk.ynu.ac.jp/ecochemi/pops\\_net/japanese/index.html](http://env.safetyeng.bsk.ynu.ac.jp/ecochemi/pops_net/japanese/index.html)）