

1381

ISSN 0288-6901

CODEN: EKGSDX

愛媛県公害技術センター所報

第 10 号

Report of Ehime Prefectural Research
Center for Environmental Protection

No. 10 Mar. 1989



愛媛県公害技術センター

は じ め に

本県の環境汚染状況は大気汚染、水質汚濁ともに全般的に改善され、おおむね良好な生活環境が維持されております。

しかし、最近はフロンガスによる成層圏のオゾン層の破壊、二酸化炭素などによる地球の温暖化、硫黄酸化物などによる酸性雨など地球規模の環境問題が大きく取りあげられ、さらに昨今の科学技術の進歩、産業構造、生活様式の変化等に伴い、数多くの有害化学物質による汚染と汚染の発生源について不明確で特定困難なものが多くなってきたことおよびソ連チェルノブイリ原発事故に端を発した環境放射能の問題が重要な関心事になりつつあります。

他方では、人々の自然環境への関心の高まり、快適な生活環境の追求等を含む身近な環境問題が重要な課題となっており、こういった方面にも科学的見地からの対応が求められています。

本報は、昭和63年度において当センターで実施した調査研究を取りまとめたもので、第10号という区切りの年報でもありますが、皆様の卒直なご意見、ご指導を賜りますようお願いいたします。

平成元年3月

愛媛県公害技術センター

所 長 樋 野 輝 雄

目 次

はじめに

1. 雨水中の各種成分について……………武士末純夫・他…………… 1
2. 黄砂日における汚染部質の動向について……………川田 利孝・他…………… 5
3. 土壌浄化法による工場排水の高度処理（第3報）……………岡本 信二・他…………… 9
4. 硫酸ヒドラジニウム還元法による硝酸態窒素分析上の問題点
……………岡本 信二…………… 17
5. パソコンによる工場排水データベースの作成……………吉野内 茂…………… 19
6. 銅山川水系における水質の現況……………越智 久尚・他…………… 29
7. 松山空港周辺における航空機の騒音レベル……………遠富 良雄・他…………… 33
8. 愛媛県における岩石中の放射能……………矢野 隆司・他…………… 37
9. フィールドスペクトロメトリーに使われるGe検出器の校正ファクター
……………西原 博明…………… 41

雨水中の各種成分について

武士末純夫・山本英夫・新 次美

はじめに

酸性雨については、諸外国において森林被害や湖沼、土壌の酸性化等国際的環境問題となっており、国内各地においても、多くの調査研究がおこなわれている。

本県においても、昭和56年から雨水の調査を実施し^{1)~3)}、初期降雨及び一雨全量降雨の状況等が報告されているが、広域的汚染であるといわれている酸性雨について、今後長期にわたって比較検討するためには、全国で統一された採取、分析方法で実施する必要があるため、今回、環境庁で示されたろ過式採取装置を用いて1年間雨水の調査を実施したので、その概要を報告する。

調査方法

1. 雨水の調査期間、調査地点

期間：昭和62年7月1日～昭和63年6月29日

地点：松山市三番町 愛媛県公害技術センター屋上
(地上高19m)

2. 雨水の採取方法

ろ過式採取装置(図1)を用い、1週間を1単位として、降下物を水溶性成分と不溶性成分に分けて行った。不溶性成分は1か月分を1試料とした。

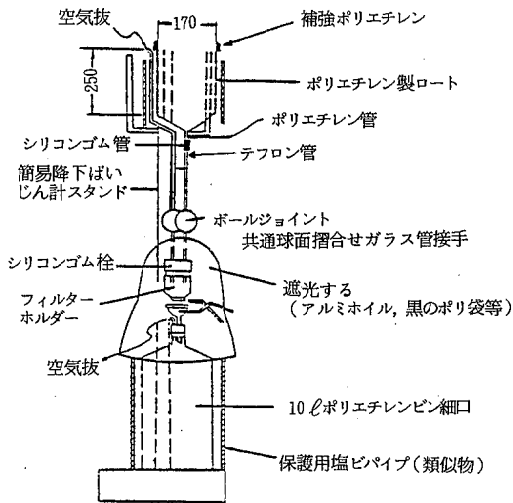


図1 ろ過式採取装置

3. 測定項目及び測定方法

降雨量	：雨水採取量から算出する方法
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_4^{2-})	：グリセリン・アルコール法 イオンクロマト法
硝酸イオン(NO_3^-)	：サリチル酸ナトリウム法 イオンクロマト法
塩素イオン(Cl^-)	：チオシアン酸第二水銀法 イオンクロマト法
アンモニウムイオン(NH_4^+)	：インドフェノール法
カルシウムイオン(Ca^{2+})	：原子吸光光度法
マグネシウムイオン(Mg^{2+})	：〃
カリウムイオン(K^+)	：〃
ナトリウムイオン(Na^+)	：〃
鉄イオン(Fe^{3+})	：〃
アルミニウムイオン(Al^{3+})	：〃
マンガンイオン(Mn^{2+})	：〃

注) 硫酸イオン、硝酸イオン、塩素イオンは、昭和62年12月以降の雨水についてイオンクロマト法で実施した。

4. 計算方法

降水量、降水成分の平均値、及び降下量は以下の方法で計算整理した。

$$\text{降水量} = \frac{\text{貯水量}}{\text{採取面積}}$$

$$\text{pH} = -\log \left(\frac{\sum \{ (1 \text{ 週間の貯水量}) \times (\text{H}^+ \text{ 濃度}) \}}{\sum (1 \text{ 週間の貯水量})} \right)$$

$$\text{EC} = \frac{\sum \{ (1 \text{ 週間の貯水量}) \times (\text{EC の値}) \}}{\sum (1 \text{ 週間の貯水量})}$$

$$\begin{aligned} \text{水溶性成分イオンの降下量} \\ = \frac{\sum \{ (1 \text{ 週間の貯水量}) \times (\text{イオン濃度}) \}}{(\text{採取面積})} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{不溶性成分の降下量} \\ = \frac{\sum (1 \text{ 週間の降下物量})}{(\text{採取面積})} \times \frac{30}{(\text{採取日数})} \end{aligned}$$

なお、全-Ca、全-Mg、全-K、全-Na はろ過された水溶性のもの(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+)とろ紙上に残っている不溶性の該当成分との合計量である。

表1 松山地域の季節別雨水成分

季節 (調査月)	降水量 (mm)	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	H ⁺ ($\text{mg}/\text{m}^3\cdot\text{月}$)	SO ₄ ²⁻ ($\text{mg}/\text{m}^3\cdot\text{月}$)	NO ₃ ⁻ ($\text{mg}/\text{m}^3\cdot\text{月}$)	Cl ⁻ ($\text{mg}/\text{m}^3\cdot\text{月}$)	NH ₄ ⁺ ($\text{mg}/\text{m}^3\cdot\text{月}$)	Ca ²⁺ ($\text{mg}/\text{m}^3\cdot\text{月}$)	Mg ²⁺ ($\text{mg}/\text{m}^3\cdot\text{月}$)	K ⁺ ($\text{mg}/\text{m}^3\cdot\text{月}$)	Na ⁺ ($\text{mg}/\text{m}^3\cdot\text{月}$)	試料数
夏(6~8)	801	4.8	10.8	3.91	268.9	109.9	69.7	62.2	44.7	6.0	30.8	22.0	11
秋(9~11)	342	4.8	18.9	1.74	125.1	109.1	159.2	23.7	38.7	17.0	15.6	106.1	11
冬(12~2)	86	4.2	45.5	1.96	198.1	81.0	153.8	46.4	33.9	7.0	8.7	34.7	9
春(3~5)	332	4.5	22.8	3.19	356.8	162.6	90.6	76.1	87.4	10.8	26.1	31.6	11
年間	1,561	4.7	17.0	2.70	237.2	115.7	118.3	52.1	51.2	10.2	20.3	48.6	42

表2 国内各地の各種イオン降下量(昭和59年4月~昭和60年3月)

文献4)より引用

地域	測定項目 単位	降水量	pH	H ⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
		mm	平均値	$\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{年}$	$\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{年}$							
北海道	札幌市	765	5.2	4.97	3.51	0.82	5.69	0.27	2.34	0.36	0.26	3.11
宮城	仙台市	992	4.9	21.12	2.39	1.30	2.49	0.60	1.05	0.15	0.19	0.97
東京	江東区	1,135	4.8	18.30	3.69	2.31	2.26	0.69	0.92	0.19	0.14	1.08
名古屋	南区	992	4.8	16.26	3.25	1.47	1.19	0.48	0.80	0.10	0.07	0.61
大阪	大阪市	1,276	4.5	44.10	3.55	1.75	2.42	0.87	1.12	0.10	0.15	0.62
広島	広島市	1,251	4.9	14.64	3.59	1.45	1.58	0.41	0.94	0.11	0.10	0.73
長崎	長崎市	1,495	5.0	15.80	4.14	0.98	6.47	0.58	0.57	0.49	0.38	3.63
最 大	大	1,495	5.2	44.10	4.14	2.31	6.47	0.87	2.34	0.49	0.38	3.63
	小	765	4.5	4.97	2.39	0.82	1.19	0.27	0.57	0.10	0.07	0.61

表3 松山地域の各種イオン降下量(昭和62年7月1日~昭和63年6月29日)

地域	測定項目 単位	降水量	pH	H ⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
		mm	平均値	$\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{年}$	$\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{年}$							
愛媛	松山市	1,561	4.7	32.37	2.85	1.39	1.42	0.62	0.61	0.12	0.24	0.58

表4 国内各地の全降下量(昭和59年4月~昭和60年3月)

文献4)より引用

地域	測定項目 単位	全-Ca	全-Mg	全-K	全-Na	Fe	Mn	Al
		$\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{年}$				$\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{年}$		
北海道	札幌市	3.27	0.66	0.34	3.22	1,085.0	21.4	1,116.1
宮城	仙台市	1.17	0.26	0.23	1.06	534.6	10.9	310.6
東京	江東区	1.28	0.23	0.19	1.10	822.5	18.7	818.4
名古屋	南区	0.92	0.21	0.12	0.62	588.7	12.9	283.2
大阪	大阪市	1.25	0.26	0.26	0.69	1,342.3	26.9	501.2
広島	広島市	1.06	0.22	0.18	0.80	544.4	8.8	212.4
長崎	長崎市	0.58	0.51	0.41	3.65	106.9	1.2	121.5
最 大	大	3.27	0.66	0.41	3.65	1,342.3	26.9	1,116.1
	小	0.58	0.21	0.12	0.62	106.9	1.2	121.5

注) Fe, Mn, Al は不溶性の降下量のみ合計である。

表5 松山地域の全降下量(昭和62年7月1日~昭和63年6月29日)

地域	測定項目 単位	全-Ca	全-Mg	全-K	全-Na	Fe	Mn	Al
		$\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{年}$				$\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{年}$		
愛媛	松山市	0.71	0.23	0.39	0.60	817.0	7.2	139.7

注) Fe, Mn, Al は不溶性の降下量のみ合計である。

調査結果及び考察

1. 雨水成分の季節的変動

昭和62年7月から1年間の雨水成分測定結果を表1に示す。

測定結果より、pHについては、4.2～4.8の範囲であり、冬にやや低い傾向を示した。

ECは、降水量の少い冬が最も高い値となっており降水量が多い夏が最も低い値となっている。

また、各種成分をみてみると、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} の降下量は、春に高く、秋・冬に低い傾向を示した。

Cl^- 、 Mg^{2+} 、 Na^+ の降下量は、秋に高く、夏に低い傾向を示した。

K^+ の降下量は、夏に高く、冬に低い傾向を示した。

2. 雨水成分の国内各地との比較

2.1 各種イオン降下量

表2に、酸性雨対策検討会大気分科会（環境庁）がとりまとめた全国各地（7地方公共団体）の昭和59年度1年間の雨水調査結果⁴⁾を示す。

表3に、同様の採取、分析方法で昭和62年7月から昭和63年6月の1年間実施した松山地域（公害技術センター屋上）の雨水測定結果を示す。

pHの値については、全国で4.5から5.2の範囲となっており、松山地域のpH 4.7は、ほぼ他地域と大差ない結果となっている。

また、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 等の各種イオンについても、ほぼ全国各地の結果と同様の値を示し、特に高い値ではなかった。

2.2 全降下量

表4、表5に全国各地と松山地域における1年間の全降下量を示す。

これら各種金属イオンについても、全-Kが多少高く、全-Na、Alが多少低い値となっているが、ほぼ全国各地の値と同程度であった。

まとめ

昭和62年7月から1年間、松山地域でろ過式採取装置により雨水を採取し、各成分を調査した結果は次のとおりであった。

- (1) pHの1年間の季節的変動については、冬期にやや低い傾向はあるが、年間を通じて大差はなかった。
- (2) 各イオン成分の年間降下量を比較すると、 SO_4^{2-} が最も多く、 $\text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{NH}_4^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{H}^+$ の順に多かった。
- (3) 各種イオン降下量については、全国各地のデータと大差なく、pHについても、雨水の酸性化に関与するといわれる SO_4^{2-} 、 NO_3^- も特に高くなく、全国的にみて同レベル程度であった。

文献

- 1) 三谷美嶺雄，岡田文明，影浦久，渡辺郁雄：雨水成分調査について（第1報），愛媛県公害技術センター所報，第4号，1-3（1982）
- 2) 三谷美嶺雄，楠憲一，影浦久，岡本信二：雨水成分調査について（第2報），愛媛県公害技術センター所報，第6号，1-6（1985）
- 3) 山本英夫，武士末純夫，新次美：酸性雨による河川及び湖沼の水質に及ぼす影響について，愛媛県公害技術センター所報，第9号，1-7（1987）
- 4) 酸性雨対策検討会大気分科会：酸性雨対策調査中間報告書（1987.3）

黄砂日における汚染物質の動向について

川田利孝・武田邦夫・河内哲一

はじめに

本県で昭和63年4月中旬から下旬前半にかけて著しい黄砂現象がみられた¹⁾。

そこで、黄砂日の大気汚染物質の状況を把握するため、浮遊粒子状物質を黄砂の指標とし同物質が最も高濃度となった4月21日について、東予地域の主要な環境大気測定局における測定データをもとに、二酸化硫黄及び二酸化窒素の動向を探ったので、報告する。

