

CODEN : EKGSDX

愛媛県公害技術センター所報

第 4 号

昭和 57 年 12 月

Report of Ehime Prefectural Research
Center for Environmental Protection

No. 4, Dec. 1982



愛媛県公害技術センター



はじめに

社会経済活動の発展に伴い、大気汚染や水質の汚濁等が発生し巷間の問題となるに及んで、これらの問題と取り組み解決をはかるため公害技術センターの前身である公害研究所が発足してから、早いものでもう12年目の歳月を迎えました。

この間、年とともに職員の陣容強化と施設、機器の整備拡充により、時代に対応しうる技術力も強化され、東予地域の大气汚染監視システム、伊方原子力発電所周辺の環境放射線監視システムなど名実ともに愛媛の環境行政や原子力行政の技術的なバックボーンとして成長してきました。

幸にして、本県の生活環境保全対策は、東予地域における大気汚染や水質汚濁などの改善、さらには伊方発電所周辺における放射能汚染の未然防止など着実にその進展をみているところであります。

しかしながら環境保全対策については、今後においても、

○モータリゼーションや石炭燃料への転換に伴う大気汚染防止対策

○水質汚濁改善のための生活排水対策や富栄養化防止対策

○伊方原子力発電所の3号機増設に伴う環境対策

など数々の課題が山積しているので、センターとしても行政施策の技術的なバックアップが確保できるよう最新の技術や知識の導入に不断の努力を続けてまいる所存であります。

この報告書は、56年度にセンターが実施した環境や発生源の監視指導、或いは調査研究のなかから所報4号として、とりまとめおとどけすることとしたものです。従いまして卒直なご意見、ご批判と一層のご指導、ご助言を賜りますようお願いいたします。

昭和57年12月

愛媛県公害技術センター

所長 武田 十三男

目 次

はじめに

1. 雨水成分調査について (第1報)	1
2. 都市ごみ焼却場排ガス中の塩化水素の測定について	4
3. パイロットバルーンによる上層風観測について	7
4. 鹿野川湖の水質	11
5. 重信川流域における主要発生源実態調査	15
6. 重信川水系におけるステロールの分析	18
7. 低級脂肪酸の発生源実態調査	24
8. フォールアウト核種の時系列変動	28
9. 環境放射線のフィールドにおける比較測定	32
10. ベータ線スペクトロメータを用いた ストロンチウム-89, 90の定量	37

雨水成分調査について (第1報)

三谷 美嶺雄・岡田 文明*・影浦 久
渡辺 郁雄*

1. はじめに

昭和48年から51年にかけて、関東地方を中心に酸性雨(湿性大気汚染)による眼や皮膚の痛み等の人体被害が発生し、最近では各地において雨水成分調査が行われるようになった。

愛媛県では、現在まで酸性雨による被害の報告はないが、本県における雨水成分の実態を把握するため、秋雨期に県内3ヶ所で調査を実施したので、その結果を報告する。

2. 調査方法

2. 1. 調査地点及び調査期間

調査は次の3地点で行った。調査地点を図示したのが図1である。

- ① 新居浜市八雲町(愛媛県公害技術センター東予支所地上)
- ② 松山市三番町(愛媛県生活保健ビル屋上)
- ③ 北条市府中(民家地上)

調査期間は、昭和56年9月から10月までの2ヶ月間である。



図1 雨水調査地点

2. 2. 雨水の採取方法

雨水採水器を用い、降り始めの雨水2mmを1mmごとに採取した。この採水器は、ロート部がガラス製(直径35.5cm)で、降雨1mmごとに100mlづつ採取できる。

また、これとは別に、日降雨としてガラス製ロート(直径約30cm)を用い、原則として9時から翌日の9時までに降った雨水を24時間ごとに採取した。

2. 3. 調査項目及び分析方法

pH	: ガラス電極法
導電率	: 導電率計
硫酸イオン(SO ₄ ²⁻)	: 比濁法 ²⁾
硝酸イオン(NO ₃ ⁻)	: サリチル酸ナトリウム法 ³⁾
塩素イオン(Cl ⁻)	: チオシアン酸第二水銀法 ⁴⁾
アンモニウムイオン(NH ₄ ⁺)	: インドフェノール法 ⁵⁾
ホルムアルデヒド(HCHO)	: AHMT法 ⁶⁾

3. 調査結果及び考察

雨水成分測定結果を1mm目、2mm目及び日降雨ごとに地点別にとりまとめたものを表1に示す。

都市雨水のpHについては、これまで各地で測定されており、岐阜市、福井市、長野市、仙台市での平均pHは、それぞれ4.5前後であったと報告されている。

我々が行った結果は、平均pHが3地点とも5前後であり、地点別の差はほとんどなかったが、酸性側にかたよっていた。また、pH最低値は日降雨で新居浜3.6、松山3.7、北条4.0であり、3地点とも4.0以下であった。

なお、降り始め1mm目と日降雨のpHを比較してみると、3地点とも日降雨の方がやや低く、昭和49年~50年の京都府公害研究所での調査結果⁸⁾と同じような傾向がみられた。

pH値低下に影響を与えると考えられているSO₄²⁻とNO₃⁻の地点別平均濃度は、SO₄²⁻が1mm目で5.6~9.4μg/ml、日降雨で3.0未満~3.9μg/mlであり、NO₃⁻は1mm目で3.5~4.9μg/ml、日降雨で1.4~2.1μg/mlであった。いずれの濃度も1mm目の方が日降雨より高く、先に述べたpHの調査結果と一致しないが、この点については今後さらに継続調査を行い検討していきたい

表1 雨水成分測定結果 (昭和56年9月~10月)

降雨区分	地点	pH	導電率 ($\mu\text{U}/\text{cm}, 25^\circ\text{C}$)	SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{m}\ell$)	NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{m}\ell$)	Cl^- ($\mu\text{g}/\text{m}\ell$)	NH_4^+ ($\mu\text{g}/\text{m}\ell$)	HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}\ell$)	検体数
1mm目	新居浜	5.2 (3.6~6.6)	65 (20~195)	9.4 (4.0~31)	4.0 (0.89~12)	4.3 (1.2~9.6)	1.7 (0.26~6.3)	0.14 (ND~0.47)	10
	松山	4.9 (3.8~6.4)	63 (24~110)	6.1 (ND~18)	4.9 (1.5~15)	3.7 (1.8~10)	1.3 (0.40~2.6)	0.14 (ND~0.28)	11
	北条	5.1 (4.1~6.7)	50 (22~90)	5.6 (ND~14)	3.5 (1.2~8.4)	4.3 (1.3~11)	0.75 (ND~2.1)	<0.10 (ND~0.30)	11
2mm目	新居浜	4.9 (3.7~6.4)	46 (18~97)	<3.0 (ND~8.3)	2.8 (0.69~8.5)	1.9 (ND~4.1)	1.2 (0.51~3.7)	0.11 (ND~0.29)	8
	松山	4.8 (3.6~6.1)	42 (13~130)	3.6 (ND~19)	2.3 (ND~4.8)	1.7 (ND~5.3)	0.68 (0.18~0.70)	0.10 (ND~0.28)	9
	北条	5.3 (4.3~6.3)	21 (10~45)	<3.0 (ND~5.7)	1.1 (ND~2.8)	1.2 (ND~2.7)	0.34 (ND~0.49)	<0.10 (ND~0.12)	10
日降雨	新居浜	4.9 (3.6~6.4)	40 (12~143)	3.9 (ND~15)	2.1 (ND~5.8)	1.5 (ND~7.3)	1.2 (0.34~2.8)	<0.10 (ND~0.33)	13
	松山	4.7 (3.7~6.6)	36 (12~110)	<3.0 (ND~15)	1.6 (ND~6.3)	2.0 (ND~8.1)	0.59 (0.14~2.1)	<0.10 (ND~0.17)	15
	北条	4.7 (4.0~6.0)	27 (10~65)	<3.0 (ND~5.7)	1.4 (ND~4.9)	1.9 (ND~6.1)	0.31 (ND~1.7)	<0.10 (ND~0.18)	15
定量限界	—	—	3.0	0.50	1.0	0.10	0.10	—	

(注) 1. 数値の上段は平均値、下段の()内は最低値~最高値を示す。
 2. 平均値は算術平均である。ただしNDは0として計算した。
 3. ND: Non Detect (定量限界未満)

い。

なお、 SO_4^{2-} と NO_3^- の値は、他県との調査方法が異なるため比較は難しいが、先の岐阜市、福井市等の濃度とほぼ同程度であった。

次に、各成分について降雨区分ごとに新居浜、松山、北条の3地点を比較すると、導電率、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、HCHOは、工場の多い新居浜と松山が北条よりやや高く、 Cl^- 濃度については地点別の差異はみられなかった。

表2はpHを除く各成分について、降り始め1mm目の平均値を1として、2mm目の平均値の比を示したものである。

新居浜、松山、北条の3地点とも、いずれの成分も降り始め1mm目の方が2mm目に比べてかなり高い。この結果は各都市の雨水調査結果とほぼ同じ傾向である。

表3は各成分濃度の高い降り始め1mm目の降雨について、測定項目間の相関係数を求めてまとめたものである。

導電率と SO_4^{2-} のように3地点とも相関が認められたものもあるが、調査期間が2ヶ月間で例数が少ない

表2 1mm目の平均値を1とした時の2mm目の平均値比

項目	新居浜	松山	北条
導電率	0.71	0.67	0.42
SO_4^{2-}	<0.32	0.59	<0.54
NO_3^-	0.70	0.47	0.31
Cl^-	0.44	0.46	0.28
NH_4^+	0.71	0.52	0.45
HCHO	0.79	0.71	—

ため、今後更に調査を行い検討していきたい。

4. まとめ

今回の雨水成分調査の結果次のことがわかった。

- (1) 平均pHは、3地点とも5前後で酸性側にかたよっていた。また、pH最低値は日降雨で新居浜3.6、松山3.7、北条4.0であった。
- (2) 導電率、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、HCHOは、新居浜と松山が北条に比べてやや高い。

表3 雨水成分相互の相関係数

新居浜 1mm目

	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	導電率
pH	-0.48 (9)	-0.05 (9)	-0.68 (8)	-0.39 (8)	-0.53 (9)
導電率	** 0.98 (10)	** 0.81 (10)	** 0.92 (9)	** 0.97 (9)	
SO ₄ ²⁻	** 0.97 (9)	** 0.82 (9)	** 0.83 (9)		
NO ₃ ⁻	** 0.87 (9)	* 0.73 (9)			
Cl ⁻	* 0.76 (10)				

松山 1mm目

	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	導電率
pH	* -0.70 (11)	0.03 (11)	-0.37 (11)	-0.51 (7)	* -0.68 (11)
導電率	* 0.70 (11)	0.48 (11)	** 0.74 (11)	** 0.87 (7)	
SO ₄ ²⁻	0.63 (7)	0.04 (7)	0.26 (7)		
NO ₃ ⁻	0.40 (11)	** 0.80 (11)			
Cl ⁻	0.17 (11)				

北条 1mm目

	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	導電率
pH	-0.65 (9)	0.40 (11)	-0.18 (11)	-0.42 (9)	-0.50 (11)
導電率	0.60 (9)	0.03 (11)	0.59 (11)	** 0.92 (9)	
SO ₄ ²⁻	0.63 (7)	-0.17 (9)	* 0.67 (9)		
NO ₃ ⁻	0.29 (9)	-0.18 (11)			
Cl ⁻	-0.41 (9)				

** 1%有意
* 5%有意
() 検体数

(3) 導電率, SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, NH₄⁺, HCHO のい
づれの成分も, 3地点とも降り始め1mm目の方が2mm目
に比べて高い。

短期間の調査のため, 雨水成分相互の関係等十分な
実態把握はできなかったが, 今後は通年調査を実施し
酸性雨の原因物質を検討すると共に, 雨水成分濃度の
経年変化を把握していきたい。

— 参 考 文 献 —

- 1) 光化学二次生成物質検討会(湿性分科会): 湿性
大気汚染調査総合報告書(総括編), 2-33, 1981.
- 2) 押尾敏夫: 千葉県公害研究所研究報告, vol. 6,
45, 1976.
- 3) 日本薬学会: 衛生試験法注解, 707-708, 金原出
版, 1973.
- 4) 環境庁大気保全局: 大気汚染物質測定法指針(Ⅱ),
8-9, 1980.
- 5) 日本薬学会: 衛生試験法注解, 705, 金原出版,
1973.
- 6) 環境庁大気保全局: 大気汚染物質測定法指針(Ⅱ),
15-17, 1980.
- 7) 光化学二次生成物質検討会(湿性分科会): 湿性
大気汚染調査総合報告書(総括編), 101-102,
1981.
- 8) 田村義男, 江阪忍他: 京都府公害研究所年報,
No.4, 98-99, 1975.

都市ごみ焼却場排ガス中の 塩化水素の測定について

岡田 文 明*・三 谷 美 嶺 雄・影 浦 久

1. はじめに

ごみ焼却場からの塩化水素の発生は、塩化ビニールの燃焼、金属塩化物とSO₂、CO₂との反応および有機系塩素化合物の高温下における分解等が原因として考えられているが、昭和52年6月、大気汚染防止法施行規則の一部改正により、排出基準値が12%酸素換算値として700mg/Nm³ (430ppm) に設定され、既設施設についても昭和54年12月1日から適用されるようになった。

本県においても、昭和55、56年度に、ばい煙発生施設立入調査として、焼却場における塩化水素の測定を実施したが、各々の焼却場により、また測定時刻により大きな差異が認められた。そこで、適切な監視測定を行うため、バッチ炉と準連続炉における塩化水素の時間的変動について調査したので、その結果を報告する。

2. 調査方法

2. 1. 調査期間

昭和55年12月～57年3月

2. 2. 調査施設

調査施設は、固定バッチ炉1施設、機械化バッチ炉3施設、準連続炉1施設とした。

各事業場の施設の概要を表1に示す。

2. 3. 測定方法

塩化水素：JISK-0107 排ガス中の塩化水素分析方法 (硝酸銀法)

酸 素：定電位電解法

ダイレック(株)、DY-500G

塩化水素のサンプリングは、JISK-0107によるが、バイパス側の吸収ビンと、サンプリング側の吸収ビンを5～10分で交互に切り換え、連続測定を行った。

酸素濃度は、上記の計器により、塩化水素のサンプリング開始から終了まで、連続測定を行った。

3. 結果および考察

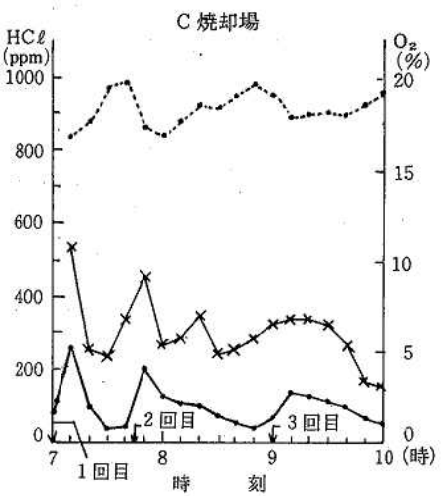
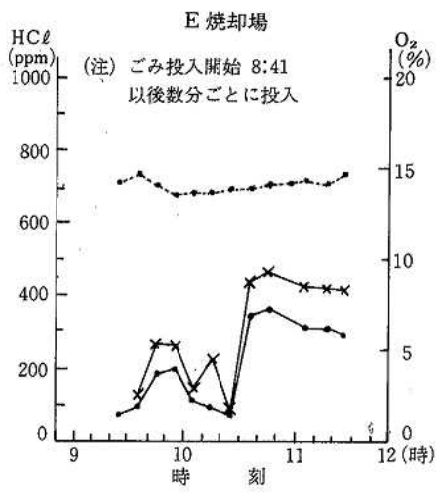
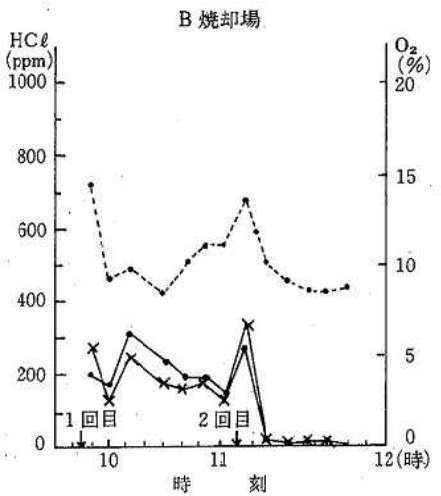
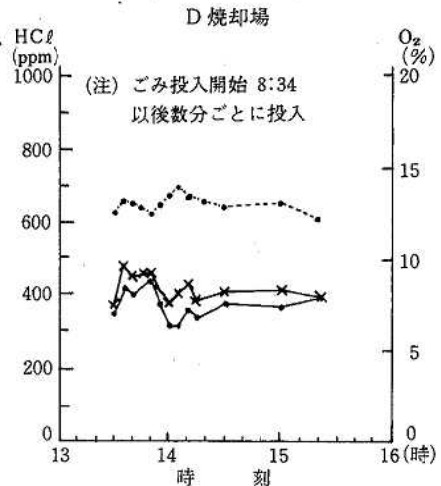
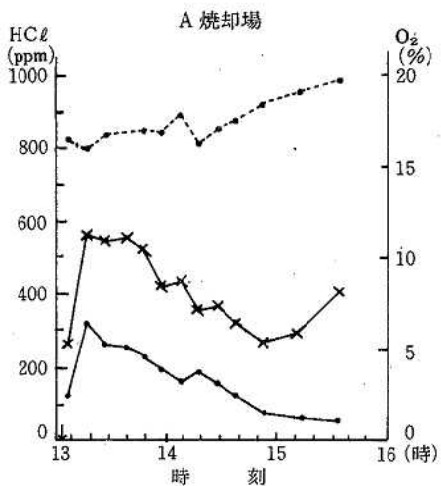
各焼却場における塩化水素濃度の実測値、酸素濃度および換算塩化水素濃度の時間的変動を図1に示す。

表1 施 設 の 概 要

事業場名	建設年度	焼 却 設 備		投入方式	排ガス処理施設	サンプリング場所
		能力(t/D)	方 式			
A	47	7	固 定 バ ッ チ	直 投 式	水 洗	煙 突
B	53	10×2基	機 械 化 バ ッ チ (扇型反転ロストル)	直 投 式	水 洗 マルチサイクロン	煙 突
C	55	10×2基	機 械 化 バ ッ チ	直 投 式	水 洗 マルチサイクロン	煙 突
D	52	20×2基	機 械 化 バ ッ チ (揺動火格子)	ピット・クレーン式	水 洗 マルチサイクロン	2号炉マルチサイクロン後
E	54	47×3基	準 連 続 炉 (階段ピークロストル)	ピット・クレーン式	水 洗 石灰・マルチサイクロン 電気集じん器	煙 突

Fumiaki Okada・Mineo Mitani・Hisashi Kageura

*愛媛県公害技術センター東予支所



- HCl 濃度 (実測値)
- x—x— (換算値)
- O₂ 濃度
- ごみ投入時刻

図1 塩化水素濃度および酸素濃度の時間的変動

3. 1. 塩化水素濃度（実測値）の変動

バッチ式焼却炉（A～D焼却場）における塩化水素濃度（実測値）は、D焼却場をのぞき時刻により大幅に変動しており、ごみ投入にともないピーク値がみられる。A焼却場では、1バッチの焼却時間について調査したが、13時05分に焼却を開始し、約10分後に塩化水素濃度がピークに達し、その後徐々に減少している。B、C焼却場についても同様ごみ投入から約5～10分後にピークが現われている。D焼却場は、分類上機械化バッチ炉ではあるが、A～C焼却場が直投式のごみ投入方法であるのに対し、ピット・クレーン式であり定常的焼却管理の面からみて、むしろ準連続炉に近いものと言える。このため、塩化水素濃度もA～C焼却場に比べあまり大きな変動はみられない。

定常的な焼却管理を行いうると考えられる準連続炉（E焼却場）においても、塩化水素濃度の変動がみられるが、この変動は、バッチ式にみられるようなごみ投入によるピーク的な変動ではなく、ごみ質の変化、あるいは炉の温度等の燃焼条件の変化によるものと思われる。

3. 2. 酸素濃度の変動

ピット・クレーン式投入を行うD、E焼却場では、酸素濃度はほぼ安定した値を示しているが、直投式の焼却場（A、B、C焼却場）については、ごみ投入とともに大きな変動がみられる。従って特にバッチ式焼却場においては、酸素濃度の同時測定を実施しなければ塩化水素濃度の酸素換算値において、誤った結果を得ることになるので注意が必要である。

3. 3. 酸素濃度と換算値

塩化水素濃度の酸素12%換算値は、実測値とほぼ同様な傾向がみられ、測定を行う時刻によって大きく変動している。

図2は、換算式より酸素濃度と塩化水素濃度との関係をグラフにしたものである。酸素濃度が高い場合には、酸素濃度のわずかな変化に対しても塩化水素換算値は大きく変ることがある。

ここで、A焼却場の15時以降の測定結果についてみると（図1）、塩化水素実測値はわずかに減少しているのは、酸素濃度20%近くで換算するため、換算値はかなり上昇している。立入調査において、もし15時を過ぎてサンプリングを開始するなら、実測値が50ppm程度の低い値でも、換算値にすると基準値を超えることも考えられるので注意が必要である。

以上のことから焼却状態が間欠的になりやすい直投式バッチ焼却場においては、投入から次の投入の1バッチ間の連続測定をする必要があり、また投入の定常的なピット・クレーン式焼却場においても測定時間を

長くとることが望ましい。

$$C' = C \times \frac{9}{21 - O_2}$$

C' : 塩化水素の12%酸素換算値 (ppm)

C : 塩化水素の実測値 (ppm)

O₂ : O₂ 濃度 (%)

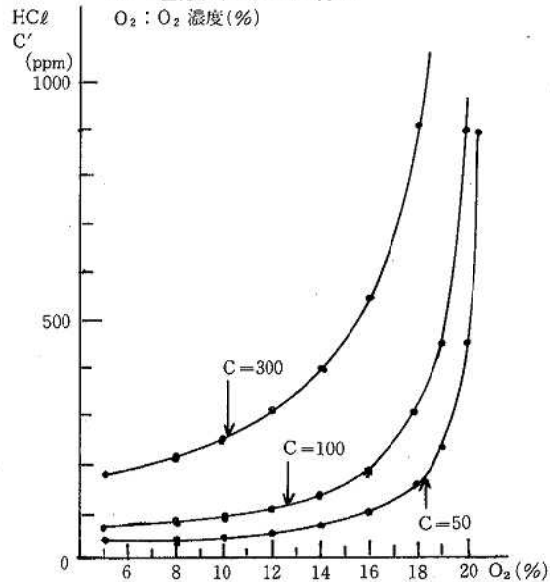


図2 酸素濃度と塩化水素濃度の関係

4. まとめ

ごみ焼却場における、塩化水素濃度の時間的変動について調査し、次の結果を得た。

- (1) 塩化水素濃度は変動があり、その傾向は、準連続炉よりバッチ炉において著しい。
- (2) 酸素濃度も特にバッチ炉において大きく変動するので、酸素濃度は同時測定の必要がある。
- (3) 塩化水素濃度は、酸素換算を行っても、かなりの変動があり、測定時間は長く取る必要がある。

— 参考文献 —

- 1) 平岡正勝他; 公害と対策, vol. 15, No. 8, 2-9, 1979.

