

h381<sup>κ</sup>

ISSN 0288-6901  
CODEN: EKGSDX

# 愛媛県公害技術センター所報

第 13 号

平成 5 年 3 月

Report of Ehime Prefectural Research  
Center for Environmental Protection

No. 13 Mar. 1993



愛媛県公害技術センター

h381k

ISSN 0288-6901  
CODEN: EKGSDX

# 愛媛県公害技術センター所報

第 13 号

平成 5 年 3 月



愛媛県公害技術センター

## は　じ　め　に

リオデジャネイロで開催された「環境と開発に関する国連会議」(地球サミット)では、地球環境問題に対する様々の議論がなされ、各国政府や国民が拠って立つべき行動原則を定めるリオ宣言(地球憲章)が採択されるなど、地球環境問題への関心が急速に高まっております。

フロンによるオゾン層の破壊や炭酸ガスによる地球の温暖化などの地球的規模の課題から、生活に身近な廃棄物の処理や生活排水による水質汚濁、化学物質やゴルフ場農業による水環境汚染など、人の健康に影響するおそれのある物質の監視と規制が急務となっております。このため、国においては、本年3月、水質環境基準(健康項目)の見直しと追加指定を行うとともに、「環境基本法」の制定にとり組むなど新たな環境行政の展開を図ろうとしております。

一方、本県では大気汚染をはじめ水質汚濁や悪臭公害、化学物質汚染、自然放射線分布状況など、私たちの生活に身近な環境実態の調査研究により環境保全対策を積極的に進めているところであります。

本所報は、平成4年度の調査研究業務の一環として、内外の調査研究実績を参考にしながら、本県の環境実態とその内容を解析し、研究成果としてとりまとめたものであります。

当センターとしましては、環境研究のための職員の技術研修をはじめ、科学的知見の収集・蓄積、高度分析機器の導入、分析能力の向上に重点をおいて、試験研究機関としての立場から本県の環境保全に寄与していきたいと考えておりますので、今後とも、なお一層のご支援とご鞭撻をお願いいたします。

平成5年3月

愛媛県公害技術センター

所長 西原博明

# 目 次

1. 愛媛県における酸性雨実態調査結果について(第2報)……………大西こずえ他… 1
2. 光化学オキシダントの予測について(第2報)……………中村 洋祐他… 6
3. 新居浜地先海域の水質について……………余田 幸作他… 12  
— 判別分析を用いた水質評価 —
4. 低級脂肪酸による県内畜産事業場等の悪臭調査について……………室岡 学他… 17
5. パージ・トラップーキャピラリーガスクロマトグラフ/質量分析計  
による水試料中の低沸点ハロゲン化炭素の定量……………尾澤 博他… 20
6. 自然放射線等調査(長浜町・保内町)……………篠崎 由紀他… 24  
— 固定点による空間放射線分布状況 —
7. 自然放射線等調査(長浜町・保内町)……………安永 章二他… 28  
— 走行サーベイによる空間放射線分布状況 —
8. 植物および海産生物における灰化率の変動要因とK-40濃度について  
……………渡邊 郁雄 …… 35
9. 平成3年度原子力問題海外調査に参加して……………井上 尊統 …… 38

# 愛媛県における酸性雨実態調査結果について(第2報)

大西こずえ・山内昌博・芝 信明  
武田邦夫・新 次美

## 1. はじめに

環境庁においては、欧米での酸性雨問題が深刻になったことなどから、第1次(昭和58~62年度)・第2次(昭和63~平成4年度)酸性雨調査で、全国的な酸性雨の実態把握及び土壌等への影響等の調査を行っている<sup>1,2)</sup>。また、酸性雨は地球環境問題であると同時に地域的な問題でもあることから、各機関においても様々な調査や解析が行われている<sup>3~6)</sup>。

本県においても、昭和56年度から梅雨期と秋雨期に県内の酸性雨の実態について調査を行ってきたが、平成2年度からは、ろ過式採取装置を用いる方法で、通年調査を実施している。

第1報<sup>7)</sup>では平成2年度の調査結果から雨水の水溶性成分の季節変化や成分相互の関係等について報告した。本報では2年分の調査結果を取りまとめ、季節毎に分類し、雨水の成分組成及び濃度から季節毎の特性等について検討を行ったので、その概要を報告する。

## 2. 調査方法

### 2.1 調査地点

前報にひきつづき、松山市、新居浜市及び八幡浜市の3地点で実施した。調査地点の概要を表1に示す。

### 2.2 調査期間

平成2年5月1日から平成4年4月27日までの2年間とした。

また、今回は調査期間を季節別に分類し、春季を3~5月、夏季を6~8月、秋季を9~11月、冬季を12~2月とした。

表1 調査地点の概要

地点	採取場所	用途地域
松山市	松山市三番町8丁目234番地 公害技術センター屋上	近隣商業地域
新居浜市	新居浜市八雲町12番3号 新居浜保健所屋上	住居地域
八幡浜市	八幡浜市大字松柏乙1101 八幡浜中央保健所屋上	近隣商業地域

### 2.3 採取方法及び調査項目

前報と同様、酸性雨等調査マニュアル<sup>8)</sup>に基づき、1週間毎にろ過式採取装置で雨水を採取し、それを分析した。採取装置の概略を図1に、調査項目及び分析方法の概要を表2に示す。

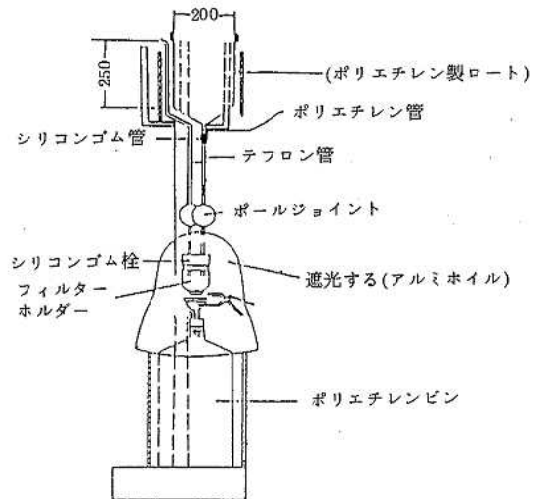


図1 酸性雨ろ過式採取装置

表2 調査項目及び分析方法

調査項目	分析方法
pH	ガラス電極法
導電率(EC)	導電率計による方法
硫酸イオン(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	イオンクロマト グラフ法
硝酸イオン(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	
塩化物イオン(Cl <sup>-</sup> )	
アンモニウムイオン(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	インドフェノール法
カルシウムイオン(Ca <sup>2+</sup> )	原子吸光法
マグネシウムイオン(Mg <sup>2+</sup> )	
カリウムイオン(K <sup>+</sup> )	
ナトリウムイオン(Na <sup>+</sup> )	

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 気象概況

調査期間中の降水量及び風向・風速は表3のとおりであった。風向・風速については気象月報<sup>9)</sup>を参考にしたため、松山市と新居浜市のデータのみとなった。

主風向は、松山市では冬期から春期にかけてはWNW、夏季から秋季にかけてはESE、新居浜市では春季から夏季にかけてはENE～NE、秋季から冬季にかけてはSSEが卓越していた。また、平均風速は2地点とも約2.0 m/sであったが、冬季には新居浜市で3.0 m/s以上と大きくなっていった。

また、降水量等に影響を与える台風は調査期間中に10個本県に接近した。

#### 3.2 pH

pH階級別度数分布を図2に示す。松山市と新居浜市ではpH 4.0～4.5、八幡浜市ではpH 4.5～5.0の雨が最も多く出現していた。また、一般に酸性雨と呼ばれているpH 5.6以下の雨の出現率は、松山市が98.8%、新居浜市が97.5%、八幡浜市が84.0%であり、県内全域で酸性雨が降っているといえる。

調査期間中の平均値及び季節別平均値(H<sup>+</sup>加重平均)を表4に示す。調査期間中の平均値は、松山市は

4.4、新居浜市は4.5、八幡浜市では4.7であり、ほぼ全国平均並(4.3～5.3)<sup>2)</sup>であった。また、季節別平均値は、松山市はどの季節もほぼ同じ値であったが、新居浜市と八幡浜市は、他の季節に比べ秋季のpHが高かった。

#### 3.3 各イオン濃度

各地点の月平均イオン当量濃度を表5に、それを季節別に表したもの(降水量で加重平均)を図3に示した。この図のなかで降水中の海塩の寄与をみるため、図中において、非海塩由来分を斜線で表した。

非海塩由来分はNa<sup>+</sup>を基準として次の式<sup>12)</sup>により計算し、前に「nss-」(non-seasalt)をつけた。

$$\begin{aligned} [\text{nss-Cl}^-] &= [\text{Cl}^-] - [\text{Na}^+] \times 1.1657 \\ [\text{nss-SO}_4^{2-}] &= [\text{SO}_4^{2-}] - [\text{Na}^+] \times 0.1206 \\ [\text{nss-Mg}^{2+}] &= [\text{Mg}^{2+}] - [\text{Na}^+] \times 0.2273 \\ [\text{nss-Ca}^{2+}] &= [\text{Ca}^{2+}] - [\text{Na}^+] \times 0.0432 \\ [\text{nss-K}^+] &= [\text{K}^+] - [\text{Na}^+] \times 0.0211 \end{aligned}$$

表4 pHの全調査期間中及び季節別平均値

採取地点	全調査期間中の平均値	春季	夏季	秋季	冬季
松山市	4.4	4.3	4.4	4.4	4.3
新居浜市	4.5	4.4	4.4	4.9	4.5
八幡浜市	4.7	4.7	4.5	5.0	4.6

表3 降水量及び風向・風速

	採取地点	季節 年\月	春季			夏季			秋季			冬季		
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
降水量 (mm)	松山市	2~3			174.8	192.0	57.6	76.7	215.8	207.5	64.8	43.6	24.5	102.6
		3~4	134.2	143.9	238.1	212.4	232.6	47.9	125.8	36.0	22.6	77.7	60.5	56.7
		4	259.9	91.2										
	新居浜市	2~3			136.1	87.6	64.2	291.7	538.7	330.7	111.8	40.1	14.0	72.8
		3~4	111.6	129.8	159.9	178.2	181.2	69.3	222.9	25.3	15.6	41.1	54.1	67.5
		4	244.1	59.0										
八幡浜市	2~3			225.0	134.4	77.5	237.3	255.1	207.0	52.2	51.3	31.2	122.9	
	3~4	140.8	142.7	201.0	205.4	238.2	98.7	174.5	49.8	34.4	123.5	145.2	90.8	
	4	411.8	78.2											
平均 最多 風速 (m/s)	松山市	2~3			1.9(ESE)	1.9(WNW)	1.9(E)	1.9(ESE)	1.9(ESE)	1.7(ESE)	1.8(SE)	2.3(SE)	2.1(WNW)	2.5(WNW)
		3~4	1.8(WNW)	1.9(WNW)	1.9(WNW)	1.6(NW)	2.0(SSE)	2.0(WNW)	1.9(E)	2.1(ESE)	1.9(ESE)	1.9(SE)	2.0(WNW)	2.1(WNW)
		4	1.7(WNW)	2.1(WNW)										
	新居浜市	2~3			2.1(NNE)	1.8(NE)	1.6(NE)	1.8(SSE)	2.1(SSE)	1.9(SSE)	2.3(SSE)	3.1(SSE)	3.1(WSW)	3.2(WSW)
		3~4	2.1(ENE)	1.8(SSE)	2.2(ENE)	1.2(NE)	2.0(NE)	2.0(ENE)	1.9(SSE)	2.1(SSE)	2.4(SSE)	2.5(SSE)	——	2.8(SSE)
		4	2.0(ENE)	2.3(SSE)										

(注) —は欠測

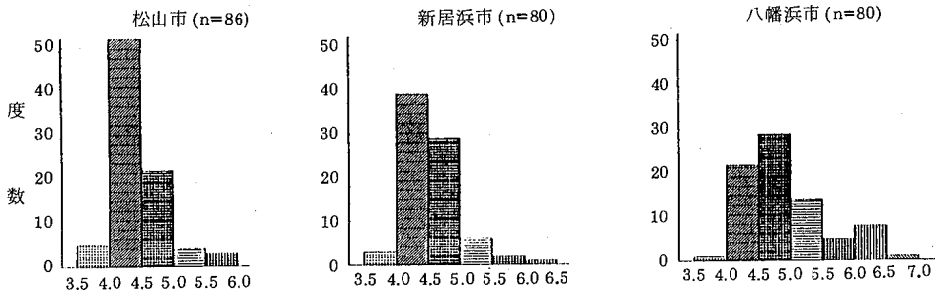


図2 pH階級別度数分布



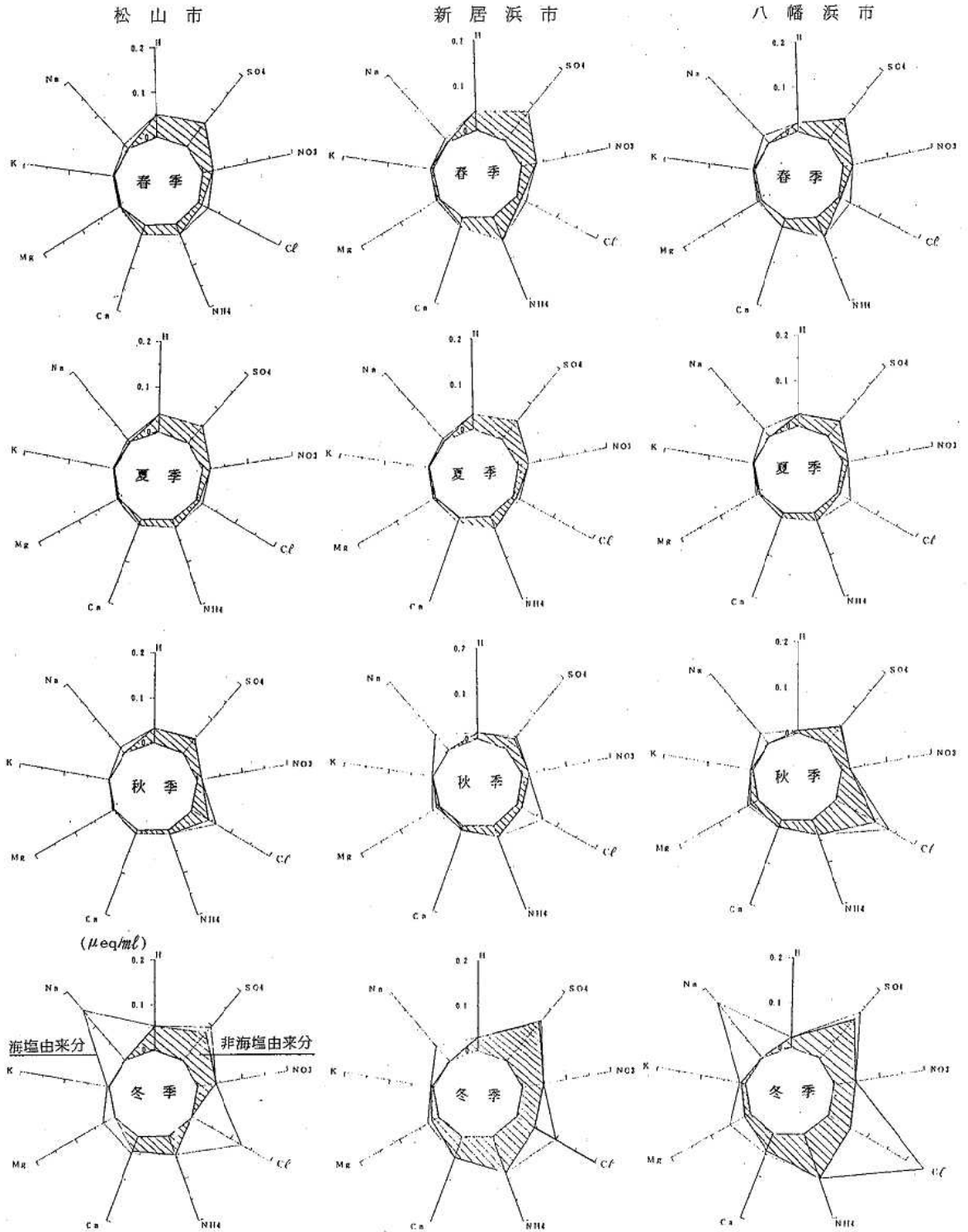


図3 季節別各イオン濃度



#### 4. まとめ

県下3地点（松山市，新居浜市及び八幡浜市）において，ろ過式採取装置を用いて平成2年5月から平成4年4月までの2年間，酸性雨調査を行ったところ，次の結果を得た。

- (1) 一般に酸性雨と呼ばれているpH 5.6以下の雨の出現率は3地点とも80%をこえており，県内全域で酸性雨が降っていた。また，調査期間中のpHの平均値は4.4～4.7であり，ほぼ全国平均並であった。季節別では，新居浜市と八幡浜市で秋季にpHが高くなっていた。
- (2) 雨水中の各成分は，春季から夏季にかけては非海塩由来の $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度の割合が，秋季から冬季にかけては海塩由来の $\text{Na}^+$ ， $\text{Mg}^{2+}$ ， $\text{Cl}^-$ 濃度の割合が大きくなっている。これは本県の北西に瀬戸内海が位置しているため，冬季には風送塩の影響により海塩粒子が飛来するためと思われる。
- (3) 冬季には非海塩由来の $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度が高くなっているが，これは日本の上層で大陸の北東部から日本列島に向かう気流の影響で圏外からの汚染物質が輸送されてきたためと推察される。

おわりに，本調査の実施にあたり，八幡浜中央保健所の方々にご協力を頂きましたことを，厚くお礼申し上げます。

#### — 参考文献 —

- 1) 酸性雨対策検討会大気分科会：酸性雨対策調査報告書，1990.
- 2) 岡崎誠：かんきょう，7月号，6～20，1992.
- 3) 玉置元則他：大気汚染学会誌，vol. 24, No.5・6, 445～456，1989.
- 4) 玉置元則他：大気汚染学会誌，vol. 26, No.1, 1～22，1991.
- 5) 玉置元則：現代化学，7月号，44～50，1990.
- 6) 玉置元則：公害と対策，vol. 27, No.2, 14～19, 1991.
- 7) 大西こずえ他：愛媛県公害技術センター所報，第12号，36～41，1992.
- 8) 環境庁大気保全局：酸性雨等調査マニュアル（改訂版），1990.
- 9) 松山地方气象台：愛媛県気象月報，1990（5月号）～1992（4月号）.
- 10) 原宏：大気汚染学会誌，vol. 26, No. 3, A 51～A 59，1991.
- 11) 電力中央研究所酸性雨検討会：資源環境対策，vol. 28, No. 12, 1093～1098，1992.
- 12) 福岡義隆：環境と測定技術，vol. 19, No. 8, 59～70，1992.

## 光化学オキシダントの予測について(第2報)

東予支所 中村洋祐・服藤 峻・新 次美  
川田利孝・二宮 久

### 1. はじめに

前報<sup>1)</sup>では、当日最大光化学オキシダント濃度の予測について、判別分析と重回帰分析を用いて検討を行った。

その結果、判別分析により80ppb以上の高濃度となるか否かの予測は可能と考えられたが、重回帰分析による数値予測をする場合には、高濃度側では数値を低めに予測してしまう欠点があり、精度的にも改善が必要と考えられた。

そこで、今回は前報の手法を改良し、光化学オキシダントの監視を行う上からも重要な高濃度側の当日最大光化学オキシダント濃度の数値予測について検討を行った。

その結果、若干の知見が得られたので報告する。

### 2. 解析方法

当日10時の測定データを用いて、判別分析及び重回帰分析<sup>2)</sup>により、当日最大光化学オキシダント濃度(以下「Max-Ox」と言う。)を予測するために、次のとおり解析を行った。

判別分析により、Max-Oxが80ppb以上であった日と80ppb未満であった日の2群に分け、その2群を最も効率良く分ける判別式を求めた。その判別式をMax-Oxが80ppb以上となるか否かの予測式とした。

次に、判別分析による予測式でMax-Oxが80ppb以上と予測された場合、それが数値的にいくらかを予測するために、重回帰分析による予測式を求めた。

つづいて、高濃度側のMax-Oxの数値予測を行うため、全データを用いて、重回帰分析により予測式を求めた。

さらに、Max-Oxが高濃度であった日のデータのみを用いて、重回帰分析により予測式を求め、二種類の重回帰分析の結果について比較検討を行った。

前報では、一次汚染物質等7項目に限定して解析を行ったが、今回は判別分析及び重回帰分析の各測定局の全測定項目を説明変数とし、変数減少法<sup>2)</sup>により

説明能力のない項目は削除し、出来る限り少ない項目で精度の高い予測が出来るようにした。

さらに、これらの予測式の有効性についても検討を行った。

なお、光化学オキシダント濃度が80ppbという数値は、従来から本県で高濃度の目安として用いているものであり、以下80ppb以上の光化学オキシダントを高濃度オキシダントと記す。

### 3. 解析対象データ

#### 3.1 対象測定局

県下の光化学オキシダント測定局を図1に示す。このうち対象局は、前報と同様に、川之江局、センター局、西条局及び東予支所の4局とした。

#### 3.2 対象項目及び対象データ

解析対象項目は、表1に示すとおり各測定局で測定している項目の全てを対象とした。

対象データは、当日10時のデータを用い、風向は16方位を指数化し、Sから時計周りに1~16とし、calmは0とした。

なお、1ミリ以上の降雨のあった日<sup>3)</sup>及び1項目でも欠測のあった日は対象から除外した。

以下、表1に示すとおり項目名は記号で示す。

#### 3.3 対象期間

平成2年及び3年の4月1日~9月30日の間とした。

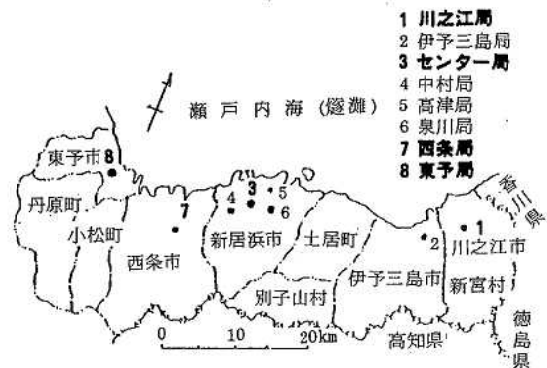


図1 光化学オキシダント測定局

表1 解析対象項目

記号	解析対象項目	単位	川之江局	センター局	西条局	東予局
Max-Ox	当日最大オキシダント濃度	ppb	○	○	○	○
SO <sub>2</sub>	当日10時の二酸化イオウ濃度	ppb	○	○	○	○
SPM	浮遊粒子状物質濃度	μg/m <sup>3</sup>	○	○	○	○
WD	風向	-	○	○	○	○
WV	風速	cm/s	○	○	○	○
T	気温	10 <sup>-1</sup> ℃	○	○	○	○
H	湿度	10 <sup>-1</sup> %	○	○	○	○
SS	日射量	MJ/m <sup>2</sup> hr	○	○	○	○
AP	気圧	hpa	○	○	○	○
NO	一酸化窒素濃度	ppb	○	○	○	○
NO <sub>2</sub>	二酸化窒素濃度	ppb	○	○	○	○
Ox	光化学オキシダント濃度	ppb	○	○	○	○
NMHC	非メタン炭化水素濃度	10 <sup>-2</sup> ppC	○	○	○	○
CH <sub>4</sub>	メタン濃度	10 <sup>-2</sup> ppC	○	○	○	○
CO	一酸化炭素濃度	10 <sup>-2</sup> pp	○	○	○	○

