

## クロルデンと環境汚染 (1) —— 分析法と環境汚染の実態 ——

公害室 大城善昇

### まえがき

有機塩素系殺虫剤の毒性が問題化し、その多くが製造、使用禁止されてから十余年が経過したが、現在でも県下の環境中に残留し、その量はようやく減少の傾向を示して来つつある。その中であって人畜に対して比較的<sup>1)</sup>に低毒性で残効性があるということで、シロアリ等の駆除予防剤として使用が認められている塩素剤にクロルデンがある。(表-1)

表-1

Composition of Technical Chlordane as Supplied to the Environmental Protection Agency by the U.S. Manufacturer (30)

Component	Wt % total mixture
$\alpha$ -Chlordane (cis)	19 $\pm$ 3
$\gamma$ -Chlordane (trans)	24 $\pm$ 2
Heptachlor	ca. 7
<i>trans</i> -Nonachlor	7 $\pm$ 3
"Isomer 2-Chlordene"	7.5 $\pm$ 2
$\alpha$ -Chlordene	ca. 3
$\beta$ -Chlordene	ca. 4
$\gamma$ -Chlordene	ca. 9
Chlordene	1 $\pm$ 1
Related compounds (including <i>cis</i> -nonachlor and compound "K")	19.5

著者は環境試料中のPCBを他の塩素剤を分解除去して定量する公定分析法としてアルカリ分解法<sup>1)</sup>を採用しているが、県下の住宅密集地域を流れる河川の水質と底質、米軍基地等からの排水中にPCBの低塩素化合物 (KC-300、KC-400体) とほぼ同じ位置に類似

のパターンのガスクロマトグラムを持つ物質が、カラムクロマトによるクリーンアップ操作でも除去されずにPCBフラクションに混入して来る事例に遭遇し、これが県下でシロアリ駆除剤として広範囲に、しかも大量に使用されているクロルデン剤に由来するものであることを確認した。

クロルデンは工業製品が<sup>2,4)</sup>26~45の多数の成分からなっていると言われ、その定量法も複雑である。殊に環境に放出されたものは、PCBのように安定性はないが、複雑な分解<sup>6)</sup>を伴いながら比較的長期間環境中に残留<sup>6)</sup>するためにその定量法も統一的なものがないのが実情である。Cochrane等<sup>3)</sup>は8種のカラムを用いて4つの方法でガスクロマトグラフで定量を検討した結果OV-1、SE-30カラムを用いたクロルデン成分の全ピーク面積法が良いと推しようしている。Holdrinet<sup>5)</sup>はPCBやDDT剤の混在する試料中の $\alpha$ -Chlordane、 $\gamma$ -Chlordane及びMirex (殺虫剤、別名Dechlorane) の確認に濃硫酸と発煙硝酸による硝化法で妨害物を除去する方法を用いているが、回収率は80~95%である。

著者は、1) 県下の環境でKC-300体で汚染されている地域は故紙を原料としてチリ紙を製造している事業所のあるごく狭い2地域であること、2) 汚染のひどい底質等はカラムによるクリーンアップ操作だけでは妨害物質は除去できないこと、3) PCBと同時に測定が出来れば省力的、経済的であること、等の理由からPCBの公定検査法でクロルデン

も同時に定量できないかと検討した結果、ほぼ満足できる成績を得た。またその方法を用いて実際の試料を県下のほぼ全域について測定したところ、広範囲にしかも相当な量のクロルデンが環境中に蓄積されていることが判ったので報告する。

## 実験の部

### 1. 試薬

- 1) エチルアルコール 残留農薬用
- 2) ヘキサン 残留農薬用
- 3) 無水 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  残留農薬用
- 4) 水酸ナトリウム 試薬特級
- 5) ワコーゲルS-1 和光純薬製、130℃、一晚加熱して使用。
- 6) Kieselgel-60 Merck製(0.063~0.200mm)を360℃で一晚加熱し、冷後ゲル100gに対し水3mlを加えてかき混ぜて2時間以上密栓放置して活性を落としたものを使用。<sup>7)</sup>

### 2. 装置

- 1) アルカリ分解装置 250 ml 容の共通攪合せ平底フラスコに300mm長の球付冷却器をつけ、柴田製のソックスレー抽出装置用の6本掛電熱式加熱装置を使用。
- 2) KD濃縮器 クデルナ・ダニッシュ濃縮装置
- 3) ガスクロマトグラフと条件 島津製、 $(^{63}\text{Ni})$  検出器付 4 CM型  
Col. OV-1、2% Gas Chrom Q  
60/80 3φ×2,000 mmガラスカラム  
Col.T 210℃  
Det.T 270℃  
Carrier.G  $\text{N}_2$  40ml/min

### 3. 標準品

- 1) クロルデン標準品 SUPELCO, Inc

製(BELLEFONTE PA 16823)04—9010 Lot no 231-26 Chlordane 1 g/ml in  $\text{CHCl}_3$  ガスクロ工業販売

- 2) クロルデン標準原液 標準品100μlをマイクロシリンジでとり、ヘキサンで100mlとしたものを1,000ppmの標準原液とする。
- 3) 定量用クロルデン標準液 前掲の標準原液をヘキサンで10倍希釈した100 ppm溶液1mlをとり、5の操作に従ってアルカリ分解、クリーンアップしたのち10 ppm、1 ppm溶液を調製する。