パイロットバルーンによる上層風観測について

(東予支所) 山路 岩 男・樋野 輝 雄・池田 広
 碓井 英 男・渡辺 郁 雄

1. はじめに

昭和56年に、東予地域における上層風(上空100 m から1,500m)の実態を把握するため、基礎調査として新居浜地区センター局から、パイロットバルーン(以下パイボールという。)を飛揚し上層の風向、風速の観測を実施したので、その結果を報告する。

2. 調査方法

調査期間：5月～11月(日中)

観測地点：センター局 新居浜市八雲町(図1)

使用機器：玉屋製 測風経緯儀 1台

パイボール 自重20g(100%の上昇率,
 ヘリウムガス使用)

3. 調査結果

3. 1. パイボール観測

センター局における上層風の観測結果を表1に、高度別のパイボールの航跡を図2に、また高度別の風速変化を図3に示した。

風向についてみると、全般的にN系の風が100m～200mの高度に多く、また、風向の変化は、300m～700mの高度でみられる。特に8・9月は1,000m以上で風向変化が大きかった。

風速についてみると、観測日より異なるが、全般的に風速変化が500m前後の高度までみられ、特に、700m以上の高度では変化が大きい。

なお、400mまでの高度は、7、9月を除き3%以下が多く、700m以上の高度で5%以上の風がみられる。

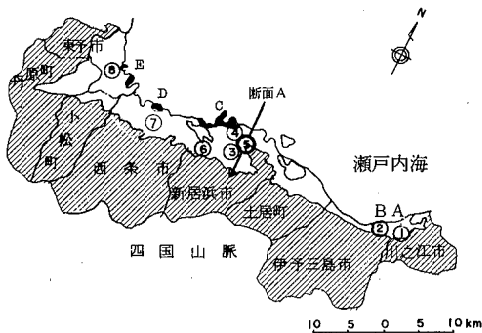


図1 東予地域概要図

地区	O _x 関係測定局	主要企業
川之江市	① 川之江	A 丸住製紙 大王製紙
伊予三島市	② 伊予三島	B 大王製紙
新居浜市	③ 泉川	C 住友化学 住友金属鉱山 住友共電 住友アルミ製錬
	④ 高津	
	⑤ センター	
	⑥ 中村	
西条市	⑦ 西条	D 四国電力 クラレ西条
東予市	⑧ 東予	E 住友アルミ製錬東予 住友共電 フジボウ愛媛

表1 パイロットバルーン観測結果

昭和56年

観測地点 (センター局) 単位: 風速%
 観測時刻

高度m	5. 22(金)		5. 26(火)		5. 27(水)		6. 8(月)		6. 9(火)				6. 16(火)		6. 19(金)			
	10:00	15:00	14:00	14:00	14:00	14:00	11:00	15:00	9:00	16:00	9:00	16:00	9:00	16:00	9:00			
100	2.7	NNW	0.7	NNW	1.7	NNW	0.8	NW	1.8	W	0.5	SE	1.1	NE	1.9	N	1.9	NNE
200	2.9	"	0.7	"	1.7	"	0.5	"	0.8	WNW	1.2	"	1.2	"	1.3	NNE	0.8	NW
300	1.8	"	0.8	"	1.3	WSW	0.4	WSW	0.8	W	1.0	"	0.9	E	2.1	NE	0.8	WNW
400	0.8	S	0.8	"	0.8	"	0.9	NNW	1.6	SSW	1.8	SSE	1.3	ESE	1.2	SSW	0.9	S
500	0.7	W	1.0	NW	1.6	SSE	0.3	NE	2.5	SW	1.7	"	2.6	SSW	0.9	S	0.4	NW
600	3.2	NE	1.5	WSW	1.7	ESE	2.5	ENE	2.5	SSW	3.5	"	1.0	SW	2.4	WSW	0.2	"
700	12.6	SSE	1.7	SSW	1.8	SSE	2.7	"	1.6	SW	1.8	"	1.3	"	0.8	WNW	0.7	ESE
800	3.5	SE	1.9	ESE	5.9	"	5.0	SSW	2.0	WSW	1.7	ESE	0.4	SE	1.3	NNW	2.2	SSE
900	1.3	SSE	1.7	"	4.6	SE	5.1	SE	1.3	ESE	3.9	SSE	2.1	NW	1.1	N	0.6	NNE
1000	3.7	SE	2.4	"	1.9	SSW	6.0	"	2.2	SE	2.7	SE	0.3	S	2.2	NNE	4.1	"
1100	3.2	E	1.5	SE	3.8	SSE	3.2	"	5.8	S	1.2	NNW	1.3	N	0.3	SE	7.8	WNW
1200	1.7	S	3.5	ESE	1.7	ESE	入雲		6.7	SSW	3.5	SE	入雲		1.1	N	入雲	
1300	4.8	SW	3.5	SE	9.2	S			7.3	NE	2.0	SSE			0.6	"		
1400	10.8	ESE	4.1	"	9.8	SE			2.0	NNE	2.7	SE			3.8	S		
1500	10.0	E	4.6	"	2.7	SSE			10.0	"	4.1	"			0.4	NE		

高度m	7. 3(金)		7. 10(金)		7. 14(火)			7. 28(月)		8. 4(火)		8. 7(金)						
	9:00	15:00	9:00	9:00	9:00	16:00	9:00	14:00	10:00	14:00	9:00	9:00						
100	5.1	WSW	4.5	WSW	2.3	NE	0.6	WSW	2.1	N	0.6	NW	1.9	NNE	1.4	W	1.7	NNW
200	12.4	"	3.8	"	1.0	"	0.3	"	1.1	NE	0.7	"	1.8	NNW	0.7	"	2.7	NW
300	0.8	NNE	6.0	W	2.5	SE	0.5	"	3.1	E	0.3	SE	0.8	W	0.6	WNW	2.6	"
400	5.4	SW	3.0	WSW	0.7	NNW	0.4	W	1.1	NE	0.3	SSE	0.3	"	1.2	W	3.3	W
500	1.8	NNW	8.5	W	2.7	WSW	0.3	NW	4.7	SW	0.5	NNW	0.8	NW	1.3	ENE	1.9	WSW
600	15.0	WSW	5.7	WNW	入雲		2.5	W	1.5	N	1.3	SSE	1.3	SSE	2.1	ESE	1.3	S
700	8.8	WNW	14.4	W			6.2	"	0.3	SW	0.2	N	0.8	"	2.0	SW	1.7	WSW
800	3.0	NE	0.4	SSW			2.2	"	1.2	N	0.8	"	0.8	NE	1.9	"	1.8	NNW
900	5.0	WSW	1.2	N			3.0	"	2.3	"	0.8	NW	0.6	ESE	3.2	WNW	2.6	NW
1000	16.2	"	18.8	W			5.1	"	1.4	"	0.8	E	6.9	NNE	4.4	"	2.5	NNW
1100	18.6	"	3.7	NE			入雲		1.4	"	入雲		1.2	"	入雲		7.3	ESE
1200	10.6	NE	1.5	E			入雲		入雲		入雲		入雲				5.3	"
1300	4.8	NNW	6.8	W													1.1	NE
1400	27.2	W	6.8	"													1.7	"
1500	18.7	"	11.3	WNW													6.5	"

高度m	8. 11(火)		8. 21(金)		9. 16(火)		9. 18(金)		9. 30(火)			10. 11(月)		11. 19(木)						
	9:00	14:00	15:00	10:00	9:00	15:00	9:00	15:00	15:00	9:00	10:00	16:00	9:00	10:00	16:00					
100	2.0	NE	1.8	W	3.3	NE	0.8	NE	1.0	ESE	1.7	NNE	2.5	ENE	0.8	SE	0.8	ENE	2.0	ENE
200	0.9	ESE	0.9	WNW	4.6	"	1.4	ENE	1.7	ENE	3.5	"	1.9	"	1.2	ENE	1.1	NE	1.3	"
300	0.6	"	0.9	W	6.6	"	1.1	NNE	1.9	"	1.9	"	1.3	ESE	1.4	"	1.2	ENE	0.7	E
400	0.8	NE	1.2	S	5.3	"	3.8	NE	2.5	NE	0.5	WSW	0.9	SE	1.1	"	0.6	E	0.6	SSE
500	2.2	WSW	1.1	"	7.1	"	3.2	ENE	1.5	NNE	1.7	SSW	0.5	W	1.3	E	0.7	"	0.6	SW
600	0.3	"	0.8	SW	8.6	"	0.6	NNW	1.3	NE	2.3	SSE	1.5	"	0.9	"	0.8	SSW	1.8	W
700	0.9	NW	4.8	"	4.8	ENE	1.4	NW	0.8	"	1.3	S	6.8	WSW	1.5	WSW	1.7	SE	0.6	SW
800	0.7	"	1.3	S	4.0	"	4.0	N	4.8	"	0.7	SE	5.8	SW	3.8	W	3.3	W	6.8	NE
900	1.7	NNW	5.3	SW	6.3	"	4.0	W	1.7	E	1.7	E	6.7	"	0.6	WSW	1.4	SW	2.8	"
1000	1.0	N	7.0	SSE	9.3	SW	11.0	WSW	2.8	ENE	1.8	NE	0.5	"	10.4	"	17.0	W	17.8	SSE
1100	1.8	NNW	12.8	NNE	入雲		10.9	"	1.3	NNE	2.3	NNE	入雲		10.4	"	7.0	WSW	入雲	
1200	入雲		12.0	ENE			11.4	SE	0.6	N	1.0	NE			中止		8.8	"		
1300			2.8	W					1.3	SSE	3.2	SSE					7.7	SW		
1400			3.4	SSW					1.7	"	4.2	"					8.2	"		
1500			0.5	SE					2.7	SE	3.2	"					5.5	"		

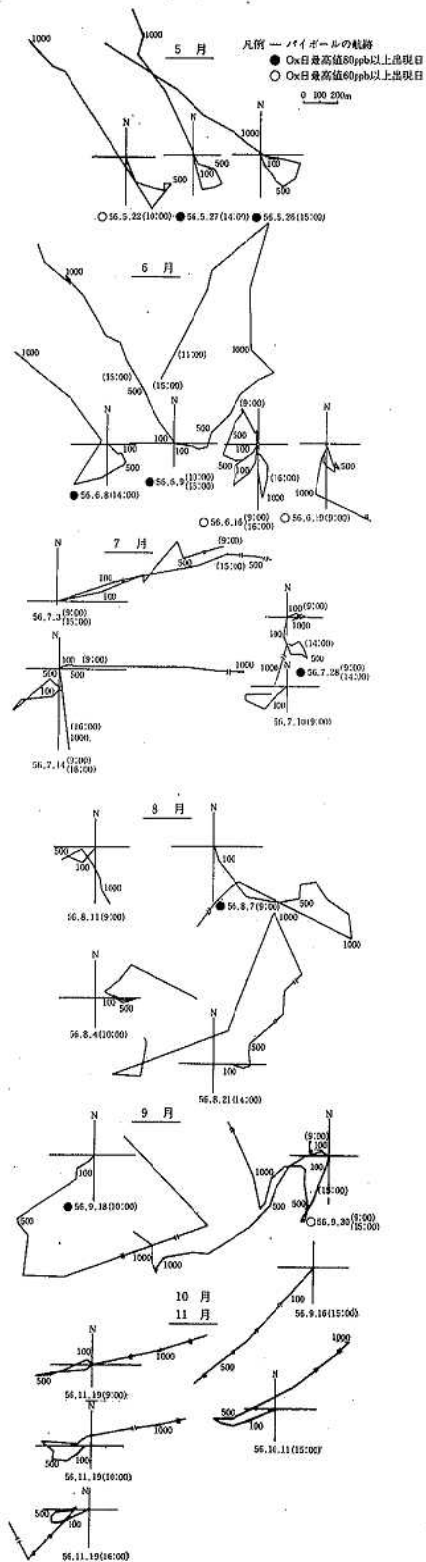


図2 パイボールの航跡図

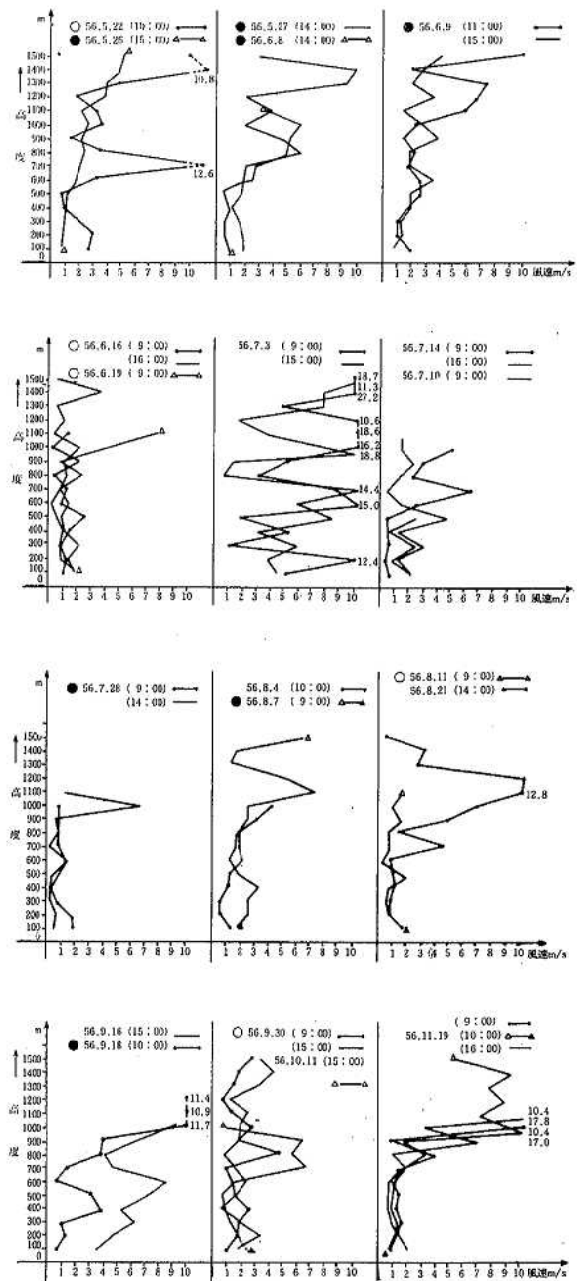


図3 高度別の風速変化(センター局)

図1に示す断面Aのパイボール観測での高度別の南北成分を図4に示した。

断面Aについてみると、全般的に海風が300m~500mの高度で見られるがその風速は弱い。

また、500m前後の高度で、海風と陸風の交替がみられ、900m以上になると山間部から海に向かって吹く強い風がある。

表2 パイボール観測日とオキシダント

観測日 (月日)	オキシダント濃度 日最高値 (ppb)		パイボール観測高度 (m)					
	センター局	新居浜地区 最高局	風速変化		風向変化		海風 最高	
			2% 以下	4% 以上	回転	回転 方向		
5.26	46	85	高津	900	1300	300~600	左	500
5.27	61	104	〃	700	800	500~700	左	300
6.8	49	91	〃	700	800	400~700	右	800
6.9	60	88	泉川	500	1100	800~1500	左	—
6.16	65	65	センター	300	1500	600~1000 400~500	右	300
7.28	80	80	〃	900	1000	300~900	左	1100
8.7	83	91	高津	100	900	600~900 300~500	右左	400
9.18	77	85	〃	300	900	500~800	左	800

(注) 2回日の観測日については、午後の観測データとした。

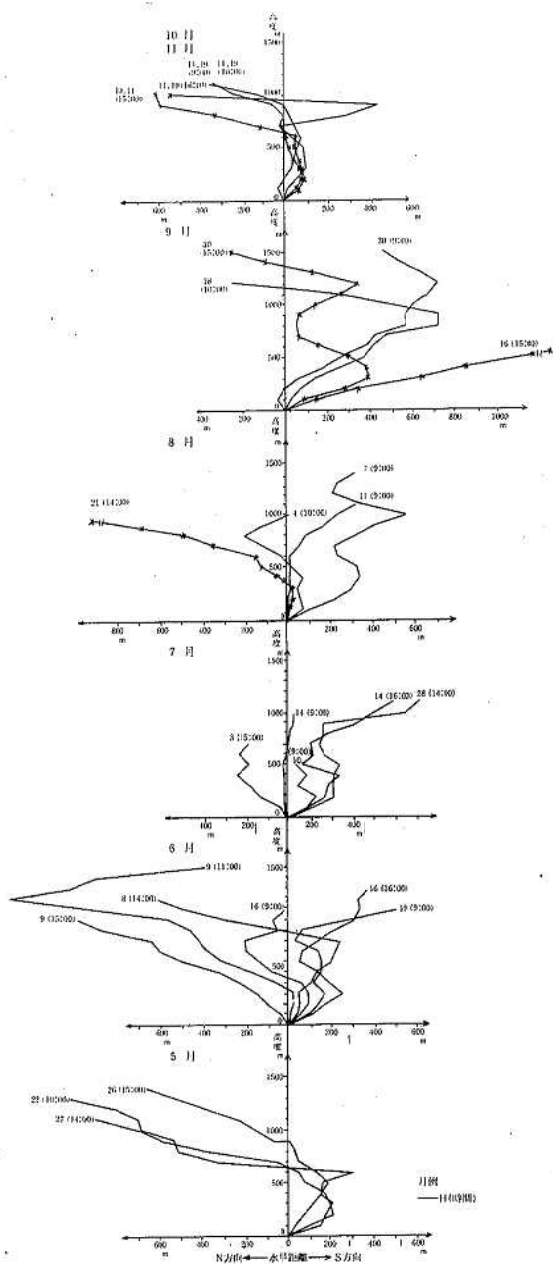


図4 センター局高度別南北成分(A断面)

3. 2. パイボール観測とオキシダント濃度の比較
パイボール観測日について、センター局の日最高値のオキシダント濃度が60ppb以上または、新居浜地区の4局(センター、中村、高津、泉川)のうち、いずれか1局以上でオキシダント濃度80ppb以上になった日(以下O_x対象日という。)を集計したものが表2である。

風向についてみると、凡そ300m~1,000mの範囲内で風向の変化がみられる。風速は、2%以下の風が900mまでみられる。また、4%以上の風は、800m以上の高度からみられる。

海風は、全般的に高度が上昇するにつれて、N系の風からW寄りになる傾向を示し、やや高い高度まであり、最も高い高度が1,100mで、低い高度が300mでみられる。

4. まとめ

昭和56年のパイボール観測(28回)結果から、オキシダント濃度と最も関係が深いと思われる上層風の動向については、日中、海風と陸風の交替がみられることが重要なカギになっていると考えられる。

今回の観測で、O_x対象日となった日中の上層風は、2%以下の風が高度900mまでみられ、風向の変化がおおむね300m~1,000mの範囲内でみられた。

また、海風は、高度の上昇にともないN系の風からW寄りの風になる傾向があった。したがって、これが長時間続くと、新居浜地区のオキシダント濃度が上昇しやすいと言えよう。

なお、観測回数が少ないため、今後更に継続的な調査を行ってから、詳細な検討をしていきたい。

— 参 考 文 献 —

- 環境庁大気保全局：光化学大気汚染予測システム設定調査(瀬戸内地域)(1980)
- 環境庁大気保全局：光化学反応による大気汚染調査解析報告書(1974)
- 太田久雄・長尾 隆：公害と気象，地人書館(1972)

鹿野川湖の水質

(水質環境基準の類型指定から現在まで)