(注) ○印は測定している項目で、斜線の入っている項目は測定していない項目。

4. 結果及び考察

4.1 判別分析による高濃度予測

当日10時のデータから、表1に示す項目を用いて変数減少法により判別分析を行った。その結果を表2に示す。

予測モデルを評価するために、表3に示す正解率1及び正解率2を用いた。

正解率1は、Max-Oxが80ppb以上であった日を捕捉できた割合を示し、正解率2はMax-Oxが80ppb以上も80ppb未満も正しく捕捉できた割合を示す。表2では、正解率1は、81.5~92.9%で、正解率2は75.8~88.9%と良好な結果で、前報(正解率1:71.8~81.8%, 正解率2:74.6~84.2%)と比較すると若干高い値であった。

Max-Oxが80ppb以上と80ppb未満の2群の分離度を示すマハラノビス距離は、前報と比較すると、川之江局(2.688→2.341), 東予局(1.843→1.735)はほぼ等しいが、センター局(3.549→6.050), 西条局(2.051→3.563)は大きくなっており、前報より分離度が良い。

変数減少法により有効となった項目は、表2のとおり、川之江局3項目、センター局5項目、西条局6項目、東予局5項目であった。そのうち、4局中3局でNO, NO<sub>2</sub>, Oxが有効となり、WD, NMHCはどの局でも有効な項目とはならなかった。

次に、Max-Oxの実測値と判別スコアの関係を図2に示す。

判別スコアは、表2の判別係数と当日10時のデータから求めたもので、この値が正であれば「Max-Ox 80ppb以上」、負であれば「Max-Ox 80ppb未満」と判断される。

図2のとおり、実測値80ppb以上のほとんどが、判別式により80ppb以上として捕捉されていることがわかる。

以上のとおり、変数減少法を用いて判別分析により得られた予測モデルは、平成2年及び3年において、Max-Oxが80ppb以上となったか否かを前報より少ない項目数で良好に再現することができた。

表2 判別分析による結果

説明変数	川之江局	センター局	西条局	東予局
SO <sub>2</sub> の判別係数: a <sub>1</sub>	0.191	×	0.091	×
SPM: a <sub>2</sub>	×	×	0.024	0.017
WD: a <sub>3</sub>	×	×	×	×
WV: a <sub>4</sub>	×	0.009	×	×
T: a <sub>5</sub>	×	0.028	×	×
H: a <sub>6</sub>	×	0.013	×	×
SS: a <sub>7</sub>	×	×	×	×
AP: a <sub>8</sub>	×	×	×	×
NO: a <sub>9</sub>	-0.137	×	-0.082	-0.083
NO <sub>2</sub> : a <sub>10</sub>	×	0.128	0.088	0.133
Ox: a <sub>11</sub>	×	0.287	0.067	0.099
NMHC: a <sub>12</sub>	×	×	×	×
CH <sub>4</sub> : a <sub>13</sub>	×	×	0.066	×
CO: a <sub>14</sub>	0.564	×	×	-0.336
定数項: c	-4.349	-29.321	-18.517	-4.235
マハラノビス距離	2.341	6.050	3.563	1.735
Max-Ox ≥ 80のデータ数	27	14	53	46
Max-Ox < 80	159	194	176	166
正解率1	81.5%	92.7%	90.6%	84.8%
正解率2	79.0%	88.9%	85.6%	75.0%

$$(\text{判別スコア}) = a_1 \times \text{SO}_2 + a_2 \times \text{SPM} + \dots + a_{12} \times \text{CO} + c$$

(注) ×印は変数減少法により削除された項目で、斜線の入っている項目は測定していない項目。

表3 正解率

正解率1 =	$\frac{\text{実測値も予測値も80ppb以上であったデータ数}}{\text{実測値が80ppb以上であったデータ数}} \times 100$
正解率2 =	$\frac{(\text{実測値も予測値も80ppb以上であったデータ数}) + (\text{実測値が予測値も80ppb未満であったデータ数})}{\text{データ総数}} \times 100$

4.2 重回帰分析による数値予測

判別分析により、Max-Oxの高濃度予測のための予測モデルが得られたので、さらにその濃度を数値的に予測するために、表1に示す項目を用いて、変数減少法による重回帰分析により予測式を求めた。

予測式を求めるに当たり、次の2種類のケースについて比較検討を行った。

- ・ケース1: Max-Oxの値に関係なく全データを用いて予測式を求めた。
- ・ケース2: Max-Oxが70ppb以上の日のデータのみを用いて予測式を求めた。

ケース2ではMax-Ox 80ppb付近の予測精度を上げるためにMax-Ox 70ppb以上のデータのみを用いた。

これらの予測モデルを評価するために、表5に示す正解率3及び正解率4を用いた。

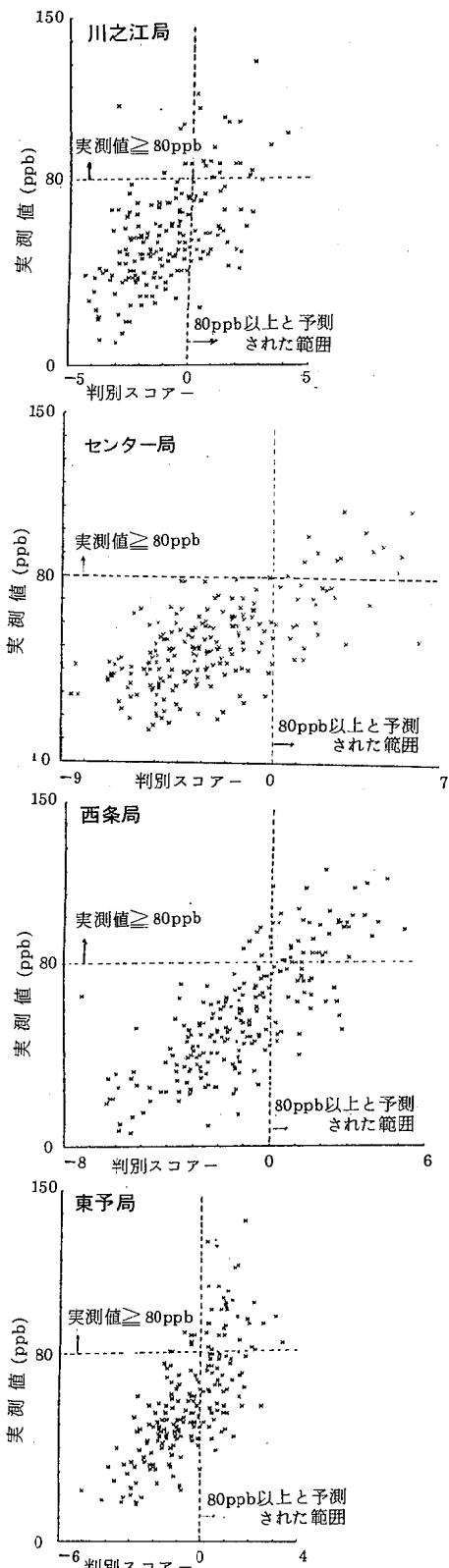


図2 判別スコアと実測値の関係

4.2.1 ケース1

全データを用いて、重回帰分析を行った結果を表4に示す。

分散分析の結果、分散比は約31~64となり、1%の危険率で有意となった。この分散比は、変数減少法を用いなかった前報(約8~18)と比較して大きく、重回帰式の有意性が高いことを示している。

また、予測式の精度を示す標準誤差( $\sqrt{Ve}$ )は12~16 ppbであり、前報の標準誤差(15~18)と比較すると若干精度的に改善されたものと思われる。

Max-Oxが80 ppb以上の高濃度側の予測精度を示す正解率3は23.9~47.2%であった。

変数減少法により有効となった項目は、川之江局4項目、センター局9項目、西条局7項目及び東予局6項目となった。これらの項目のうちOxはどの局も有効な項目になり、標準回帰係数からも、Max-Oxに対する影響が最も大きいものと思われる。

図3に、表4の予測式で求めた予測値と実測値のうち、実測値が80 ppb以上のみを示す。

表4 重回帰分析による結果(ケース1)

測定局名 説明変数	川之江局	センター局	西条局	東予局
SO <sub>2</sub> の回帰係数 a <sub>1</sub>	1.241 (0.455)	-0.816 (-0.238)	0.748 (0.255)	×
SPM の a <sub>2</sub>		0.098 (0.191)	0.197 (0.227)	0.163 (0.233)
WD の a <sub>3</sub>	×	×	0.619 (0.083)	1.027 (0.151)
WV の a <sub>4</sub>	×	×	×	×
T の a <sub>5</sub>		0.094 (0.310)		
H の a <sub>6</sub>		0.070 (0.445)		
SS の a <sub>7</sub>		0.048 (0.167)		
AP の a <sub>8</sub>		0.462 (0.140)		
NO の a <sub>9</sub>	-0.610 (-0.334)	×	-0.296 (-0.169)	-0.738 (-0.252)
NO <sub>2</sub> の a <sub>10</sub>	×	0.628 (0.388)	0.466 (0.234)	1.121 (0.481)
Ox の a <sub>11</sub>	0.936 (0.542)	1.310 (0.787)	0.999 (0.542)	1.032 (0.585)
NMHC の a <sub>12</sub>	0.462 (0.284)	-0.180 (-0.183)	×	-0.479 (-0.133)
CH <sub>4</sub> の a <sub>13</sub>	×	×	0.282 (0.147)	×
CO の a <sub>14</sub>	×		×	×
定数項 c	7.154	-527.57	-53.455	10.546
重相関係数(R)	0.715	0.770	0.819	0.737
分散比(F)	47.381 **	31.971 **	64.122 **	40.555 **
標準誤差( $\sqrt{Ve}$ )	15	12	15	16
データ数(n)	186	208	229	212
正解率3	29.6% (8/27)	35.7% (5/14)	47.2% (25/53)	23.9% (11/46)
正解率4	54.3% (107/196)	65.7% (137/208)	57.6% (132/229)	50.9% (108/212)

(予測値) = a<sub>1</sub> × SO<sub>2</sub> + a<sub>2</sub> × SPM + ..... + a<sub>14</sub> × CO + c

(注1) \* \* 印は1%危険率

(注2) ( ) 内の数値は標準回帰係数。

(注3) ×印は変数減少法により削除された項目で、斜線の入っている項目は測定していない項目。

表5 正解率

正解率3 =	$\frac{\text{実測値}80\text{ppb以上のデータのうち(実測値)}\pm 10\text{ppbの範囲内で予測できたデータ数}}{\text{実測値が}80\text{ppb以上であったデータ数}} \times 100$
正解率4 =	$\frac{\text{(実測値)}\pm 10\text{ppbの範囲内で予測できたデータ数}}{\text{全データ数}} \times 100$

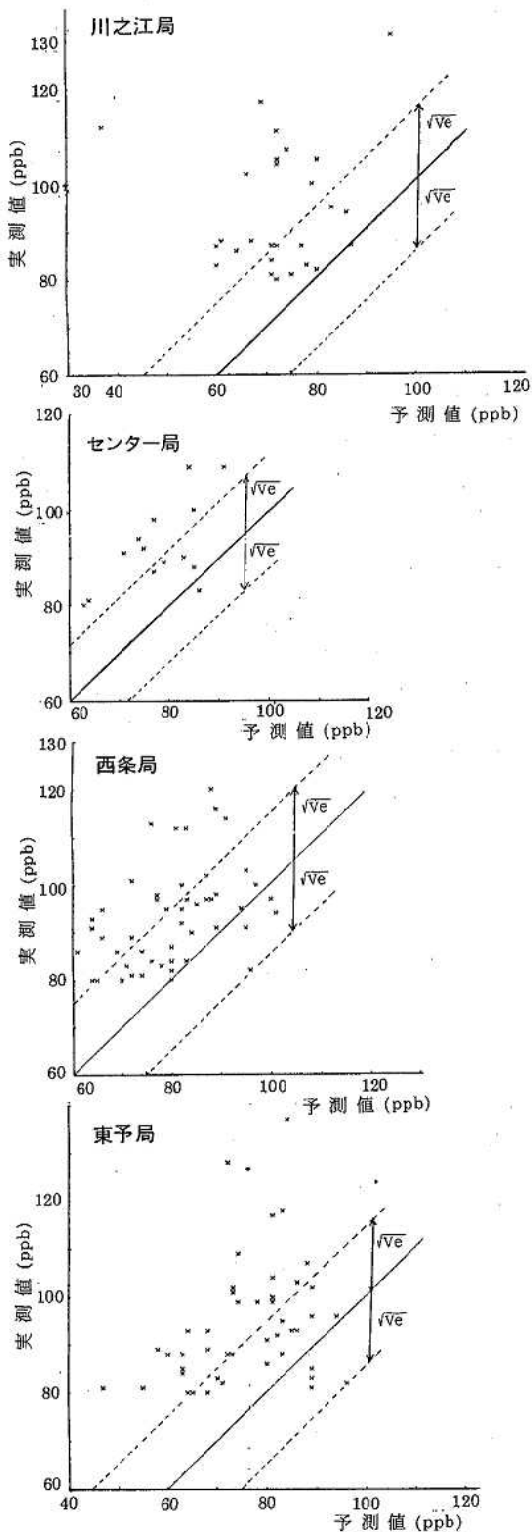


図3 重回帰分析による予測値と実測値の関係 (ケース1)

図からも明らかに、どの局も高濃度オキシダントを低めに予測してしまう傾向が認められる。これは前報のみならず他県でも同様に見られる傾向<sup>4)</sup>で、高濃度オキシダントとなる日は、10時からの濃度の上昇が通常の日と比較すると急勾配となることを示すものと考えられる。

以上のとおり、全データを用いて重回帰分析により求めた予測モデルは、前報に比較して精度的に改善されたが、高濃度側のMax-Oxを近似するには適さないものと考えられる。

#### 4.2.2 ケース2

Max-Oxが高濃度であった日のデータのみを用いて重回帰分析を行った結果を表6に示す。

分散分析の結果、分散比は川之江局及び東予局は5%、センター局及び西条局は1%の危険率で有意となった。この分散比はケース1に比較してかなり小さい。これは、ケース1は、ケース2に比較してデータ数が多く、しかも平均値付近のデータが多いためと考えられる。

また、予測式の精度を示す標準誤差は7~13 ppbであり、ケース1と比較して良好な結果が得られた。

Max-Oxが80 ppb以上の高濃度側の予測精度を示す正解率3は66.7~85.7%とケース1に比較して高かった。

変数減少法により有効となった項目は、川之江局4項目、センター局7項目、西条局8項目及び東予局7項目であった。これらの項目のうち、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>は、

表6 重回帰分析による結果 (ケース2)

測定局名	川之江局	センター局	西条局	東予局
説明変数				
SO <sub>2</sub> の回帰係数: a <sub>1</sub>	1.318(0.621)	-1.128(-0.497)	0.370(0.232)	-0.536(-0.233)
SPM " : a <sub>2</sub>		×	0.135(0.309)	0.112(0.257)
WD " : a <sub>3</sub>	×	×	0.697(0.129)	×
WV " : a <sub>4</sub>	×	0.031(0.181)	×	-0.046(-0.198)
T " : a <sub>5</sub>		×		
H " : a <sub>6</sub>		0.037(0.805)		
SS " : a <sub>7</sub>		0.068(0.263)		
AP " : a <sub>8</sub>		×		
NO " : a <sub>9</sub>	×	×	-0.602(-0.465)	-1.041(-0.478)
NO <sub>2</sub> " : a <sub>10</sub>	-0.574(-0.634)	0.588(0.621)	0.267(0.274)	1.080(0.746)
Ox " : a <sub>11</sub>	×	1.039(0.846)	0.186(0.188)	0.384(0.306)
NMHC " : a <sub>12</sub>	×	-0.251(-0.324)	×	-0.459(-0.211)
CH <sub>4</sub> " : a <sub>13</sub>	-0.674(-0.231)	×	0.206(0.301)	×
CO " : a <sub>14</sub>	2.840(0.307)		1.443(0.147)	×
定数項 : c	190.665	-21.774	9.757	78.062
重相関係数(R)	0.477	0.843	0.605	0.474
分散比(F)	3.100 *	8.086 **	4.700 **	2.573 *
標準誤差(√ve)	13	7	10	13
データ数(n)	47	31	74	70
正解率3	66.7% < 18/27	85.7% < 12/14	77.4% < 41/53	67.4% < 31/46
正解率4	59.6% < 28/47	87.1% < 27/31	74.3% < 65/74	60.0% < 42/70

(予測値)=a<sub>1</sub>×SO<sub>2</sub>+a<sub>2</sub>×SPM+……+a<sub>14</sub>×CO+c  
(注) \*印は5%危険率で有意、\*\*印は1%危険率で有意

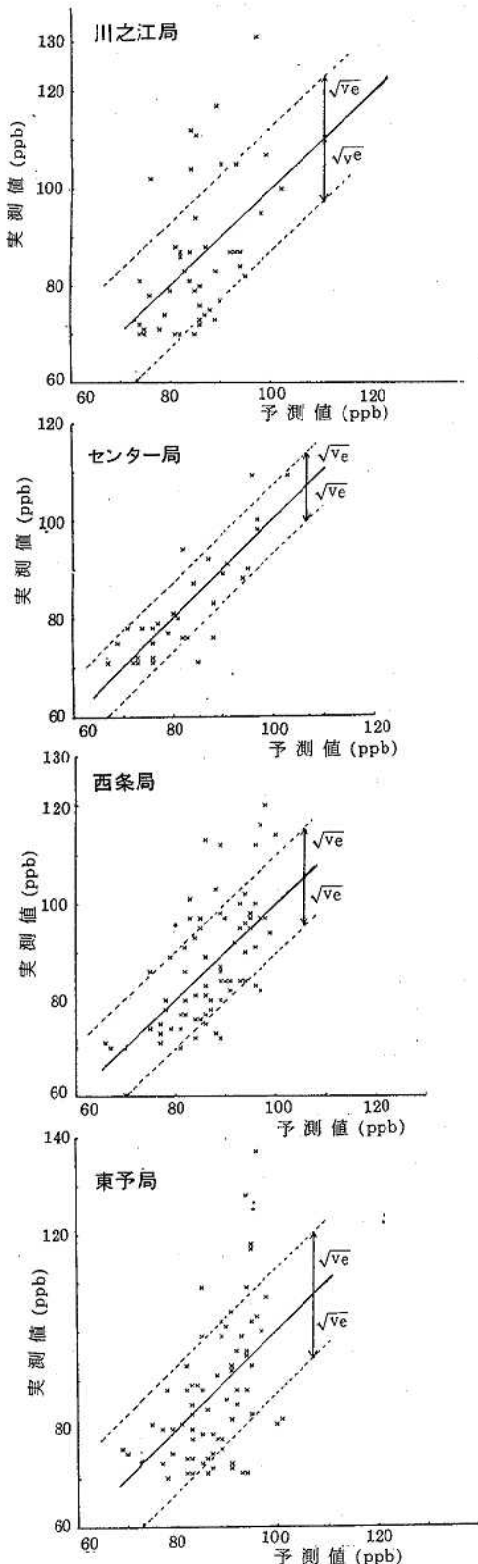


図4 重回帰分析による予測値と実測値の関係 (ケース2)

どの局も有効な項目となった。また、標準回帰係数もケース1ではどの局もOxが最も大きかったが、ケース2ではセンター局のみでありケース1とケース2ではかなり異なった予測式となった。

図4に、表6の予測式で求めた予測値と実測値の関係を示す。

センター局以外では実測値120ppb付近で実測値より低めの予測値となっているが、図3と比較するとかなり良好に近似している。

以上のとおり、幅広い範囲のMax-Oxを一本の直線で近似することは、特に高濃度側では困難であり判別分析により高濃度を予測し、ケース2により、直線近似することで高濃度オキシダントの数値予測が可能と考えられる。

#### 4.3 予測モデルの適用結果

今回の判別分析及び重回帰分析で得られた予測モデルを平成元年と4年の高濃度オキシダントとなった日について適用した。その結果を表7に示す。

判別分析による高濃度予測は、センター局以外は良好な結果であった。重回帰分析による数値予測では、ケース2の方がケース1より良好であった。

判別式で高濃度を予測し、ケース2の重回帰式により±10ppbの範囲内で予測できた割合は、全体で48%となった。

以上のとおり、高濃度オキシダントの数値予測は、高濃度域のデータから求めた重回帰式を用いることにより、さらに精度の高い数値予測ができることが示された。判別式と併せて用いた場合、センター局以外の3局ではほぼ良好な結果と思われる。

年ごとの気象条件等の違いにより予測式も異なることが報告されており<sup>4)</sup>、今後さらに多くのデータを用いて検証を行うとともに、より汎用性のある予測モデルに改良して行く必要があると思われる。

表7 予測モデルの適用結果

測定局	正解率 判別分析による高濃度予測の正解率1	重回帰分析による数値予測		判別分析と重回帰分析(ケース2)を併用した時の正解率4
		正解率4 (ケース1)	正解率4 (ケース2)	
川之江局	8/12 (67%)	5/11 (54%)	9/12 (75%)	6/12 (50%)
センター局	0/3 (0%)	0/3 (0%)	2/3 (67%)	0/3 (0%)
西条局	4/5 (80%)	3/5 (60%)	4/5 (80%)	3/5 (60%)
東予局	2/2 (100%)	3/4 (75%)	3/4 (75%)	1/1 (100%)
計	14/22 (64%)	11/23 (48%)	18/24 (75%)	10/21 (48%)

#### 5. まとめ

Max-Oxが80ppb以上の数値予測について、平成2年、3年のデータを用いて検討を行った結果、次のことが明らかになった。

- (1) 判別分析により得られた予測モデルは、平成2年3年において、Max - Ox が80ppb 以上となったか否かを良好に再現することができた。
- (2) 幅広い範囲のMax - Oxを一本の直線で近似することは、特に高濃度側では困難であったが、判別分析により高濃度を予測し、高濃度側のデータのみを用いて直線近似することにより、高濃度側の数値をさらに高い精度で予測できると考えられる。
- (3) 変数減少法を用いることにより、判別分析では3～5項目、重回帰分析では4～8項目にまで説明変数を削減することができた。  
また、精度的にも前報より良好な予測モデルを得ることができた。
- (4) 平成2年、3年のデータから得られた予測モデルを平成元年、4年のデータに適用した結果、センタ

ー層の判別分析による予測結果を除いて良好であった。

- (6) 判別分析と重回帰分析による予測モデルを組み合わせると±10ppb 内で予測できた割合は48%であった。

今後は、さらにこれらの予測式の検証を続け、より汎用性のある予測モデルとなるよう検討を加えたい。

— 参考文献 —

- 1) 中村洋祐他：愛媛県公害技術センター所報，第12号，42～46，1992.
- 2) 奥野忠一他：多変量解析法，1986.
- 3) 松山地方气象台：愛媛県気象月報，4～9月号，1989～1992.
- 4) 内田郁夫他：三重県環境科学センター研究報告第11号，21～32，1991.