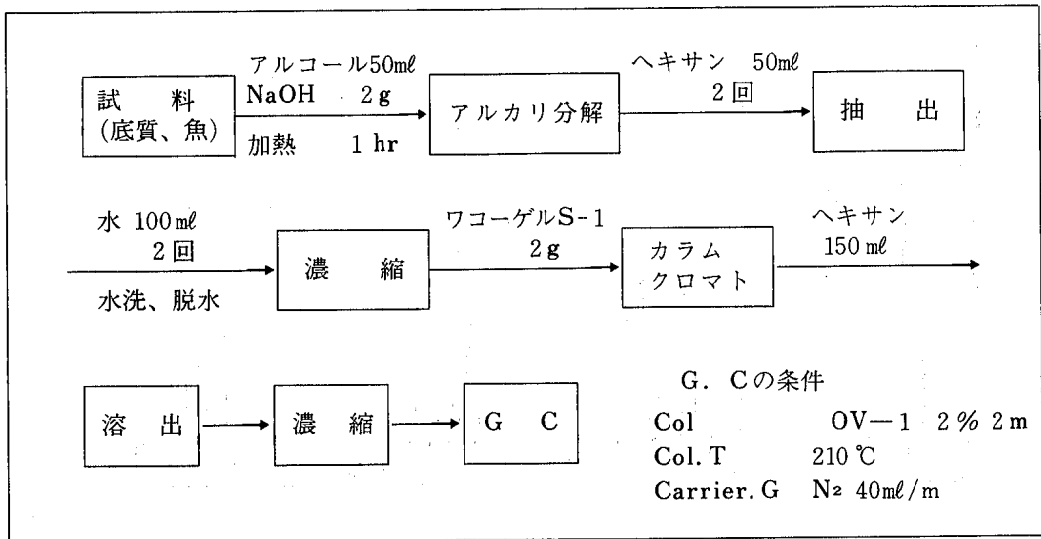
### 4. 試料の前処理

水質試料は3lを5l容の分液ロートにとり、ヘキサン100mlを加えて200rpmで3分間抽出を行う。この操作を2回行ってヘキサン分を合し、水100mlで1~2回水洗後無水 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ で脱水する。次にK、D濃縮器で濃縮してアルカリ分解用の試料とする。底質試料は底質調査法<sup>12)</sup>に従って前処理した湿泥20g、魚肉試料は有姿のまま20gをとる。

### 5. 操作(図-1)

- 1) アルカリ分解  
250 ml 容の平底フラスコに試料をとり(水質試料からのヘキサン濃縮液はフラスコに移し入れてからロータリーエバポレーターで1ml以下まで濃縮する)、アルコール50mlと水酸化ナトリウム2gを加え、アルカリ分解装置上で正確に1時間加熱還流を行う。直ちに60℃程度まで冷却してヘキサン50mlを加えて振り混ぜて300 ml 容の分液ロートにアルコール10mlで移し入れる(底質試料等で必要があればガラス繊維で濾過して移し入れる)。次に水30mlを加え200rpmで4分間振とう抽出してヘキサン層を分取したのち、ヘキサン50mlを加えて再度抽出を行う。ヘキサン層を合して水100mlで2回水洗したのち $\text{Na}_2\text{SO}_4$ で脱

図一 クロルデンの分析フローチャート



水して5mlまで濃縮する。

2) クリーンアップ

10φ×300mmのクロマト管にワコーゲルS-I 2g (又はKieselgel-60 4.5g)をヘキサンに懸濁したものをつめ、その上に無水Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1gをつめる。このカラムにアルカリ分解した濃縮液を注ぎヘキサン150ml (Kieselgel-60の場合は100mlで可)を用いて溶出し、溶出液をK、D濃縮器で濃縮して定容とし、ECDガス chromatogram グラフを用いて6個のピーク高読取法で定量する。

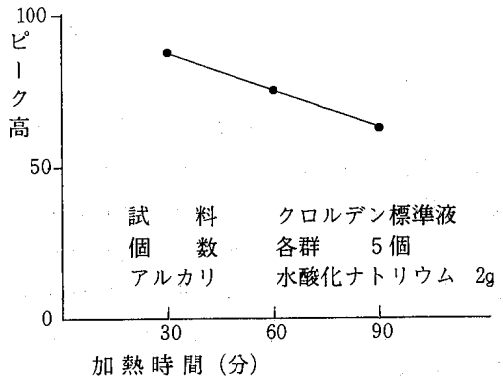
結果と考察

1. アルカリ分解時間

クロルデンはアルカリ濃度と加熱時間の増大につれてそのピーク高が減少する。特にアルカリ濃度の影響が大きいように思われる。本法はPCBと同時に測定を目的としているので、加熱時間の影響を調べたところ図一2のごとく一定比率でピーク高の減少が見られた。クロルデンとアルカリ分解クロルデンのクロマトグラムは図一3の如く変化する。

Cochrane<sup>2)</sup>等によればクロルデンの8番ピークがα-Chlordaneであるので、この成分が

図一2 分解時間とピーク高

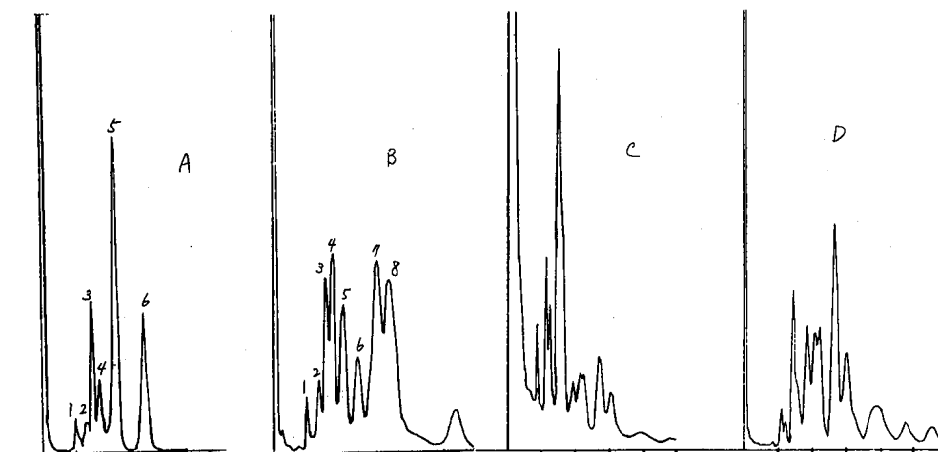


アルカリ分解によって顕著に減少し、分解クロルデンではヘプタクロル体と思料される5番ピークが増大する。

2. クリーンアップ操作と回収率

クロルデンはPCBよりもシリカゲル等の吸着剤に対して親和力が大きく、S-I 2gに対しPCBの100%溶出に要するヘキサン量は60~80mlであるのに対しクロルデンも分解クロルデンも90%溶出に150mlのヘキサンを要する。Kieselgel-60では80~100mlで90%に達する。また農薬等の溶出に使用される

