

D-2 東アジア海域における有害化学物質の動態解明に関する研究
(4) 東シナ海における有害化学物質の挙動とサンプリング技術開発

研究代表者 水産庁西海区水産研究所海洋環境部生物環境研究室 清本容子

水産庁西海区水産研究所

海洋環境部 生物環境研究室 清本容子・岡村和麿・長田 宏・井関和夫*

*現 中央水産研究所

平成 8-9 年度合計予算額 12,043 千円

(平成 9 年度予算額 6,020 千円)

[要旨] 東シナ海的环境保全のためには、中国大陸から河川等を経由して流入する汚染物質の挙動解明と海洋生態系への影響評価が不可欠である。そこで、海水中に存在する有害化学物質のサンプリング技術開発のため、船上用濃縮捕集システムを設計・試作し、1996 年 5 月及び 1997 年 7 ~8 月に東シナ海の大陸棚域及び沖縄舟状海盆において実施された調査船航海において性能試験及びサンプリングを行った。また、同時に水温・塩分等の関連データを収集し、これらと併せて検討することで海水中における有害化学物質の挙動を明らかにすることを試みた。表層水サンプルの分析を行った結果、濃度はきわめて低いものの HCH 類、クロルデン類等の有機ハロゲン化合物を検出することができた。また、これらサンプルの分析を通して、きわめて微量であっても高い精度で分析する技術を確立することができ、海域における各種有害化学物質のモニタリングに十分な性能を有したサンプリングシステムを構築することができた。HCH 類に関しては、各異性体の濃度の水平分布のパターンが異なっていることから、供給経路及び海水中での挙動が異性体ごとに異なる可能性が示唆された。特に β -HCH は表層においては中国大陸沿岸水起源の低塩分水張り出しの内部及び中・底層水中で高濃度となるなど空間的な分布の偏りが顕著であり、陸水及び海底堆積物が供給源となっていると考えられた。また、クロルデン類でも堆積物がその供給源となっている可能性が示唆された。

[キーワード] 東シナ海、有害化学物質、濃縮捕集システム

1. 序

近年、東アジアの急速な経済発展に伴い、河川を通して海域に流入する産業廃棄物、農薬等の量が増大する傾向があり、これらの有害化学物質による海洋汚染が東シナ海の周辺諸国で深刻な問題となりつつある。東シナ海的环境保全のためには、大陸河川等を経由して東シナ海に流入する有害化学物質等の汚染物質の動態解明と海洋生態系への影響評価が不可欠である。しかしながら、海水中の有害化学物質の濃度は一般にきわめて低く、旧来の採水器による採集法ではクリーンサンプリングが困難であった。このため、海水中の有害化学物質の分析は、瀬戸内海を始めとして日本全国の沿岸域で実施されてきたものの、中国大陸に起源を持つ汚染物質に焦点を当てた東シナ海での実測例はこれまで皆無であった。しかしながら近年、ごく微量でも環境汚染物質が

内分泌攪乱物質（環境ホルモン）として作用している例が多数報告されており、水産物の食品としての安全性確保のためにも、早急にモニタリング体制を確立することが求められている。

2. 研究目的

東シナ海において海水中の有害化学物質の分布・挙動の解明に関する研究を実施するためにはまず試料採集方法の確立が急務である。そこで本課題では、海水中の有機ハロゲン化合物の採集及び分析方法の確立のため、有害化学物質の船上用サンプリングシステムの試作及び東シナ海における性能試験を行い、あわせて将来のモニタリングのための適切な観測地点の選定及びサンプリング体制の確立を目指すことを目的として研究を行った。

3. 研究方法

3.1 サンプリング技術開発

外洋海水中の有害化学物質濃度はきわめて低濃度であると推察されるため、分析に必要な絶対量を確保するには多量の海水が必要である。1995年度にサブテーマ1で実施されたフェリーを用いた太平洋における観測の結果をみると数 pg/L～数十 pg/L オーダーとかなり低濃度であり¹⁾、東シナ海においても100 L前後の海水を濃縮することが必要であると思われる。しかしながら、このような低濃度の海水の場合、従来観測船で行われてきたような採水器で海水を一旦船上に汲み上げ、そのうえで濃縮捕集する方法ではコンタミが懸念される。従って、海水を連続的に汲み上げながら同時に濃縮捕集する方法が、効率上からもまたコンタミ防止のためにも最適であると思われる。これらの要因を考慮し、図1に示す観測船上用濃縮捕集システムを設計試作した。サンプリング方法は、1995年度にサブテーマ1において外洋低濃度域での観測実績を持つポリウレタンフォームを用いた固相抽出法¹⁾を採用し、固相抽出剤は鏡面研磨仕上げの容積約250 mlのステンレスカラムに充填して使用した。なお、濃縮捕集装置自体の構成はサブテーマ1で使用されているものをより小型化・単純化したものを基本とし、得られたデータの相互比較が容易になるように配慮した。本システムを搭載した調査船「陽光丸」の甲板から喫水までは約7 mあり、船の揺れを考慮すると海水を10 m程度揚水する必要があるため、ポンプは2台用いた。1台は、投げ込み式揚水ポンプで接液部がステンレス製であり、これで海水を甲板上まで揚水した。さらにこの海水の一部をカラムにある程度の圧力を持って送水するため、同じく接液部にステンレスを用いたマグネットギアポンプを用いた。揚水ポンプから濃縮捕集装置までは、内部を螺旋状のステンレスで補強したブレードホースを使用し、ワンタッチでポンプに接続できる仕様とした。

3.2 サンプリングシステムの性能試験及び試料採取

東シナ海の沖縄舟状海盆から大陸棚中央部に至る海域において、1996年春（5月18～19日）及び1997年夏（7月28日～8月4日）に西海区水産研究所調査船「陽光丸」を用いて現場観測を実施し、サンプリングシステムの性能試験を兼ねて表層海水中（水面下約1m）の有機ハロゲン化合物の分離・濃縮を試みた。1996年には測線F及び測点bで、1997年には測線9,10',12及び測線a,Fで表層水のサンプリングを実施した。各々の航海における観測点位置を図2に示した。また1997年には、陸棚上の測点F12において、定点観測（約4時間毎に表層水をサンプリング）及び各層採水（水面下約1m,ワイヤー長10m,30m,50m）も実施した。またこれら有害化学物質の動