# 新居浜地先海域の水質について

— 判別分析を用いた水質評価 —

東予支所 余田幸作・越智久尚・津野田隆敏・安部暢哉

## 1. はじめに

隠灘は、瀬戸内海のほぼ中央に位置し、南北に臨海工業地帯を有する閉鎖性海域である。その中でも新居浜地先海域は、四国最大の工業都市であり県下第2位の人口規模を持つ新居浜市に接する海域である。

愛媛県では、水質汚濁防止法第16条に基づき、環境基準の類型指定を行い、公共用水域水質測定計画を策定し昭和48年以來毎月環境基準の監視調査を実施している。

その後、昭和54年にはCOD総量規制が導入されるなど、幾多の変遷を経て現在に至っている。

本報では、新居浜地先海域におけるこれまでの調査

結果から判別分析による水質評価を行い、若干の知見を得たのでここに報告する。

## 2. 調査方法

調査は、水質測定計画に基づく新居浜地先海域の測定地点である12地点（環境基準A類型6地点、B類型4地点、C類型2地点）で行った。調査地点及び環境基準類型を図1に示す。

調査期間は、昭和48年4月から平成3年3月までの18年間である。

この間昭和54年にはCOD総量規制が導入され、それまでの濃度規制から総量規制へと規制が強化された。

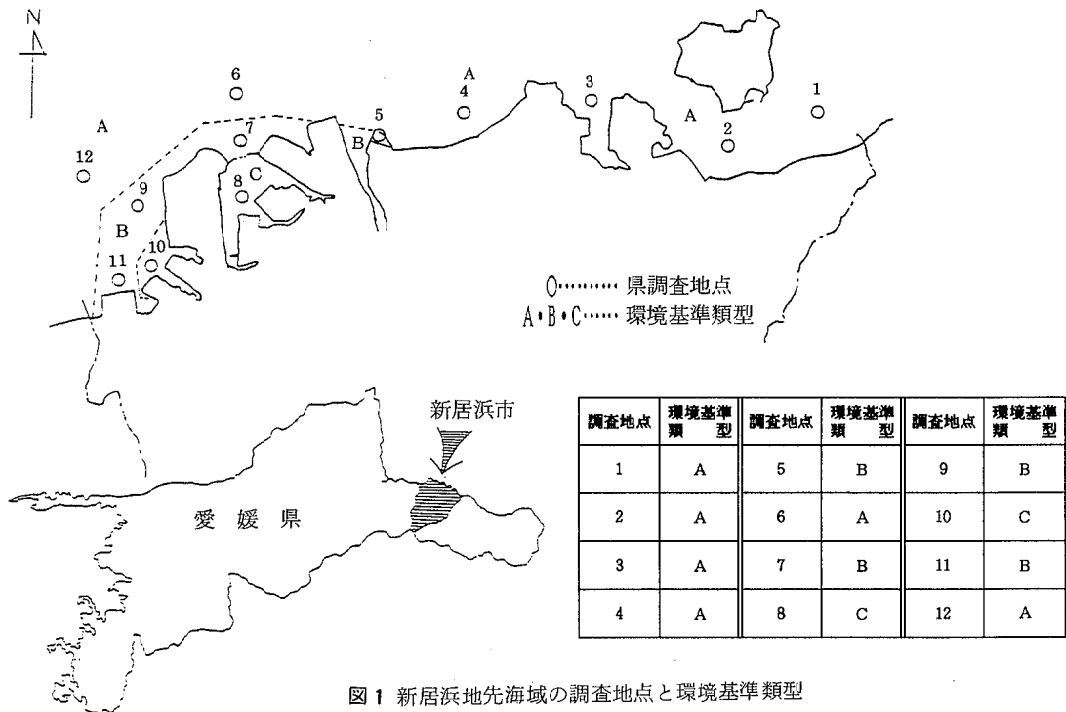


図1 新居浜地先海域の調査地点と環境基準類型



昭和53年までの6年間とその後の12年間を2つに区分し、次に示すような3つの区分として評価することとした。

- 昭和48年度～昭和53年度：濃度規制期  
(以下第1群という)
- 昭和54年度～昭和59年度：総量規制第1期  
(以下第2群という)
- 昭和60年度～平成2年度：総量規制第2期  
(以下第3群という)

水質の評価方法には、単項目毎に行う方法と多項目(多変量)で行う方法とがある。通常環境基準が当てはめられている公共用水域においては、それぞれの項目ごとに、つまり単項目ごとに、評価がなされているのが現状である。しかし、複雑多岐にわたる海域の水質特性を把握することは、単項目だけでは十分ではなく、多項目の水質データを用いて総合的な判断が必要となっている。

そこで、今回は区分された3つの期間をそれぞれの群として判別分析により評価を行うことにした。

解析に用いた水質データは、公共用水域水質調査結果(各年度版)<sup>1)</sup>で、各地点とも表層のデータを用いた。また、解析に用いる変数項目は、水温、透明度、pH、DO、COD、塩素量の6項目を用いた。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 水質の概要

新居浜地先海域の過去18年間について、先に述べたように3つの期間に区分して考えたが、それぞれの期間における項目別の調査結果を表1～表3に示す。

ここで、CODをみると、それぞれの期間の平均値は減少する傾向にあり、総量規制第2期になると濃度規制期に比べて約1 mg/lも減少している。さらに最大値をみても、3.9 mg/lと小さくなっているのがわかる。他の項目については同じような傾向を示している。

表1 新居浜地先海域の水質(濃度規制期：昭和48年度～昭和53年度)

	水温(°C)	透明度(m)	pH	DO(mg/l)	COD(mg/l)	塩素量(%)
最大値	31.5	12.0	8.8	15.2	9.1	18.808
最小値	6.0	0.5	7.9	4.4	0.2	12.200
平均値	18.5	3.4	8.2	8.5	2.2	17.383
標準偏差	6.74	1.46	0.13	1.49	1.04	0.754
変動係数	0.36	0.42	0.012	0.17	0.46	0.043

表2 新居浜地先海域の水質(総量規制第1期：昭和54年度～昭和59年度)

	水温(°C)	透明度(m)	pH	DO(mg/l)	COD(mg/l)	塩素量(%)
最大値	29.6	11.0	8.9	14.0	8.6	18.807
最小値	7.1	0.2	7.7	5.9	0.2	6.916
平均値	17.6	3.3	8.2	9.1	1.6	17.455
標準偏差	6.44	1.46	0.14	1.16	0.79	0.995
変動係数	0.36	0.42	0.012	0.12	0.49	0.057

表3 新居浜地先海域の水質(総量規制第2期：昭和60年度～平成2年度)

	水温(°C)	透明度(m)	pH	DO(mg/l)	COD(mg/l)	塩素量(%)
最大値	29.1	10.0	8.7	12.3	3.9	18.846
最小値	7.1	0.5	7.6	5.8	0.2	14.091
平均値	18.0	3.7	8.2	8.6	1.3	17.573
標準偏差	6.46	1.44	0.10	1.02	0.53	0.708
変動係数	0.35	0.38	0.012	0.11	0.39	0.040

また、各類型の代表的な地点についてCODの移動平均を図2～図4に示す。これを見てもゆるやかな減少傾向にあり、水質の改善が図られてきているように思える。そこで、改善状況をつかむためそれぞれの地点についての傾向線を調べてみた。その結果を表4に示す。傾向線の傾きは、 $-0.09 \sim 0.18$  の範囲にあることからCODはどの地点においても、ゆるやかな減少傾向にあることがわかった。

### 3.2 水質の解析

#### 3.2.1 正規性の検定

多変量解析を行うときには、各項目のデータの分布は正規分布が望ましい。<sup>2,3)</sup> 従って、解析を行うにあたり、各項目の生データ（無変換）、ルート変換データ及び対数変換データについて歪度、尖度、及び $\chi^2$ 検定を計算し、正規分布に近づく分布を求めた。

なお、定量下限値以下のデータは対数変換時に処理が不可能となるので定量下限値の $1/2$ とした。また、異常値については、その棄却方法としてGrubbsの方法を用いた。その結果を、表5～表7に示す。これにより、透明度とCODについては対数変換型データが、その他の項目については無変換型データがより正規性を示したので、以後それらの変換型データを用いて解析することにした。

#### 3.2.2 判別分析による検討

先に求めた時系列データの傾向線から、各調査地点のCODが減少傾向であることがわかったが、各調査項目を水質の指標として総合的にとらえたとき、総量

表4 時系列データの傾向線

地点番号	傾き	定数項
1	-0.1367	1.5237
2	-0.1130	1.5033
3	-0.1161	1.5307
4	-0.1008	1.6093
5	-0.1416	1.7242
6	-0.0911	1.4842
7	-0.1323	1.7256
8	-0.1711	2.1865
9	-0.1376	1.7684
10	-0.1784	2.3488
11	-0.1388	1.7795
12	-0.1142	1.6456
平均	-0.1310	1.7358

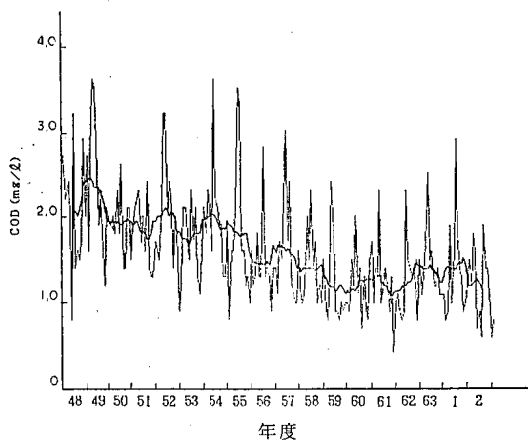


図2 環境基準A類型（4番地点）におけるCODの移動平均

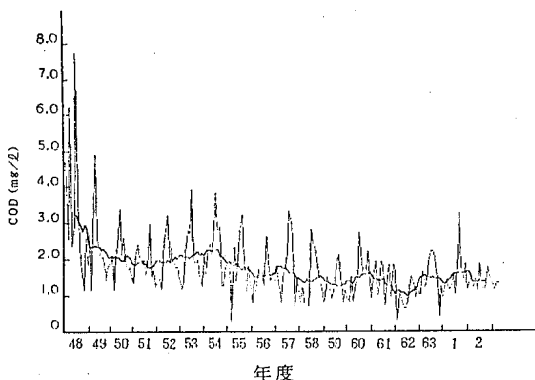


図3 環境基準B類型（9番地点）におけるCODの移動平均

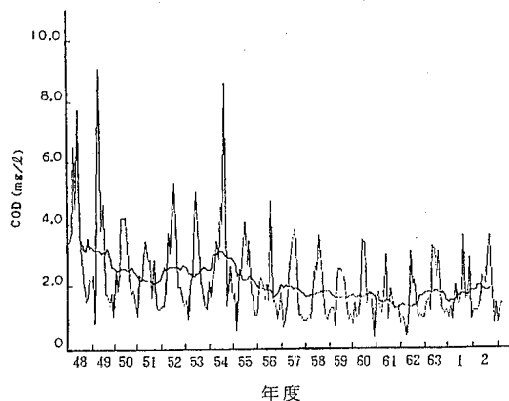


図4 環境基準C類型（8番地点）におけるCODの移動平均

表5 正規性の検討  
(濃度規制期：昭和48年度～昭和53年度)

	変換様式	歪度	尖度	$\chi^2$
水温	原データ	-0.00338	-1.35	352
	ルート変換	-0.198	-1.28	449
	対数変換	-0.411	-1.08	402
透明度	原データ	1.03	1.96	240
	ルート変換	0.317	0.374	310
	対数変換	-0.468	0.962	277
pH	原データ	0.685	1.64	184
	ルート変換	0.646	1.56	511
	対数変換	0.608	1.49	478
DO	原データ	0.289	0.793	310
	ルート変換	-0.0323	0.382	249
	対数変換	-0.335	0.354	324
COD	原データ	2.35	8.67	377
	ルート変換	1.31	3.26	317
	対数変換	0.265	2.17	271
塩素量	原データ	-1.57	5.27	330
	ルート変換	-1.75	6.66	340
	対数変換	-1.96	8.42	327

表6 正規性の検討  
(総量規制第1期：昭和54年度～昭和59年度)

	変換様式	歪度	尖度	$\chi^2$
水温	原データ	0.0792	-1.29	267
	ルート変換	-0.125	-1.27	313
	対数変換	-0.339	-1.16	379
透明度	原データ	1.01	1.63	419
	ルート変換	0.348	0.229	290
	対数変換	-0.468	1.52	273
pH	原データ	0.548	1.22	720
	ルート変換	0.511	1.17	258
	対数変換	0.472	1.12	852
DO	原データ	-0.162	0.342	508
	ルート変換	-0.373	0.231	426
	対数変換	-0.571	0.284	513
COD	原データ	1.85	7.77	375
	ルート変換	0.824	1.43	382
	対数変換	0.0547	0.211	232
塩素量	原データ	-3.06	18.9	359
	ルート変換	-3.83	30.5	340
	対数変換	-4.98	51.5	380

表7 正規性の検討  
(総量規制第2期：昭和60年度～平成2年度)

	変換様式	歪度	尖度	$\chi^2$
水温	原データ	-0.0489	-1.40	371
	ルート変換	-0.119	-1.38	504
	対数変換	-0.296	-1.28	487
透明度	原データ	1.03	1.90	405
	ルート変換	0.336	0.622	338
	対数変換	-0.434	1.13	309
pH	原データ	0.432	4.63	294
	ルート変換	0.367	4.59	375
	対数変換	0.305	4.60	387
DO	原データ	0.0682	-0.160	358
	ルート変換	-0.0876	-0.284	284
	対数変換	-0.237	-0.316	408
COD	原データ	1.51	3.54	307
	ルート変換	0.693	1.59	328
	対数変換	-0.311	2.21	282
塩素量	原データ	-1.40	2.57	351
	ルート変換	-1.49	2.95	335
	対数変換	-1.57	3.38	380

規制が水質の変遷にどのような効果を与えたかを見るために、昭和48年度から平成2年度を3つの群に分け、判別分析を行った。

まず、2つの群を判別するために線形判別関数<sup>4)</sup>を求めた。

この線形判別関数は次の式で表される。

$$Z = X_1 \times (\text{透明度}) + X_2 \times (\text{水温}) + X_3 \times (\text{pH}) \\ + X_4 \times (\text{DO}) + X_5 \times (\text{COD}) + X_6 \times (\text{塩素量}) \\ + C$$

ここで、この線形判別関数Zの値(判別得点)を求めたとき、 $Z \geq 0$ ならばある群に、 $Z < 0$ ならば別の群に判別することができる。このように判別していったときの、判別の程度を知るために誤判別率を求めた。これは、2つの群において、ある群から得られたデータが別の群と誤って判別される割合のことで、0%に近い数値であるほど2つの群の分離が良いことを示している。

この判別方法によりそれぞれの群に属する水質データを用いて判別した結果を表8に示す。

第1群をそれぞれ第2群、第3群と判別したときの誤判別率は20.3～26.7%で、ある程度判別できたと考えられる。また、各群の中では、第1群と第3群の誤判別率が最も小さかった。

表8 判別結果(通年データでの判別)

	1群	2群	誤判別率
1群	660	204	23.6%
2群	231	633	26.7%

	1群	3群	誤判別率
1群	689	175	20.3%
3群	194	670	22.5%

	2群	3群	誤判別率
2群	519	345	39.9%
3群	305	559	35.3%

表9 判別結果（夏季データでの判別）

	1群	2群	誤判別率
1群	275	85	23.6%
2群	96	264	26.7%

	1群	3群	誤判別率
1群	310	50	13.9%
3群	69	291	19.2%

	2群	3群	誤判別率
2群	229	131	36.3%
3群	98	262	27.2%

一般に海域においても水温躍層を形成し、一次生産が活発となるなど、水質の季節変動が考えられることから、夏季を5月～9月、冬季を11月～3月として、季節別解析を行った。その結果を表9及び表10に示す。

夏季においては、第1群をそれぞれ第2群、第3群と判別したときの誤判別率が13.9%～26.7%であり、通年データと同程度の結果となった。また、第1群と第3群、第2群と第3群の夏季の誤判別率は、通年データのそれよりも小さな値を示した。冬季においては第1群をそれぞれ第2群、第3群と判別したときの誤判別率は19.2%～23.6%であり、通年データと同程度の結果となった。また、第2群と第3群の冬季の誤判別率は、通年データや夏季データのそれよりも小さな値を示した。

このように3つの期間について通年、夏季及び冬季のデータを用いて判別分析を行った結果、3つの期間の水質にも差がみられることがわかった。

#### 4. まとめ

(1) 新居浜地先海域における、18年間のデータを比

表10 判別結果（冬季データでの判別）

	1群	2群	誤判別率
1群	291	69	19.2%
2群	85	275	23.6%

	1群	3群	誤判別率
1群	277	83	23.1%
3群	89	275	23.6%

	2群	3群	誤判別率
2群	268	92	25.6%
3群	97	263	26.9%

較してみると、CODの濃度や時系列データをみても減少傾向にあることがわかった。

- (2) 判別分析の結果、濃度規制期である昭和48年度から昭和53年度、総量規制期である昭和54年度から昭和60年度からの2つの時期は、濃度規制期に比べて総量規制期のそれぞれの期間に、ある程度判別出来ることがわかった。
- (3) これらのことより、新居浜地先海域の水質は漸次改善されてきており、特に昭和54年の総量規制の導入の効果が現れているようである。

#### — 参考文献 —

- 1) 愛媛県：公共用水域水質調査結果，1973～1990.
- 2) 吉見洋：水環境学会誌，Vol.15，No.5，307～312，1992.
- 3) 脇本和昌他：パソコン統計解析ハンドブックⅡ，多変量解析編，1984.
- 4) 犬伏宏行他：徳島県保健環境センター年報，第10号，93～99，1992.

# 低級脂肪酸による県内畜産事業場等の悪臭調査について

室岡 学・尾澤 博・松原 洋

## 1. はじめに

環境庁は、これまで政令で指定してきた物質以外の物質に起因する悪臭苦情が相当数あることが指摘されたことから、主に畜産事業場、化製場等から発生すると考えられる低級脂肪酸4物質(表1)を悪臭物質として平成元年9月に追加指定<sup>1)~3)</sup>し、平成2年4月から規制を強化した。

本県では、昭和56年度にプロピオン酸等追加指定4物質を含む低級脂肪酸8物質の発生源実態調査を行った<sup>4)</sup>が、悪臭防止法に基づき、追加4物質の規制基準を定めるため、平成3年度に、県内関係事業場における排出実態調査を実施したので、その結果を報告する。

## 2. 調査方法

調査時期：春期(5月)及び夏期(7~8月)

または夏期及び秋期(10月)

調査事業場：規制地域内(図1)の追加悪臭物質を排出すると考えられる6業種、13事業場

(内訳)

畜産事業場8(養豚業4, 養牛業2, 養鶏業2), し尿処理場2, 畜産食料品製造工場2, 化製場1

調査場所：風下方向の事業場敷地境界

測定方法：アルカリビーズ捕集-ガスクロマトグラフィー法<sup>5), 6)</sup>

表1 追加指定悪臭物質の概要

物質名	化学式	においの性質	主要発生源 事業場
プロピオン酸	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	酸っぱいような刺激臭	脂肪酸製造工場 染色工場等
ノルマル酪酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	汗臭いにおい	畜産事業場 化製場
ノルマル吉草酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	むれた靴下のおい	でんぷん工場等
イソ吉草酸	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COOH}$	むれた靴下のおい	

## 3. 調査結果及び考察

調査結果を表2に示す。

定量限界は、調査の目的及び捕集管ブランクを考慮して、6段階臭気強度表示法(表3)の2相当濃度(表4)<sup>7)</sup>とした。

対象事業場各2回(延べ26回)の調査の結果、物質別にみると、最も検出された回数が多かったのはノルマル酪酸で11回(検出率42%)、次いでノルマル吉草酸が3回(検出率12%)、イソ吉草酸が2回(検出率8%)であったが、プロピオン酸は検出されなかった。

業種別には、養豚業が延べ10回(検出率31%、うちノルマル酪酸6回、ノルマル吉草酸3回、イソ吉草酸1回)、養鶏業が2回(検出率13%、すべてノルマル酪酸)、養牛業・し尿処理場・畜産食料品製造工場が各1回(検出率各6%、すべてノルマル酪酸)、化製場が1回(検出率13%、イソ吉草酸)の検出回数であった。



図1 県内の悪臭規制地域

また、悪臭防止法施行規則<sup>3)</sup>で定められた規制基準範囲の下限であり、何のにおいか判别できる臭気強度2.5を越えるものがノルマル酪酸で3回(すべて養豚業、同業種における超過率38%)、ノルマル吉草酸で1回(養豚業、超過率13%)であった。イソ吉草酸は臭気強度2.5以下であった(図2)。

今回の政令の一部改正にあたり、環境庁が行った悪臭苦情の現況等についての調査<sup>7)</sup>によると、次のことなどが指摘されている。

- (1) 全国平均では畜産農業に係る苦情が全苦情の30%弱を占め、悪臭発生源業種の第1位となっていた。
- (2) 悪臭の原因物質について解析を行った結果、測定