図-3 2% OV-1 カラムによるガスクロマトグラム



A : アルカリ分解クロルデン S-1 カラム処理  
 B : 標準クロルデン  
 C : 標準PCB KC-300  
 D : 標準PCB KC-400

25%エーテルヘキサンを用いても92~93%位しか得られない反面ディルドリンや他の妨害物質の溶出を伴うため、ガスクロマトグラムのベースラインの上昇を招いて定量を妨害するので好ましくなくヘキサン単独溶剤を使用した。本法において回収率に影響する大きな要素は吸着剤からの溶出であるので、吸着剤のロット差、活性化の条件差を補正するためにその都度定量用クロルデンの標準液を調製する必要があると考える。

### 3. 本法の再現性について

この試験法はアルカリ濃度と加熱時間によるピーク高の減少、クリーンアップ操作による溶出率の問題等測定上の再現性に対し不安定要素が多いように思われる。そこで環境試料中で最もサンプリングにおけるバラッキの大きい河川底質を実験材料に選んで測定値のバラッキを調べた。某河川底質(砂状)を常法に従って前処理し、水分含量4.7%まで風乾

したのち20メッシュのフルイを通過した分を試料とし、1群5個の3群について測定した結果、群間に少差はあるものの14個の変動係数が1.43%の高精度で充分満足できる成績である。(C群の1個は容器破損で欠測)(表-2)。

表-2 本法の再現性

群	個数	データ (ピーク高)	平均 $\bar{x}$	標準偏差 $\sigma_{n-1}$	変動係数 CV %
A	5	136.0 137.2 134.9 135.5 134.7	135.7	1.001	0.74
B	5	136.1 136.1 136.7 133.5 138.3	136.1	1.728	1.27
C	4	130.6 133.0 134.1 134.7	133.1	1.809	1.36
計	14		135.1	1.937	1.43

(試料：水分4.7%、粒度20メッシュの河川底質)

### 4. PCBとの分離定量

アルカリ分解クロルデンとPCBのクロマ

トグラム (図-3) はKC-( $\frac{300}{400}$ )体のピーク群において大部分重なり合う。それでOV-17、OV-17+OV-210、DC-550、DEGS-H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>カラムで分離を試みたが満足できる結果は得られなかった。両者が混ざり合う試料からクロルデンを定量するには、KC-( $\frac{300}{400}$ )体の影響の少ない分解クロルデンの5番ピークから推算する方法とHoldrinetの方法によってアルカリ分解をせずに $\alpha$ -Chlordane、 $\alpha$ -Chlordaneを定量し、クロルデン製品における両者の占める割合は約43% (表-1)であることを利用して換算する方法が考えられる。

## 5. 環境試料の測定結果

### 1) 水質について (別表-1、2)

クロルデンは他の有機塩素剤と同様に水

に対する溶解性は極めて小さく、9  $\mu\text{g}/\ell$  (9 ppb<sup>8)</sup>)とされている。実際に使用される製剤は乳剤が主体であるために、水中では一時的に高濃度を維持していても、河川や海域で無限に希釈されて乳化がこわれ、速やかに底質や藻類等に濃縮されると言われている。著者も同一地点を年2回検査した値が全く違っていて、底質の値との関連性がない例を多数経験した。昭和54年度中に検査した水質試料は74地点 (別図-1、2) で公共用水域49地点、米軍基地排水25地点である。クロルデンが検出された地点は23地点で、その平均濃度は両者とも0.09ppbであるが、検出率ははるかに後者の方が大きい (表-3)。

表-3 水、底質の検査結果 (クロルデン)

種 別	検査件数	検出件数	検出率	検出個所の平均	濃度範囲
			%	ppb	ppb
水質 (54年)					
公共用水域	49	6	12	0.09	0.03~0.26
基地排水域	25	17	68	0.09	0.01~0.44
底質 (53~54年)					
公共用水域	126	76	60	0.29	0.01~2.41
基地排水域	21	14	67	0.43	0.03~1.15

(底質は乾重量比で表示)

このことから米軍基地では民間地域よりも頻繁に、もしくは年間を通して使用されている可能性が推測される。

### 2) 底質について (別表-1、2)

昭和53年度と昭和54年度に検査した底質試料は延147地点 (別図-1、2) で公共用水域126地点、米軍基地排水域21地点である。検出率はいずれも60%台と高く、平均濃度では米軍基地排水域が0.43ppmと高い (表-3)。公共用水域については、那覇市内とその周辺地域の人口密集地域を流れる

久茂地川、安里川、安謝川、国場川、饒波川、報得川及び牧港川のほぼ全地点で検出されていてその値も高い。また沖縄市や米軍カデナ基地の排水が流入する比謝川でもほぼ全域で検出されている。その反面、本島北部のように人口密度の低い地域ではほとんど検出されず、検出されても低いレベルであるのが特徴的である。

### 3) 沿岸魚類について

昭和51年度から3年間、県環境保健部公害対策課が基地排水の影響調査として米軍

牧港補給基地（MSAと呼称、現在はキャンプ・キンザーと改称）の沿岸魚類中の重金属、PCB、残留農薬を調査した結果が<sup>10)</sup>県の環境白書に公表されている。それによるとドロクイからPCBが9ppmもの高い値が検出されていて、他の全魚種からも検出されている。この海域は終戦以来、米軍の補給基地として使用されたために、油類、農薬、重金属等で汚染されて問題化し、昭和48年から同49年にかけて沿岸底質の除去

