

## 平成 25 年度海洋環境モニタリング調査結果について

### 1. 背景と目的

環境省では、海洋環境保全施策の一環として、日本周辺海域における海洋の汚染状況の実態を総合的に把握するとともに、その汚染機構を解明するための基礎資料を得ることを目的として、「日本近海海洋汚染実態調査」（以下、「日本近海調査」という。）を昭和 50 年度から平成 6 年度の 20 年間にわたり実施してきた。その後、環境基本法の成立（平成 5 年）、国連海洋法条約の発効（平成 8 年）、ロンドン条約議定書の採択（平成 8 年）等の国際的な海洋環境保全に係る動きなど日本近海調査の開始当初に比して大きく変化した海洋環境保全に係る国内外の状況に対応できるように、日本近海調査で得られた成果を基礎としつつ、フィージビリティ調査として「海洋環境保全調査」（平成 7～9 年度）を実施し、その結果等を踏まえ、平成 10 年 3 月に今後の海洋環境モニタリングのあり方を示した「海洋環境モニタリング指針」を取りまとめた。

平成 10 年度からは、上記指針に基づき、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、海洋環境モニタリング調査を実施している。同調査では、従来からのヒトの健康保護あるいは生活環境の保全に加え、海洋環境を保全する観点から、日本近海調査において従来対象とされてきた海水、堆積物、浮遊性プラスチック類等の他、生体濃度や生物群集を調査対象に追加し、これらの項目を対象として、汚染源に着目した陸域起源の汚染を対象とした調査と廃棄物等の海洋投入処分による汚染を対象とした調査を実施している。

陸域起源の汚染を対象とした調査は、特に大きな汚染負荷が存在すると考えられる内湾や沿岸域から、その沖合にかけての汚染物質の分布や濃度勾配を把握することで、陸域起源の汚染負荷が海洋環境に及ぼしている影響を把握することを目的としている。

廃棄物等の海洋投入処分による汚染を対象とした調査は、近年において相当量の処分が実施されている投入処分Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ海域において、海水、堆積物、海洋生物の汚染状況を把握することを目的としている。

なお、対象としている海域（排他的経済水域内）は非常に広大であり、すべての海域を単年度で調査することは困難であることから、日本周辺の海域を 8 年程度で一巡することを前提とした調査計画を立てている。これらの調査データを蓄積することにより、経年的な変化を捉えるとともに、日本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としている。

平成 25 年度は、陸域起源の汚染負荷が海洋環境に及ぼしている影響を把握することを目的として「陸域起源の汚染を対象とした調査」を実施した。また、過去に海洋投入処分が行われていた旧海洋投入処分 A 海域において、堆積物の汚染状況及び生物群集への影響を把握することを目的として「廃棄物等の海洋投入処分による汚染を対象とした調査」を実施した。さらに、平成 22 年度の調査において堆積物からバックグラウンドよりも高濃度の PFOS が検出された C 測線周辺の堆積物中有機フッ素化合物の追加分析、並びに平成 22 年度に投入処分 II 海域の海底から採取された物質の詳細分析として、「追加分析調査」を実施した。

## 2. 調査内容

平成 25 年度は、陸域起源の汚染を対象とした調査として、底質調査、生体濃度調査、生物群集調査及びプラスチック類等調査を実施した。廃棄物等の海洋投入処分による汚染を対象とした調査としては、底質調査及び生物群集調査を実施した。また、追加分析調査としては、平成 22 年度に C 測線周辺で採取した堆積物中有機フッ素化合物の追加分析及び投入処分 II 海域の測点 (X-2-2) の海底上で採取された試料の詳細分析を実施した。

### 2.1 調査海域

#### ①陸域起源の汚染を対象とした調査

底質調査及び生物群集調査については、沖縄本島南西沖の D 測線 (D-3、D-4) において実施した (図 1)。プラスチック類等調査については、詳細な分布状況の把握のため、廃棄物等の海洋投入処分による汚染を対象とした調査の測点 (D-6、D-6SE) においても調査を実施した (図 1)。生体濃度調査は、親潮域、黒潮域、東シナ海域、日本海域を調査対象海域とした (図 2)。

#### 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

沖縄本島南西沖の旧海洋投入処分 A 海域 (D-6) 及びその対照点 (D-6SE) において調査を実施した (図 1)。

#### ③追加分析調査

有機フッ素化合物の追加分析は、平成 22 年度に C 測線及び投入処分海域で採取した堆積物の残余試料を用いて実施した (図 3)。また、X-2-2 採取物の詳細分析は、平成 22 年度に投入処分 II 海域の測点 (X-2-2) の海底上で採取された試料を用いた。

## 2.2 調査時期

### ①陸域起源の汚染を対象とした調査

調査時期は、平成 26 年 2 月 18 日、24 日であった。なお、当該海域では過去に平成 11 年 10 月 7 日、8 日、平成 15 年 12 月 14 日～18 日に調査を実施している。生体濃度調査試料の採取時期は表 1 のとおりである。

### 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

調査時期は、平成 26 年 2 月 19 日、25 日であった。今回初めて調査を実施した。

### ③追加分析調査

有機フッ素化合物の追加分析に用いた試料は、平成 23 年 2 月 15～19 日に採取した。また、X-2-2 の海底上採取物は平成 23 年 2 月 16 日に採取した。

## 2.3 調査対象等

### ①陸域起源の汚染を対象とした調査

底質調査、生体濃度調査は表 2 ①に示す項目を測定した。生体濃度調査の対象生物、1 検体とした個体数、分析部位は表 3 のとおりである。生物群集調査はメイオベントス群集を対象とした。プラスチック類等調査は表層浮遊物を対象とした。

### 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

底質調査は表 2 ②に示す項目を測定した。生物群集調査はメイオベントス群集を対象とした。

### ③追加分析調査

有機フッ素化合物の追加分析は、PFOS 及び PFOA を測定した。また、X-2-2 採取物の詳細分析は、蛍光 X 線分析及び赤外分光分析を実施し、さらに GC-MS を用いて有機スズ化合物（ブチルスズ化合物及びフェニルスズ化合物）を測定した。

## 2.4 調査方法

調査方法は海洋環境モニタリング指針に従った。なお、試料の採取等は以下の方法により実施した。

(1) 陸域起源の汚染を対象とした調査

①堆積物

堆積物試料はマルチプルコアラー（採泥面積 50 cm<sup>2</sup>×8 本）により採取し、堆積物表面から 3 cm までを試料とした。

②生体濃度試料

イカ類、タラ類及び甲殻類は漁業者より購入した。

③生物群集試料

メイオベントス群集試料は、①堆積物と同様の方法で採取した堆積物のコア 3 本から、直上水を確認したのち、表面積 10 cm<sup>2</sup>、堆積物表面から 5 cm 深までのサブコアを採取し、目合 1 mm の篩を通過し、目合 0.038 mm の篩上に留まったものを試料とした。

[参考 1] メイオベントス、マクロベントス、メガベントス：ベントスとは水底に生活する生物の総称。大きさでメイオベントス<マクロベントス<メガベントスと分類される。メイオベントスは 1 mm の篩を通過し、0.04 mm 前後の篩上に留まる大きさのもので、主な出現動物群として、線虫類、カイアシ類（主としてソコミジンコ類）などがある。

④プラスチック類等調査試料

プラスチック類等は気象庁型ニューストンネット（間口 71.5×71.5 cm）を用いて、2 ノット、20 分間の表層曳きにより採取した。荒天時においてもネット開口部が常に海面を捉えられるように平成 16 年度に改良した曳網方法を用いた。

(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

①堆積物

堆積物試料の採取は、(1)の①と同様の方法で実施した。

②生物群集試料

メイオベントス群集試料の採取は、(1)の③と同様の方法で実施した。

(3) 追加分析調査

堆積物試料の採取は、(1)の①と同様の方法で実施した。

## 2.5 データの扱いについて

本調査結果の精度管理については、調査時、分析時の精度管理はもちろんのこと、分析後も測定物質間の関係及び同一調査海域における過去の調査結果や文献などの既往値から精度を判断し、必要に応じ再分析を行い、検討会において確認した。その結果、異常値の疑いのあるデータについては注釈などでその旨を明記し、異常値かどうかの判断がつかなかったデータはそのまま用いた。ただし、後者については、今後の結果も見ながらさらに検討を行うこととした。なお、本年度調査において異常値の疑いがあるデータはなかった。

## 2.6 ダイオキシン類の毒性等量換算等

本年度の調査結果については、ダイオキシン類は世界保健機構（WHO）が平成 20 年に定めた毒性等価係数（TEF）を用いて毒性等量（TEQ）換算を行った。その際、定量下限値未満の数値は、底質調査結果では 0 とした。生体濃度調査では、定量下限値未満で検出限界値以上の値はそのままの値を用い、検出限界値未満の値は検出限界値の 1/2 として TEQ 換算を行った。

[参考 2] TEQ 換算：ダイオキシン類には多くの種類があり、それぞれの毒性は大きく異なることから、ダイオキシン類の影響を評価する場合には、毒性の強さの表記を統一しておく必要がある。このため、最も毒性が強いとされている 2,3,7,8-TeCDD の毒性に対する、他のダイオキシンの毒性の強さの比・TEF（毒性等価係数）を定めている。一般に、ダイオキシン類の濃度を表示する際は、測定した個々のダイオキシンの濃度に TEF を乗じて 2,3,7,8-TeCDD の毒性量に換算した値・TEQ（毒性等量）を合計したものを使用する。

[参考 3] TEQ 換算時の定量下限値未満の値の扱いについては、生体濃度調査結果は、安全サイドに立ち、定量下限値未満で検出限界値以上の値はそのままの値を用い、検出限界値未満の値は検出限界値の 1/2 とした。一方、底質調査結果では定量下限値未満の値が多く、上記のようにするとこれに起因して TEQ 値に占める割合が大きくなり、測点間に明瞭な差が出ない。そこで底質調査では、岸沖方向の濃度勾配を明瞭に捉える観点から、定量下限値未満の値を 0 として扱った。

## 3. 調査結果の概要

平成 25 年度調査結果の概要については、以下のとおりである。

### 3.1 陸域起源の汚染を対象とした調査

#### (1) 底質調査結果

底質調査結果を図 4 に示した。今回調査を実施した D 測線の中には日本近海調査にお

いて約 20 年にわたり調査が実施されてきた測点が含まれている。日本近海調査の結果（昭和 50 年～平成 6 年）の平均値と標準偏差をあわせて示した。また、平成 11、15 年度に D 測線で実施した海洋環境モニタリングの調査結果をあわせて示した。

#### ①一般項目と汚染物質

水深は、D-3 で約 2,100 m であったのに対し、D-4 は約 790 m であった。

中央粒径は、D-3、D-4 のいずれの測点も  $10\mu\text{m}$  以下の粒径が小さい堆積物が採取された。D-3 は平成 11、15 年度と比較して概ね同程度の粒径の堆積物が採取された一方で、D-4 は平成 11、15 年度よりも粒径が小さい堆積物が採取された。

水分含有率、硫化物、全有機態炭素、全窒素は、D-4 よりも D-3 の方が高くなっていた。全リンは D-3、D-4 で同程度の値であった。いずれの結果も、過去の結果と比較して概ね同程度もしくは低い値であった。

カドミウム、鉛、銅、総水銀、全クロムについては、D-4 よりも D-3 で高い値を示していた。いずれの測点も日本近海調査の結果及び平成 11、15 年度の結果と概ね同程度の値であった。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）に位置する測点である。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、重金属類の値が高くなっていたのは、地質に由来するもの（熱水起源）と考えられる。また、総水銀については後述するとおり、いずれも暫定除去基準を下回っており、ばく露リスクが懸念されるレベルではない。

PCB は、重金属とは異なり、D-3 より D-4 の方が高い値を示した。また、D-3 は過去の検出範囲内の値であったのに対し、D-4 は平成 11、15 年度の値よりも高くなっていた。これは、D-4 において過去の調査よりも中央粒径が小さい堆積物が採取されたことが一因と考えられる。なお、今回検出された値は、C 測線（大阪湾から沖合の測線）や E 測線（有明海から西方に延びる測線）の沖合域の測点の濃度（ $1.3\sim 4.8\text{ ng/g(dry)}$ ）と同程度の値であり、十分低い濃度である。また、後述するとおり、いずれも暫定除去基準を下回っており、ばく露リスクが懸念されるレベルではない。

DDT 類、クロルデン類はいずれの測点においても検出されなかった。

HCH 類は、D-3 で高く、D-4 で低い値を示しており、重金属などと同様の傾向が見られた。環境省「平成 25 年度化学物質環境実態調査」の那覇港の HCH 濃度は  $0.050$  ( $\alpha$ -HCH)、 $0.088$  ( $\beta$ -HCH)、 $0.041$  ( $\gamma$ -HCH (リンデン))  $\text{ng/g(dry)}$  であり、今回 D-3 で検出された値はこれよりも低かった。エンドスルフェンの各異性体は、概ね定量下限値 ( $0.1\text{ ng/g(dry)}$ ) 程度の濃度で検出され、陸域からの影響は観測されなかった。

ダイオキシン類は、PCB と同様に D-4 で高く、D-3 で低い値を示した。いずれの測点も、過去の結果と比較して高い値が得られたが、これは、E 測線（有明海から西方に延びる測線）の沖合域の測点の濃度 ( $0.12\sim 0.62\text{ pg-TEQ/g(dry)}$ ) と同程度の値であり、C

測線（大阪湾から沖合の測線）の沖合域の測点の濃度（2.1～2.7 pg-TEQ/g(dry)）よりも低い値であり、十分低い濃度である。また、後述するとおり、いずれも基準値を下回っており、ばく露リスクが懸念されるレベルではない。

ブチルスズ化合物及びフェニルスズ化合物は、D-4 のモノブチルスズ、モノフェニルスズを除き検出されず、陸域からの影響は観測されなかった。D-4 のフェニルスズ化合物については、過去の調査と比較して高くなっていた。これは、平成 16 年度以降回収率による補正を行うようになり、*di*-体、*tri*-体に比べて回収率が低かった *mono*-体が特に高く検出されるようになったことが一因であると考えられる。