表2 低級脂肪酸排出実態調査結果

業種	事業場	事業規模等	調査時期	測定値 (ppm)				天候	気温 (°C)	風速 (m/s)
				プロピオン酸	ノルマル酪酸	ノルマル吉草酸	イソ吉草酸			
畜産事業場	養豚業	A 繁殖74頭、肉豚400頭 子豚200頭	夏	ND	0.0010	0.0005	ND	晴	31.0	< 1.0
			秋	ND	0.0014	ND	ND	晴	25.9	1.0
		B 繁殖42頭、肉豚200頭 子豚50頭	夏	ND	0.0055	0.0015	0.0006	晴	33.5	< 1.0
			秋	ND	0.0053	0.0006	ND	晴	27.0	1.3
	C 母豚950頭	夏	ND	0.0006	ND	ND	晴	31.2	< 1.0	
		秋	ND	ND	ND	ND	晴	23.0	1.4	
	D 繁殖63頭、育成200頭	夏	ND	ND	ND	ND	晴	28.0	1.5	
		秋	ND	0.0007	ND	ND	曇	21.5	< 1.0	
	養牛業	E 肉用牛(成牛46頭)	夏	ND	0.0006	ND	ND	晴	33.0	< 1.0
			秋	ND	ND	ND	ND	晴	22.0	< 1.0
		F 酪農(成牛30頭、子牛3頭)	夏	ND	ND	ND	ND	晴	32.5	< 1.0
	養鶏業	G 採卵鶏(成鶏45,000羽 ひな800羽)	夏	ND	0.0004	ND	ND	曇	27.0	< 1.0
秋			ND	0.0004	ND	ND	晴	28.0	< 1.0	
H 採卵鶏(成鶏90,000羽)		夏	ND	ND	ND	ND	曇	27.0	< 1.0	
		秋	ND	ND	ND	ND	曇	19.0	< 1.0	
し尿処理場	I 好気処理 (350kl/日)	春	ND	ND	ND	ND	曇	19.2	6.7	
		夏	ND	ND	ND	ND	晴	29.0	2.5	
	J 嫌気処理 (48kl/日)	春	ND	0.0005	ND	ND	曇	19.0	< 1.0	
		夏	ND	ND	ND	ND	晴	31.0	< 1.0	
畜産食料品製造工場	K ハム等製造	春	ND	0.0004	ND	ND	晴	21.5	< 1.0	
		夏	ND	ND	ND	ND	晴	32.3	1.3	
	L 鶏肉燻製等製造	春	ND	ND	ND	ND	曇	19.3	< 1.0	
		夏	ND	ND	ND	ND	晴	28.0	< 1.0	
化製場	M 獣脂等製造	春	ND	ND	ND	0.0004	曇	19.9	3.3	
		夏	ND	ND	ND	ND	晴	31.6	1.5	
定量限界				0.01	0.0004	0.0005	0.0004			
(参考) 規制基準の範囲				A区域	0.03 ~ 0.07	0.001 ~ 0.002	0.0009 ~ 0.002	0.001 ~ 0.004	対応臭気強度	2.5 ~ 3
				B区域	0.07 ~ 0.2	0.002 ~ 0.006	0.002 ~ 0.004	0.004 ~ 0.01		3 ~ 3.5

表3 6段階臭気強度表示法

臭気強度	においの程度
0	無臭
1	やっと感知できるにおい(検知閾値濃度)
2	何のにおいであるかわかる弱いにおい(認知閾値濃度)
3	らくに感知できるにおい
4	強いにおい
5	強烈なにおい

表4 悪臭物質濃度と臭気強度の関係

単位: ppm

臭気強度	1	2	2.5	3	3.5	4	5
物質名							
プロピオン酸	0.002	0.01	0.03	0.07	0.2	0.4	2
ノルマル酪酸	0.00007	0.0004	0.001	0.002	0.006	0.02	0.09
ノルマル吉草酸	0.0001	0.0005	0.0009	0.002	0.004	0.008	0.04
イソ吉草酸	0.00005	0.0004	0.001	0.004	0.01	0.03	0.3

結果のうち主に低級脂肪酸が原因と考えられるものが養豚業・化製場・でん粉製造工場で30%を越え、特に養豚業・でん粉製造工場では50%を上回っていた。

(8) 低級脂肪酸が臭気強度2.5を超過していた検体数は、先に述べた3業種で多く、物質別の割合では、ノルマル酪酸が最も高く、次いでイソ吉草酸、ノルマル吉草酸の順であった(図2)。

また、久保ら<sup>8)</sup>は、5業種における8種類の低級脂肪酸の排出実態調査を行い、臭気に与える寄与が最も大きな物質はノルマル酪酸、次いでイソ吉草酸であろうと推定している。

悪臭物質の濃度測定においては、気象条件(天候、風向・風速等)や測定条件(発生源からの距離等)などによる変動があるが、本県の調査結果でのノルマル酪酸の検出率や養豚業における検出頻度の高さは、これらの指摘を裏付けるもので、他県の調査結果<sup>9~15)</sup>とも同傾向であった。

また、濃度は他県に比べて同程度あるいは低い傾向にあった。

このことは、本県の全悪臭苦情件数に占める畜産農業に係る割合が比較的低いこと<sup>7)</sup>の理由の一端を説明できると思われる。

#### 4. おわりに

平成3年度に行った低級脂肪酸による県内畜産事業場等の悪臭実態調査の結果、次のことがわかった。

- (1) 物質別に見て最も検出回数が多かったのは、ノルマル酪酸(検出率42%)であった。
- (2) 業種別に見て最も検出回数が多かったのは、養豚業(検出率31%)であった。
- (3) 臭気強度2.5を越えた回数が最も多かったのは、ノルマル酪酸(養豚業における超過率38%)であった。

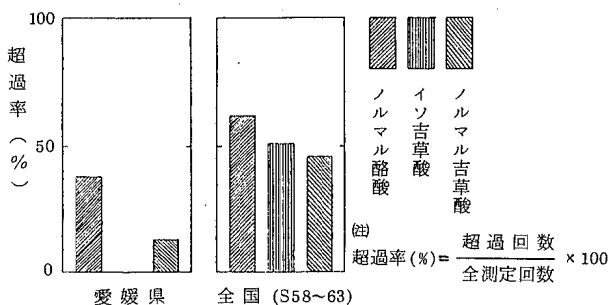


図2 低級脂肪酸が臭気強度2.5を越えた割合(養豚業)

(4) 以上のような傾向は他県と同傾向で、濃度は同程度あるいは低い傾向にあった。

こうした状況をふまえて、本県では、今後とも各事業場への適正な管理を指導することで、概ね臭気強度2.5以下に排出を抑えることができると判断されることから、平成4年3月に現行規制基準相当濃度(A区域:臭気強度2.5, B区域:臭気強度3)を基準値として設定<sup>16)</sup>した(平成4年4月1日施行)。

悪臭公害は、感覚公害ともいわれるように複雑な要因を含んでおり、指導にあたっての物質の濃度測定もその対象物質数が増えるにしたがって複雑多岐にわたってきていることから、今後は、各地で利用導入されている官能試験法<sup>17)</sup>などによる総合的な悪臭の評価判定法の効果的利用も検討しなければならないであろう。

#### — 参考文献 —

- 1) 法律第91号(昭和46年6月1日)
- 2) 政令第277号(平成元年9月27日)
- 3) 総理府令第50号(平成元年9月27日)
- 4) 篠崎由紀他:愛媛県公害技術センター所報,第4号,24~27,1982.
- 5) 室岡 学他:愛媛県公害技術センター所報,第12号,79~84,1992.
- 6) 環境庁告示第47号(平成元年10月13日)
- 7) 環境庁大気保全局:悪臭防止法施行令等の一部改正に関する説明会資料(平成元年11月)
- 8) 久保正弘他:香川県公害研究センター所報, No.7, 35~40, 1982.
- 9) 川井田哲郎他:宮崎県公害センター年報, No.10, 27~35, 1987.
- 10) 川井田哲郎他:宮崎県公害センター年報, No.11, 77~82, 1989.
- 11) 岡林理恵他:高知県公害防止センター所報, No.7, 43~61, 1990.
- 12) 橋田哲郎他:石川県衛生公害研究所年報, No.28, 302~306, 1991.
- 13) 坂本明弘他:和歌山県公害研究所年報, No.37, 54~60, 1991.
- 14) 川井田哲郎他:宮崎県公害センター年報, No.12, 93~96, 1991.
- 15) 榎野光永他:宮城県保健環境センター年報, No.10, 92~95, 1992.
- 16) 愛媛県告示第472号(平成4年3月27日)
- 17) 環境庁告示第92号(平成4年12月24日)

# パージ・トラップーキャピラリーガスクロマトグラフ/質量分析計 による水試料中の低沸点ハロゲン化炭化水素の定量

尾澤 博・室岡 学・松原 洋

## 1. はじめに

各種産業用の洗浄剤として多量に使用されているトリクロロエチレンやテトラクロロエチレンによる環境汚染が問題となり、平成元年3月水質汚濁防止法の一部改正により、両物質は有害物質として政令指定され、排水基準が設定された。両物質あるいは1,1,1-トリクロロエタンが地下浸透した場合、これらの物質が地下水水中において生物分解等により更に有害なジクロロエチレン類に変化するという新たな地下水汚染が問題となっている<sup>1)</sup>。これらの物質による地下水等の汚染実態の把握や汚染機構の解明には、多成分の同時分析を高感度で行える測定法が必要と思われる。

水試料中に存在する低沸点ハロゲン化炭化水素の測定には、ヘッドスペース法あるいは溶媒抽出法による処理後バックドカラムを用いたガスクロマトグラフ(検出器ECD)に導入する方法が一般に用いられている<sup>2)</sup>。しかし、これらの方法ではピーク分離や感度の面で問題となる場合がある。そこで、操作の自動化された市販のパージ・トラップ装置とキャピラリーガ

スクロマトグラフ/質量分析計(以下「GC/MS」という。)の組み合わせによる低沸点ハロゲン化炭化水素の多成分同時分析について検討した結果、若干の知見が得られたので報告する。

## 2. 試験方法

### 2.1 試験対象物質

1,1-ジクロロエチレン, trans-1,2-ジクロロエチレン, cis-1,2-ジクロロエチレン, 1,2-ジクロロエタン, クロロホルム, プロモジクロロメタン, ジブロモクロロメタン, プロモホルム, 1,1,1-トリクロロエタン, トリクロロエチレン, テトラクロロエチレン, 四塩化炭素(合計12物質)

### 2.2 試薬

標準原液: cis-1,2-ジクロロエチレンはアルドリッチ製(純度97%)を秤量, メタノールで1 mg/mlに調製し用いた。他の11物質は和光純薬工業製水質試験用及びトリハロメタン測定用標準液(各1 mg/mlメタノール溶液)を用いた。

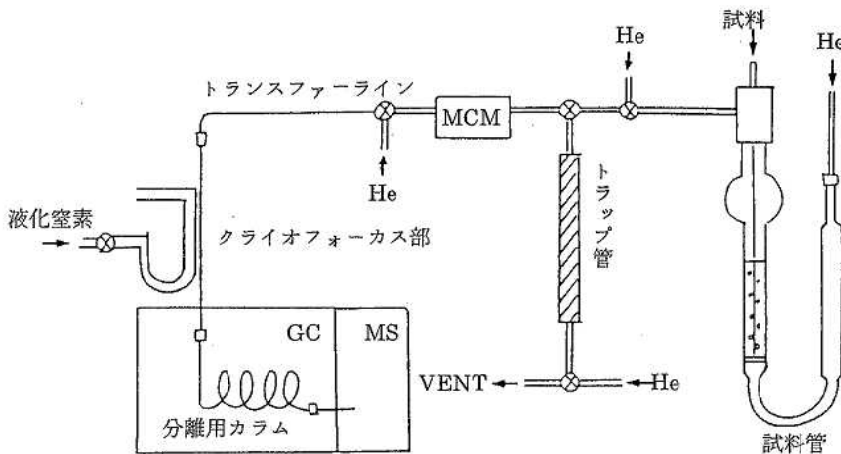


図1 パージ・トラップ装置概略図



混合標準溶液：標準原液各 10 ml を分取・混合し、メタノールで 0.5 ~ 50 mg/l に希釈・調製し用いた。  
メタノール：残留農薬試験用，和光純薬工業製

### 2.3 装置及び測定条件

パージ・トラップ装置：テクマー製，LSC 2000 を用いた。装置の概略を図 1，主な測定条件を表 1 に示した。

GC/MS：GC はヒューレットパッカード製，HP 5890 SERIES II，MS はヒューレットパッカード製，HP 5989 A を用いた。主な測定条件を表 2 に示した。

キャピラリーカラム：クライオフォーカス部はアルミコーティング不活性化空カラム（内径 0.53 mm，長さ 0.3 m），分離用カラムは J & W 製 DB 624（中極性，内径 0.53 mm，長さ 30 m，膜厚 3.0 μm），抵抗管は HP 製 HP-1（無極性，内径 0.20 mm，長さ 3 m，膜厚 0.33 μm）とし，マイクロユニオンで接続して用いた。

### 2.4 パージ・トラップ装置測定条件の検討

表 1 に示した測定条件の中から，トラップ管加熱脱着（Desorb）時間の相違によるクロマトグラムへの影響について調べた。MS の測定条件は MC 法とした。

表 1 パージ・トラップ装置測定条件

Stanby	38 °C
Preheat	8 分
Sample	30 °C
Purge	4 分，He 40 ml/分
Drypurge	4 分
MCM cooldown	7 °C
Cap cooldown	-130 °C
Desorb	1 分，180 °C
Inject	1 分，200 °C
Bake	20 分，225 °C
Sample volume	5 ml
Trap	Tenax GC

表 2 GC/MS 測定条件

キャリアーガス	He，2 ml/分
オープン温度	40 °C（1 分間） 40 ~ 130 °C（5 °C/分） 130 ~ 200 °C（10 °C/分）
インターフェイス温度	210 °C
イオン源温度	200 °C
マスフィルタ温度	100 °C
イオン化電圧	70 eV
EM 電圧	2 kV
スキャン範囲	10 ~ 260 m/z
スキャン速度	MC 法：1 回/秒 MF 法：3 回/秒

### 2.5 ブランク水の検討

次の 4 種類の水について表 1 及び表 2（MS の測定条件は MC 法）の測定条件にて空試験を実施し，妨害ピークの有無を調べた。

煮沸水：イオン交換水を 30 分間以上煮沸した後，室内空気からの汚染に注意しながら水冷後，細口試験瓶に満水状態として 1 時間冷蔵保存したもの

精製水：トリハロメタン測定用，和光純薬工業製

蒸留水：高速液体クロマトグラフ用，和光純薬工業製

超純水：超純水製造装置（Barnsted 製，E-pure-3）により作成したもの

### 2.6 定量範囲及び測定精度の検討

表 1 及び表 2（MS の測定条件は MF 法）の測定条件にて標準試料を用いて応答値の直線範囲，応答値及び保持時間の測定精度について調べた。標準試料の作成は，50 ml 共栓比色管に約 5 °C に冷却したブランク水 50 ml を入れ，混合標準溶液 5 μl をシリンジにて添加し，密栓して静かにかき混ぜることとした。この標準試料 5 ml をシリンジにとりパージ・トラップ装置の試料管に注入して試験を行った。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 トラップ管加熱脱着時間の影響

トラップ管加熱脱着温度を 180 °C とし加熱脱着時間を 0.5，1，2，4 分と変化させた場合のトータルイオンクロマトグラムを図 2 に示した。トラップ管加熱脱着時間は 1 分が最適であった。0.5 分では全ての物質においてピーク高が低くなった。これはトラップ管に吸着された物質の全量が加熱により脱着され，トランスファーラインを経てクライオフォーカス部への濃縮が完了する以前に GC への注入過程へと移行したためと思われる。2 分では 1,1,1-トリクロロエタン及び四塩化炭素のピーク高が高くなったものの，沸点の低いジクロロエチレン類のモニターイオン 96 m/z のマスプロマトグラム（図中の黒く塗りつぶした部分）において，ピークがブロードとなったりピーク割れが起こったりしてピーク形状の悪化を招いた。4 分では 1,1-ジクロロエチレンのピークが水とメタノールのピークの間に見られるとともに，クロロホルムのピーク高が低くなった。これらのことは，沸点の低い方の物質ではクライオフォーカス部においてコールドトラップ効果だけでは狭いバンド幅で濃縮することが十分に行われなかったことによるものと思われる。ジクロロエチレン類に対するトラップ管加熱脱着時間の影響については山口らの報告<sup>3)</sup>と同様の結果を得た。

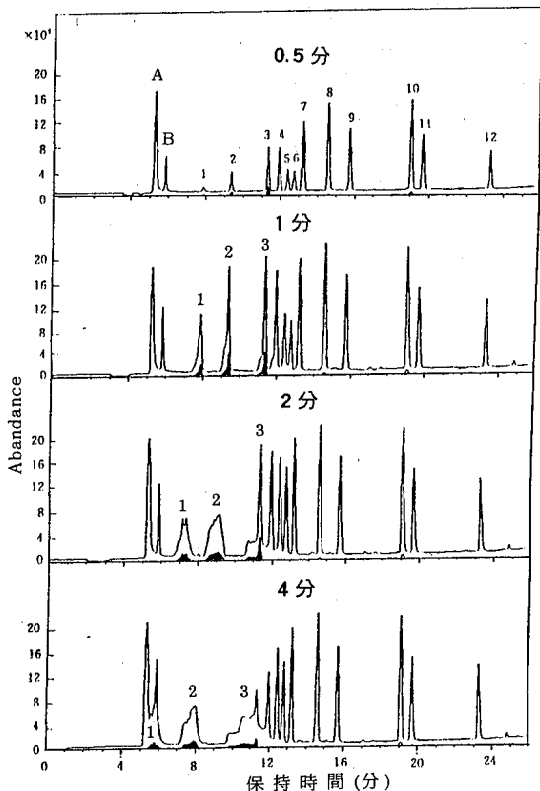


図2 トラップ管加熱脱着時間の変化とクロマトグラムへの影響  
 (注) A: 水, B: メタノール, ピーク番号は表3の物質名に対応

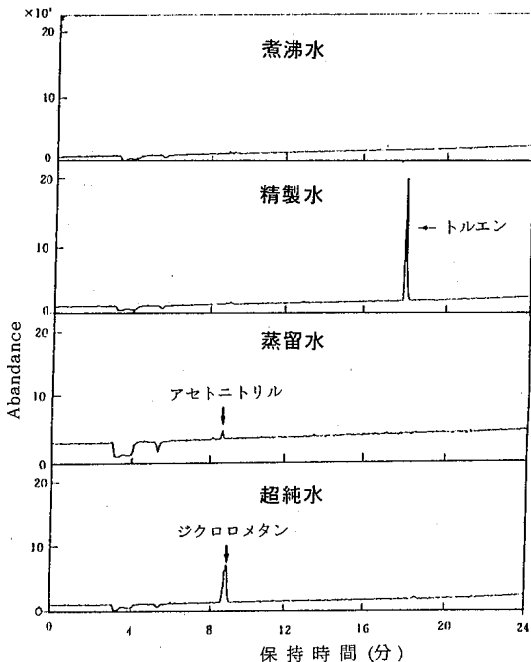


図3 ブランク水のトータルイオンクロマトグラム

### 3.2 ブランク水とその保存性

ブランク水の検討に用いた4種類の水のトータルイオンクロマトグラム(ただし水のピークを除くためスキャン範囲30~260 m/zとした)を図3に示した。煮沸水には目立った妨害ピークがなくブランク水として最適であった。精製水ではトルエンのピークが見られるものがあった。蒸留水ではアセトニトリルのピークが見られた。超純水ではジクロロメタンのピークが見られた。アセトニトリル及びジクロロメタンのピークについては室内空気からの汚染によるものと思われたが、精製水のトルエンのピークについては全く見られないものもあり原因はわからなかった。

また、煮沸水について24及び60時間保存後の変化を調べた結果、24時間後では変化が見られなかったが、60時間後にはアセトニトリルのピークが見られ、室内空気からの汚染は容易に起こるものと思われた。

### 3.3 ピークの分離及び応答値の直線範囲

MF法における各物質のモニターイオンを表3に示したとおりとし、これを2グループ(0~14, 14~26分)に分け測定した。標準試料(濃度5 µg/l)のクロマトグラムを図4に示した。1,1,1-トリクロロエタンと四塩化炭素の分離が若干不十分であったほかは各物質に相当するピークは分離し良好な結果であった。

各物質の試料濃度と応答値(ピーク面積)との直線性は、12物質とも0.05~5 µg/lの範囲で相関係数0.999以上と良好であった。

### 3.4 測定精度

試料濃度0.05 µg/lにおいて繰り返し測定(n=5)を行い、保持時間及び応答値の測定精度を調べた結果を表3に示した。保持時間の変動係数は0.01~0.07%と良好であった。

応答値の変動要因として永井らはサンプルページ温度あるいはトラップ温度の影響を報告している<sup>4)</sup>。本試験ではサンプルページ温度測定値32~37°C(設定

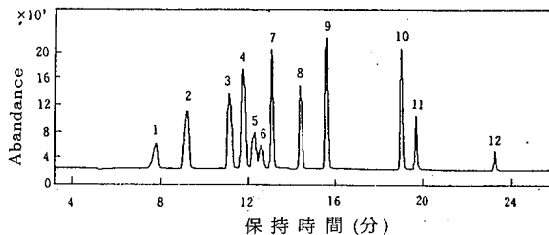


図4 標準試料のMF法によるクロマトグラム  
 (注) ピーク番号は表3の物質名に対応

表3 保持時間および応答値の測定精度

物 質 名	沸 点 (°C)	モニターイオン ( <i>m/z</i> )	変 動 係 数 (%)	
			保 持 時 間	応 答 値
1 1,1-ジクロロエチレン	32	96	0.07	8.4
2 trans-1,2-ジクロロエチレン	48	96	0.07	4.4
3 cis-1,2-ジクロロエチレン	60	96	0.06	3.5
4 クロロホルム	61	83	0.05	3.1
5 1,1,1-トリクロロエタン	74	97	0.02	8.0
6 四塩化炭素	77	117	0.04	10.0
7 1,2-ジクロロエタン	83	62	0.02	5.7
8 トリクロロエチレン	87	132	0.02	6.2
9 ブロモジクロロメタン	90	83	0.01	3.1
10 テトラクロロエチレン	121	166	0.01	9.0
11 ジブromokロロメタン	120	129	0.01	5.6
12 ブロモホルム	150	173	0.01	10.1

値 30°C), トラップ温度測定値 33~37°C (設定値 38°C) の範囲にあり, 応答値の変動係数は 3.1~10.1% と良好であった。

なお, 煮沸水の空試験においてクロロホルムのピークがわずかに存在し (濃度で約 0.01 μg/l), これをとり除くことはできなかった。

#### 4. おわりに

市販のバージ・トラップ装置とキャピラリーGC/MS の組み合わせにより, 水試料中の低沸点ハロゲン化炭化水素 12 物質を濃度範囲 0.05~5 μg/l において同時分析することが可能となった。ブランク水は煮

沸水が適していたがクロロホルムのピークをなくすることはできなかった。

今後はこれらの装置を使って地下水汚染の実態調査等を実施するとともに, 他の揮発性有機化合物の測定について検討をすすめたい。

#### — 参考文献 —

- 1) 環境庁水質保全局水質管理課長: 環水管第 266 号, 平成元年 12 月 14 日.
- 2) 安藤正典: ぶんせき, No. 5, 378~384, 1992.
- 3) 山口憲治他: 分析化学, Vol. 40, 131~136, 1991.
- 4) 永井寛治他: 分析化学, Vol. 40, 137~143, 1991.