態解明の一助とするため、同時にCTD（フォルマウス・サイエンティフィック社製）による水温・塩分の鉛直分布調査を実施した。

海水試料の捕集は、右舷中程に設置されたクレーンにポンプを吊し、研究室内に設置した濃縮捕集装置に海水を通して行った。1996年度は、揚水した海水は粒状物を除去するために10 μ m, 3 μ m, 1 μ mの3段階のプレフィルターを通した後、カラムに2 L/minの流量で約50分間（流路内に取り付けた積算流量計が100 Lを指示するまで）通水して濃縮捕集を行った。1997年度は、前年度使用したフィルターを使用後観察するとほとんど着色やトラップされた物質は観測されなかったため、小型なフィルターホルダーに変更し、ポアサイズ3 μ mのフィルター1段のみとした。また、流量は1 L/minとし、通水時間は約50分間（流路内に取り付けた積算流量計が50 Lを指示するまで）である。なお、抽出剤は、予めアセトン及びメタノールで洗浄したものを使用した。また、捕集後の抽出剤は、アセトンで抽出後、濃縮、ヘキサン転溶、Na₂SO₄脱水、濃縮（最終濃縮液量1ml）の一連の処理を行った後、GC/MS-SIM法で定量を行った。なお、以上の処理及び分析は兵庫県立公害研究所において実施した。

4. 研究結果及び考察

4.1 観測船上における有害化学物質の濃縮捕集法

本研究で試作製作した濃縮捕集装置の固相抽出法は、サブテーマ1で詳細に検討されており、通水流量2 L/min以下で使用するにより、数 pg/L以上の濃度の有機ハロゲン系物質を回収率90%以上で捕集可能である。本研究の観測においても、各種有機ハロゲン化合物が数 pg/L～数百 pg/Lで検出されており、ほぼ当初の目的に添った感度を有することがわかった。一部の観測点でカラムを2本直列にし回収率の確認を実施したが、いずれも90%以上の回収率が確保できていることを確認した。

1997年度には鉛直分布測定を実施するために、長さの異なる採水ホースを数本用意し、それぞれの採水深度にあわせて組み合わせて利用できるようにした。しかし、20 kg程度の重りを付加したにもかかわらず採水現場の潮流がかなり強いために流されてしまい、最大55 mの繰り出し長にもかかわらず、到達深度は35 m程度であった。これは、ホース径が大きかったために抵抗が大きくなったことが要因と思われ、改良が必要である。

浮遊粒子等を除去するために、当初は3段階のプレフィルターを用いたが、観測後のフィルター観察等により1段階程度で十分あることが示唆された。2年次にはポアサイズ3 μ mのフィルター1段のみとしたが、観測後のチェックから、通常は微細なゴミ除去用のかなり目の荒いフィルターを使用し、特に浮遊粒子が多い場合のみ10 μ m程度のフィルターを併用する方法でよいことがわかった。

4.2 水温・塩分の分布

4.2.1 1996年春季航海における水温・塩分分布

1996年5月の陽光丸航海で得られた水温・塩分の鉛直断面分布を図3に示した。表層水温は沖縄舟状海盆内の測点F1の24.0°Cから陸棚中央部の測点F12の18.8°Cに向かって徐々に低下しており、沖合水で高温、陸棚水で低温となる傾向が認められた。等温線は沖縄舟状海盆だけでなく陸棚上でも水平的であり、表層30 m内では水深の増加に伴った水温の低下が認められた。このこ

とから、観測期間中は春季の日射量の増加に伴った成層形成初期に相当すると考えられる。表層塩分は、F6 の表層で周辺よりもやや低塩分 (34.2) の水塊が観測されたが、この点を除くと外部陸棚から陸棚斜面域の全域で 34.5~34.6 と高塩分であった。一方、測点 F11 及び F12 では 33.7~33.9 と低塩分であった。また、F10 と F11 の間に塩分フロントの形成が認められ、これ以西の F11 及び F12 では全層にわたり 34.0 以下の低塩分水で覆われており、大陸沿岸系水の影響が示唆された。一方沖縄舟状海盆内では 100~150 m 深を中心に塩分 34.6 以上の高塩分水が分布しており、黒潮系水の影響が示唆された。以上の観測結果から、1996 年春季の本観測線には陸棚上に低塩分の大陸沿岸系水、沖縄舟状海盆内に高塩分の黒潮系水が存在し、外部陸棚域において両者がフロントを形成していたことが示唆された。

4.2.2 1997 年夏季航海における水温・塩分分布

1997 年 7~8 月の陽光丸航海で得られた測線 9, 10', 12 における水温・塩分の鉛直断面分布を図 4 に、表層塩分の分布を図 2 に示した。夏季の日射量の増大により表面水温は全域で 28-30°C 以上と高温であり、表層及び中層では等温線は全域にわたり水平的で温度躍層の形成が認められた。一方底層では、観測海域北部の a12 を中心に黄海底層冷水起源と考えられる 13°C 以下の低温水の出現が認められた。このため、a12 における表層と底層の温度差は 15°C に達しており、観測海域の北部では温度躍層の発達極めて顕著であった。また、観測海域北部では表層に低塩分水の張り出しが明瞭に認められ、20 m 深付近に顕著な塩分躍層が発達していた。表層塩分は、a12 及び A12 の表層で 28.6 以下と極めて低塩分であった。表層の塩分は全般に中国大陸寄りの観測点ほど低く、陸棚縁辺部に近づくほど高くなる傾向が認められ (図 2)、表層水は陸棚域では中国大陸沿岸水由来、沖合域では黒潮由来と推定された。一方陸棚縁辺部及び沖縄舟状海盆内の水深 80~150 m 付近には塩分 34.8 以上の高塩分水が出現しており、黒潮系水の影響が示唆された。以上の観測結果から、1997 年夏季の観測海域では、北部の中国大陸寄りの海域において表層の高温で低塩分の大陸河川水起源のブルームと底層の黄海底層冷水起源の低温水との間で顕著な密度躍層が形成されていること、全域で季節的な温度躍層の出現がみられること、陸棚縁辺部及び沖縄舟状海盆内では黒潮系水の影響が強いことが示唆された。

4.3. 有害化学物質の分布

4.3.1 1996 年春季航海における有害化学物質の分布

上記の海水濃縮捕集装置により得られた表層水試料を分析した結果、pg/L オーダーときわめて低濃度ながら、いずれも有機塩素系の農薬であるヘキサクロロシクロヘキサン類 (以下 HCH と略) 及びクロルデン類の各種異性体を検出することができた。各観測点におけるこれら有機ハロゲン化合物の濃度を図 5 に示した。測線 F において検出された物質及び存在量は、HCH 類では α -HCH で 24~56 pg/L、 β -HCH で 46~70 pg/L、 γ -HCH で 7~17 pg/L であった。 α -HCH では九州西岸沖合及び沖縄トラフから陸棚外縁にかけては 24~30 pg/L とほぼ一定レベルであったのに対し、陸棚上では大陸寄りほど高濃度となり、F11~12 では 48~56 pg/L と沖合域の 2 倍近い濃度に達していた。 β -HCH では、九州西岸の測点 b と比較して測線 F の全域で明らかに高濃度であった。一方 γ -HCH は、他の 2 種の異性体と比較すると全体的に低濃度であり、地理的変動は明瞭ではなかった。一方クロルデン類では、その検出量は、*t*-クロルデンで 2~4 pg/L、*c*-クロルデン及び *t*-