浅野 淑子・園田 浩二・河内 哲一

1. はじめに

鹿野川湖は、昭和50年5月に水質環境基準のB類型に指定された。それ以来、毎月1回、水質調査を実施し、鹿野川湖の水質の把握に努めている。

しかし、昭和56年11月に鹿野川湖の上流に新たに野村ダムが完成したために、鹿野川湖の水質が変化することが予想され、鹿野川湖の利水目的にどのような影響を及ぼすかを判断する基礎資料が必要だと考えられる。そこで、これまでの水質を把握するため、既に得た7年間の調査結果を用いて、季節変動、経年変化等について検討したので、その結果を報告する。

2. 鹿野川湖の概要

鹿野川湖は、愛媛県西部を流れる肱川の中流に位置し、昭和33年に建設された多目的ダムによって生まれた人造湖で、その概要は表1に示すとおりである。

表1 鹿野川湖の概要

有効貯水量	2,980万 m^3
湛水面積	2.32 km^2
平均水深	13m
流入水量	154万 m^3 /日
滞留時間	0.05年
集水面積	445.6 km^2

3. 調査方法

- 採水地点：堰堤付近 0.5m, 1m, 2m, 3m, 5m, 10m, 20m, 30m (水深約40m)
- 調査期間：昭和50年4月から57年3月まで (毎月1回)
- 調査項目及び方法
 - 水温：ガラス製棒状温度計(JIS K 0102 7.2)
 - pH：ガラス電極法 (JIS K 0102 12)
 - COD：100 $^{\circ}\text{C}$ 過マンガン酸カリウム消費量 (JIS K 0102 17)
 - SS：GF/B重量法 (JIS K 0102 14.1)
 - DO：ウインクラー・アジ化ナトリウム変法 (JIS K 0102 32.1)

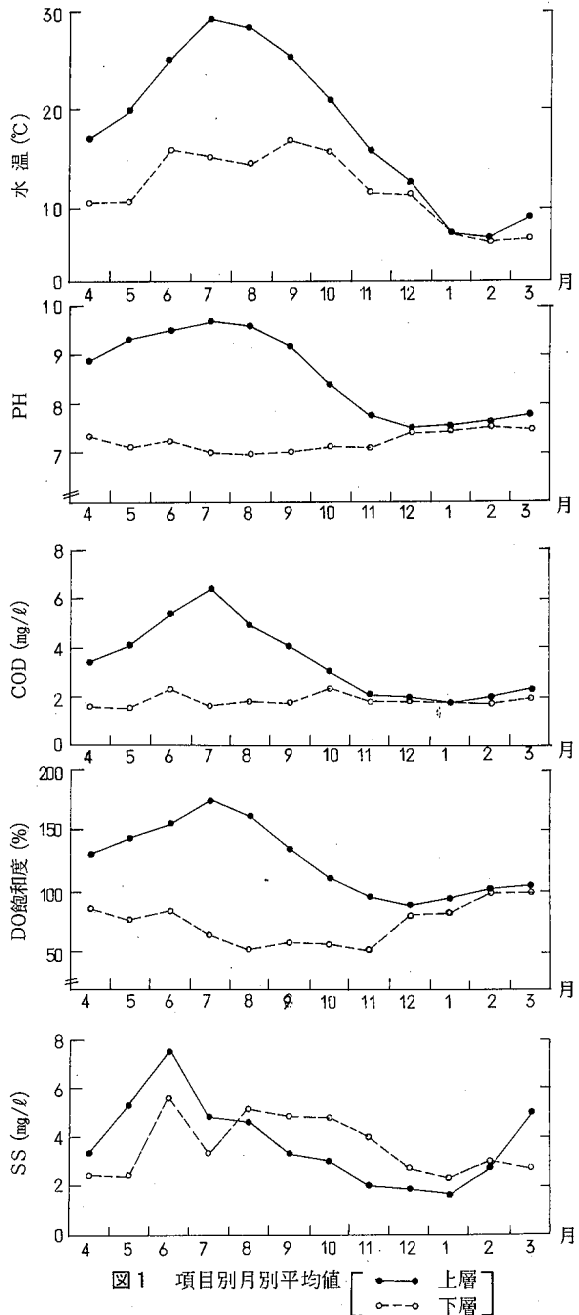


図1 項目別月別平均値 [●—● 上層] [○- -○ 下層]

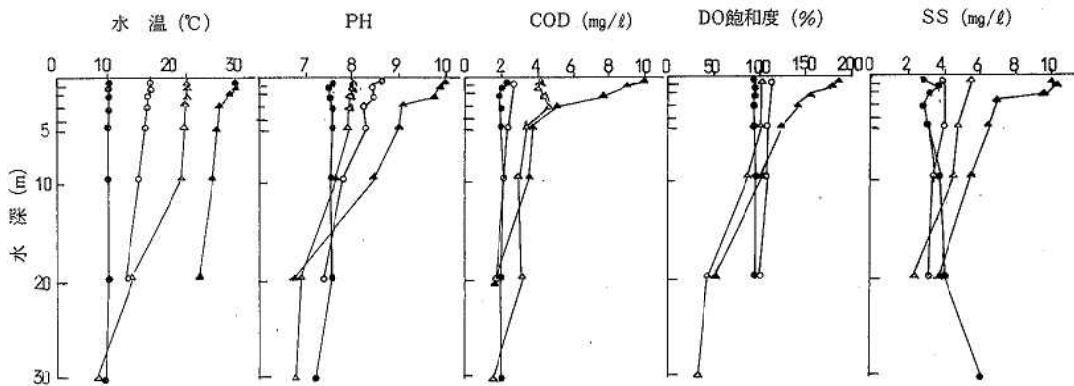


図2 垂直分布の季節変化〔○昭和56年4月, ▲7月, △10月, ●57年1月〕

4. 結果及び考察

4. 1. 季節変動

上層(水深0.5m)並びに下層(水深20m)の水温, pH, COD, DO飽和度及びSSについて, 7年間の調査結果を月別に平均したものを図1に示す。

水温は, 夏季に, 上層で約30℃にまで上昇するが, 下層では約15℃にしかならない。冬季は上下層とも同じ水温を示し, 約7℃になる。

pHは, 上層では冬季の7.5から夏季には9.6になるが, 下層では逆にわずかながら下がる傾向にある。

CODは上層では冬季の2 mg/lから7月には6 mg/lに上昇するが, 下層ではほとんど変化がなく, 約2 mg/lである。

DO飽和度は, 冬季には上下層とも, ほぼ100%であるが, 夏季には上層は過飽和(180%)に, 下層では不飽和(50%)になる。

SSは, 冬季には上下層ともほぼ同じ値2~3 mg/lを示すが, 上層は6月に最大で, しだいに減少し, 秋季には下層が上層の値を上回る。

これらの項目の垂直分布を図2に示す。

冬季は, 上下層の差はほとんどなく, 潮水はほぼ均一な状態であるが, 春から夏にむかうにしたがい, しだいに上下層の差が大きくなる。夏季には, 水深2mから3mの間で, 水温が大きく変化し, 水温躍層が存在していることがわかる。他の項目についても, この水温躍層の上下では, 大きく値が異なっている。また秋から冬になるにつれて, その差は小さくなり, 潮水は再び均一な状態になる。

上層においては, 図1にみられるように, 季節変動がみとめられるので, 各項目について季節変動指数を

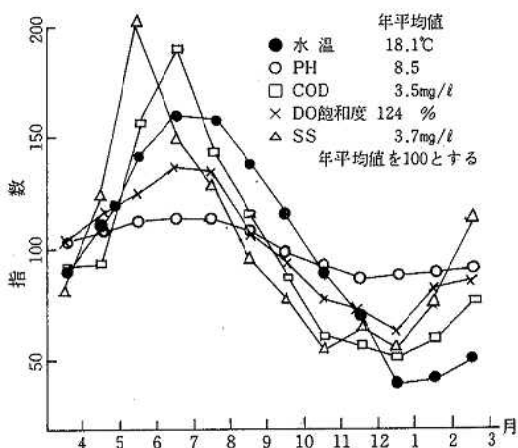


図3 季節変動指数

求め, 図3に示す。これは, 各項目ごとの年平均値をそれぞれ100とした指数で表わしたものである。

水温, DO飽和度及びpHは, 7月に最高値になり, ゆるやかな変動を示す。CODも7月に最高値を示し, 急激な変動を示す。SSは他の項目と異なり, 6月に最高値を示す。

1月は, いずれの項目も指数は小さい。

表2 相関係数

n = 83

	水 温	pH	COD	DO飽和度
pH	0.844	—	—	—
COD	0.751	0.833	—	—
DO飽和度	0.744	0.928	0.849	—
SS	0.352	0.501	0.728	0.547

SS, COD, 水温の季節変動指数は、冬季の50前後から、夏季には150~200になり、季節による変動が大きい。

上層における各項目間の相関係数を表2に示す。

上層では、有意水準1%で各項目間に相関がみられるが、下層ではほとんど相関はない。

上層では、水温、pH、COD及びDO飽和度の間には非常に強い相関があり、夏季にはこれらの項目とも高値になることから、上層では、水温の高くなる夏季には、植物プランクトンの活動が活発化しているものと思われる。SSは他の項目と比べて相関が弱いのは、植物プランクトンの増殖だけでなく、降雨等、他の要因が加わっているためと思われる。

4. 2. 経年変化

上層及び下層の経年変化をを図4に示す。

これは、季節変動を消去するために、12ヶ月の周期で移動平均したものである。

経年的には、いずれの項目についても特に顕著な増減の傾向はみられず、わずかに上層のSS及びDO飽和度に増加の傾向がみられる程度である。

次に、COD及びSSについて、湖水全層が均一になる冬季の3ヶ月(12月、1月、2月)及び上層において高値を示す夏季の3ヶ月(6月、7月、8月)の平均値の経年変化を図5及び図6に示す。

冬季の値は、経年的にはほとんど変化がなく、また変動範囲も小さく安定している。

夏季のCOD及びSSは、水温の変化と類似している。特にCODはよく一致しており、水温の低い昭和51年及び55年にはCODも低値である。また、その変動範囲は大きい。

5. まとめ

昭和50年度から56年度の間の水質調査結果から、次のことが明らかになった。

- 1) 各項目とも、鹿野川湖の上層では、明確な季節変動がみられる。

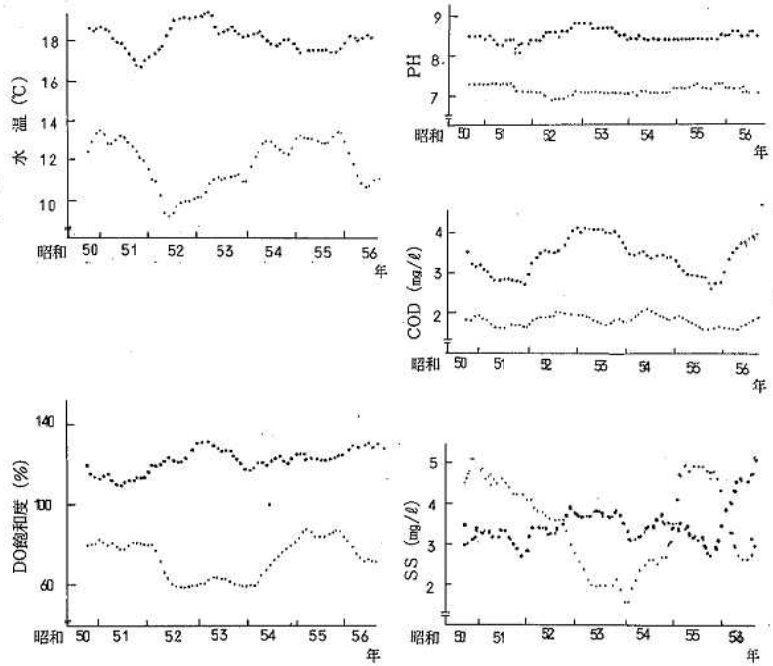


図4 経年変化
(周期12ヶ月の移動平均値) [···上層(0.5m) ーーー下層(20m)]

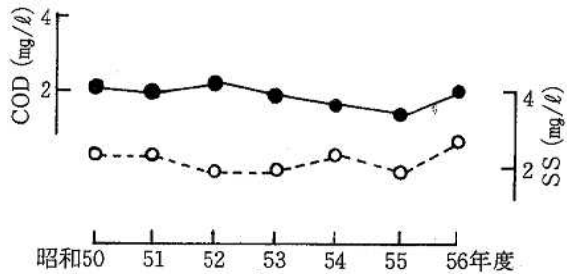


図5 冬季の経年変化 [●-● COD] [○-○ SS]

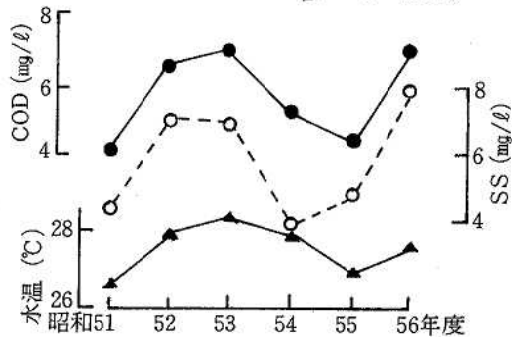


図6 夏季の経年変化 [●-● COD] [○-○ SS] [▲-▲ 水温]

2) 鹿野川湖の水質は、経年的には顕著な変化はみとめられない。

今後、鹿野川湖の水質の変化を追跡していくなかで植物プランクトン、栄養塩類、クロロフィル a 及び底質等についても、調査を行うことにしている。

— 参 考 文 献 —

森田 優三：新統計概論，日本評論社

小泉 清明：川と湖の生態，共立出版

日本水産学会：水圏の富栄養化と水産増養殖，恒星社厚生閣刊

重信川流域における主要発生源実態調査

岡本 信二・園田 浩二

重信川への影響を予測したので報告する。

1. はじめに

重信川の年間平均水質は改善されているが、環境基準は未達成となっている。¹⁾

愛媛県では「重信川をきれいにする計画」（昭和56年度）を策定し、重信川の水質浄化、環境整備を総合的に推進することになっているが、本計画を策定するには、汚濁発生源の排出量等を把握し、水質汚濁の機構を明らかにする必要がある。

今回、重信川流域における主要な発生源の有機性汚濁物質等について、その排出量、除去効率等を調査し、

表1 団地系し尿浄化槽の概要

番号	所在地	排出先	処理対象人員	汚水処理方式	排水量 (m ³ /日)
1	松山市	伊台川	610	活性汚泥・生物ろ床	153
2	〃	〃	602	活性汚泥・接触酸化・ろ過	180
3	〃	〃	750	活性汚泥・生物ろ床	188
4	〃	重信川	2,260	活性汚泥・接触酸化	678
5	〃	内川	600	活性汚泥・生物ろ床	120
6	重信川	〃	1,700	活性汚泥・接触酸化・ろ過	510
7	砥部町	砥部川	1,360	活性汚泥	304
8	〃	〃	760	〃	449
9	〃	〃	1,500	〃	300

表2 事業場系し尿浄化槽の概要

番号	所在地	排出先	処理対象人員	汚水処理方式	排水量 (m ³ /日)
1	松山市	川附川	470	活性汚泥	190
2	〃	石手川	7,000	〃	1,127
3	〃	小野川	891	活性汚泥・接触酸化	300
4	〃	〃	900	活性汚泥・生物ろ床・ろ過	197
5	〃	〃	1,052	活性汚泥・生物ろ床	120
6	〃	内川	800	活性汚泥	231
7	重信町	重信川	1,200	活性汚泥・接触酸化・ろ過	530
8	〃	〃	5,000	活性汚泥 凝集沈でん・ろ過	2,200
9	〃	〃	1,140	活性汚泥	250
10	砥部町	砥部川	2,293	回転円板・接触酸化	120

2. 調査方法

2.1. 調査対象

重信川流域における水質汚濁防止法対象で、排水量50m³/日以上以上の40工場、事業場とした。その概要は、表1から表3のとおりである。

2.2. 採水方法

原則として原水及び処理水について各1回採水した。

2.3. 調査項目

pH, BOD, COD, SS, T-N, NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, Org-N, T-P, PO₄-P の11項目について調査を行った。

表3 工場の概要

番号	所在地	排出先	業種	汚水処理方式	排水量 (m ³ /日)
1	松山市	内川	農産保存食品	回転円板	240
2	〃	〃	乳製品	活性汚泥	150
3	〃	小野川	豆腐・油あげ	活性汚泥・ろ過	200
4	〃	〃	乳製品	活性汚泥	80
5	〃	〃	リネンサプライ	接触酸化・凝集沈でん	270
6	〃	〃	〃	凝集沈でん・ろ過	300
7	〃	川附川	菓子	活性汚泥	70
8	〃	〃	と場	〃	180
9	〃	〃	水道		2,300
10	〃	石手川	旅館		33
11	〃	〃	水道		230
12	〃	堀越川	旅館		700
13	〃	〃	〃		453
14	〃	重信川	乳製品	接触酸化・生物ろ床	350
15	〃	〃	畜産食品	加圧浮上・活性汚泥	100
16	重信町	〃	機械・金属製品	加圧浮上	130
17	〃	〃	砕石	凝集沈でん	200
18	〃	〃	砕石	〃	609
19	〃	内川	乳製品	活性汚泥	800
20	砥部町	砥部川	飲料	〃	280
21	〃	〃	写真現像	沈でん	275

3. 調査結果

3. 1. 団地系し尿浄化槽

団地系し尿浄化槽の原水及び処理水の水質調査結果は、表4のとおりである。

表4 団地系し尿浄化槽の水質調査結果
(単位 pH以外はmg/ℓ)

項目	原水			処理水			除去率 (%)
	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	
pH	6.9	7.1	7.3	4.3	6.4	7.4	—
BOD	39	100	150	1	4	9	96
COD	23	71	155	6	9	13	87
SS	28	153	361	4	12	23	92
T-N	6.11	20.4	44.9	9.82	19.0	30.1	7
NH ₄ -N	3.56	11.9	29.9	0.074	1.68	10.5	—
NO ₃ -N	0.004	0.272	0.946	8.26	15.9	28.8	—
NO ₂ -N	0.004	0.406	1.34	0.004	0.239	0.753	—
Org-N	1.88	7.88	14.2	0.622	1.77	1.20	—
T-P	0.973	4.33	9.47	1.09	3.52	8.27	19
PO ₄ -P	0.506	2.46	4.56	0.916	3.22	8.04	—

※ 除去率は、平均値を用いて算出した。表5、6も同様である。

浄化槽の設計値は、概ねBOD200mg/ℓ、COD100mg/ℓ、SS180mg/ℓ、T-N42mg/ℓ、T-P6mg/ℓ程度であり、今回の9事業場の原水の平均値はいずれの項目も低い値であった。この原因としては、採水回数が1回限りであり、また、採水時刻が午前10時から12時ごろにかたより、平均的な原水の採水ができなかったためと考えられる。

処理水のBOD、COD、SSはいずれも低い値であり、除去率も概ね90%あるいはそれ以上と良好な処理状態であった。これは、浄化槽の算定人員に比べ実際の処理対象人員が少ないこと、今回調査した9団地のうち6団地の浄化槽が3次処理を行っていること等が原因と思われる。これに対しT-NやT-Pは、それぞれ7%、19%の除去率とあまり良くなかった。これは、原水のBOD:N:Pが100:20:4.3と活性汚泥処理の理想的な条件100:5:1に比べ、N、Pの比が大きかったためと考えられる。

N化合物の存在形態を原水及び処理水と比較してみると図1のとおりである。原水ではN化合物に占めるNH₄-N、Org-Nの割合がそれぞれ58%、38%であったものが、処理水ではそれぞれ9%、6%に減少している。一方、NO₃-Nは1%から84%へ大幅に増加しているが、このような硝化の進行で処理水のpHが低くなる傾向にあり、極端なものは曝気量を減少させる等して硝化の進行を抑制し、極端なpHの低下を防止させた。

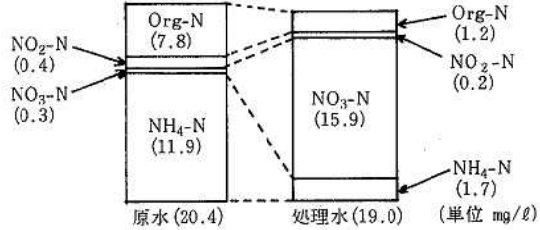


図1 団地系し尿浄化槽のN化合物の形態変化

3. 2. 事業場系し尿浄化槽

事業場系し尿浄化槽の原水及び処理水の水質調査結果は、表5のとおりである。

表5 事業場系し尿浄化槽の水質調査結果
(単位 pH以外はmg/ℓ)

項目	原水			処理水			除去率 (%)
	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	
pH	5.0	6.8	7.6	6.4	7.1	7.6	—
BOD	9	195	594	0.5	3	10	98
COD	8	78	149	2	6	13	92
SS	10	149	381	< 2	5	16	97
T-N	2.03	18.1	41.3	1.01	12.0	49.2	34
NH ₄ -N	0.298	8.17	20.7	0.021	1.60	6.96	—
NO ₃ -N	0.004	0.599	2.71	0.021	9.57	48.4	—
NO ₂ -N	0.004	0.162	0.534	0.004	0.221	1.26	—
Org-N	1.57	9.14	20.6	0.086	0.630	1.70	—
T-P	0.237	2.89	3.84	0.371	1.72	3.91	40
PO ₄ -P	0.057	1.30	2.70	0.271	1.60	3.60	—