ベンゾ(a)ピレンは、D-3 で高く、D-4 で低い値を示していたが、いずれも定量下限値未満の値であり、陸域からの影響は見られなかった。

PBDE は、D-3 でのみ検出された。なお、環境省「平成 25 年度化学物質環境実態調査」の那覇港の PBDE（臭素数 4～8）の濃度は 67 ng/g(dry)であり、D-4 で検出された値はこれより低かった。

HBCD、PFOS、PFOA は、いずれの測点においても検出されなかった。

## ②基準値との比較（表 4）

今回得られた結果のうち、堆積物中の水銀と 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る。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た。

[参考 4] mg（ミリグラム）、 $\mu$ g（マイクログラム）、ng（ナノグラム）、pg（ピコグラム）：それぞれ桁の異なる単位の種類で、mg は千分の一（ $10^{-3}$ ）グラム、 $\mu$ g は百万分の一（ $10^{-6}$ ）グラム、ng は十億分の一（ $10^{-9}$ ）グラム、pg は一兆分の一（ $10^{-12}$ ）グラムを表す。

## (2) 生体濃度調査結果

生体濃度調査は、海水や堆積物では検出が困難な微量化学物質について、その現状を把握する有効な手段である。対象とした生物は、イカ類、タラ類及び甲殻類である。対象とする重金属類や有機化学物質は、筋肉よりも肝臓に高濃度に蓄積されやすい性質があるため、これらをより高感度で検出できるように、イカ類、タラ類については肝臓を分析部位としている。また、甲殻類については筋肉を分析部位としている。

[参考 5] 対象生物の特徴：イカ類はスルメイカを対象とした。本種は日本周辺海域の表層に分布している。魚類や動物プランクトンを捕食する。寿命は 1 年であり各年の汚染を反映する。

タラ類はマダラを対象とした。本種は日本海側および本州北部太平洋岸の大陸棚および大陸棚斜面域に分布している。魚類、イカ・タコ類、甲殻類などを捕食する。

甲殻類はベニズワイガニを対象とした。本種は日本海と本州北部太平洋岸に分布し、水深1000 m付近を中心とした海域に生息する。

#### ①調査結果

平成 25 年度の調査結果と、平成 10～21 年度の検出範囲等をあわせて図 5 に示す。

東シナ海域、日本海域のイカ類のフェニルスズ化合物が過去の調査と比較して高い濃度で検出された。

全体的な傾向としては、過去 11 年間の値と同等もしくは低い値を示しており、特段の汚染の進行は認められなかった。

#### ②他の調査結果及び基準等との比較

PCB とダイオキシン類については、肝臓だけでなく筋肉も同時に分析している。平成 25 年度の調査で得られた筋肉の PCB は、単純平均値 3.6 ng/g(wet) (検出範囲：2.5～5.8 ng/g(wet)) であり、環境省「平成 25 年度化学物質環境実態調査」の結果(参考 6)の範囲内であった。筋肉のダイオキシン類は、単純平均値 0.30 pg-TEQ/g(wet) (検出範囲：0.03～1.3 pg-TEQ/g(wet)) であり、環境庁「平成 10 年度ダイオキシン類緊急全国一斉調査結果」等の結果(参考 7)の範囲内であった。

さらに、総水銀及び PCB は魚介類に対して暫定的規制値が設定されている(総水銀：0.4ppm、PCB：0.5～3ppm) (参考 8、9)。イカ類、タラ類及び甲殻類(筋肉)の PCB について基準と比較すると、いずれも基準を下回っていた。

[参考 6] 既存調査における海生生物の PCB の値は以下のとおり。

- ・環境省「平成 25 年度 化学物質環境実態調査結果」の魚類(筋肉)では 0.92～130 ng/g(wet)

[参考 7] 既存調査における海生生物のダイオキシン類の値は以下のとおり。

- ・環境庁「平成 10 年度ダイオキシン類緊急全国一斉調査結果」の水生生物では、平均値 2.1 pg-TEQ/g(wet) (検出範囲：0.0022～30 pg-TEQ/g(wet))
- ・厚生労働省「平成 24 年度食品からのダイオキシン類一日摂取量調査」の魚類(国産の生鮮魚類のみ、加工品を除く)では、平均値 2.0 pg-TEQ/g (検出範囲：1.7～2.4 pg-TEQ/g)
- ・農林水産省「平成 24 年度 畜水産物中のダイオキシン類の実態調査」の国内産の魚類(スズキ)では、平均値 2.1 pg-TEQ/g (検出範囲：0.54～6.7 pg-TEQ/g)、甲殻類(ベニズワイガニ)では、平均値 0.39 pg-TEQ/g (検出範囲：0.22～0.75 pg-TEQ/g)



[参考 8] 厚生省「魚介類の水銀の暫定的規制値について」（昭和 48 年 7 月 23 日、環乳第 99 号）及び「深海性魚介類等にかかる水銀の暫定的規制値の取扱いについて」（昭和 48 年 10 月 11 日、環乳第 121 号）において、魚介類の総水銀（可食部）に対して暫定的規制値 0.4ppm が定められている。マグロ類（マグロ、カジキ及びカツオ）、深海性魚介類等（メヌケ類、キンメダイ、ギンダラ、ベニズワイガニ、エッチュウバイガイ及びサメ類）及び河川産魚介類（湖沼産の魚介類を含まない）については適用外。

[参考 9] 厚生省「食品中に残留する PCB の規制について」（昭和 47 年 8 月 24 日、環食第 442 号）において、魚介類の可食部に対して暫定的規制値 0.5ppm（遠洋沖合魚介類）及び 3ppm（内海内湾(内水面を含む。)魚介類）が定められている。

### (3) 生物群集調査結果

メイオベントス群集調査結果を図 6、7 に示した。平成 16 年度より各測点につき 3 試料の採取・分析を行っており、各測点における個体数のばらつきに関する情報が得られている。

図 6 についてみると、個体数は D-3 より D-4 の方が多く、個体数は D-4 で約 1,800 個体/10 cm<sup>2</sup>、D-3 で約 140 個体/10 cm<sup>2</sup>であった。

図 7 の層別分析結果をみると、D-3 では表層で最も個体数が多く、深層では減少する傾向が見られた。これは一般的な分布傾向と一致している。一方、D-4 では、一般的な分布傾向を示しておらず、全ての層で概ね同程度の個体数であった。

線虫類の個体数とカイアシ類の個体数の比（N/C 比）は、いずれの測点も 3 程度であった。N/C 比及び硫化物濃度が低い値であったことから、富栄養化等による影響はほとんど起きていないと評価された（図 6）。

今回の調査結果を平成 15 年度の調査結果と比較すると、D-3 の個体数は同程度であったが、D-4 は有孔虫の個体数が大幅に増えていた。

[参考 10] 線虫類の個体数とカイアシ類の個体数の比（N/C 比）は一般に、中央粒径が小さいほど、また有機物が多く貧酸素水塊が生じやすい条件であると高くなる指標である。

### (4) プラスチック類等調査

浮遊性プラスチック類等の調査結果を表 5 に、そのうち石油由来項目の結果を図 8 に示した。また、得られた採取物の一覧を表 6 に示した。以下、石油由来項目について述べる。

採取個数は D-3 で多く（0.5 万個/km<sup>2</sup>）、主な採取物はプラスチック製品の破片であった。レジンペレットは D-3、D-6 で採取された。

採取重量は D-3 で多く ( $670 \text{ g/km}^2$ )、薄膜状プラスチックが約 80% ( $550 \text{ g/km}^2$ ) を占めていた。これは、比較的大きな薄膜状プラスチック (ビニールテープ、 $0.54 \text{ g}$ ) が採取されたことによる。

D 測線では平成 11、15 年度にもプラスチック類等調査を実施しており、過年度調査結果 (図 9) と比較すると、D-3 の採取重量を除き、採取個数及び採取重量ともに減少していた。平成 11 年度は 10 月、平成 15 年度は 12 月に試料を採取したのに対して、平成 25 年度は 2 月に採取したことから、一因としては、採取時期の違いによる季節風の影響で浮遊性プラスチック類等が拡散し、採取個数及び重量が減少したと考えられる。

また、曳網方法を改良した平成 16 年度以降の日本周辺海域の他の測線における石油由来項目の採取個数と比較すると、今回の結果は最も少なかった (平成 25 年度の D 測線の平均個数 (石油由来項目) :  $0.2 \text{ 万個/km}^2$ 、平成 16~24 年度の各測線の平均個数 (石油由来項目) :  $0.3\sim 66.3 \text{ 万個/km}^2$ )。

### 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

沖縄本島南西沖の D-6 は旧海洋投入処分 A 海域に位置しており、当該海域では平成 16 年度に 60 トンの廃火薬類 (想定される品目は、自衛隊の廃弾薬や第二次大戦の不発弾など。) の処分実績がある。それに伴う汚染状況を把握するため、投入処分海域 (D-6) 及びその対照点 (D-6SE) において調査を実施した (図 1)。

#### (1) 底質調査

底質調査結果を図 10 に示す。水深は、投入処分海域 D-6 及び対照点 D-6SE とともに約  $5,800 \text{ m}$  であった。中央粒径は、D-6 は  $5.9 \mu\text{m}$ 、D-6SE は  $4.3 \mu\text{m}$  であり、いずれも粒径の小さい堆積物が採取された。水分含有率はいずれの測点も 55% 前後であった。硫化物は、D-6 でのみ検出されたが、検出限界値 ( $0.01 \text{ mg/g(dry)}$ ) 程度の値であった。全有機態炭素、全窒素、全リンは、いずれの測点も概ね同程度の値であった。

廃火薬類の指標となると考えられた鉛についても、投入処分海域 D-6 と対照点 D-6SE で概ね同程度の値であった。

#### (2) 生物群集調査

生物群集調査はメイオベントス群集を対象とした (図 11、12)。個体数は、D-6 では  $84 \text{ 個体/10 cm}^2$ 、D-6SE で  $160 \text{ 個体/10 cm}^2$  であった。投入処分海域 D-6 とその対照点 D-6SE では、D-6 の方が有意に少なくなっていた。

### 3.3 追加分析調査

#### (1) 有機フッ素化合物の追加分析調査

平成 22 年度に採取した投入処分海域の測点 Y-3-2 及び X-2-2 の堆積物の残余試料、並びに同年度に採取した C 測線の堆積物の残余試料を用いて、堆積物中 PFOS 及び PFOA の分布を確認した（図 13）。

PFOS については、今回初めて分析した Y-3-2 及び X-2-2 についてはいずれも定量下限値（0.13 ng/g(dry)）未満の値であった。平成 22 年度の分析時に高い濃度で検出された C-6、C-7 では、今回はいずれの測点においても検出限界値（0.040 ng/g(dry)）未満であった。また、その他の C 測線の再分析の結果は平成 22 年度の結果と概ね同程度の値であった。

PFOA については、Y-3-2 は定量下限値（0.13 ng/g(dry)）以上の値であったが、X-2-2 は定量下限値未満の値であった。また、C 測線の再分析の結果は平成 22 年度の結果と概ね同程度の値であった。

#### (2) X-2-2 海底上採取物の詳細分析調査

X-2-2 の海底上採取物（以下、「採取物」という。）が、同測点の堆積物から継続的に検出されている高濃度の有機スズ化合物の原因（有機スズ化合物含有塗料を想定）であるかを明らかにするため、採取物について蛍光 X 線分析、赤外分光分析及び GC-MS 分析を実施した。

蛍光 X 線分析の結果、採取物は多量のスズを含むものではないことが明らかとなった。赤外分光分析の結果、有機スズ化合物を含む塗料に由来するスペクトルは得られなかった。また、GC-MS によりブチルスズ化合物及びフェニルスズ化合物の分析を実施したところ、平成 15、16 及び 22 年度に X-2-2 の堆積物から検出されたような高濃度のブチルスズ化合物及びフェニルスズ化合物は検出されなかった（図 14）。

以上の結果から総合的に判断すると、採取物は有機スズ化合物を含む塗料ではなく、X-2-2 の堆積物から検出された高濃度の有機スズ化合物の原因ではない可能性が高いと考えられた。

### 3.4 まとめ

今回の調査では、陸域起源の汚染を対象とした調査のうち底質調査において、重金属類が過去の調査結果と比較して概ね同程度の値であったのに対して、PCB やダイオキシン類が過去の調査結果よりも高い濃度で検出された。ただし、これは E 測線（有明海から西方に延びる測線）の沖合の測点の濃度と同程度の値であり、十分低い濃度である。生体濃度調査においては、過去の調査と比較して特段の汚染の進行は認められなかった。また、生物群集調査においては、富栄養化等による影響は見られなかった。プラスチック類等調査については、全体として過去の調査よりも個数が少なくなっていた。

廃棄物等の海洋投入処分による汚染を対象とした調査では、生物群集調査においては対照点 D-6SE より投入処分点 D-6 で個体数が有意に少なくなっていたものの、底質調査の結果、廃火薬類の指標と考えられる鉛は概ね同程度の値であったことから、海洋投入処分による影響はなかったと考えられる。

追加分析調査のうち有機フッ素化合物の追加分析調査では、平成 22 年度に大阪湾沖の測点で検出されたような高濃度の PFOS は検出されなかった。X-2-2 海底上採取物の詳細分析調査において、蛍光 X 線分析、赤外分光分析、GC-MS 分析を実施した結果、採取物は有機スズ化合物を含む塗料ではなく、X-2-2 の堆積物から検出された高濃度の有機スズ化合物の原因ではない可能性が高いと考えられた。

今後も引き続き、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する。

#### 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	名古屋大学地球水循環研究センター教授
小城 春雄	北海道大学水産学部名誉教授
白山 義久	独立行政法人海洋研究開発機構理事
田中 勝	鳥取環境大学サステイナビリティ研究所長・教授
田辺 信介	愛媛大学沿岸環境科学研究センター教授
當重 弘	海上保安庁海洋情報部環境調査課海洋汚染調査室長
中田 英昭	長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科教授（座長）
西田 周平	東京大学大気海洋研究所国際連携研究センター教授
野尻 幸宏	独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター 上級主席研究員
牧 秀明	独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター海洋環境研究室主任研究員