ノナクロルで 1~4 pg/L、c-ノナクロルでは 1 pg/L 以下といずれもごく低濃度で検出限界に近い値であったため、海域による変動は明瞭ではなく、九州西岸域と比較して陸棚上で高濃度となるような傾向も特に認められなかった。

4.3.2 1997 年夏季航海における有害化学物質の分布

1996 年度の観測結果から、今回制作した濃縮捕集装置が東シナ海海中における有害化学物質の検出に十分な性能を有していることが確認されたため、1997 年度には夏季に大陸棚上の表層水についてより広域な調査を実施するとともに、陸棚中央部の観測点 F12 において、より詳細な分布パターンの把握を試みた。各観測点における表層水中の有機ハロゲン化合物の濃度は図 6 に示した。1996 年春季の観測結果と比較すると、1997 年夏季の観測において東シナ海の表層水中から検出された物質及び存在量は、HCH 類では α -HCH で 12~144 pg/L、 β -HCH で 65~458 pg/L、 γ -HCH で 9~89 pg/L といずれも最高値は前年の観測よりも 1 桁程度高い値であった。測線 F の値と比較すると、 α -HCH では F4 でやや高濃度となった以外はほぼ同レベルであったのに対し、 β -HCH 及び γ -HCH では全体的に濃度が上昇しており、特に陸棚上の F10~F12 では β -HCH で 2-3 倍、 γ -HCH では約 2 倍の濃度であった。一方クロルデン類の表層水中の存在量は、*t*-クロルデンで 5~52 pg/L、*c*-クロルデンで 3~30 pg/L、*t*-ノナクロルで 4~35 pg/L、*c*-ノナクロルでは 1~13 pg/L とやはり最高値は前年の観測と比べて 1 桁高い値であり、測線 F で比較しても全体的に濃度の上昇が認められた。長江河川水の流出量は冬季に最小、夏季に最大となることから⁴⁾、夏季の観測において春季よりも有機ハロゲン化合物濃度が全体的に高かったことの原因の一つとして、河川経由の供給量の季節的な増加の影響が考えられた。1997 年夏季における表層水中の有機ハロゲン化合物濃度の水平分布パターンをみると、HCH 類の各異性体の濃度はいずれも表層に低塩分水の張り出しが見られた測点 A12 で最大であり、陸棚上の測線 12 及び測線 10' ではいずれも北高南低となる傾向がみられた。また東西方向では西寄りの浅海域で高濃度、沖合の沖縄舟状海盆内で低濃度となる地理的な変動傾向が認められた。観測海域北部の A12 と沖縄舟状海盆との濃度差は、 α -HCH で約 12 倍、 β -HCH で約 7 倍、 γ -HCH で約 6 倍に達していた。一方クロルデン類では、各物質の濃度はいずれも陸棚斜面域の測点 F6 で最大で、観測点による濃度の変動幅は約 10 倍と高いものの、HCH 類のような明瞭な地理的分布の偏りは見られなかった。

陸棚中央部の測点 F12 (水深 82 m) における鉛直分布についてみると (図 7)、 α -HCH では各層の濃度変動は比較的小さく 32~44 pg/L とほぼ一定であるのに対し、 β -HCH 及び γ -HCH では各々 92~248 pg/L と 23~55 pg/L の範囲の濃度変動があり、35 m 層では表層のほぼ 2 倍の濃度であった。クロルデン類に関しては、各物質とも底層に向かって濃度が増加傾向であり、35 m 層では表層の 5 倍程度まで濃度が上昇していた。採水開始直前に実施した海洋観測の結果では、成層構造はさほど発達しておらず、水深 15~50 m に弱い密度躍層が見られるのみであったことから、観測深度が増加するほど海底からの再懸濁の影響が大きくなると推定され、海底堆積物が東シナ海における有機ハロゲン化合物の供給源の一つとなっていることが示唆された。

次に、F12 における定点観測 (約 4 時間間隔) の結果、表層水中の濃度の短期変動を見た結果 (図 8)、各物質の濃度の変動幅は、HCH 類に関しては、 α -HCH で 29~42 pg/L と変動が比較的小さかったのに対し、 β -HCH では 77~152 pg/L と約 2 倍、 γ -HCH では 9~38 pg/L と約 4 倍の濃度の変動が見られた。クロルデン類については、*t*-クロルデンで 5~52 pg/L、*c*-クロルデンで 5

～30 pg/L、t-ノナクロルで 10～33 pg/L、c-ノナクロルでは 2～13 pg/L と変動幅は 3 倍～10 倍に達しており、いずれも濃度の短期変動が大きい事が明らかとなった。定点観測中の水深 1 m 層における海洋観測結果と比較すると、水温・塩分の変動幅は、水温で 28.3～28.7℃、塩分で 33.46～33.52 と非常に小さく、均一の水塊が存在するかのように思われた。しかしながら、観測期間中の表層の透過度は 52～93%の範囲で大きく変動しており、水温・塩分以外の環境要因やより微細な海洋構造が濃度変動の一因となっている可能性が示唆された。