測定の概要

1. 測定期間

昭和60年～63年の各4月

2. 測定地点

東予地域は図1のとおり、本県東部に位置した東西に細長い地域で、北は瀬戸内海に面し、三方は山に囲まれ、弱風の高気圧が卓越する内海性気象となっている。

大気汚染物質の主な固定発生源として、川之江・伊予三島地区のパルプ・紙・紙加工品製造業、新居浜・西条・東予地区の化学工業・火力発電等があり、狭い平野の沿岸部に工場群が立地している。

また、主な移動発生源としては、平野部を東西に走る国道11号線の自動車である。

地域内に、環境大気測定局を31か所設置して監視測定を行っているが、この報告では、各地区を代表する主要な測定局として、川之江・伊予三島地区の川之江局、新居浜地区のセンター局と中村局、西条地区の西条局及び東予地区の東予局を採用した。

3. 測定項目

- 浮遊粒子状物質 (SPM)
- 二酸化硫黄 (SO₂)
- 二酸化窒素 (NO₂)

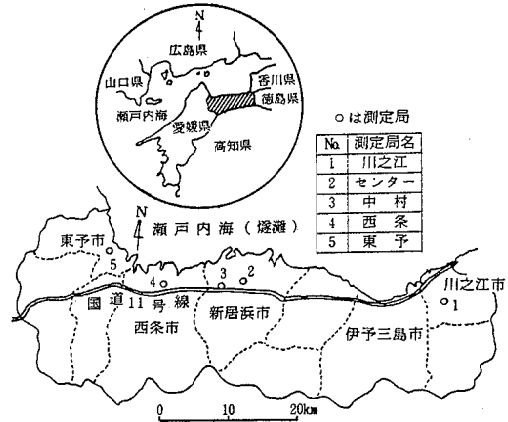


図1 東予地域の概要

測定結果

各局におけるSPM, SO₂ 及びNO₂ の63年4月21日の平均値並びに昭和60～63年の4月平均値を表1に示す。

これによると、63年4月21日のSPMは、60～63年の4月平均値に比べ各局とも約2倍の高濃度を示している。

表1 SPM, SO₂ 及びNO₂ の測定結果

(単位: SPM mg/m³, SO₂, NO₂, ppm)

測定局	年月日 (平均値) 測定項目	63年	60年	61年	62年	63年	60年～63年 各年4月平均
		4月21日	4月	4月	4月	4月	
川之江	SPM	0.080	0.047	0.038	0.042	0.041	0.042
	SO ₂	0.018	0.011	0.014	0.016	0.011	0.013
	NO ₂	0.042	0.020	0.022	0.022	0.023	0.022
センター	SPM	0.117	0.043	0.058	0.047	0.050	0.050
	SO ₂	0.022	0.009	0.009	0.011	0.011	0.010
	NO ₂	0.045	0.020	0.020	0.022	0.022	0.021
中村	SPM	0.072	0.029	0.032	0.030	0.037	0.032
	SO ₂	0.016	0.012	0.011	0.009	0.008	0.010
	NO ₂	0.046	0.022	0.022	0.023	0.025	0.023
西条	SPM	0.056	0.029	0.047	0.026	0.026	0.032
	SO ₂	0.013	0.009	0.008	0.007	0.008	0.008
	NO ₂	0.039	0.019	0.019	0.023	0.020	0.020
東予	SPM	0.137	0.050	0.058	0.049	0.056	0.053
	SO ₂	0.014	0.003	0.009	0.010	0.008	0.008
	NO ₂	0.035	0.015	0.016	0.015	0.015	0.015

63年4月21日を黄砂日とし、60～63年の4か年の4月平均値を非黄砂日として、それぞれの経時変化を図2に示した。

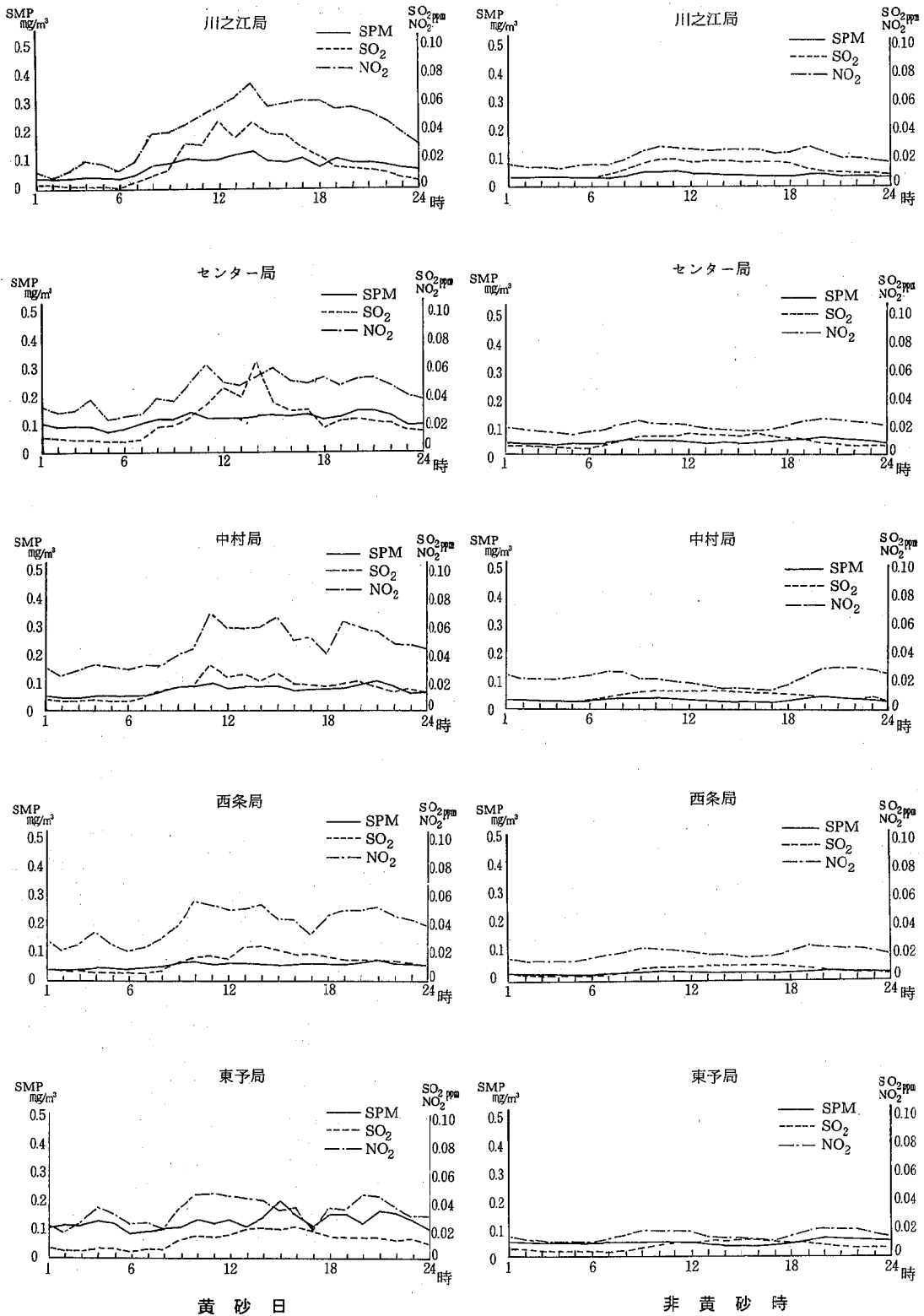


図2 SPM,SO₂及びNO₂の経時変化

黄砂日と非黄砂時を比較すると黄砂日は次のとおりの傾向を示している。

SPM のピークは川之江局は14時に出現しセンター局・中村局・西条局は10時及び20時の前後にみられ、なだらかな二山の傾向を示し東予局は15時にピークがみられた。

SO₂ は昼間の11時から16時の間に各局ともピークが出現し夜間の1時から7時の間は濃度は低い。

NO₂ については、川之江局で14時にピークをもつ一山型の傾向を示しているが他の局は10時と11時にピークを示し複雑な変化を示している。

非黄砂時においては黄砂日に比べ昼間と夜間の濃度差が少なく低濃度で推移し次の傾向を示す。

SPM は昼間と夜間の濃度変化が少なく顕著なピークはみられない。

SO₂ は昼間にピークが出現し一山の傾向を示す。

NO₂ は9時及び20時前後にピークが出現し双山型の傾向となっている。

黄砂日と非黄砂時におけるSPMとSO₂及びNO₂の相関をみたところ、表2のとおりであった。

黄砂日においては、SPMとSO₂及びNO₂は各局とも相関がみられた。

非黄砂時においては、SPMとSO₂は川之江局・西条局で相関がみられたが、他の局では相関がみられなかった。また、SPMとNO₂は黄砂日と同様各局とも相関がみられた。

表2 相関係数

測定局	区分 項目	黄砂日 (63.4.21)		非黄砂時 (各年平均)		非黄砂日 (63.4.3)	
		SO ₂	NO ₂	SO ₂	NO ₂	SO ₂	NO ₂
川之江	SPM	0.84**	0.92**	0.83**	0.86**	0.56**	0.78**
	センター	0.51*	0.83**	0.37	0.87**	-0.25	0.57**
中村	SPM	0.82**	0.84**	0.33	0.59**	0.32	0.50*
	西条	0.74**	0.86**	0.57**	0.93**	-0.005	0.83**
東予	SPM	0.63**	0.54**	-0.23	0.74**	0.18	0.65**

(注) *は5%で有意, **は1%で有意

非黄砂日でSPMが高濃度でしかも黄砂日の63年4月21日とほぼ同様の気象条件であった63年4月3日について、SPMとSO₂及びNO₂の相関をみたところ、表2のとおりであり、非黄砂時とほぼ同様であったが、西条局ではSPMとSO₂の相関はみられなかった。

センター局における63年4月21日と4月3日の気象を図3に示す。

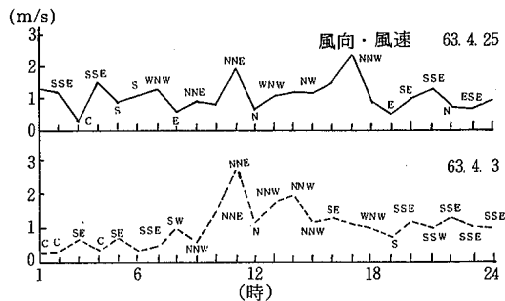
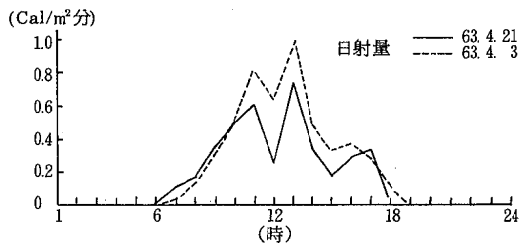
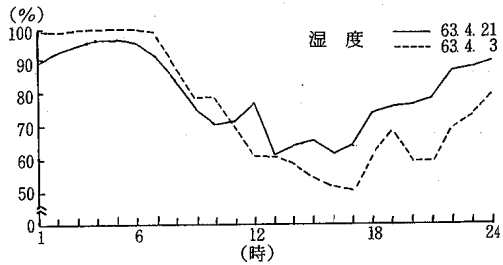
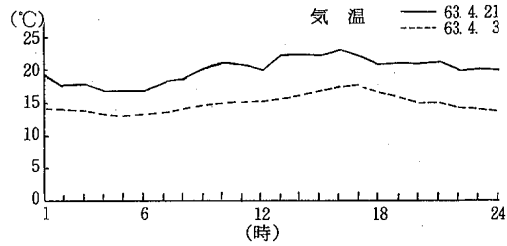


図3 気象

考察

工場等の発生源から排出されるSO₂・NO₂などの気体状物質は、光化学反応等により、粒径0.1 μm以下の粒子状物質に転化する。この粒子状物質は、粒径1.0 μm以下の土壌粒子、海塩粒子、工場からのばいじん等の粒子と凝集して、混合粒子をつくり、長時間大気中に滞留すること²⁾が報告されている。

一方、黄砂時のSPMは、AL等土壌起源金属を含んでおり粒径は1 μm程度のものが多いが、非黄砂時のSPMの粒径は5~10 μmのものが多いこと³⁾が報告されている。

また、SO₂及びNO₂の自動測定機は、4 μm以上の粉じんをフィルターで除去した後、SO₂及びNO₂を測定している。

以上のことから考察すると、黄砂日においてSPMとSO₂及びNO₂に相関がみられるのは、SO₂及びNO₂を含んだ黄砂が、更に大気中のSO₂及びNO₂を付着し環境濃度として測定されるためと考えられる。なお、今後とも検討したい。

おわりに

黄砂日のSPMとSO₂及びNO₂の関係については、若干の知見を得たが、非黄砂時のこれらの関係は、今後の課題としたい。

なお、黄砂等自然現象によっては、高濃度となることも十分予想されるので、常時監視において留意する必要がある。

文献

- 1) 日本気象協会松山支部：愛媛県気象月報. 1-14 (1988.4)
- 2) 磯野謙治他：大気環境の科学2 大気汚染物質の動態. 87-88 (1979) 財団法人東京大学出版会.
- 3) 社団法人大気汚染研究協会：エアロゾル中の炭素成分等の分析に関する調査. 63-66. 85 (1988)

土壤浄化法による工場排水の高度処理（第3報）

岡本信二・毛利作太郎・吉野内茂
井上尊統・石丸尚志*

はじめに

愛媛県では、昭和60年10月に産、学、行からなる「バイオテクノロジー高度排水処理技術開発研究会」を設置し、地場産業である製紙、染色、食品の工場排水について、COD、BODの低濃度化、窒素、りん除去、汚水の脱色、脱臭を目的として、土壤浄化法による高度排水処理技術の開発を行ってきた。

昭和60年度及び昭和61年度前半は、製紙、染色、食品のモデル工場の実態調査と排水処理に適する土壤を選択するための土壤の性状試験、染料等の吸着試験及びカラムによる通水試験を行い、その結果を第1報¹⁾で報告した。

昭和61年度後半には、模型による通水試験、昭和62年度前半にはモデル3工場の現地においてミニプラントによる通水試験を行い、その結果を第2報²⁾で報告した。

昭和62年度後半には、ミニプラントによる通水試験を継続し、処理効率を良くするための通水量の増加、脱窒促進のための有機炭素源の添加等の試験を行い若干の知見を得たので、その結果を報告するとともに、3か年間の試験研究のまとめを行う。

