

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

(1) 東アジア海域における有害化学物質の時空間変動機構に関する研究

①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

研究代表者 国立環境研究所地球環境研究グループ海洋研究チーム 功刀正行

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 功刀正行・原島省

平成10～11年度合計予算額 17,080千円
(平成11年度 8,840千円)

[要旨] 商船に搭載するための連続濃縮捕集システムを開発し、本システムを用いて同一海域を頻繁に航行するフェリーを観測プラットフォームとする有害化学物質による海洋汚染観測態勢を確立した。同一海域を頻度高く観測することにより、有害化学物質による海洋汚染の動態の把握と解析を行った。商船は一般に効率を優先するために、本研究に必要なような比較的規模の大きな新たな観測機材を設置するスペースは少ない。我々は、平成7年度～9年度において実施した地球環境研究総合推進費による研究において、比較的設置スペースに余裕のあるフェリーに搭載するための連続濃縮捕集システムを開発し良い結果を得た。今回はこの経験をもとに新たに搬入・搬出が容易でかつ限られた設置スペースに対応可能な汎用型商船搭載用有害化学物質自動連続濃縮捕集システムを開発し、平成10年12月から平成12年3月まで瀬戸内海を航行するフェリー「さんふらわあ あいぼり」に同システムを搭載して計11回の海水中有害化学物質の観測を行い、同システムの有用性を確認するとともに、同海域における有害化学物質による汚染の動態を解析した。また、平成7年からの研究で、有害化学物質の種類によっては大気から海洋への負荷が大きいことが示唆されたことを受け、平成11年3月からは同海域における大気中有害化学物質の観測をあわせて行った。これらの観測では、平成7年度から9年度に実施した大阪－那覇間での観測と同様にほとんどすべての観測で α -HCHおよび β -HCHが検出された。大阪－那覇間の観測では、 β -HCHの濃度変動は小さかったが、瀬戸内海の観測では大きな変動が観測された。特に1999年9月以降は継続して比較的高濃度が維持されていた。 α -HCHは、空間的にも時間的にも変動が大きく、海水中での残留時間が短いことが示唆された。 γ -HCHは、ほとんどの観測で検出されているが検出限界に近い濃度の場合が多い。各異性体の存在比は、観測地点、時間で大きく変動していた。大気中のHCH類は α -HCHおよび γ -HCHがすべての捕集試料から検出されたが、 β -HCHはほとんどの試料でブランクレベルであった。クロルデン類、ノナクロル類は観測の半数以上が検出限界以下であり、海水、大気ともに変動が大きかった。1999年9月以降の β -HCHの高濃度は台風により大きく攪拌され、底泥に蓄積されていたものの回帰と考えられ、海水中の α -HCH、 γ -HCH、クロルデン類、ノナクロル類の濃度変動は大気中のそれぞれの濃度と相関があり、大気－海洋間の交換がかなり早いと考えられる。これらの結果から、海洋における有害化学物質による海洋汚染の動態の把握には高

頻度の観測が不可欠であること、HCHs、クロルデン類を観測することにより観測地点・時点で支配的な起源推定が可能であることが明らかとなった。

[キーワード] 有害化学物質、有機ハロゲン化合物、時間変動、空間変動、東アジア海域、POPs

1. 序

自然界に存在しない人為起源の有害化学物質による海洋汚染は、それ自身の毒性もさることながら、最近ではホルモンに類似した機能による生態系への影響など自然生態系に大きな影響を及ぼすことが懸念されている。この分野での従来の研究はその発生源近傍の沿岸域や閉鎖系水域がその対象域となっていた。しかしながら、いったん自然界に負荷された難分解性有害化学物質は様々な輸送過程を経て全球的に拡散・蓄積して行き思わぬ所での再汚染を引き起こす可能性がある。

一方で、有害化学物質の地球規模における海洋汚染の観測態勢は十分でない。特に、沿岸域や閉鎖系水域以外での観測例はきわめて少ない。しかも、それすら年1回程度かつある限定された観測地点での結果であり、これらから海洋汚染の実態を把握することは困難である（一つの指標であることは論を待たないが）。このため食物網の高次構成者である魚や鳥などに生物濃縮された結果から類推する方法がとられてきた。しかし、これもその生態や行動範囲が広範すぎるなど未解明な点が多く、やはり海洋汚染の実態把握としては不十分である。

海洋における有害化学物質の動態把握には、より広範囲かつ密な情報を必要とするが、従来の調査・観測船を中心とする観測態勢はこの要求に応えられないのが実状である。こうした観測態勢を補完するためにもまた新たな展開のためにも、同一海域を繰り返し航行する民間の定期船を用いた観測いわゆるShips of Opportunityの活用は重要な課題の一つである。

我々は、平成7年から9年にかけて地球環境研究総合推進費によりフェリー「くろしお」に濃縮捕集装置を搭載し、同一航路上の海域における有害化学物質の観測を実施し、その濃度が大きく変動する物質と変動の少ない物質があることを見出した。これにより、Ships of Opportunityによる観測が有害化学物質の動態把握に資する有益な情報が得られることを明らかにした。しかしながら、観測対象海域の拡大には、様々な形態の商船を考慮する必要があること、どの程度の観測頻度が必要であることを明らかにする必要がある。そこで、本研究では、新たな汎用型商船搭載用有害化学物質濃縮捕集装置を開発すること、最適な観測頻度を明らかにするものである。

2 方法

2. 1 汎用型商船搭載用有害化学物質濃縮捕集システム

基本的な構成は、今までに開発した濃縮捕集装置と同一とし、フェリー、貨物船、コンテナ船など多種の船舶に搭載可能な捕集システムを開発する。最近の商船は空きスペースが少なく、装置の搬入経路も十分な広さが確保できない場合が多いので、小型にするとともに組立・分解が容易なシステムとする。通水流量は、様々な要因により大きく

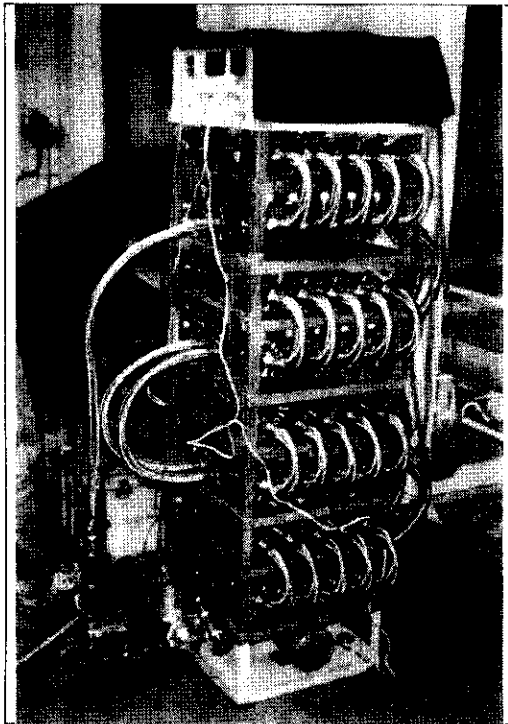
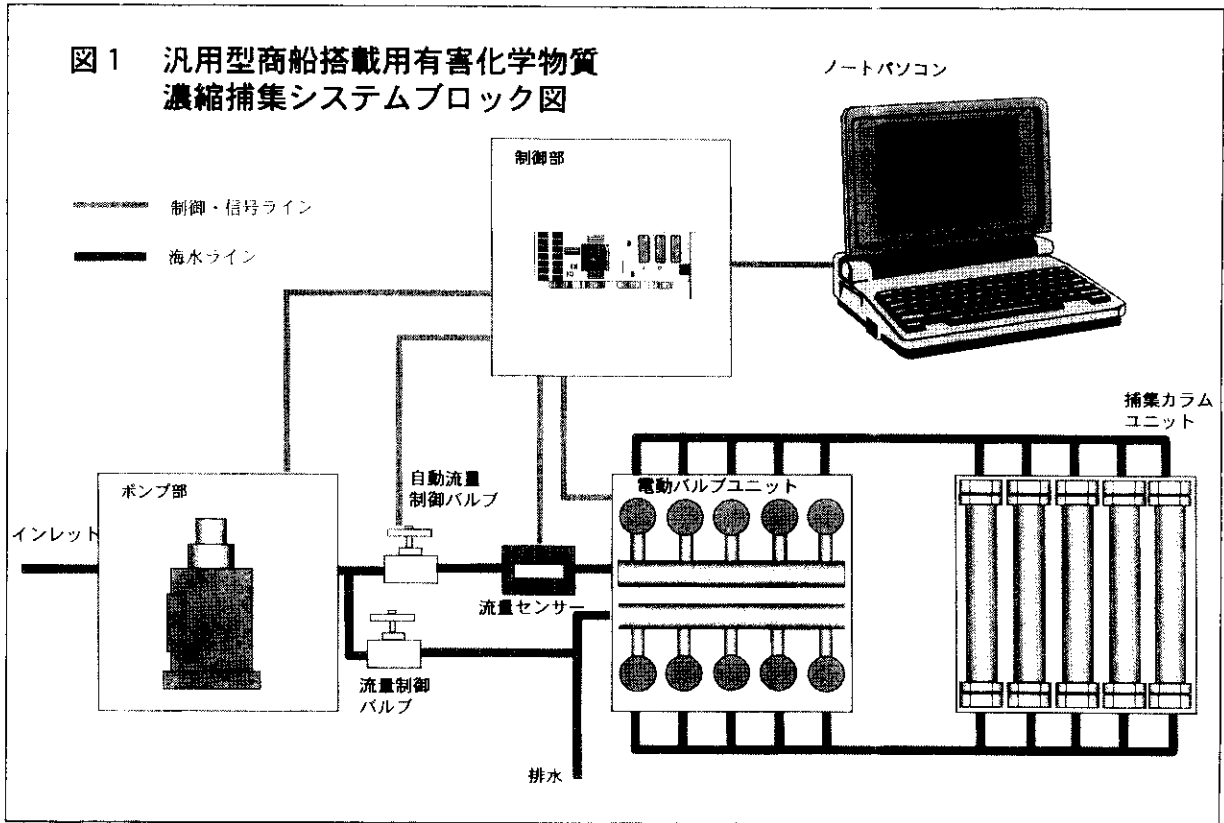


図2 「さんふらわあ あいぼり」に搭載した濃縮捕集システム

最下部が、ポンプユニット、その上のフレキシブルパイプ群が捕集部、フレキシブルパイプで接続されている部分が1ユニット、ここでは、カラム5本のユニットを4段積み重ねている。最上部は、制御部。