注：検討員・所属は平成 26 年度現在のもの

取りまとめ：日本エヌ・ユー・エス株式会社

試料採取等：株式会社環境総合テクノス

化学分析：いであ株式会社

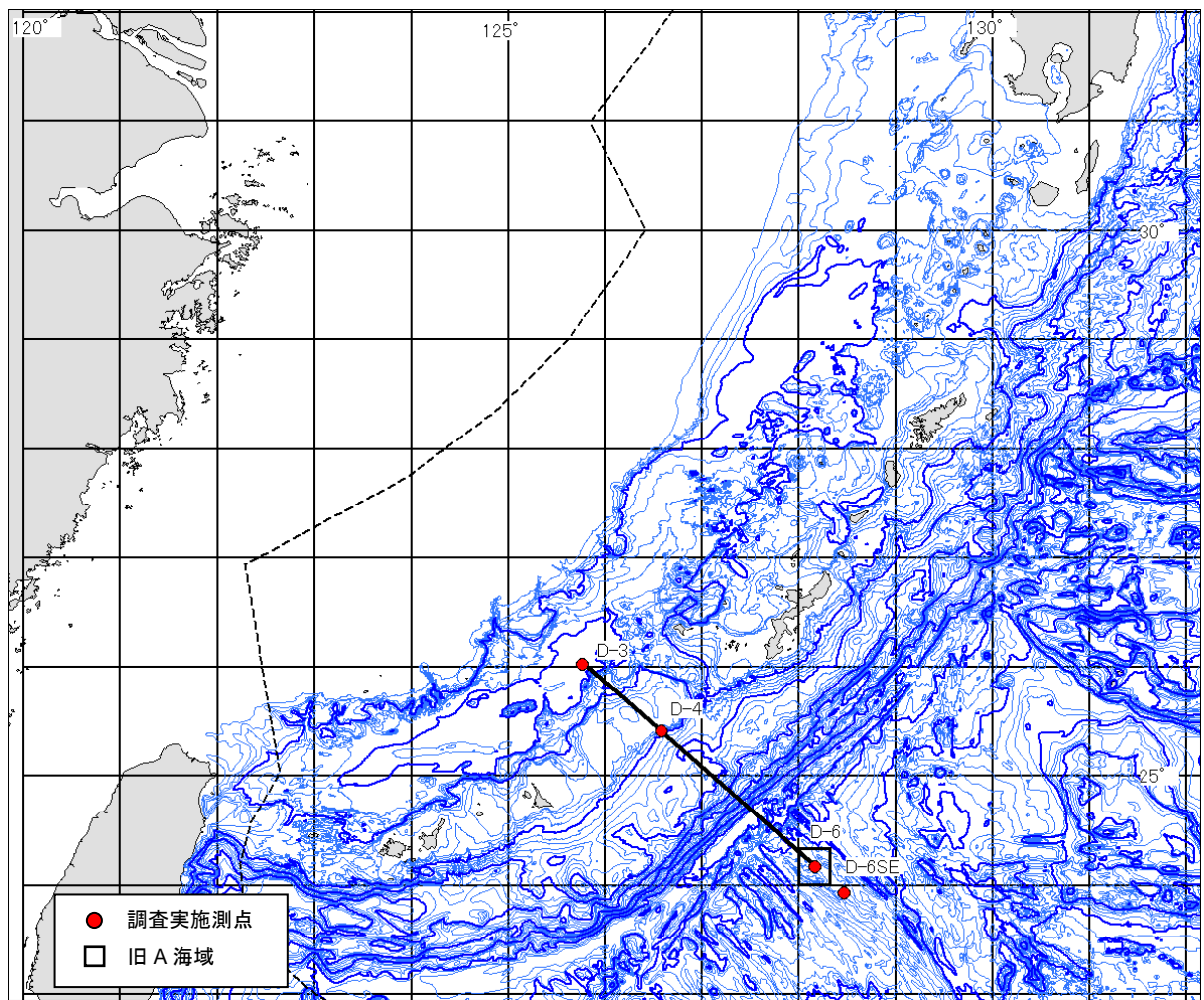
帝人エコ・サイエンス株式会社

## 5.略語説明

Co-PCB：コプラナーポリ塩化ビフェニル	PCDD：ポリ塩化ジベンゾーパラージオキシン
DBT：ジブチルスズ	PCDF：ポリ塩化ジベンゾフラン
DPT：ジフェニルスズ	PeCDD：五塩化ジベンゾーパラージオキシン
HBCD：ヘキサブロモシクロドデカン	PeCDF：五塩化ジベンゾフラン
HpCDD：七塩化ジベンゾーパラージオキシン	PFOA：ペルフルオロオクタ酸
HpCDF：七塩化ジベンゾフラン	PFOS：ペルフルオロオクタンスルホン酸
HxCDD：六塩化ジベンゾーパラージオキシン	TBT：トリブチルスズ
HxCDF：六塩化ジベンゾフラン	TeCDD：四塩化ジベンゾーパラージオキシン
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	TEF：毒性等価係数
OCDD：八塩化ジベンゾーパラージオキシン	TEQ：毒性等量
OCDF：八塩化ジベンゾフラン	TOC：全有機態炭素
PBDE：ポリ臭素化ジフェニルエーテル	TPT：トリフェニルスズ
PCB：ポリ塩化ビフェニル	

## 6.引用文献

- 環境庁（1976～1995）：「昭和 50 年度～平成 6 年度日本近海海洋汚染実態調査」
- 環境庁（1998）：「海洋環境モニタリング調査指針等作成調査」  
（指針部分は、環日本海環境協力センター 編（2000）：「海洋環境モニタリング指針」大蔵省印刷局、として市販されている。）
- 環境庁（1999）：「平成 10 年度ダイオキシン類緊急全国一斉調査結果について」
- 環境省（2014）：「平成 25 年度版 化学物質と環境」（平成 24 年度 化学物質環境実態調査結果報告書）
- 厚生省（1972）：「食品中に残留する PCB の規制について」（昭和 47 年 8 月 24 日、環食第 442 号）
- 厚生省（1973）：「魚介類の水銀の暫定的規制値について」（昭和 48 年 7 月 23 日、環乳第 99 号）
- 厚生省（1973）：「深海性魚介類等にかかる水銀の暫定的規制値の取扱いについて」（昭和 48 年 10 月 11 日、環乳第 121 号）
- 厚生労働省（2013）：「平成 24 年度食品からのダイオキシン類一日摂取量調査等の調査結果について」
- 農林水産省（2013）：「平成 24 年度畜水産物に係るダイオキシン類の実態調査の結果について」



(等深線は (原則として) 200mコンター)

図1 平成25年度 海洋環境モニタリングの調査位置

※生体濃度調査、追加分析調査を除く

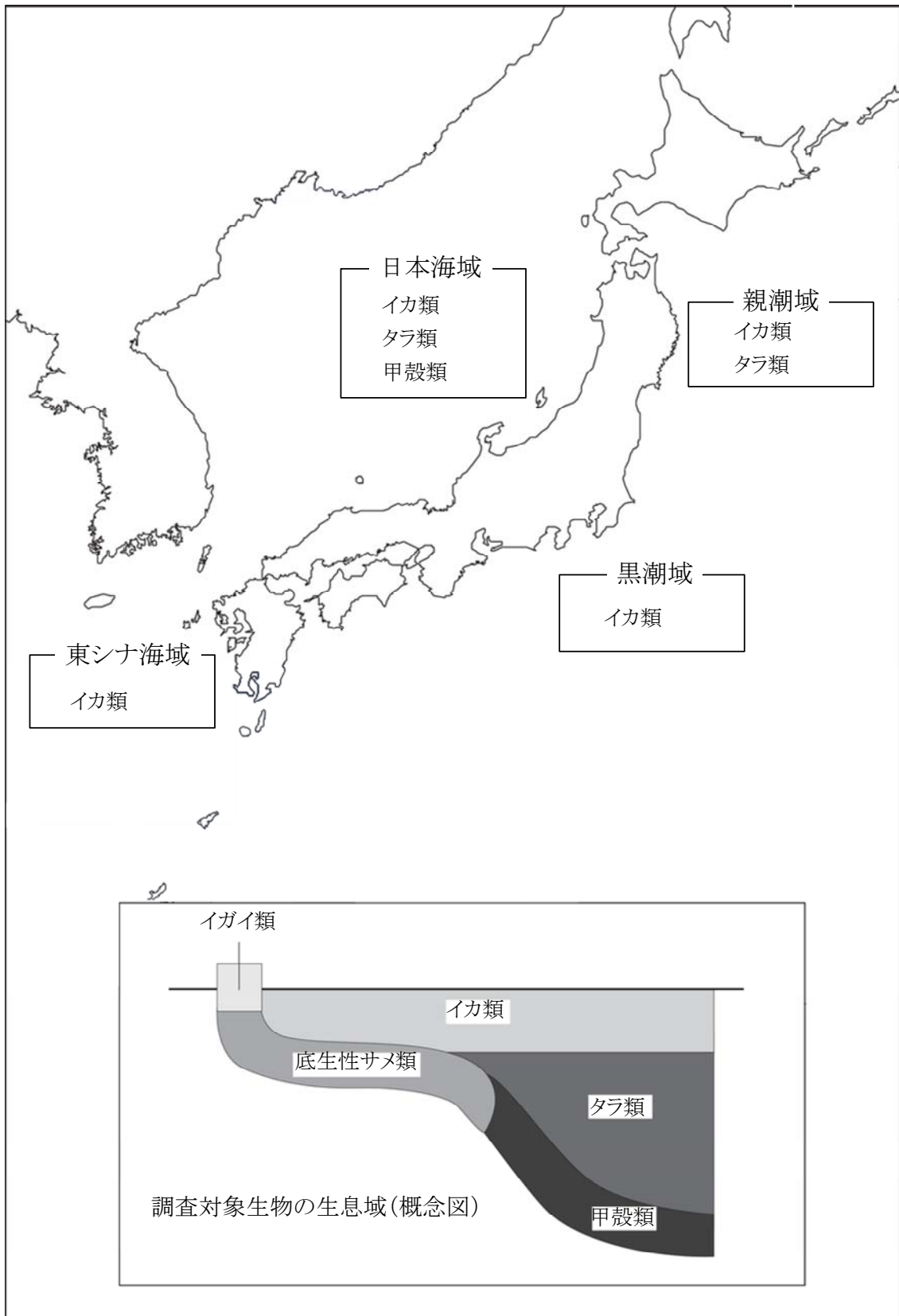
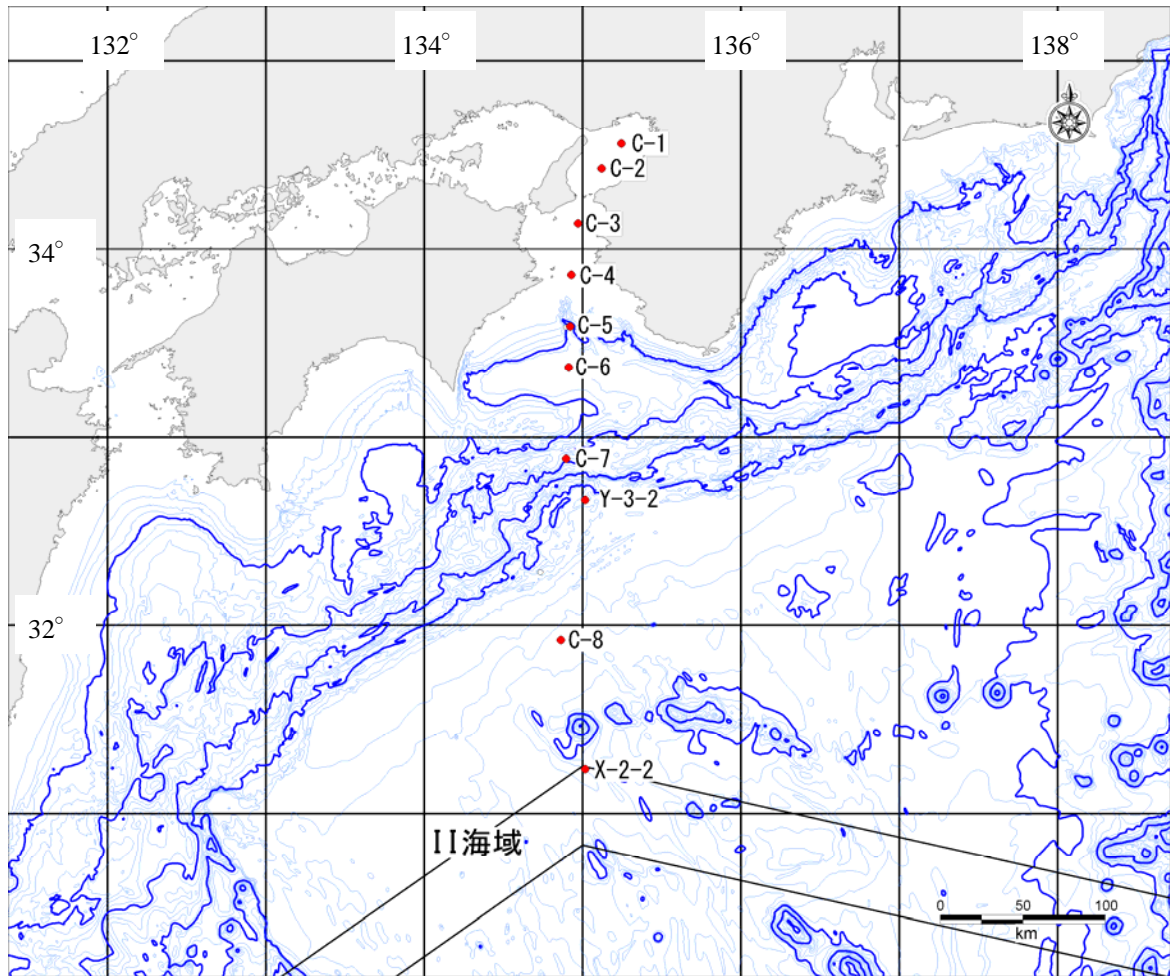


図2 平成25年度海洋環境モニタリング（生体濃度調査）の調査位置



注：試料採取は平成22年度に実施

(等深線は (原則として) 200mコンター)

図3 平成25年度海洋環境モニタリング (追加分析調査) の調査位置



表 1 生体濃度調査試料の採取時期（年/月）

対象生物	表層性	中層性	深海性
	遊泳生物	遊泳生物	底生生物
	イカ類	タラ類	甲殻類
親潮域	H26/2	H26/2	—
黒潮域	H26/2	—	—
東シナ海域	H26/2	—	—
日本海域	H26/3	H26/3	H26/3