4.4. 有害化学物質の挙動及び起源の推定

以上の結果から、今回検出された化合物の多くについては、数倍程度の濃度の短期変動幅があることを理解した上で実測値についての解析を行うことが必要であると考えられる。しかしながら HCH 類に関しては、今回の観測結果から異性体毎に濃度の水平分布パターン自体が異なっていることが示唆された。HCH 類は異性体によって物性が異なることが知られており、融点も α -HCH で 158 °C、 β -HCH で 312 °C、 γ -HCH では 113 °Cと大きく異なるため、供給経路及び海水中での挙動が異性体によって異なる可能性が示唆される。特に β -HCH では、中国大陸沿岸水起源の表層低塩分水の張り出しの内部及び底層水中で高濃度となるなど空間的な分布の偏りが顕著であり、陸水及び堆積物が供給源となっている可能性が考えられる。HCH 類は、我が国では 1971 年以降、中国でも 1983 年以降使用が禁止されているものの³⁾、かつては水田・畑地等で最も多く使用されていた農薬の一種であり、特に高残留性の β -HCH では、陸上の土壌中や河川によりもたらされた土砂中などに残留しているものが供給源となって比較的高濃度に検出されたものと推定される。藤森ら⁴⁾は、日本国内での HCH 類の観測結果から、大気及び降雨中では、 α 体、 γ 体が優占的であり β 体はほとんど検出されないのに対して、河川水中では β 体の比率が上昇することを報告しており、環境中での存在比を調べることで供給経路の推定が可能であることを示唆している。そこで HCH 類の挙動についてより詳細に検討するため、1996 年春季及び 1997 年夏季航海における表層水中の HCH 類の異性体組成を図 9 及び図 10 に示した。1996 年春季の結果では、九州西方海域の測点 b では、 α 体 74 %、 β 体 20 %、 γ 体 6 %で α 体が優占的であることから、この海域では大気もしくは降雨経路の影響が大きいと考えられるのに対し、測線 F における異性体組成は、平均で α 体が 33±4 %、 β 体が 57±5 %、 γ 体が 10±2 %と β 体の比率が大きく、b 点とは別の供給経路があることが示唆される。1997 年夏季の結果は全観測点でほぼ同じような異性体組成を示しており、平均で α 体が 19±6 %、 β 体が 68±5 %、 γ 体が 13±3 %と観測海域の全域でより β 体が優占した組成比となっていた。中国大陸河川での観測結果は報告されていないものの、日本の河川水と同様に β 体が優占的な異性体組成であるとするれば、東シナ海大陸棚域への HCH 類の供給経路としては、大気経路よりも河川水経路の寄与率がより高いと推察できる。

そこで次に、表層における有機ハロゲン化合物の濃度と塩分値との関係を図 11 及び図 12 に示した。HCH 類に関しては、1996 年及び 1997 年のいずれの観測結果でも、陸棚上の低塩分の中国大陸沿岸系水内では塩分値が低いほど各異性体の濃度が高くなる傾向が認められ、特に 1997 年夏季の β -HCH 濃度と塩分値の間には明瞭な負の相関関係($y=-58x+2113$ 、 $r^2=0.870$)が見られた。長江からの河川水の流入量は夏季に最大となることから¹⁾、1997 年夏季に陸棚の表層で見られた低塩分水のブルームは長江河川水由来であると考えられ、これが東シナ海への β -HCH の主要な供給源となっていることが示唆された。一方、1996 年春季の沖縄舟状海盆内及び九州西岸域では濃度の

ばらつきが大きかったが、これらの観測点はいずれも比較的高塩分であり、黒潮系水等の別の水塊の影響が強かったためと考えられる。一方クロルデン類では、いずれの観測結果でも濃度値と塩分値との間には明瞭な相関関係は認められないことから、今回の観測結果からは大陸河川水が供給源になっているか否かを明確にすることはできなかった。

5. まとめ

本研究により、東シナ海の海水中における溶存有害化学物質のサンプリング技術の基礎がほぼ確立され、実際に極めて低濃度の人工物質である有機ハロゲン化合物の分布に関するデータの蓄積が可能となった。また、中国大陸河川水が東シナ海陸棚域における有機ハロゲン化合物、特にHCH類の主要な供給源の一つであることが示唆された。

今後、有害化学物質の挙動解明・起源推定のための基礎的データベースの充実をはかるためには、海洋観測と併せて三次元的な分布を詳細に把握し、これら有害化学物質の分布に関するデータを蓄積していくことが不可欠であり、より効率的な観測方法の確立が残された課題の一つである。

6. 引用文献

- 1) 功刀正行・原島省・藤森一男 (1996) 有機ハロゲン化合物を中心とする有害化学物質の時空間変動機構に関する研究。地球環境研究総合推進費平成7年度成果報告集 (分冊IV), 60-64.
- 2) Beardsley, R. C., R. Limeburner, H. Yu and G. A. Cannon (1985) Discharge of the Changjiang (Yangtze River) into the East China Sea. *Continental Shelf Res.*, 4, 57-76.
- 3) 若代直哉 (1995) 農業と環境問題。中国の環境問題, 中国研究所編, p23-33, 新評論社.
- 4) 藤森一男・松村千里・中野武・功刀正行 (1997) 海域における有機塩素系化学物質の調査。第6回環境化学検討会講演要旨集, 119-120.

[国際研究等の状況]

なし

[研究成果の発表状況]

(口頭発表)