## 自然放射線等調査 (長浜町・保内町) — 固定点による空間放射線分布状況 —

篠崎由紀・安永章二・三谷美嶺雄  
山本英夫・篠原広充・渡邊郁雄

### 1. はじめに

愛媛県では、放射線や放射能に関する知識の啓発を図ることを目的に、自然放射線等の分布状況の調査を昭和 60～62 年度にかけ、県下全域について実施した。

平成 3 年度からは伊方町をはじめ、西宇和郡及びその周辺地域における自然放射線調査を 5 か年計画で実施している。4 年度は長浜町、保内町の 2 町について、測定器を固定して行う固定点測定と両町内に渡る主要道路を走行しながら測定する走行サーベイを実施したが、本報では固定点測定における空間放射線の分布状況について報告する。

### 2. 調査方法

#### 2.1 調査内容

調査地点は、図 1 に示す我々の身近な生活の場である学校や神社などから、長浜町 7 地点、保内町 9 地点の 16 地点を選び、可搬型高純度 Ge 半導体検出器により空間放射線の測定 (In-situ 測定) を実施した。また、今回球形 3"  $\phi$  NaI (Tl) シンチレーション検出器を用いて同時測定による宇宙線線量率を算出した。さらに、アスファルト舗装等を除いた 13 地点について表面土壌を持ち帰り、高純度 Ge 半導体検出器により核種分析 (In-lab 測定) も行った。



図 1 調査地点

#### 2.2 調査期間

平成 4 年 8 月から 10 月

#### 2.3 測定器

- 固定点測定
  - ・可搬型高純度 Ge 半導体検出器  
PGT : IGC-1520 MPS
  - ・球形 3"  $\phi$  NaI (Tl) シンチレーション検出器  
ポータブルスペクトルレコーダ  
アロカ : JSM-101
- 土壌核種分析
  - ・高純度 Ge 半導体検出器  
PGT : IGC-3019S

#### 2.4 測定方法

##### 2.4.1 固定点測定

可搬型 Ge 半導体検出器を地上 1 m (下向き) に置き、4 000 秒間の In-situ 測定により  $\gamma$  線線量率を算出した。

また、宇宙線線量率を測定するため球形 3"  $\phi$  NaI (Tl) シンチレーション検出器を地上 1 m に置き、1 000 秒間測定した後ピールオフ法<sup>1)</sup>により、線量率を算出した。

測定地点名		地表面の状態
長 浜 町	1 大谷口バス停横	裸地
	2 商工会議所	コンクリート舗装
	3 白滝児童公園	裸地+客土
	4 大和小学校	客土
	5 豊茂三鳥神社	裸地
	6 櫛生小学校	客土
	7 出海神社	裸地
保 内 町	8 客神社	裸地+客土
	9 喜木津小学校	客土
	10 醫女が峠	裸地+客土
	11 琴平公園	アスファルト舗装
	12 神越コミュニティ公園グランド	客土
	13 " 芝生	芝生
	14 " 駐車場	アスファルト舗装
	15 喜木八幡神社	裸地
	16 須川新田神社	裸地+客土

### 2.4.2 土壌中の放射性核種の測定

採取土壌は、105℃で乾燥後粉碎し、1mmメッシュ篩にかけた後U-8容器に詰め、約1ヶ月間放置し放射平衡になるのを待って、高純度Ge半導体検出器により80000秒間測定を行った。計算に用いたγ線のピークエネルギーは、U-系列609.3kev (Bi-214), Th-系列583.1kev (Tl-208), K-40は1460.8kevである。また、放射能測定結果からHASL方式<sup>2)</sup>を用いて地上1mにおけるγ線線量率(In-lab測定)も求めた。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 固定点測定

固定点測定結果を表1に示す。

##### 3.1.1 可搬型高純度Ge半導体検出器による測定(In-situ測定)

各調査地点のγ線線量率測定結果は、長浜町16~81 nGy/h、保内町11~76 nGy/hであった。昨年度実施した伊方町では10~81 nGy/h<sup>3)</sup>であり、3町とも同レベルであった。また、人工放射性核種としてはCs-137によるγ線線量率としてND~0.47 nGy/hと非常に小さい値で測定されている。

次に、調査地点を4グループに分類し、γ線線量率とその寄与割合を表2に示す。

A: マサ土等による客土

土地造成のため他地域の土壌(マサ土等花崗岩質系)を広い範囲に客土とした場所(公園, 学校のグラウンド)

B: 裸地+客土

Cの裸地に一部客土が行われたり、芝生を貼るなど手が加えられている場所

C: 裸地

三波川帯の地質と考えられる場所

D: アスファルト等による舗装

アスファルトやコンクリートで舗装し完全に土壌が被覆されている場所

まず、Cグループをみるとγ線線量率は17~31 nGy/h、平均値で26 nGy/hと低い。大西ら<sup>4)</sup>の伊方町で行った調査では、緑色片岩が多く存在する三波川帯の地質にある伊方町は低線量地域であると報告されており、同じ三波川帯である長浜町、保内町についても低線量地域であることがわかる。

Aグループは平均73 nGy/hと一番高い値を示し、客土が大きく影響していることがわかる。

Bグループは平均値47 nGy/hでAとCの中間の値を示している。一部客土や芝生等による影響が考えられる。

表1 固定点測定結果

測定地点名	高純度Ge半導体検出器(In-Situ測定)								球形 <sup>3</sup> φNaI(Tl)シンチレーション検出器				
	U-系列		Th-系列		K-40		Cs-137		γ線線量率 (nGy/h)	宇宙線			
	線量率 (nGy/h)	寄与割合 (%)	線量率 (nGy/h)	寄与割合 (%)	線量率 (nGy/h)	寄与割合 (%)	線量率 (nGy/h)	寄与割合 (%)		γ線線量率 (nGy/h)	線量率 (nGy/h)	総線量率 (nGy/h)	
長浜町	1 大谷ロバース停横	4.4	(14)	13.0	(42)	13.3	(43)	0.11	(0.4)	31	29.9	27.9	58
	2 商工会議所	3.4	(22)	5.1	(32)	7.2	(46)	ND	(0)	16	18.5	27.0	46
	3 白滝児童公園	6.1	(14)	16.1	(38)	20.6	(43)	0.19	(0.4)	43	44.4	27.3	72
	4 大和小学校	9.4	(12)	36.2	(45)	35.8	(44)	ND	(0)	81	77.7	26.5	104
	5 豊茂三島神社	2.9	(17)	6.0	(35)	8.0	(47)	0.08	(0.5)	17	20.3	30.2	51
	6 櫛生小学校	8.0	(13)	26.2	(41)	29.6	(46)	ND	(0)	64	59.9	29.3	89
	7 出海神社	5.2	(18)	11.5	(39)	12.8	(43)	0.28	(0.9)	30	31.9	28.2	60
保内町	8 客神社	7.4	(16)	20.2	(43)	19.7	(42)	0.22	(0.5)	48	44.2	26.5	71
	9 喜木津小学校	9.2	(13)	31.5	(45)	30.1	(43)	ND	(0)	71	66.5	28.0	95
	10 賢女が峠	5.9	(12)	22.7	(45)	21.0	(42)	0.47	(0.9)	50	38.8	28.8	68
	11 琴平公園	3.6	(25)	4.6	(32)	5.9	(41)	0.16	(1.1)	14	19.6	27.4	47
	12 神越コミュニティ公園 (グラウンド)	11.8	(16)	29.7	(39)	34.6	(46)	ND	(0)	76	68.5	25.7	94
	13 // (芝生)	6.4	(16)	16.7	(42)	16.7	(42)	ND	(0)	40	37.3	25.8	63
	14 // (駐車場)	2.4	(22)	3.7	(34)	4.7	(44)	ND	(0)	11	13.8	27.0	41
	15 喜木八幡神社	4.6	(17)	10.0	(38)	11.9	(45)	0.17	(0.6)	27	27.1	26.6	54
	16 須川新田神社	7.1	(13)	22.2	(42)	23.5	(44)	0.14	(0.3)	53	45.1	26.8	72
	平均	6.1	(16)	17.2	(40)	18.5	(44)			42	40.2	27.4	68
最大	11.8	(25)	36.2	(45)	35.8	(43)	0.47	(1.1)	81	77.7	30.2	104	
最小	2.4	(12)	3.7	(32)	4.7	(41)	ND	(0)	11	13.8	25.7	41	

(注) 放射能 N±ΔNにおいて、N<3ΔNのときは、NDと表示した。

表2 地表面の状態の違いによるγ線線量率と寄与割合

グループ	件数	地点番号	γ線線量率(nGy/h)			寄与割合(%)		
			平均値	最低値	最高値	U系列	Th系列	K-40
A マサ土等による客土	4	4, 6, 9, 12	73	64	81	13.5	42.5	44.8
B 裸地+客土	5	3, 8, 10, 13, 16	47	40	53	14.2	42.0	43.6
C 裸地	4	1, 5, 7, 15	26	17	31	16.5	33.5	44.3
D アスファルト等による舗装	3	2, 11, 14	14	11	16	23.0	32.7	43.7

Dグループは平均値14nGy/hと低く、舗装材の影響及び遮蔽効果が考えられる。

このように我々の生活の場は様々の土地利用がなされているため、この両町の地質としては三波川帯の低線量地域であっても線量率に幅があることがわかる。

次に、地表面の違いによるU系列、Th系列、K-40の寄与割合についてみると、K-40についてはどのグループも44%とほとんど変化はみられない。U系列についてはDグループのアスファルト等の舗装で23%と高くなっており、舗装材の影響が考えられる。

また、保内町神越コミュニティ公園におけるグラウンド、芝生、駐車場と3地点のγ線線量率を比較すると図2のようになる。γ線線量率はグラウンドを100%とした場合、芝生は53%、アスファルト舗装された駐車場は14%と大きな低下がみられ、同一場所においても表面の状態によって大きく線量率が異なっているのがよくわかる。

### 3.1.2 球形3"φ NaI(Tl)シンチレーション検出器による測定

球形3"φ NaI(Tl)シンチレーション検出器によるγ線線量率は長浜町19~78nGy/h、保内町14~69nGy/hであった。

次に、In-situ測定結果との相関図を図3に示す。相関係数は0.99と高い相関が得られ、両測定結果が良く一致していることがわかる。

宇宙線線量率は長浜町27~30nGy/h、保内町26~29nGy/hで平均値27nGy/hが得られたが、これは愛媛県の平均宇宙線線量率29nGy/h<sup>5)</sup>にはほぼ一致する値であった。宇宙線は高度に依存し<sup>6)</sup>、標高280mの豊茂三島神社では最高値30nGy/hを測定した。

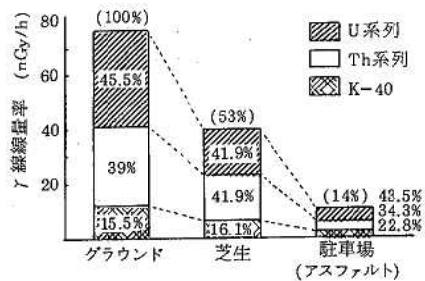


図2 保内町神越コミュニティ公園におけるγ線線量率

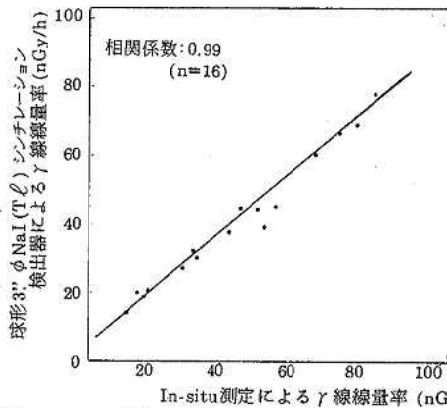


図3 In-situ測定と球形3"φ NaI(Tl)シンチレーション検出器によるγ線線量率の相関図

γ線線量率と宇宙線線量率を合わせた総線量率は長浜町46~104nGy/h、保内町41~95nGy/h、平均値68nGy/hであった。

### 3.2 土壌の核種分析

アスファルト舗装等以外の13地点で採取した土壌の核種分析結果とその値からHASL-258<sup>2)</sup>の値を用いて計算したγ線線量率(In-lab測定)を表3に示す。

表3 土壌のGe半導体検出器による核種分析結果とγ線線量率

測定地点名		U-系列 (Bq/kg乾土)	Th-系列 (Bq/kg乾土)	K-40 (Bq/kg乾土)	Cs-137 (Bq/kg乾土)	γ線線量率 (nGy/h)
長浜町	1 大谷口バス停横	12.3 ± 0.68	25.8 ± 0.93	391 ± 7.1	1.9 ± 0.21	39
	3 白滝児童公園	13.6 ± 0.69	27.4 ± 0.94	578 ± 8.3	4.6 ± 0.30	48
	4 大和小学校	14.5 ± 0.63	41.9 ± 0.97	875 ± 9.1	ND	71
	5 豊茂三島神社	4.3 ± 0.56	5.5 ± 0.63	169 ± 5.1	3.4 ± 0.20	13
	6 櫛生小学校	26.4 ± 0.72	44.8 ± 1.0	890 ± 9.1	ND	78
	7 出海神社	14.6 ± 0.67	18.6 ± 0.81	397 ± 6.9	7.2 ± 0.27	35
	保内町	8 客神社	19.7 ± 0.67	35.7 ± 0.94	756 ± 8.6	2.1 ± 0.21
9 喜木津小学校		23.0 ± 0.74	65.6 ± 1.2	815 ± 9.1	ND	88
10 菅女が峠		24.4 ± 0.82	59.0 ± 1.3	858 ± 10	4.5 ± 0.28	86
12 神越コミュニティ公園 (グラウンド)		34.1 ± 0.81	61.6 ± 1.2	969 ± 9.8	ND	96
13 " (芝生)		26.5 ± 0.74	70.5 ± 1.2	848 ± 9.1	ND	94
15 喜木八幡神社		7.8 ± 0.53	8.4 ± 0.62	241 ± 5.2	6.1 ± 0.24	19
16 須川新田神社		34.2 ± 0.85	63.5 ± 1.2	879 ± 9.8	4.6 ± 0.28	94
平均	19.6	40.6	667		63	
最大	34.2	70.5	969	10.9	96	
最小	4.3	5.5	169	ND	13	

(注) 放射能N ± ΔNにおいて、N < 3 ΔNのときは、NDと表示した。

In-lab測定で求めた $\gamma$ 線線量率は、長浜町13~71 nGy/h、保内町19~96nGy/hであり、In-situ測定で求めた $\gamma$ 線線量率との相関をみると表4のようになる。K-40とは相関係数0.86と一番高い相関を示した。また、図4にIn-situ測定とIn-lab測定で求めた $\gamma$ 線線量率の相関図を示す。矢野ら<sup>7)</sup>によればIn-situ測定はその調査地域の地質を代表する岩石の性質を良く反映していると報告しており、今回の調査においてもIn-lab測定結果との相関も高く、採取した土壤がIn-situ測定結果に反映されていることがわかる。

しかし、前述のBグループの数地点については、土壤のIn-lab測定結果とIn-situ測定結果に差がみられたが、これは代表的な土壤の採取ができなかったためと考えられる。

#### 4. おわりに

今回の調査ではIn-situ測定による $\gamma$ 線線量率の分布状況は、長浜町16~81nGy/h、保内町11~76nGy/hであったが、三波川帯の地質をそのまま反映している裸地においては平均値26nGy/hと低い $\gamma$ 線線量率であった。

しかし、他地域の土壤による客土の行われている場所では73nGy/hと高い値を、アスファルト等の舗装が行われている場所では14nGy/hと低い値を示し、土地利用の違いにより生活の場に線量率の幅が広がっていることがわかった。

またIn-situ測定による $\gamma$ 線線量率は、球形3"  $\phi$  NaI(Tl)シンチレーション検出器による $\gamma$ 線線量率と相関係数が0.99と良く一致し、土壤のIn-lab測定による $\gamma$ 線線量率ともほぼ一致していた。

本調査にあたり、長浜町生活環境課、保内町総務課の職員の方々に調査地点の設定等ご協力を頂きましたことを厚くお礼申し上げます。

表4 In-situ測定結果と核種分析の関係

	U系列	Th系列	K-40	In-lab測定
In-situ測定	0.63*	0.68*	0.86**	0.76**

(注) \*\* 危険率1%  
\* 危険率5%

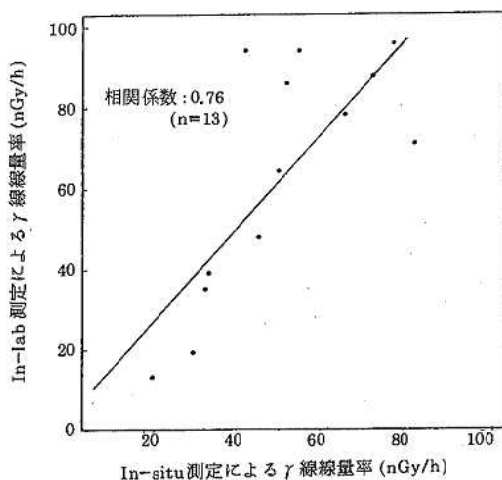


図4 In-situ測定とIn-lab測定による $\gamma$ 線線量率の相関図

#### 参考文献

- 1) 青野真他: 愛媛県公害技術センター所報, 第3号, 36~39, 1981.
- 2) Harold L. Beck, Joseph DeCampo & Cal Gogolak: HASL-258, 1972.
- 3) 愛媛県: 愛媛県自然放射線等調査結果-伊方町-1992.
- 4) 大西哲他: 愛媛県公害技術センター所報, 第12号, 92~97, 1992.
- 5) 松浦榮美他: 愛媛県公害技術センター所報, 第7号, 32~37, 1983.
- 6) 矢野隆司他: 愛媛県公害技術センター所報, 第8号, 38~41, 1987.
- 7) 矢野隆司他: 愛媛県公害技術センター所報, 第10号, 37~40, 1989.

## 自然放射線等調査(長浜町・保内町)

### - 走行サーベイによる空間放射線分布状況 -

安永章二・篠崎由紀・三谷美嶺雄  
山本英夫・篠原広充・渡邊郁雄

#### 1. はじめに

愛媛県では、一般の方々に対し放射線や放射能に関する知識の啓発並びにバックグラウンドデータの把握を目的に、県下の自然放射線等の分布状況を調査している。

自然放射線等調査は、その地域の代表となる地点を数ヶ所選定し、測定器を固定して測定する固定点測定と、国道、県道等の主要道路上を走行しながら測定する走行サーベイがある。

走行サーベイでは、固定点測定のように十分な広がりをもった平坦な場所で測定ができないため、トンネル、橋、山肌、住宅等道路周辺における環境条件の変化につれて、 $\gamma$ 線線量率が変動する<sup>1,2)</sup>。また、その変動要因となる自然放射性核種の測定を高純度Ge半導体検出器によってIn-situ測定することはできない。

そこで、今年度(長浜町・保内町)は、昨年度伊方町で用いた3"φ×3"NaI(Tl)シンチレーション検出器による $\gamma$ 線測定と併せて、新たに球形3"φNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータを搭載し、測定されたスペクトルから $\gamma$ 線線量率、宇宙線線量率及び自然放射性核種の寄与線量率を算出し、 $\gamma$ 線線量率の変動や自然放射性核種との関係等空間放射線の分布状況を取りまとめたので報告する。

#### 2. 調査方法

##### 2.1 調査ルート

調査ルートは図1に示す。

調査は、長浜町及び保内町内の主要道路である国道197号(海岸線)、国道197号(頂上線)、県道鳥井・喜木津線、主要地方道大洲・長浜線、国道378号及び県道長浜・保内線の6路線について行った。

##### 2.2 調査期間

平成4年8月から10月

##### 2.3 測定器

- DBM方式による空間放射線測定  
3"φ×3"NaI(Tl)シンチレーション検出器  
応用光研 MST-30  
多重波高分析器 NAIG Eシリーズ
- ピールオフ法による空間放射線測定  
球形3"φNaI(Tl)シンチレーション検出器  
及びポータブルスペクトルレコーダ  
アロカ JSM-101

##### 2.4 測定方法

###### 2.4.1 DBM方式による空間放射線測定

図2に示すとおり、3"φ×3"NaI(Tl)シンチレーション検出器をモニタリング車天井(地上高2.8m)に取り付けた。

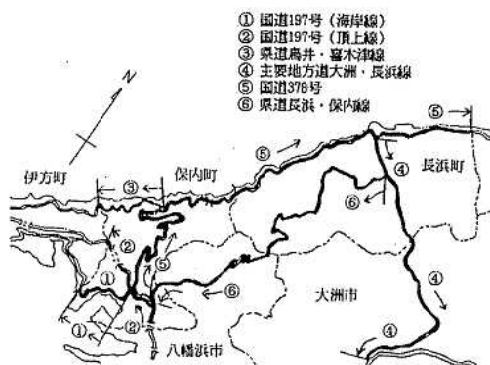


図1 調査ルート

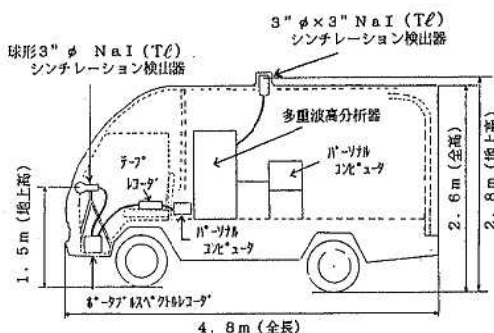


図2 測定器配置図



測定は、30秒毎にデータを得た。得られた検出器からのパルス信号は、波高分析し、電子回路によってパルス波高に対応するエネルギー荷重演算を行うDBM方式<sup>3,4)</sup>により、 $\gamma$ 線線量率を算出した。

#### 2.4.2 ピールオフ法による空間放射線測定

図2に示すとおり、球形3"φNaI(Tl)シンチレーション検出器を助手席前(地上高1.5m)に取り付けた。

測定は、30秒毎にデータを得た。得られたデータから、スペクトル中に含まれる個々の情報を逐次分解し、エネルギー別の線量寄与や $\gamma$ 線線量率を求めるピールオフ法<sup>5~7)</sup>により解析を行い、 $\gamma$ 線線量率、宇宙線線量率を算出した。