事業場系の場合、温泉廃水や実験室廃水等の希薄な廃水の流入する旅館や大学、人工透析の廃水や食品加工廃水等の濃厚な廃水の流入する病院やスーパーマーケット等様々な廃水を処理するので、団地系に比べ各項目とも原水の水質は事業場毎に大きく違っている。

処理水のBOD、COD、SSはいずれも低い値であり、除去率もすべて90%以上と良好な処理状態であった。これは、10浄化槽のうち、6浄化槽が3次処理を行っていること、公共施設が多く管理が行き届いていたためと思われる。これに対し、T-N、T-Pは、それぞれ34%、40%の除去率と、団地系し尿浄化槽よりは良い除去率となっている。これは、原水のBOD:N:Pが、100:9.3:1.5と、事業場系の方が、N、Pの比が小さいためと思われる。

3. 3. 工場

工場の原水及び処理水の水質調査結果は、表6のとおりである。

工場の原水の水質は、対象の工場の業種が色々であり一様でないが、BOD、COD、T-Nが高いのは食品製造業、SSの高いのは砕石製造業、T-Pが高いのは食品製造業、リネンサプライ、機械・金属製品製

造業であった。

処理水のBOD, COD, SSはいずれも低い値であり、除去率も90%以上と良好な処理状態であった。T-N, T-Pは、それぞれ57%, 24%とT-Nの除去率は比較的良いが、T-Pの除去率はあまり良くない。これは原水のBOD:N:Pが100:4.2:1.9とNの比が小さいため、T-Nの除去率の方が良くなったものと思われる。今回調査した工場では、Nの過少なところが多く、活性汚泥処理を行う場合は、N分の補給が必要となることが多い。

表6 工場の水質調査結果 (単位 pH以外はmg/l)

項目	原水			処理水			除去率 (%)
	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	
pH	4.5	6.8	11.2	6.3	7.2	7.8	—
BOD	24	666	3,740	0.5	15	103	98
COD	27	293	1,580	1	23	76	92
SS	15	4,378	53,200	4	23	114	99
T-N	4.40	27.9	115	0.912	11.9	70.8	57
NH ₄ -N	0.006	7.71	54.3	0.013	4.95	55.1	—
NO ₃ -N	0.006	0.265	1.29	0.006	4.22	38.4	—
NO ₂ -N	0.004	0.247	1.52	0.004	0.106	0.988	—
Org-N	1.75	19.6	103	0.742	2.67	13.2	—
T-P	0.147	12.8	101	0.026	9.68	82.4	24
PO ₄ -P	0.015	8.55	97.8	0.008	8.58	78.0	—

表7 重信川流域の工場・事業場の発生負荷量及び排出負荷量

排出先	BOD			T-N			T-P		
	発生負荷量 (kg/日)	排出負荷量 (kg/日)	除去率 (%)	発生負荷量 (kg/日)	排出負荷量 (kg/日)	除去率 (%)	発生負荷量 (kg/日)	排出負荷量 (kg/日)	除去率 (%)
重信川	400	6.2	98	97.3	33.0	66	22.1	6.8	69
石手川	50	7.9	84	14.1	13.5	4	2.3	1.7	26
小野川	908	64.8	93	60.6	30.6	50	11.8	10.1	14
内川	1,090	8.1	99	42.0	20.0	52	13.5	7.8	44
砥部川	154	9.6	94	18.2	28.6	-57	4.0	3.8	5
計	2,602	95.6	96	232.2	125.7	46	53.7	30.2	44

表8 重信川の水質予測

河川名	環境基準	BOD (mg/l)			T-N (mg/l)			T-P (mg/l)		
		現状	負荷量0の場合	未処理の場合	現状	負荷量0の場合	未処理の場合	現状	負荷量0の場合	未処理の場合
重信川	A	3.2	3.1	6.3	2.08	1.96	2.21	0.18	0.15	0.21
石手川	AA	1.3	1.2	2.0	1.33	1.14	1.34	0.10	0.074	0.11
小野川	—	13	13	19	5.29	5.27	5.51	0.93	0.89	0.94
内川	—	2.8	2.7	25	1.91	1.57	2.36	0.11	0	0.23
砥部川	—	2.1	2.1	2.8	2.21	2.08	2.16	0.098	0.080	0.099
石手川 (小野川合流後)	C	4.4	4.1	10	3.46	3.33	3.66	0.39	0.33	0.40

※ 重信川の水質及び負荷量は、昭和55年度の重信川調査の中央値を用いた。

3. 4. 重信川への影響

重信川流域の排水量50m³/日以上以上の工場・事業場の発生負荷量及び排出負荷量は、表7のとおりである。これらの工場・事業場では、BODの96%, T-Nの46%, T-Pの44%が除去されて、重信川へ排出されており、その排出水の平均水質は、BOD 6 mg/l, COD 9mg/l, SS 10mg/l, T-N7.8mg/l, T-P1.9mg/lであった。

次に、これらの工場、事業場の重信川へ与える影響を予測したものが表8である。なお、ここでは河川の自浄作用はないものとして予測を行った。これらの工場・事業場が重信川のBOD負荷量に占める割合は3.7%しかなく、軽微であると考えられる。また、表8から、これらの工場・事業場の負荷量を0にしても重信川の水質にあまり変動はないが、逆に未処理で排出した場合、水質は大幅に悪化することが予測される。

4. まとめ

重信川流域の排水量50m³/日以上以上の工場・事業場の水質調査を行い、次のことがわかった。

・ これらの工場・事業場の排出負荷量は、BOD95.6 kg/日、T-N125.7kg/日、T-P30.2kg/日であった。

・ これらの工場・事業場のほとんどで汚水処理施設が完備し、適切な維持管理がなされており、BODで96%, T-Nで46%, T-Pで44%が除去されており、BOD

の除去率は良いが、T-N, T-Pはあまり良くなかった。今後は富栄養化の問題も絡んで、N, Pの除去が課題となるであろう。
・ これらの工場・事業場が未処理で排出した場合、重信川の水質は大幅に悪化することが予測されるので、今後とも工場・事業場の汚水処理に万全を期さすよう、監視・指導することが必要であると考えられる。

— 参考文献 —

- 1) 昭和56年版環境白書 (愛媛県)

重信川水系におけるステロールの分析

越智久尚・二宮久

1. はじめに

ステロールは、その基本骨格に、シクロペンタノヒドロフェナントレン環を持つアルコールの総称であるが、その代表的なコレステロールは、家庭排水や畜舎排水中にも見出すことができる。

また、コプロスタノールは、高等動物のふん便中にのみ存在する特異なステロールである。従って、両ステロールは、人畜汚染の指標物質として有効であると考えられる。このことから、両ステロールを指標物質として、肱川水系の人畜汚染の現況把握を試み、その結果を所報第2号に報告した。

今回、更に、重信川水系において、追加検討したので、その結果を報告する。

2. 調査方法および分析方法

2. 1. 調査方法

調査地点は、河川水質への寄与が大きいと考えられる汚濁発生源を網羅するように設定した。

地点数は、30地点とし、昭和55年5月、8月、11月、昭和57年2月に調査した。

調査地点は、図1のとおりである。

2. 2. 分析方法

(1) コプロスタノール、コレステロール

立川らの方法に準じた、所報第2号の方法に従って分析した。

持ち帰った検水をヘキサン抽出し、ヘキサン層を濃縮する。濃縮後1N水酸化カリウム70%エタノール溶液を加えて加水分解する。その後、ヘキサンに再抽出してKD濃縮し、窒素気流下で乾固させる。

残渣をDMF (Dimethylformamide) 200 μ lに溶解させ、BSTFA (N, O-Bis (trimethylsilyl) trifluoroacetamide) 200 μ lを加えてシリル化する。

一夜放置後、窒素気流下で乾固させ、残渣をヘキサン1mlに溶解してGC-MS-MIDにより分析を行う。

GC-MS-MID条件は、表1のとおりである。

(2) その他項目

K, Naは原子吸光光度法、T-N(全窒素)、O-N(有機体窒素)、T-P(全リン)、MBAS(メチレンブルー活性物質)は、JISK 0102、大腸菌群数はBGLB培地、

表1 GC-MS-MID条件

GC条件

カラム：2%OV-225クロモソルブW AW DMCS 80~100メッシュ 1m ガラスカラム

温度 カラム：240℃ セパレータ：280℃

注入口：300℃

キャリアーガス：He, 25ml/分

MS-MID条件

加速電圧：3.5kV

トラップ電流：60 μ A

イオン化エネルギー：20eV

イオン源温度：310℃

指定フラグメント

コプロスタノール：m/e 370

コレステロール：m/e 329

E. coliはEC培地(培養温度44.5℃)を使用した最確数法により測定した。

3. 調査結果および考察

調査対象とした重信川水系は、昭和49年4月環境基準類型指定がなされ、重信川本川のうち、重信橋上流はA A、下流はAに、また、一次支川石手川のうち、遍路橋上流はA A、下流はC類型に指定されて以来、現在まで常時監視が行なわれてはいるが、顕著な水質の改善はみられない。

3. 1. ステロールの濃度変化

ステロール分析結果を表2に、重信川および主要支川における濃度変化を図2に示す。ただし、図2の濃度は、調査4回の幾何平均値である。

両ステロールとも、No.18(市坪排水路)が最も高く次いで、No.9(小野川)となっている。両流域は、人口が密集しており、生活雑排水、浄化槽排水の影響と思われる。また、石手川の濃度は、小野川流入後かなり上昇していることから、小野川が大きく寄与していることがわかる。

重信川本川では、No.24で検出されたコプロスタノールは、下流のNo.23では検出されていない。両地点間には、畜舎排水、浄化槽排水が少ないこと(図1参照)、

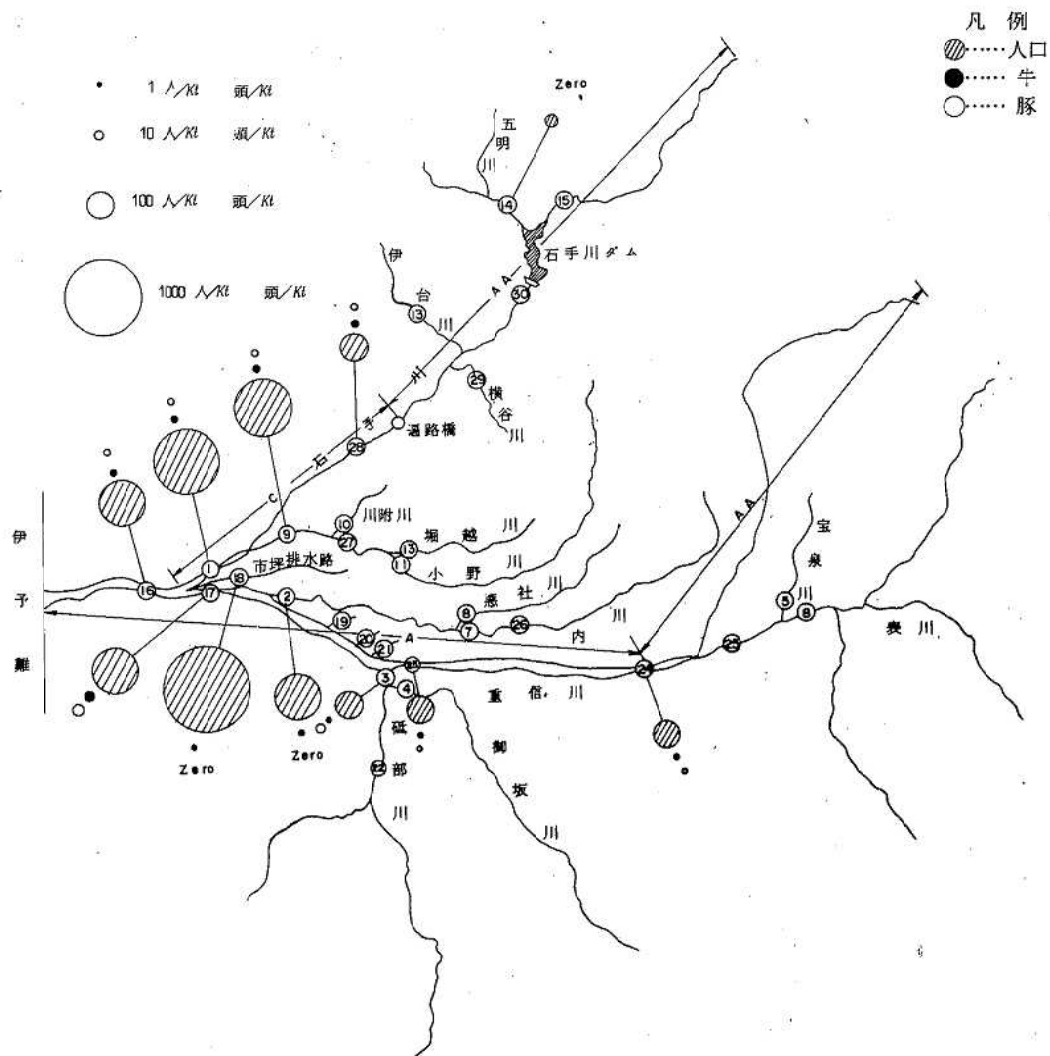


図1 重信川水系調査地点および人畜の分布(単位流量当り)

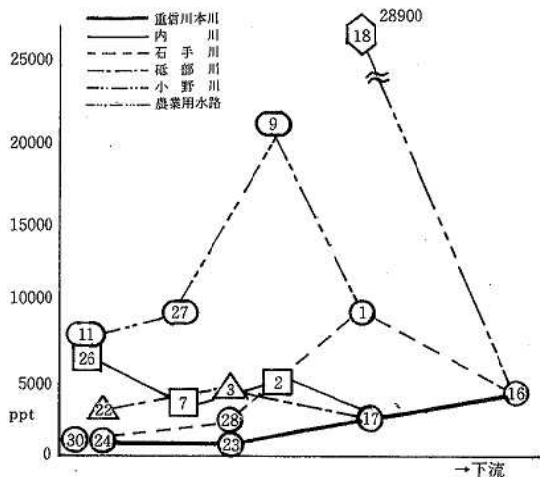


図2-1) コレステロール濃度の変化

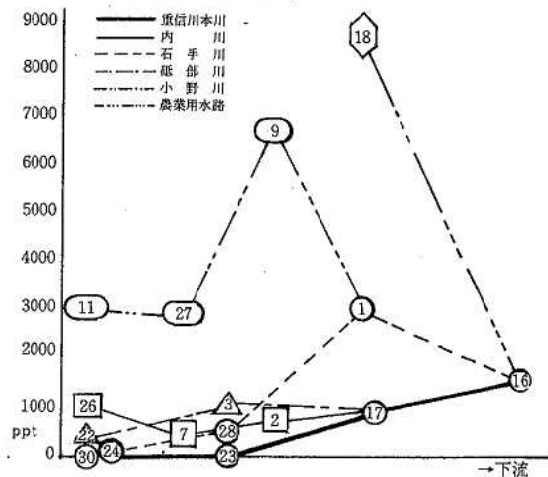


図2-2) コプロスタノール濃度の変化

表2 ステロール分析結果

採水地点		コプロスタノール(ppb)				コレステロール(ppb)			
		I (S.55.5.14)	II (S.55.8.25)	III (S.55.11.17)	IV (S.56.2.25)	I (S.55.5.14)	II (S.55.8.25)	III (S.55.11.17)	IV (S.56.2.25)
1	石手川下流	4.26	0.56	4.30	5.70	11.5	2.24	15.9	15.9
2	中川原橋	1.63	0.31	0.22	0.86	7.24	2.24	2.05	5.09
3	砥部川下流	1.05	0.50	1.20	0.57	3.04	1.96	5.80	3.58
4	高尾田橋	0.52	1.57	0.21	0.26	1.99	1.64	0.87	1.32
5	竹之鼻	0.24	0.24	0.30	0.28	2.63	1.43	2.27	2.85
6	川内橋	0.05	0.05	0.22	0.07	0.57	0.99	1.41	0.97
7	高井	0.37	0.15	0.28	1.03	2.37	1.49	1.97	2.50
8	西林寺	1.97	0.16	0.35	2.12	9.62	1.86	2.12	8.29
9	吉木橋	12.5	1.71	5.80	12.3	42.8	5.90	18.8	31.8
10	新生橋	12.2	3.22	10.7	10.6	35.4	8.32	29.7	37.9
11	落合橋	2.44	1.00	5.10	3.39	6.89	1.98	12.0	13.5
12	北久米	5.44	2.25	4.87	11.0	16.5	6.10	17.5	44.1
13	頭尾	1.77	0.28	0.47	1.27	3.94	1.03	1.81	3.94
14	神次郎	0.57	0.08	0.18	0.09	2.09	0.76	0.90	1.07
15	玉谷	ND	ND	ND	ND	0.86	0.34	0.39	0.27
16	出合橋	1.62	0.35	1.50	3.24	4.56	1.42	5.52	4.11
17	ごみ焼却場横	0.77	0.21	0.66	3.50	2.25	0.93	1.40	4.90
18	市坪	19.2	3.07	5.95	12.6	49.4	11.8	22.2	53.2
19	かきつばた樋門	4.56	0.25	13.9	1.18	5.72	3.00	11.6	4.48
20	夫婦泉	1.02	0.21	1.40	0.55	7.21	1.88	8.35	3.97
21	森松	1.30	0.37	1.09	1.90	8.37	3.98	4.85	8.52
22	公園橋	0.99	0.12	0.28	0.27	3.49	1.15	1.70	1.40
23	重信橋	ND	ND	ND	ND	1.00	0.49	0.29	0.52
24	拝志大橋	0.10	0.03	0.02	0.05	1.00	0.57	0.43	0.75
25	吉久橋	0.06	0.05	0.08	0.13	0.74	0.76	0.69	0.79
26	吹上橋	1.00	0.29	0.57	2.94	6.66	2.49	3.95	15.4
27	天山橋	—	1.12	3.43	3.70	—	3.06	10.8	15.6
28	湯渡橋	0.22	0.15	0.41	0.80	0.90	1.22	1.54	2.96
29	食場	ND	ND	ND	ND	1.67	0.86	0.70	1.14
30	石手川ダム直下	ND	ND	ND	ND	0.44	0.92	0.53	0.41

注 1) ND < 0.01ppb

3. 3. 調査項目間の相関

調査項目間の相関係数を表4に示す。各項目とも自然対数値を、また、家畜頭数、人口、浄化槽数については、測定地点上流部に位置するものの総数を流量で除し、自然対数を取って使用した。

各項目とも、概ね人口との相関はみられるが、家畜頭数にはみられない。主汚濁発生源が人間であるためと考えられ、生活雑排水の指標であるMBAS、ふん便の指標であるコプロスタノール、両指標であるコレステロールが、相互に良く相関していることと一致している。

3. 4. 主成分分析 (PCA)

これまで、コプロスタノール、コレステロール濃度および負荷量を中心に、汚濁の現況を考察してきたが2項目の持つ情報量には限界がある。このことから、多種類の項目の持つ情報を総合特性値に要約するため主成分分析を適用した。

各測定値は、自然対数値に変換し、計算は、相関行列から出発した。結果を表5に示す。

調査4回を通じ、Z₁ (第1主成分) に対する因子負荷量は、全て正であるが、そのうち、大腸菌群数、E. coli は、他の項目に比べて小さく、また、水量に伴な

表5 主成分分析結果

項目	第1主成分 (Z ₁)								第2主成分 (Z ₂)							
	因子負荷量				寄与率 (%)				因子負荷量				寄与率 (%)			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
T-N	0.946	0.346	0.934	0.904	89.4	71.5	87.3	81.7	-0.017	-0.402	-0.083	-0.213	0.03	16.12	0.69	4.52
T-P	0.975	0.397	0.943	0.968	95.0	80.4	88.9	93.8	-0.100	-0.194	-0.110	-0.120	1.00	3.77	1.22	1.44
MBAS	0.890	0.396	0.916	0.897	79.2	80.3	84.0	80.4	-0.379	0.178	-0.101	-0.107	14.35	3.17	1.02	1.14
BOD	0.958	0.920	0.915	0.936	91.8	84.7	83.8	87.7	-0.148	-0.324	-0.302	-0.264	2.19	10.50	9.10	6.96
コプロスタノール	0.965	0.948	0.955	0.956	93.2	90.0	91.2	91.3	-0.037	0.124	-0.140	-0.013	0.14	1.54	1.97	0.02
コレステロール	0.950	0.948	0.957	0.960	90.2	89.8	91.6	92.2	-0.116	-0.171	-0.213	-0.212	1.35	2.91	4.52	4.51
大腸菌群数	0.940	0.870	0.802	0.603	81.7	75.6	64.3	36.4	0.368	0.405	0.566	0.764	13.51	16.43	32.02	58.34
E. coli	0.864	0.882	0.819	0.797	74.6	77.9	67.1	63.6	0.471	0.389	0.530	0.509	22.19	15.14	28.09	25.92
累積寄与率	86.9	81.3	82.3	78.4					93.7	90.0	92.1	91.2				