清本容子・岡村和麿・井関和夫・功刀正行・原島省・藤森一男・中野武 (1997) : 東シナ海における有害化学物質の動態、1997年度日本海洋学会秋季大会

清本容子・井関和夫・岡村和麿 (1997) : 東シナ海陸棚縁辺部における懸濁態粒状珪素の分布と挙動、1997年度日本海洋学会春季大会

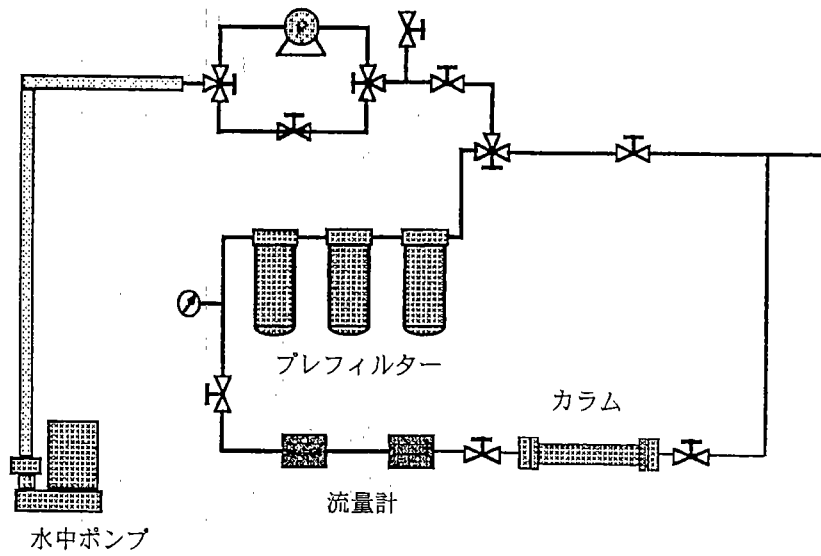


図1 海水濃縮捕集システムのブロック図

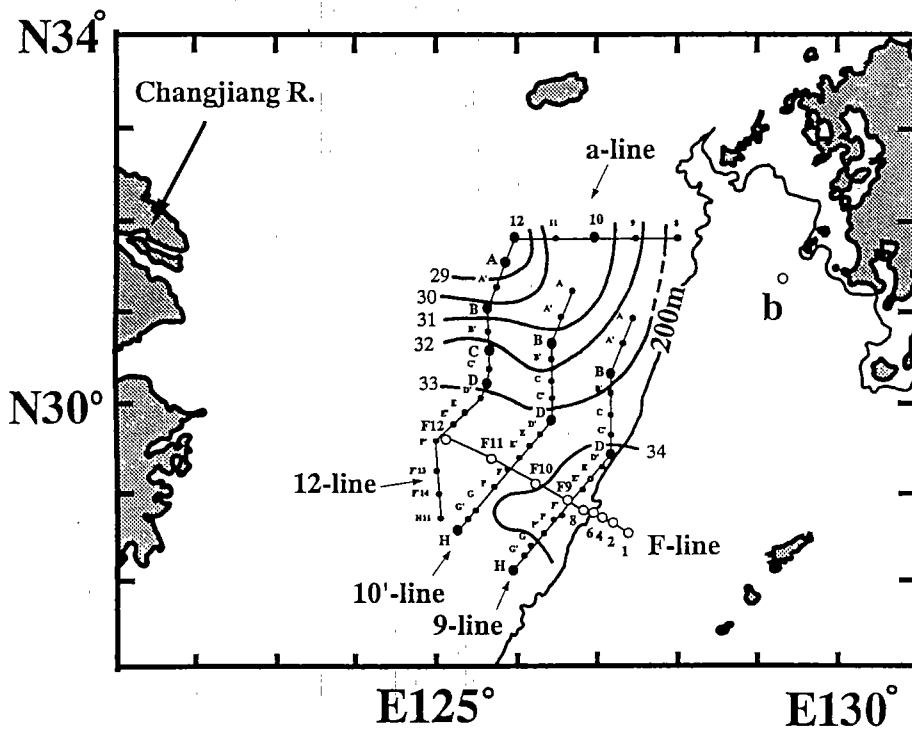


図2 観測点位置
(1997年夏季における表層塩分の分布を併せて示す)