ミニプラントによる通水試験（後期）

1. 目的

前期のミニプラントによる通水試験の結果をふまえて、モデル3工場の排水の特性をもとに、製紙工場では排水の再利用と処理効率の向上を目的に前期より通水量を増加させ、染色工場では前期と同じ条件で除去率の推移をみることにし、食品工場では排水中の窒素濃度が高いので脱窒を促進させるため有機炭素源としてメタノールの添加を行うこととする。

2. 試験方法及び試験項目

2.1 試験方法

製紙、染色、食品の3工場に設置したミニプラントについて表1のような運転を行ったが、その概要は次のとおりである。

○ 製紙工場については前期試験で処理効率が良かったので、通水量を1,000 ℓ/㎡・日から最終的には2,000 ℓ/㎡・日まで上昇させて試験を行った。

○ 染色工場については前期試験で通水量1,000 ℓ/㎡・日まで増加させたが、窒素の除去率が悪かったので通水量を500 ℓ/㎡・日まで減少させた。

○ 食品工場では前期試験で通水量を500 ℓ/㎡・日まで増加させたが、窒素の除去率が悪かったので通水量を200 ℓ/㎡・日に減少させ、脱窒のため有機炭素源としてメタノールを50 mg/ℓ添加した。

表1 ミニプラントの運転状況

施設	項目	6				7				8				9				10		11		12		1		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	26	28	32	34	
D	通水量(ℓ/㎡・日)	200				500				1,000				1,000						42.5		2,000				
	曝気槽水位(cm)					32.5																				
	特記事項																	炭灰土へ交換 黒焼換 ボイ		下土 層土へ 交換 黒焼換 ボイ		日本 産土 り成 で通		土質 良好 で通		自水 不足 で通
H	通水量(ℓ/㎡・日)	200				500				1,000				500						42.5						
	曝気槽水位(cm)					32.5														42.5						
	特記事項	排に 水が が色 黄				黒真 ボ土 へ 土交 を換				排に 水灰 がる 透明								ボ通 の 水 た 停 故 め 止								
M	通水量(ℓ/㎡・日)	200				500														200						
	曝気槽水位(cm)					32.5														42.5						
	特記事項					排に通 水が が色 黄				黒焼換 ボ土 と交 を換				排に 水灰 がる 透明										メ タ ノ ール 50 mg /ℓ		添 加

Shinji OKAMOTO・Sakutaro MOHRI・Shigeru YOSHINOCHI
Takanori INOUE・Takashi ISHIMARU *愛媛県立衛生研究所

2.2 試験項目

2.2.1 化学的試験項目

前期試験と同様に、ミニプラントの処理前後（処理前は前処理用沈殿槽の出口、処理後は土壤浄化槽の出口）の水について、2週間毎に次の12項目の試験を行った。

pH, DO, ORP, COD, T-P, T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, Org-N, 色度, 臭気

2.2.2 生物学的試験項目

処理前後の水及びミニプラント中の飽和層、不飽和層の製紙スラッジ焼却灰について、4週間毎に次の5項目の試験を行った。

好気性菌, 嫌気性菌, 脱窒菌, 亜硝酸菌, 硝酸菌

3. 試験結果及び考察

3.1 化学的試験結果

化学的試験結果の概要は表2, 除去率は図1, 脱臭の状況は表3のとおりである。

○ pH について

3工場とも前期試験に比べ、製紙スラッジ焼却灰からのアルカリの溶出が減少して、処理前と処理後のpHの差は1以内となっている。

○ DO, ORP について

D社（製紙）については、通水速度を1,000～2,000 $\ell/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ に上昇させても嫌気度は逆に上昇し、土壌の目詰りが進んできたことがうかがわれ、通水22週目頃から軽い目詰りがおこり、最終の34週目には本格的な目詰り状態となり、処理水に硫化水素臭が感じられDOも0 mg/ℓ , ORPもマイナスとなった。

H社（染色）及びM社（食品）については、処理水のDOは2 mg/ℓ 前後、ORPも原水、処理水ともに300～400 mVと、飽和層での嫌気状態はあまり良くなかった。

○ COD について

D社については、通水速度2,000 $\ell/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ でも除去率80%前後と良好であった。

H社については、除去率60～70%と前期より少し低下してきている。なお、この両社について層別の除去の状況をみると前期では上層部でほとんど除去されていたのに対し、後期では上層部のみでは除去できなくなっている。

M社については、除去率は前期試験より少し低下してきているが、70%前後と良好な除去率を維持しており、層別にみてもほとんどが上層で除去されている。

○ T-P について

D社については、処理前の濃度が低いので除去率は求められない。

H社については、前期試験途中でりんの吸着能力に

限界がきており、後期試験でも11～22%（平均5%）の除去率とほとんど除去されていない。

M社については、90%程度の除去率を維持しており、吸着による除去効果を維持していた。

○ T-N について

D社については、通水速度を2,000 $\ell/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ まで上昇させても、除去率は70%前後と良好であり、また、層別にみると飽和層の中、下部で除去されていた。これは、COD/N比が他の2社に比べ大きく、また、嫌気度も良かったので、脱窒が進んだものと考えられる。

H社については、前期試験では除去率は良くなかったが、後期試験では60%程度に回復した。これは、前期には原水の窒素濃度が高かったのに比べ後期は低くなっており、COD/T-Nが大きくなり脱窒の条件が良くなったためと考えられる。

M社については、脱窒促進のためメタノールの添加を行ったが、除去率は平均40%と無添加の場合よりは良かったが、メタノールの添加位置が不飽和層の部分であったこと、窒素の形態が硝酸態窒素の割合が少なかったため、脱窒があまり進まなかったものと考えられる。

○ 脱色, 脱臭について

D社については、前記試験ではほとんど無臭であったが、後期試験では通水量を増加させると徐々に土臭が認められるようになり、最終期では目詰りの結果嫌気度が進み、硫化水素臭が認められた。なお、脱色効果には変化がなく、処理水は無色透明であった。

H社, M社については、処理水はほとんど無色、無臭であり、優れた脱色, 脱臭効果を維持した。

3.2 生物学的試験結果

各ミニプラント中の土壤中の菌数の変化は、図2のとおりである。

○ 好気性菌について

D社については、菌数は 10^7 個/g程度でほとんど変化がなく、プラント内部の上下層間でもほとんど差がなかった。

H社については、上下層間ではほとんど差がなかったが、後期には菌数が微増となった。

M社については、 10^6 個/g程度で上下層とも推移し、菌相の変化もなく安定していた。

○ 嫌気性菌について

D社では菌数の顕著な増加がみられ、嫌気度が高くなってきたことを示している。

H社では原水の菌数により変化しており、M社では菌数は少なく、あまり嫌気度が上昇しなかったことを示している。

表2 ミニプラント試験結果(化学的試験)の概要(前・後期分)

項目	事業場		社						社						社								
	通水量等		200 ℓ/m ² ・日		500 ℓ/m ² ・日		1,000 ℓ/m ² ・日		2,000 ℓ/m ² ・日		200 ℓ/m ² ・日		500 ℓ/m ² ・日		1,000 ℓ/m ² ・日		200 ℓ/m ² ・日		500 ℓ/m ² ・日		200 ℓ/m ² ・日		
	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	
pH	濃度範囲	6.6~7.1	6.3~6.9	6.7~7.3	7.3~7.9	5.5~7.2	7.6~8.4	6.5~7.2	7.0~7.8	7.3~7.7	6.9~8.4	7.5~8.4	7.3~8.1	7.9~8.6	7.1~8.4	6.9~8.0	7.4~7.8	7.5~8.1	6.9~7.6	7.8~8.1	7.4~7.9	7.5~8.1	6.9~7.6
	(平均)	(6.8)	(6.7)	(6.9)	(7.6)	(6.7)	(7.9)	(6.8)	(7.6)	(7.5)	(7.5)	(8.1)	(7.7)	(8.3)	(7.6)	(7.5)	(7.8)	(7.8)	(7.4)	(7.9)	(7.4)	(7.9)	7.8~8.1
DO	濃度範囲	4.0~6.3	1.8~3.0	2.8~5.3	1.5~2.6	1.1~7.5	0~2.0	7.6~8.4	6.5~7.2	7.0~7.8	7.3~7.7	6.9~8.4	7.5~8.4	7.9~8.6	7.1~8.4	6.9~8.0	7.4~7.8	7.5~8.1	6.9~7.6	7.8~8.1	7.4~7.9	7.5~8.1	6.9~7.6
	(平均)	(5.2)	(2.4)	(4.4)	(2.0)	(4.5)	(1.0)	(9.3)	(0.2)	(2.8)	(2.2)	(4.2)	(3.4)	(1.9)	(3.3)	(2.2)	(2.1)	(2.1)	(3.1)	(1.6)	(1.6)	(3.1)	(1.6)
COD	濃度範囲	15~74	4~6	29~47	3~8	7~63	4~8	30~71	8~27	13~32	2~19	13~30	2~10	15~38	3~8	11~28	2~11	10~22	2~8	10~57	3~21	10~57	3~21
	(平均)	(41)	(5)	(39)	(5)	(33)	(5)	(47)	(15)	(20)	(13)	(21)	(6)	(22)	(5)	(18)	(6)	(16)	(4)	(22)	(7)	(22)	(7)
T-P	除去率範囲	66~92	78~90	41~92	40~82	52~88	88~100	53~89	64~90	58~82	53~89	64~90	53~89	64~90	53~89	64~90	53~89	64~90	53~89	64~90	53~89	64~90	53~89
	(平均)	(84)	(86)	(79)	(67)	(82)	(99)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)
T-N	濃度範囲	1.7~3.0	0.56~0.91	1.4~3.4	0.63~1.0	1.3~3.9	0.45~1.1	2.0~3.2	0.86~1.5	1.7~7.7	0.75~3.1	1.7~7.7	0.75~3.1	1.7~7.7	0.75~3.1	1.7~7.7	0.75~3.1	1.7~7.7	0.75~3.1	1.7~7.7	0.75~3.1	1.7~7.7	
	(平均)	(2.6)	(0.72)	(2.5)	(0.82)	(2.7)	(0.80)	(2.7)	(1.1)	(4.2)	(1.7)	(3.6)	(2.6)	(3.6)	(2.6)	(3.6)	(2.6)	(3.6)	(2.6)	(3.6)	(2.6)	(3.6)	(2.6)
NH ₄ -N	濃度範囲	0.01~1.0	0.01~0.51	0.01~0.45	0.01~0.46	0.01~0.59	0.01~0.46	0.01~0.62	0.01~0.43	0.01~0.59	0.01~0.43	0.01~0.59	0.01~0.43	0.01~0.59	0.01~0.43	0.01~0.59	0.01~0.43	0.01~0.59	0.01~0.43	0.01~0.59	0.01~0.43	0.01~0.59	
	(平均)	(0.22)	(0.30)	(0.20)	(0.11)	(0.15)	(0.25)	(0.24)	(0.17)	(1.1)	(0.34)	(0.31)	(0.50)	(0.76)	(1.3)	(0.94)	(1.1)	(2.4)	(2.7)	(2.5)	(2.5)	(2.5)	(2.5)
NO ₂ -N	濃度範囲	0.01~0.10	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.07	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	0.01~0.06	
	(平均)	(0.04)	(0.02)	(0.04)	(0.04)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.23)	(0.29)	(0.03)	(0.09)	(0.11)	(0.09)	(0.67)	(1.2)	(0.90)	(0.97)	(0.49)	(0.49)	(0.49)	(0.49)
NO ₃ -N	濃度範囲	0.25~1.2	0.01~0.10	0.01~0.10	0.01~0.10	0.01~0.16	0.01~0.22	0.01~0.14	0.01~0.04	0.01~0.04	0.01~0.04	0.01~0.04	0.01~0.04	0.01~0.04	0.01~0.04	0.01~0.04	0.01~0.04	0.01~0.04	0.01~0.04	0.01~0.04	0.01~0.04	0.01~0.04	
	(平均)	(0.77)	(0.05)	(0.19)	(0.48)	(0.48)	(0.03)	(0.60)	(0.01)	(0.51)	(0.23)	(1.3)	(1.3)	(3.8)	(4.9)	(4.3)	(6.0)	(13)	(7.7)	(5.1)	(5.1)	(5.1)	
Org-N	濃度範囲	0.43~2.1	0.18~0.53	0.70~2.8	0.36~0.53	0.61~3.7	0.36~0.69	1.2~2.4	0.74~1.1	1.1~5.0	0.06~1.5	0.57~0.81	0.02~0.20	0.39~0.57	0.02~0.17	0.01~0.23	0.01~0.23	0.01~0.23	0.01~0.23	0.01~0.23	0.01~0.23	0.01~0.23	
	(平均)	(1.6)	(0.36)	(1.7)	(0.48)	(2.1)	(0.51)	(1.8)	(0.95)	(2.3)	(0.81)	(2.0)	(0.57)	(1.5)	(1.5)	(2.3)	(2.3)	(1.5)	(0.58)	(6.4)	(1.9)	(1.9)	
ORP	濃度範囲	335~392	198~373	277~357	168~319	164~349	115~359	287~398	283~396	279~408	265~383	279~408	265~383	279~408	265~383	279~408	265~383	279~408	265~383	279~408	265~383	279~408	
	(平均)	(353)	(315)	(313)	(221)	(282)	(188)	(283)	(361)	(352)	(361)	(352)	(361)	(352)	(361)	(352)	(361)	(352)	(361)	(352)	(361)	(352)	(361)