I : 昭和55年5月14日 II : 昭和55年8月24日 III : 昭和55年11月17日 IV : 昭和56年2月25日

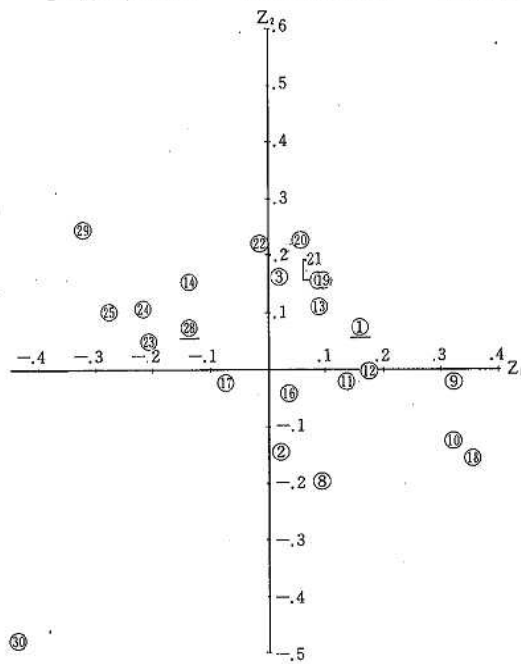


図3 スコア散布図(昭和55年5月14日)

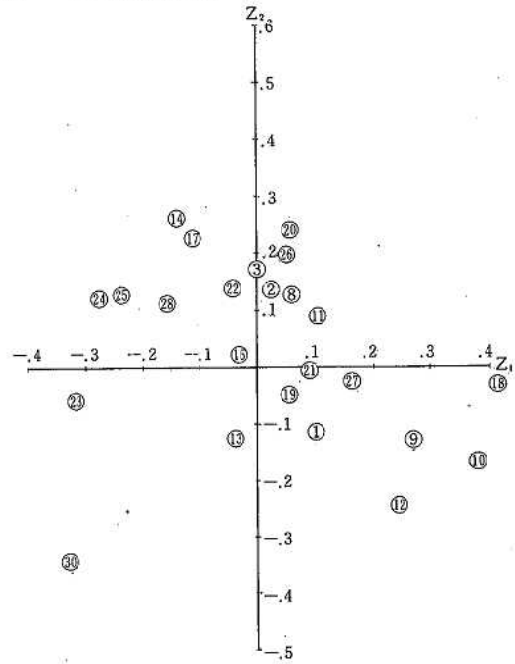


図4 スコア散布図(昭和55年8月24日)

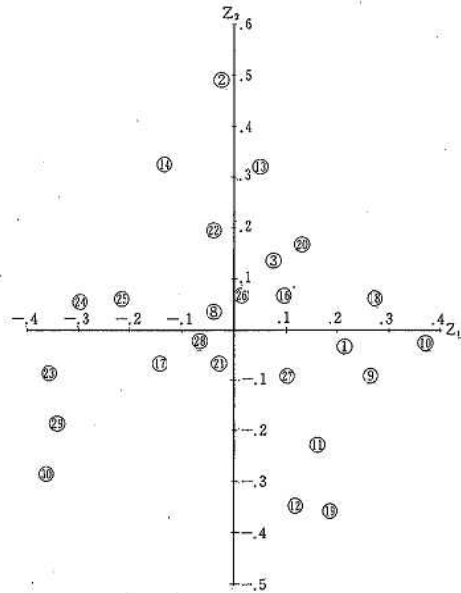


図5 スコア散布図(昭和55年11月17日)

って減少している。(水量は、 $I \approx II > III > IV$) 大腸菌群数, E. coli のような細菌は、環境中で複雑な挙動をすることがうかがえる。

しかしながら、累積寄与率は $I \approx II > III > IV$ の順に減少しているが、最低時のIVで78%であり、大部分の情報は、 Z_1 に集まっているといえる。 Z_1 は「大きさの因子」すなわち、汚濁の程度を表わす指標と考えられる。

Z_2 (第2主成分) に対する因子負荷量には、正負のものがまじっている。4回を通じて次のことがいえる。

正のもの — 大腸菌群数, E. coli

負のもの — BOD, コレステロール, T-N, T-P

正負の変動するもの — MBAS, コプロスタノール

ただし、MBAS, コプロスタノールはIIのみが正で他は負となっている。IIは、前日降雨があったので、その影響が現われたためであろう。

Z_2 は、大腸菌群数, E. coli による汚染と、BOD等有機物による汚染を区別する指標と考えられる。

各地点における調査4回の Z_1 , Z_2 スコア散布図を、図3~6に示す。

常に小野川(No.9, No.10, No.12), 市坪排水路(No.18)の Z_1 スコアが大きく、汚濁の大きいことがわかる。これに対し、石手川ダム直下(No.30), No.23, No.29は常に小さい。その理由として、1). No.30では、ダムによる水質の回復がある。2). No.23では、No.24との間に汚濁源が少なく、また、流下中、自浄作用により水質が回復する。3). No.29には、ほとんど汚濁源がないが考えられる。また、砥部川(No.3)の Z_1 スコアは中位にあり、小野川、市坪排水路に比べると汚濁は小さい。

Z_2 スコアは、各地点とも調査時期により変動してい

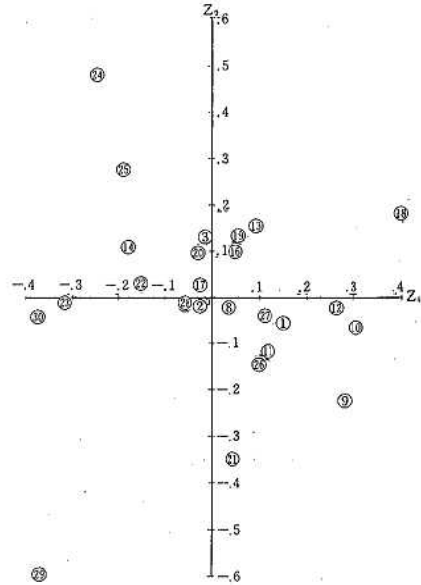


図6 スコア散布図(昭和56年2月25日)

る。因子負荷量の大きい大腸菌群数, E. coli が、周囲の環境要因によって、著しく変動するためと推察される。

以上のことから、重信川水系では、小野川、市坪排水路流域で、汚濁の進行していることがわかる。

4. おわりに

重信川水系は、肱川水系(所報第2号に報告)と異なり、流域に分布する家畜頭数が少ない。また、汚濁水を排出する大規模事業場がほとんどないことと併せて考えると、当水域に発生する汚濁水は、人間に由来した、生活雑排水、浄化槽排水であると推定される。

また、ステロール解析結果、主成分分析結果とも市坪排水路、小野川流域の汚濁が著しいことを示唆している。これらのことから、昭和57年3月「重信川をきれいにする計画」が策定され、今後重信川流域に対する広域浄化対策が実施されることになっている。

なお、現地調査に協力いただいた松山中央保健所および基礎資料の収集に協力いただいた関係市町に対し深謝する。

— 文 献 —

立川涼, 伊藤治郎, 脇本忠明: 農芸化学会誌, 51, 5, 315, 1977.

小椋和子, 半谷高久: 用水と廃水, 12, 12, 84, 1970

伊藤治郎, 立川涼: 陸水学会誌, 39, 3, 123, 1978.

日本地球学会編: 水質汚濁の機構と解析

奥野忠一他: 多変量解析法, 日科技連

愛媛県公害技術センター所報第2号

低級脂肪酸の発生源実態調査

篠崎 由紀・林

弘

1. はじめに

現在悪臭防止法によって、硫化水素等8物質が規制されている。しかし、畜産事業場、下水処理場、し尿処理場などの悪臭実態調査において、8物質のみの測定では、それら以外の悪臭物質による影響や複合臭気の関係で、住民の苦情に充分対応することができない。そこで今回は臭いの閾値が低く、悪臭成分である低級脂肪酸について、これら事業場の発生源実態調査を試みた。

低級脂肪酸の分析法については、アルカリろ紙法¹⁾²⁾、アルカリ水溶液法³⁾、アルカリビーズ法⁴⁾があり、前2者についてはエステル化⁵⁾⁶⁾したり、エーテル²⁾、クロロホルム⁵⁾等の有機溶媒抽出、あるいは水蒸気蒸留⁷⁾による水溶液濃縮などで処理後、ガスクロマトグラフによって分析される。しかし、これらは回収率、抽出率に問題があり、さらに時間がかかるなどの難点がある。筆者らは、日本環境衛生センターによって報告された、簡便で迅速な分析法と考えられる、アルカリビーズによる常温吸着法に若干の考察を加え、発生源実態調査に適用したのでその結果を報告する。

2. 実験方法

2. 1. 装置

- ・ガスクロマトグラフ 島津GC-5A FID
- ・加熱導入装置 島津加熱導入装置FLS-3
- ・データ処理機 島津クロマトバックC-EIB
- ・ダイヤフラムポンプ 岩城AP-115
- ・乾式流量計 日京製作所

2. 2. 試薬

2. 2. 1. 脂肪酸標準液

酢酸(C₂)、プロピオン酸(C₃)、イソ酪酸(*i*-C₄)、*n*酪酸(C₄)、イソ吉草酸(*i*-C₅)、*n*-吉草酸(C₅)、イソカブロン酸(*i*-C₆)、*n*-カブロン酸(C₆)、いずれも特級試薬を適宜水に溶かして、500ppm、100ppmに調製したものの。

2. 2. 2. 分解試薬

ギ酸：MERCK 20 μ lをガスクロマトグラフで分析し、被検成分の位置にピークのないことを確認して用

いる。

2. 2. 3. 捕集用アルカリビーズ

ガラスビーズ(24mesh)を塩酸、ついで蒸留水で十分洗浄乾燥後、水酸化ストロンチウム1wt%にコーティングしたもの。なお、水酸化ストロンチウムのメタノール溶液にビーズを浸し、その後ロータリー濃縮を行ってアルカリコーティングしたものは、酢酸の位置にかなりのブランク値が見られたため、以後水溶液に浸し、乾燥機(180 $^{\circ}$ C)で乾燥して用いた。ガラス管、ガラスウールについても酸洗浄したものを使用した。

2. 3. サンプルングおよび分析手順

環境庁告示47号に示す、スチレン用TENAX管と同じガラス管にアルカリビーズを3g充填し、両端をガラスウールで止めたビーズ管を、現場でダイヤフラムポンプと乾式流量計に接続、2 ℓ /分の吸引速度で試料ガスを吸引し、低級脂肪酸を反応捕集する。持ち帰ったビーズ管は180 $^{\circ}$ Cで加熱しながら窒素ガス1 ℓ を流し、妨害物質を除去する。次にビーズ管に注射針を付け、ガスクロマトグラフに接続し、マイクロシリンジでギ酸20 μ lを注入後、180 $^{\circ}$ Cで加熱追い出しして、分析した。表1にガスクロマトグラフ分析条件を、図1に低級脂肪酸のガスクロマトグラムを示す。

表1 ガスクロマトグラフ分析条件

Column:	H ₃ PO ₄ 2%	Chromosorb101 60~80mesh
	3 m \times 3 mm ϕ	ガラスカラム
Column. T.:	100 $^{\circ}$ C ~ 160 $^{\circ}$ C	20 $^{\circ}$ C/min
	160 $^{\circ}$ C ~ 250 $^{\circ}$ C	10 $^{\circ}$ C/min
	250 $^{\circ}$ C	6 min
Inject. T.:	250 $^{\circ}$ C	
Detect. T.:	250 $^{\circ}$ C	
N ₂	50ml/min	
Air	0.8 ℓ /min	
H ₂	45ml/min	
検出器	FID	

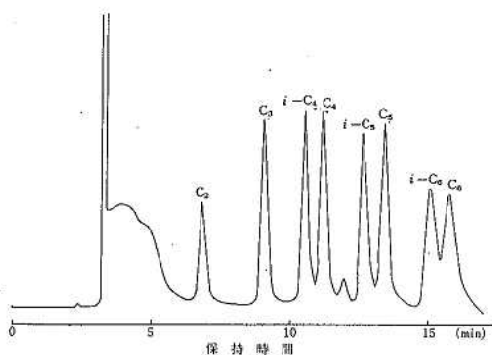


図1 低級脂肪酸のガスクロマトグラム

2. 4. 検量線の作成

0.3~4 μg の低級脂肪酸の標準液をビーズ管に添加し、2. 3. の手順に従って検量線を作成した。検量線はデータ処理機による、ピーク面積を使用した。(図2)

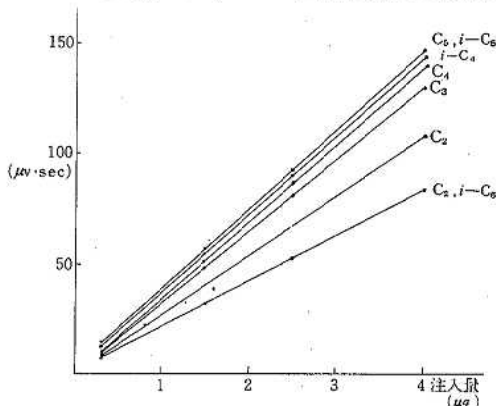


図2 低級脂肪酸の検量線

今回はカラム充填剤を2%リン酸クロモソルブ101 (3m) に限定して使用したところ、下限が300ng とかなり高く、検出限界が試料ガス100 ℓ で、 C_2 : 1.1ppb, C_3 : 0.9ppb, C_4 ・ $i-C_4$: 0.8ppb, C_5 ・ $i-C_5$: 0.7ppb, C_6 ・ $i-C_6$: 0.6ppbであった。

2. 5. 捕集効率

低級脂肪酸は吸着性が強く、既知濃度の標準ガスの作成が困難なため、捕集効率は実際の発生源で2本のビーズ管を直列につないで検討した。その結果を表2に示す。二連目は2回目の C_2 以外、全て検出限界未満で、一連目ではほぼ100%の低級脂肪酸が捕集されている。なお、捕集効率の計算において、二連目の濃度は検出限界の値を用いた。

表2 捕集効率

脂肪酸類		C_2	C_3	$i-C_4$	C_4	$i-C_5$	C_5	$i-C_6$	C_6
1 回目	一連目 (ppb)	65	30	2.7	36	3.1	5.2	<0.6	2.6
	二連目 (ppb)	<1.1	<0.9	<0.8	<0.8	<0.7	<0.7	<0.6	<0.6
	捕集効率 (%)	98.3	97.1	77.1	97.8	81.6	88.1	—	81.3
2 回目	一連目 (ppb)	1970	709	8.6	562	33	122	4	66
	二連目 (ppb)	3.5	<0.9	<0.8	<0.8	<0.7	<0.7	<0.6	<0.6
	捕集効率 (%)	99.8	99.9	91.5	99.9	97.9	99.4	87.0	99.1

3. 発生源実態調査

調査事業場は、養豚場、養鶏場、養牛場、化製場、し尿処理場、ゴミ処理場(高速堆肥化処理施設)、下水終末処理場の7業種11事業場を対象とした。各事業場において表3のように、主な発生源と思われる場所を選んで調査した。

し尿処理場では、臭気強度4の曝気槽、臭気強度5の好気性消化槽とも低級脂肪酸は全く検出されなかった。他の物質が悪臭の原因となっている。下水処理場についてはサンプリング時に風が強かったため、拡散され、臭気強度も濃度も低い。低級脂肪酸の検出された、畜産事業場、化製場、ゴミ処理場について、低級脂肪酸の濃度比を見たのが、図3~6である。

図3の養鶏場については、 C_2 が一番高く、ついで C_3 および C_4 となり、ほぼ全サンプリング地点において同様な濃度比を示している。245 ℓ の大量採気したM養鶏場鶏舎からは、 C_6 まで8物質すべてが検出された。

図4の養豚場については、堆肥舎は豚舎に比べて、 C_3 と C_4 の濃度が高く、臭の質が異なっていることがわかる。堆肥舎では腐敗が始まっているのであろう。牛舎は、豚舎の濃度比とほぼ同じである。

図5の化製場についてはS・E両事業場とも牛、豚、鶏の獣津から油脂、飼料を製造しており、E化製場は57年2月に運転を始めた新しい油温脱水方式であり、S化製場は、加圧蒸製釜を使用している古い工場である。多くの地点では $i-C_4$ の減少が見られるのが、S化製場の燃焼室と燃焼室前については C_4 と $i-C_4$ が同程度の濃度である。また両化製場とも他の事業場に比べ、比較的高い $i-C_5$ と C_6 が検出されている。

図6のHゴミ処理場については、生ゴミを発酵処理する発酵槽投入口で、今回測定した中で、一番高濃度の低級脂肪酸を検出したが、 $i-C_4$ 、 $i-C_5$ が他の低級脂肪酸に比べて極端に低いことが特徴である。

次に C_2 ~ C_6 の中で濃度の高い、 C_2 、 C_3 、 C_4 について濃度と臭気強度の関係を見たのが図7である。臭気強度が大きくなれば、各低級脂肪酸とも濃度が高くなる傾向があり、低級脂肪酸類がこれら事業場の臭いの一要因になっていることが伺われる。

表3 発生源分析結果

(濃度 ppb)

事業場名	サンプリング地	サンプリング点	サンプリング年月日	天候	気温℃	C ₂	C ₃	i-C ₄	C ₄	i-C ₅	C ₅	i-C ₆	C ₆	臭気強度
M 養鶏場	鶏舎	糞置場	57.3.12	雨	12.0	6.5	1.6	0.5	1.0	0.4	0.3	0.3	0.6	3
						44.1	12.2	3.9	10.3	3.1	ND	ND	ND	4~5
						151	37.5	9.0	47.2	12.0	ND	ND	ND	5
I 養鶏場	鶏舎	糞置場	57.3.12	曇	14.0	9.6	1.5	2.4	1.4	0.7	ND	ND	ND	3
						5.0	0.8	ND	1.5	0.6	ND	ND	ND	4
						9.7	1.0	0.7	1.3	0.9	ND	ND	ND	4
T 養豚場	豚舎	堆肥舎	57.3.17	晴	14.0	18.6	3.7	0.8	0.9	0.7	ND	ND	ND	4
						17.2	7.3	1.3	4.7	1.3	0.7	ND	ND	5
O 養豚場	豚舎	堆肥舎	57.3.17	曇	16.0	13.1	2.7	1.4	1.0	0.8	ND	ND	ND	4
						31.7	15.1	4.3	9.1	2.7	1.3	ND	ND	5
W 養牛場	牛舎		57.3.16	晴	15.8	7.2	2.0	2.0	1.4	1.2	0.6	ND	ND	3
IM 養牛場	〃		57.3.16	晴	14.0	2.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
S 化製場	燃焼室前	燃焼室	57.3.23	曇	21.5	11.4	4.5	3.5	4.4	5.1	ND	ND	1.8	4~5
						24.5	6.5	5.9	6.5	6.9	ND	ND	ND	5
						10.5	7.6	ND	2.3	1.4	1.4	ND	4.9	5
E 化製場	原料置場	原料製品置場	57.3.27	曇	14.5	29.5	9.5	1.6	8.1	4.2	ND	ND	3.3	5
						1.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
						34.6	5.1	0.9	15	10.4	3.8	0.7	ND	5
H ゴミ処理場	コンポスト堆積場	生ゴミ貯槽投入	57.3.29	晴	14.8	64	33	2.5	39	3.2	6.5	ND	5.1	5
						39.4	16.0	0.7	5.6	ND	ND	ND	ND	5
						2800	1060	15.0	1000	44.6	186	4.1	152	5
M し尿処理場	汚泥乾燥室内	曝気槽	57.3.26	晴	15.0	1.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
						ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4
						ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5
M 下水処理場	屋内汚水沈砂池	汚泥濃縮槽	57.3.25	晴	15.5	1.8	0.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2
						9.2	4.4	3.1	0.8	ND	ND	ND	ND	5
						7.0	0.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
						12.2	0.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2

注) N. D. は試料ガス100ℓの場合、次のとおりである。

C₂: 1.1ppb C₃: 0.9ppb C₄・i-C₄: 0.8ppb C₅・i-C₅: 0.7ppbC₆・i-C₆: 0.6ppb

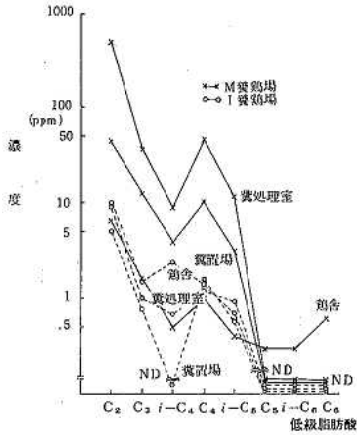


図3 養鶏場の低級脂肪酸の濃度比

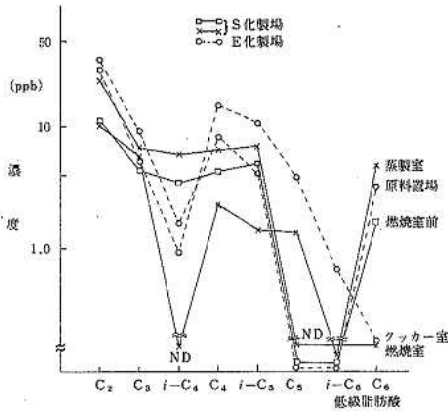


図5 化製場の低級脂肪酸の濃度比

4. まとめ

低級脂肪酸は、動植物が腐敗する際に中間産物として生成されるもので、今回調査した事業場はすべてこの過程を含むものである。図3～6のようにC₂濃度が高く、次いでC₃、i-C₄、C₄、i-C₅と続き、C₂～i-C₅はほぼ各事業場ともよく似た濃度比をしており、C₅～C₆は全体的に低濃度であった。