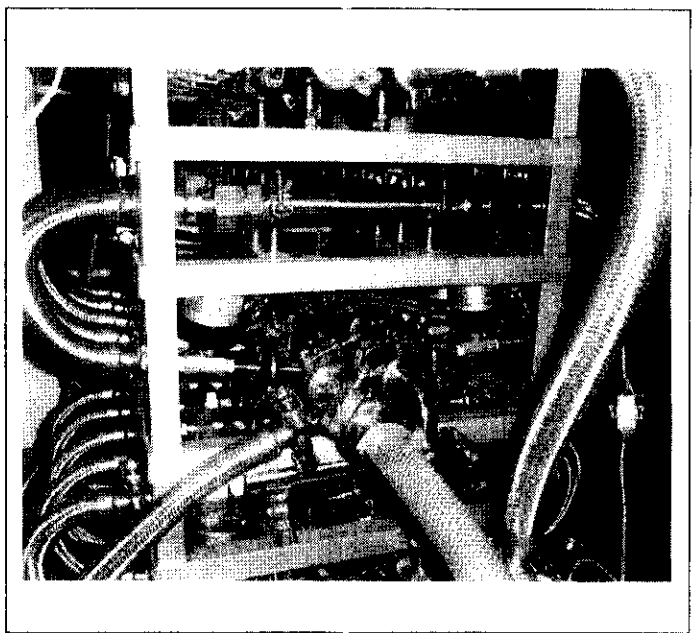


図3 図2の中央下部部分の拡大

高さが低い部分がカラム収納部、その下は電動バルブ収納部。手前に見えている太いパイプはドレイン。

変動し、装置の自動化の妨げとなっているので、新たな流量制御装置を開発しシステムに組み込む。これらの点を考慮し、以下の濃縮捕集装置を開発・制作した。

捕集剤は、従来と同一のポリウレタンフォーム、カラムは今までに製作・使用してきたものと同じとする。設置スペースを考慮し、5カラムを基本ユニットとし、これをスタックにできる構造とする。基本ユニットも、カラム部およびバルブ制御部に分け搬入・組立・分解が容易な構造にする。これにポンプ（プレフィルターを含む）、システム制御部を組み合わせ濃縮捕集システムを構成する。システムブロック図を図1に、また全景を図2に、カラム・バルブ制御部を図3にそれぞれ示す。さらに、1999年度からは、自動流量調整システムを付加した。

2. 2 フェリーによる海水中有害化学物質の測定

今回開発した自動連続濃縮捕集システムを瀬戸内海に就航するフェリー「さんふらわあ あいぼり」に搭載し、試運転と第1回の捕集を1998年12月に実施し、以後同システムにより大阪南港－別府間の往復航路上で観測を開始した。1998年度は、1998年12月14～16日、1999年1月28～30日、3月1～3日に実施した。1999年度は、1999年4月14～16日、5月26～28日、7月13～15日、9月27～29日、12月15～17日、2000年1月27～29日、2月28～3月1日および3月27日～29日の計8回の観測を実施した。内、12月15～17日は制御用パソコンが観測直後に故障し、海水側の捕集を実施できず、大気側の捕集のみとなった。同フェリーは、大阪南港を19:00に出航し、別府港翌朝6:20着、別府港を同夕19:00に出航し、大阪南港翌朝6:20のスケジュールで運行している。なお、2000年3月より往路の航路および運行時間が変更となり、往路のみ松山奇港となった。出港時、および入港時は底泥のまき上げがかなりあるため、ある程度港から離れた場所で捕集する必要がある。そこで、サンプリングは往路復路とも、出港30分後の19:30から1時間間隔でそれぞれ10試料とし、入港数十分前には全て捕集が終了するように設定した（2000年3月の観測は、航路及び運行時間の変更のために往路のみ観測位置と時間を変更している）。また、同海域はプランクトンなど浮遊粒子がかなり含まれると思われるので、ポアサイズ10ミクロンのプレフィルターを挿入し、これらを除去している。通水は、流量約1L/minで50分、トータル50Lとした。総通水量は流量センサーからのパルス信号を積算し、50L通水した時点で自動的に捕集を停止するように制御した。

大気中の有害化学物質の捕集には、GRASBY社GPS-1型ハイボリューム・ポリウレタンフォーム・サンプラーを用い、捕集用ポリウレタンフォームはEPAの指定方法により前処理されたSKC社226-131を使用した。同サンプラーを2台、フェリーのブリッジ上部に設置し、タイマーで往路と復路をそれぞれ独立にサンプリングした。ブリッジは船の前方にあり、航走中はよほど強い順風でないかぎり、煙突からの影響はないものと考えられる。吸引流量約280L/minで、約10時間の捕集を行った。

3 結果と考察

3. 1 結果

3.1.1 濃縮捕集システム

今回制作した汎用型商船搭載用有害化学物質濃縮捕集システムは概ね正常に動作し、

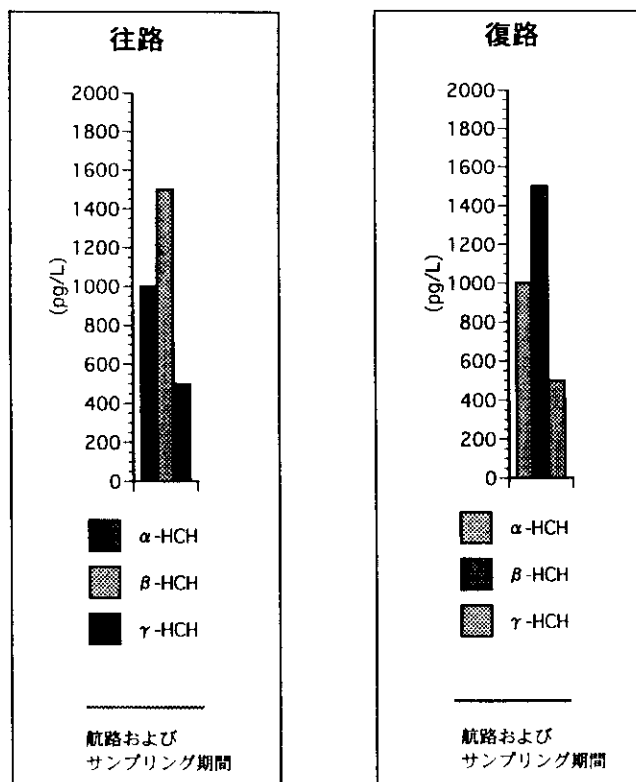
濃縮カラムの設置・撤去は2名で約2時間程度で作業を終了することができた。これはフレキシブルチューブとヘルールによる配管の作業性が良いことがあげられ、かつ、ヘルールによる配管は密閉性がよく、漏水などのトラブルは皆無に近かった。一方、流量制御には問題が残った。既定の流量がとれず、予定時間内に設定総通水量に達しない事があった。この対策として、55分間通水しても50Lに達しない場合は、その時点で通水を終了するように途中でプログラムを修正した。しかも、流量が十分に取れない場合は、ポンプに過負荷がかかりサンプリング途中でオーバーヒートにより停止することがまれにあった。

3.1.2 海水中および大気中の有害化学物質観測結果

フェリー「さんふらわあ あいぼり」において1998年12月から2000年3月までに観測を行った10観測航海の航路と各サンプル地点での α -HCH、 β -HCHおよび γ -HCHの濃度を図4～13に示す。航路は往路・復路ともほぼ同一であり、これにより連続した1～2日の短期変動を捉えることが可能である。HCH類の各異性体濃度は、 α -HCHは検出限界～940pg/L、 β -HCHは44～1600pg/L、および γ -HCHは検出限界～320pg/Lであった。各成分の最大値は α -HCHは1999年4月のサンプリング地点5（塩飽諸島から燧灘付近）、 β -HCHは1999年9月のサンプリング地点1（大阪港から明石海峡）、 γ -HCHは2000年3月のサンプリング地点19（小豆島から播磨灘周辺）であった。HCH類濃度の一般的な傾向としては、大阪湾で高く、西に行くほど濃度が低下する傾向が見られる。全観測期間を通じて測定結果をみると、1999年9月以降、特に β -HCHが高濃度に観測される傾向がみられた。一方、 α -HCHは β ほどはっきりとした傾向は見られなかった。 γ -HCHは全体に濃度が低く、検出限界ぎりぎりの場合が多いが、1999年5月、9月および2000年3月にほぼ全域で比較的高い濃度で検出された。

クロロデン類、ノナクロロ類は多くの観測で検出限界以下であったが、特異的に高濃度に検出される時があった。t-クロロデン、t-ノナクロロともに、1999年5月と9月にはほぼ全観測地点で検出され、特に9月は濃度も比較的高かった。

右図は、図4～図13の各観測結果の凡例。縦軸のスケールは全て同一であるが、往路と復路を区別するために、往路、復路で表示を変えた。航路は、海水のサンプリング期間のみ表示している。