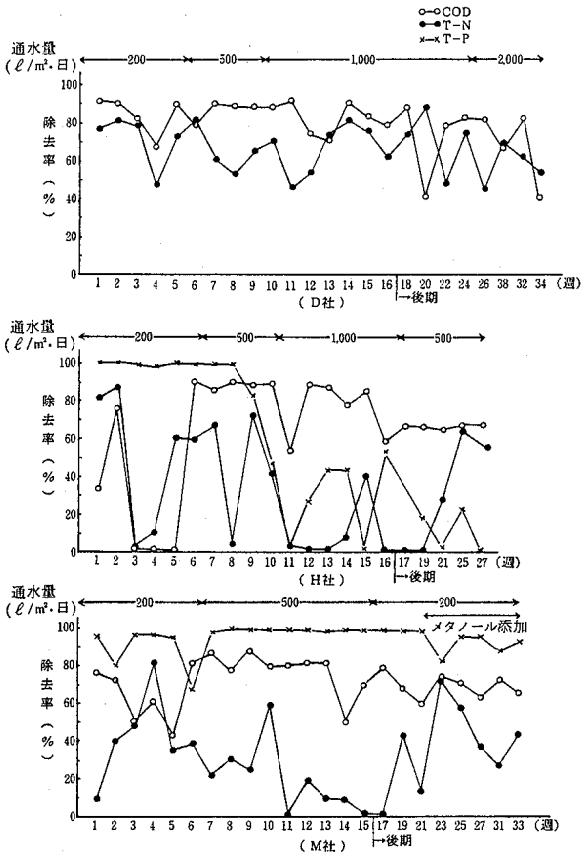


図1 ミニプラントの除去率

表3 ミニプラントの脱臭状況

		上段 (臭気の種類)														下段 (臭気の希釈倍数値)			
週		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	20	26	28	32	34		
D社	処理前	(5)	(5)	(3)	(5)	(5)	(5)	(3)	(3)	(2,3,5)	(3)	(2,3)	(3)	(7)	(5)	(2)	(2)		
	処理後	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(2,3,5)	(3)	(2)	(5)	(—)	(3)	(3)	(3)	(3)	(2,4,7)	(7)		
週		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	19	21	25	27			
H社	処理前	(3,4)	(3,5)	(5)	(3)	(3)	(3)	(7)	(3)	(3)	(—)	(3,4)	(2)	(3)	(3)	(—)			
	処理後	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)			
週		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	19	25	27	31	33		
M社	処理前	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(3)	(—)			
	処理後	(3,4)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(3,4)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(3,4,5)	(—)	(—)		

○ 脱窒菌について

D社については原水質の影響を受けて変動し、H社については増加傾向であったが、M社については減少傾向であった。

○ 硝酸菌、亜硝酸菌について

D社については原水の菌数の変動は大きいですが、プラント中では $10^2 \sim 10^3$ 個/gと安定しており、ある一定レベルに落ち着くものと考えられる。

H社では後期には亜硝酸菌 10^5 個/g、硝酸菌も 10^4 個/g程度まで増加し、脱窒菌の増加とあわせて考えると、窒素サイクルが円滑に進んでいることが認められる。

M社については微減傾向であり、脱窒菌の減少傾向とあわせて考えると、窒素サイクルがうまく進んでいないことが考えられる。

4. 結論

ミニプラントの4か月間の後期試験の結果、次のことがわかった。

○ D社(製紙)については、通水量を $2,000 \ell/m^2 \cdot \text{日}$ まで増加して試験を行ったが、通水も順調で、COD、N、Pの除去率、脱色、脱臭の効果とも良好であった。

しかし、通水最後の34週目に本格的な目詰り状態となり、通水開始からの総通水量は $260m^3$ であった。

○ H社(染色)については、通水量 $500 \ell/m^2 \cdot \text{日}$ で処理効率の推移をみたが、COD、Nの除去率、脱色、

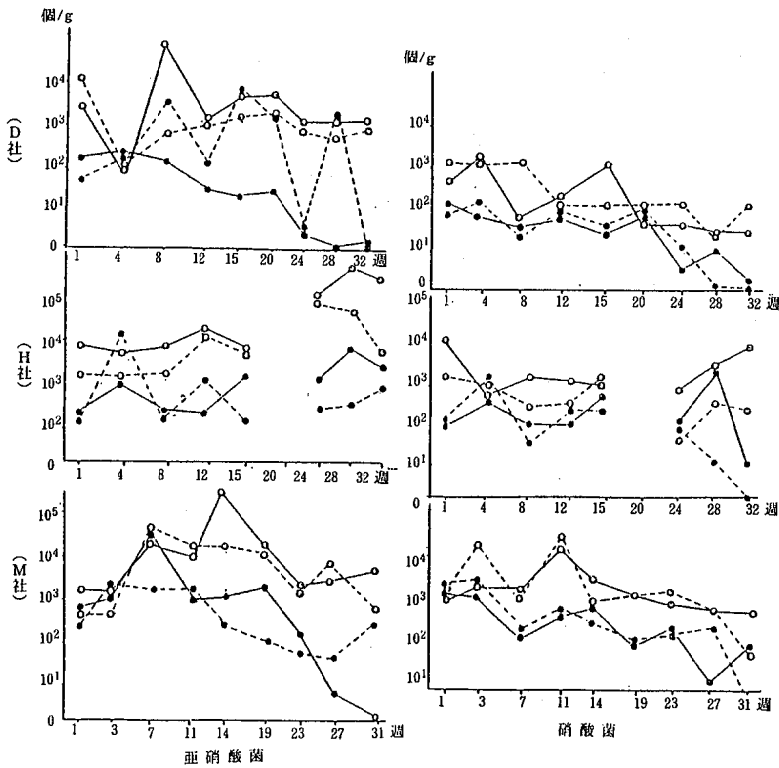
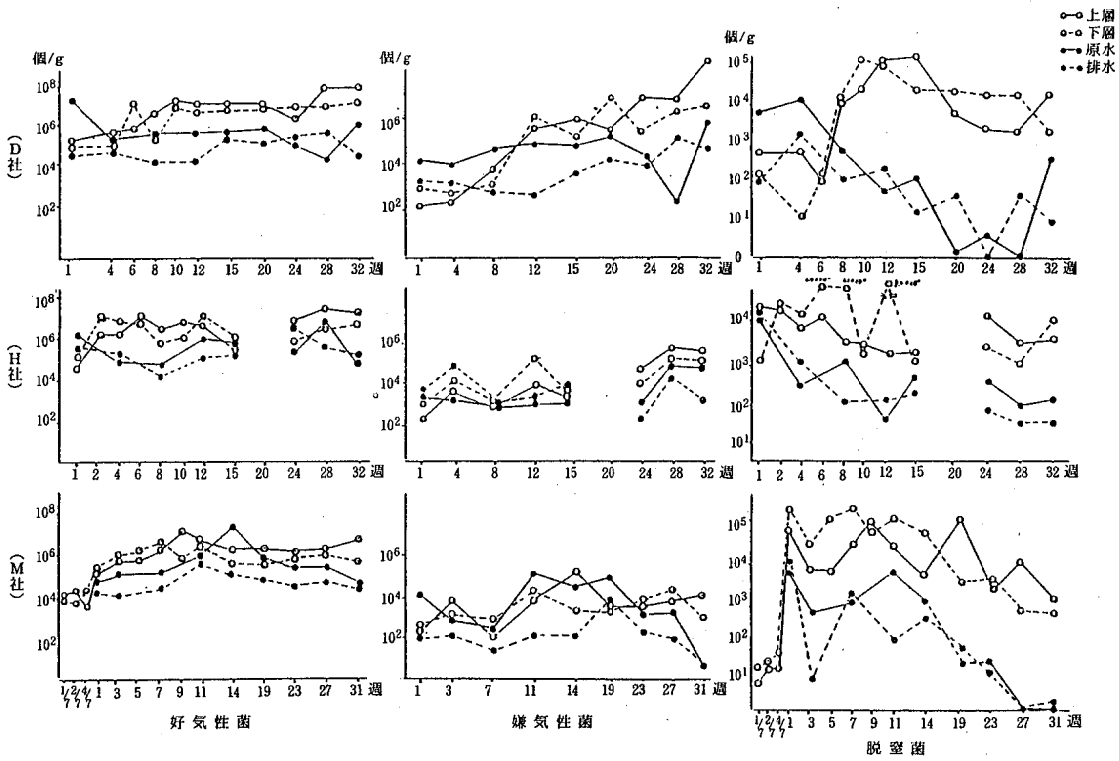


図2 ミニプラント土壤中の菌数の変化

脱臭の効果は良好であったが、りんについては前期試験の途中で吸着能力に限界がきたため、高度処理はできなかった。なお、土壌の目詰りはなかった。

○ M社(食品)については、Nの除去率を向上させるため通水速度を $200 \text{ l/m}^2 \cdot \text{日}$ に減少させ、有機炭素源としてメタノール 50 mg/l を添加した。COD, りん, 臭気の除去効果は良好であったが、原水中のNの形態やメタノールの添加位置等から除去率が不安定であった。

しかし、無添加の場合よりは20%程度除去率が上昇した。なお、土壌の目詰りはなかった。

○ 生物学的試験では、菌数の変化はどのプラントにおいてもさほど大きくなく、処理効率との関係を見るには無理があるが、唯一、嫌気性菌と嫌気度については関係が認められた。

また、窒素サイクル関与菌については、各々の菌についてみるだけでなく、総合的にみることによって脱窒効率との関係がわかる。

細菌のうち優先的な菌32種を分離し、性状等をコロニー観察等から検討したが、カラム試験で分離した細菌と全く同じものであると推察される。したがって、同じ原水でじゅん養すれば同じ細菌相であることが示唆され、実験室レベルでじゅん養した細菌を現場に移しても同様の結果が得られると考えられる。ただ、プラントをオープンにして、環境中からの細菌の混入が多くなれば、異ってくるものと考えられる。

カラムによる補充試験

1. 目的

ミニプラントによる処理試験において通水速度を増加させたため、土壌槽内での滞留時間が減少することから、土壌槽の深さによる除去率の違いをみるため、カラムによる処理試験を行う。

2. 試験方法

図3のような製紙スラッジ焼却灰を充填した直径10.6 cm、深さ140 cmのカラムの上層15 cmを不飽和層、その下125 cmを飽和層とし、処理水を上から40 cm, 80 cm, 140 cmの3段階で引き抜いて、土壌の深さによる除去率の違いをみた。なお、原水にはH社の排水を使用した。

試験項目 pH, COD, DO, T-N, T-P

3. 試験結果及び考察

試験結果は図3のとおりであり、通水速度 $500 \text{ l/m}^2 \cdot \text{日}$ ではCOD, T-Nの除去率に大きな差はなかったが、通水速度を1,000, 2,000 $\text{l/m}^2 \cdot \text{日}$ と増加させると、COD, T-Nともに土壌層の深い方が除去率が良かった。

しかし、80 cmと140 cmでは除去率にそれほど大きな差はなかったため、通水速度を増加させる場合には、土壌層の深さは1 m程度は必要と考えられる。

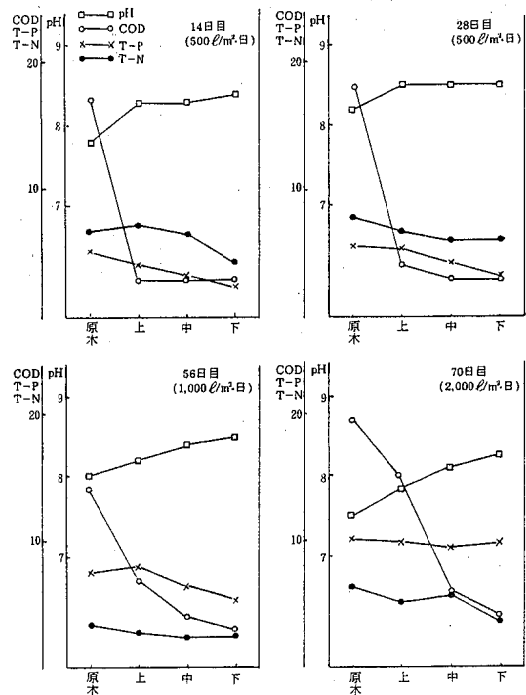


図3 カラムによる補充試験結果

まとめ

昭和60年度から3か年にわたり、土壌の性状試験、吸着試験、カラムによる処理試験、培養試験、模型による処理試験、ミニプラントによる処理試験等を行い、土壌による工場排水の高度処理について次のような知見を得た。

- 1 排水処理に適する土壌を選択するため、まさ土、黒ボク土、製紙スラッジ焼却灰、鹿沼土、石炭灰の5種類の土壌について、性状試験、吸着試験、カラム試験、培養試験を行ったが、製紙スラッジ焼却灰が最適であった。しかし、処理する水の性状や処理の目的によっては他の土壌との組み合わせも必要となり、また、製紙スラッジ焼却灰は通水の初期にアルカリの溶出により処理水のpHが上昇するので、下層に鹿沼土のような酸性土壌を充填することも考慮する必要がある。(黒ボク土はアルカリによる腐植成分の溶出がある。)
- 2 製紙スラッジ焼却灰を主土壌としたミニプラントによる処理試験等の結果、製紙、染色、食品の各工場において表2のような高度処理が可能であり、特に水資源の不足している地域における排水の再利用のための3次処理や閉鎖性水域へ排出する事業場の3次処理

に有効であると考えられる。

3 製紙スラッジ焼却灰を用いた土壌処理には、次のような多くの長所があり、今後の応用開発、導入が期待される。

- 構造が簡単で、維持管理も容易である。
- 建設費、運転費とも低廉である。
- 単一の処理で高度な処理水質が期待できる。
- 土壌として用いる製紙スラッジ焼却灰が、安価で大量に入手できる。
- 土壌、地下水を汚染しない。
- 通常の土壌処理では、通水速度 $200 \text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ が一般的であるが、本研究では10倍の $2,000 \text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ まで通水速度を増加させても、原水の水質等によっては高度処理が可能である。

4 3か年間の試験研究を通じて、製紙スラッジ焼却灰を用いた土壌処理法には、いろいろな問題点あるいは解決すべき課題が見出されたが、その主要なものは次のとおりである。

- 各ミニプラントの通水量の合計は製紙工場が 260 m^3 、染色工場 100 m^3 、食品工場 60 m^3 であり、染色工場と食品工場では目詰りはなかったが、製紙工場では最終期に目詰りを起こした。

この原因としては、製紙工場は通水速度が速く、また、COD、SS が他の2工場に比べ多いこと等が考えられる。

土壌処理法においては、土壌の目詰りは避けられないものであるため、原水中のSSを極力除いて、目詰りの時期を遅らせたりすることはもちろん、目詰りがおこった時の応急的な回復対策の開発が必要である。

- 土壌処理法におけるりんの処理は吸着によるものがほとんどであり、染色工場では原水中のりん濃度が高いため、試験の途中で吸着能力が限界となった。この時の吸着量は製紙スラッジ焼却灰 1 m^3 当たりりん 500 g であった。このことから、りんの高濃度の排水の長期間にわたる高度処理は土壌処理のみでは難しいので、

接触脱りん法との組み合わせ等の応用技術の開発が必要である。

○ 窒素の除去率については製紙工場が最もよく、次いで染色、食品工場となっているが、これは原水の性状に大きく関係している。各工場のCOD/N値は、製紙15、染色4.5、食品1.1であり、一般的にBOD/N値が5より小さいと脱窒にはメタノール等の水素供与体の添加が必要といわれていることから、特に食品工場については、メタノールの添加と添加方法、飽和層での嫌気度を高める方法の開発が必要である。