作業がなされ<sup>11)</sup>、見違える程きれいになった海岸であるが、現在でも底質からPCBが検出される。著者は衛生化学室に冷凍保管されている昭和53年度に採取された同沿岸の魚肉試料の一部を譲り受け、クロルデン含量を測定した。魚種による差も大きいものの、対照地域の大浦湾（本島北部西海岸）から採取された魚に対しMSA地域は10～100倍の高値を示している（表—4）。

表—4 沿岸魚類中のクロルデン量（魚肉）

M S A 沿 岸				大 浦 湾		
種 類	採取年月日	ppm	種 類	採取年月日	ppm	
ボ ラ	53. 7. 26	1.35	ヒ メ ジ	54. 2. 21	0.01	
ク ロ サ ギ	53. 7. 5	1.14	ク ロ ハ ギ	〃	<0.01	
コ ト ヒ キ	〃	0.43	ニセカンランハギ	〃	〃	
ヒ ラ メ	〃	0.29	ク ロ メ ジ ナ	〃	〃	
シモフリフェキダイ	〃	0.23	フ エ フ キ ダ イ	〃	〃	
ゴ マ ア イ ゴ	〃	0.21	ス ジ ブ ダ イ	〃	〃	
ア イ ゴ	〃	0.13	ア イ ゴ	〃	〃	
ワ タ リ ガ ニ	〃	0.02	イトヒキキントキ	〃	〃	

## 6. クロルデンの使用状況

県内で年間にどれ位のクロルデンが使用されているかその実数は把握できないが、県環境保健部薬務課の具志堅博一氏に依頼して調査した資料によれば、54年中に県内にある農薬製造業2社が小売店に販売した量、シロアリ防除業組合が独自に他県から仕入れて使用したクロルデン剤の量は表—5のとおりである。これによれば純クロルデン量として59トン余りという大きな数量になる。この数量は一時的な買だめがないものとすれば使用量と見做していいと考える。更に米軍基地内で使用されている量、組合に加入してない防除業者が直接他県から仕入れた量等を加算すると莫大な量のクロルデン剤が県内で使用されて

いると思われる。

## 7. クロルデンの健康影響と残留基準

クロルデンは前にも述べたように人畜に対し低毒性であるということも多くで国で使用され、他の有機塩素剤が使用禁止された現在我が国で最も多く使用されている塩素剤であろう。毒性の度合いも普通薬で、使用者も許認可を必要としないため、個人又は防除業者が行う行為に対しても法的規制がない。薬剤の販売を行う場合にのみ薬品販売業の許可が必要となるのみである。

当県においても1978年、糸満市内で個人がシロアリ駆除のため薬剤を容器に入れ、水道蛇口からホースで直接容器内に導いて薬剤の

表一五 沖縄県下におけるクロルデンの使用（販売）量 昭和54年中

商 品 名	濃 度 %	剤 型	用 途	使用量(L)	クロルデン量(kg)
ア リ サ ン ー C	7.2	乳 剤	土 壌	18,649	13,427
ア リ サ ン ー K	4.0	〃	〃	4,852	1,941
ア リ サ ン ー O	2	油 剤	木 工	2,880	58
タ ー マ イ ン	7.2	乳 剤	土 壌	49,136	35,378
タ ー マ イ ン ー O	2	油 剤	木 工	8,029	161
ア リ デ ン ー 7.5	5.7	乳 剤	土 壌	6,520	3,716
ド ル ト ッ プ	5.0	〃	〃	1,023	512
ド ル ガ ー ド	1.2	粒 剤	〃	140	17
ア リ ア ン チ	2	油 剤	木 工	1,380	28
ケ ミ ロ ッ ク G L	6.8	乳 剤	土 壌	4,068	2,766
ケ ミ ロ ッ ク	2.0	〃	〃	3,078	616
ポ リ イ ワ ニ ッ ト ー 30	6.3	〃	〃	774	488
〃 ー F	2.2	〃	〃	72	16
計				100,601	59,124

希釈作業をしたら、たまたま断水にかち合ったために薬剤が水道に逆流して上水道を汚染した事故が発生したが、幸にも発見が早く中毒者がなくてすんだ。同様な事故は1976年アメリカのテネシー州でも発生している<sup>13)</sup>。この事故では71人が影響を受け、内13人に吐き気、腹痛等の胃腸症状、めまい、頭痛、目がかすむ等の神経症状を伴った中等度の急性中毒症状を認めたと報告している。

このような薬剤の取扱い時における事故は、特定の人たちの認識不足と不注意によって起こるごくまれな出来事であるが、土壤に撒布されたクロルデンが雨水で流されたり、不心得な人たちが使い残りや容器の洗液を直接河川に流し、これが海域まで汚染され、最終的に魚類等に蓄積される。もう一つの径路としては下水道を径由して処理場に流入し、そこでへドロに濃縮され、それが農地還元されて農作物が二次的に汚染されるケースが考えられるが、クロルデンが脂溶性であることから、この径路はさほど心配ないと考える。

最も直接的な汚染径路として危惧される径

路は地下水を採取している上水道である。沖縄県は島全体が隆起サンゴ礁で出来ているため、住宅地域の地下を水脈が通っているような地域が多い。このような地域では土壤に撒布されたクロルデンがサンゴ礁の割れ目を通して地下水に流入し、地下水を取水している浄水場へ直接運ばれる可能性は大きいと考えなければならない。

1972年にFAOとWHOの合同残留農薬専門委員会はクロルデンの1日摂取許容量(ADI)を0.001mg/kgと定め、食品類における残留基準値を決めている<sup>14)</sup>。(表一六)それに基づいてMSA海域でクロルデンの最高値を示したボラを体重60kgの成人が常食するとして計算すると、ボラ肉45gで許容量に達することになる。