低級脂肪酸類の臭気強度⁴⁾2.5(認知閾値)はi-C₄:3.0ppb, C₄:1.3ppb, i-C₅:1.3ppbであり、今回の測定値のうちC₄は84%が、i-C₅:61%, i-C₄:32%が臭気強度2.5の値を越えている。このようにこれらの事業場において低級脂肪酸類が悪臭の一因となっていることは疑いなく、悪臭対策においても、この事を考慮する必要がある。

なお今回採用したアルカリピーズ法は、サンプリング方法、ガスクロ分析とも簡便で、迅速な方法である。ただ環境など、濃度の低い場合にサンプリングに長時間要することと、アルカリピーズの使用が1回のみであることが問題点であり、今後検討していきたい。

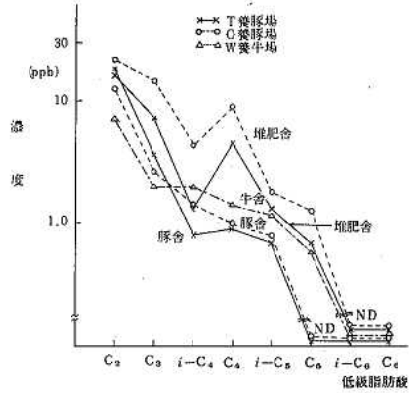


図4 養豚・養牛場の低級脂肪酸の濃度比

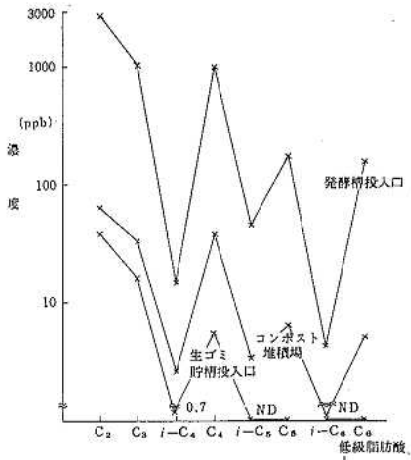


図6 Hゴミ処理場の低級脂肪酸の濃度比

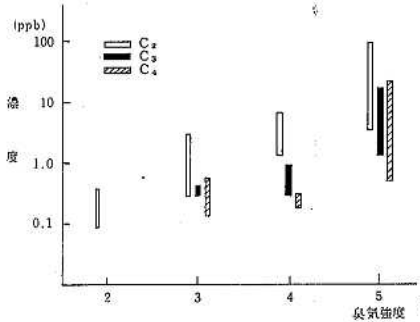


図7 低級脂肪酸濃度と臭気強度の関係

—— 文 献 ——

- 1) 神谷明男：名古屋市公害研究所報No.5 (1976)
- 2) 辻 正彦：兵庫県公害研究所研究報告第10号(1978)
- 3) 岡林南洋：分析化学 vol. 25(1976)
- 4) 日本環境衛生センター編：悪臭物質の測定等に関する研究 昭和55年
- 5) 堀場裕子：悪臭の研究 vol. 9 No.42
- 6) 山下市二：食品工誌 20, 22, (1973)
- 7) 宮本弘子：公害と対策 vol.13 No.3

フォールアウト核種の時系列変動

松浦 榮美・室岡 学・水口 定臣
徳山 崇彦・金子 敏明・西原 博明

1. はじめに

愛媛県では、昭和50年度から伊方原子力発電所周辺における環境モニタリングを実施しており、その調査結果については、年度ごとに「伊方原子力発電所周辺環境放射線等調査結果」¹⁾にとりまとめて報告している。

この調査結果の中で、すでに核爆発実験の影響評価を行っているが、ここでは昭和51年1月から56年12月までの6年間における月間雨水・ちり中のフォールアウト降下状況の時系列解析を行ったので報告する。

2. 検討の概要

2. 1. 調査地点

調査地点は、愛媛県の地勢上ほぼ中央に位置している松山市および西南に位置する西宇和郡伊方町の2地点である。

2. 2. 試料採取

松山市では愛媛県生活保健ビル（松山市三番町8丁目234）屋上に、伊方町では九町越公園内の地上に設置した内面積5,000 cm²のステンレス製水盤により、月間雨水・ちりを採取し、硝酸を加えて蒸発乾固して全部

を供試料とした。

2. 3. 測定

全βは、低バックグラウンド放射能自動測定装置で測定した。γ線放出核種は、Ge(Li)半導体検出器による機器分析を行った。

2. 4. データ

時系列変動解析に用いたデータは、全β、¹³⁷Cs（半減期—30年）および¹³⁷Ce（半減期—284日）であり、両地点における月間降下量を表1および表2に示す。

2. 5. 季節変動の算出

季節変動を表す季節指数は、次のとおり月別平均法²⁾で求めた。

- (1) 月別に6データの計を6(年数)で割り、月平均値を求める。
- (2) 全期間平均は、6年間のデータ72(6か年の月数)で割って求める。
- (3) 季節指数は、(1)を1200分率で表した。すなわち、全期間平均を100として、月平均値を換算したものである。

表1 最近6年間の松山市における雨水・ちり中の全β、¹³⁷Cs、¹³⁷Ceの月間降下量 (単位: mCi/km²)

年	核種等	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
51年	全β	0.4	0.9	0.4	0.6	0.4	0.5	0.2	0.2	0.6	2.9	1.3	1.1	9.5
	¹³⁷ Cs	0.006	0.115	0.015	0.021	0.016	0.012	0.006	0.005	0.009	0.009	0.0063	0.015	0.2353
	¹³⁷ Ce	0.018	0.029	0.058	0.053	0.022	0.018	0.012	0.015	0.008	0.159	0.055	0.052	0.490
52年	全β	0.3	0.5	3.3	4.5	3.1	4.8	1.3	1.0	3.6	1.7	2.3	1.0	27.4
	¹³⁷ Cs	0.0016	0.0072	0.041	0.062	0.041	0.089	0.027	0.024	0.020	0.026	0.042	0.028	0.4088
	¹³⁷ Ce	0.011	0.027	0.47	0.89	0.64	1.1	0.34	0.27	0.26	0.35	0.56	0.28	5.198
53年	全β	1.9	2.1	6.6	2.7	1.6	1.0	0.6	0.2	0.5	0.5	0.4	0.9	19.0
	¹³⁷ Cs	0.056	0.079	0.044	0.099	0.084	0.044	0.025	0.0053	0.015	0.0080	0.0065	0.011	0.4768
	¹³⁷ Ce	0.57	0.72	0.52	0.79	0.60	0.28	0.17	0.0027	0.027	0.045	0.028	0.066	3.843
54年	全β	1.3	1.0	0.8	1.1	0.5	0.7	0.5	0.2	0.3	0.1	0.4	0.2	7.1
	¹³⁷ Cs	0.028	0.031	0.024	0.060	0.021	0.024	0.0085	0.0034	0.0041	0.0031	0.0068	0.0016	0.2155
	¹³⁷ Ce	0.11	0.11	0.089	0.17	0.052	0.070	0.032	0.072	0.017	0.0051	—	—	0.7391
55年	全β	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4	0.7	0.6	0.5	0.9	1.4	2.6	9.7
	¹³⁷ Cs	0.0057	0.0080	0.014	0.013	0.017	0.011	0.013	0.0051	0.0028	0.0049	0.0048	0.018	0.1173
	¹³⁷ Ce	0.031	—	0.026	0.0068	0.0044	—	—	—	—	—	0.096	0.17	0.3342
56年	全β	1.8	6.8	5.7	5.0	4.4	2.8	1.0	0.6	0.5	0.8	1.0	0.7	31.1
	¹³⁷ Cs	0.014	0.060	0.072	0.095	0.079	0.077	0.024	0.0079	0.0057	0.011	0.014	0.0071	0.4667
	¹³⁷ Ce	0.16	0.79	0.85	1.4	1.1	0.82	0.23	0.11	0.071	0.076	0.062	0.029	5.6980

Shigemi Matsuura・Manabu Murooka・Sadaomi Minakuchi・Takahiko Tokuyama・Toshiaki Kaneko
Hiroaki Nishihara

表2 最近6年間の伊方町における雨水・ちり中の全β, ¹³⁷Cs, ¹³⁴Ceの月間降下量 (単位:mCi/km)

年	核種等	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
51年	全β	0.4	1.4	0.5	0.8	0.5	0.4	0.3	0.2	0.6	4.7	1.2	1.1	12.1
	¹³⁷ Cs	0.012	0.027	0.0019	0.033	0.029	0.013	0.006	0.004	0.014	0.010	0.011	0.016	0.194
	¹³⁴ Ce	0.037	0.085	0.051	0.069	0.044	0.023	0.002	0.013	0.013	0.196	0.089	0.080	0.702
52年	全β	0.5	0.8	3.5	3.9	4.7	7.0	0.8	1.4	4.8	1.8	2.1	0.7	32.0
	¹³⁷ Cs	0.0064	0.016	0.050	0.048	0.090	0.15	0.013	0.032	0.032	0.034	0.062	0.017	0.5504
	¹³⁴ Ce	0.031	0.057	0.050	0.63	1.1	1.8	0.20	0.44	0.51	0.45	0.68	0.17	6.118
53年	全β	4.4	2.3	3.9	4.1	2.2	2.3	0.5	0.2	0.6	0.6	0.6	0.5	22.2
	¹³⁷ Cs	0.15	0.095	0.10	0.18	0.11	0.094	0.020	0.0045	0.019	0.019	0.014	0.013	0.8185
	¹³⁴ Ce	1.5	0.82	0.76	1.3	0.83	0.72	0.13	0.025	0.11	0.11	0.062	0.049	6.416
54年	全β	0.9	1.4	1.1	1.4	0.3	1.0	0.7	0.2	0.5	0.2	0.4	0.3	8.4
	¹³⁷ Cs	0.029	0.050	0.047	0.068	0.010	0.046	0.020	0.0047	0.010	0.0062	0.0051	0.017	0.313
	¹³⁴ Ce	0.094	0.16	0.16	0.21	0.039	0.097	0.050	0.018	0.031	0.0037	0.0014	0.033	0.9097
55年	全β	0.7	0.6	0.3	0.5	0.8	0.6	1.5	0.5	0.5	0.4	1.1	1.1	8.6
	¹³⁷ Cs	0.016	0.0063	0.021	0.021	0.025	0.020	0.029	0.0072	0.0075	0.0065	0.0063	0.028	0.1938
	¹³⁴ Ce	0.022	—	0.030	0.030	0.033	0.020	—	—	—	—	0.058	0.32	0.513
56年	全β	1.1	4.6	4.7	5.7	7.0	2.1	0.8	0.6	0.7	0.8	0.5	0.3	28.9
	¹³⁷ Cs	0.012	0.032	0.070	0.11	0.15	0.053	0.020	0.097	0.013	0.0085	0.011	0.0040	0.5805
	¹³⁴ Ce	0.12	0.44	1.0	1.4	2.1	0.54	0.19	0.13	0.13	0.081	0.047	0.029	6.207

表3 月別平均法による季節変動指数

(単位:mCi/km)

調査地点	項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
松山市	全β	71	137	200	168	121	118	50	33	69	80	78	75
	¹³⁷ Cs	70	188	131	219	161	161	65	32	35	39	50	59
	¹³⁴ Ce	66	123	148	244	178	168	58	36	28	47	60	44
伊方町	全β	85	119	150	175	166	143	49	33	82	91	63	43
	¹³⁷ Cs	102	103	139	208	187	170	49	68	43	38	50	43
	¹³⁴ Ce	104	90	118	209	238	184	33	36	46	48	55	39

$$\text{季節指数} = \frac{\text{各月平均}}{\text{全期間平均}} \times 100$$

月別平均法により算出した全β, ¹³⁷Csおよび¹³⁴Ceの季節変動指数を表3に示す。

2. 6. データの修正

濃度推移の傾向をみるために、次の方法によりデータ修正を行った。これは、①大の月、小の月がある層上の制約、②採取の都合による若干の期間の長短、および③サンプリング誤差を修正するためである。

修正値(移動平均値)の算出方法は、当該月とその前後の月の計3か月のデータの和を求め、月数で割り求める。

$$\text{修正値} = \frac{\text{(1月データ+2月データ+3月データ)}}{3 \text{ (月数)}}$$

2. 7. 中国核実験

フォールアウトの地表への降下量は、当然のことながら核爆発実験の爆発規模、時期等に関係があるので、

調査期間における中国核実験の状況を表4に掲げる。また、米ソが過去に行った大気圏内核実験由来の長寿命核種の大部分はすでに地球上に降下し、安定した状態にあると考えられている。

表4 過去6年間に行われた中国核実験

実験番号	実施年月日	爆発規模等
18	S. 51. 1. 23	<20KT
19	S. 51. 9. 26	20~200KT
20	S. 51. 10. 17	地下
21	S. 51. 11. 17	4MT
22	S. 52. 9. 17	<20KT
23	S. 53. 3. 15	<20KT
24	S. 53. 10. 14	地下
25	S. 53. 12. 14	20KT
26	S. 55. 10. 16	200KT~1MT

3. 結果

3. 1. 月別変動範囲

月別全 β , ^{137}Cs および ^{144}Ce の降下量の変化の範囲を表5に示す。

表5 月別変動範囲 (単位: mCi/km²)

項目	地点	最大	最小
全 β	松山市	6.8	2×10^{-1}
	伊方町	7.0	2×10^{-1}
^{137}Cs	松山市	1.15×10^{-1}	1.6×10^{-3}
	伊方町	1.8×10^{-1}	4.0×10^{-3}
^{144}Ce	松山市	1.4	検出されず
	伊方町	2.1	検出されず

全 β の最大値は、両地点とも最小値の約40倍である。 ^{137}Cs は、松山市で約70倍、伊方町で約45倍となっている。また、 ^{144}Ce は松山市で最大値1.4 mCi/km²、伊方町で最大値2.1 mCi/km²であり、最小値は両地点とも「検出されず」となっており、検出限界は 10^{-2} mCi/km²オーダーであることから数百倍の変動幅をもっている。

3. 2. 季節変動

表3に示した月別平均法による季節変動指数の結果を図1および図2に表す。

松山市では、最大の月は全 β が3月、 ^{137}Cs および ^{144}Ce が4月となっており、最小の月は全 β および ^{137}Cs が8月、 ^{144}Ce が9月となっている。

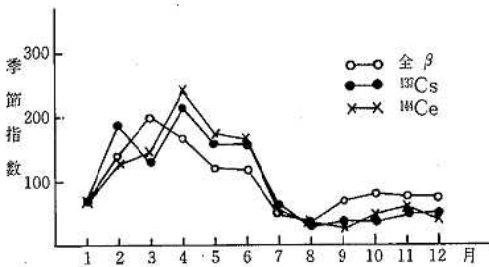


図1 松山市における季節変動

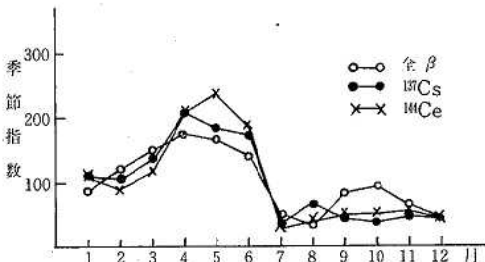


図2 伊方町における季節変動

伊方町では、最大の月は全 β および ^{137}Cs が4月、 ^{144}Ce が5月となっており、最小の月は全 β が8月、 ^{137}Cs が10月、 ^{144}Ce が7月となっている。

両地点とも、春にフォールアウトの降下量は多く、夏に少い傾向にある。

3. 3. 年別変動

年別に全 β , ^{137}Cs および ^{144}Ce の降下量をそれぞれ図3, 図4および図5に示す。

昭和52年および53年に降下量が多いのは、表4で示した第19回, 第21回, 第22回および第23回の中国核実験の影響を複合してうけたものであり、昭和56年が多いのは、第26回中国核実験の影響が表れたものである。

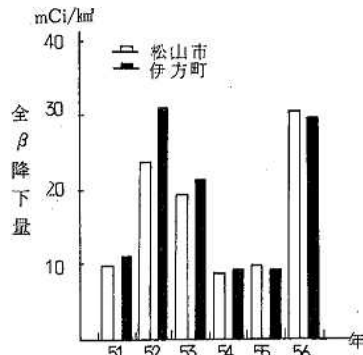


図3 雨水・ちり中の全 β 年別降下量

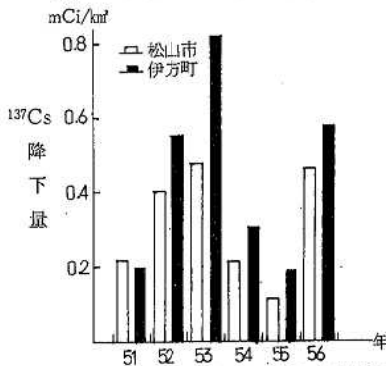


図4 雨水・ちり中の ^{137}Cs 年別降下量

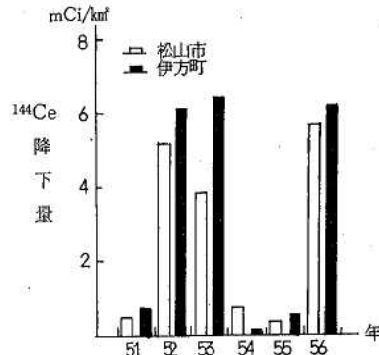


図5 雨水・ちり中の ^{144}Ce 年別降下量

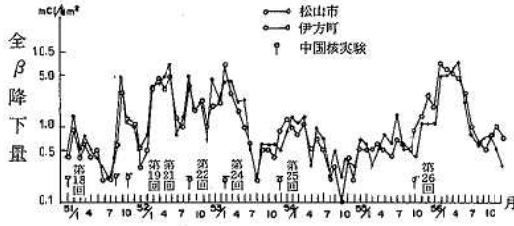


図6 全βの濃度推移

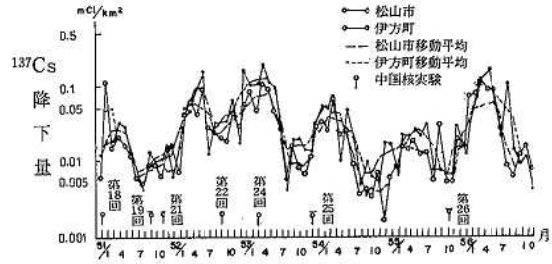


図8 ¹³⁷Csの濃度推移

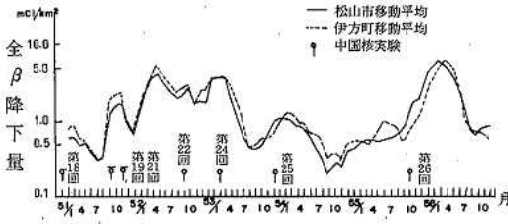


図7 全βの修正値を用いた濃度推移

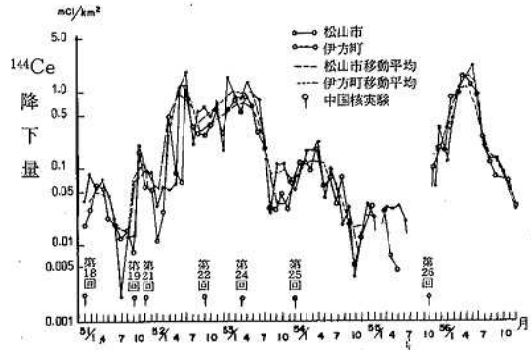


図9 ¹⁴⁴Ceの濃度推移

3. 4. 濃度推移

図6で示した全βの濃度推移を、2.6により求めた修正値で作図すると図7のとおりとなり、松山市と伊方町の両地点における濃度推移のパターンは、ほぼ同じである。¹³⁷Csおよび¹⁴⁴Ceにおいても、図8および図9に示したとおり同様である。

4. まとめ

月別降下量は、全βおよび長半減期核種である¹³⁷Csでは数十倍の変動幅があり、比較的寿命の短い¹⁴⁴Ceは数百倍の変動幅がある。

降下量の多いのは春季に顕著で、いわゆるスプリングマキシマム現象がはっきりと現れている。また、最小時期は夏季となっており、このパターンは一般に11月から1月にかけて最小となるとされているが、愛媛県ではその傾向を異にしている。

濃度推移は、松山市と伊方町で同じパターンを示している。また、中国核実験の影響は、特に第26回実験後にみられるとおり、一年間はその影響が顕著に現れている。

—— 文 献 ——

- 1) 愛媛県：伊方原子力発電所周辺環境放射線等調査結果、昭和50年度～昭和56年度
- 2) 立川 清：衛生統計テキスト
- 3) 鈴木栄一：気象統計学
- 4) 放射能対策本部：第26回中国核実験関係資料、昭和56年1月
- 5) 日本分析センター広報、No.4, 1981, 6, 滝澤行雄：環境放射能と被ばく線量
- 6) 環境放射線モニタリングに関する指針、原子力委員会、環境放射線モニタリング中央評価専門部会、昭和53年1月。

環境放射線のフィールドにおける比較測定

金子 敏 明・水口 定 臣・室岡 学
徳山 崇 彦・松浦 榮 美・西原 博 明

1. はじめに

地球上で生活する我々人間は、宇宙線、環境中に存在する自然の放射性物質及び核爆発実験や原子力の平和利用に伴う放射性物質からの放射線、人体内に存在する放射性物質からの放射線を、通常微弱ではあるが絶えず照射され続けている¹⁾。この中で我々が照射される環境放射線の主なものは、宇宙線の主成分である荷電粒子と環境中の放射性物質からのγ線である²⁾。