以上のように、製紙スラッジ焼却灰を用いた土壌処理法は、建設、運転費とも低廉で、維持管理も容易のわりに高度な処理が期待できることから、排水の再利用システムや中小企業の3次処理等に導入が期待される。また、今後は土壌処理の長所を生かして、生活雑排水処理への応用について検討していきたいと考えている。

なお、3か年の試験研究については、「高度排水処理技術開発研究報告書」³⁾(昭和63年3月、愛媛県)にまとめている。

最後に、本研究を行うに当たり指導を賜った愛媛大学工学部井出哲夫元教授、農学部香川尚徳教授、逸見彰男助教授及び御協力頂いた研究会の会員の皆様に対し、厚く謝意を表します。

文献

- 1) 毛利作太郎, 石丸尚志, 御手洗清, 井上尊統, 吉野内茂, 余田幸作, 中村洋祐, 渡辺郁雄: 土壌浄化法による工場排水の高度処理(第1報), 愛媛県公害技術センター所報, 第8号, 11~22(1987)
- 2) 岡本信二, 毛利作太郎, 吉野内茂, 井上尊統, 石丸尚志: 土壌浄化法による工場排水の高度処理(第2報), 愛媛県公害技術センター所報, 第9号, 13~20(1988)
- 3) 愛媛県: 高度排水処理技術開発研究報告書(1988)

硫酸ヒドラジニウム還元法による硝酸態窒素分析上の問題点

岡本 信二

はじめに

硫酸ヒドラジニウム還元法による硝酸態窒素分析における諸条件の検討結果については、前報¹⁾で報告している。

硫酸ヒドラジニウム還元法では、硝酸イオンを亜硝酸イオンに還元、測定するので、硝酸イオンと亜硝酸イオンの合計量が測定され、別に亜硝酸イオンのみを測定し、これを合計量から差し引くことにより硝酸イオンの濃度を算出している。しかし、この方法では、亜硝酸イオンの分解率と硝酸イオンの未還元率が異なるため、硝酸態窒素の正しい濃度を測定できないことが考えられる。

そこで、硫酸ヒドラジニウム還元法による硝酸態窒素分析における、硝酸イオンの還元率が与える影響について検討を行ったので報告する。

検討方法及び結果

1. 硝酸イオン及び亜硝酸イオンの検量線

硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素のそれぞれ0, 0.02, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 mg/ℓについて、硫酸ヒドラジニウム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法により吸光度を測定した。

還元条件は次のとおりである。

検液 20 ml に対し、A 液 1 ml, B 液 0.5 ml を加え、20°C で 24 時間放置する。

A 液：4.6% フェノール溶液 50 ml, 4% 水酸化ナトリウム 16 ml を加え、純水で 100 ml とする。

B 液：0.04% 硫酸銅 (CuSO₄ · 5H₂O) 5 ml, 0.48% 硫酸ヒドラジニウム 25 ml を加え、純水で 50 ml とする。

その結果、図 1 のとおり同じ測定条件で行った硝酸態窒素 (NO₃-N) と亜硝酸態窒素 (NO₂-N) の吸光度は、NO₂-N が 1.11 倍高いことがわかった。このことから、NO₃-N 標準液を検量線として NO₂-N を測定すると、NO₂-N と NO₃-N の合計量の測定値は、真の濃度よりも 1.11 倍高くなり、正しい NO₂-N と、NO₃-N の合計量を示さないことがわかった。

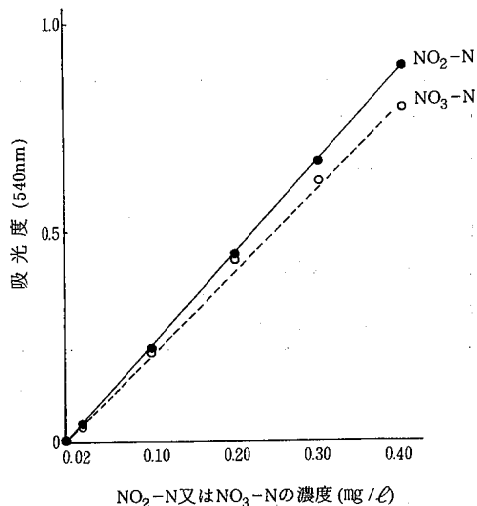


図 1 NO₂-N, NO₃-N の吸光度

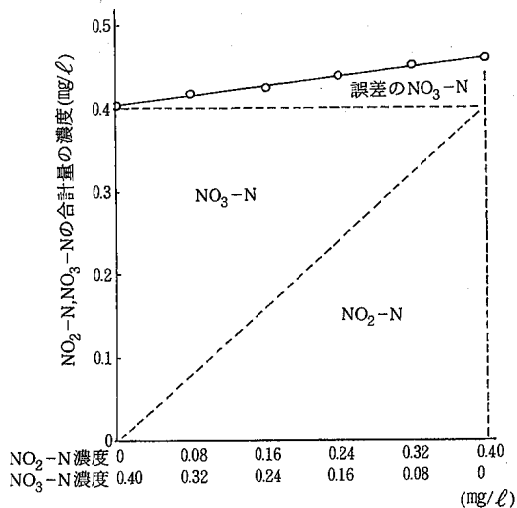


図 2 NO₂-N, NO₃-N 混合溶液の測定濃度

2. 硝酸イオンと亜硝酸イオンの混合溶液の測定

NO₃-N, NO₂-N 濃度が, 0.4 mg/l - 0 mg/l, 0.32 mg/l - 0.08 mg/l, 0.24 mg/l - 0.16 mg/l, 0.16 mg/l - 0.24 mg/l, 0.08 mg/l - 0.32 mg/l, 0 mg/l - 0.40 mg/l と窒素としてはいずれも 0.4 mg/l となるような 6 種類の混合溶液について NO₃-N 標準液を検量線として濃度を測定した。

表 1 硝酸態窒素濃度測定上の誤差

① 混合液中の NO ₂ -N 濃度 (mg/l)	0	0.080	0.160	0.240	0.320	0.400
② 混合液中の NO ₃ -N 濃度 (mg/l)	0.400	0.320	0.240	0.160	0.080	0
③ 測定した NO ₂ -N, NO ₃ -N の合計量 (mg/l)	0.405	0.418	0.428	0.437	0.456	0.461
④ 測定した NO ₃ -N 濃度 (mg/l)	0.405	0.338	0.268	0.197	0.136	0.061
⑤ NO ₃ -N 濃度の誤差 (④-②) (mg/l)	0.005	0.018	0.028	0.037	0.056	0.061

まとめ

硫酸ヒドラジニウム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法により NO₃-N 標準液を検量線として, NO₂-N と NO₃-N の合計量を求め, 別にナフチルエチレンジアミン吸光光度法で NO₂-N 標準液を検量線として NO₂-N 濃度を求め, 前者から後者を差し引くことによって NO₃-N 濃度を求める方法では, NO₃-N の NO₂-N への還元率が 100 % にならないため, 試料中に NO₂-N が存在すると, 測定された NO₃-N 濃度が正の誤差を与えることがわかった。

この誤差を補正するには, 次の 2 つの方法が考えられる。

その 1 つの方法は, 従来どおり NO₃-N 標準液を検量線として, 硫酸ヒドラジニウム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法で測定を行い, 同時に同一濃度の NO₂-N 溶液と NO₃-N 溶液の吸光度を測定し, NO₃-N の NO₂-N への還元率を求め, NO₂-N 濃度は別にナフチルエチレンジアミン吸光光度法で測定する。そして, 次式により補正する方法である。

(補正された NO₃-N) = (測定した NO₂-N, NO₃-N の合計量)

$$- (\text{測定した NO}_2\text{-N}) \times \left(\frac{\text{NO}_2\text{-N の吸光度}}{\text{NO}_3\text{-N の吸光度}} - 1 \right)$$

もう 1 つの方法は, NO₂-N 標準液を検量線として, 硫酸ヒドラジニウム-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法で測定を行い, 同時に同一濃度の NO₂-N 溶液

その結果, 図 2 のとおり NO₂-N 濃度の比率が増すにつれて, NO₂-N と NO₃-N の合計量の測定濃度は増大し, 表 1 のように NO₃-N の濃度の誤差は, 混合溶液中の NO₂-N の比率が高くなるにしたがって大きくなり, NO₃-N 濃度が 0 の場合でも NO₃-N が 0.06 mg/l あるように測定される。

と NO₃-N 溶液の吸光度を測定し, NO₃-N の NO₂-N への還元率を求め, 次式により補正する方法である。

$$(\text{補正された NO}_3\text{-N}) = (\text{測定した NO}_3\text{-N}) \times \frac{\text{NO}_2\text{-N の吸光度}}{\text{NO}_3\text{-N の吸光度}}$$

なお, NO₃-N から NO₂-N への還元率を求めて, NO₃-N の濃度を補正する方法よりも, 還元率を 100 % に近づけて誤差を少なくすることや, NO₃-N のみを直接, 低濃度で定量できる方法を検討することがより良い分析手法と考えられるので, 今後はこれらのことについても検討していきたいと考えている。

文献

- 1) 渡辺郁雄：硝酸態窒素分析法の検討, 愛媛県公害技術センター所報, 第 9 号, 25~27 (1988)

パソコンによる工場排水データベースの作成

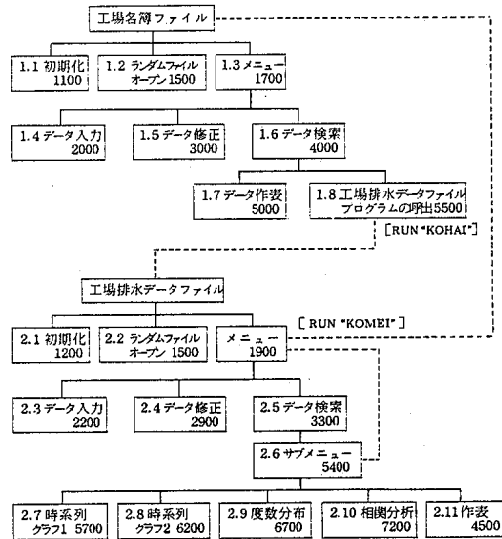
吉野内 茂

はじめに

工場排水の水質監視については、水質汚濁防止法が施行されてからすでに17年が経過しており、そのデータは膨大な量になっている。当所においては、これらのデータをもとに工場毎に台帳を作成し、排水の監視及び指導を行っているが、これらの貴重なデータを活用した効果的な監視、指導を行うため、パソコンを用いた工場排水のデータベースを作成したので、その概要について報告する。

使用機器等

1. パソコン NEC PC 9801 U
2. FDD 3.5 インチ (640 KB) × 2 台
3. 使用言語 N88 BASIC (36)
4. プリンタ EPSON VP-80 K



(注) 右下の数字はサブルーチン開始番号

図2 プログラムの構造図

プログラムの構成と利用の概要

プログラムの概要については、図1に示すように工場名簿ファイルと工場排水データファイルの2つで構成されており、ファイルには任意データの呼び出し書き込みが出来るランダムファイルを用いた。データ入力では、工場名簿データや工場排水データを入力し、ディスク上にデータベースを作成する。データ修正では、データシートと原表のデータと照らし合わせて、誤りや欠落があった場合データベースを修正する。データ検索では、データベースから必要に応じてデータを呼び出し、メモリ上に解析用データファイルを作成する。解析用のデータファイルが出来れば、作図プログラムや統計解析プログラムにより時系列グラフ、度数分布図を作ったり相関分析を行うことが出来る。プログラムの構造は、図2に示すとおりであり、個々のサブルーチンの集合によって構成されている。プログラムリストは表2表3(稿末)に示すとおりであり、以下には各サブルーチンの概要を述べる。なお、サブルーチン名の前に付した番号は、図2の番号と対応している。

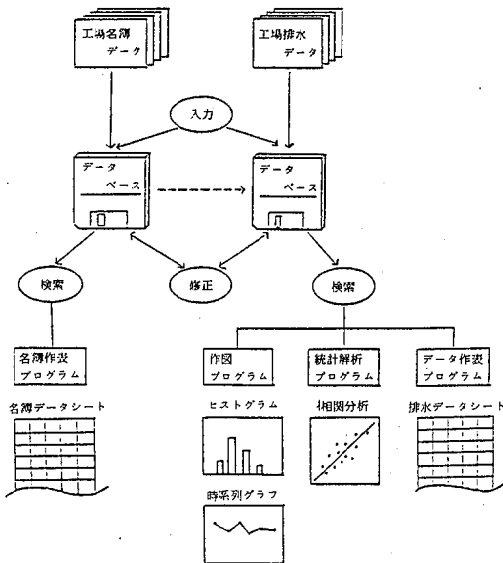


図1 プログラムの構成と利用の概要

プログラムの内容

1. 工場名簿ファイル

1.1 初期化

ここでは初期化作業として、工場名簿ファイルプログラムで使用する各配列の宣言や、プリンターにデータを出力する際等に使用するデータの項目名、データの出力様式等を定義する。

1.2 ランダムファイルオープン

ディスクとCPUの間でデータを入出力するための準備として、データベースのファイルをオープンする。本プログラムでは、入力項目数が15で数値データのうち排水量及びpHは単精度型実数として、その他の規制値は整数型数値として扱っており、1つのファイルが占めるバッファは84バイトとなっている。そこで、フロッピーディスクを有効に活用するため、1セクタ(256バイト)に3つのファイル(84×3=252バイト)分のバッファを割り当てた。従って、フロッピーディスク(640KB)への入力可能なファイル数は(640×10³バイト÷256バイト/セクタ)×3ファイル/セクタ=7,500ファイル(工場)となる。

1.3 メニュー

CRT上に工場名簿データの入力や修正等の作業内容をメニューとして表示する。プログラム利用者は、実行したい作業に対応する項目をキーボードから選定することにより、任意の作業を実行することが出来る。本プログラムでは、データの入力ミスによるトラブルを防止するため、データは全て文字変数で入力し、その後VAL関数で数値データに変換している。また、入力データのチェックを行い、極力範囲外のデータについては、再入力するようにしている。