他方、環境におけるクロルデンの基準は我が国にはない。アメリカでは1975年頃からクロルデンとヘプタクロルを含有する製剤の使用を規制する動きが活発になり、米国環境保護庁(U. S. Environmental Protection Agency. EPAと略)は1978年に環境水質評価

表一 6 食品中におけるクロルデンの残留基準 (FAO/WHO、1972)

食 品 名	残留基準 (ppm)	備 考
パレイショ、さつまいも、かぶ、 ルタバガス、てんさい、はつかだ いこん	0.3	動植物食品中のシスおよびトラン ス体、動物食品中のオキシクロル デンの総計  a : practical residue limit.  無印 : tolerance
アスパラガス、子持キャベツ、キ ャベツ、ブロッコリー、セロリ、 カリフラワー、からしな、ほうれ んそう、ふだんそう、レタス	0.2	
カンタロープ、きゅうり、かぼち ゃ、西洋かぼちゃ、すいか、アー モンド、バナナ、いちじく、ベー ゼルナッツ、ばんじろう、とけい そうの実、パイアヤ、ペカン、ざ くろ、パイアップル、いちご、く るみ	0.1	
豆類、えんどう、なす、トマト、 菜類	0.02	
こしょう、ピメント	0.02	
小麦、ライ麦、からす麦、白米、 トウモロコシ、トップコーン、さ とうもろこし	0.05	
柑キツ、仁果及び核果類	0.02	
大豆及び亜麻仁油	0.5	
粗製綿実油	0.1	
食用綿実油	0.02	
食用大豆油	0.02	
乳及び乳製品 (脂肪分)	0.05 a	
獣肉、家畜の脂肪	0.05 a	
卵 (殻を除いたもの)	0.02 a	



15) 基準を次のように勧告している。

- ① 淡水生物の保護のための許容限界  
0.024ppb/24時間平均、但し0.35ppbをこえぬこと。
- ② 塩水系生物の保護のための許容限界  
0.0091ppb/24時間平均、但し0.18ppbをこえぬこと。
- ③ 人の健康保護のための水中の許容限界  
ゼロ

恐らくこれが世界で初めての環境基準だと思われるが、底質についてはふれてない。またクロルデンはマウスに対し発ガン性が証明<sup>16)</sup>されていて、EPAでもその実験を継続中だとのことである。いずれにしてもクロルデンはアメリカにおいては近々規制されることは間違いないと考えるが、我が国においては他県であまり使用されないのか、現在のところ報告例を発見できない状況である。

## 結 論

1. クロルデンの分析法は色々報告されているが、PCBや他の妨害物との分離が不十分なために底質分析等に満足に適用できない。アルカリ分解とカラムによるクリーンアップ操作を併用したPCBとの同時測定法は、回収率90%で再現性もよく、変動係数1.43%の高精度である。この方法は多数試料を処理するにはより少ない労力で経済的に行なえ、総クロルデンを測定して汚染の実態を把握するには充分満足できる方法と言える。しかしクロルデンの主要各成分の構成比や特定成分を定量する目的には採用できない。
2. 水質試料中のクロルデン含有量は、その性質からしてそう高い濃度で検出されたものはないが、公共用水域と基地排水を比較すると後者が検出率が高く、米軍基地内におけるクロルデンの使用度の高さが推測される。

3. 底質試料については米軍基地排水域の平均濃度は公共用水域よりも高く、後者においては人口密度の高い那覇市内とその周辺部の河川の汚染が際立って高い。
4. 魚肉試料については、2地域、16検体の測定であるために全県的な汚染の実態は今後の調査に待つことにしても、米軍基地排水の影響するMSA海岸の魚類の汚染が高いことは明白である。
5. 昭和54年中に県内で使用されたと見られるクロルデンは、純品に換算して59トンになるが、実態の判らない米軍基地内での使用量等を加えるとそれをはるかに上廻る量になることは確実である。
6. クロルデンの毒性については、マウスに対する発ガン性が証明されて以来、米国、カナダ、インド、スウェーデン等で調査研究がなされ、米国では使用規制等の措置がとられるのも間近と思われる。

我が国での調査研究の報告例は、著者が調べた範囲内では、1970年以降のものにはない。しかし当県におけるクロルデンの使用量と水、底質、魚類等の汚染状況は看過ごせないものがある。シロアリによってもたらされる経済的損失は決して少なくないが、だからと言ってクロルデンの乱用による環境の汚染と人間の健康への悪影響を法律や規則が及ばないとの理由で放置して良い筈はない。著者はこの問題を全県的な問題としてとらえ、行政が適正な指導と規制を講じ、環境破壊と健康影響調査、代替薬剤の開発等その防止策に積極的に取り組むことを希望する。