表 2 各調査の測定項目

①陸域起源の汚染を対象とした調査における測定項目

	底質調査	生体濃度調査
一般項目	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	カドミウム、銅、総水銀
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類（HCH： $\alpha$ -HCH、 $\beta$ -HCH、 $\gamma$ -HCH）、エンドスルファン（ $\alpha$ -エンドスルファン、 $\beta$ -エンドスルファン）、DDT類、クロルデン類	ポリ塩化ビフェニル（PCB）
ダイオキシン類	ポリクロロジベンゾ-para-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	ベンゾ（a）ピレン	—
臭素系難燃剤	ポリ臭素化ジフェニルエーテル（PBDE）、ヘキサブROMシクロドデカン（HBCD： $\alpha$ -HBCD、 $\beta$ -HBCD、 $\gamma$ -HBCD）	—
有機フッ素化合物	PFOS、PFOA	—

注 1：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。

注 2：平成 25 年度は水質調査は実施しない。

表 2 (続き) 各調査の測定項目

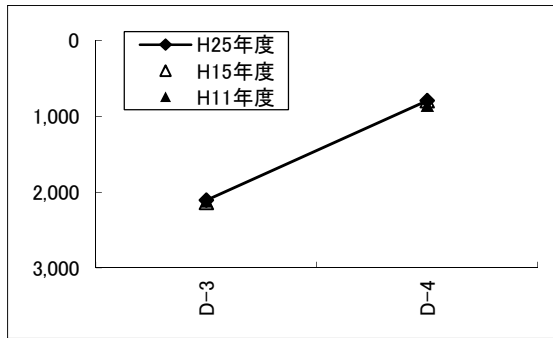
②廃棄物等の海洋投入処分による汚染を対象とした調査における測定項目

	底質調査
一般項目	粒度組成、水分含有率、全有機態炭素、全窒素、全リン、硫化物
重金属類	鉛

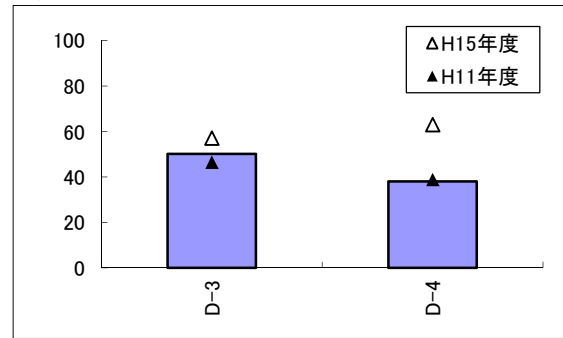
表 3 生体濃度調査の対象生物等

対象生物		1 検体とした 個体数	分析部位
表層性遊泳生物	イカ類	16~20	肝臓、筋肉
中層性遊泳生物	タラ類	4~6	肝臓、筋肉
深海性底生生物	甲殻類	6	筋肉

水深 (m)



水分含有率 (%)



平成25年度

測点	D-3	D-4
水深(m)	2,107	794
中央粒径 (μm)	6.7	7.3

平成15年度

測点	D-3	D-4
水深(m)	2,133	792
中央粒径 (μm)	7.0	26

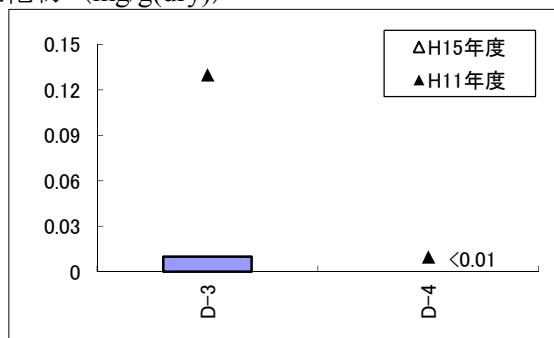
平成11年度

測点	D-3	D-4
水深(m)	2,115	850
中央粒径 (μm)	3.8	110

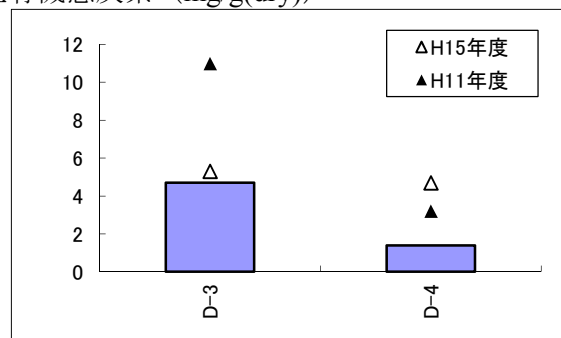
注：平成25、15年度の中央粒径は、マイクロレーザー散乱法による値。

平成11年度の中央粒径はJIS法による値。

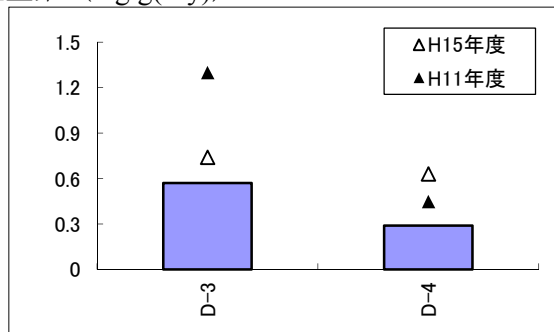
硫化物 (mg/g(dry))



全有機態炭素 (mg/g(dry))



全窒素 (mg/g(dry))



全リン (mg/g(dry))

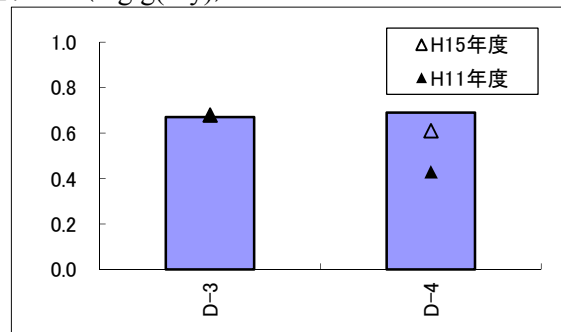
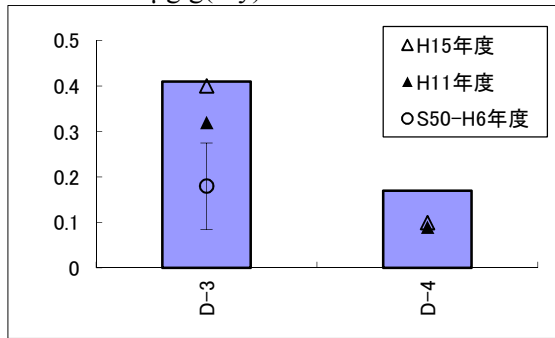
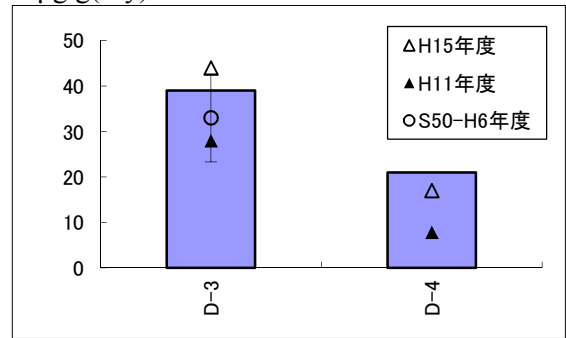


図4(1) 底質調査結果 (D測線)

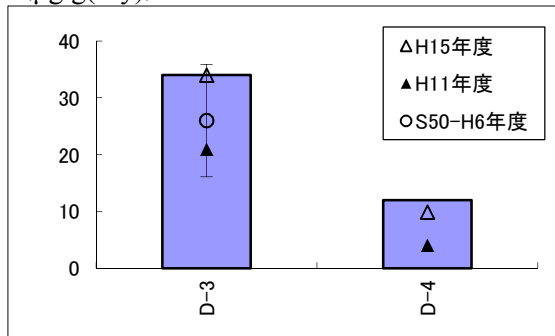
カドミウム (μg/g(dry))



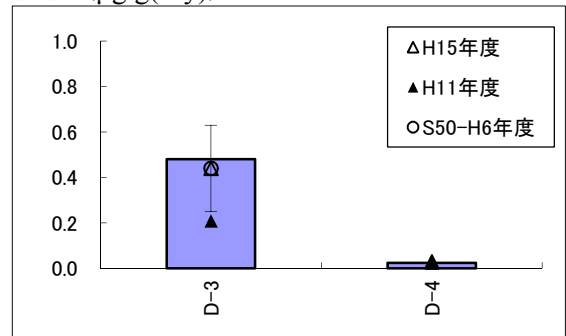
鉛 (μg/g(dry))



銅 (μg/g(dry))



総水銀 (μg/g(dry))



全クロム (μg/g(dry))

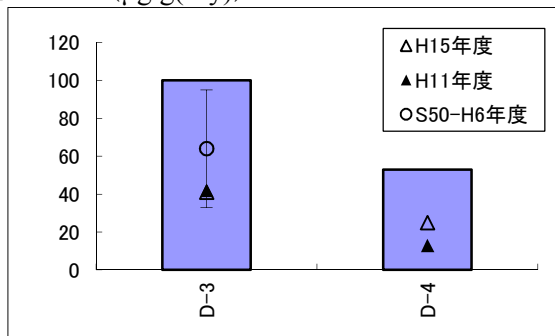
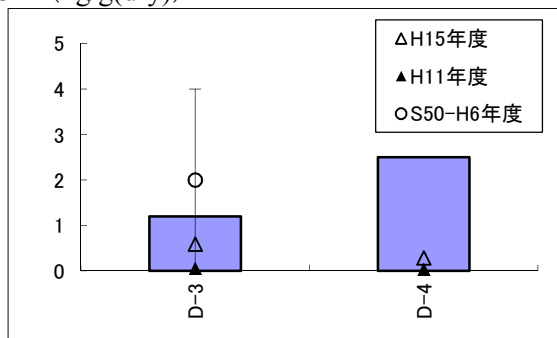
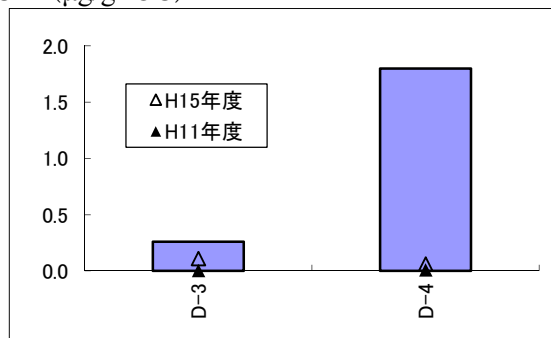


図4(2) 底質調査結果 (D測線)

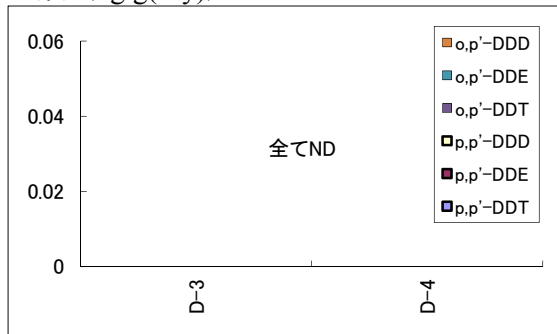
PCB (ng/g(dry))



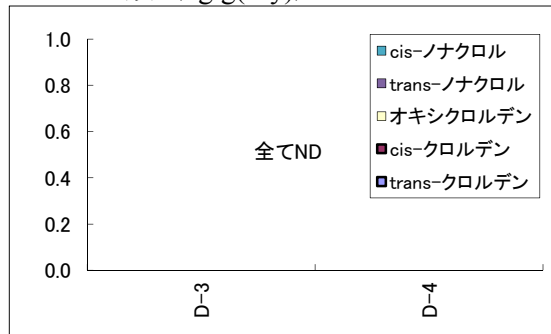
PCB (μg/gTOC)



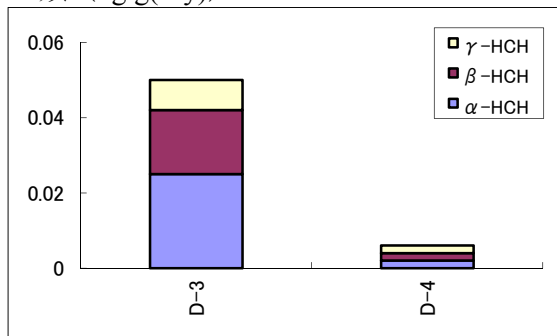
DDT類 (ng/g(dry))



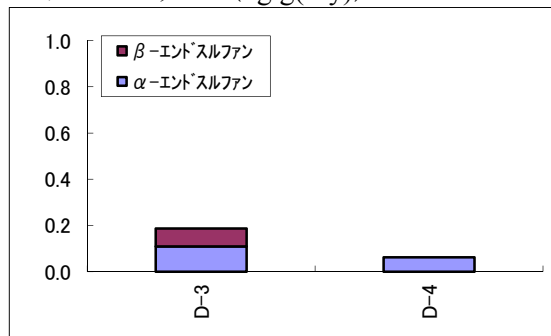
クロルデン類 (ng/g(dry))



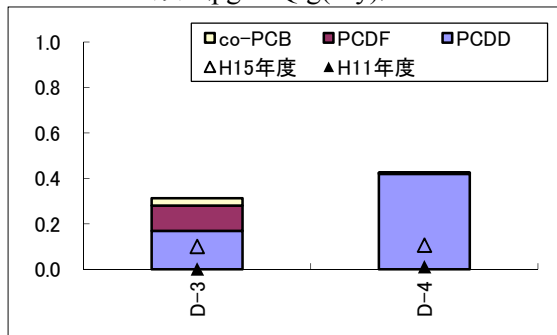
HCH類 (ng/g(dry))



エンドスルファン (ng/g(dry))



ダイオキシン類 (pgTEQ/g(dry))



ダイオキシン類 (ngTEQ/gTOC)