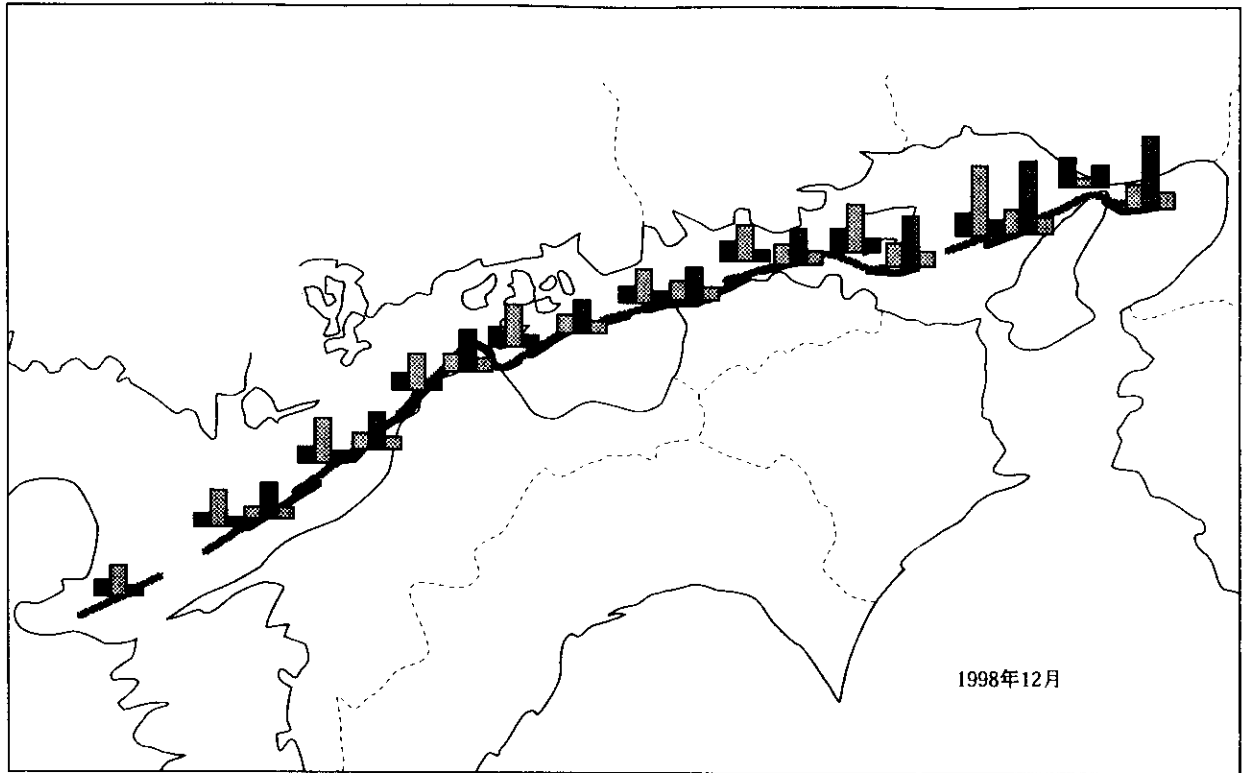


図4 1998年12月19日～21日におけるHCH類の観測結果

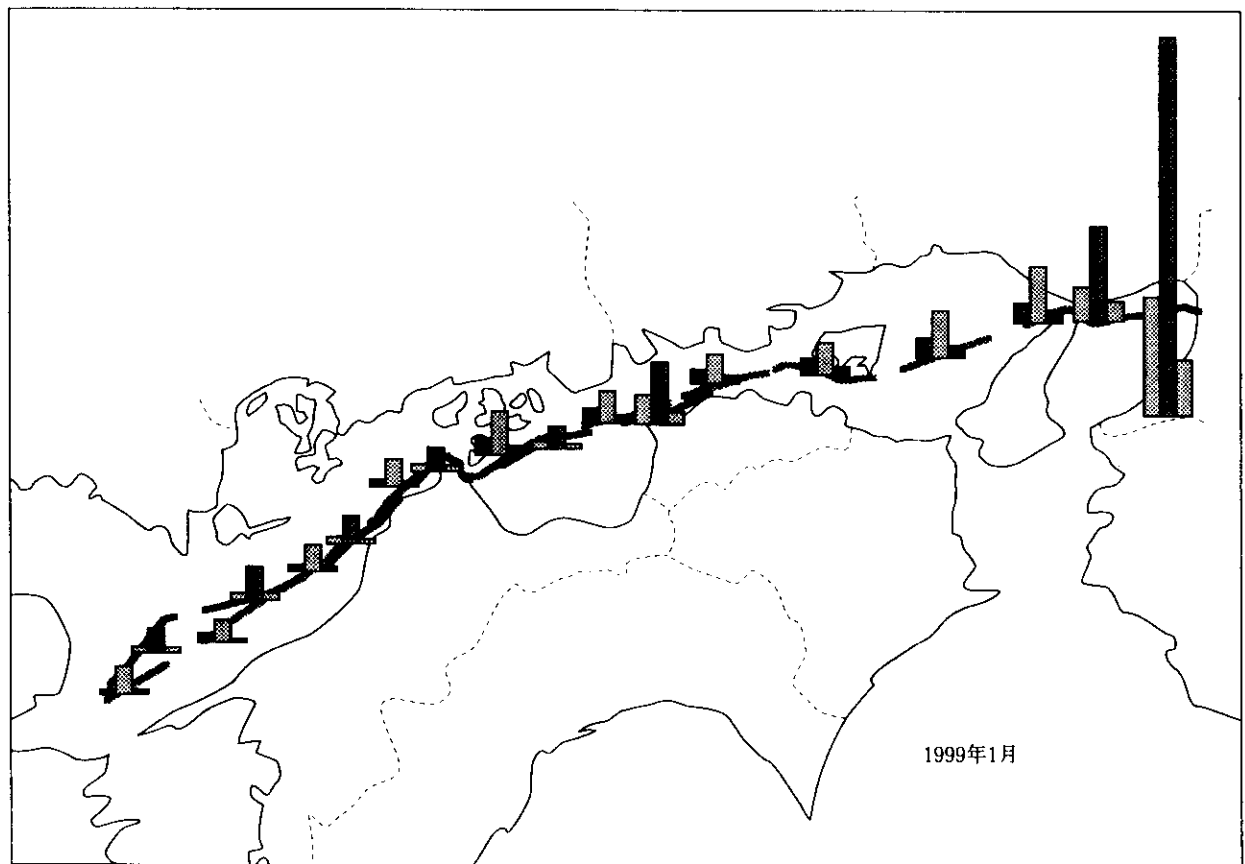


図5 1999年1月28日～30日におけるHCH類の観測結果

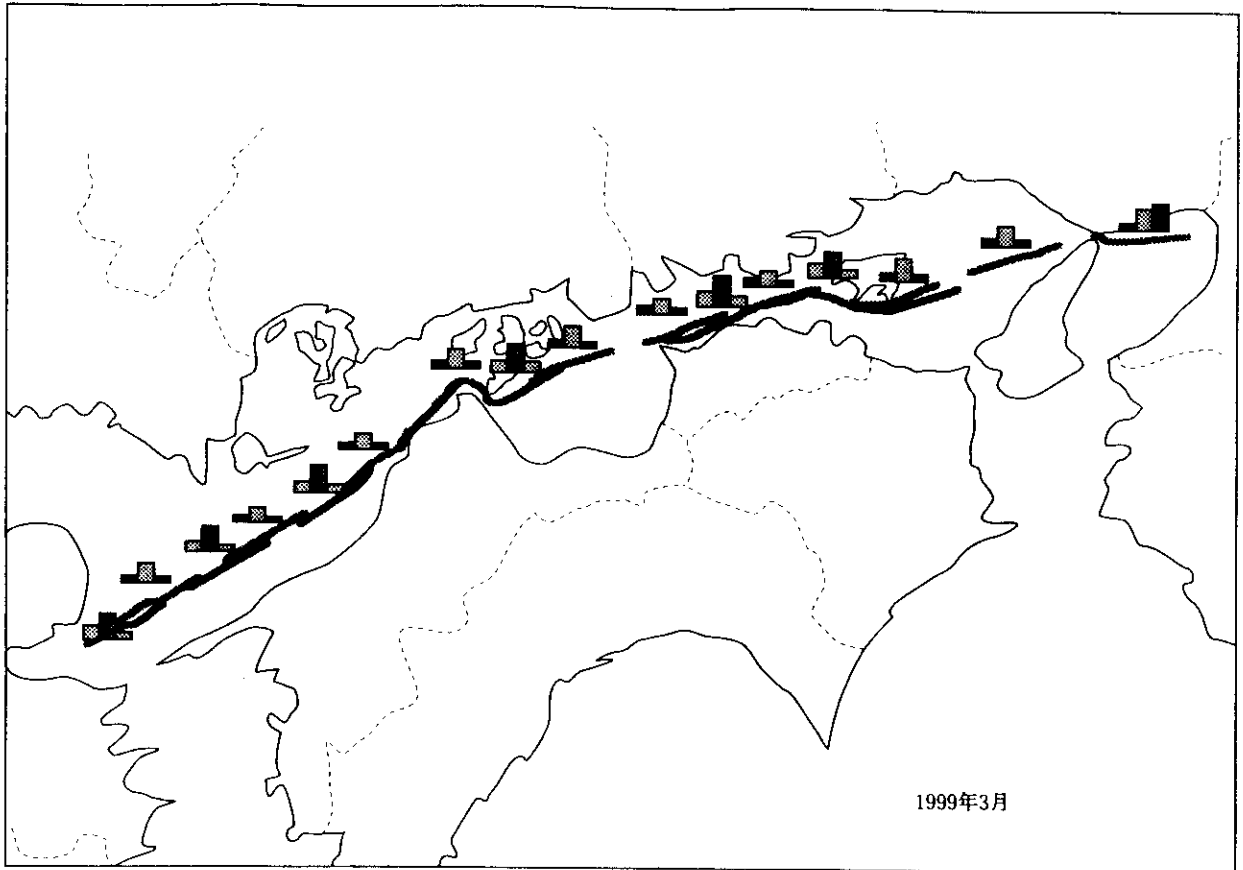


図6 1999年3月1日～3日におけるHCH類の観測結果

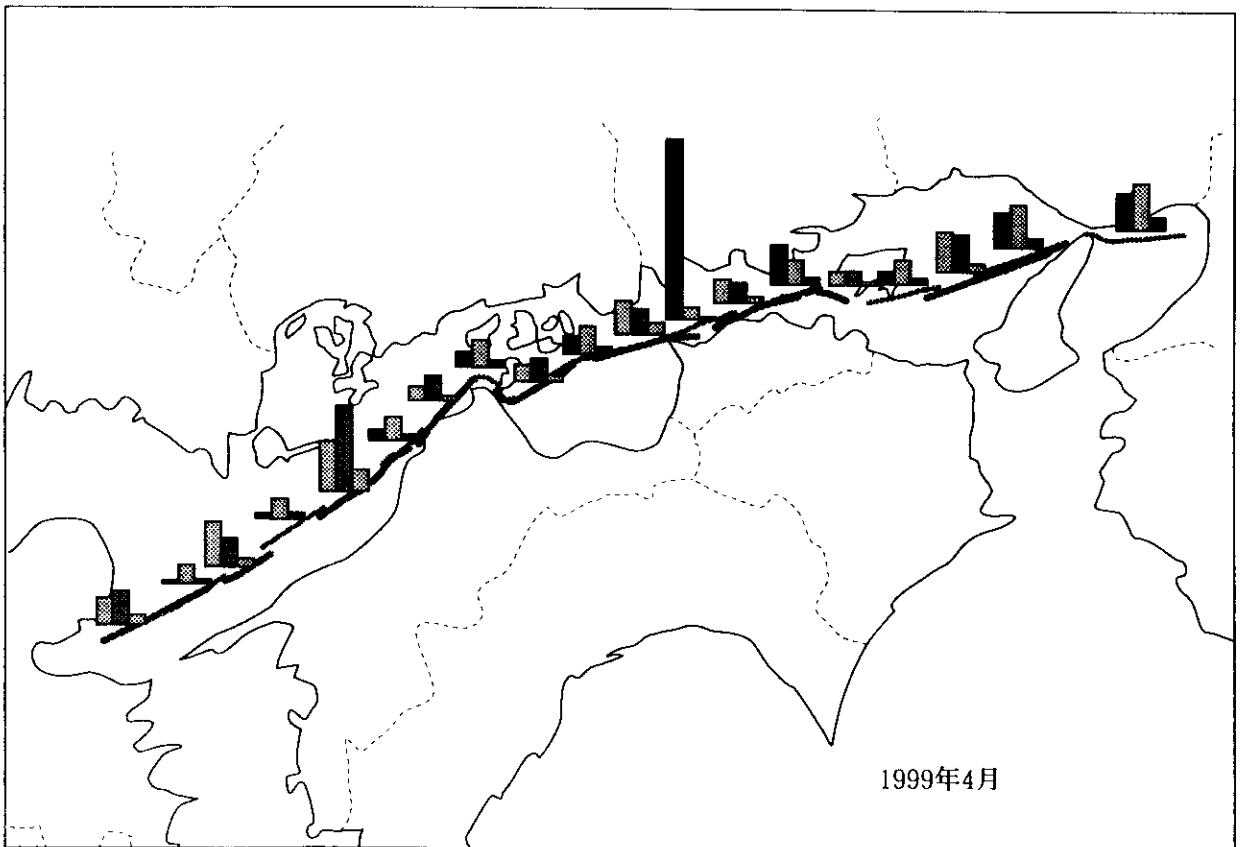


図7 1999年4月14日～16日におけるHCH類の観測結果

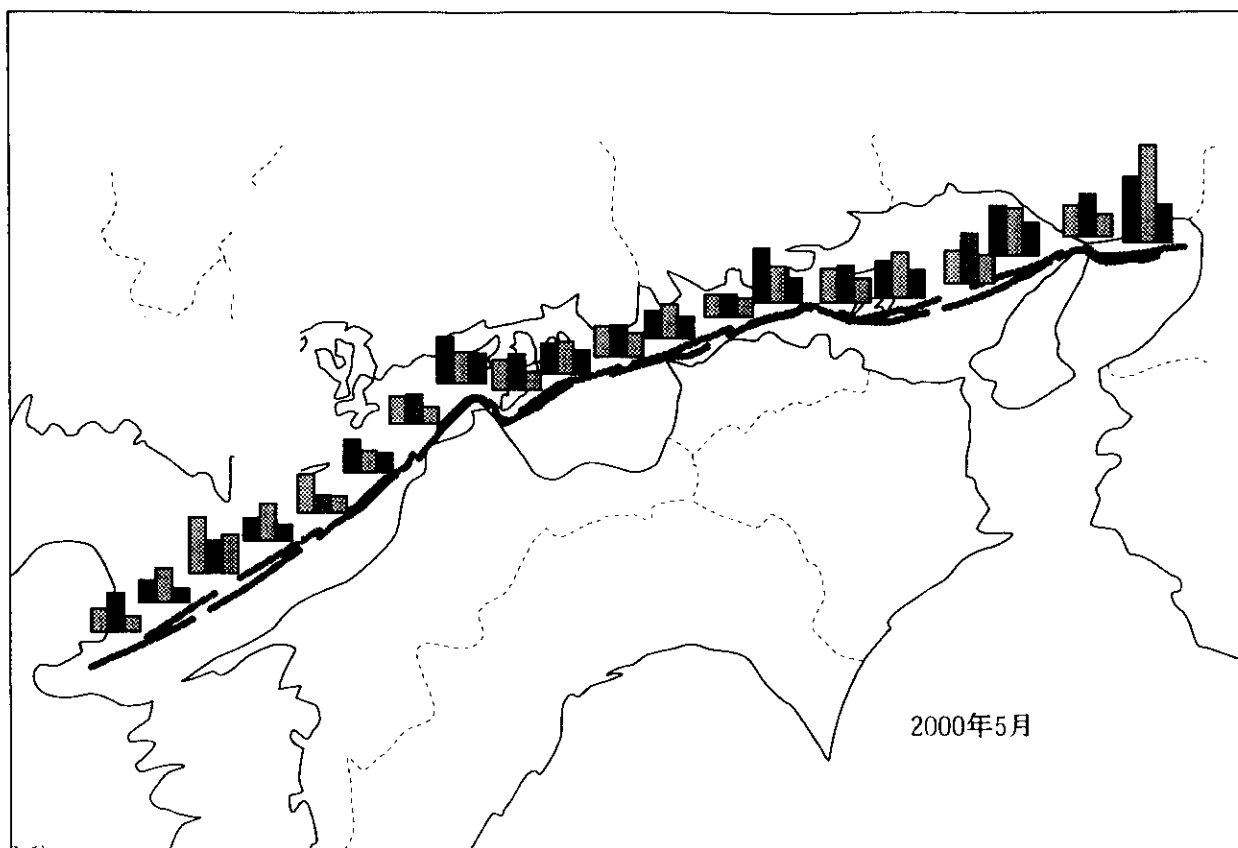


図8 1999年5月26日～28日におけるHCH類の観測結果

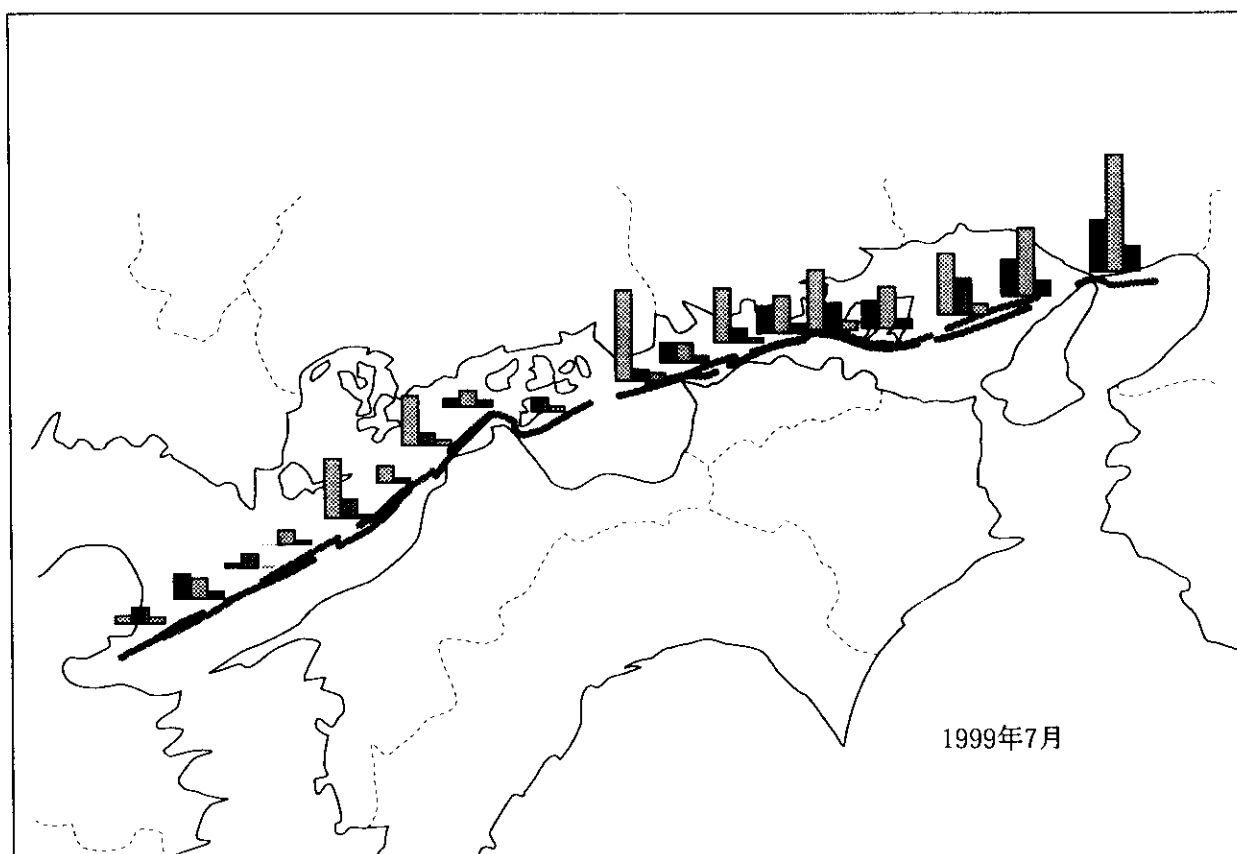


図9 1999年7月13日～15日におけるHCH類の観測結果

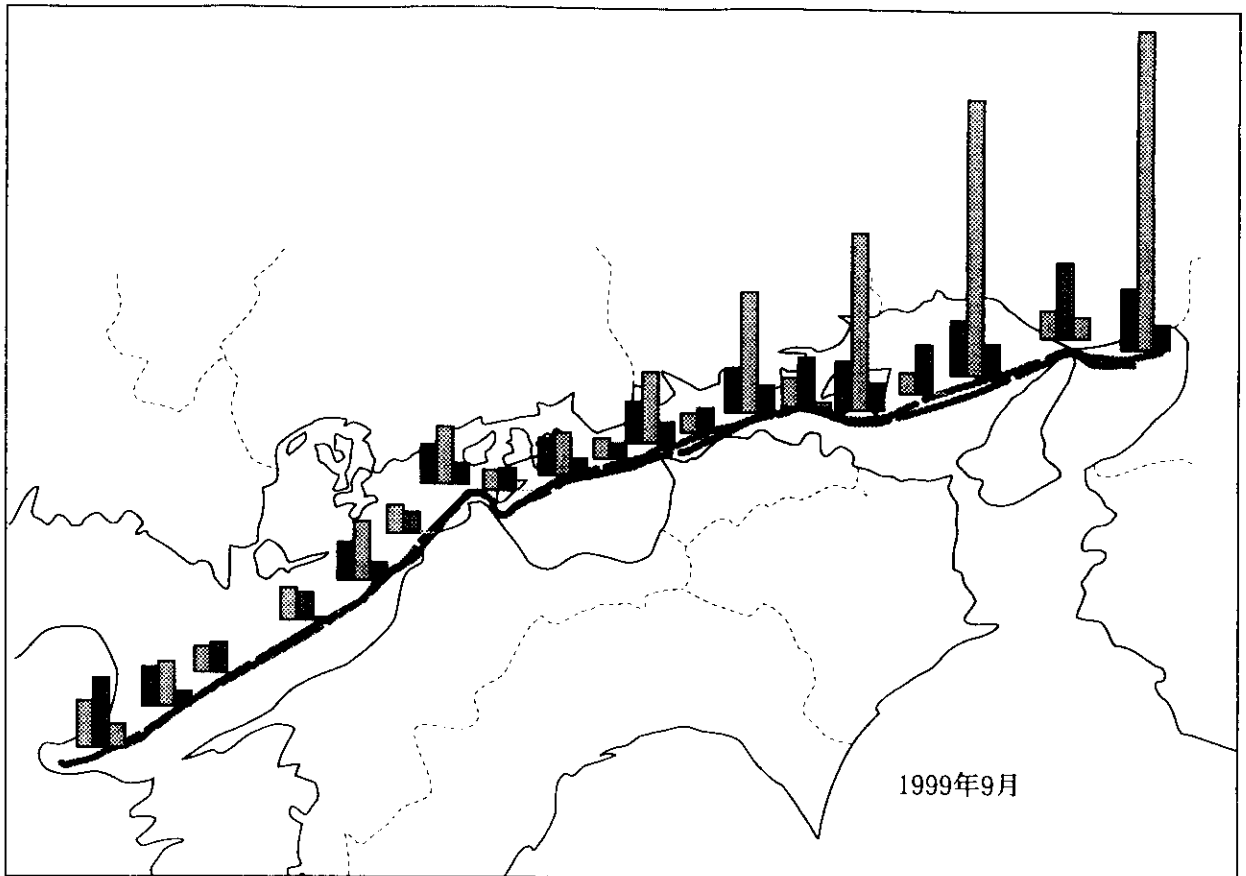


図10 1999年9月27日～29日におけるHCH類の観測結果

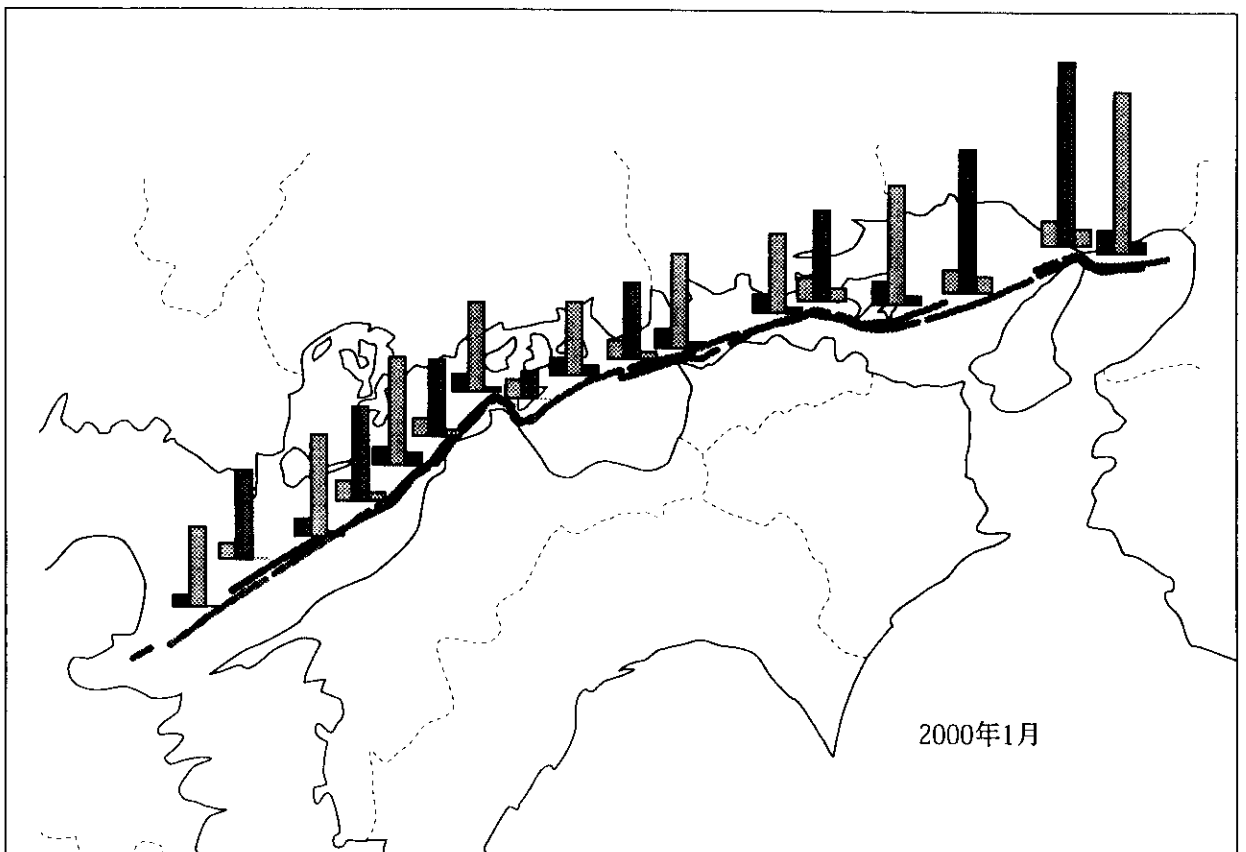


図11 2000年1月27日～29日におけるHCH類の観測結果