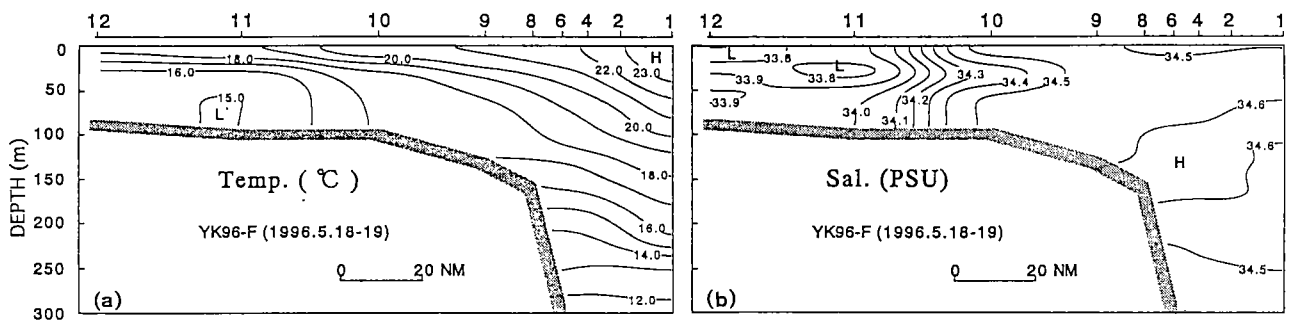


図3 1996年春季航海における水温(a), 塩分(b)の鉛直分布

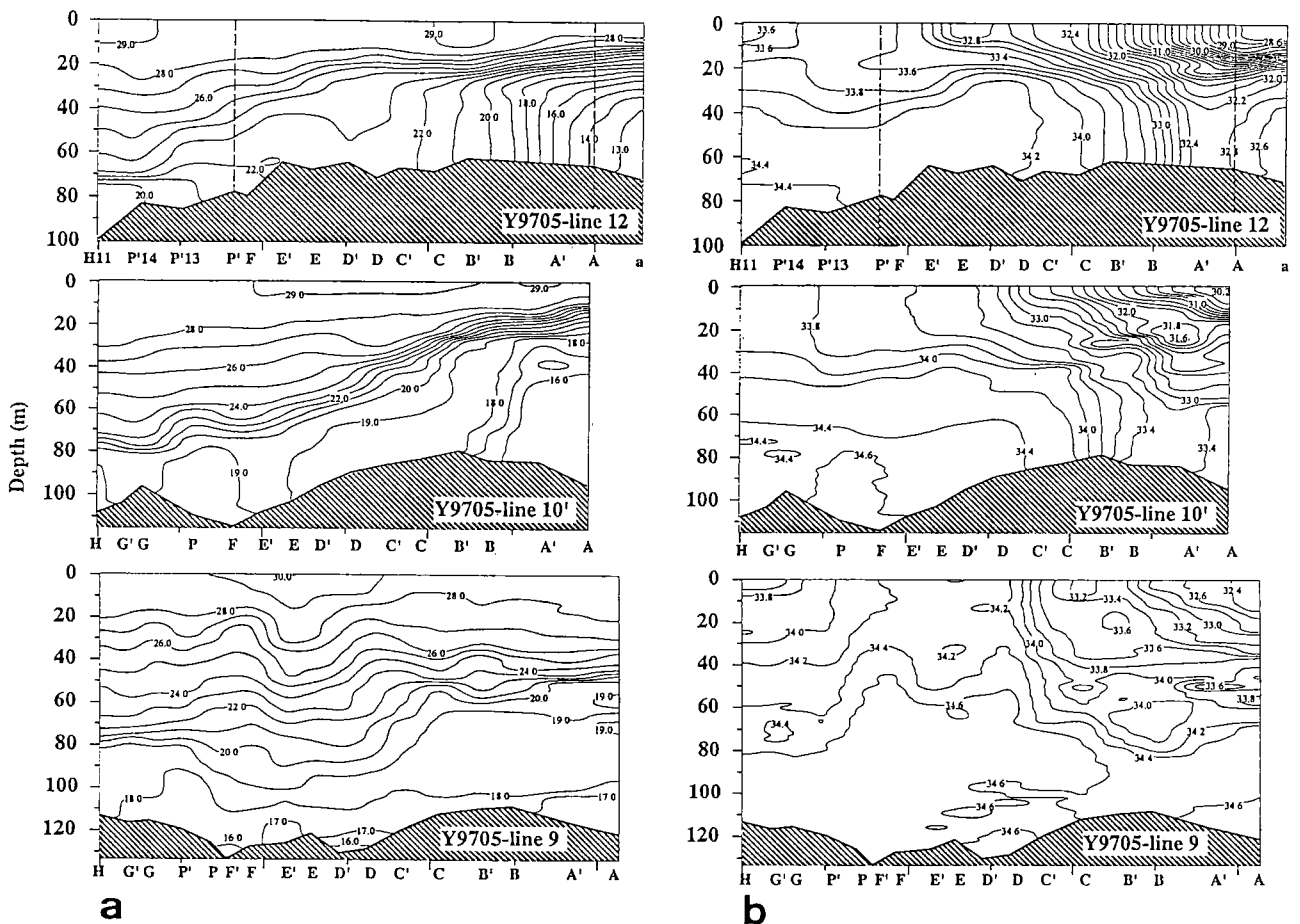


図4 1997年夏季航海における水温(a), 塩分(b)の鉛直分布

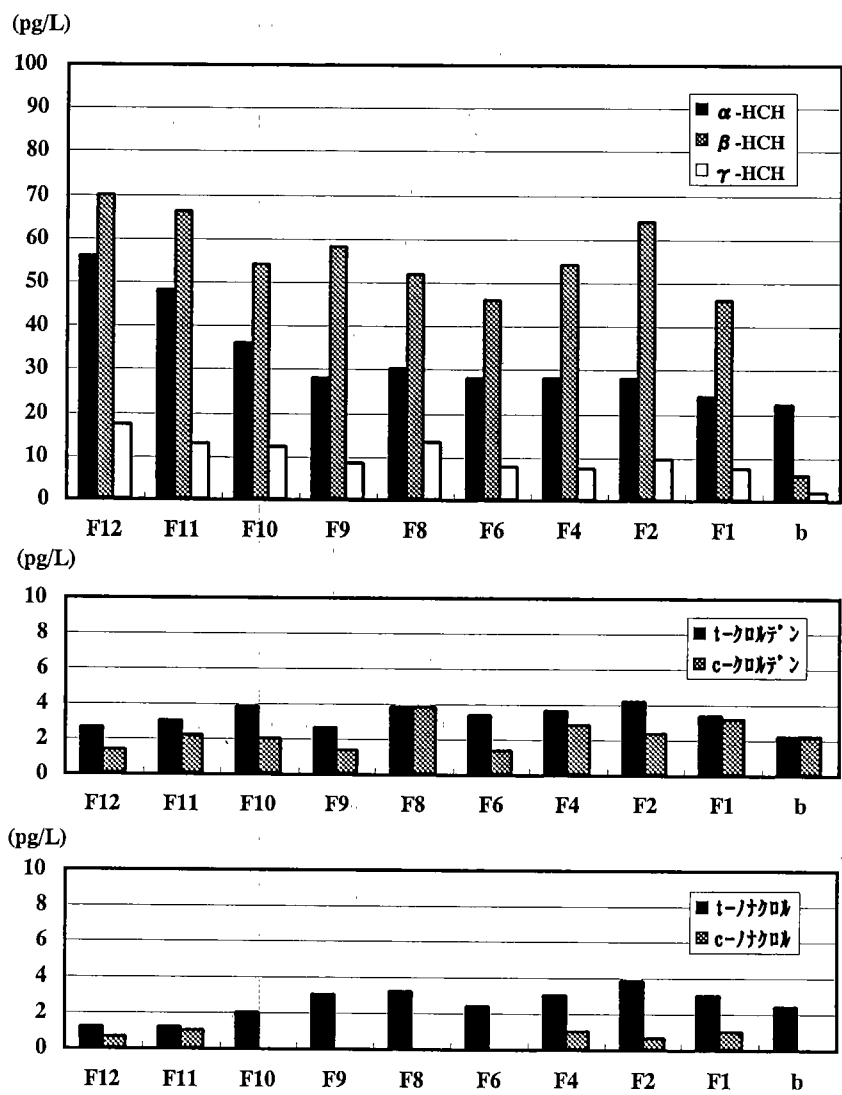


図5 1996年春季航海における表層水中の有機ハロゲン化合物の濃度

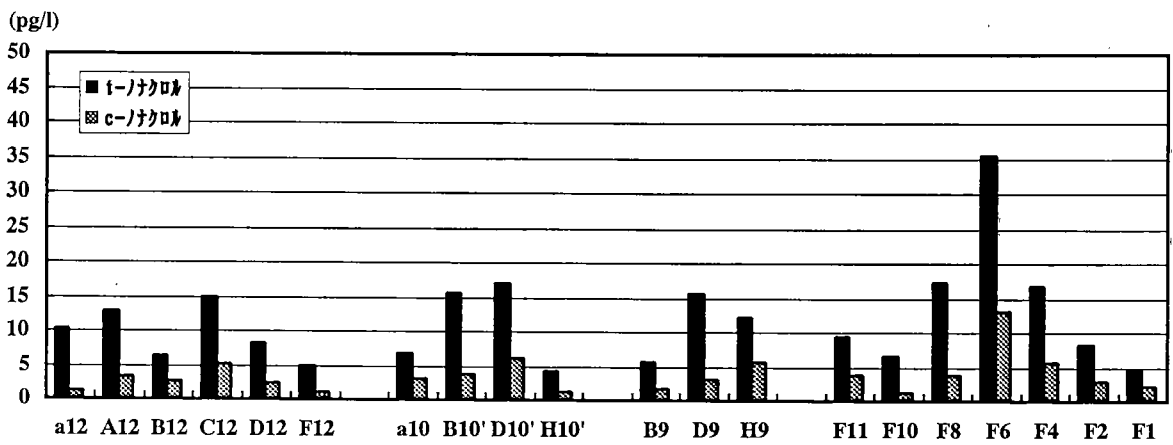
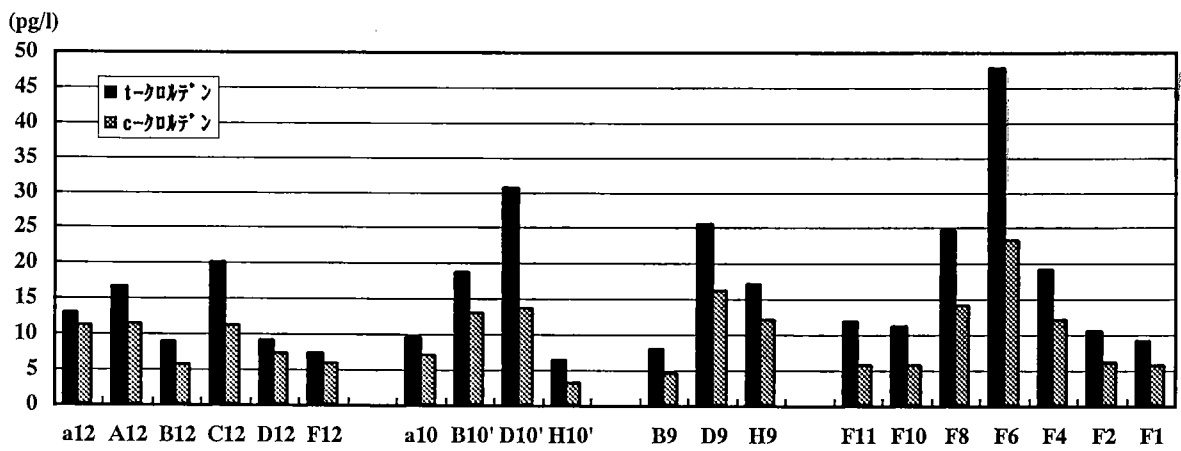
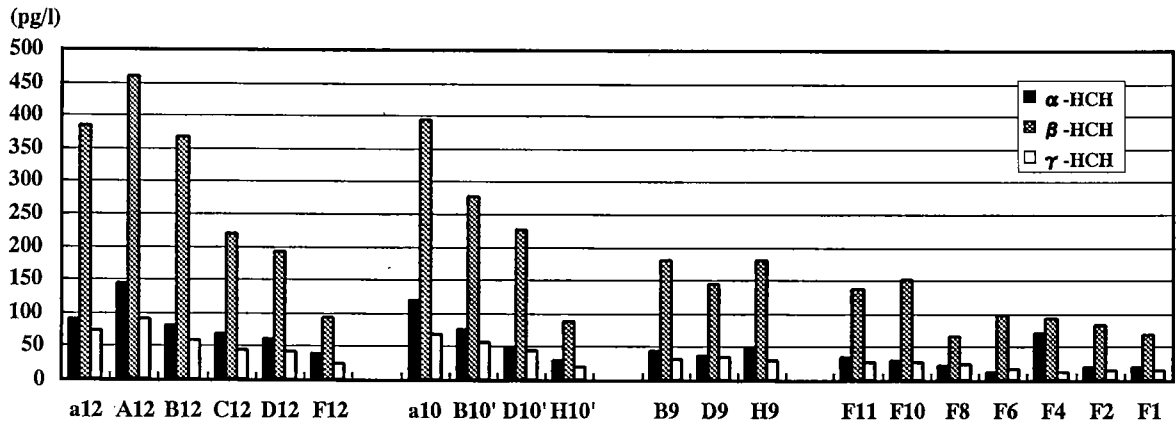