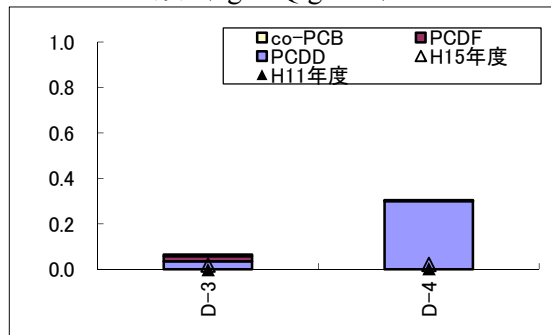
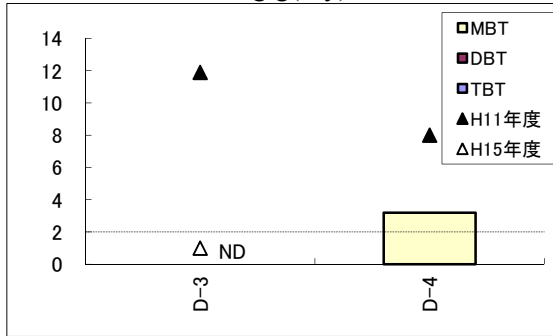


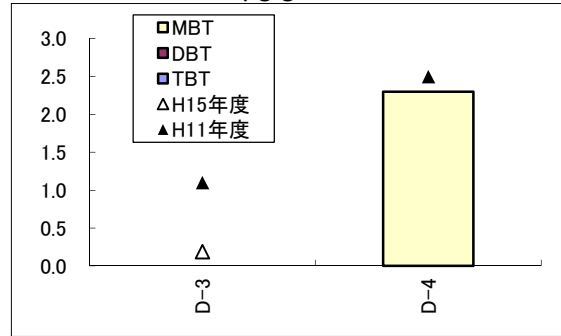
図4(3) 底質調査結果 (D測線)

ブチルスズ化合物 (ng/g(dry))

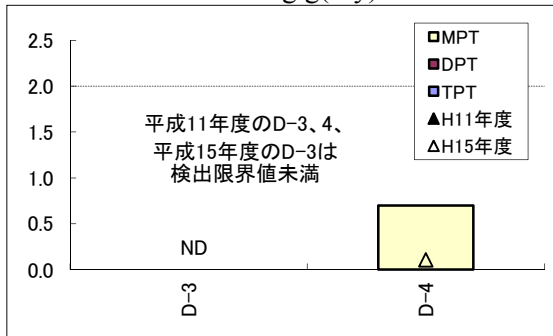


注：破線は各異性体の定量下限値 (2 ng/g(dry))。

ブチルスズ化合物 (μg/gTOC)

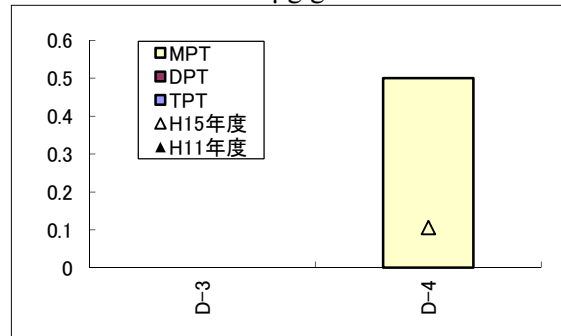


フェニルスズ化合物 (ng/g(dry))

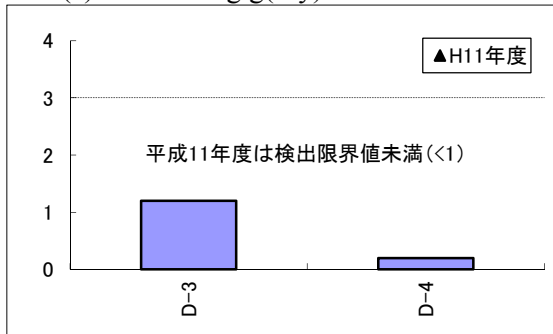


注：破線は各異性体の定量下限値 (2 ng/g(dry))。

フェニルスズ化合物 (μg/gTOC)



ベンゾ(a)ピレン (ng/g(dry))



注：破線は定量下限値 (3 ng/g(dry))。

ベンゾ(a)ピレン (μg/gTOC)

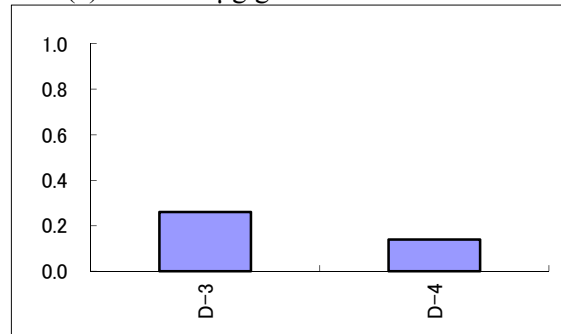
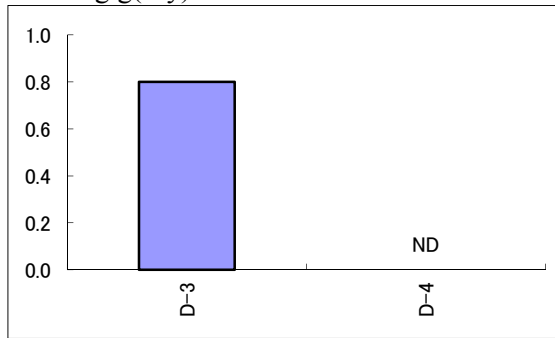
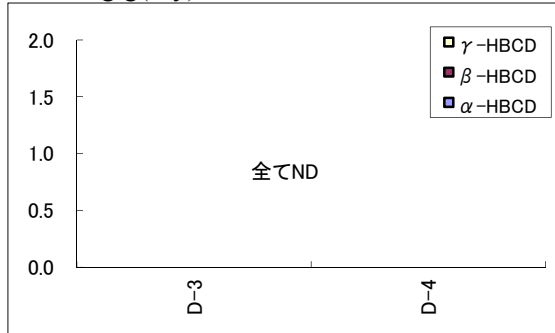


図4(4) 底質調査結果 (D測線)

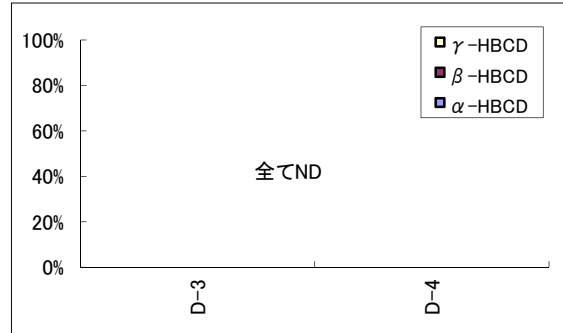
PBDE (ng/g(dry))



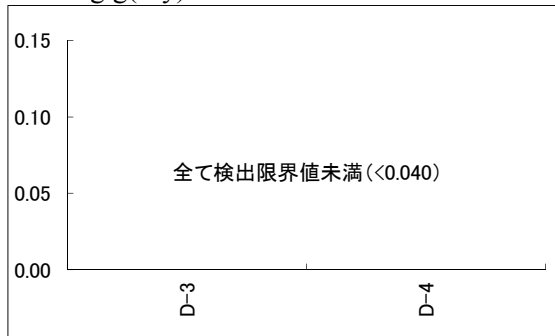
HBCD (ng/g(dry))



HBCD (%)



PFOS (ng/g(dry))



PFOA (ng/g(dry))

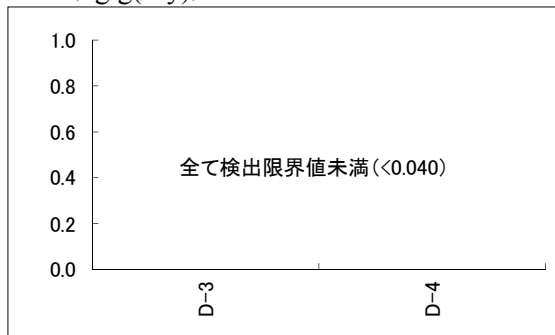


図4(5) 底質調査結果 (D測線)

表4 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)	0.025～0.48 ppm (2)
PCB	10 ppm (暫定除去基準)	0.0012～0.0025 ppm (2)
ダイオキシン類	150 pg-TEQ/g 以下 (環境基準)	0.31～0.43 pg-TEQ/g (2)

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

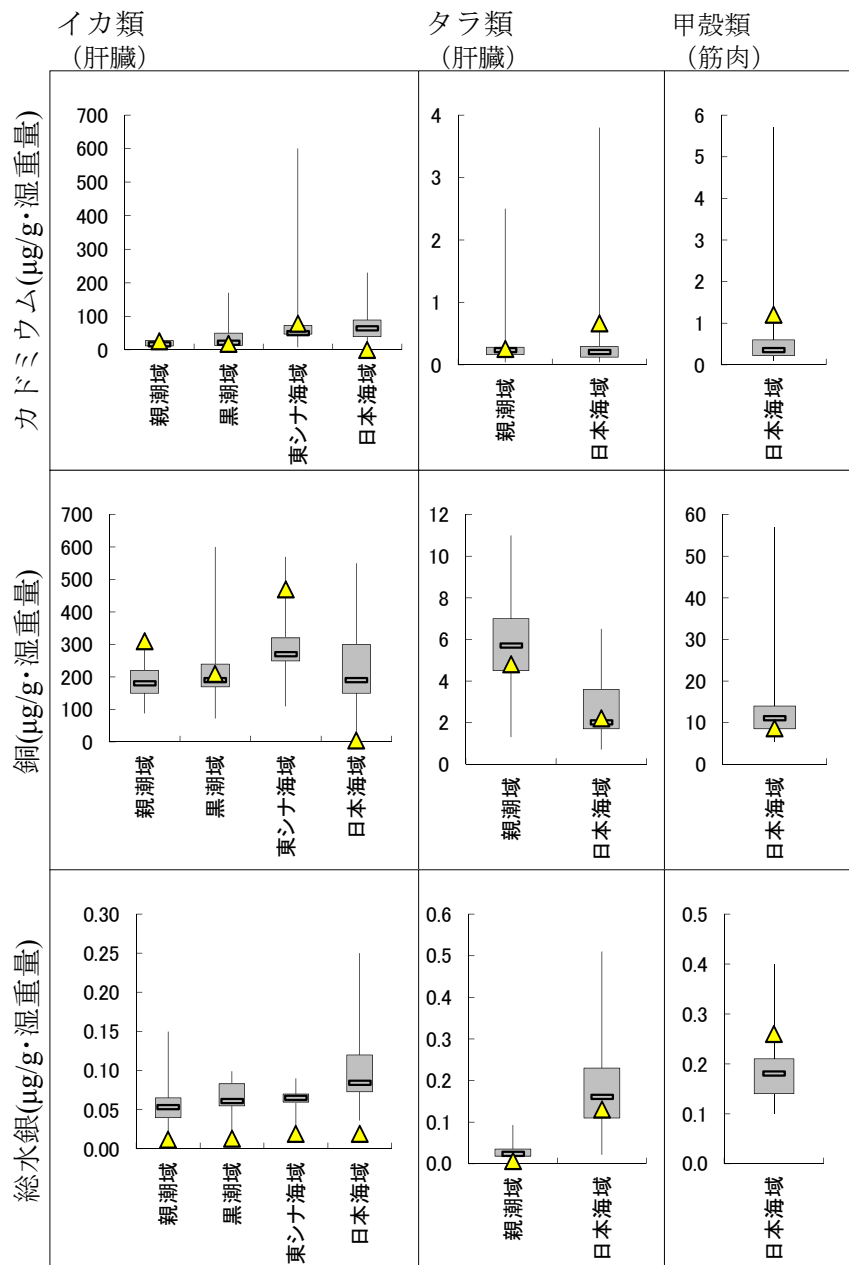
$\Delta H$ =平均潮差 (m)、 $J$ =溶出率、 $S$ =安全率

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

$C=4.32$  ppm となる

注3：1 ppm = 1  $\mu$  g/g(dry) = 1,000 ng/g(dry)

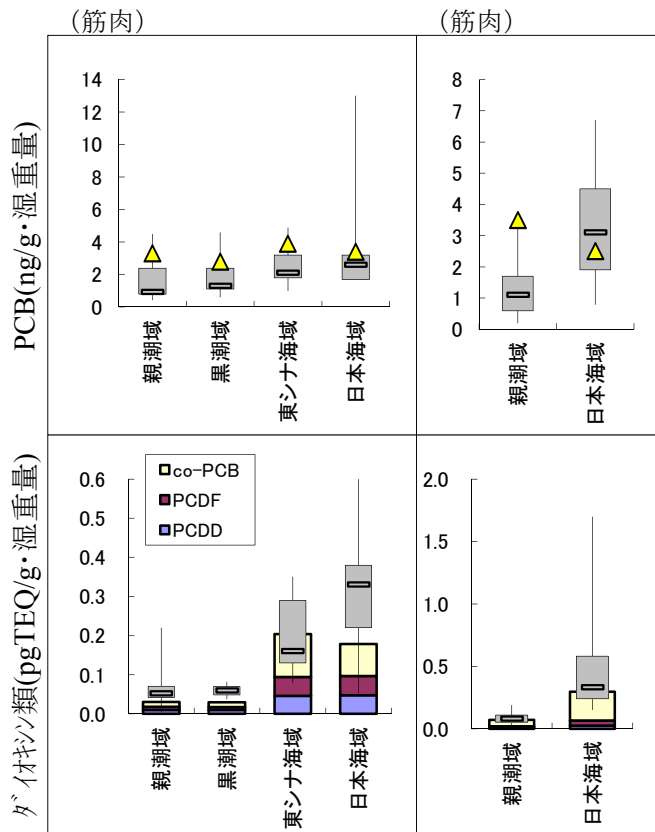
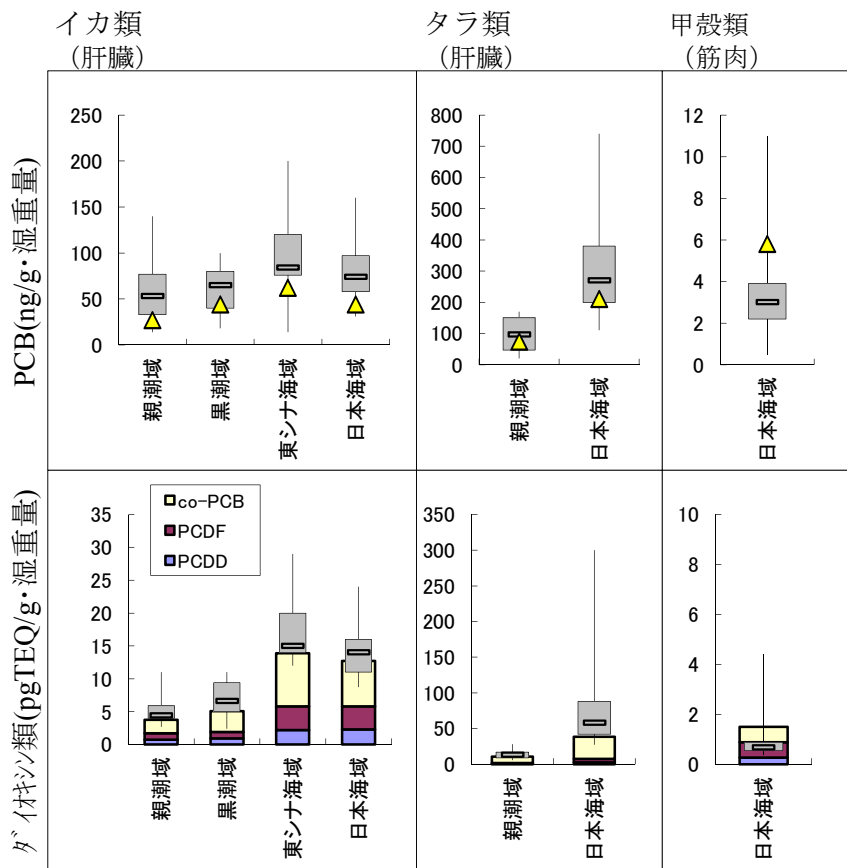