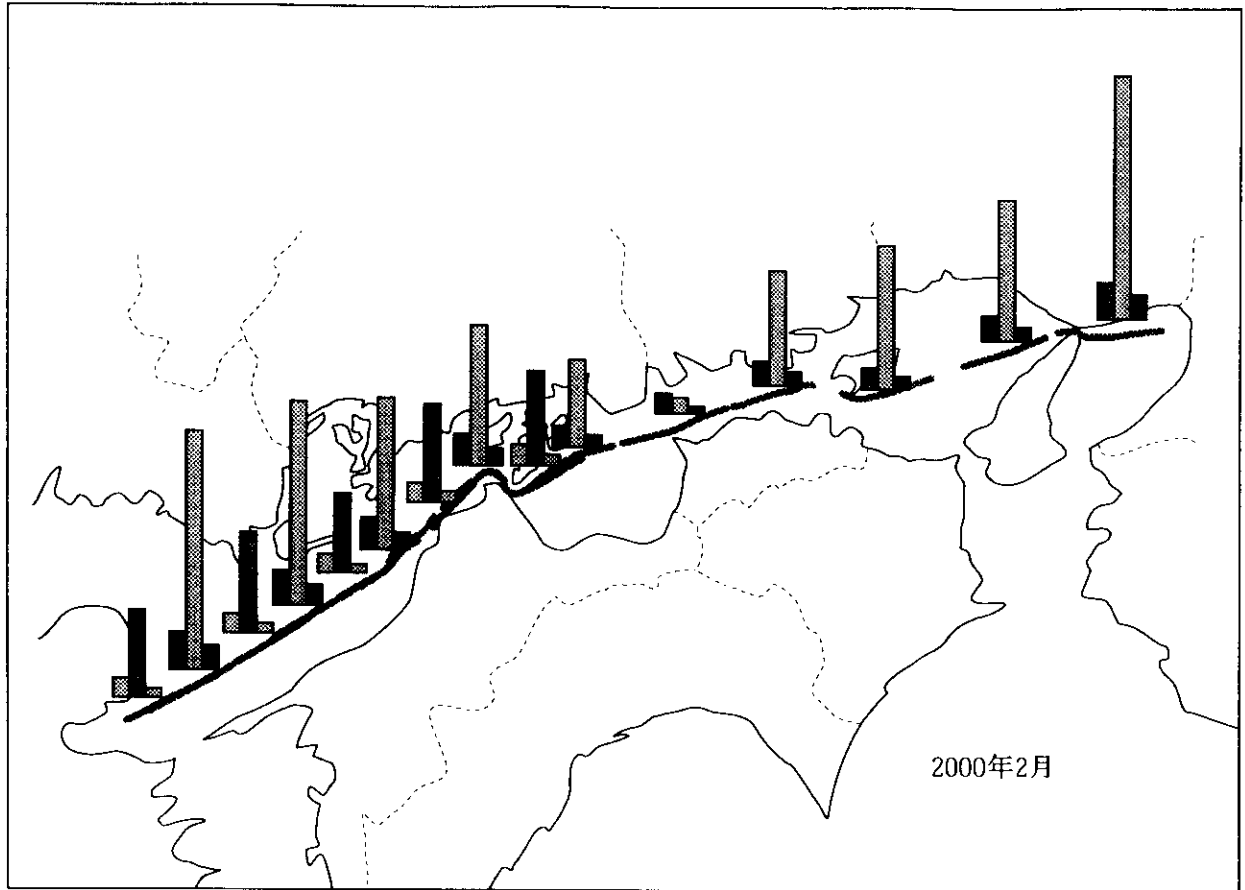


図12 2000年2月28日～3月1日におけるHCH類の観測結果

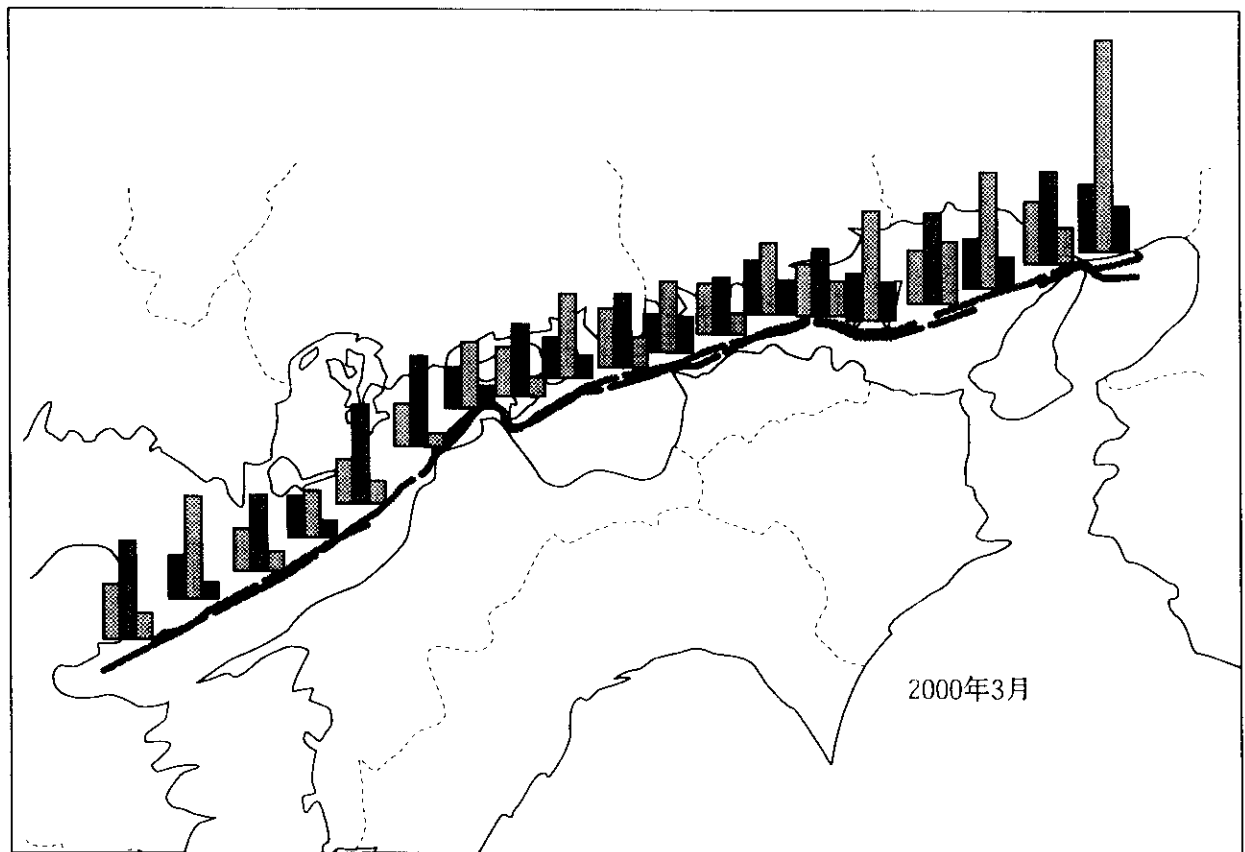


図13 2000年3月27日～29日におけるHCH類の観測結果

短期変動（連続する2日間、往路・復路間の変動）は、概ね大きな変動は認められなかった。1998年12月の観測では、濃度および組成比共に各測定域でほぼ同一であった。1999年1月の観測では、前述した流量変動のため、復路の小豆島前後での観測が行えなかったが、来島海峡から別府湾にかけては、ほぼ往路・復路間の変動はみられず、備讃瀬戸および明石海峡付近では、どちらも復路の方が各異性体濃度は共に高くなっていた。1999年3月は、全体に低濃度であり、検出限界に近い濃度でもあることからばらつきが若干多いが、傾向としては復路の方が若干高濃度となっているように見える。1999年4月は、ばらつきが大きく、特に α -HCHの変動が大きい。塩飽諸島付近で全観測を通じて最高濃度を観測した。1999年5月は、各異性体の濃度が全般的にそれまでと比べ高めであったが、変動は少ない。1999年7月は、特に航路の大阪よりで α -HCHが高めであった。