また、ピールオフ法で得られたエネルギー別線量寄与から、連立方程式法<sup>8)</sup>により $\gamma$ 線に含まれる自然放射性核種(U系列, Th系列, K-40)の寄与線量率を同時に算出した。

#### 2.4.3 走行速度

走行速度は、約20~30km/hの間で、各ルート毎に一定走行となるようにした。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 各ルートの空間放射線分布状況

走行サーベイの結果を表1及び図3~図8に示す。調査した6路線の平均 $\gamma$ 線線量率は、15~22nGy/h(DBM方式)であった。

$\gamma$ 線線量率の約70%は、均一な半無限体積線源上1mの地点において、半径5m以内にある線源からの寄与と云われており<sup>2)</sup>、測定地点の環境が10m程度の広

がりをもっていれば、その環境からの影響が支配的となる。走行サーベイでは、道路を走行測定しており、道路幅の狭い所や、山肌、崖、建築物等地面からの立ち上がりがある場合は、さらにそれらの影響が強調され、局所的な $\gamma$ 線線量率の変動が各路線とも随所に現れた。

#### ① 国道197号(海岸線)

この路線の $\gamma$ 線線量率は、11~21nGy/h(DBM方式)の範囲で変動した。特に住宅地や道路幅の狭い保内町役場から雨井西町バス停留所においては、周辺の建築物等の影響で所々線量率の上昇を示しているが、川之石橋や伊方町境付近の山道は低い線量率を示した。

#### ② 国道197号(頂上線)

この路線では、2つのトンネル(名坂, 大峠)で線量率の上昇を示した。

トンネル以外での $\gamma$ 線線量率は、12~20nGy/h(DBM方式)の範囲で変動した。

#### ③ 県道鳥井・喜木津線

この路線で最大の $\gamma$ 線線量率(DBM方式: 30nGy/h)を示した地点は、道路工事中で地面が露出し、かつ片側の斜面の切り立ちも接近していたため、上昇したと思われる。

この地点以外の $\gamma$ 線線量率は、11~23nGy/h(DBM方式)の範囲で変動しており、道路幅の狭い地点での山肌や崖、建築物等の影響により上下している。

#### ④ 主要地方道大洲・長浜線

この路線の $\gamma$ 線線量率は、15~28nGy/h(DBM方式)の範囲で変動した。

表1 走行サーベイ結果

単位: nGy/h

走行ルート	国道197号 (海岸線)	国道197号 (頂上線)	県道 鳥井・喜木津線	主要地方道 大洲・長浜線	国道376号 (保内-長浜)	県道 長浜・保内線	
DBM 方式	15.3 ± 2.5 (11.0 ~ 20.7)	18.1 ± 5.0 (11.5 ~ 30.5)	15.9 ± 3.5 (11.0 ~ 30.4)	22.3 ± 3.1 (15.3 ~ 28.4)	16.0 ± 2.5 (7.9 ~ 31.3)	20.3 ± 5.5 (11.6 ~ 43.7)	
ピ	$\gamma$ 線線量率	16.5 ± 2.5 (12.6 ~ 21.7)	19.1 ± 4.1 (13.6 ~ 29.8)	16.2 ± 3.0 (12.5 ~ 26.3)	22.8 ± 3.4 (17.4 ~ 34.3)	16.8 ± 2.2 (10.3 ~ 28.1)	20.5 ± 5.5 (13.7 ~ 46.0)
	宇宙線線量率	28.0 ± 5.3 (16.0 ~ 39.4)	22.5 ± 10.1 (0.0 ~ 35.1)	27.2 ± 3.9 (18.6 ~ 36.3)	27.3 ± 4.1 (17.8 ~ 37.5)	27.4 ± 5.3 (0.6 ~ 45.5)	28.7 ± 4.7 (18.5 ~ 40.6)
ル	総線量率	44.5 ± 5.8 (30.6 ~ 57.1)	41.6 ± 7.2 (25.9 ~ 53.3)	43.4 ± 4.5 (34.6 ~ 55.8)	50.1 ± 5.1 (39.3 ~ 64.5)	44.2 ± 5.8 (22.2 ~ 63.3)	49.1 ± 7.9 (35.3 ~ 76.4)
オ	U系列	6.3 ± 2.5 (1.4 ~ 10.7)	6.4 ± 3.7 (0.1 ~ 15.7)	6.2 ± 3.1 (0.7 ~ 15.0)	10.1 ± 3.5 (0.0 ~ 17.9)	6.5 ± 2.6 (0.0 ~ 14.9)	7.3 ± 3.5 (0.0 ~ 18.3)
フ	Th系列	6.3 ± 3.0 (1.1 ~ 13.9)	7.6 ± 3.6 (0.6 ~ 14.7)	6.4 ± 2.5 (2.4 ~ 12.3)	6.8 ± 3.5 (0.0 ~ 20.9)	6.3 ± 2.9 (0.1 ~ 13.9)	7.6 ± 4.3 (0.0 ~ 23.7)
法	K-40	6.0 ± 1.7 (2.4 ~ 10.5)	7.5 ± 2.8 (3.7 ~ 15.3)	5.2 ± 1.4 (2.7 ~ 8.2)	7.4 ± 2.6 (1.5 ~ 14.3)	6.0 ± 2.1 (1.7 ~ 13.2)	7.0 ± 2.0 (1.6 ~ 14.2)
合計	18.6 ± 3.7 (12.7 ~ 25.3)	21.5 ± 4.7 (13.6 ~ 33.1)	17.7 ± 3.6 (12.8 ~ 28.2)	24.1 ± 4.3 (17.1 ~ 39.0)	18.7 ± 2.7 (10.3 ~ 33.1)	21.8 ± 5.9 (13.8 ~ 49.8)	

(注) 上段: 平均値±標準偏差  
下段: (最小値~最大値)

長浜町物産直売所手前の線量率上昇は、JR線の路肩基礎である石垣が花崗岩系の石を使用しており、これによる影響と思われる。

大洲市生々橋では線量率の低下を示し、大洲市若宮踏切から国道56号合流点の市街地においては、建築物等の影響で線量率が徐々に上昇している。

⑤ 国道378号

この路線のγ線線量率は、8~31nGy/h (DBM方式)の範囲内で大きく変動した。

警女が峠や両家橋手前、県道鳥井・喜木津線との交差点通過後及び保内町環境衛生センター通過後の線量率上昇は、道路幅が狭いために両側及び片側の切り立った山肌が影響したためと思われる。また、長浜町櫛生橋付近や長浜町役場付近の線量率上昇は、周辺の建築物等の影響である。この他に磯崎トンネルで線量率が上昇している。

⑥ 県道長浜・保内線

この路線では、長浜町大和橋から郷の峠までのγ線線量率は、12~23nGy/h (DBM方式)の範囲であり変化はなかった。しかし、郷の峠から八幡浜市に入ってから、最小16nGy/hから最大44nGy/hの間で大きく変化した。

最大値を示した所は、愛媛県地質図によると三波川帯黒色片岩の地域である。矢野ら<sup>9)</sup>の報告に長浜町側の三波川帯緑色片岩より岩石中の自然放射能濃度が高い結果(K-40で約2倍)が示されていることと、道路側面に露出している岩石に検出器を近づけると線量率が急激に上昇したことから、地質由来の自然放射線による影響で線量率が上昇したと考えられる。また、八幡浜市側の線量率上昇地点の多くも、地質による影響と山肌や建築物等の影響が加味されているためと思われる。

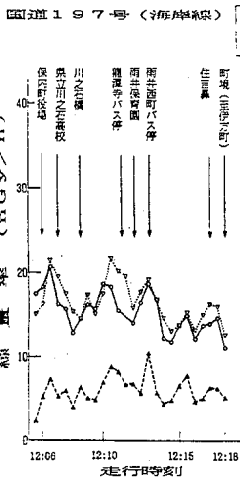


図3 走行サーベイ結果 ①

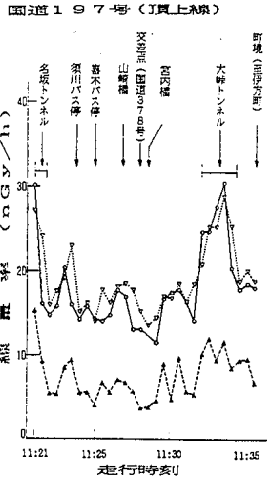


図4 走行サーベイ結果 ②

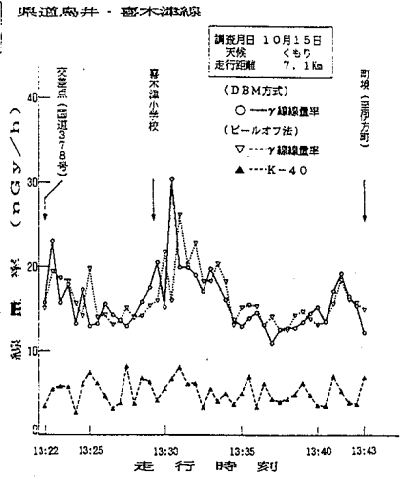


図5 走行サーベイ結果 ③

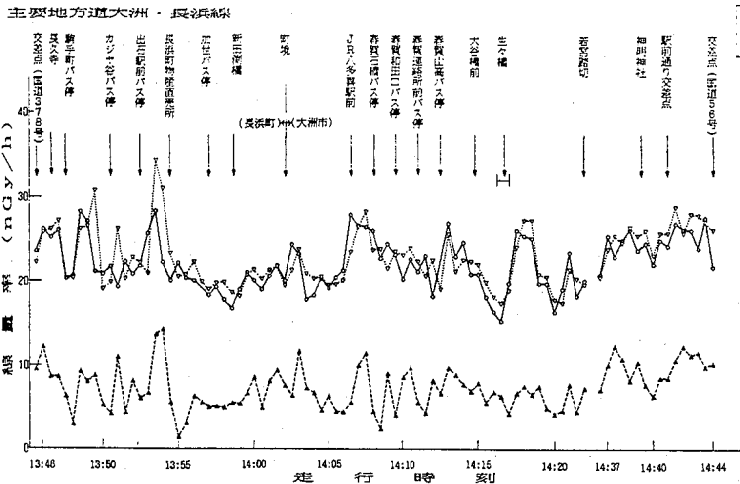


図6 走行サーベイ結果 ④

調査月日 8月24日  
 天候 S・C  
 走行距離 99.2km  
 (DBM方式)  
 ○ ... 7線探車  
 (ビーム方式)  
 △ ... 7線探車  
 ▲ ... K-40

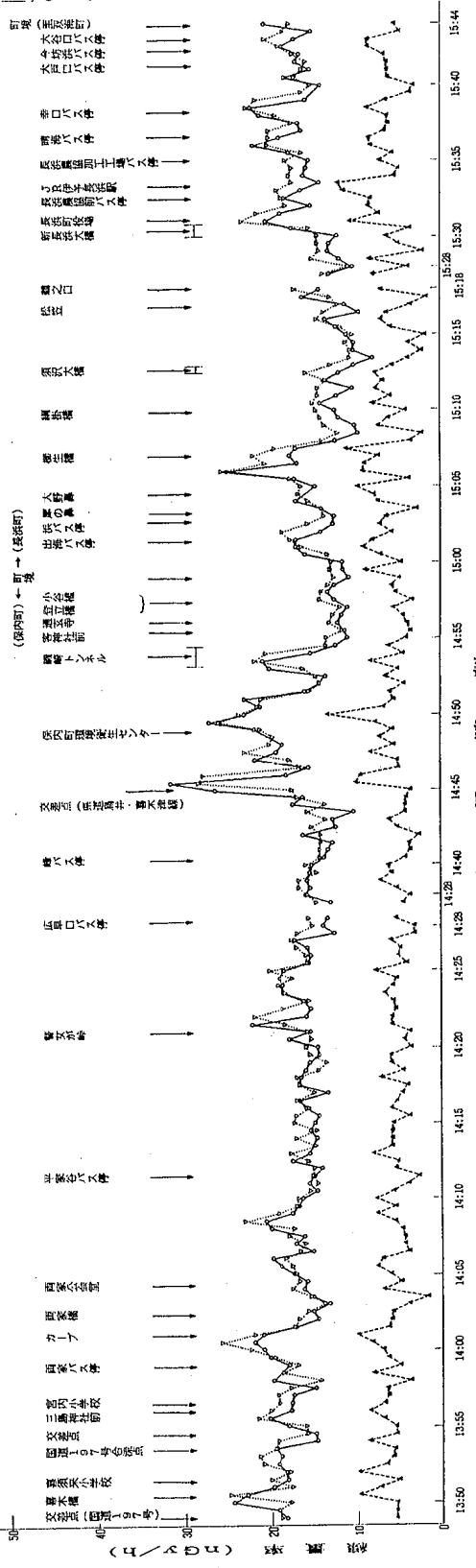


図7 走行サーベイ結果⑤

調査月日 9月21日  
 天候 はれ  
 走行距離 30.1km  
 (DBM方式)  
 ○ ... 7線探車  
 (ビーム方式)  
 △ ... K-40

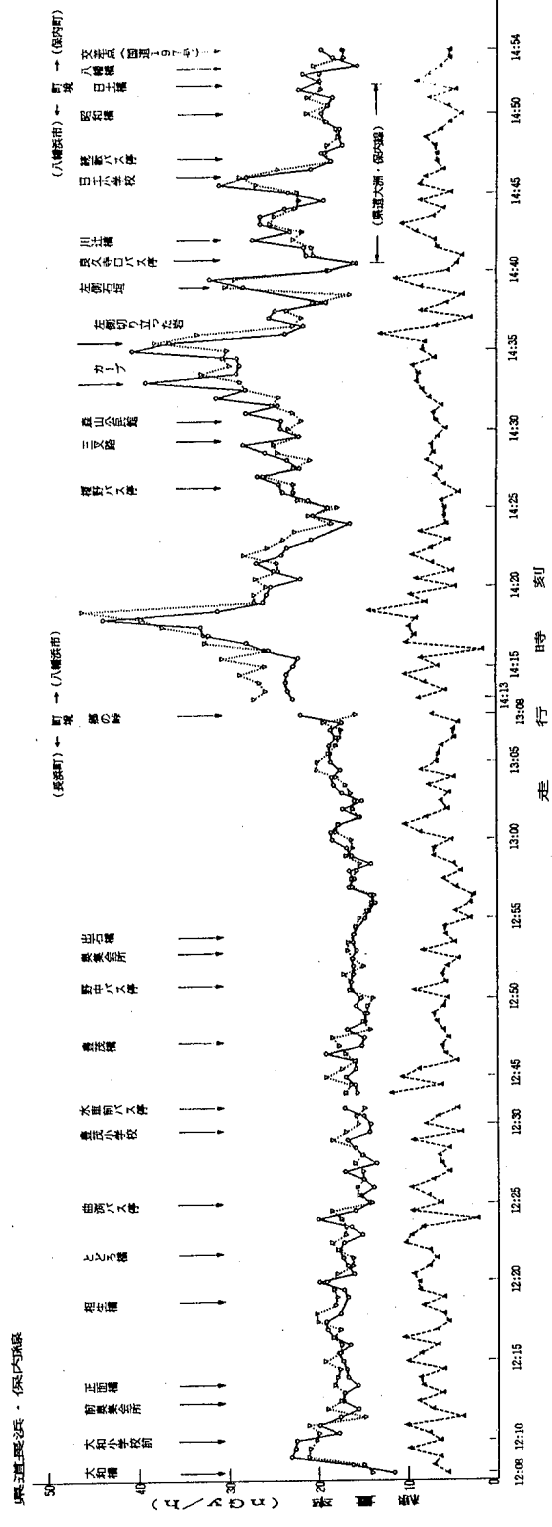


図8 走行サーベイ結果⑥

### 3.2 DBM方式とピールオフ法解析結果の相関

γ線線量率について、DBM方式とピールオフ法解析結果の相関をみると、表2のとおり強い相関があった。各走行サーベイ結果図(図3～図8)をみても、両者の変動パターンがよく一致していることがわかる。

自然放射性核種による寄与線量率とγ線線量率の相関については、表2のとおり相関があった。また、各走行サーベイ結果図(図3～図8)のK-40とγ線線量率の変動パターンは、よく似ていた。U系列、Th系列は、統計的変動が大きく、γ線線量率の変動パターンと比較することはできなかった。

以上のことから、測定器や解析方法が異なっても、空間放射線の測定結果に大きな差はないことが明らかとなった。また、球形3"φ NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータを用いて測定を行えば、γ線の変動要因であるK-40の分布状況も把握できることがわかった。

### 3.3 標高差による宇宙線線量率の変化

宇宙線線量率は、高度が上がるとともに上昇するこ

表2 各線量率測定結果の相関係数

X \ Y	DBM方式 γ線線量率	ピールオフ法		
		U系列 寄与線量率	Th系列 寄与線量率	K-40 寄与線量率
ピールオフ法 γ線線量率	0.860**	0.409**	0.589**	0.594**

Y=3.52+0.84X (n=591) Y=14.8+0.55X (n=607) Y=13.4+0.79X (n=607) Y=10.6+1.26X (n=607)

(注) \*\*危険率1%

とが報告<sup>10,11)</sup>されている。そこで筆者らは、長浜町の海岸から標高約800mの出石寺まで走行サーベイを行い、宇宙線線量率の変化をみた。宇宙線成分は計数率が低く、また、測定時間も30秒であったため統計的変動が大きくなった。標高差との関係を見るため、30秒間のデータを3～5分にまとめ、ピールオフ法で求めた宇宙線線量率を図9に示す。

宇宙線線量率は24～34nGy/hの範囲で変化し、山肌や建築物等の影響で低下している所もあるが、標高が上がるにつれ、わずかに線量率が上昇していることがわかった。宇宙線線量率(Y:nGy/h)と標高(X:m)との相関をみると、危険率1%で有意に正の相関(相関係数=0.867, Y=25.7+0.00954X)があった。なお、宇宙線線量率を正確に把握するため、海岸(標高約30m)と出石寺境内(標高約800m)において、1000秒間測定を行ったところ、各々の宇宙線線量率は28nGy/hと35nGy/hであり、出石寺境内の方が7nGy/h高い結果となった。

今回の調査では、標高差が約800mにもかかわらず、宇宙線線量率が標高とともに、わずかではあるが上昇していることがわかった。

### 3.4 往復走行サーベイ

県道鳥井・喜木津線を往復して走行サーベイした結果を、表3及び図10に示す。

往路は保内町喜木津から伊方町境へ向かうルートで、左手に山肌が多く、右手に海に向かう崖が多い路線であり、復路は伊方町境から戻るルートである。

車は左側走行なので、道幅の広い地点で山肌に近づいている往路と海側に近い復路で、若干の差はあるが、各線量率ともよく一致していた。

### 3.5 降雨時の影響

県道鳥井・喜木津線を降雨時に走行サーベイしたので、その結果を表3及び図11に示す。

降雨がなかった日の走行サーベイ結果と比較すると、γ線線量率が平均値で約2倍のレベル上昇となっていた。この主な要因は、降雨によるU系列の上昇(約12nGy/h)によるものであった。

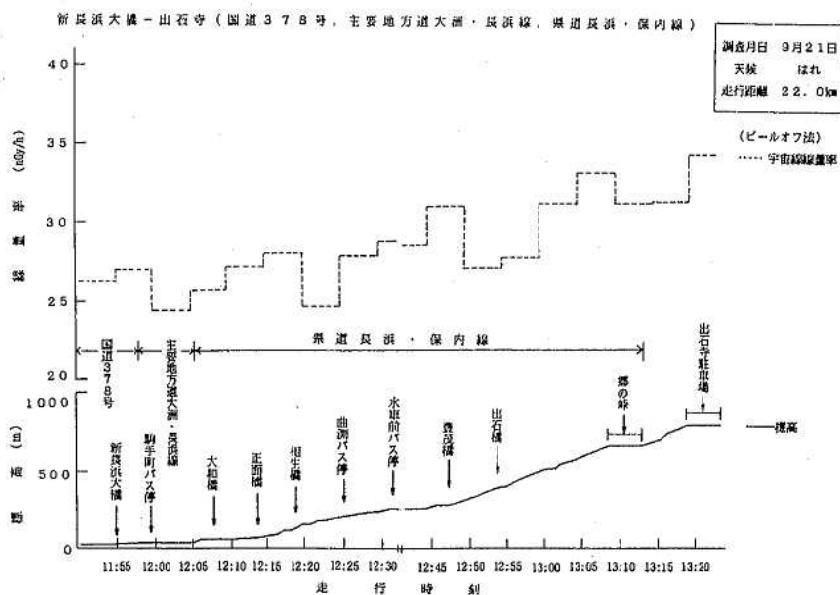
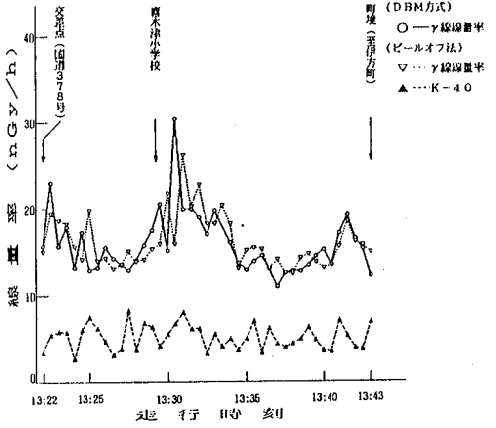