図6 1997年夏季航海における表層水中の有機ハロゲン化合物の濃度

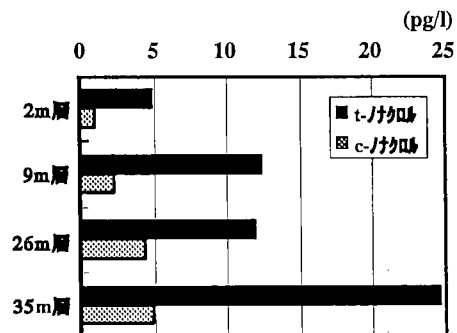
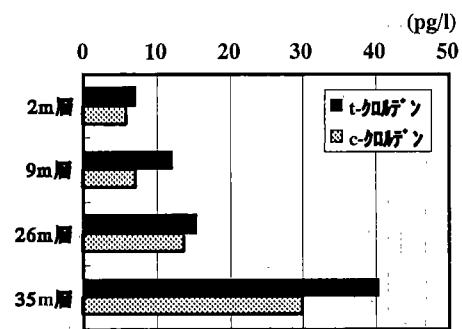
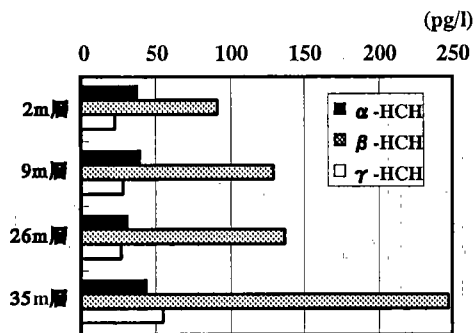


図7 1997年夏季航海の測点 F12における有機ハロゲン化合物の鉛直分布

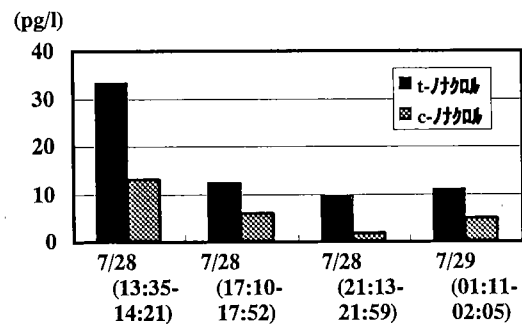
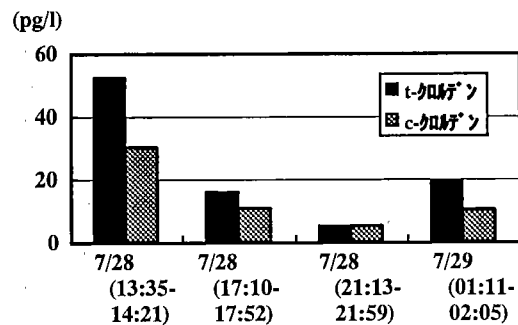
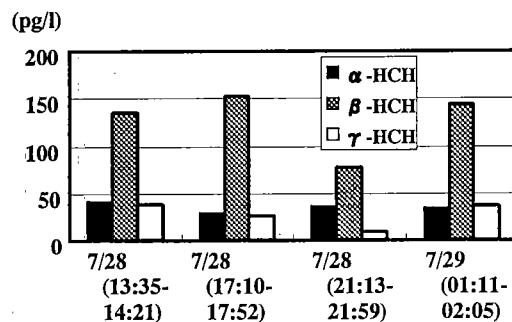


図8 1997年夏季航海の測点 F12における表層水中の有機ハロゲン化合物濃度の短期変動

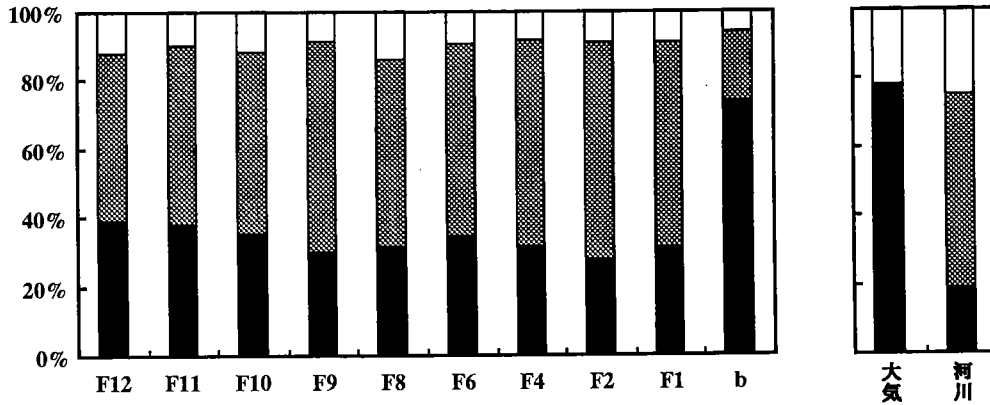


図9 1996年春季航海における表層水中のHCH類の異性体組成
 藤森ら(1997)による大気及び河川水(加古川)の異性体組成を併せて示す ■ α-HCH ■ β-HCH □ γ-HCH