1.4 データ入力

キーボードから実際のデータを入力するためのサブルーチンである。ランダムファイルのブロック処理を行っているため、工場番号とコード番号が対応し

データの入力	
項目	
1 工場№	235
2 工場・事業場名	<input type="text"/> 全角13文字まで
3 所在市町	<input type="text"/> 全角4文字まで
4 業種	<input type="text"/> 全角4文字まで
5 排水量(最大)(m ³ /日)	
6 排水量(平均)(m ³ /日)	
7 PH(低)	
8 PH(高)	
9 COD(最大)(mg/l)	
10 COD(平均)(mg/l)	
11 BOD(最大)(mg/l)	
12 BOD(平均)(mg/l)	
13 SS(最大)(mg/l)	
14 SS(平均)(mg/l)	
15 チェックコード	

[E]=終わり [-]=未対象 [B]=前項目の修正

図3 データ入力画面

ていない。そこで、まず最終入力コード番号のデータを読み取り、最初のファイルから空いているかどうか判定し、空きファイルがある場合にはそのファイルから、空きファイルが無い場合には次のコード番号の1番目のファイルから自動的に入力を開始する(プログラムの行番号2060~、以下同じ)。そして、コード番号(M)とファイル番号(J)から工場番号(CD)を計算して、図3に示す入力画面に表示する。利用者は、工場名、所在市町等のデータを項目番号順に入力する。データが欠測の場合は“-”を入力し、作業を中止する場合は“E”を入力する。また、項目番号14までのデータについては、“B”を入力すると1つ前の項目データを再入力出来る。もちろん一度入力したデータファイルに新たにデータを追加することも出来る。

1.5 データ修正

工場名簿データを修正するサブルーチンである。利用者が工場番号(CD)を入力するとコード番号(R)とファイル番号(J)を計算(3070~)して、任意の工場名簿データ呼び出し、旧データをCRTに表示する。そして内容を確認した後、項目番号を指定してデータの修正を行う。

1.6 データ検索

工場名簿のデータ検索を行うサブルーチンである。利用者が任意の項目番号を指定すれば、工場名等の漢字データは漢字キーワードによる検索を、その他の項目は数値判定による検索を行う。そして、該当するデータをメモリー上のファイルへ書き込み(4330~)、全データの検索が終わった後、図4に示す画面をCRTに表示する。なお、検索工場数が20を超える場合は、リターンキーを押すと順次データを表示する。

検索データ一覧表		キーワード: し原	
工場№	工場・事業場名	所在市町	業種
24	今治市唐子台処理場	今治市	し尿処理
30	関分建物いかなし台	今治市	し尿処理
31	今治地区衛生センター	今治市	し尿処理
33	済生会今治病院	今治市	し尿処理
35	今治東高等学校	今治市	し尿処理
40	大島地区衛生事務組合	宮窪町	し尿処理
43	菊間町し尿処理場	菊間町	し尿処理
44	弓削商船高等専門学校	弓削町	し尿処理
46	波方大西衛生事務組合	波方町	し尿処理
47	大三島環境衛生センター	上浦町	し尿処理
49	光洋台汚水処理場	北条市	し尿処理
52	県営中須賀印地	北条市	し尿処理
54	北条クリーンセンター	北条市	し尿処理
57	松山刑務所	重信町	し尿処理
58	愛媛大学医学部	重信町	し尿処理
62	県営住宅牛浜印地	重信町	し尿処理
63	中島町環境衛生センター	中島町	し尿処理
64	川内グリーンタウン	川内町	し尿処理
67	伊予印地終末処理場	伊予市	し尿処理
72	伊予市松前町共立衛生組合	松前町	し尿処理

? [0]=NEXT [1]=PRINT [2]=SEARCH データ数=63

図4 検索データ表示画面

1.7 データ作表

検索データを作表するサブルーチンである。検索データの表示画面では、工場番号、工場名、所在市町、

業種の4項目(ただし、数値データ項目で検索した場合は業種に代わってそのデータを表示する。)のみを表示するのに対し、プリンターによる作表では、排水量、排水基準等の全項目のデータシートを作成する。

1.8 工場排水データプログラムの呼び出し

工場名簿ファイルプログラムと工場排水データプログラムはそれぞれ独立した機能を有しており、同時に走らせておく必要はないので、各々の作業が終了した後には呼び出す。工場排水データプログラムの呼び出しは、まず工場名簿データの検索終了後(図4の画面)“2. SEARCH”を選び、続いて工場番号を入力すると工場番号をディスクに登録(5540～)して、RUN“KOHAI”によりプログラムが起動する。

2. 工場排水データファイル

2.1 初期化

このプログラムで使用する各配列や、データの項目、データの出力様式等を定義する。

2.2 ランダムファイルオープン

前記1.8.で登録した工場番号をディスクから読み込み(1520～)、これに対応する工場の名簿データを続いてディスクから読み込む(1580～)。そして、2番のFDDから名簿ファイル用ディスクを取り出し、工場排水データファイル用ディスクと交換する。これを確認した後リターンキーを押すと、ファイル名“KDA”+工場番号のファイルをオープンする(1760～)。本プログラムでは、入力項目として採水場所は漢字3文字の10バイト、水温とpHは単精度型実数の各4バイト、採水年、月、日、時、分、COD、SSは整数型数値として各2バイトとしたので、1つのファイルが占めるバッファは32バイトとなる。1フィールド(256バイト)には8つのファイルを割り当てるので、フロッピー(640KB)への入力ファイル数は $(640 \times 10^3 \text{ バイト} \div 256 \text{ バイト/セクタ}) \times 8 \text{ ファイル/セクタ} = 20,000 \text{ ファイル(データ)}$ となる。

2.3 データ入力

工場排水データをキーボードから入力するためのサブルーチンである。プログラムの基本は工場名簿ファイルと同じであり、図5に示すとおり工場名等を表示するとともに、工場番号と登録コード番号を表示する。利用者は、採水場所、採水年月日、採水時刻、水温、pH、COD、SSの10項目について順次入力する。一度入力したデータファイルへ新たにデータを入力することも可能である。

2.4 データ修正

入力済みの工場排水データを修正するためのサブルーチンであり、プログラムの基本は工場名簿ファイルと同じである。

2.5 データ検索

工場排水データを検索し、解析用ファイルを作成するためのサブルーチンである。データの検索条件としては、検索項目(DN(K))、基準値(DE(K))、判定条件(DH(K))が1組になっており、これらの条件は5回まで追加入力出来る(3370～)。データ検索は、当該工場のファイルをオープン(1770～)し、1番目のコードの1番目のファイルからデータを読み取り(3460～)、まずサブルーチン“SETTO”によりバッファからES(I)又はE(I)にデータを代入し、データの内容を判定する。そして、検索条件に該当するデータのみサブルーチン“REED”によりメモリー上のXS(N,I)又はX(N,I)へ書き込み、解析用ファイルを作成する。例えば、55～57年度のデータを読み出したい場合は、項目番号?=1、基準値?=55、判定条件?=2(以上)を入力し、「条件を追加しますか?」に対して“Y(YES)”を選んで項目番号?=1、基準値?=57、判定条件?=3(以下)、「条件を追加しますか? = N(NO)」と入力すると、図6に示すような検索データ画面を表示する。なお、将来データ用FDが一杯になり、別のFDに新しいデータを登録した場

データの入力	
工場・事業場名: A株式会社 所在市町 B市 工場No=237	
*** 項目 ***	コードNo=1
1 採水場所	<input type="text"/> 全角3文字まで
2 採水年	
3 月	
4 日	
5:6 採水時刻	
7 水温 (°C)	
8 PH	
9 COD (mg/l)	
10 SS (mg/l)	

[E] = 終わり [-] = 欠測 [B] = 前項目の修正

図5 データ入力画面

検索データ一覧表								
工場: 事業場名: A株式会社 所在市町 B市								
採水場所	採水年月日	採水時刻	水温	PH	COD	SS		
排水口	55 4 25	13 : 5	33.0	7.6	90	126		
排水口	55 7 29	15 : 10	37.6	7.5	65	0		
排水口	55 9 2	13 : 5	34.6	7.5	42	33		
排水口	55 10 3	11 : 50	33.7	7.7	35	2		
排水口	55 11 20	10 : 35	32.0	7.5	68	73		
排水口	56 2 12	13 : 40	28.0	7.7	55	46		
排水口	56 3 13	11 : 5	29.6	7.7	86	66		
排水口	56 4 6	13 : 18	27.2	7.1	32	14		
排水口	56 6 29	11 : 15	34.2	7.5	16	3		
排水口	56 9 10	11 : 10	30.6	7.5	31	28		
排水口	56 10 2	10 : 15	29.9	7.6	18	14		
排水口	57 2 12	13 : 45	25.2	7.6	39	17		
排水口	57 4 3	13 : 10	20.5	7.6	24	23		
排水口	57 8 24	13 : 30	34.5	7.7	23	19		
排水口	57 11 4	11 : 5	29.0	7.9	29	30		

? [1] = 初期画面 [2] = データ検索 データ数 = 15

図6 検索データ表示画面

合(複数のFDとなった場合)のために、2枚目のデータ用FDから読み取ることも可能とした(3630~)

2.6 サブメニュー

解析用ファイルを作成した後の時系列グラフ、度数分布、相関図、作表等の各作業内容をCRTにメニューとして表示する。これらの作業は終了するとサブメニューに戻るので、繰り返し行える。また、工場名簿データの入力、検索を行う場合は、MENU画面から“4”を選ぶと、RUN“KOMEI”が実行され、工場名簿プログラムが起動する。ただし、新しいプログラムを呼び出す場合は、1.8.で述べた操作と同様にメモリー上のプログラムが消えてしまうので、必要なプログラムはあらかじめSAVEしておく必要がある。

2.7 時系列グラフ1

任意の1項目のデータについて時系列グラフをCRTに表示するサブルーチンである。表示したい項目番号、表示スケールの最大値及び最小値を入力すると、図7に示すような時系列グラフを表示する。また、当該工場の排水基準(最大、日平均)が表示スケールの範囲内である場合には、赤と黄のラインで表示する(6040~)。なお、データ数が20を起える場合は、リターンキーを押すと画面を消去し、順次時系列グラフをCRTに表示する。

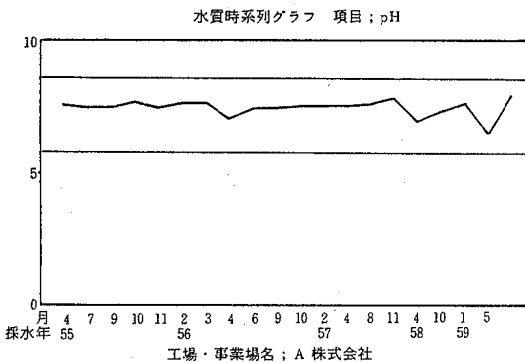


図7 時系列グラフ1

2.8 時系列グラフ2

pH, COD, SS, 水温の4項目を同時に表示するサブルーチンである。グラフはLIN文とCIRCLE文の繰り返しである。CRTに表示する20個のデータのうち、1番目(画面の左端)のデータはLINE文を飛ばしてCIRCLE文によりデータの位置を表示する。2番目のデータからは1つ前のデータ位置を始点とするLINEを表示し、以後はこれを繰り返す(6510~)。データ数が20を超える場合は、時系列グラフ1と同様

リターンキーを押すことにより、順次必要なグラフをCRTに表示する。

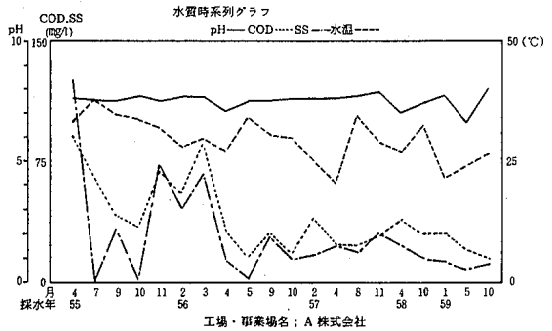


図8 時系列グラフ2

2.9 度数分布

任意の項目の度数分布をCRTに表示するサブルーチンである。度数分布の級の数は、データの数(100以下の場合10まで³⁾)とされている。本プログラムでは、表示可能な最大の20とし、級の幅は任意に設定できる。表示する項目番号、最多度数、最小値、区分値(級の幅)を入力すると、図9に示すような度数分布図を表示する。

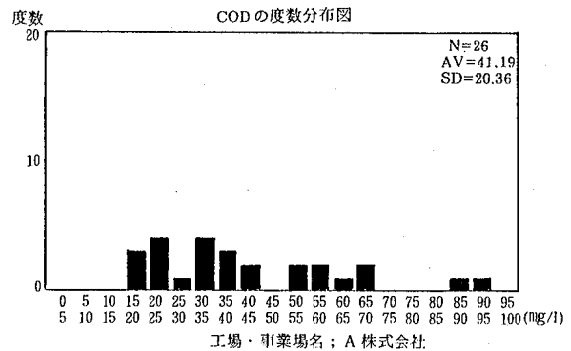


図9 度数分布図

2.10 相関分布

相関図、相関係数、回帰式、回帰直線等をCRTに表示するサブルーチンである。相関をみたい2つの項目の番号と表示最大値を入力すると、図10に示すような相関図を表示する。相関係数の絶対値が小さい時は、回帰直線は意味を有しない²⁾ので、自由度(データ数-2)と単相関係数をもとに、ほぼ1%有意水準で有意な場合を判定(7680~)し、回帰式と回帰直線を表示する。なお、回帰直線のCRTへの表示は、WINDOW, VIEW文により必要な部分のみ表示する。

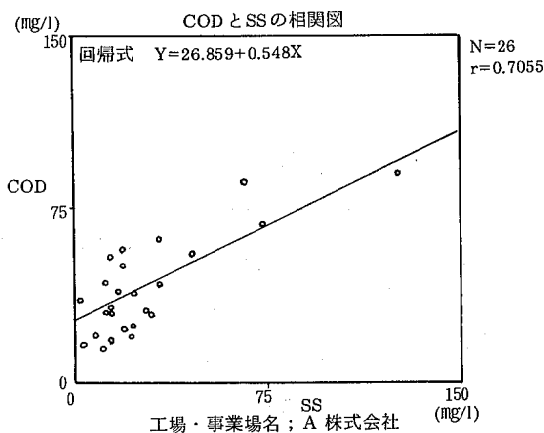


図 10 相関図

2.11 作表

解析用ファイル中の全データをプリンターで作表するサブルーチンである。利用者がサブメニュー画面から“5. 作表”を選べば、表 1 に示すようなデータリストを作表する。