注1：▲は平成25年度調査結果を示す。

注2：箱ひげ図は平成10～21年度の結果によるもの。長方形の上辺は第3四分位数、下辺は第1四分位数、長方形の中央の線は中央値、上下に伸びるバーは最小値及び最大値を示す。

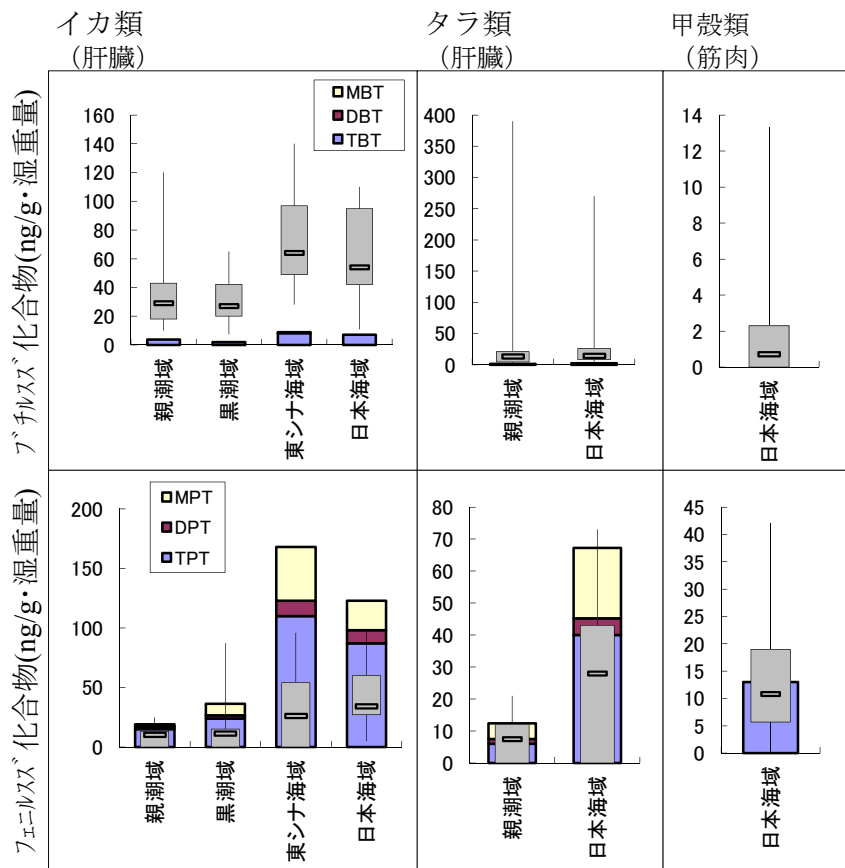
図5(1) 生体濃度調査結果



注1：▲及び積上げグラフは平成25年度調査結果を示す。

注2：箱ひげ図は平成10～21年度の結果によるもの。長方形の上辺は第3四分位数、下辺は第1四分位数、長方形の中央の線は中央値、上下に伸びるバーは最小値及び最大値を示す。

図5(2) 生体濃度調査結果

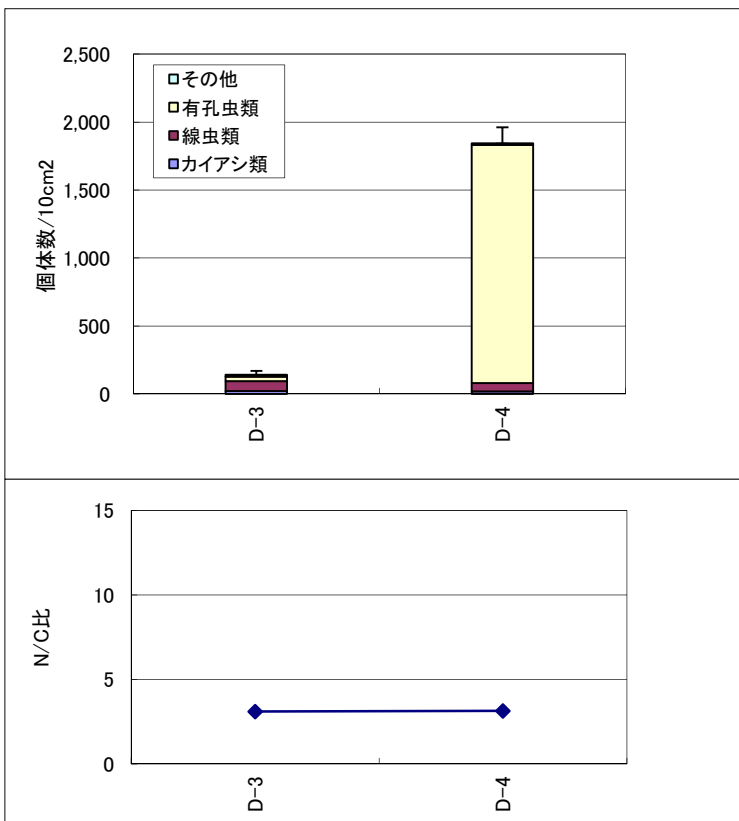


注1： 積上げグラフは平成25年度調査結果を示す。

注2： 箱ひげ図は平成10～21年度の結果によるもの。長方形の上辺は第3四分位数、下辺は第1四分位数、長方形の中央の線は中央値、上下に伸びるバーは最小値及び最大値を示す。

図5(3) 生体濃度調査結果

測点	D-3	D-4
水深(m)	2,107	794
中央粒径( $\mu\text{m}$ )	6.7	7.3



注1：個体数は3試料の平均値。バーは標準偏差を表す。  
 注2：N/C比は線虫類の個体数/カイアシ類の個体数。

<参考>平成15年度調査結果（12月採取）

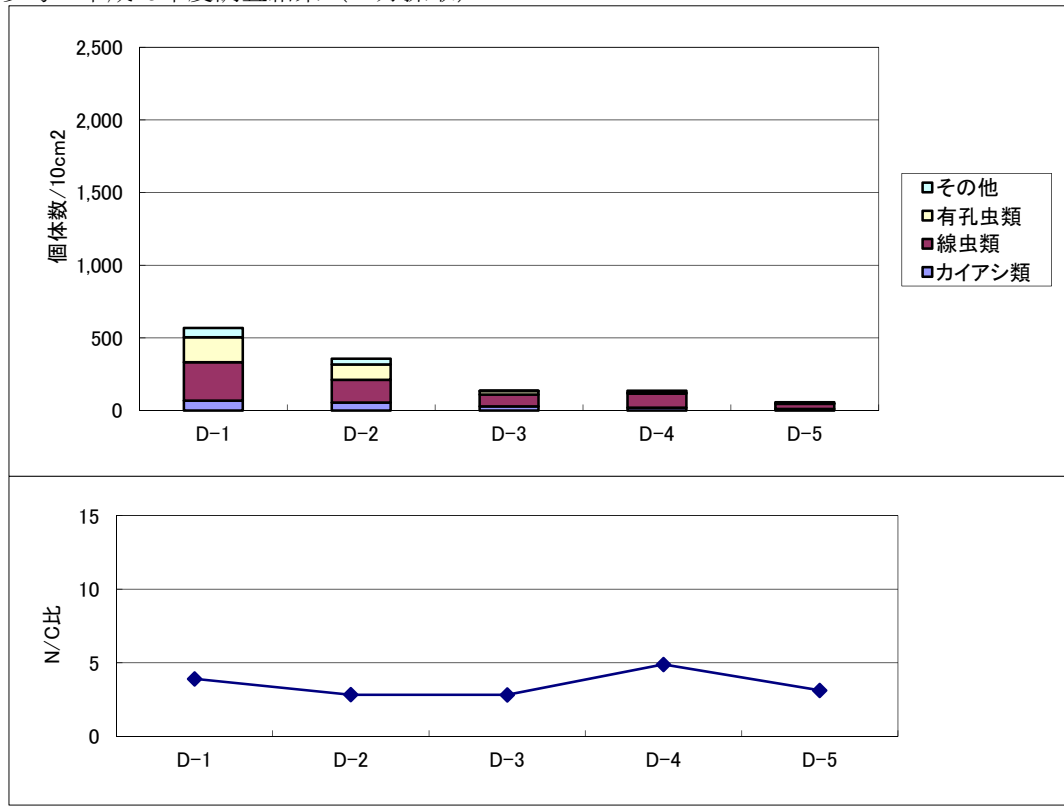


図6 生物群集調査結果（メイオベントス、D測線）

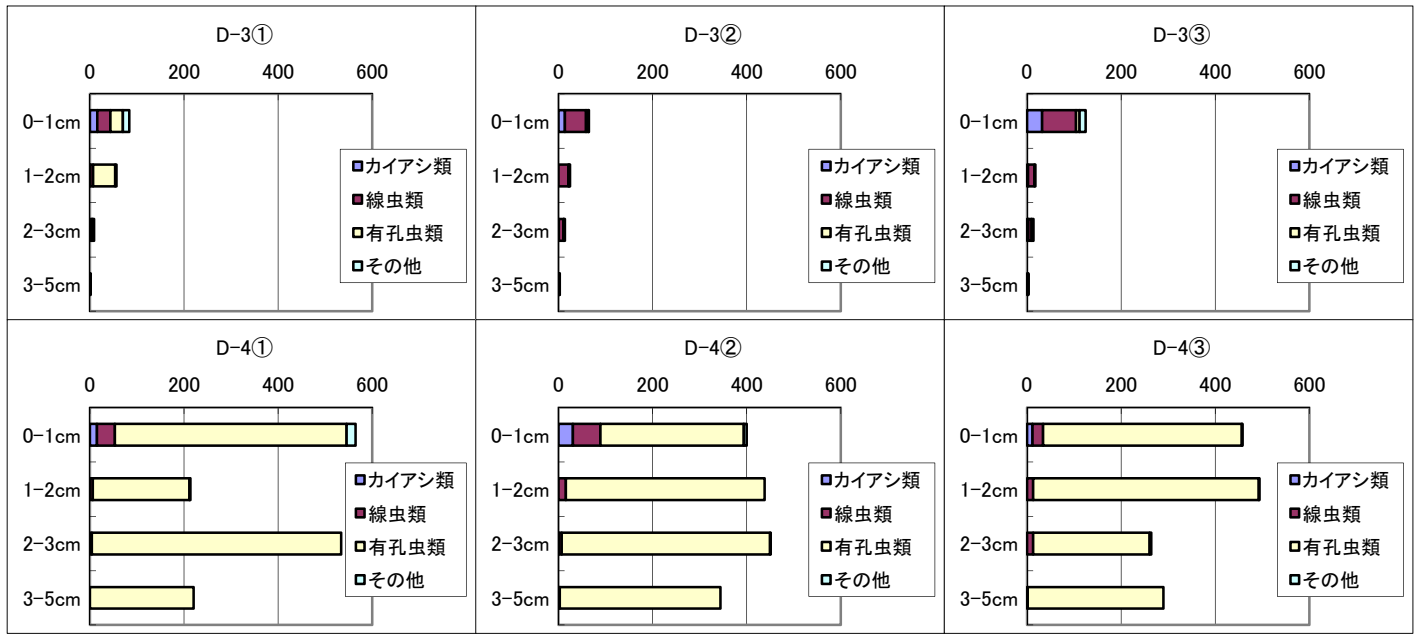


図7 生物群集調査結果（メイオベントス、層別個体数（/10cm<sup>3</sup>）、D測線）

表5(1) プラスチック類等の測点別採取結果 (表層)

(単位：千個/km<sup>2</sup>)

測点	分類項目											計		
	石油由来項目						紙	陸上植物 破片	昆虫	軽石	その他・ 不明			
	発泡スチ レン	薄膜状プ ラスチッ ク	プラスチック 品の破片	レジンペ レット	化学繊維	モノフイ ラメント							タバコ フィル ター	タール ボール
D-3	1.0	1.0	2.0	1.0					1.0			1.0	2.0	9.1
D-4		1.0							1.0					2.0
D-6			1.0	1.0					1.0	1.0			1.0	5.1
D-6SE			0.98						0.98			0.98		2.9
合計	1.0	2.0	4.0	2.0					4.0	2.0		1.0	3.0	19

表5(2) プラスチック類等の測点別採取結果 (表層)

(単位：g/km<sup>2</sup>)