1999年9月は、一転して各異性体とも高濃度が観測され、特に大阪よりの地域では高い傾向が見られた。2000年1月は、全域で β -HCHが高濃度で地点間の変動は小さい。2000年2月も β -HCHが高い傾向が見られ、この観測時は九州よりでも高濃度が観測された。2000年3月は、各異性体ともに比較的高濃度で β は変動が少なく、 γ 異性体が高濃度に観測された。

海洋大気中の有害化学物質は、1999年3月から観測を開始した。 α -HCH、 β -HCH、 γ -HCHの全観測結果を図14に、クロルデン、クロルデン、ノナクロル、ノナクロルの観測結果を図15に示す。

観測された濃度は、各異性体 α 、 β 、 γ それぞれ30~310、検出限界~65、12~93pg/m³であった。往路・復路間の濃度変動は少なく、異性体間では往路・復路共に、 $\alpha > \gamma > \beta$ で、 β -HCHは1999年9月および2000年3月を除いてバックグラウンドレベルであった。

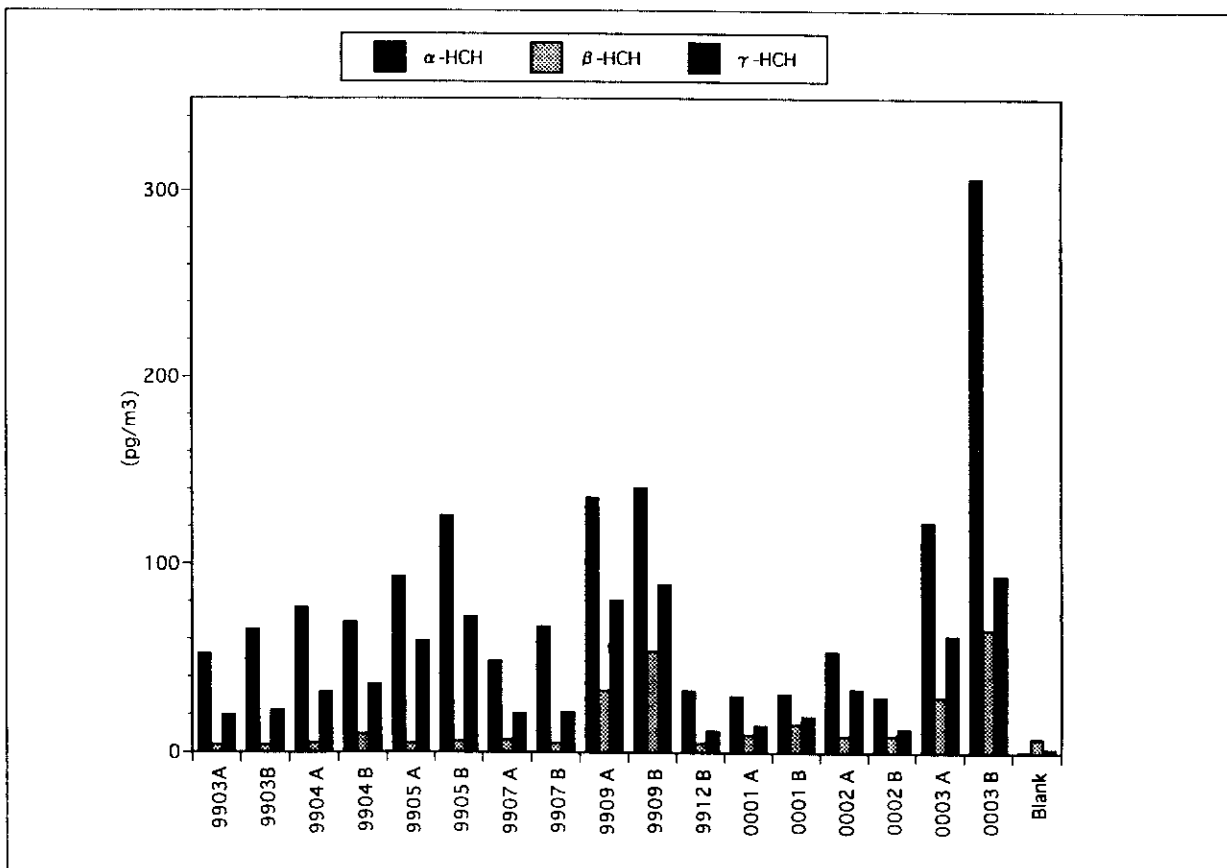


図14 大気中のHCH類の観測結果

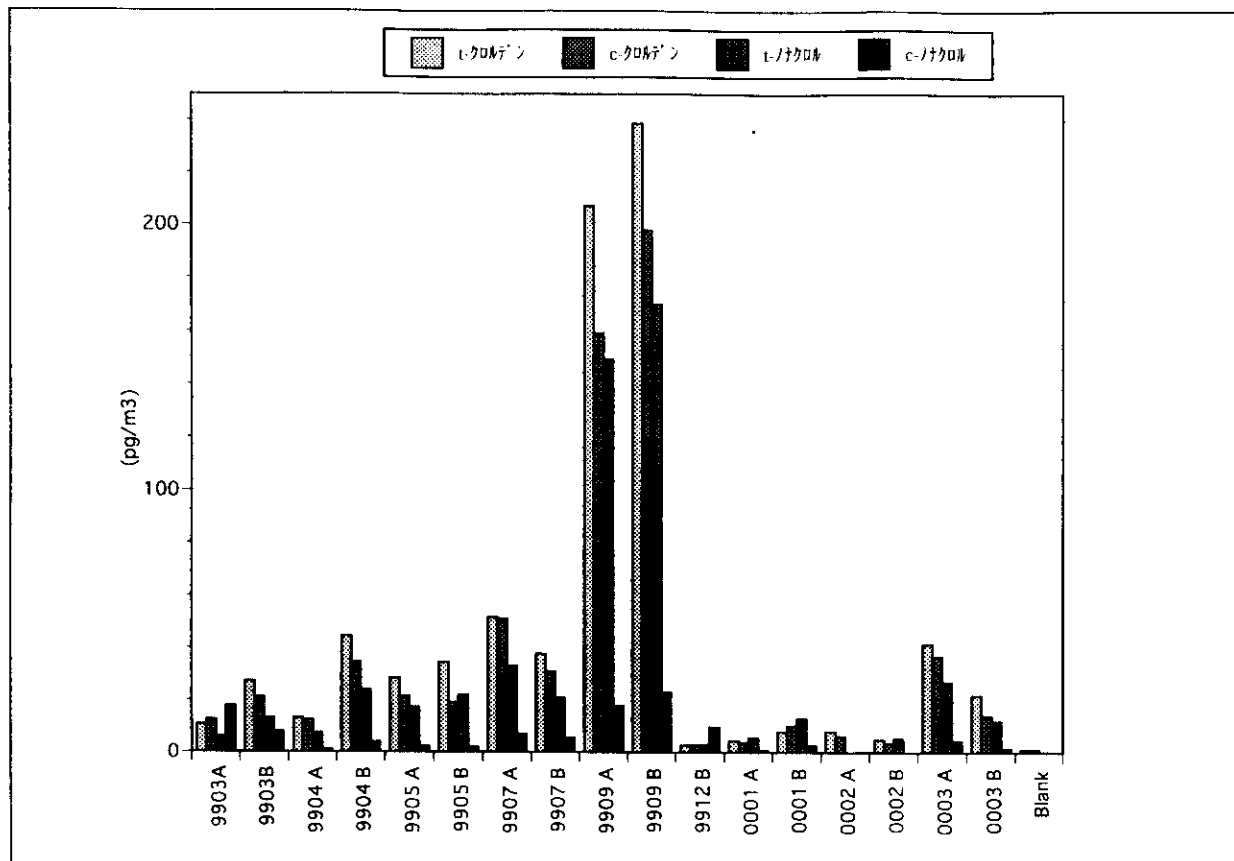


図15 大気中のクロロデン、ノナクロルの観測結果