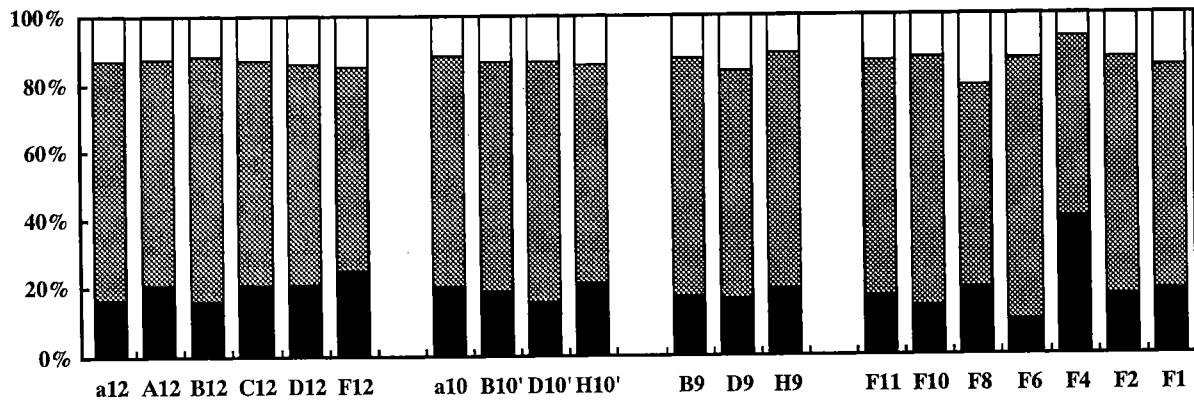


図10 1997年夏季航海における表層水中のHCH類の異性体組成
 ■ α-HCH ■ β-HCH □ γ-HCH

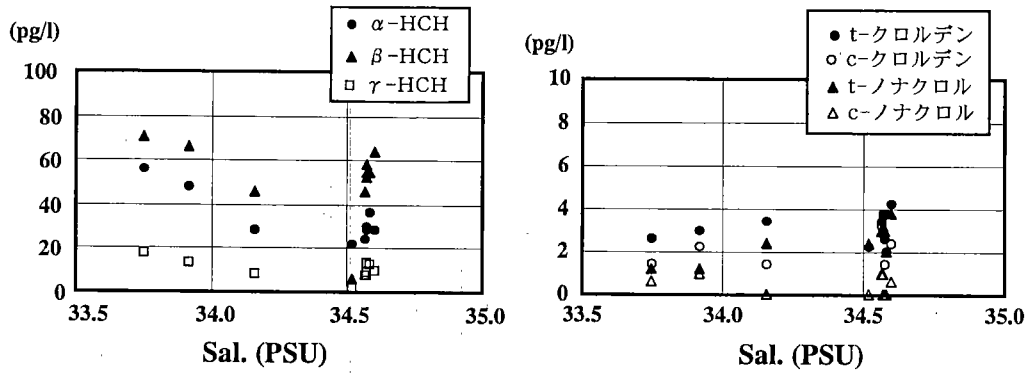


図11 1996年春季航海における表層水中の有機ハロゲン化合物濃度と塩分との関係

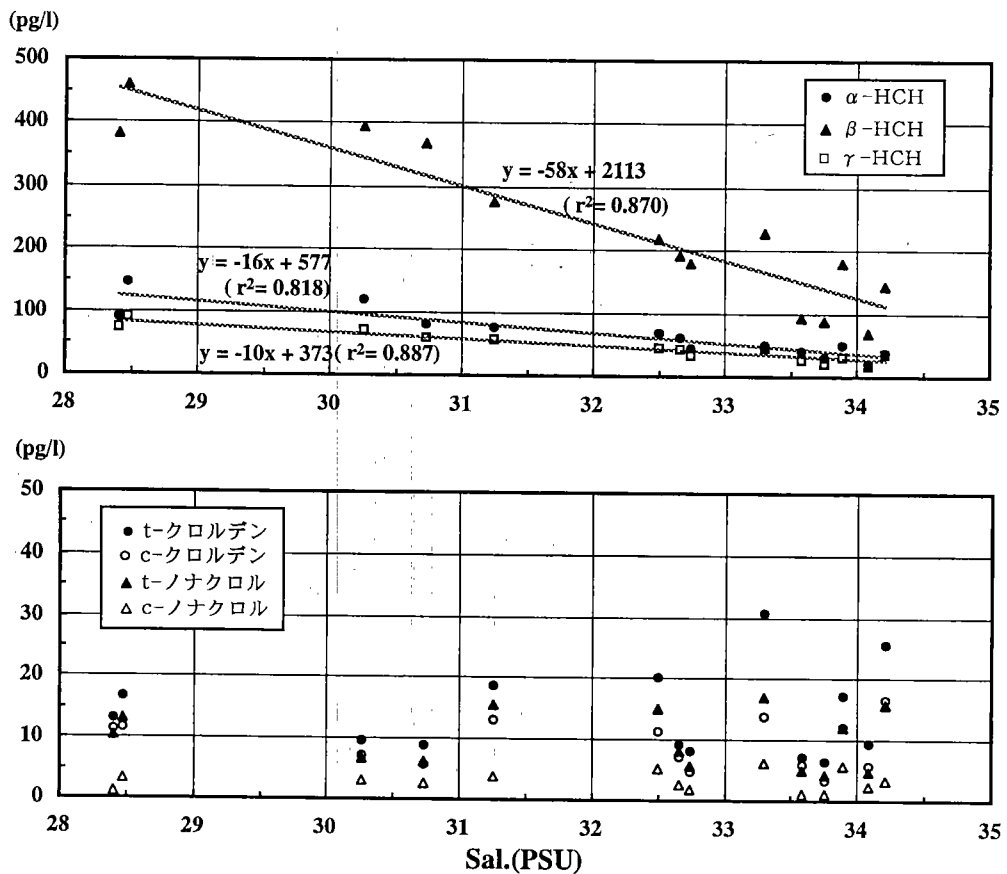


図12 1997年夏季航海における表層水中の有機ハロゲン化合物濃度と塩分との関係