表 1 データリスト

工場・事業場名: A 株式会社	所在市町: B市		業種: C			
採水場所	採水年月日	採水時刻	水温(°C)	pH	COD(mg/l)	SS(mg/l)
排水口	55 4 25	13: 5	33.0	7.6	90	126
排水口	55 7 29	15: 10	37.6	7.5	65	0
排水口	55 9 2	13: 5	34.6	7.5	42	33
排水口	55 10 8	11: 50	33.7	7.7	35	2
排水口	55 11 20	10: 35	32.0	7.5	68	73
排水口	56 2 12	13: 40	28.0	7.7	55	46
排水口	56 3 13	11: 5	29.6	7.7	86	66
排水口	56 4 6	13: 18	27.2	7.1	32	14
排水口	56 5 29	11: 15	34.2	7.5	16	3
排水口	56 9 10	11: 10	30.6	7.5	31	28
排水口	56 10 2	10: 15	29.9	7.6	18	14
排水口	57 2 12	13: 45	25.2	7.6	39	17
排水口	57 4 8	13: 10	20.5	7.6	24	23
排水口	57 8 24	13: 30	34.5	7.7	23	19
排水口	57 11 4	11: 5	29.0	7.9	29	30
排水口	58 4 14	10: 40	27.0	7.0	33	23
排水口	58 10 13	10: 25	32.4	7.4	39	14
排水口	59 1 12	14: 10	21.5	7.7	33	12
排水口	59 5 14	10: 50	24.0	6.6	29	8
排水口	59 10 8	13: 7	26.5	8.0	15	11
排水口	60 4 10	11: 46	0.0	7.9	23	22
排水口	60 10 17	12: 0	0.0	8.4	61	33
排水口	61 4 9	13: 26	0.0	7.7	43	12
排水口	61 5 19	11: 10	0.0	7.6	59	19
排水口	62 4 9	14: 10	0.0	7.7	57	19
排水口	63 2 17	11: 47	0.0	6.6	54	14
MAX			37.6	8.4	99	126
MIN			0.0	6.6	15	0
A V			22.7	7.6	41	26

まとめ

本データベースの活用方法については、プログラムの操作方法と合わせて概要を説明してきたが、まとめると次のとおりである。

1 工場名簿ファイルの活用

- ① 工場名による工場名簿データの検索
- ② 所在市町名による工場名簿データの検索
- ③ 業種名による工場名簿データの検索
- ④ 排水量による工場名簿データの検索
- ⑤ 排水基準値 (pH, COD, SS 等) による工場名簿データの検索
- ⑥ 以上の条件の組み合わせによる工場名簿データの検索

2 工場排水データファイルの活用

- ① 採水年月日, pH, COD, SS 等の項目指定による工場排水データの検索

- ② 任意項目 (1 項目) の時系列グラフの作成
- ③ 水温, pH, COD, SS の時系列グラフの作成
- ④ 任意項目の度数分布の作成
- ⑤ 任意項目の相関分布図の作成
- ⑥ 工場排水データリストの作表

なお、本プログラムは、1 工場のデータ呼び出しと解析を主体としているが、検索条件の部分を手直しすれば、複数工場についてのデータ呼び出しと解析を行うことも可能である。また、プログラムは汎用性の高い N88 BASIC を用いており、特殊なコマンドも使用していないので、データファイルの入力項目を変えれば、公共用水域のデータや、その他の分析データへの活用も可能である。今後更に使い易いプログラムに改良したいと考えている。

おわりに

本プログラムを活用するためには、規制対象工場名簿データ及び排水データの入力作業が必要であり、かなりの作業量となることから、データ用フロッピーは必ずバックアップ用を 1 枚作成し、データ入力又は修正の都度コピーすることをお勧めします。なお、近年は、移動が容易なラップトップパソコンの普及が進んでいることから、将来は工場排水の立入検査時に携帯して、現地指導時にこれらのデータを活用することが出来るようになれば、よりきめの細かい工場排水の監視指導に役立つものと期待している。

参考文献

- 1) 宮井博, 牧明彦「パーソナルコンピュータによる環境データベースの作成と利用」公害と対策, Vol 22, No2 (1986)
- 2) 渡辺征夫「パソコンプログラミングアラカルト(VI) 公害と対策, Vol 20, No13 (1984)
- 3) 石川馨, 藤森利美, 久米均「化学者および化学技術者のための統計的方法」東京化学同人 (1973)
- 4) 「マイコン BASIC 講座④, データファイル活用編」電波新聞社
- 5) 「PC 9801 U BASIC リファレンスマニュアル」NEC (1985)

表3 工場排水データファイルプログラムリスト

```

4680 FOR I=1 TO N:II=I+1
4690 LOCATE 3,1:PRINT USING "###":(X(I),II)
4700 LOCATE 10,1:PRINT (X(I),II)
4710 LOCATE 55,1:PRINT X(I),II)
4720 LOCATE 61,1:IF DN(1)≠4 THEN PRINT USING US$(DN(1)):X(I),DN(1) ELSE PRINT
33(I),4)
4730 IF II=20 THEN II=0:LOCATE 1,22:INPUT AS:AB=VAL(AS):GOSUB *SENTAKU:CLS:GOSUB
*TAITOU
4740 NEXT I
4750 LOCATE 1,22:INPUT AS:AB=VAL(AS):IF AB=0 AND AD<4 THEN GOSUB *SENTAKU ELSE
4760 RETURN
-----
4761 *TAITOU
4770 *JOUKEN:IF DN(1)≠0 THEN PRINT "  異常条件:全データ"
4780 IF DN(1)≠1 AND DN(1)≠5 THEN PRINT "キーワード:IDES(1) ELSE PRINT "異常条件:ID
53(ND(1))"
4790 IF DN(1)≠4 THEN IF DN(1)≠1 THEN PRINT "":DE(1)
4800 IF DN(1)≠4 THEN IF DN(1)≠2 THEN PRINT "":DE(1)
4810 IF DN(1)≠4 THEN IF DN(1)≠3 THEN PRINT "C":DE(1)
4820 RETURN
4830 *INF4
4840 LINE(0,350)-(639,370),5,B
4850 LOCATE 10,22:PRINT{ 0 }=NEXT
4860 LOCATE 10,22:PRINT{ 1 }=PRINT
4870 LOCATE 36,22:PRINT{ 2 }=SEARCH
4890 RETURN
4891 *DATASU
4892 IF N=0 THEN LOCATE 20,5:PRINT "  異常データなし"
4893 IF N>0 THEN LOCATE 65,22:PRINT "  *→選:↓"
4894 RETURN
4895 *SENTAKU
4896 IF AB=0 THEN RETURN
4897 IF AB=1 THEN GOSUB *SAKUHYO:GOTO 4750
4898 IF AB=2 THEN CLOSE #1:GOTO *YORIDASI
4899 RETURN
5000 -----
5010          作 業
5020 -----
5030 *SAKUHYO
5040 GOSUB *HEAD
5050 FOR S=1 TO N:PP=PP+1
5060 IF PP=30 THEN LPRINT:LPRINT:LPRINT:GOSUB *HEAD:PP=0
5070 GOSUB *PRIDATA
5080 NEXT S
5090 RETURN
5092 *HEAD
5100 LPRINT "  NO ":(RND(21))": ":(RND(3)): ":(RND(4))
5110 LPRINT "  排水量(最大,平均) PH : "
512 LPRINT "  COD(最大,平均) BOD(最大,平均)"
513 LPRINT "  SS(最大,平均)"
5152 RETURN
5160 *PRIDATA
5170 LPRINT USING "###":(X(S),II)
5172 LPRINT (X(S),II) " ":(X(S),31) " ":(X(S),1)
5180 IF (X(S),6)≠LACK THEN LPRINT " ":(X(S),6) ELSE LPRINT USING "###,###":(X(S),5)
5191 IF (X(S),9)≠LACK THEN LPRINT " ":(X(S),9) ELSE LPRINT USING "###,###":(X(S),8)
5192 IF (X(S),10)≠LACK THEN LPRINT " ":(X(S),10) ELSE LPRINT USING "###":(X(S),10)
5193 IF (X(S),11)≠LACK THEN LPRINT " ":(X(S),11) ELSE LPRINT USING "###":(X(S),11)
5194 IF (X(S),12)≠LACK THEN LPRINT " ":(X(S),12) ELSE LPRINT USING "###":(X(S),12)
5195 IF (X(S),13)≠LACK THEN LPRINT " ":(X(S),13) ELSE LPRINT USING "###":(X(S),13)
5196 IF (X(S),14)≠LACK THEN LPRINT " ":(X(S),14) ELSE LPRINT USING "###":(X(S),14)
5210 RETURN
5210 -----
5220          工場排水データファイルの呼び出し
5230 -----
5240 *YORIDASI
5250 LOCATE 1,22:INPUT "工場名":N:CLOSE #1
5260 OPEN "READNO" AS #1
5270 FIELD #1,2 AS BPS(1,1)
5280 LSET BPS(1,1):BPS(1,1)=VAL(N):PUT #1,1
5290 CLOSE #1:RUN "KORAI"

```

```

1000 *****
1010          工場排水データファイルシステム 2          Ver 1.0
1020          Created on '88 by  愛媛県公害技術センター
1030          Protreau Names:KORAI
1040          *****
1050          SCREEN 3,0,0,1:CLS 3
1060 CONSOLE 0,25,0,1:WIDTH 80,25
1070 "OK ERROR GOTO *TRAP
1100 *RESTART
1110 GOSUB *SHOKIKA:GOSUB *MENU
1200 -----
1210          初期化
1220 -----
1230 *SHOKIKA
1240 NDT=15:LACK=-999.9
1250 DIM BPS(8,10),KMS(NDT),TAS(NDT),US$(NDT),DE$(3,15)
1260 DIM X(400,10),D(15),DE(5),DN(5),DE(5),DN(5),Z(10),Z9(1)
1270 DIM X(500,1),X9(4),XN(10),C(20),DE$(5),ZAS(10)
1280 RESTORE 1360
1290 FOR I=1 TO 12
1300 READ KMS(I),TAS(I),US(I)
1310 NEXT I
1320 RETURN
1330 -----
1340          項目名
1350 -----
1360 DATA "排水場所" "##"
1370 DATA "排水先" "##"
1380 DATA "日" "##"
1390 DATA "日" "##"
1400 DATA "排水処理" "##"
1410 DATA "COD" "##"
1420 DATA "PH" "##"
1430 DATA "COD" "##"
1440 DATA "SS" "##"
1450 DATA "工場、専業工場" "##"
1460 DATA "所在市所" "##"
1470 DATA "業種" "####"
1480 -----
1490          FILE OPEN
1500 -----
1510 *FLOPEN ***** 工場名での呼び出し *****
1520 OPEN "READNO" AS #1
1530 FIELD #1,2 AS BPS(1,1)
1540 GET #1,1
1550 BPS(1,1)=VAL(BPS(1,1))
1560 CLOSE #1:RND(NDT/3+2/3):J=RN-(R-1)*3
1570 ***** 工場名での呼び出し *****
1580 OPEN "KONEI" AS #1
1590 FOR I=1 TO 3
1600 FIELD #1,84(I-1) AS B(8,30) AS BPS(I,1),12 AS BPS(I,3),12 AS BPS(I,1),4 AS B
BPS(I,5),4 AS BPS(I,8),4 AS BPS(I,7),4 AS BPS(I,9),2 AS BPS(I,10),2
AS BPS(I,11),2 AS BPS(I,12),2 AS BPS(I,13),2 AS BPS(I,14),2 AS BPS(I,15)
1610 NEXT I
1620 GET #1,R
1630 D(1)=R
1640 FOR I=2 TO 15
1650 IF I<=4 THEN D(I)=BPS(I,1)
1660 IF I>=5 AND I<=8 THEN D(I)=CVS(BPS(I,3))
1670 IF I>=9 THEN D(I)=CVS(BPS(I,9))
1680 NEXT I
1690 CLOSE #1
1700 ***** 工場排水データファイルのOPEN *****
1710 CLS 3:LINE(180,30)-(500,150),6,B
1720 LOCATE 15,3:PRINT "ドラッグ2"
1730 COLOR 2:PRINT "工場排水データファイル"
1740 COLOR 7:PRINT "  本人は下下さい。"
1750 LOCATE 15,3:PRINT "  無理が出来たらキーを押して下さい。"
1760 RN=STR(RND)
1770 FL$:="2:KDA" *KMS
1780 GOSUB *FLOP
1790 RETURN
1800 *FLOP
-----
1810 OPEN FL$ AS #1
1820 FOR I=1 TO 8
1830 FIELD #1,32(I-1) AS B(8,10) AS BPS(I,1),2 AS BPS(I,2),2 AS BPS(I,3),2 AS BPS
(I,4),2 AS BPS(I,5),2 AS BPS(I,6),1 AS BPS(I,7),1 AS BPS(I,8),2 AS BPS(I,9),2 AS
BPS(I,10)
1840 NEXT I
1850 RN=LOF(1)
1860 RETURN
1900 -----
1910          Display MENU
1920 -----
1930 *MENU:CLS 3:COFFS="":COFFS="":X=C=2
1932 CONSOLE 3,25,0,1:WIDTH 80,25
1940 FOR I=5 TO 7:LINE(40+(I-5)*(50-53),380-(I-5),2,8):NEXT I
1950 LOCATE 19,1:PRINT "  工場排水データ検索システム Ver 1.0"
1960 LOCATE X,6:PRINT "  データの入"
1970 LOCATE X,8:PRINT "  データの確認"
1980 LOCATE X,10:PRINT "  データの検索"
1990 LOCATE X,12:PRINT "  終了メニュー"
2000 LOCATE 12,15:PRINT "-----"
2010 LOCATE 12,18:PRINT "  Copyright by 愛媛県公害技術センター"
2022 LOCATE 12,18:PRINT " (選択) 上下矢印キー (決定) RETURNキー"
2020 *SENTEI
2022 X=20:YO=8
2024 FOR Y=1 TO R STEP 2
2026 IF Y=1 THEN LOCATE X,YO+Y:COLOR 4:PRINT CONS:COLOR 7:GOTO 1030
2028 LOCATE X,YO+Y:PRINT COFFS
2030 NEXT Y
2032 Y=1
2034 AS=INKEY$:IF AS=" " THEN 2034
2036 IF AS<>CHR$(AHIE) AND AS<>CHR$(AHIF) AND AS<>CHR$(I) THEN BEEP:GOTO 2034
2038 IF AS<>CHR$(AHIE) THEN IF Y=1 THEN 204 ELSE LOCATE X,YO+Y:PRINT COFFS:Y=Y+2
:LOCATE X,YO+Y:COLOR 4:PRINT CONS:COLOR 7:GOTO 2034
2040 IF AS<>CHR$(AHIF) THEN IF Y=7 THEN 2034 ELSE LOCATE X,YO+Y:PRINT COFFS:Y=Y+2
:LOCATE X,YO+Y:COLOR 4:PRINT CONS:COLOR 7:GOTO 2034
2042 AS=CHR$(I)
2070 IF Y=1 THEN GOSUB *FLOPEN:GOSUB *DATAIN:GOTO 1930
2080 IF Y=3 THEN GOSUB *FLOPEN:GOSUB *REVI:GOTO 1930
2090 IF Y=8 THEN GOSUB *FLOPEN:GOSUB *RENSAKU:GOTO 1930
2100 IF Y=7 THEN RUN "KONEI"
2200 -----
2210          データ入力
2220 -----
2230 *DATAIN
2240 CLS 3:CONSOLE 0,24,1,1
2250 IF RN=0 THEN M=RN ELSE M=1:CD=1:P=1:GOTO 2320
2260 GET I,L,N
2270 FOR P=1 TO 8
2280 IF CVT(IN$(P,1))=0 THEN 2310
2290 NEXT P
2300 CD=M+1:P=L+1:N=N+1:GOTO 2320
2310 CD=I+1:P=1:N=N+1
2320 JJ=1
2330 WHILE N<=1500
2340 WHILE P<=3
2350 GOSUB *GAMEN:GOSUB *INF:GOSUB *KOMMU