大気側で特徴的な点は、海水中では一般的に検出限界前後かそれ以下の場合が多かったクロロデンおよびノナクロルである。特に1999年9月の観測時には、c-ノナクロル以外は、200pg/m³前後と高濃度を示した。

3. 2 考察

3.2.1 捕集システム

本研究において開発した連続捕集システムはほぼ順調に稼働したが、今後広範の観測に用いるためには若干の修正が必要と思われる。流量の制御は自動制御を試みたが、概ね設定通りに制御が行えたもののカラム内のつまりなどで極端に流量が落ちた場合には制御不能となるケースがまれにみられた。また、この際ポンプがオーバーヒートによって停止するケースがあったので、こうした場合に備えて、ポンプ系を2系統用意し交互に運転するなどの対策も必要とされる。さらに、流量が十分に取れない理由の一つにカラムへのポリウレタンフォームの充填に問題がある可能性もあり、ポリウレタンフォームのサイズを含めた充填方法などを考慮すべきと思われる。

3.2.2 海水中および洋上大気中の有害化学物質

各観測時の気象状況をみると、観測開始当初の1998年冬は瀬戸内海地方は比較的温暖であり、観測時も概ね暖かく降雨もほとんどなかった。したがって、各観測時が特異的な変動パターンを示すことがなかったことはこうした気象要因からも裏付けられる。しかし、1999年1月の大阪湾の高濃度は、サンプリング前日に大阪地方で降雨が観測されて