環境放射線の中には、この直接線のほかにこれらが環境物質で散乱されたエネルギーの低い散乱線があり、その線束密度は直接線のそれよりはるかに高い³⁾。

このような環境放射線を測定する場合、放射線の種類、エネルギー、線束密度、方向分布、時間変化のような放射線の性質と線量評価、変動把握、情報解析のような測定の目的に応じ、適当な特性をもった測定器を選定し使用することとなる。現在、低レベル放射線の環境で線量評価に使用されている検出器は、電離箱、NaI(Tl)シンチレータ、有機シンチレータ、TLDなどである⁴⁾。

愛媛県では、環境放射線の測定について、TLDによる積算線量測定、NaI(Tl)シンチレーションカウンタ及び高圧電離箱による連続測定、NaI(Tl)シンチ

表1 環境放射線測定器の特徴

測定器名	検出器	測定範囲	測定放射線			測定対象			検出器特性		測定法特性				特 徴
			γ線	宇宙線	γ宇宙線と線	線量率	エネルギー	エネルギー特性	方向特性	測定時間	解析時間	取扱い	施設等(線レベル)の把握		
NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ (アロカ機) (TCS-121)	1"φ×1" NaI(Tl)シンチレータ (カットエネルギー約100keV)	~2.5 mR/h	可			○					短 (10分)	短	簡単		○一般的な測定器 ○γ線の計数効率が高い ○線束密度の測定器であるので、測定放射線に見合った校正用線源が必要 ○宇宙線について、別途評価することが必要
有機シンチレーションサーベイメータ (シントマツ) (6134)	プラスチックシンチレータとZnS (20keV乃至3MeVに 対するエネルギー依存性15%未満)	~3000 mR/h		可		○		良			短 (2分)	短	簡単		
高圧電離箱 (ロイターストークス) (RSS-111-C3)	直径約25cm厚さ3mmのステンレス容器に25気圧で8ℓのアルゴンガスを封入 (カットエネルギー約60keV)	~500 μR/h			可	○		良	良		長 (75分)	長		可	○線量測定器として高感度である。 ○線量は簡単に目視で読み取れるが施設寄与の把握のためには解析装置が必要
球形NaI(Tl)シンチレーションサーベイトロメータ (アロカ機) (JSM-101)	3"φNaI(Tl)シンチレータ (カットエネルギー約20KeV)	~500 Cps	可	可	可	○	○	良	良		短 (60秒以上) 1000秒	長		可	○各種の放射線情報が得られるが、そのためには解析装置が必要

Toshiaki Kaneko · Sadaomi Minakuchi · Manabu Murooka · Takahiko Tokuyama · Shigemi Matsuura · Hiroaki Nishihara

レーションサーベイメータ、有機シンチレーションサーベイメータ、高圧電離箱及び球形NaI (Tl)シンチレーションスペクトロメータによるフィールド測定を実施している⁵⁾。積算線量測定は外部被曝線量の寄与を評価するため、連続測定は異常の早期発見と原因調査に役立たせるため、フィールド測定は線量評価とあわせて情報解析のために実施するものである。

本報告では、このフィールド測定の結果を利用し、測定器の特性と測定地点の特徴について紹介する。

2. 環境放射線測定器の特徴

フィールド測定に使用する測定器は、検出体が吸収するエネルギー量又は電離イオン量を測定し、線量評価を行うNaI (Tl)シンチレーションサーベイメータ、有機シンチレーションサーベイメータ及び高圧電離箱とエネルギースペクトルを測定し、計算によって線量評価を行う球形NaI (Tl)シンチレーションスペクトロメータである。⁴⁾

それぞれの測定器の特徴を表1に示す。

3. 環境放射線の測定法

3. 1. NaI (Tl)シンチレーションサーベイメータ

本測定器による測定は、科学技術庁の放射能調査委託事業計画⁶⁾に定められた方法に従って実施する。その手順は以下のとおりである。

- (1) 測定器に付属した標準γ線源Ra-226を用いて測定器を調整する。
- (2) 地上1mの位置に検出器の中心軸を水平に置く。この中心軸の上方30cmの位置にCs-137の校正線源(約10μCi)を置く。
- (3) 測定は、厚さ1mmの鉛の吸収筒がある場合、吸収筒がない場合、吸収筒があつて校正線源を置いた場合、厚さ5cmの鉛の遮へい内の場合について行う。
- (4) 測定値は、それぞれの場合について10秒毎に10回測定し、その平均値を用いる。
- (5) 線量率の算出は次式による。

$$D(\mu R/h) = \left(k \frac{a-b}{s-b} + \frac{b-c}{s-b} \right) \times 11 \times I \times 0.35(\mu R/h) + C(\mu R/h)$$

- a : 1mmの鉛の吸収筒がない場合の測定値
- b : 1mmの鉛の吸収筒がある場合の測定値
- c : 5cmの遮へい内での測定値
- s : bと同様の条件で校正線源を置いた場合の測定値
- k : 散乱線の寄与を評価する定数でk₀を用いる。
- C : 宇宙線の寄与として3.2(μR/h)を用いる。
- I : 校正線源の放射能(μCi)

3. 2. 有機シンチレーションサーベイメータ

- (1) 本測定器による測定は、地上1mの位置に検出器の中心軸を水平に置いて10秒毎に10回測定する。
- (2) 線量率は、測定値の平均とする。

3. 3. 高圧電離箱

- (1) 本測定器による測定は、地上1mの位置に検出器の中心を置き、原則として60分間測定する。
- (2) 線量率は、記録紙とカセットテープに収録された30秒毎の瞬時値の平均とする。⁷⁾

3. 4. 球形NaI (Tl)シンチレーションスペクトロメータ

- (1) 本測定器による測定は、地上1mの位置に検出器の中心を置き、原則として20分間測定する。
- (2) 磁気テープに収録された環境放射線のエネルギースペクトルについて、ピールオフ法⁸⁾、レスポンスマトリックス法⁹⁾、G(E)関数法¹⁰⁾により解析し、γ線線量率、宇宙線線量率と同時に計数率のスペクトル、線束密度のスペクトル等の情報を得る。

4. 環境放射線測定条件等

4. 1. 測定期間と回数

フィールド測定について、4種類の測定器による同時測定としたのは昭和55年9月でその後毎月1回測定を続け、昭和57年3月までに19回測定を行った。

4. 2. 測定地点

測定地点は、松山市1地点(愛媛県公害技術センター)、西宇和郡伊方町6地点(愛媛県モニタリングステーション、愛媛県モニタリングポイントNo.7、九町小学校、豊之浦小学校、四国電力モニタリングステーション、愛媛県モニタリングポイントNo.10)、八幡浜市1地点(八幡浜市松柏)の合計8地点とする。

4. 3. 測定位置

測定位置は、測定地点の広場の中央部を選び、その地上高1mの位置とする。

4. 4. 測定器の校正

フィールド測定に使用する各測定器について、照射線量率基準γ線源としてRa-226を用い、毎年1回の校正を行う。

5. 環境放射線の測定結果

5. 1. 測定結果による測定器の比較

測定結果(表2)に基づいて、測定器相互の比較を行うと線量率の大きなものから球形NaI (Tl)シンチレーションスペクトロメータ、高圧電離箱、NaI (Tl)シンチレーションサーベイメータ、有機シンチレーション

ンサーバイメータの順となっている。

そのうち、前の2つの測定器については、図1に1例を示すようによく一致している。

また、測定値のバラツキを単純に比較すると、バラツキの小さいものから高压電離箱、球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ又はNaI(Tl)シンチレーションサーバイメータ、有機シンチレーションサーバイメータの順となっている。

表2 測定器の比較(昭和55年9月から昭和57年3月まで)

市町名	測定地点名	測定器名	測定値の範囲(μR/h)	測定値の平均値(μR/h)	標準偏差平均値×100%
松山市	愛媛県公害技術センター	球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ	12.8~14.2	13.70	2.8
		高压電離箱	12.4~13.2	12.78	2.1
		NaI(Tl)シンチレーションサーバイメータ	8.2~9.3	8.75	4.0
		有機	6.6~10.2	8.57	12.0
愛媛県モニタリングステーション	愛媛県モニタリングステーション	球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ	5.5~7.0	6.12	5.7
		高压電離箱	5.8~6.6	6.00	3.5
		NaI(Tl)シンチレーションサーバイメータ	4.2~5.1	4.58	7.0
		有機	3.0~5.8	4.04	18.3
愛媛県モニタリングポイントNo.7	愛媛県モニタリングポイントNo.7	球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ	4.7~5.3	5.10	3.3
		高压電離箱	4.8~5.1	5.04	2.0
		NaI(Tl)シンチレーションサーバイメータ	3.9~4.5	4.13	5.3
		有機	2.5~5.2	3.44	18.9
伊方町	九町小学校	球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ	7.7~11.4	10.63	9.7
		高压電離箱	7.1~10.7	10.09	7.5
		NaI(Tl)シンチレーションサーバイメータ	5.5~8.7	7.62	10.8
		有機	5.4~9.0	7.01	14.1
豊之浦小学校	豊之浦小学校	球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ	8.8~12.3	10.34	9.3
		高压電離箱	8.1~12.1	9.77	9.6
		NaI(Tl)シンチレーションサーバイメータ	5.5~8.6	7.41	12.4
		有機	4.4~8.4	6.74	15.9
四国電力モニタリングステーション	四国電力モニタリングステーション	球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ	4.9~6.6	5.56	6.8
		高压電離箱	—	—	—
		NaI(Tl)シンチレーションサーバイメータ	3.9~4.8	4.22	5.9
		有機	2.6~5.0	3.65	17.3
愛媛県モニタリングポイントNo.10	愛媛県モニタリングポイントNo.10	球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ	5.2~7.8	5.89	9.3
		高压電離箱	—	—	—
		NaI(Tl)シンチレーションサーバイメータ	4.2~5.7	4.99	6.9
		有機	2.6~5.0	3.68	19.0
八幡浜市	八幡浜市	球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ	8.3~10.1	8.73	5.6
		高压電離箱	7.9~8.4	8.09	2.2
		NaI(Tl)シンチレーションサーバイメータ	5.9~7.3	6.56	7.2
		有機	3.9~6.9	5.56	14.2

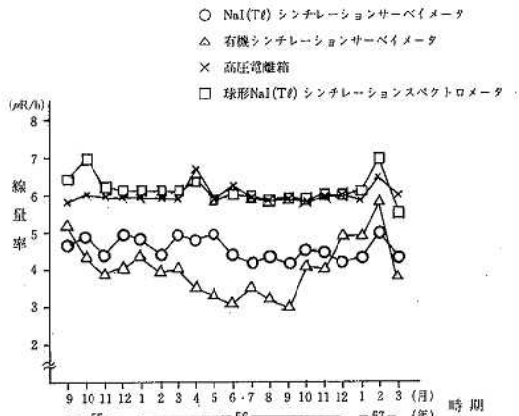


図1 環境放射線の測定結果比較(愛媛県モニタリングステーション)

5. 2. NaI(Tl)シンチレーションサーバイメータの特徴

NaI(Tl)シンチレーションサーバイメータと球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータや高压電離箱との違いについて説明するため、1981年11月に愛媛県モニタリングステーションで測定した球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータの情報(表3、図2)を用いることとする。

NaI(Tl)シンチレーションサーバイメータによる測定では、3. 1. 2に示すとおりCs-137(662keV)で校正しているが、例示(表3、図2)では低エネルギーの計数率が高い。250keV以下を例にとると、計数率72.1%に対し線量率11.5%である。このような実情に対し、1mmの鉛で遮へいされる低エネルギー成分は1/2に評価する方法が取られている。一方、NaI(Tl)シンチレータの計数効率の特性から考えると、Cs-137による校正ではこれより高いエネルギーのγ線の線量は相対的に低く評価される。このようなことから、他の測定器との差が生じると考えられる。

表3 球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータによる環境放射線測定結果

	計数率	線束密度	線量率
	75.62 (CPS)	2.55(γ/cm ² ·S)	2.53(μR/h)
線量率に対する比率	30.40 (CPS)/(μR/h)	1.02 (γ/cm ² ·S)/(μR/h)	1.00
エネルギー (KeV)	0~50	5.4 %	0.5 %
	50~100	25.0	2.2
	100~250	41.7	8.8
	250~500	16.1	11.1
	500~1,000	6.7	18.4
	1,000~2,000	4.7	46.8
	2,000~3,000	0.4	14.2

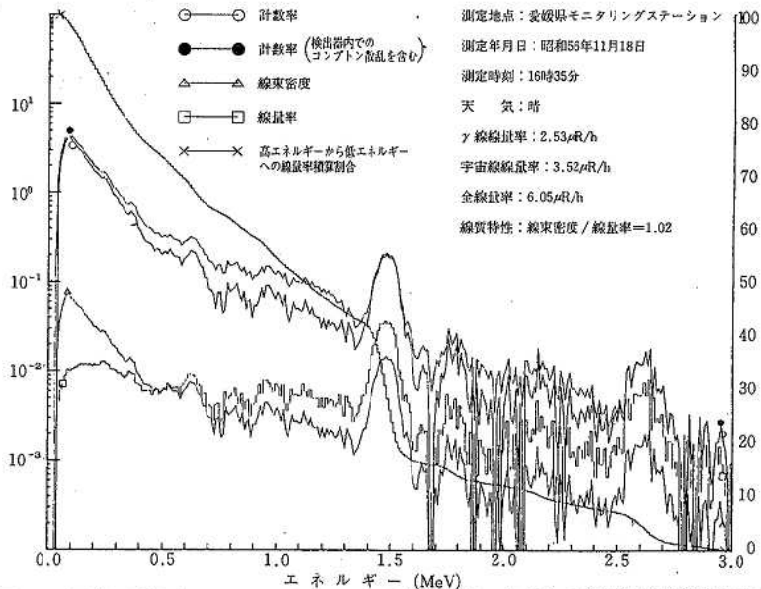


図2 球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータによる環境放射線測定結果

5. 3. 有機シンチレーションサーベイメータの特徴

有機シンチレーションサーベイメータの検出器の大きさは $1.5''\phi \times 1.5''$ で、これの宇宙線に対する阻止能を約 1.68MeV/cm と仮定すると検出器の宇宙線に対する阻止能は、最大 6.4MeV から 9MeV となる。

このため、エネルギーの大きな宇宙線に対し、検出感度が低下することが考えられ、これが他の測定器に比べて線量の低下する1つの要因と考えられる。

5. 4. 測定結果による測定地点間の比較

表2に示す測定結果について、測定器毎に再整理すると表4に示すとおりで、松山市の愛媛県公害技術センターが最も高く、次に伊方町の九町小学校と豊之浦小学校が同程度のレベルで続いており、その次に八幡浜市の松柏、最後に伊方町の愛媛県モニタリングステーション、愛媛県モニタリングポイントNo.7、四国電力モニタリングステーション、愛媛県モニタリングポイントNo.10が一団となっている。

5. 5. 時間変動

フィールド測定は、一時的に行うため、降雨などの影響による時間変動をとらえることはあまりないが、図1に示す昭和57年2月のように、降雨の影響が相当顕著に出る場合もある。なお、同図中降雨時の測定は昭和55年に2回(10月、11月)、昭和56年に3回(1月、4月、6月)、昭和57年に1回(2月)となっている。

表4 測定地点の比較(昭和55年9月から昭和57年3月まで)

測定器名	測定地点名	測定値の範囲 ($\mu\text{R/h}$)	測定値の 平均値 ($\mu\text{R/h}$)	標準偏差 平均値 $\times 100$ (%)
球 形 NaI(Tl) シンチ レーシ ョン スペク トロメ ータ	愛媛県公害技術センター	12.3~14.2	13.70	2.8
	九町小学校	7.7~11.4	10.63	9.7
	豊之浦小学校	8.8~12.3	10.34	9.3
	八幡浜市松柏	8.3~10.1	8.73	5.6
	愛媛県モニタリングステーション	5.5~7.0	6.12	5.7
	愛媛県モニタリングポイントNo.7	4.7~5.3	5.10	3.3
	四国電力モニタリングステーション	4.9~6.6	5.56	6.8
高 電 離 箱	愛媛県モニタリングポイントNo.10	5.2~7.8	5.89	9.3
	愛媛県公害技術センター	12.4~13.2	12.78	2.1
	九町小学校	7.1~10.7	10.09	7.5
	豊之浦小学校	8.1~12.1	9.77	9.6
	八幡浜市松柏	7.9~8.4	8.09	2.2
	愛媛県モニタリングステーション	5.8~6.6	6.00	3.5
	愛媛県モニタリングポイントNo.7	4.8~5.1	5.04	2.0
NaI(Tl) シンチ レーシ ョン サーベ イメ ータ	四国電力モニタリングステーション	—	—	—
	愛媛県モニタリングポイントNo.10	—	—	—
	愛媛県公害技術センター	8.2~9.3	8.75	4.0
	九町小学校	5.5~8.7	7.62	10.8
	豊之浦小学校	5.5~8.6	7.41	12.4
	八幡浜市松柏	5.9~7.3	6.56	7.2
	愛媛県モニタリングステーション	4.2~5.1	4.58	7.0
有 機 シンチ レーシ ョン サーベ イメ ータ	愛媛県モニタリングポイントNo.7	3.9~4.5	4.13	5.3
	四国電力モニタリングステーション	3.9~4.8	4.22	5.9
	愛媛県モニタリングポイントNo.10	4.2~5.7	4.77	6.9
	愛媛県公害技術センター	6.6~10.2	8.57	12.0
	九町小学校	5.4~9.0	7.01	14.1
	豊之浦小学校	4.4~8.4	6.74	15.9
	八幡浜市松柏	3.9~6.9	5.56	14.2
愛媛県モニタリングステーション	3.0~5.8	4.04	18.3	
愛媛県モニタリングポイントNo.7	2.5~5.2	3.44	18.9	
四国電力モニタリングステーション	2.6~5.0	3.65	17.3	
愛媛県モニタリングポイントNo.10	2.6~5.0	3.68	19.0	

6. おわりに

球形NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータや高圧電離箱に比べ、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータによる測定値が小さい。この原因は、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いてフォールアウトの寄与を評価しようという本来の目的から生ずるもので、その目的に合った使い方をすれば測定値のバラツキも少なく適当な方法といえる。しかし、低エネルギー成分の多い環境放射線や原子力の平和利用に伴う放射線の影響を評価する場合、測定法を再検討する必要がある。

一方、有機シンチレーションサーベイメータについては、測定値のバラツキが大きいことから、基準 γ 線源による校正頻度を増やし、比較測定を行う必要がある。

以上の2点について配慮しつつ、今後もフィールドにおける比較測定を続けていきたい。

— 参 考 文 献 —

- 1) (社)日本化学会：放射性物質，145-161，1976
- 2) 岡野真治：原子力工業，第21巻，第1号，65-69，1975
- 3) 岡野真治：原子力工業，第21巻，第2号，75-79，1975
- 4) 岡野真治：原子力工業，第21巻，第3号，65-69，1975
- 5) 愛媛県：昭和56年度伊方原子力発電所周辺環境放射線等調査計画，1-8，1981
- 6) 科学技術庁：放射能測定調査委託計画書，31-35，1980
- 7) 水口定臣ほか：愛媛県公害技術センター所報，第3号，46-49，1981
- 8) 青野真ほか：愛媛県公害技術センター所報，第3号，36-39，1981
- 9) 水口定臣ほか：愛媛県公害技術センター所報，第3号，40-42，1981
- 10) 徳山崇彦ほか：愛媛県公害技術センター所報，第3号，43-45，1981
- 11) 中島敬行ほか：保健物理，16，83-97，1981
- 12) 岡野真治：原子力工業，第21巻，第8号，65-69，1975

ベータ線スペクトロメータを用いた ストロンチウム-89, 90の定量

室岡 学・水口 定臣・徳山 崇彦
金子 敏明・松浦 榮美・西原 博明

1. はじめに

種々の放射性ストロンチウムのうち、核分裂生成物として最も代表的な核種にストロンチウム-89及びストロンチウム-90があげられる。中でもストロンチウム-90は半減期が28.8年¹⁾と長く、早くから内部被ばくに係る主要因の一つとして注目され、データの蓄積がなされている。一方、ストロンチウム-89は放射化学分析測定に際して測定試料中に共存することが考えられる同位体であって、半減期が比較的短く(50.5日)^{2,3)}従来法(放射平衡を利用したイットリウム-90差し引き法等)では短時間に精度良く測定することが困難なこともあって、あまりデータ報告がなされていない。

愛媛県では、昭和52年度からストロンチウム-90放射化学分析を実施してきたが、昭和56年3月にベータ線スペクトロメータを導入したのを機会に、これを用いたストロンチウム-89, 90定量法を鎌田の方法を参考に検討したので報告する。

2. ベータ線スペクトロメータ

本定量法を検討するにあたり、使用した装置のブロック図を図1に示す。

試料から出たベータ線は、窓付ガスフローGM管で出力を生じた後、プラスチックシンチレータ中でそのエネルギーを費して消滅する。これら2つの信号をそれぞれ比例増巾及び対数増巾し、リニアゲートを通