測点	分類項目											計		
	石油由来項目						紙	陸上植物 破片	昆虫	軽石	その他・ 不明			
	発泡スチ レン	薄膜状プ ラスチッ ク	プラスチック 品の破片	レジンペ レット	化学繊維	モノフイ ラメント							タバコ フィル ター	タール ボール
D-3	23	550	60	35					18			17	4.8	710
D-4		0.51							0.82					1.3
D-6			5.2	26						0.20			0.40	32
D-6SE			0.98						0.20					3.8
合計	23	550	66	61					19	3		17	5	740

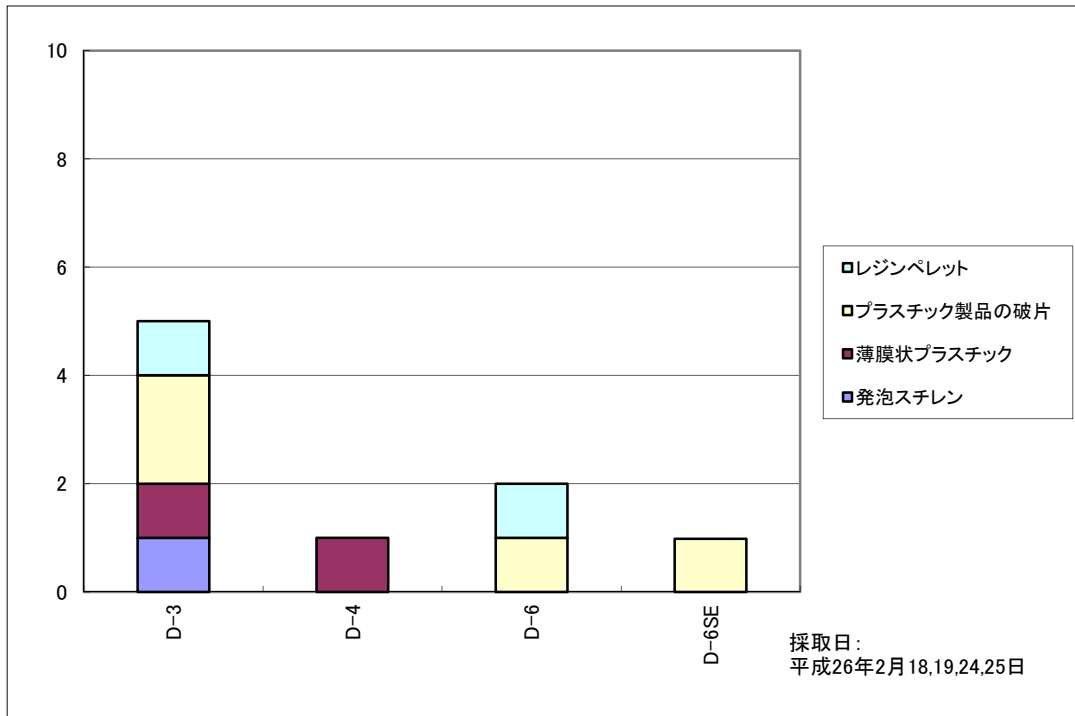
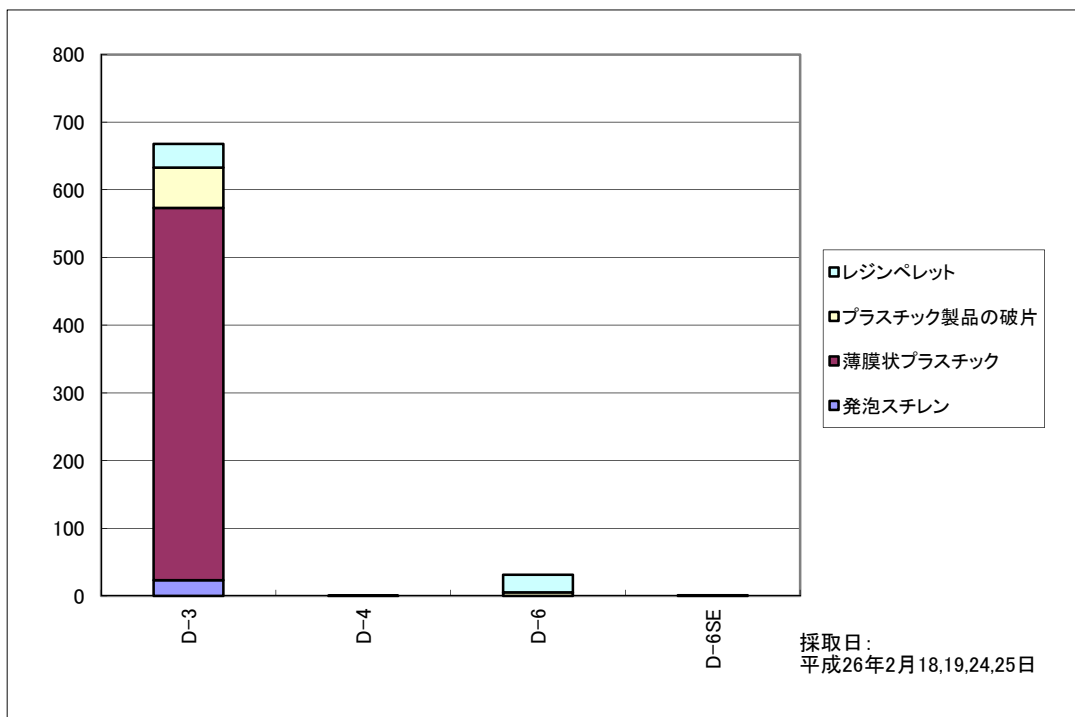


図8(1) プラスチック類（石油由来項目）の分布（単位：千個/km<sup>2</sup>）



注：D-3の薄膜状プラスチックは、ビニールテープ（0.54g、（550g/km<sup>2</sup>））である。

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

<参考>

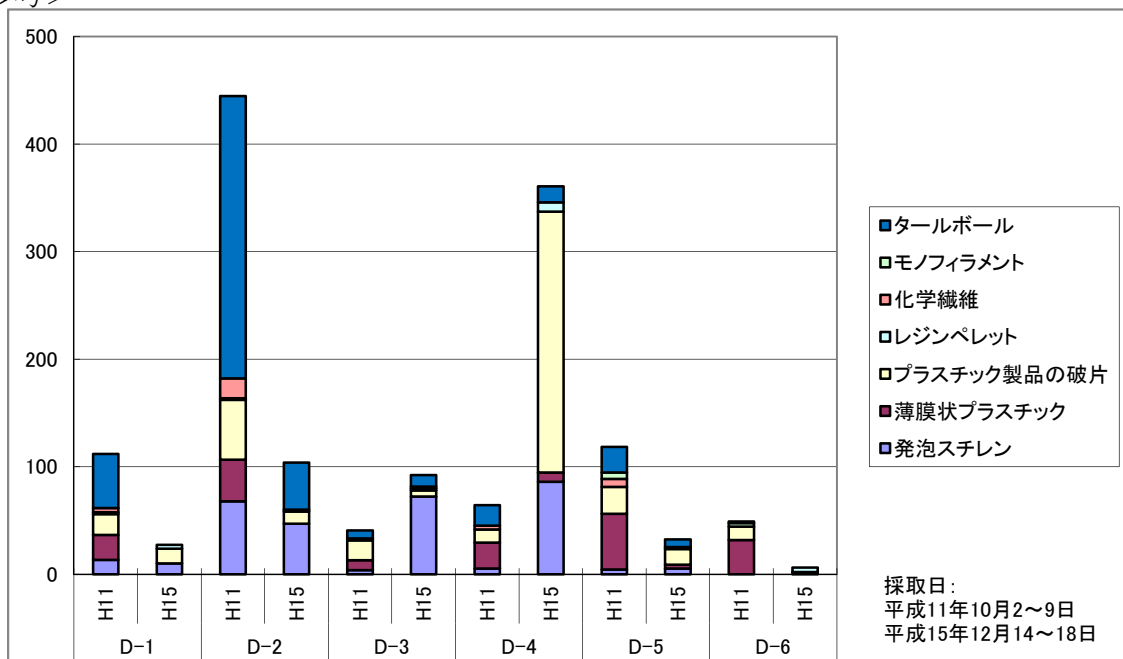
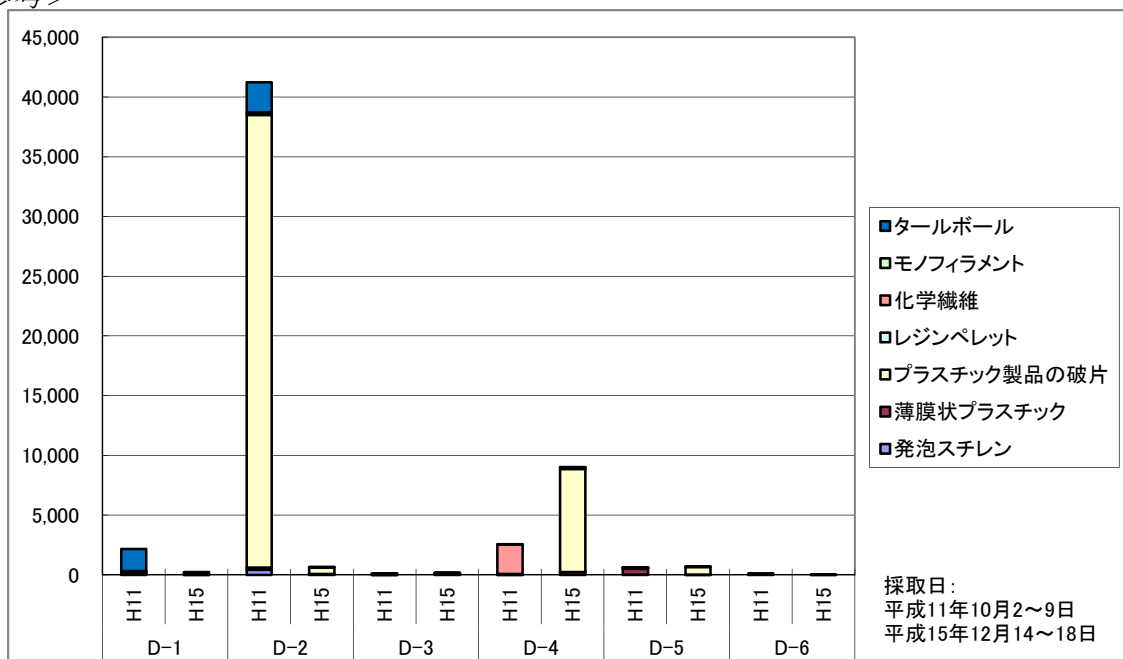


図9(1) 平成11、15年度プラスチック類（石油由来項目）の分布（単位：千個/km<sup>2</sup>）

<参考>



注：D-2のプラスチック製品の破片は、パック容器のふた（約23.8g/個（約37,000g/km<sup>2</sup>）を含む。

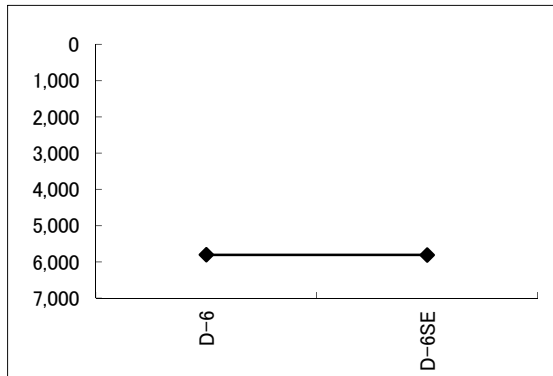
図9(2) 平成11、15年度プラスチック類（石油由来項目）の分布（単位：g/km<sup>2</sup>）



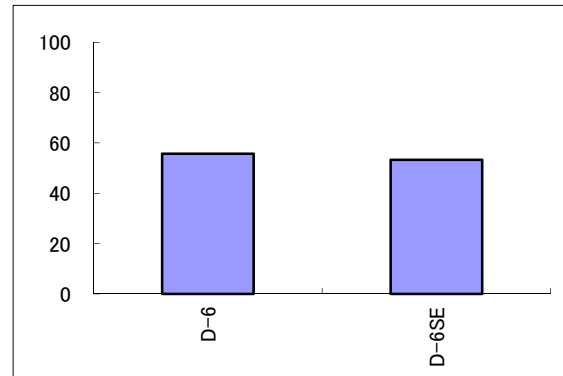
表6 プラスチック類等調査で得られた採取物一覧

No.	具体的な種類名	採取物の分類項目
1	発泡スチレン	発泡スチレン
2	薄膜状プラスチック	薄膜状プラスチック
3	薄膜状プラスチック片	
4	プラスチック板片	プラスチック製品の破片
5	プラスチック片	
6	レジンペレット	レジンペレット
7	葦皮片	陸上植物破片
8	草木の枝・皮	
9	植物	
10	昆虫	昆虫
11	軽石	軽石
12	炭化物	その他・不明
13	不明（自然由来）	
14	不明（人工物由来）	

水深 (m)



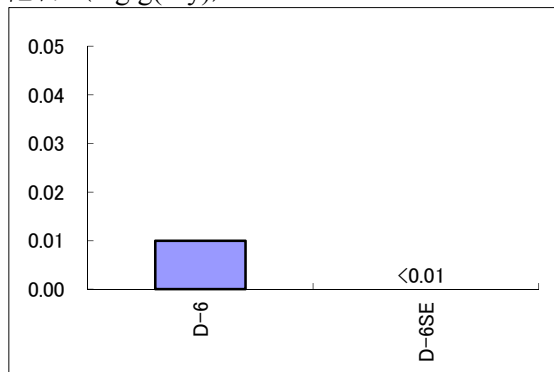
水分含有率 (%)



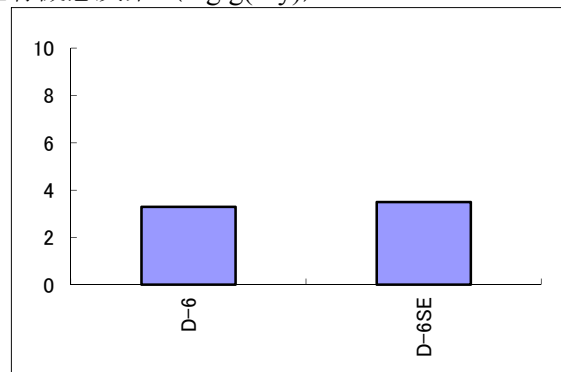
測点	D-6	D-6SE
水深(m)	5,803	5,810
中央粒径 (μm)	5.9	4.3