## 謝 辞

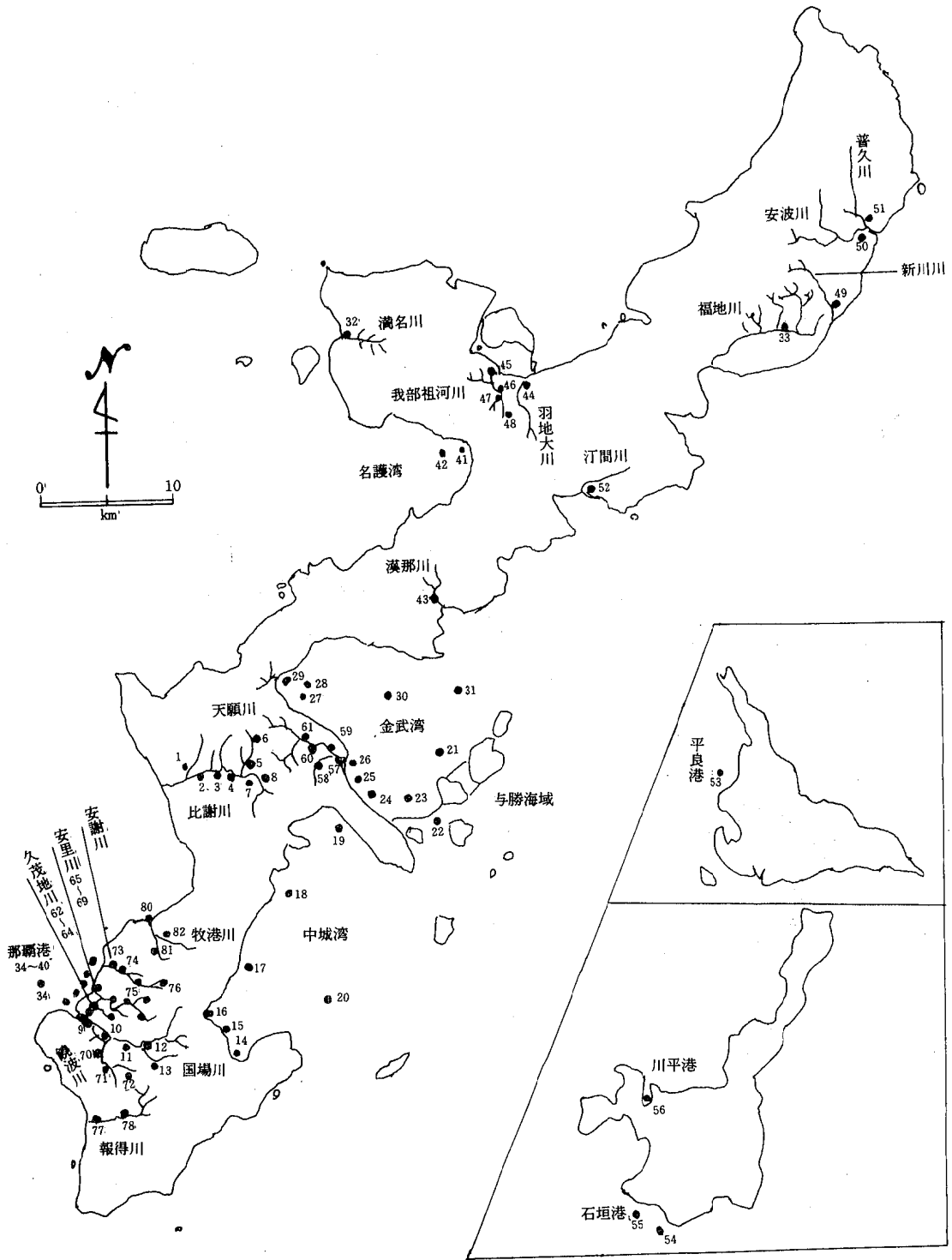
この調査研究のため、サンプリングに協力いただいた県公害対策課、クロルデンの使用状況を調査いただいた薬務課の具志堅博一氏、魚肉試料の提供をいただいた衛生化学室、全