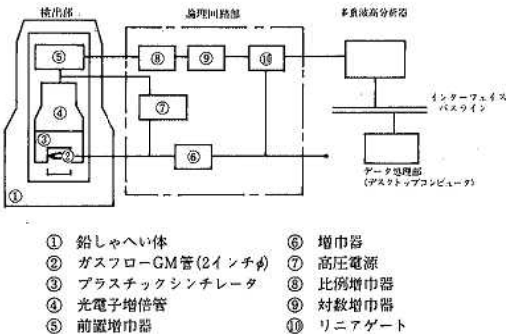


図1 ベータ線スペクトロメータ(ブロック図)

して同時計数したシンチレータ出力のみを多重波高分析器に導いて収集すれば、試料から出るベータ線のスペクトルが得られる。こうして得たスペクトルのデータはオンライン化したデータ処理装置(デスクトップコンピュータ)で処理することで最終的にストロンチウム-89, 90の放射能濃度を求めることができる。

検出部及び論理回路部は富士電機製造(株)製、多重波高分析器及びデータ処理装置は日本原子力事業株製である。

3. ストロンチウム-89, 90の定量

3.1. 原理

図2にベータ線スペクトロメータで測定したストロンチウム-89及びストロンチウム-90を含むある理想的な試料のスペクトルをあげる。

全エネルギー領域(24keV~3.5MeV)を5つのフラクション(F₁~F₅)に分けたとき、次の多元一次連立方程式が成立する。

$$\begin{cases} E^{89Sr1} \cdot \beta^{89Sr1} + E^{90Sr1} \cdot \beta^{90Sr1} + E^{90Y1} \cdot \beta^{90Y1} = P_1 \\ E^{89Sr2} \cdot \beta^{89Sr2} + E^{90Sr2} \cdot \beta^{90Sr2} + E^{90Y2} \cdot \beta^{90Y2} = P_2 \\ \vdots \\ E^{89Sr5} \cdot \beta^{89Sr5} + E^{90Sr5} \cdot \beta^{90Sr5} + E^{90Y5} \cdot \beta^{90Y5} = P_5 \end{cases} \quad (1)$$

ただし、E^{89Sr1}, E^{90Sr1}, E^{90Y1}: F₁(1~5)における⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ⁹⁰Yの各計数効率(cpm/dpm)
β^{89Sr}, β^{90Sr}, β^{90Y}: ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ⁹⁰Yの各放射能(dpm)
P_i: F_i(1~5)における正味計数率(cpm)

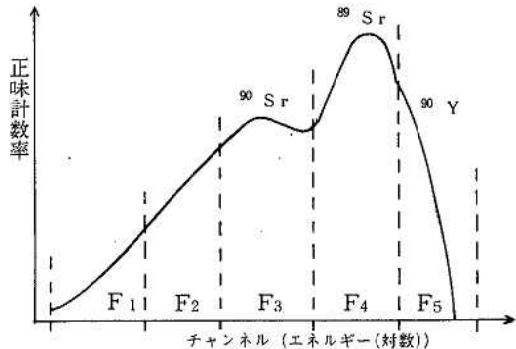


図2 ⁸⁹Sr及び⁹⁰Srを含むスペクトル

この連立方程式を解いて各放射能を求めれば良いのであるが、計数値 P_i には計数誤差に基づく標準偏差が存在するから、解くべき測定方程式は次式のように表わされる。⁶⁾

$$\begin{cases} \sqrt{w_1} \cdot E^{90Sr1} \cdot \beta^{90Sr} + \sqrt{w_1} \cdot E^{90Sr1} \cdot \beta^{90Y} + \sqrt{w_1} \cdot E^{90Y1} \cdot \beta^{90Y} = \sqrt{w_1} \cdot P_1 \\ \sqrt{w_2} \cdot E^{90Sr2} \cdot \beta^{90Sr} + \sqrt{w_2} \cdot E^{90Sr2} \cdot \beta^{90Y} + \sqrt{w_2} \cdot E^{90Y2} \cdot \beta^{90Y} = \sqrt{w_2} \cdot P_2 \\ \vdots \\ \sqrt{w_5} \cdot E^{90Sr5} \cdot \beta^{90Sr} + \sqrt{w_5} \cdot E^{90Sr5} \cdot \beta^{90Y} + \sqrt{w_5} \cdot E^{90Y5} \cdot \beta^{90Y} = \sqrt{w_5} \cdot P_5 \end{cases} \quad (1')$$

ただし、 $w_i = \frac{1}{\sigma_i^2}$: σ_i は P_i ($i=1-5$)の計数誤差に基づく標準偏差

すなわち、計数値の標準偏差により重み付けした(1')を最小二乗法を用いて解けば各核種の放射能の最確値が求められる。

測定方程式(1')より得られる正規方程式(2)は次式ようになる。

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^5 (w_i \cdot E^{90Sr_i} \cdot E^{90Sr_i}) \cdot \beta^{90Sr} + \sum_{i=1}^5 (w_i \cdot E^{90Sr_i} \cdot E^{90Y_i}) \cdot \beta^{90Y} + \sum_{i=1}^5 (w_i \cdot E^{90Y_i} \cdot E^{90Y_i}) \cdot \beta^{90Y} \\ + \sum_{i=1}^5 (w_i \cdot E^{90Sr_i} \cdot E^{90Y_i}) \cdot \beta^{90Y} = \sum_{i=1}^5 (w_i \cdot E^{90Sr_i} \cdot P_i) \\ \sum_{i=1}^5 (w_i \cdot E^{90Sr_i} \cdot E^{90Sr_i}) \cdot \beta^{90Sr} + \sum_{i=1}^5 (w_i \cdot E^{90Sr_i} \cdot E^{90Y_i}) \cdot \beta^{90Y} \\ + \sum_{i=1}^5 (w_i \cdot E^{90Y_i} \cdot E^{90Y_i}) \cdot \beta^{90Y} = \sum_{i=1}^5 (w_i \cdot E^{90Y_i} \cdot P_i) \end{cases} \quad (2)$$

これをマトリクス表示すれば、

$$A^T \cdot W \cdot A \cdot \beta = A^T \cdot W \cdot P \quad (3)$$

となり、 β について解くと、

$$\beta = (A^T \cdot W \cdot A)^{-1} \cdot (A^T \cdot W \cdot P) \quad (4)$$

となる。ただし、

$$A = \begin{pmatrix} E^{90Sr1} & E^{90Sr1} & E^{90Y1} \\ E^{90Sr2} & E^{90Sr2} & E^{90Y2} \\ E^{90Sr3} & E^{90Sr3} & E^{90Y3} \\ E^{90Sr4} & E^{90Sr4} & E^{90Y4} \\ E^{90Sr5} & E^{90Sr5} & E^{90Y5} \end{pmatrix}, \quad \beta = \begin{pmatrix} \beta^{90Sr} \\ \beta^{90Y} \end{pmatrix}$$

$$P = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \end{pmatrix}, \quad W = \begin{pmatrix} w_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & w_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & w_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & w_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & w_5 \end{pmatrix}$$

(4)を用いて β を求めるにあたってはマトリクス A を決定することが必要となる。ここでは、 A をスタンダードライブラリーと呼び、この決定がストロンチウム-89, 90定量の重要な鍵を握っている。

また、 β で与えられる各放射能には当然、 P に基づく誤差が付きまとうが、その分散(標準偏差の二乗)は $(A^T \cdot W \cdot A)^{-1}$ の対角要素で表わされる。

3. 2. スタンダードライブラリーの決定

先に述べたように(4)を用いて β を求めるにあたり、 W 及び P は測定データより決定できるが、 A につ

いては、あらかじめ決定しておかねばならない試料固有の計数効率であって、各放射能標準液を用いて以下のように決定する。

3. 2. 1. 原理

計数効率に影響を及ぼす要素は種々考えられるが、同一測定条件の下で、同一測定装置を用いて測定を行うと仮定すれば、測定試料の形状のみが問題となる。

さらに、測定試料の質(ここでは沈殿形)を同一にして、同一操作で試料作成にあれば、測定試料の重量、言い換えれば試料の厚みの違いによるベータ線の自己吸収のみを考慮すれば計数効率を決定できる。

今、ある核種のフラクシオン i における単位厚み当り P_g (cpm)なる放射能で、厚さ g (mg/cm²)である標準測定試料(以下、スタンダードという。)について考えてみると、計数率 P_i (cpm)は、

$$P_i = (P_g/\mu_i) \cdot [1 - \exp(-\mu_i \cdot g)] \quad (5)$$

ただし、 μ_i はフラクシオン i における見かけの吸収係数

と表わされる。

ここで、計数効率 E_i (cpm/dpm)は、単位厚み当りの壊変率を Dg (dpm)とすると、

$$E_i = (P_g/\mu_i) \cdot [1 - \exp(-\mu_i \cdot g)] / (Dg \cdot g) \quad (6)$$

上で述べたように試料作成にあたって、スタンダード作成と同一操作で同一器具を用いれば、試料の直径が同一となり、 g は測定試料重量 w (mg)と置き換えることができ、

$$E_i = (P_w/\mu_i) \cdot [1 - \exp(-\mu_i \cdot w)] / (Dw \cdot w) \quad (6')$$

ただし、 P_w はスタンダードの単位重量当りの計数率

(cpm/mg)

Dw はスタンダードの単位重量当りの壊変率

(dpm/mg)

と表わされる。

実験的には、(5)を $g=w$ で置き換えて、 $w=\infty$ (無限厚み)と仮定し、 $P_\infty = (P_w/\mu_i)$ とした式

$$P_i = P_\infty \cdot [1 - \exp(-\mu_i \cdot w)] \quad (5')$$

に測定結果を適用して、スタンダードの種々の重量の沈殿について、その重量と計数率の関係から P_∞ 、 μ_i をフラクシオンごとに決定すれば、スタンダードライブラリーの要素である計数効率が(6')により決定できる。

3. 2. 2. スタンダードの調整

放射能標準液として、ストロンチウム-89及び90を用意し、ピーカー数個に段階的に分取した後、核種ごとに比放射能が等しくなるように、ストロンチウム担体を添加して、最終沈殿形として炭酸ストロンチウムを生成して試料皿にマウントした。

イットリウム-90については、放射平衡に達したス

トロンチウム-90原液からイットリウム担体を用いたミルキングによって分離した後、同様な処理で炭酸ストロンチウムに共沈させてスタンダード試料とした。

3. 2. 3. スタンダードライブラリーの決定

あらかじめチャンネル-エネルギー較正を行ったベータ線スペクトロメータでスタンダードを測定し、各重量のスタンダードについて、フラクシオンごとに正味計数率を算出してそれぞれ重量対計数率曲線を最小二乗法による(5')へのあてはめによって描き、 P_{∞} 、 μ_i を決定した。

ストロンチウム-90スタンダードについては、生成する娘核種であるイットリウム-90の影響を差し引くためにイットリウム-90スタンダードの測定結果からフラクシオン比を用いて正味計数率を算出した。

イットリウム-90のスペクトルに注目して、ストロンチウム-90の影響のない第5フラクシオンに対する

表1 各フラクシオンのエネルギーとBG

フラクシオン番号	チャンネル	エネルギー (MeV)	バックグラウンド (cpm)
1	8-42	0.024-0.072	0.080
2	43-69	0.073-0.175	0.125
3	70-103	0.176-0.537	0.234
4	104-133	0.538-1.44	0.421
5	134-160	1.45-3.5	1.980

(注) ◦バックグラウンド測定時間：60,000秒
 ◦ベータ線エネルギー(最大)¹⁾
⁹⁰Sr—0.546 (MeV), ⁸⁹Sr—1.49 (MeV)
⁹⁰Y —2.28 (MeV)

表2 スタンダードライブラリー

フラクシオン番号	ストロンチウム-89		ストロンチウム-90		イットリウム-90	
	P_{∞}	μ_i	P_{∞}	μ_i	P_{∞}	μ_i
1	389.3	0.0105	16.74	0.0111	9.329	0.0097
2	1515	0.0081	58.30	0.0097	32.77	0.0077
3	10230	0.0040	112.7	0.0071	188.8	0.0048
4	11580	0.0027	62.30	0.0038	402.6	0.0034
5	0	0	0	0	95.71	0.0022
Dw	271.0		8.338		8.338	

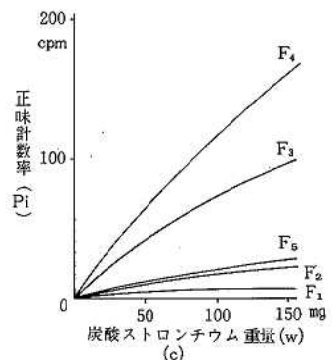
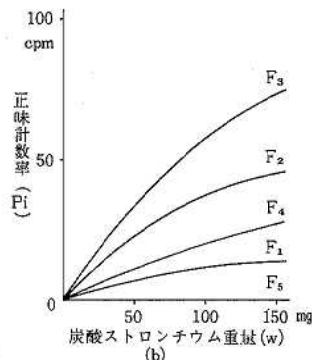
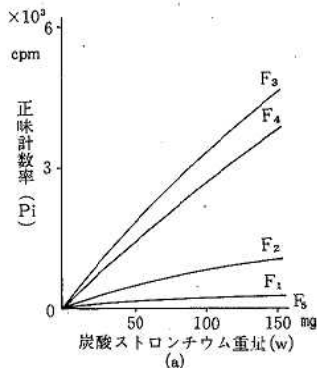


図3 各スタンダードにおける沈殿重量対正味計数率曲線 (a) ⁸⁹Sr (b) ⁹⁰Sr (c) ⁹⁰Y

各フラクシオンの計数率比を求め、ストロンチウム-90のスペクトル中の第5フラクシオンを基準に各フラクシオン中のイットリウム-90寄与分を差し引くのである。

表1に今回の解析条件である各フラクシオンのエネルギー範囲とバックグラウンド値を、表2に今回決定したスタンダードライブラリーとして、(5'), (6')中の P_{∞} 、 μ_i 及びDwをあげる。

また、図3に、各スタンダードのフラクシオン別沈殿重量対正味計数率曲線をあげる。

スタンダードライブラリー決定に際して、最も重要な点は、図3にあげた曲線の決定である。 μ_i は見かけの吸収係数であるから、理論的には低エネルギー領域ほどその値は大となるべきであって、フラクシオンを固定している限り、同一フラクシオンでの μ_i には核種間で差がないはずである。

4. 合成試料への適用

3.で決定したスタンダードライブラリーを用いてスタンダード試料を解析し、その妥当性を確認した。

スタンダードのうち、沈殿重量の近いストロンチウム-89及び90の2つを選び、それぞれ種々の測定時間のスペクトルを合成して、見かけ上両者の放射能比が段階的になるように解析時間を設定し、理論値との比較を行った。

環境試料中では、核実験等による寄与の有無で、ストロンチウム-89及び90の比が種々存在することを考慮すると、これらの結果は興味深い。

種々の比全般にわたって、解析結果と理論値の良い一致が見られたが、ここで考慮しなければならないのは、合成スペクトル作成上の問題点である測定時間の違いである。

合成スペクトル作成に用いたストロンチウム-89スタンダードについて、種々の測定時間における解析結果と理論値の関係を図4にあげる。

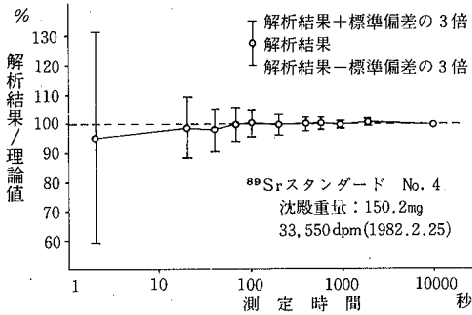


図4 測定時間による解析結果と標準偏差

5. 環境試料への適用

4.で今回決定したスタンダードライブラリーの妥当性とその適用範囲について検討したが、ここでは、さらに実際の環境試料への適用を行い、ストロンチウム-90について従来法と比較して妥当性を再検討した。

表3にベータ線スペクトロメータを用いた解析結果と従来法の結果をあげる。

また、愛媛県が昭和50年度より参加している国実施(財)日本分析センターへ委託)の放射能分析確認調査事業の対象試料(標準試料と分割試料)を測定し、解析したので、同表にあげた。

表3を見てわかるように、全般的に非常に良い一致が見られており、用いたスタンダードライブラリーの妥当性は十分に確認できる。

計数誤差に基づく標準偏差を見れば、若干測定時間を長くすることで容易に従来法レベルまで検出限界を下げる事が可能であることがわかる。

一部試料からストロンチウム-89が検出されたが、試料採取時期から考えて、第26回中国核実験(1980.10.16)の影響出現と考えられる。

なお、スペクトル例を図5にあげる。

表3 環境試料中の⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr定量結果

試料番号	124	135	141	148	152	154	156	159	163	
試料	農作物(白菜)	陸水(河川水)	海水	雨水	陸土	放射性物質(ウラウ)	茶	海産土		
⁸⁹ Sr	今回の解析結果	4.9 ± 0.29	0.027 ± 0.0051	0.079 ± 0.018	0.013 ± 0.0010	347 ± 9.2	2.28 ± 0.94	162 ± 5.5	196 ± 4.8	N.D
	従来法(愛媛県)	5.4 ± 0.28	0.027 ± 0.0050	0.11 ± 0.014	0.012 ± 0.00086	331 ± 10	2.34 ± 0.51	158 ± 3.6	160 ± 3.8	21 ± 6.7
	従来法(日本分析センター)	/	/	/	/	356 ± 11	2.5 ± 0.44	165 ± 5.4	155 ± 5.1	150 ± 5.2
(参考) ⁸⁹ Sr	1.8 ± 0.36	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	17.5 ± 5.7	28.6 ± 5.6	N.D	N.D
測定時間(秒)	60,000	38,300	51,200	36,000	48,600	34,000	50,000	60,000	60,000	
採取年月日	55.12.1	56.4.8	56.5.7	56.8.1	56.4.8	56.4.23	56.7.1(調製)		56.11.4	
単位	pCi/kg生	pCi/l	pCi/l	mCi/m ² 降	pCi/kg乾土	pCi/kg生	pCi/kg乾物	pCi/kg乾土		

(注) 1. ⁸⁹Srについては採取の日からの減衰補正を行い、⁹⁰Srについては測定日(57.2.26~3.7)の値をあげて、N±ΔNにおいてN<3ΔNのとき、N.Dと表示した。
2. 従来法は、水酸化第二鉄共沈法により⁹⁰Yをミルキングして2πガスフロー計数装置(愛媛県:アロカLBC-451)で測定した値である。
3. 従来法(愛媛県)の測定時間は60分(3,600秒)である。

6. おわりに

ベータ線スペクトロメータを用いた測定報告は数多くなく、その有用性は認められながらも広い活用に至

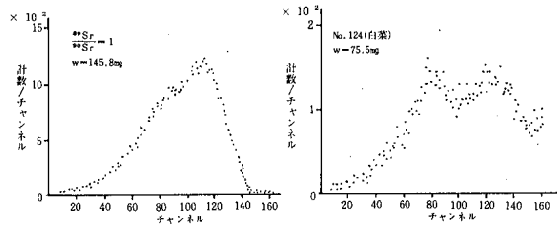


図5 スペクトル例 (a)合成スペクトル (b)環境試料のスペクトル

っていないと思われるが、ストロンチウム-89, 90定量において、これを利用すれば従来法に比べて大幅な分析時間短縮ができ、かつ精度良く定量することが可能である。このことは、緊急時等の迅速分析にも十分適用できることを意味している。

今後は、ルーチン分析に適用して従来法と共にデータ蓄積を図り、検出限界の低減化や他方面での応用についても検討を重ねたい。

最後に、昭和56年11月9日から21日まで、本定量法の技術研修を快くお引受け下さり、御指導頂いた放射線医学総合研究所那珂湊支所 環境放射生態学研究所 第一研究室長 鎌田博先生に深く感謝します。

— 参考文献 —

- 1) C. M. Lederer, et al : Table of Isotopes, 7th ed, John Wiley & Sons, Inc, 1978
- 2) 科学技術庁:放射性ストロンチウム分析法, 昭和49年改訂
- 3) 山県登:環境放射能測定法, 共立出版, 1969
- 4) 愛媛県:伊方原子力発電所周辺環境放射線等調査結果, 昭和52-55年度
- 5) H. Kamada : Natl. Inst. Radiol. Sci. Ann. Rept., NIRS-16, 57-58, 1976-1977
- 6) 本間仁, 春日屋伸昌:次元解析・最小2乗法と実験式, コロナ社, 1957
- 7) 鎌田博:低バックグラウンドβ線スペクトロメータによる低レベル放射性核種のβ線スペクトロメトリ, 科学技術庁放射線医学総合研究所養成訓練部環境放射線モニタリング技術課程 講義と実習テキスト, 1980
- 8) 鎌田博:私信
- 9) 鎌田博: Radioisotopes, Vol. 23, No. 12, 20-25, 1974
- 10) 福井県環境放射能測定技術会議:放射性ストロンチウムの分析法, 昭和55年
- 11) 西川元之, 亘恒男: Radioisotopes, Vol. 29, No. 11, 24-27, 1980
- 12) 南忠員, 鎌田博: Radioisotopes, Vol. 30, No. 6, 9-13, 1981

愛媛県公害技術センター所報

第 4 号

昭和57年12月発行

編集発行所 愛媛県公害技術センター
松山市三番町8丁目234番地 (〒790)
電話 松山 (0899) 21-3900

印刷所 アマノ印刷株式会社
松山市東石井町172番地4
電話 松山 (0899) 56-2442