おり、これにより湾内の海水が攪拌されていたものと考えられることと、停船直前まで捕集を続けたために、底泥の巻き上げや河川からの流入によるものと推察できる。

1999年9月以降とそれ以前では β -HCHの観測結果には、図16に示すように大きな差異が認められる。まず、1999年9月の観測時には大阪湾から燧灘にかけてHCHの各異性体が高濃度を示している。さらに、若干間が空いたがそれ以降の2000年1月、2月、3月の各観測とも β -HCHがそれ以前と比較して高濃度であること。大気中のHCH濃度は、1999年9月と2000年3月が高いことが特徴的である。

1999年度の気象を見てみると特徴的なのは台風の当たり年で、発生個数も多く、特に9月は16、18号と相次いで上陸し、17号も九州をかすめた。9月の観測は、この台風18号の通過直後に実施しており、この影響が大きかったものと考えられる。図14、15に示すように大気中の α および γ -HCHが比較的高濃度になっていること、およびクロルデン、ノナクロル類が他の捕集期間と比較してきわめて高濃度になっていることから、残暑が厳しかった上に度重なる台風の影響で、他地域からの移流も含めて大気からの負荷が多くなったことを示唆している。

海水中の α -HCH、 ϵ -クロルデン、 ϵ -ノナクロルの全観測データを見てみると（図17～19参照）、 α -HCHは1999年9月は比較的高濃度ではあるが特異的に高くなっているわけではない。しかしながら、 ϵ -クロルデン、 ϵ -ノナクロルは明らかに1999年9月に特異的な高濃度を示している。1999年9月は複数の台風が日本を襲ったことが大気中の高濃度の原因であり、また海水中の高濃度の原因でもあることを明確に示している。一方、2000年3月にも9月ほどではないが、大気中の濃度が上がっているにもかかわらず、海水中にはどちらも明確な変化は見せていない。これは、大気-海洋間の交換にはある程度の時間を要する

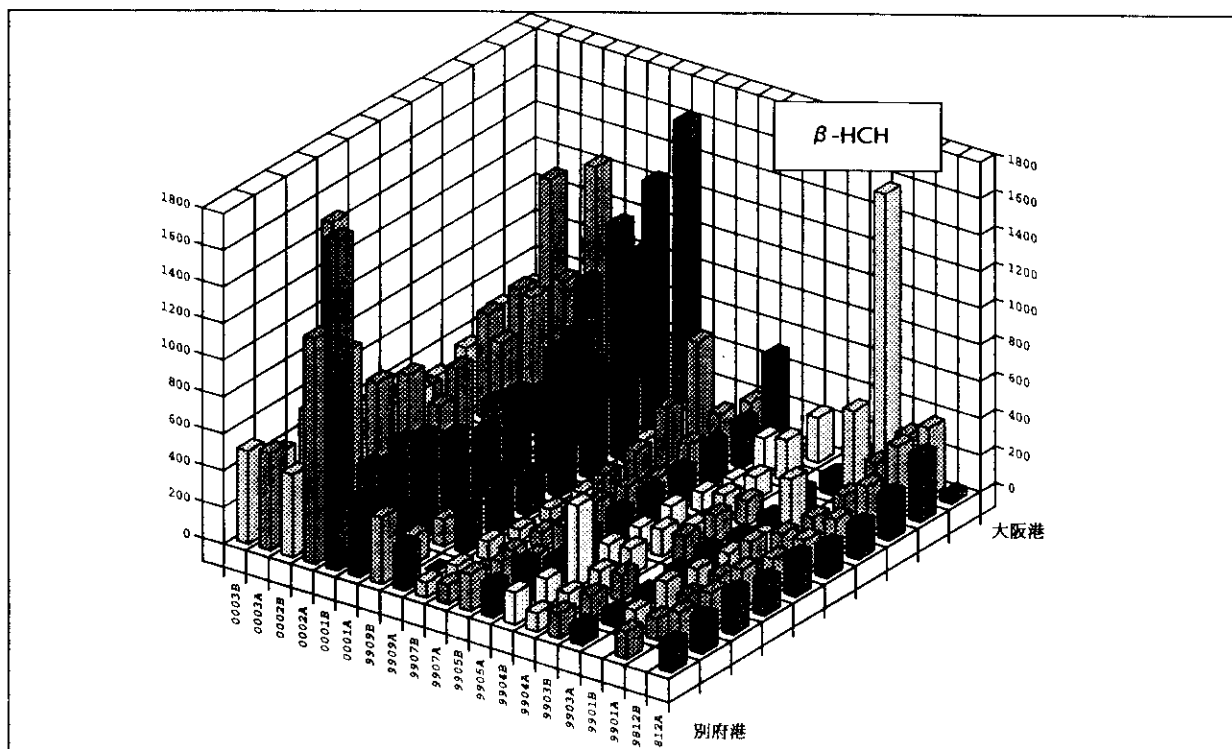


図16 β -HCHの全観測データ一覧

大阪港から別府港間のデータをサンプリング番号順に表示しているため、往路と復路で若干サンプリング地点が異なる。年月の後のAは往路を、Bは復路を示す。(以下同じ)

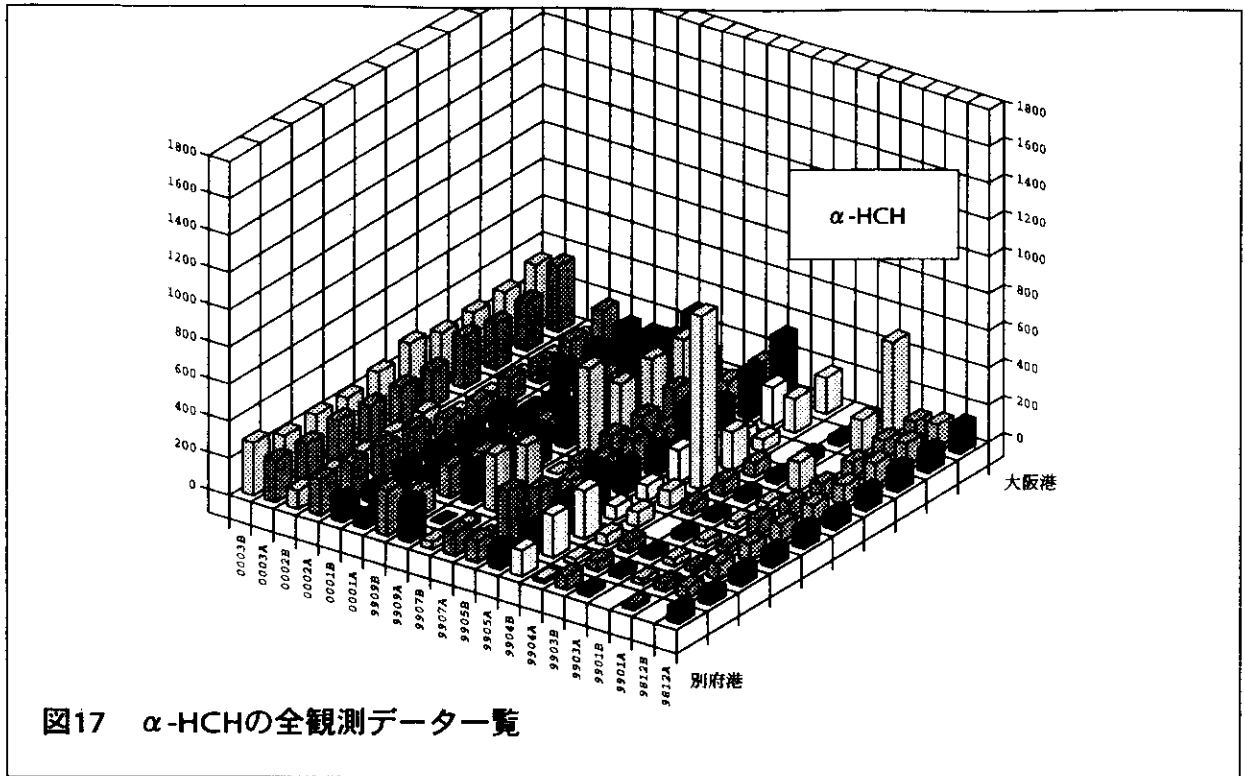


図17 α-HCHの全観測データ一覧

か、風速などの海洋気象上の条件が必要かと思われる。これは、2000年3月における復路での大気中のα-HCH濃度が高濃度を示しているにもかかわらず、海水中の同異性体濃度は大きな変動を示していないことから示唆される。

大気中のα-HCHと海水中のα-HCHの平均値との相関を図20に示す。観測点数が少ないこと、大気-海水間の交換がどの程度の時間で平衡に達するかなどの不明な点もあり、同一観測時のデータを直接比較することには若干の無理があるかとも思われる。相関係数rは、0.69であり、大気中の濃度と海水中の濃度とは関係していると思われるが、より詳細な解析には時間的な遅れなどを考慮すべきであろう。

一方、β-HCHは、通常大気中にはほとんど観測されない程度であるが、1999年9月および2000年3月には検出限

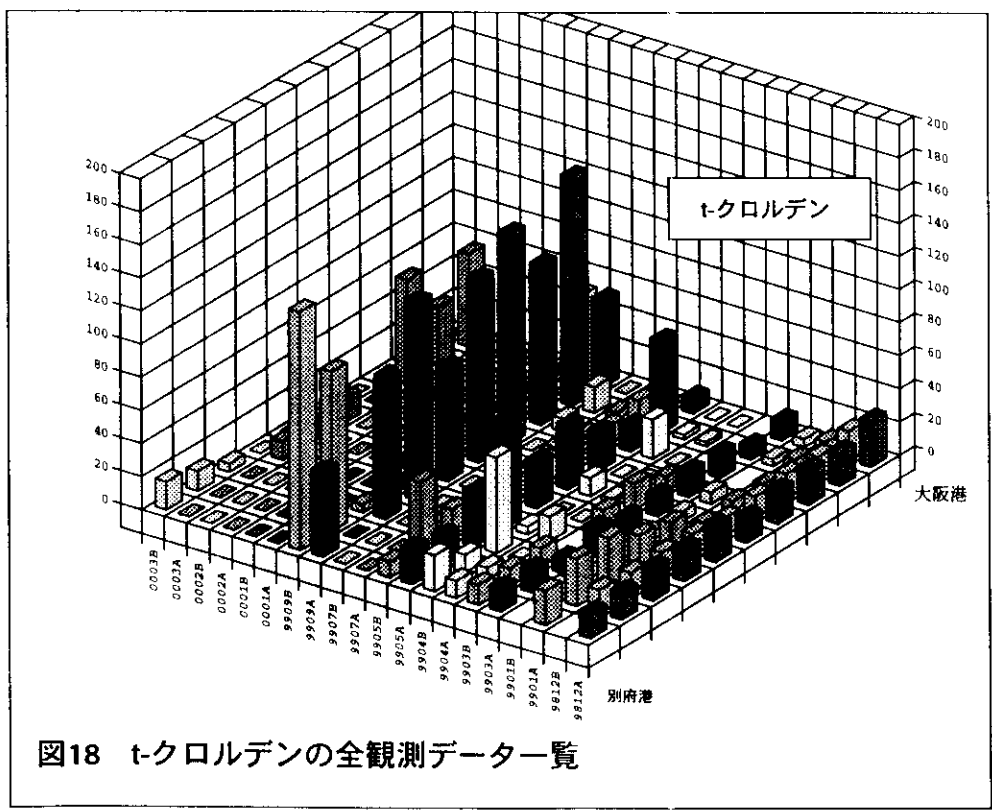


図18 t-クロルデンの全観測データ一覧

界を大きく超える濃度が観測されていることから、大気経由も考慮する必要があるだろう。しかしながら、2000年1月、2月は大気中にほとんど観測されないにも係わらず、海水中では高濃度が維持されていることから、底泥中に蓄積されていた β -HCHの回帰（再溶出）が