面的に協力いただいた公害室の大山室長他室員各位に対し深く感謝します。

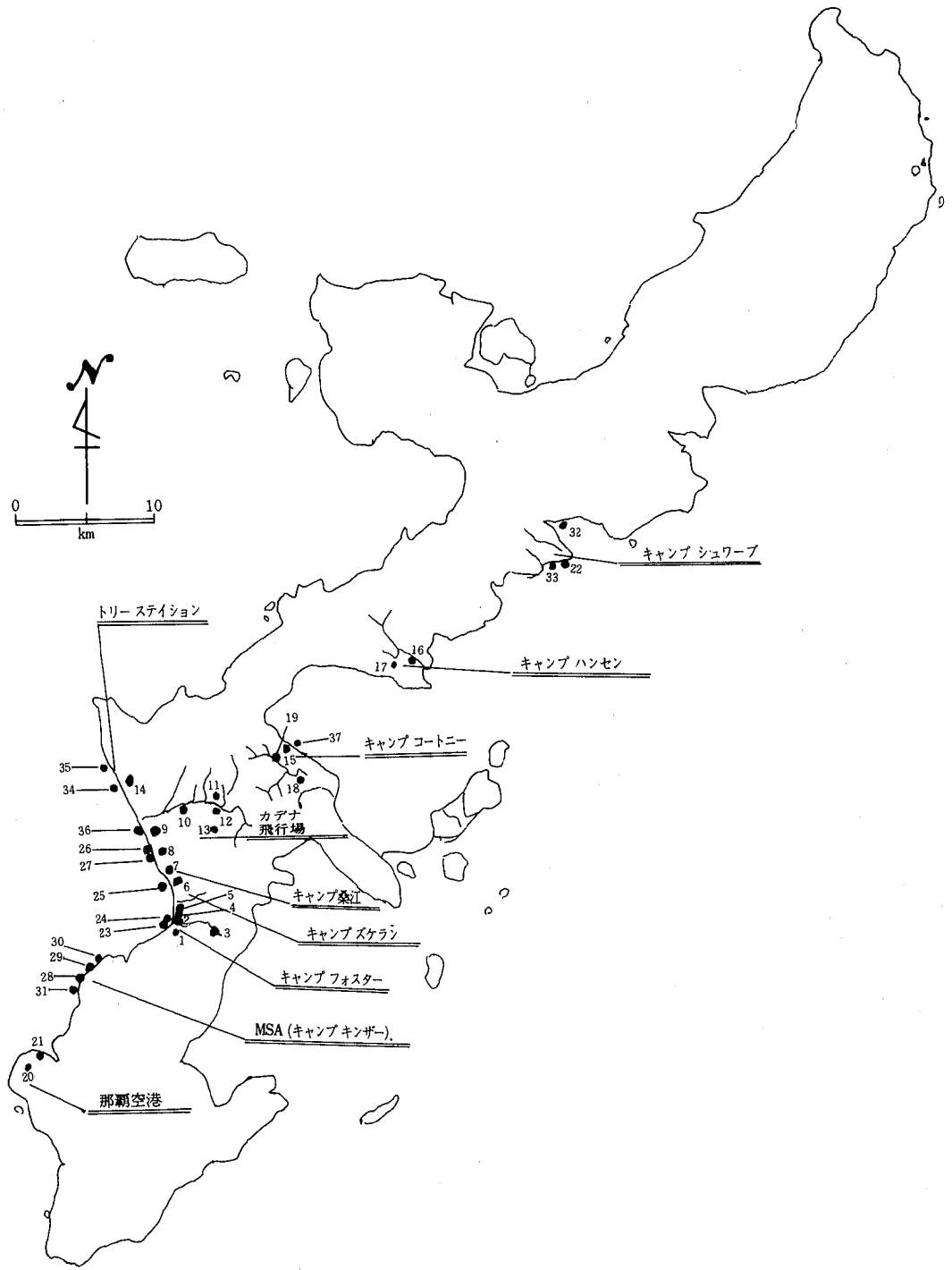
#### 参 考 文 献

- 1). 水質汚濁に係る環境基準について  
(昭46、12、28、環告59号)
- 2). COCHRANE et al, Chemical Composition of Technical Chlordane  
J of AOAC 59<sup>(3)</sup> 696-702 ('76)
- 3). COCHRANE et al, Gas-Liquid Chromatographic Determination of Technical Chlordane Residues in Food  
Crops: Interpretation of Analytical Data J of AOAC 58<sup>(5)</sup> 1051 ~1061 ('75)
- 4). SOVOCOL et al, Analysis of Technical Chlordane by Gas Chromatography/Mass Spectrometry Anal Chem. 49<sup>(6)</sup> 734 ~ 740 ('77)
- 5). HOLDRINET, Confirmation of Mirex and cis-and trans-Chlordane in the Presence of other Organo Chlorine Insecticides and Polychlorinated Biphenyls Bull. Environm. Contam. Toxicol. 21, 46 ~52 ('79)
- 6). OLOFFS et al, Persistence of Residues in Water and Sediment of a Fresh-Water Lake after Surface Application of Technical Chlordane J. Environ. Sci. Health B13(1) 47~58 ('78)
- 7). JANSSON et al, Chlorinated Terpenes and Chlordane Compounds Found in Fish, Guillemot and Seal from Swedish Waters. Chemosphere 8<sup>(4)</sup> 181~190 ('79)
- 8). Natn. Res. Couns. Canada Rept No 14094 ('74)
- 9). GLOOSCHENKO et al, Bioconcentration of Chlordane by the Green Alge Scenedesmus Quadricauda. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 21 515~520 ('79)
- 10). 沖縄県環境白書 51年版 282頁、53年版 372~373頁、54年版 386~387頁
- 11). 沖縄県公害衛生研究所報 第8号 45~71頁 (昭49)
- 12). 底質調査方法：(昭50.10.28. 環水管第120号)
- 13). HARRINGTON et al, Chlordane Contamination of a Municipal Water System Environ. Res. 15<sup>(1)</sup> 155~159 ('78)
- 14). 食品衛生研究 24<sup>(2)</sup> 107~123 ('74)
- 15). U. S. EPA. Ambient Water Quality Criteria; Chlordane PB Rept (USA) PB292425 70p ('78)
- 16). ESPTEIN, Carcinogenicity of Heptachlor and Chlordane. Sci. Total. Environ. 6<sup>(2)</sup> 103~154 ('76)

別図-1 公共用水域採取地点図



別図一 2 米軍基地排水採取地点図



別表—1 公共用水域の測定結果

⊕ 底質は乾重量比で表示  
N.D < 0.01 (水質、底質)

番号	水域名	採取 地点	試料		底質 (ppm)				備考
			項目	水質(ppb)	底質 (ppm)				
					クロルデン	PCB	クロルデン		
年度	54年	54年	53年	54年					
1	比謝川	長田川ポンプ場		N. D	N. D	0.03			
2		比謝川ポンプ場(B)	N. D	〃	0.03	0.02			
3		トニー橋(C)	〃		0.04				
4		ヨナバル川合流点(D)	0.03	N. D	0.75	0.06			
5		ヨナバル川下流		〃	0.13	0.04			
6		ヨナバル川上流		〃	0.05	N. D			
7		ふくち橋			0.55				
8		知花城跡下			0.11				
9	国場川	拓南製鉄前		1.07	0.86	0.76			
10		那覇大橋(C)	N. D	0.37	N. D	0.11			
11		真玉橋(E)	〃	N. D	0.03				
12		一日橋		〃	0.08	0.18			
13		琉糖前		〃	0.15	0.28			
14	中城湾	兼久地先	N. D		N. D				
15		当添海岸(A)	〃		〃				
16		与那原海岸	〃	N. D	〃	N. D			
17		湾内	〃	〃	〃	〃			
18		湾内(A)	〃	〃	〃	〃			
19		助加屋海岸	〃	〃	〃	〃			
20		湾内(B)	〃		〃				
21	与勝海域	埋立地西海岸(A)	〃						
22		浜比嘉島西海域			N. D				
23	金武湾	海中道路西海域			〃				
24		天願川河口沖			〃				
25		暁製紙前海岸		N. D	〃	N. D			
26		天願川河口(A)	N. D	0.02	0.03	0.12			
27		石川市下水終末処理場前海域			N. D				
28		石川ビーチ沖(A)	N. D		〃				