注：中央粒径は、マイクロレーザー散乱法による値。

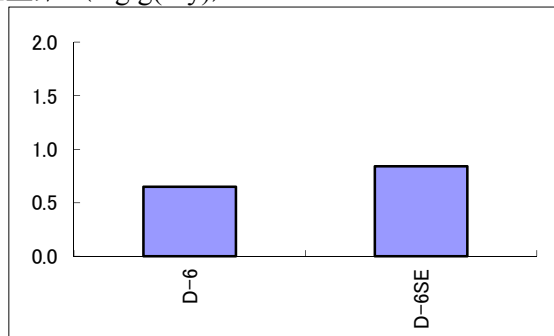
硫化物 (mg/g(dry))



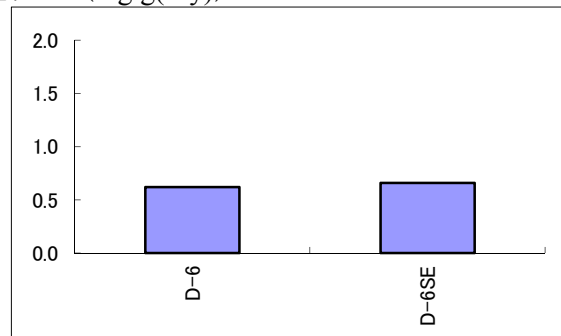
全有機態炭素 (mg/g(dry))



全窒素 (mg/g(dry))



全リン (mg/g(dry))



鉛 (μg/g(dry))

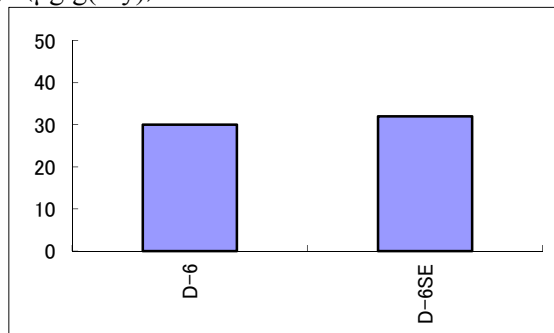
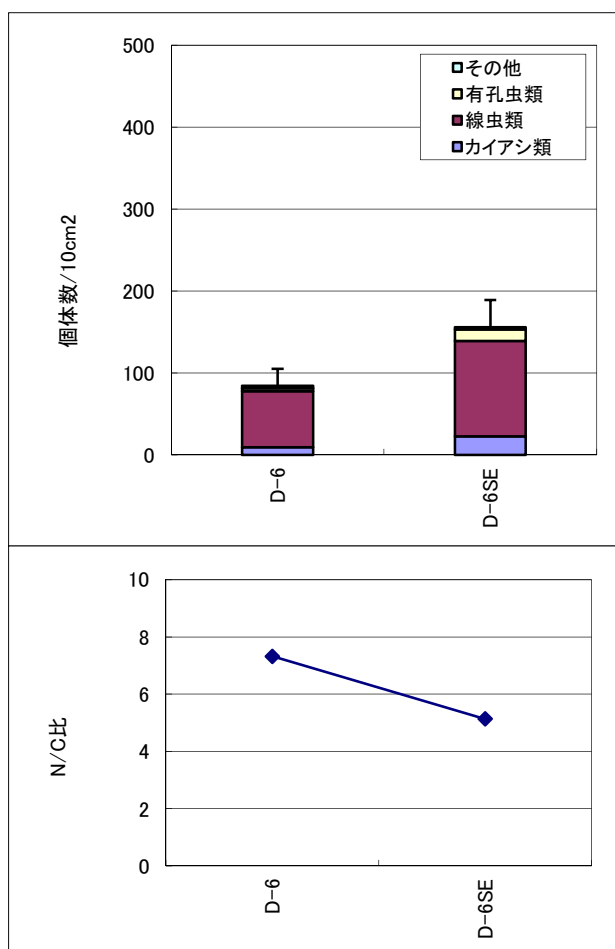


図10 底質調査結果 (投入処分海域、D-6)

測点	D-6	D-6SE
水深(m)	5,803	5,810
中央粒径 (μm)	5.9	4.3



注1：個体数は3試料の平均値。バーは標準偏差を表す。  
注2：N/C比は線虫類の個体数/カイアシ類の個体数。

図11 生物群集調査結果（メイオベントス、投入処分海域D-6）

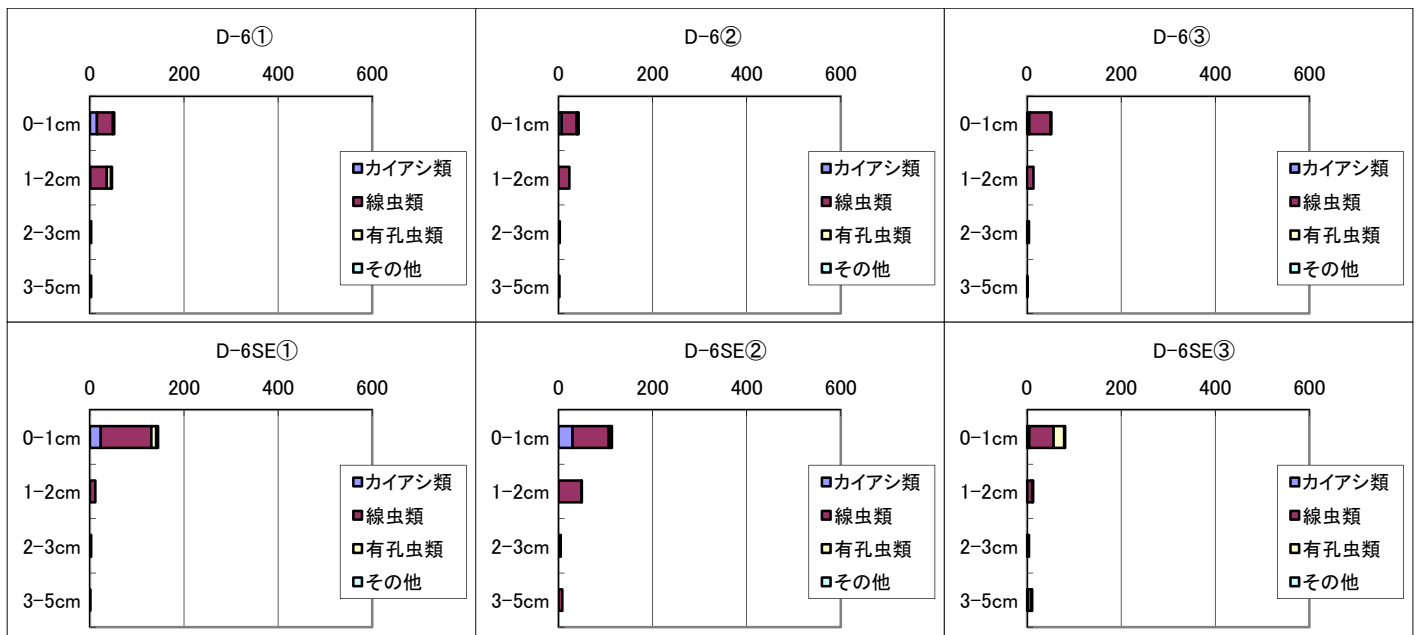
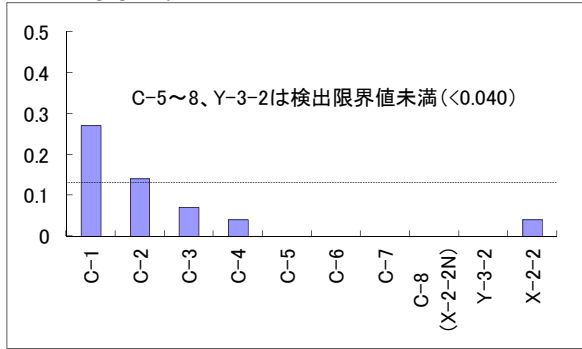


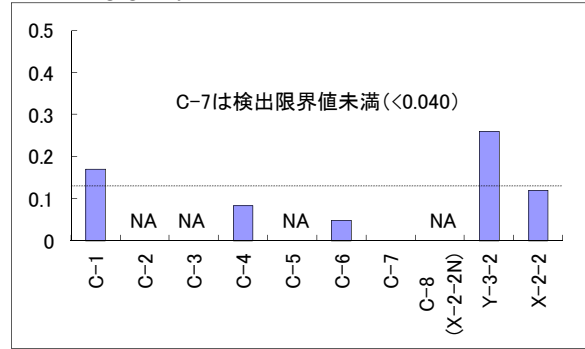
図12 生物群集調査結果（メイオベントス、層別個体数（/10cm<sup>3</sup>）、投入処分海域D-6）

PFOS (ng/g(dry))



注：破線は定量下限値 (0.13 ng/g(dry))。

PFOA (ng/g(dry))

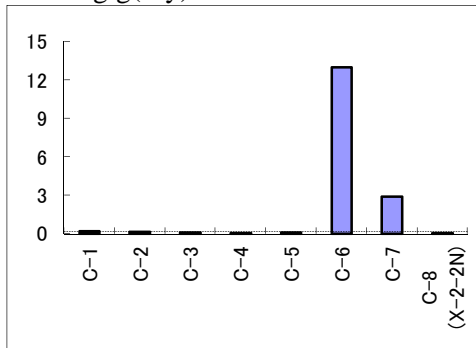


注：破線は定量下限値 (0.13 ng/g(dry))。

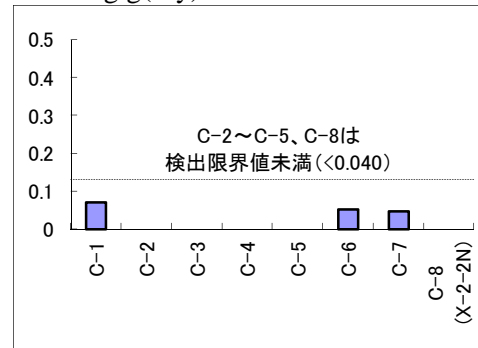
NA：分析対象外

<参考>平成22年度底質調査結果

PFOS (ng/g(dry))

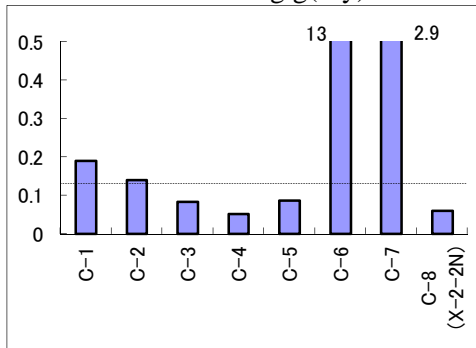


PFOA (ng/g(dry))



注：破線は定量下限値 (0.13 ng/g(dry))。

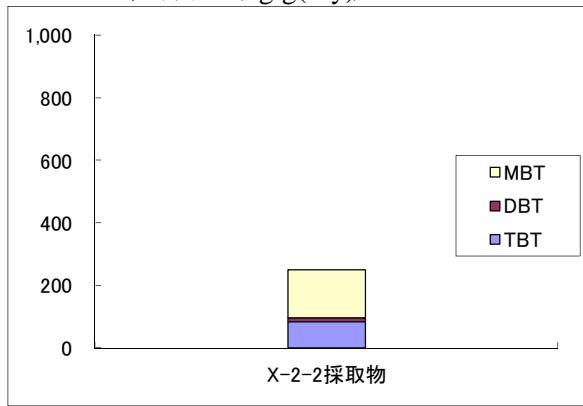
PFOS (縦軸拡大) (ng/g(dry))



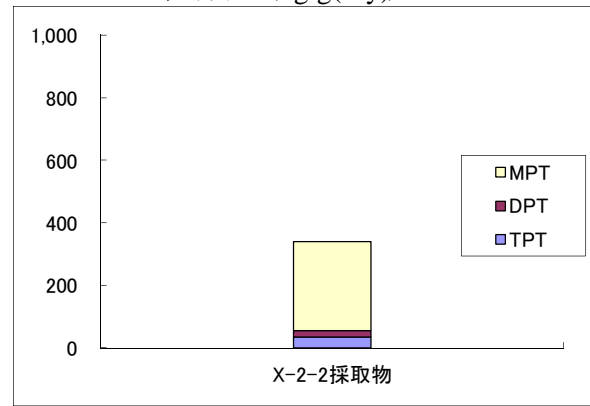
注：破線は定量下限値 (0.13 ng/g(dry))。

図13 有機フッ素化合物の追加分析

ブチルスズ化合物 (ng/g(dry))

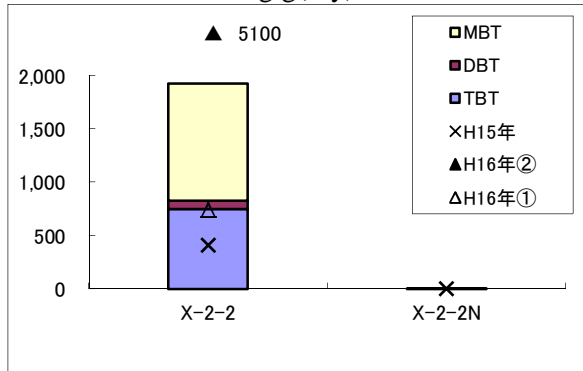


フェニルスズ化合物 (ng/g(dry))



<参考>平成22年度底質調査結果

ブチルスズ化合物 (ng/g(dry))



フェニルスズ化合物 (ng/g(dry))

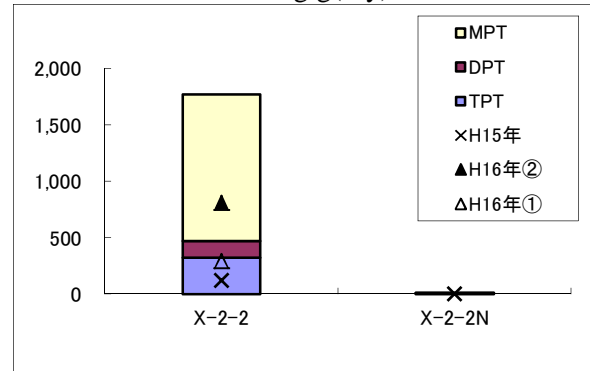


図14 X-2-2採取物分析結果 (GC-MS分析結果)