主な起源と考えるのが妥当であろう。また、この高濃度が2000年3月まで継続しているように判断できることから、少なくとも数ヶ月のオーダーで底泥などへの再沈降・沈着していないものと考えられる。

2000年3月には、大気中の α および γ -HCHが高濃度を示し、クロルデン、ノナクロルもそれ以前の12月、1月、2月の濃度と明らかな差異を見せている。この時期は、例年西日本も中心に黄砂が観測される時期であるが、観測前日の26日に九州各県で黄砂が観測されており、この影響であると考えられる。1999年3月は、このような傾向を捉えて

いないが、これは観測が3月1～3日と明確な黄砂が観測される以前だったと考えられる。気象情報を見るとこの観測の後に黄砂が観測されている。

これらの結果を総合すると、海水中への β -HCHの起源は主として底泥であり、底泥中に蓄積されているものが、台風などにより底泥まで大きく攪乱されることにより海水中に回帰してくると考えられる。一旦海水中に負荷された β -HCHは比較的長期間滞留し、長時間に渡って高濃度が維持される。台風時や黄砂時などに、大気中において β -HCHが高くなることがあるが、量的には α や γ 異性体に比較して少ない。

一方、 α -HCH、 γ -HCH、クロルデン類、ノナクロル類の起源は、主として大気経由と

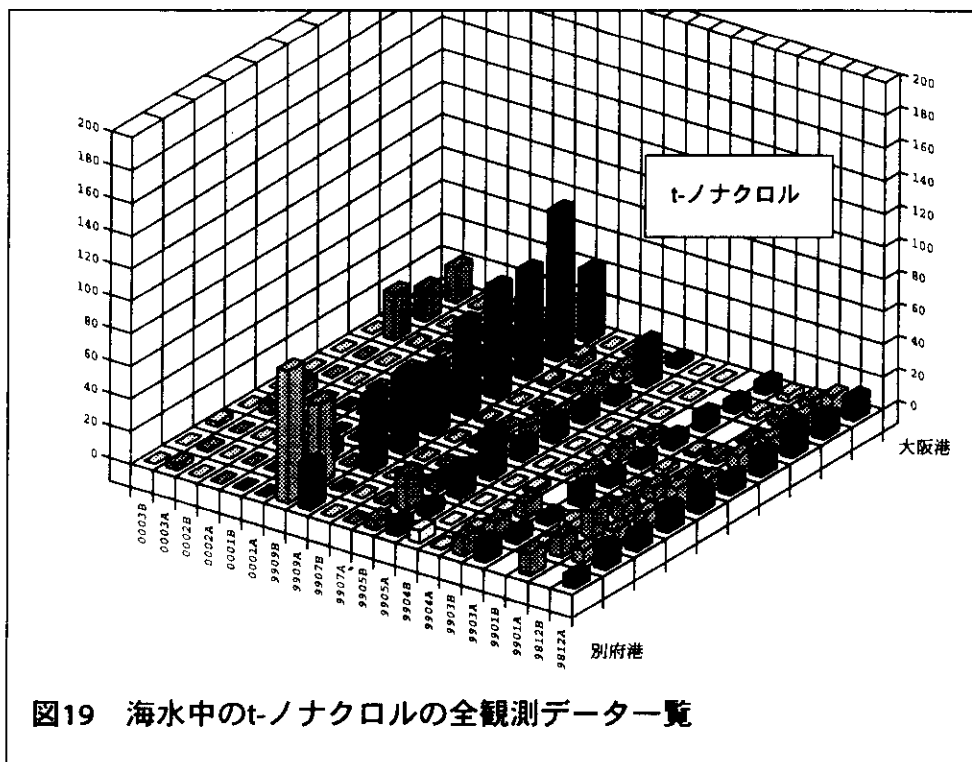


図19 海水中のt-ノナクロルの全観測データ一覧

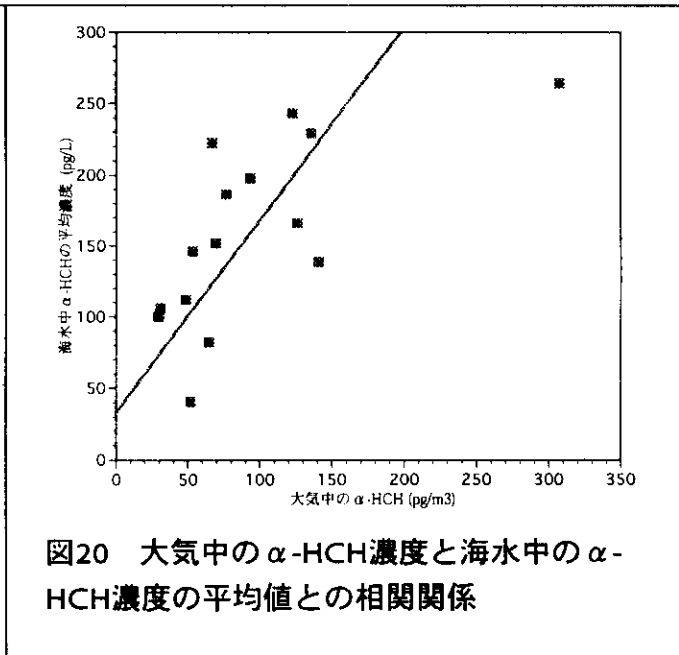


図20 大気中の α -HCH濃度と海水中の α -HCH濃度の平均値との相関関係

考えられる。特に、 γ -HCH、クロルデン類、ノナクロル類は、大気中の濃度が高濃度の時に海水中の濃度も高濃度になることが多い。ただし、大気中の高濃度と海水中の高濃度とピークに達する時間がずれがあるものと考えられる。これは大気-海洋交換速度に依存するためであるが、今回の観測で検出可能な短期変動は1~2日程度であり、この点に関して十分な情報は得られなかった。2000年3月の復路の大気側で α -HCHおよび γ -HCHの高濃度が観測されているが、この高濃度は海水側では見られないことから、少なくとも平衡には1日以上必要と予想される。1999年9月の観測時には、大気、海洋共に高濃度が観測されているが、これは9月に複数の台風がこの周辺を襲っており、また直前まで台風が来ていたこともあり、大気-海洋間の交換が十分に行われた結果であると考えられる。 α -HCHを含むこれらの有害化学物質の海水中的での滞留時間は短いものと考えられる。これは、海水中で高濃度が出現しても持続する傾向が明らかには見られず、 α -HCHの動態は、これらと似た傾向にあるがより複雑のように思われる。時折、特異的な高濃度（例えば1999年4月）が観測されるが、現在のところこの原因は把握できていない。

4. まとめ

1998年度から1999年度に実施したフェリー「さんふらわあ あいぼり」搭載した有害化学物質濃縮捕集システムを用いたこれらの観測結果をまとめると、今回の研究で対象とした有害化学物質の内、 β -HCHの起源は瀬戸内海底泥に蓄積されているものの回帰によるものがほとんどであり、一部河川あるいは大気経由（主として浮遊粒子状物質に沈着しているものと考えられる）である。一方、他の α -HCH、 γ -HCH、クロルデン類、ノナクロル類は、主として大気経由であり、湿性降水物として周辺に降った雨による河川経由のものがこれに加わっている。

したがって、これら3種類の農薬を異性体を含めて観測することにより、その海域における汚染状況をその起源を含め詳細に解析することが可能である。

1995~1997年度のフェリー「くろしお」および本研究におけるフェリー「さんふらわあ あいぼり」の結果を総合すると、本汎用型濃縮捕集システムにより、HCH類の異性体を中心とする有害化学物質の観測を行うことにより、その海域の汚染構造および動態解明に大きな役割を果たすことが明らかとなった。

5. 参考文献

- 1) H. Iwata, S. Tanabe, N. Sakai, and R. Tatsukawa(1993), Environ. Sci. Technol., 27, 1080-1098.
- 2) H. Iwata, S. Tanabe, N. Sakai, A. Nishimura, and R. Tatsukawa(1994), Environmental Pollution, 85, 15-33.
- 3) 田辺信介(1995)、沿岸海洋研究ノート、32、137-144.
- 4) 前田 勝(1995)、沿岸海洋研究ノート、32、147-161.
- 5) 松村 徹、伊藤裕泰、山本貴士、森田昌敏(1993)、環境化学、3、683-697.
- 6) C. Lee and S.G. Wakeham(1992), Marine Chemistry, 36, 95-118.
- 7) K. Kawamura, and K. Ikushima(1993), Environ. Sci. Technol., 27, 2227-2235.
- 8) S. Remesh, S. Tanabe and R. Tatsukawa(1990), Report for a Grant-in-Aid from the International Scientific Research Program(1987-1990) of the Ministry of Education, Science and Culture of

Japan.

9) 馬部芳郎、藤本文一(1990)、尼崎市衛生研究所報、17、62-65.

研究成果の発表状況

(1) 口頭発表

- 1) 功刀正行、原島 省、藤森一男、中野 武(1998)：定期フェリーを用いた海水中有害化学物質の高密度観測(IV)、第59回分析化学討論会
- 2) 藤森一男、松村千里、中野 武、功刀正行、原島 省(1999)：環境試料中の有機塩素系農薬類の濃度、第8回環境化学会
- 3) 功刀正行、原島 省、藤森一男、中野 武(1999)：定期フェリーを用いた海水中有害化学物質の高密度観測(VI)、日本分析化学会第48年会
- 4) 功刀正行(2000)：海の働きと海洋汚染、第5回環境テクノス研究会

(2) 論文発表

- 1) 功刀正行(1999)：海の限界、水谷 広編地球の限界（日科技連出版社）、117-128.
- 2) 功刀正行（印刷中）：海洋観測計測、計測制御学会編計測工学ハンドブック（朝倉書店）。