番号	水域名	採取地点	試料	底質 (ppm)				備考
			項目	クロロデン		クロロデン		
			年度	54年	54年	53年	54年	
29	金武湾	石川川河口			0.02			
30		湾中央部			N. D			
31		湾口中央(A)	N. D	N. D	〃	N. D		
32	満名川	渡久地橋(B)	〃	〃	0.06	0.06		
33	福地川	福地ダム中央		〃	0.04	N. D		
34	那覇港	那覇港沖(A)	0.06		N. D			
35		那覇港入口		0.11	0.05	0.03		
36		那覇下水処理場前 海			0.01	N. D	0.01	
37		那覇港内(A)	0.06	0.01	0.09			
38		那覇新港入口(A)	N. D	0.07		0.01		
39		泊港内(A)	〃	0.05	0.33			
40		安謝川河口沖			0.04	0.08	0.31	
41	名護湾	名護海岸(A)	N. D		0.05			
42		湾内(A)	〃	N. D	0.06	0.01		
43	漢那川	合流点(A)	〃	〃	N. D	N. D		
44	羽地大川	河口から300m	〃	〃	〃	〃		
45	我部祖河川	奈佐田川合流点から 上流100m	〃	〃	〃	0.02		
46		深田川合流点		〃	0.03	0.01		
47		同合流点から支川上 流100m			0.01			
48		石橋(A)	N. D	N. D	N. D	0.01		
49	新川川	下流の高江橋(A)	〃	〃	〃	N. D		
50	安波川	安波小中校後方(A)	〃	〃	〃	〃		
51	普久川	御拝橋(B)	〃	〃	〃	〃		
52	汀間川	嘉手苜橋から上流 200m (B)	〃	〃	〃	〃		
53	平良港	第3埠頭北端から北 へ300m (A)	〃	〃	0.14	0.01		
54	石垣港	新栄町地区南西端か ら西へ300m (A)	〃	〃	N. D	N. D		
55		石垣新川川河口	〃	〃	〃	〃		
56	川平港	湾奥	〃	〃	〃	〃		
57	天願川	河口(C)	〃	0.19	0.11	〃	PCB、KC-300体	

番号	水域名	採 取 地 点	試料	底質 (ppm)				備考
			項目	PCB		クロルデン		
			年度	クロルデン	54年	54年	53年	
58	天願川	合流点からヌーリ川100m		N. D				
59		昭和製紙前		0.04		0.42		
60		取水場		0.63		N. D		
61		合流点下流100m (B)	N. D	N. D		0.01		
62	久茂地川	泉崎橋(E)	〃	〃	0.47	0.02		
63		那覇外科前	0.03		2.41			
64		神原中学横	0.09	N. D	1.48	0.68		
65	安里川	中之橋		0.03	0.78	0.29		
66		蔡温橋下流200mの橋	N. D	N. D	0.44	1.38		
67		大道練兵橋		〃	0.73	0.26		
68		寒川橋			0.36			
69		儀保橋			0.20			
70	饒波川	石火矢橋	N. D	0.11	0.23			
71		高安橋	〃		0.41			
72		友寄橋	〃	N. D	N. D	0.02		
73	安謝川	安謝橋(E)	0.26	0.06	0.36	0.50		
74		内間橋			0.14			
75		末吉新橋		N. D	0.44	0.22		
76		昭和橋			0.64			
77	報得川	川尻橋		N. D	1.55	0.22		
78		水位計設置点	N. D	〃	0.03	0.04		
79		西原川合流点		〃		0.02		
80	牧港川	合流点	N. D	1.42		0.47		
81		水位計設置点	〃	N. D		0.07		
82		ボウリング場横	〃	〃		0.52		

別表一 2 米軍基地排水域の測定結果

⊕ 底質は乾重量比で表示  
N.D<0.01(水質・底質)

番号	試料採取地点	試料		底質 (ppm)				備考
		項目	測定年度	水質 (ppb)		底質 (ppm)		
				クロルデン	PCB	クロルデン		
		54年	54年	53年	54年			
1	キャンプフォスター排水(石川原川)	0.03						
2	普天間川下流(国道58号より200m上流)	0.06						
3	普天間川上流(国道330号下、基地境界)	0.31						
4	キャンプズケランビル1173号排水							
5	北谷発電所横の排水口	0.04						
6	キャンプ桑江、軍病院からの排水口	0.03						
7	キャンプ桑江排水口	N.D						
8	カテナ飛行場よりの排水口(大道川)	〃						
9	兼久へ流れる飛行場排水(国和舗道横)	0.03						
10	屋良へ流れる飛行場排水	0.07	0.02		0.1		淡水域	
11	キャンプシールズ酸化池からの排水	0.02						
12	クラサク川から比謝川への流入点	0.02						
13	クラサク川(第2ゲート近く)	0.09						
14	トリー通信施設排水	0.44						
15	キャンプコートニー排水	0.08						
16	キャンプハンセン排水(県道104号横)	0.01						
17	キャンプハンセンし尿処理施設排水	0.11						
18	キャンプマクトリアス排水	0.11						
19	陸軍貯油施設排水(具志川市)	0.03						
20	那覇空・海軍補助施設排水(下流)	N.D						
21	〃 〃 (上流)	〃						
22	キャンプシュワープ排水口	0.03						
23	石川原川下流の海域		N.D	0.5	0.1			
24	普天間川下流の海域			N.D				
25	軍病院前海域			〃				
26	砂辺埋立地中央部の海域			〃				
27	大道川河口海域			1.0				
28	MSA 海域 St 8/9	N.D	1.5	0.27	1.07			
29	MSA 海域 St 10	N.D	0.56	0.30	1.15			
30	〃 St 11	〃	0.08	0.12	0.39			
31	〃 ランバーヤード	〃	0.26	0.19	0.59			
32	久志支所前海域			N.D				
33	辺野古船着場(海域)			0.03				
34	トリースティション南側海域			N.D				
35	〃 北側海域			〃				
36	兼久・国和舗道前海岸		0.01		0.23			
37	キャンプコートニー海岸		N.D		N.D			