図9 走行サーベイによる標高と宇宙線線量率結果

《往返》



《往返》

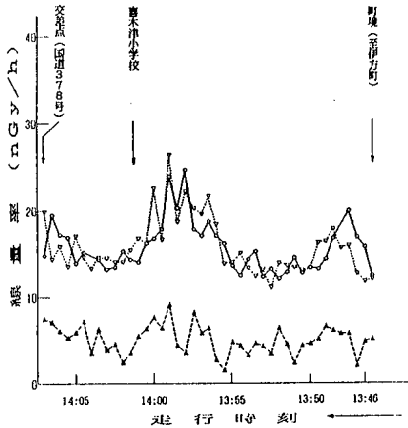


図10 往復走行サーベイ結果

《雨天》

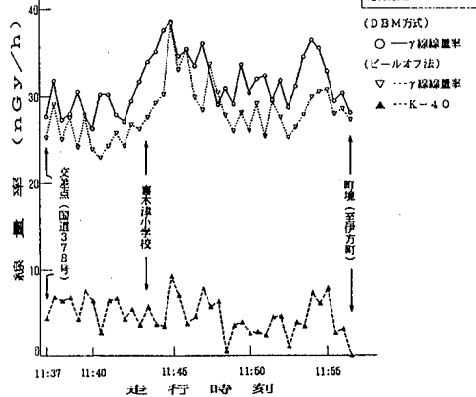


図11 降雨時走行サーベイ結果

表3 県道鳥井・喜木津線走行サーベイ結果

単位: nGy/h

走行区分(測定月日)	往路(10/15)	復路(10/15)	雨天(9/25)
DBM 方式	15.9 ± 3.5 (11.0 ~ 30.4)	15.7 ± 2.9 (12.0 ~ 24.6)	31.5 ± 3.2 (26.3 ~ 38.5)
ビ	γ線線量率	16.2 ± 3.0 (12.5 ~ 26.3)	28.1 ± 3.2 (22.9 ~ 38.4)
	宇宙線線量率	27.2 ± 3.9 (16.6 ~ 36.3)	27.9 ± 4.6 (19.1 ~ 37.5)
	総線量率	43.4 ± 4.5 (34.6 ~ 55.8)	42.8 ± 5.0 (35.8 ~ 54.7)
オ	U 系列	6.2 ± 3.1 (0.7 ~ 15.0)	18.3 ± 4.8 (11.2 ~ 31.5)
	Th 系列	6.4 ± 2.5 (2.4 ~ 12.3)	6.1 ± 3.4 (0.9 ~ 13.9)
フ	K-40	5.2 ± 1.4 (2.7 ~ 8.2)	4.7 ± 2.1 (0.0 ~ 9.3)
	合計	17.7 ± 3.6 (12.8 ~ 28.2)	17.7 ± 4.1 (11.4 ~ 28.4)

(注) 上段: 平均値±標準偏差  
下段: (最小値~最大値)

3.6 トンネルの影響

トンネルによる影響を詳しく調べるため、保内町磯崎トンネル(国道378号)において詳細な走行サーベイを行ったので、その結果を図12に示す。

宇宙線線量率はトンネル内で急激に低下した。γ線線量率は、トンネル内で上昇した。自然放射性核種の寄与線量率変化をみると、どの核種共トンネル内で上昇しており、特にK-40とTh系列が高い傾向を示した。

そこで、走行サーベイの30秒間測定より、より正確に各線量率を求めるため、トンネルの内外において1000秒間測定を行ったので、その結果を図13に示す。

その結果、宇宙線線量率は、トンネル内では0.3nGy/hに低下していた。自然放射性核種の寄与線量率は、トンネル内でいずれの核種共に増加していたが、その構成比(図14)をみると、トンネル内・外で特に変化はなかった。

以上のことから、宇宙線線量率はトンネル内において山の遮へいにより低下し、γ線線量率はトンネル内において道路面(下方向)だけでなく、トンネル側面及び上部からの自然放射線(トンネル骨材を含む。)が検出器に入り、自然放射性核種からの線量が全体的に増え、上昇したものと思われる。

また、図12のトンネル内・外における平均的なγ線のレベルと図13のγ線線量率がよく一致していることから、30秒間測定でもその周辺におけるγ線線量率が測定できることがわかった。

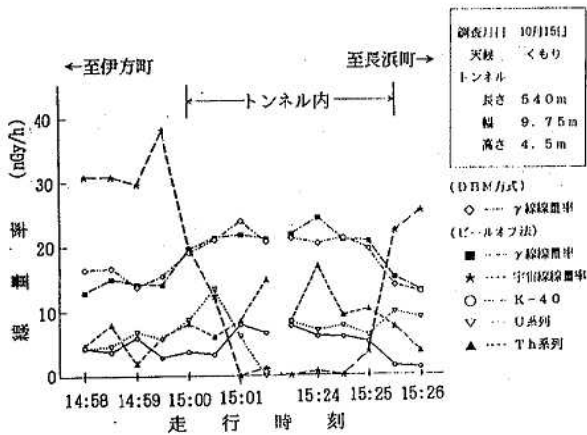


図12 磯崎トンネル走行サーベイ結果

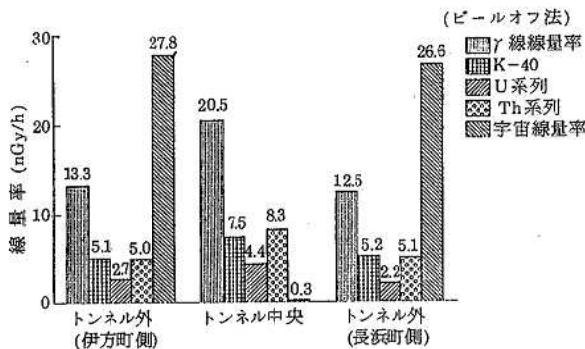


図13 磯崎トンネル内外の1000秒間測定結果

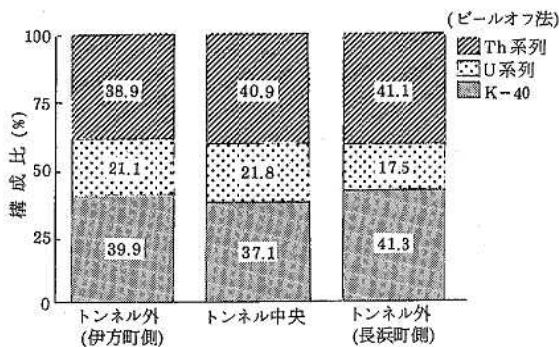


図14 磯崎トンネル内外の自然放射線核種構成比

#### 4. まとめ

長浜町及び保内町における主要道路6路線を走行サーベイし、空間放射線分布状況を調査した結果、次のことがわかった。

(1) 調査した6路線の平均γ線線量率は、DBM方式では15～22nGy/h、ピールオフ法では16～23

nGy/hであった。

- (2) 今回の調査において特に道幅が狭い所では、周囲の山肌や崖、建築物等の影響により、γ線線量率の変化が顕著にみられた。
- (3) 3"φ×3"NaI(Tl)シンチレーション検出器を用いたDBM方式による測定結果と、球形3"φNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータを用いたピールオフ法解析結果は、よく一致した。また、ピールオフ法による測定で、γ線線量率の他にK-40の寄与線量率分布状況も把握できることがわかった。
- (4) 宇宙線線量率の標高差による変化は、標高差約800mでも、標高が上がることもにわずかな宇宙線線量率の上昇傾向が認められた。
- (5) 今回の調査で、降雨によりγ線線量率の上昇が認められたが、その主な要因はU系列(約12nGy/h上昇)によるものであった。
- (6) 今回の調査におけるトンネル内のγ線線量率の上昇要因は、トンネル内で路面(下方向)以外にトンネル側面及び上部から自然放射線(トンネル骨材を含む。)を受けることにより、自然放射線の総量が増加したためと思われる。
- (7) 走行サーベイにおいて、測定時間を30秒としても、宇宙線線量率やU系列、Th系列の寄与線量率に若干変動はあったが、γ線線量率は1000秒間測定の結果とよく一致しており、空間放射線分布状況を把握できることがわかった。

#### 参考文献

- 1) 真木 強他：愛媛県公害技術センター所報，第9号，37～41，1988。
- 2) 長岡 鋭他：保健物理，26，129～137，1991。
- 3) 森内 茂他：日本原子力学会誌，第9巻，第9号，518～523，1967。
- 4) 森内 茂：JAERI M 7066，1977。
- 5) 岡野真治：理化学研究所ニュース，No.58，5～8，1979。
- 6) 徳谷秀和：岡野真治：理化学研究所報告，第58巻，1～10，1982。
- 7) 青野 真他：愛媛県公害技術センター所報，第3号，36～39，1981。
- 8) 篠原広充他：愛媛県公害技術センター所報，第8号，58～62，1987。
- 9) 矢野隆司他：愛媛県公害技術センター所報，第10号，37～40，1989。
- 10) 和田雅美他：理化学研究所報告，第56巻，15～30，1980。
- 11) 藤高和信：保健物理，27，49～58，1992。

## 植物および海産生物における灰化率の 変動要因とK-40濃度について

渡邊郁雄

### 1. はじめに

過去においては、大気圏内核爆発実験や原子力発電所の事故等で放出された放射性核種が多種類かつ高レベルで検出されていた。しかし、現在は大気圏内核爆発実験等による放射性核種の放射能が減衰し、非常に低レベルとなっており<sup>1)</sup>、そのためバックグラウンドレベルの測定が難しくなっている。

一方、低レベルの環境試料の放射能濃度は、様々な要因で変動し易くなっており、その変動要因には、周辺環境の変化、採取条件等が考えられることから、測定結果の妥当性あるいは蓄積傾向の経年変化の把握を行う上で、その要因を明らかにすることは重要な課題と考えている。

そこで、植物および海産生物から放射能濃度の変動要因の情報を得る重要な一因子として灰化率があると考え、灰化率の変動状況をまとめ、試料の持つ特性を明らかにした。

さらに、灰化率の変動から、高純度Ge半導体検出器で検出したK-40の変動との関係を見ることにより、灰化率の変動がK-40の放射能濃度にどのように影響しているかを明らかにした。

以上のことから、灰化率の変動が、測定結果の妥当

性を判断する上で重要な一因子であることがわかったので、その概要を報告する。

### 2. 調査方法

#### 2.1 期間

昭和57年度～平成3年度

#### 2.2 試料

植物及び海産生物(伊方町およびその周辺)

#### 2.3 灰化方法

環境試料採取法<sup>2)</sup>およびゲルマニウム半導体検出器を用いる機器分析のための試料の前処理<sup>3)</sup>に準拠(科学技術庁放射能測定法シリーズ)

#### 2.4 対象核種

灰化操作以後に手分析操作等で変動要因を含まない核種であって、高純度Ge半導体検出器で常時検出されているK-40を対象とした。

### 3. 灰化率の状況

灰化率は、1992年7月に開かれた原子力施設等放射能調査機関連絡協議会年会で得られた資料に基づき、環境試料の灰化率を本県(愛媛県)と他県(原発設置県等)に区別し灰化率の状況を図1にまとめた。

その結果、平均値は環境試料採取法の参考資料であ

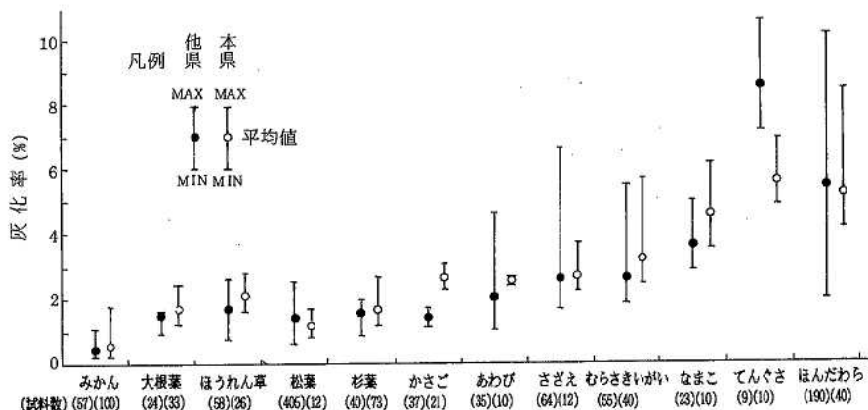


図1 本県(愛媛県)と他県(原発設置県等)の灰化率

る「日本食品標準成分表の抜粋」と「日本分析センター実測値」の値と良く一致していた。

一方、海産生物は陸上の植物に比べ灰化率は高く変動幅も大きい、特に、「環境放射線モニタリングに関する指針」に指示されている指標生物<sup>4)</sup>のほんだわらは、各県とも科学技術庁放射能測定法<sup>2, 3)</sup>に準拠して灰化操作を行なっているにもかかわらず、本県と同様変動幅が大きかった。

#### 4. 指標生物の季節変動

本県では、指標生物として四季を通じ環境調査を行っているものに杉葉、むらさきいかい、ほんだわらがある。この3種類の灰化率とK-40の季節変化を図2に示し、季節別にみた変動係数を図3に示した。

##### (1) 杉葉

杉葉の季節変化は、灰化率が秋冬に高く、K-40も秋冬に高くなっている。この灰化率の変化は、杉葉が秋から冬にかけて成長が弱まる時期の水分量が原因と考えられる。また、K-40の変化が灰化率と同様の変化であることから、K-40は水分よりも繊維組織に取り込まれているものと考えられる。

杉葉の灰化率とK-40の変動係数は、四季を通じて小さく、これは、杉葉が陸上試料であることから、採取場所、採取部位等の同一条件で採取が行えたものと考えられる。

##### (2) むらさきいかい

むらさきいかいの季節変化は、灰化率、K-40ともに春夏に高い傾向となっており、灰化率の変動係数は、春に大きく夏から冬にかけて小さい。また、K-40の変動係数は四季を通じてバラツキが大きいことがわかる。これは、海産生物のため採取が杉葉ほど容易でないことも一要因と考えられる。

##### (3) ほんだわら

ほんだわらの季節変化は、灰化率が夏に高く、K-40は夏に低くなっており、変動係数は、灰化率が夏にK-40は春夏に大きい。これらのことは、原色日本海藻図鑑に記載されている<sup>5)</sup>生育過程等から、夏の生育状態や試料の保存方法が原因と考えられる。

一方、春におけるK-40の値が変動するのは、同一時期とはいえ、最も成長する時期の水温等による生育状態の差と考えられる。

以上のとおり、指標生物は季節によって成長度合や試料採取の難しさなどによって、灰化率やK-40に変動をきたすので、放射能測定結果の評価に当たっては考慮する必要がある。

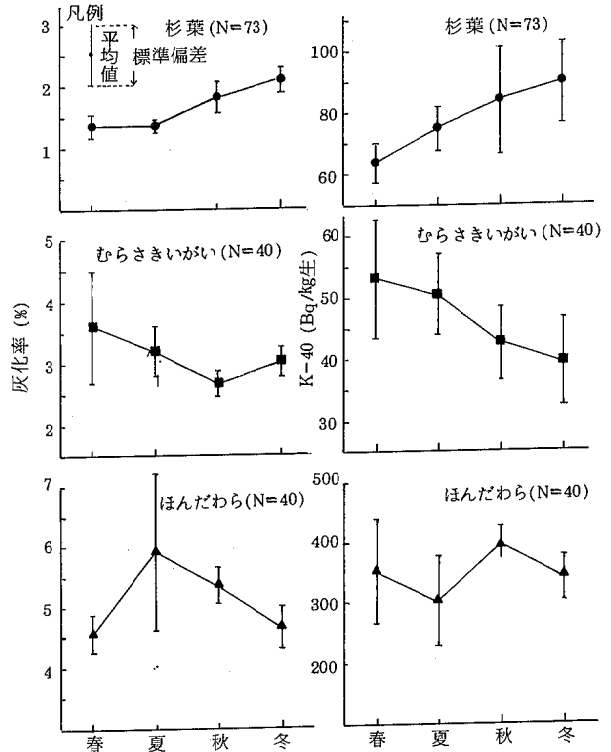


図2 灰化率とK-40の季節変化

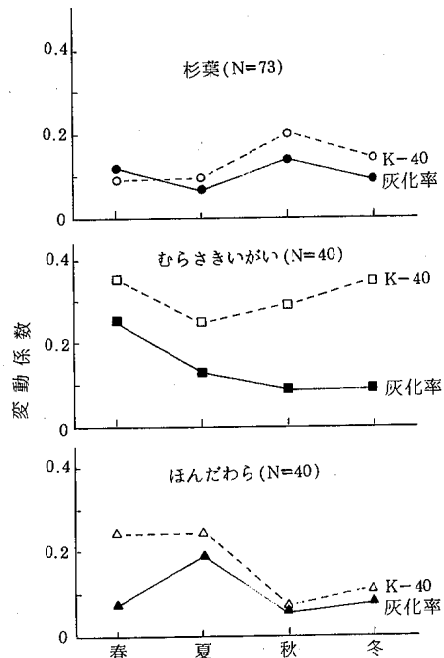


図3 季節別の変動係数



表1 農産食品・杉葉・松葉の灰化率とK-40の相関およびK-40/灰化率

試料名	ほうれん草	大根葉	高菜	みかん(身)	みかん(皮)	杉葉	松葉
回帰式	$Y=72.4X+80.3$	$Y=42.9X+67.1$	$Y=59.9X+50.1$	$Y=6.49X+36.6$	$Y=65.3X+9.8$	$Y=31.0X+27.5$	$Y=24.9X+38.3$
相関係数	$r=0.7005^{**}$	$r=0.4092^*$	$r=0.8673^{**}$	$r=0.3470^{**}$	$r=0.6716^{**}$	$r=0.7191^{**}$	$r=0.6534^*$
試料数	N=26	N=33	N=14	N=100	N=100	N=73	N=12
K-40の平均値(Bq/kg生)	239 ± 35.9	142 ± 30.1	134 ± 12.0	39.7 ± 5.80	61.6 ± 11.4	78.4 ± 15.5	68.2 ± 8.74
灰化率の平均値(%)	2.19 ± 0.35	1.75 ± 0.29	1.41 ± 0.17	0.53 ± 0.31	0.79 ± 0.12	1.64 ± 0.36	1.20 ± 0.23
K-40/灰化率	110 ± 12	82 ± 17	96 ± 6.2	87 ± 29	78 ± 11	49 ± 7.4	58 ± 8.2

例) Y:K-40, X:灰化率, \*\*:危険率1%, \*:危険率5%

### 5. 農産食品・杉葉・松葉の灰化率からK-40の推定について

農産食品・杉葉・松葉について、灰化率とK-40の相関およびK-40/灰化率を表1に示した。

これによると、いずれの試料にも正の相関がみられ、灰化率とK-40に関係があることがわかる。

また、農産食品のK-40/灰化率をみると78~110の範囲にあり灰化率1%に対してK-40が約100Bq/kg生に相当すると考えられる。

ここで、K-40の天然存在比が0.0118(%)、K-40の比放射能が $2.5846 \times 10^5$  (Bq/g)であることからカリウム1g中のK-40の放射能は30.498(Bq)となる、ほうれん草にはカリウムが約6.6g/kg<sup>6)</sup>含まれており、カリウム中のK-40を計算すると約200Bq/kg生となり、今回のほうれん草の平均値239Bq/kg生とほぼ一致している。

また、大根葉ではカリウムが約5g/kg<sup>6)</sup>含まれており、約150Bq/kg生となり、大根葉の平均値142Bq/kg生とよく一致していた。

次に、杉葉・松葉のK-40/灰化率は49と58であり、灰化率1%に対してK-40が約50Bq/kg生に相当すると考えられる。

これらから、農産食品・杉葉・松葉の灰化率を得ることにより、K-40の放射能濃度を推定することができる。

### 6. おわりに

今回取り上げた灰化は、植物等の試料を濃縮する最初の操作であり、放射能濃度を測定するには、かかせない前処理である。

その灰化操作から得られる灰化率は、測定結果が過去と異なる場合、試料の状態がどの様になっていたかを知ることができる有用な一因子である。

そこで、本報で灰化率とK-40について検討したと

ころ次のことが明らかになった。

(1)海産生物は陸上の植物に比べ灰化率の平均値が高く、変動幅も大きい。特にほんだわらの変動幅が大きかった。

(2)指標生物について

杉葉の灰化率とK-40の平均値は秋冬に高く、変動係数は四季を通じて小さい。

むらさきいがいの灰化率とK-40の平均値は春夏に高く、変動係数は灰化率が春に大きく夏から冬にかけて小さい。また、K-40の変動係数は四季を通じて大きい。

ほんだわらの平均値は灰化率が夏に高く、K-40は夏に低い。変動係数では灰化率が夏に大きく、K-40は春夏に大きい。

(3)農産食品・杉葉・松葉の灰化率からK-40の推定は、農産食品で灰化率1%に対してK-40が約100Bq/kg生、杉葉・松葉では灰化率1%に対してK-40が約50Bq/kg生であることがわかった。

以上のことから、植物および海産生物が持つ季節変化等の特性を十分把握し、灰化率データから放射能濃度を考察することにより、測定結果の妥当性を確認し、今後さらに信頼性の高いデータが確保できると考えている。

### — 参考文献 —

- 1) 稲葉次郎:環境モニタリングの今日的意義, 5, 1991.
- 2) 科学技術庁:環境試料採取法, 1983.
- 3) ゲルマニウム半導体検出器を用いる機器分析のための試料の前処理, 1982.
- 4) 原子力安全委員会:環境放射線モニタリングに関する指針, 1989.
- 5) 瀬川宗吉:原色日本海藻図鑑, 128, 1981.
- 6) 半谷高久:日本環境図譜, 228, 1983.

## 平成3年度原子力問題海外調査に参加して

井上尊統

### 1. はじめに

原子力発電関係団体協議会が主催する原子力問題海外調査に参加させていただき、スウェーデン、イギリス、フランスの3ヶ国の原子力施設及び関係機関を視察して参りました。

この調査は、通商産業省資源エネルギー庁及び日本原子力産業会議の支援を得て毎年度調査団を結成して先進諸国の視察を行うもので、平成3年度は、12県1機関14名が参加し、平成3年9月4日から9月14日までの11日間の日程で、次のとおり8施設を視察しました。

- スウェーデン (9月5日～9月6日)
  - ・スウェーデン核燃料廃棄物管理会社 (SKB社)
  - ・フォルスマルク地方自治体 (原発立地地域)
  - ・フォルスマルク原子力発電所
  - ・SKB社放射性廃棄物処理場 (SFR-1)
- イギリス (9月9日～9月10日)
  - ・セラフィールド再処理工場
  - ・ニュークレア・エレクトリック社
- フランス (9月12日)
  - ・フランス電力公社 (EdF)
  - ・フランス国立保健医学研究所 (SCPRI)

ここで、この視察で得た各国の原子力事情や各施設における廃棄物処理対策や広報対策等について報告します。

### 2. スウェーデン

スウェーデンは、水力以外に資源に恵まれない国で第2次世界大戦後、積極的に原子力発電を推進してきた。

1964年には、オゲスタ原子力発電所(12,000 kWh)が運転を開始し、その後1971年には同国最初の商業炉であるオスカーシャム原子力発電所(BWR 46万kWh)が稼動し、現在4サイト12基(1,017万kWh)が営業運転を行っている(図1)。

同国は、総発電電力量の45%を原子力発電で賄って

おり、国民1人当たりの原子力依存度は世界一である。

一方、反原発運動の歴史も古く1988年の国会で2010年までに「段階的に原子力発電所を廃止する」とのエネルギー政策が決定されている。

しかし、1989年の世論調査では、53%が2010年以降も利用すべきであると答え、25%が原子力発電は撤退すべきでないと答えるなど、原子力発電支持が80%近くに達していると言われている。

スウェーデン国民は、脱原発のみをめざしているのではなく、原子力の早期廃止による経済的影響や地球規模でのエネルギー体系等を考慮しており、今後の推移を見守りたい。

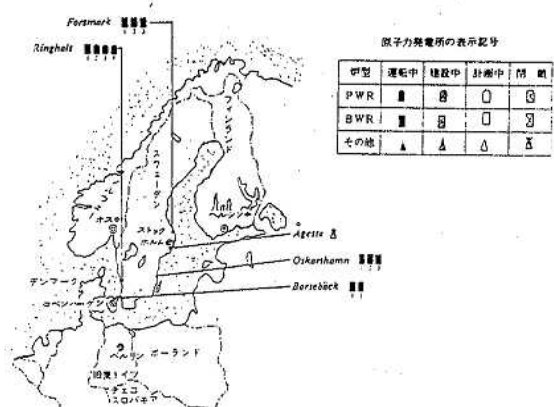


図1 スウェーデンの原子力発電所位置図

(1) スウェーデン核燃料廃棄物管理会社(SKB社)  
スウェーデンは、原子炉から発生する全ての放射性廃棄物の安全管理と最終処分を法律で発電事業者責任を負わせており、その具体的実行者がSKB社である。

SKB社は、スウェーデン電力庁と民間電力会社3社の共同出資により1972年に設立され、国内の放射性廃棄物、使用済燃料の輸送、管理、処分等核燃料サイクル全般を所管している。

また、スウェーデンは、使用済燃料の再処理はしない方針であり、次のとおり放射性廃棄物の管理と処分が行われている。

○ 中・低レベル廃棄物処分場（SFR-1）

ストックホルムの北方約160 kmのフォルスマルク原子力発電所の沖合い3 kmの海底下50 mのところに堅固な岩盤をくりぬき、地下トンネルを建設して中・低レベルの放射性廃棄物を保管している。

○ 高レベル放射性廃棄物中間貯蔵施設（CLAB）

オスカーシャム発電所に隣接して建設され、1985年から操業を開始している。

貯蔵は地下貯蔵プール方式で3,000 tの貯蔵能力（将来9,000 tまで拡張可能）をもち、最終処分まで約40年間中間貯蔵し、その後処分することである。

○ 高レベル放射性廃棄物最終処分場（SFL）

この施設は、SFLと呼ばれ、候補地の選定や地下研究施設（HRL）の建設を開始しており、2010年に着工、2020年に操業開始の予定である。

処分方式は、地下500 mの岩盤中に、使用済燃料集合体を格納し、空間をベントナイトで覆う方式を考えているとのことである。

また、SKB社では、広報活動に当っては、実際があるがままに見てもらおうことが大切であると考えており、使用済燃料の輸送船や貯蔵施設の公開をはじめとして廃棄物対策にかかる諸経費を明示するなど、広報面で成果を上げているとのことである。

(2) フォルスマルク地方自治体

フォルスマルク市議会（兼地方安全連絡委員）5名、フォルスマルク原子力発電所広報担当が出席して、意見交換した。

地元代表として、エドウィン・トルベルク氏から原子力施設の必要性、安全性、地域振興、原子力防災体制等について地元自治体としての考え方や実情について説明があり、意見交換を行った（写真1）。



写真1 フォルスマルク地方自治体との意見交換

同氏によると、フォルスマルク地区は、過疎化の傾向をたどっていたが、発電所の設置により、関連企業の誘致による人口の増加や老人の生活（福祉）が良くなり、いろいろな施設もできた。また、原子力発電所の技術者育成のため、工業高校ができ、エネルギー科やバイオ科も新設した。将来は大学にすべく検討中とのことである。

防災対策については、国が定める原子力防災計画に基づき4年に一度国の責任で防災訓練を実施している。

この訓練は、軍隊、警察、民間の防衛隊等が参加する核戦争を想定したものであるが、この訓練で原子力発電所の事故に十分対応できると考えている。

サイト内では、年に数回独自の防災訓練を実施しているが、統一された防災計画はないとのことである。

チェルノブイリ発電所の事故以降、対策が強化されており、むしろ近隣諸国の原子力発電所の事故を心配している。

原子力発電所との連絡調整は、地方安全委員会が行っており、非常に良好な関係にあるとのことである。

スウェーデンは、原子力発電に対する国民世論が大きくゆれていると言われているが、原子力発電所、国、県、市町村に対する不信任は毛頭ないように思えた。

(8) フォルスマルク原子力発電所

フォルスマルク発電所は、スウェーデン電力庁が75%、地方自治体と電力会社によるグループが25%を出資して建設された。現在3基のBWRが運転中である。

周辺は、森林地帯で発電所から数kmのところにはフォルスマルク市があり、隣接してSFR-1がある（写真2）。

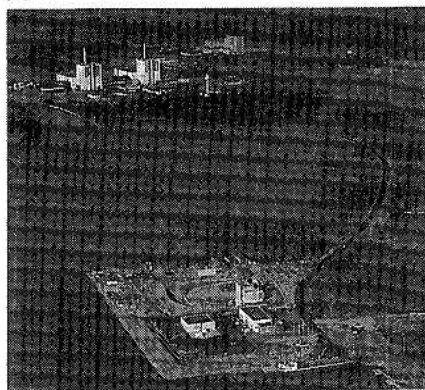


写真2 フォルスマルク原子力発電所（上部）とSFR-1（下部）の全景

この発電所は、ソ連チェルノブイリ原発事故をソ連以外の国で最初に感知したことで知られている。

ここでは、1号機のコントロールルームとリアクタールームを視察した。

いずれも見学者のための部屋が設けられており、ガラス越しに施設を見学させている。

コントロールルームの職員は私服でリラックスしていたのが印象的であった。

リアクタールームでは、ガラス越しに稼動中の原子炉上部を見せながら燃料棒の取替えなどについて説明しており、時には原子炉上部と屋外で放射線を測定し、数値を見学者に示して安全性をPRしているとのことである。

しかし、セキュリティチェック、カメラの持込禁止等厳しかった。

広報活動も管理区域内にインフォメーションセンターを開設して多くの見学者を受けいれている。また、フォルスマルク新聞を発行し、発電量、従業員の被ばく量、周辺環境への影響、運転上のトラブルなど発電所に関する様々な情報を住民に知らせて信頼を得ているとのことである。

#### (4) SKB社放射性廃棄物処理場 (SFR-1)

SFR-1は、バルト海海底下50mの花崗岩を掘削して岩洞中に中・低レベルの放射性廃棄物を保管している。

SFR-1で保管管理する中・低レベル放射性廃棄物は、スウェーデン国内の原子力発電所(4サイト12基)やCLABから発生する短寿命の中・低レベル放射性廃棄物のほか医療機関、研究所等から発生するものも受け入れている(写真3)。

SFR-1までの輸送は全て専用船「シギン号」で海上輸送され、専用岩壁で陸揚げしたのちトラックで貯蔵施設に搬入される。

貯蔵施設は、岩盤をアーチ型にくりぬいたものが4基(各々160m)、サイロ1基(高さ70m、直径30m)があり貯蔵容量は、6万m<sup>3</sup>で現在6千m<sup>3</sup>の廃棄物が保管管理されている(図2)。計画中の第2期計画(SER-2)が完成すると約9万m<sup>3</sup>となる。

放射性廃棄物が満杯になると岩壁との間にベントナイトが充填され、自然放射線と同程度になるまで貯蔵されるとのことである。

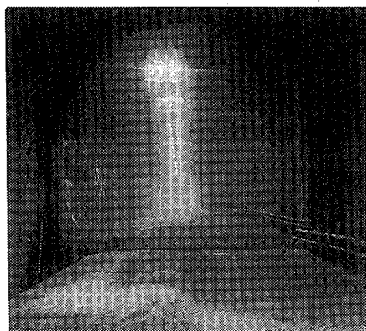


写真3 低レベル放射性廃棄物を保管する岩洞

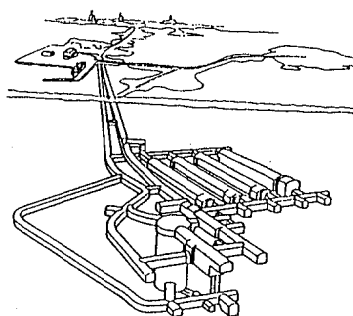


図2 SFR-1の概念図

### 3. イギリス

イギリスは、石炭、石油の資源が豊富であり、欧州共同体の中でも最大の資源国であり、基本的には、石油、石炭、ガス、原子力等を開発し、長期的なエネルギーの安定供給を旨とするとしている。

1989年末で、イギリスの原子力発電設備は、運転中が39基で総発電量13,732Mwhで、建設中1基(117.5万kWh)計画1基(117.5万kWh)となっている(図3)。

また、原子力発電電力量は、634億kWhで総発電電力量に占める割合は、21.7%となっている。

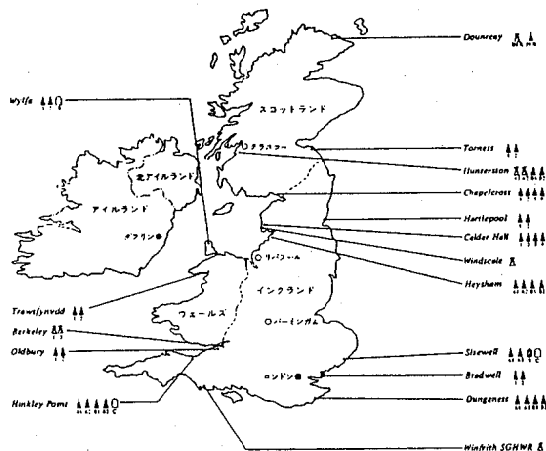


図3 イギリスの原子力発電所位置図

イギリスの原子力開発は、ガス冷却炉を中心に実施されてきたが、設備が大きく、効率が悪く経済性が悪い等から軽水炉(PWR)に変換をはかろうとしており、その第1号となるのがサイズウエルB(118.2万kWh, PWR)で順調に建設が進められている。

しかし、サイズウエルC等については、事実上の凍結が発表され、政府は、1994年に原子力開発の見直しについて再検討することにしており、今後の動向が注目されることである。

また、同国では耐用年数を迎える原子炉が幾つかあり、現実に即応した放射性廃棄物の処理・処分を行っており、使用済燃料の再処理は世界的にも優れている。

イギリスにおける原子燃料サイクル業務は、英国燃料公社（BNFL）、原子力の総合研究開発は、英国原子力公社（UKAEA）、原子力発電の設計建設はナショナル・ニュークリア・コーポレーション（NNC）が担当所管している。

#### (1) セラフィールド再処理工場

BNFL（英国核燃料会社）の所管で、敷地面積700エーカーのサイト内には原子力発電所（コールドホール4基）、来年度操業を予定している軽水炉燃料用再処理プラント、廃液処理施設など、様々な施設がある（写真4）。

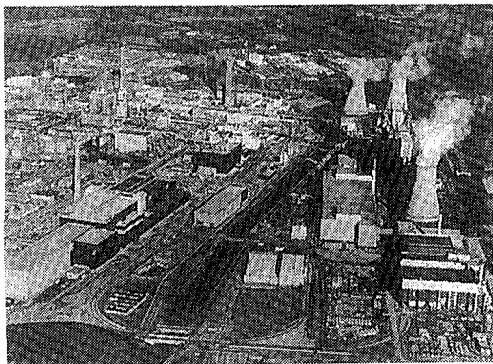


写真4 セラフィールド全景

ビシターズセンターで施設の概要、広報対策等について説明を受けたのち、使用済燃料貯蔵プール、ガラス固化施設を視察した。

セラフィールドは、BNFL最大の施設であり、1952年以降使用済燃料の処理を行っており、既に3万トンのマグノックス燃料の再処理を行っているとのことである。

また、イギリスのAGR（改良型ガス冷却炉）や我が国の軽水炉用使用済燃料は、1988年に完成した貯蔵プール（貯蔵能力3,000トン）に貯蔵されており、1992年を目標に建設が進められている軽水炉燃料用再処理プラント「THOP」で再処理されることになっている（写真5）。再処理工程で生ずる高レベル廃棄物は、安全に貯蔵するため、ガラス固化することである。

ガラス固化施設は、1991年2月にオープニングセレモニーを行ったばかりの施設で、イギリス国内はもとより、日本や西欧諸国の高レベル放射性廃棄物を受け入れ処理している。

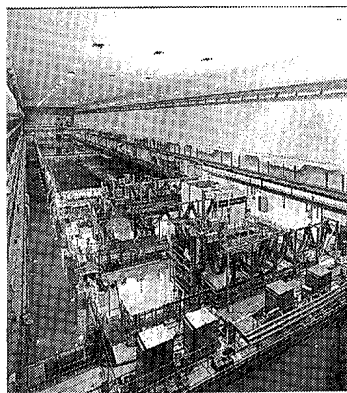


写真5 使用済燃料貯蔵プール

中・低レベル放射性廃棄物は、原子力サイトに保管されているほか、セラフィールド再処理工場に隣接するドリック処分場に埋設されているが、1991年に地下貯蔵することを決定し、カンブリア州セラフィールドを選定し、運開は2005年頃を目途としている。

過去にマグノックス燃料用の再処理プラントで度々放射能漏れを起こしたことから、BNFLはイオン交換プラントを設置し、通常放出レベルを大巾に減らす努力をしてきた。同時にビシターズセンターを設置し、「オープンドア」をスローガンに、施設見学や各種の集会への講師派遣などを積極的に展開して地元住民の信頼を得ているとのことである。また、外国からも多くの訪問者があり、日本からも各界各層の訪問者がありこれらの人達とも対話を行っているということである。

#### (2) ニュークリア・エレクトリック社

イギリスでは、1988年から電気事業再編成政策が進められており、ニュークリア・エレクトリック社は、中央電力庁の解体に伴ってできた4社の一つで、イングランド・ウェールズの原子力発電所全てを所管する国営電力会社である。

設立は、1990年3月で、本社がグロセスタ市（ロンドンの西100マイルの位置）にある。

サイズウェル原子力発電所のPWRが臨界に向けて順調に建設が進められている。ニュークリア・エレクトリック社としては、今後も新しい原子力発電所を必要としており、このための広報活動を強力に実施する考えである。

ここでは、非常時の対応や広報対策等について各担当責任者から聞いた。

非常時の対応については、従業員を5つのチームに分け、チームごとに年1回、防災訓練を行っている。施設の事故は、火災、化学的な事故、原子力施設の事故の3つに分類され、さらに施設内と施設外の事故に区分して訓練を行っている。また、小さな放射能漏れ等の事故はここで言う施設内の事故に含まれる。

緊急時対応についても、この事故のタイプによって対応が決められている。

非常事態対応も非常時の体制が組まれており、地元への通報や消火作業、線量評価などの初期動作が迅速に決定、実行できるような体制を整えている。

非常事態発生情報を一般住民に正確に伝えることは非常に難しい仕事であり、広報部門においてトレーニングを行い、外部とのコミュニケーションの体制づくりにも努めているとのことである。

広報対策については、ヒンクレイポイント原子力発電所での例が紹介された。

きめ細かい世論調査を通じて最も効果的な広報対策を分析しており、特に教育関係者への広報対策が有効であるとの結果から、補助教材を作成するなど、力を入れているとのことである。

生徒が原子力発電に対する正しい理解を深め、家庭内に浸透することを期待している。

また、立地周辺対策として、インフォメーションセンターを設置し、見学者を積極的に受け入れている。

#### 4. フランス

フランスは、日本と同様に石油、石炭、天然ガス等のエネルギー資源に乏しく、1974年の第1次オイルショックを契機に、経済的に安定したエネルギー源として原子力発電を積極的に推進するとともに、産業基盤の整備に力を入れてきた。

フランスの原子力発電の推進は、極めて順調に展開されており、1991年現在、56基、総発電能力5,618万kWhとなり、総発電電力量に占める割合は、約75%となっている。(図4)。

しかし、第2次オイルショック後、電力需要が鈍化傾向になり、1983年以降の発注は縮小され、設備運用ペースも年間1～2基程度となっている。

最近の電力供給余力は、輸出に振り向けられており1992年末のEC市場統合に向けて、さらに増大する傾向にあるとのことである。

フランスにおける使用済燃料の再処理は、仏核燃料公社が所管しており、マルクールとラ・アーグの2ヶ所に再処理工場を所有している。

マルクールは、1958年以来、ガス炉用の使用済燃料の再処理を行っている。

ラ・アーグは、1966年から運転を開始しており、1987年からは軽水炉使用済燃料の再処理も行っている。

さらに年間8,000トンの処理能力をもつ施設も1990年から運転を開始している。

また、放射性廃棄物の処分は、放射性廃棄物管理庁(ANDRA)が所管しており、中・低レベル放射性

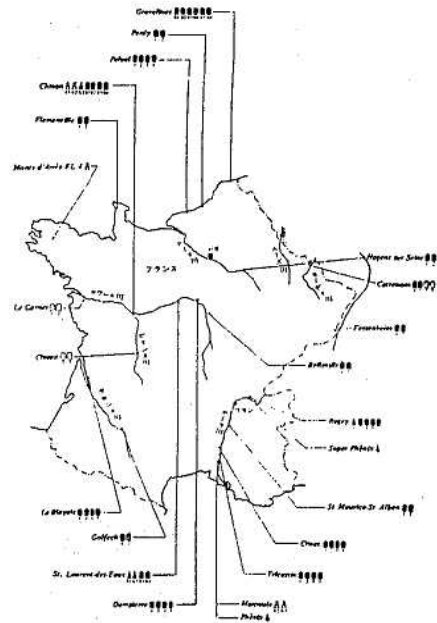


図4 フランスの原子力発電所位置図

廃棄物は、ラ・アーグに隣接するラ・マンシュ貯蔵センターで処分されている。同センターが満杯になればスレーヌに建設中の貯蔵センターに移行される。

高レベル放射性廃棄物は、ガラス固化し、深層貯蔵の方針でサイトの選定が進められているとのことである。

ガラス固化プラントは、既にマルクール施設で1978年から運転を行っており、ラ・アーグについても建設中で1992年に完成の予定である。

##### (1) フランス電力公社(EdF)

フランスの原子力開発は、工業・国土整備省(MIAT)が管轄しており、政府主導の強力な開発体制の一元化がはかられているとのことである。

研究開発を原子力庁(CEA)が、原子燃料サイクルを仏核燃料公社(COGEMA)、設計、エンジニアリング、運転をフランス電力公社(EdF)がそれぞれ所管している。

1946年の設立以降、フランスの電気事業の大部分を運営しており、1975年の政府決定に基づき、PWRの開発を集中的に行い、1991年9月現在で運転中のPWR型原子炉は50基、さらに6基を建設中、4基が計画中である。

広報対策については、12万5千人の従業員をフル活用し、広報の輪を足元から広げる対策がとられており従業員を対象としたセミナーも開催しているとのことである。

また、プラント管理者や広報担当者には、テレビ、ラジオ等のマスコミから専門家をまねき、話し方等PAの有効な方法について特別訓練を行っているとのことである。

地域振興対策については、地元企業の活用、地域住民の雇用、育成がE d Fに義務づけられており、地域振興計画を策定して、国、地方自治体が一体となって資金面、雇用面の援助を行うことになっているとのことである。

緊急時対策は、一般災害を含む緊急避難対策が定められており、住民避難は10km圏内を対象としている。

現在の改善されたプラントの設計基準では、10km圏内で十分と自信を持っていた。また、避難訓練も必要ないと判断し、一切行われていないとのことである。

### (2) フランス国立保健医学研究所 ( S C P R I )

S C P R I は、パリ市街地から北西部へバスで30分の閑静な住宅地域のなかにあり、5,000㎡の敷地に、放射線化学や放射能分析を行う研究所が建てられており、医者、生物学者等専門のエンジニア150名が勤務している。

S C P R I は、厚生省が所管する研究機関で、主な業務は、以下のとおりである。

- 放射線防護の研究
- 原子力発電所周辺の放射線の常時監視
- 病院、一般産業、原子力産業などの従事者の被曝量の検査
- 環境試料の放射能分析

などであり、フランス国内の放射線(能)に係る全てのデータをS C P R I で保管、管理されている。

所長と広報担当者の案内で、次のとおり所内を見学した。

#### (1) 環境試料中の放射能測定

研究室では、ゲルマニウム半導体検出器付きのスペクトロメータ(15台)や $\alpha$ 、 $\beta$ 線測定器数10台が列をなして設置されており、牛乳、水、小麦、野菜などの試料を計測し続けていた(写真6)。

環境試料のサンプル数は、年間5万件とのことで、チェルノブイリ事故が起きた年は10万件のサンプルを分析したとのことである。

#### (2) 緊急時モニタリング

機動的な調査手段として、 $\gamma$ 線測定装置を備えたモニタリング列車(列車を改造)やモニタリング車を備えており、事故時にはフル出勤して1日に12,000人以上を検査できる体制をとっているとのことである(写真7)。

また、内務省が管理するヘリコプターについても研究所のヘリポートから離発着ができるようになっており、放射性物質に係る事故の場合も現地に飛んで測定

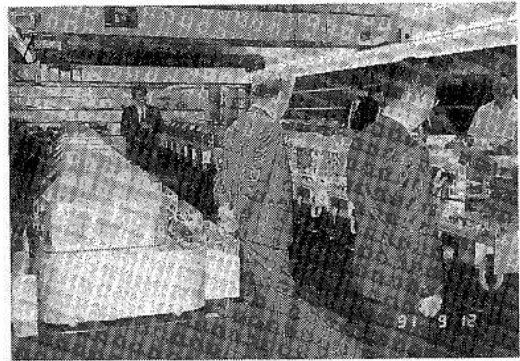


写真6 全 $\beta$ 測定器



写真7 モニタリング列車

することも考えられている。

#### (3) 緊急時予測システム

事故時における放射能影響予測をコンピューター処理によって迅速に行うシステムで、事故が発生した場所の地図及びその近効10km圏内の市町村の位置、人口等をコンピューターで瞬時にディスプレイし、さらに風向・風速からある時間内の被曝を受ける地域を強度で画面表示し、その地区の人々に対する早急な避難等の対策を講じようとするものである。

また、このシステムは、地域の特性に応じた修正が可能なシステムになっているとのことであった。

## 5. おわりに

この調査で訪問した3ヶ国に共通して言えることは、自国の原子力発電の安全性に対する自信と国民に理解を得るための広報対策に努力していること。また、発電から放射性廃棄物の処理、処分まで一貫して行われていることなど、我が国の原子力事情と若干異なっているように思えた。

この調査で、現地を見聞し、体験できたことは極めて有意義であったと感謝いたしております。

---

愛媛県公害技術センター所報  
第 13 号

平成 5 年 3 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 尚仙波印刷所  
松山市西垣生町869-4番地  
電話 松山 (0899) 73-1673

---