```

```
2360 LOCATE 65,2:PRINT "ゴ-1:NO":CD
2370 LOCATE 65,1:PRINT "ゴ1:NO":RN
2380 Q=1
2390 WHILE Q<=10
2400 IF Q<=6 THEN IF Q<=6 THEN LOCATE 33,1:INPUT "":D1 ELSE LOCATE 30,Q:Z
2410 INPUT "D1"
2420 IF Q=6 THEN LOCATE 30,1:INPUT "":D9
2430 IF D9="E" THEN CLOSE #1:CLS 3:RETURN
2440 IF D9="0" AND Q1 THEN Q=1:GOTO 2400
2450 IF D9="1" THEN LSET B$1(P,Q)=0:GOTO 2470
2460 IF D9="2" OR Q=6 THEN IF D9="2" THEN LSET B$1(P,Q)=KNS(VAL(I)) ELSE LSET B$1(P,Q)=KNS(VAL(I)):GOTO 2470
2470 IF D9="3" THEN LSET B$1(P,Q)=KNS(VAL(I)) ELSE LSET B$1(P,Q)=KNS(VAL(I))
2480 Q=Q+1
2490 WEND
2500 PUT #1,N:P:P:CD:CD:CLS 3
2510 WEND
2520 GOSUB #BFZERO: M=N+1:P=1:CLS 3
2530 WEND
2540 #BFZERO
2550 #Z
2560 FOR S=1 TO 8
2570 FOR T=1 TO 10
2580 IF T=1 THEN LSET B$1S,T=0
2590 IF T=1 OR T=8 THEN LSET B$1S,T=KNS(VAL(B1))
2600 LSET B$1S,T=KNS(VAL(B1))
2610 NEXT T
2620 NEXT S
2630 #KOHOKU
2640 FOR I=1 TO 10
2650 IF I=4 THEN IF I=4 THEN LOCATE 3,1:PRINT "":I ELSE LOCATE 0,2:PRINT I
2660 IF I=6 THEN LOCATE 0,1:PRINT I
2670 NEXT I
2680 FOR I=1 TO 9
2690 LOCATE 1,2:PRINT KNS(I)
2700 LOCATE 18,2:PRINT TA(1)
2710 WEND
2720 #KANE
2730 LINE(0,1)-(630,300),6,B
2740 LINE(0,1)-(630,300),6,B
2750 LINE(220,1)-(630,300),6,B
2760 LINE(0,315)-(630,375),5,D
2770 LINE(0,1)-(630,375),5,D
2780 LOCATE 2,2:PRINT " ":D1
2790 LOCATE 0,1:PRINT KNS(10): "D1(2)": "KNS(1):D1(3)
2800 LINE (228,18)-(305,64),5,B:COLOR 5:LOCATE 10,3:PRINT "全角文字":COLOR 7
2810 RETURN
2820 #INF
2830 LOCATE 30,0:PRINT "ゴ-1:入力"
2840 LOCATE 5,2:PRINT "E:入力"
2850 LOCATE 20,2:PRINT "I:入力"
2860 LOCATE 10,22:PRINT "I:入力"
2870 RETURN
2880 #Z
2890 #Z
2900 #Z
2910 #Z
2920 #Z
2930 #Z
2940 CLS 3:LINE(0,1)-(630,368),6,B
2950 LOCATE 10,2:INPUT "ゴ-1:入力"
2960 CD=VAL(CD)
2970 #INF
2980 IF CD="E" THEN CLOSE #1:CLS 3:RETURN
2990 GOSUB #BFZERO
3000 GET #1,R
3010 CLS 3:G=1:GOSUB #GAMEN:GOSUB #KOHOKU
3020 WHILE Q<=10
3030 IF Q=1 THEN XB(1)=B$1(J,Q):LOCATE 20,2:GOTO XB(1)
3040 IF Q=2 OR Q=8 THEN XB(1)=CVT(B$1(J,Q)):GOTO 3060
3050 XB(1)=CVT(B$1(J,Q))
3060 IF Q=2 AND Q=8 THEN LOCATE 30,2:IF XB(1)=LACK THEN PRINT " " ELSE P
3070 IF Q=6 THEN LOCATE 33,1:IF XB(1)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT "I"
3080 IF Q=6 THEN LOCATE 30,1:IF XB(1)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT XB(1)
3090 Q=Q+1
3100 WEND
3110 GOSUB #INF2:LOCATE 65,1:PRINT "ゴ1:NO":RN
3120 LOCATE 65,2:PRINT "ゴ1:NO":CD
3130 LOCATE 2,20:INPUT "ゴ1:入力"
3140 IF KO=1 OR KO=10 THEN BEEP:GOTO 3140
3150 LOCATE 20,20:INPUT "ゴ1:入力"
3160 IF KO=1 THEN LSET B$1(J,KO)=0:GOTO 3190
3170 IF KO=10 THEN LSET B$1(J,KO)=KNS(VAL(I)):GOTO 3190
3180 LSET B$1(J,KO)=KNS(VAL(I))
3190 PUT #1,R
3200 CLS 3:GOTO 2940
3210 #INF2
3220 LOCATE 30,0:PRINT "ゴ-1:入力"
3230 LOCATE 5,2:PRINT "ゴ1:入力"
3240 LOCATE 5,22:PRINT "ゴ1:入力"
3250 LOCATE 50,22:PRINT "ゴ1:入力"
3260 RETURN
3270 #Z
3280 #Z
3290 #Z
3300 CLS 3:N=0
3310 LOCATE 30,0:PRINT "ゴ-1:入力":GOSUB #GAMEN:GOSUB #KOHOKU
3320 #Z
3330 IF DMI(1)=1 THEN BEEP:GOTO 3370
3340 IF DMI(1)=2 THEN BEEP:GOTO 3370
3350 LOCATE 30,6:PRINT "ゴ1:入力"
3360 LOCATE 30,8:PRINT "ゴ1:入力"
3370 LOCATE 30,10:INPUT "ゴ1:入力"
3380 IF DMI(1)=3 THEN BEEP:GOTO 3410
3390 LOCATE 30,12:INPUT "ゴ1:入力"
3400 IF "Y/N" AND K3 THEN K=K+1:CLS 3:LOCATE 30,0:PRINT "ゴ-1:入力":GOSUB #GAMEN:GOSUB #KOHOKU:GOTO 3370
3410 GOSUB #INF3
3420 IF=
3430 FOR L=1 TO 8
3440 GET #1,L:GOSUB #INF3
3450 FOR P=1 TO 8:GOTO 3450
3460 GOSUB #SET(CD=L-1)
3470 IF L(1)=0 THEN 3500
3480 IF DMI(1)=0 THEN 3500
3490 IF DMI(1)=1 THEN IF E(DMI(1))=0 THEN 3560 ELSE 3590
3500 IF DMI(1)=2 THEN IF E(DMI(1))=0 THEN 3560 ELSE 3590
3510 IF DMI(1)=3 THEN IF E(DMI(1))=0 THEN 3560 ELSE 3590
3520 GOTO 3600
3530 #Z
3540 GOSUB #REED
3550 NEXT P
3560 NEXT L
3570 CLS 3:GOSUB #DATAS:GOSUB #GAMEN:GOSUB #INF:GOSUB #TSP
3580 CLOSE #1:RETURN
3590 #Z
3600 LOCATE 30,10:PRINT "ゴ-1:出力"
3610 LOCATE 20,11:INPUT "ゴ-1:出力"
3620 IF "Y/N" OR L=1 OR L=2 THEN CLS 3:RETURN
3630 IF "Y/N" OR L=1 OR L=2 THEN CLS 3:RETURN
3640 GOTO 3650
3650 CLS 3:GOTO 1:

```

```
3700 LOCATE 20,10:PRINT "ゴ-1:出力"
3710 LOCATE 20,13:INPUT "ゴ-1:出力"
3720 CLOSE #1:GOSUB #TSP
3730 LOCATE 30,1:INPUT "ゴ-1:出力"
3740 IF AA=1 THEN GOTO 3440
3750 IF AA=2 THEN CLS 3:GOTO 3350
3760 GOTO 3730
3770 #INF3
3780 CLS 3:LOCATE 20,15:PRINT "ゴ-1:出力"
3790 LOCATE 30,18:PRINT "ゴ-1:出力"
3800 LINE(12,22)-(140,32),6,B
3810 FOR I=1 TO 5
3820 LOCATE 10,17,22:COLOR 8:PRINT " "
3830 NEXT I
3840 RETURN
3850 #INF3
3860 IF C=6 THEN C=2 ELSE C=6
3870 ST=INT(RN-L)/RN:21:IF ST=5 THEN COLOR 2:LOCATE 10,5:PRINT " "
3880 SV=ST:SV=5-SV:COLOR C
3890 LOCATE 10,5:PRINT " "
3900 COLOR T:RETURN
3910 #SETO
3920 FOR I=1 TO 10
3930 IF I=1 THEN E(I)=B$1(I):GOTO 3960
3940 IF I=7 OR I=8 THEN E(I)=CVT(B$1(I)):GOTO 3960
3950 E(I)=CVT(B$1(I))
3960 NEXT I
3970 RETURN
3980 #REED
3990 N=N+1
4000 FOR I=1 TO 10
4010 IF I=1 THEN X(I)=E(I)
4020 IF I=1 THEN X(I)=E(I)
4030 NEXT I
4040 #DISP
4050 GOSUB #HEAD
4060 GOSUB #INF4:GOSUB #DATAS
4070 FOR I=1 TO N:IF I=1
4080 LOCATE 3,2:PRINT X(I,1)
4090 LOCATE 16,2:IF X(I,2)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(2):X(I,2)
4100 IF X(I,3)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(3):X(I,3)
4110 IF X(I,4)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(4):X(I,4)
4120 LOCATE 31,2:IF X(I,5)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(5):X(I,5)
4130 LOCATE 31,2:IF X(I,6)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(6):X(I,6)
4140 LOCATE 51,2:IF X(I,7)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(7):X(I,7)
4150 LOCATE 61,2:IF X(I,8)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(8):X(I,8)
4160 LOCATE 71,2:IF X(I,9)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(9):X(I,9)
4170 LOCATE 81,2:IF X(I,10)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(10):X(I,10)
4180 LOCATE 91,2:IF X(I,11)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(11):X(I,11)
4190 LOCATE 101,2:IF X(I,12)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(12):X(I,12)
4200 LOCATE 111,2:IF X(I,13)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(13):X(I,13)
4210 LOCATE 121,2:IF X(I,14)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(14):X(I,14)
4220 LOCATE 131,2:IF X(I,15)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(15):X(I,15)
4230 LOCATE 141,2:IF X(I,16)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(16):X(I,16)
4240 LOCATE 151,2:IF X(I,17)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(17):X(I,17)
4250 LOCATE 161,2:IF X(I,18)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(18):X(I,18)
4260 LOCATE 171,2:IF X(I,19)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(19):X(I,19)
4270 LOCATE 181,2:IF X(I,20)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(20):X(I,20)
4280 LOCATE 191,2:IF X(I,21)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(21):X(I,21)
4290 LOCATE 201,2:IF X(I,22)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(22):X(I,22)
4300 LOCATE 211,2:IF X(I,23)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(23):X(I,23)
4310 LOCATE 221,2:IF X(I,24)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(24):X(I,24)
4320 LOCATE 231,2:IF X(I,25)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(25):X(I,25)
4330 LOCATE 241,2:IF X(I,26)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(26):X(I,26)
4340 LOCATE 251,2:IF X(I,27)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(27):X(I,27)
4350 LOCATE 261,2:IF X(I,28)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(28):X(I,28)
4360 LOCATE 271,2:IF X(I,29)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(29):X(I,29)
4370 LOCATE 281,2:IF X(I,30)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(30):X(I,30)
4380 LOCATE 291,2:IF X(I,31)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(31):X(I,31)
4390 LOCATE 301,2:IF X(I,32)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(32):X(I,32)
4400 LOCATE 311,2:IF X(I,33)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(33):X(I,33)
4410 LOCATE 321,2:IF X(I,34)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(34):X(I,34)
4420 LOCATE 331,2:IF X(I,35)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(35):X(I,35)
4430 LOCATE 341,2:IF X(I,36)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(36):X(I,36)
4440 LOCATE 351,2:IF X(I,37)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(37):X(I,37)
4450 LOCATE 361,2:IF X(I,38)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(38):X(I,38)
4460 LOCATE 371,2:IF X(I,39)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(39):X(I,39)
4470 LOCATE 381,2:IF X(I,40)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(40):X(I,40)
4480 LOCATE 391,2:IF X(I,41)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(41):X(I,41)
4490 LOCATE 401,2:IF X(I,42)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(42):X(I,42)
4500 LOCATE 411,2:IF X(I,43)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(43):X(I,43)
4510 LOCATE 421,2:IF X(I,44)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(44):X(I,44)
4520 LOCATE 431,2:IF X(I,45)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(45):X(I,45)
4530 LOCATE 441,2:IF X(I,46)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(46):X(I,46)
4540 LOCATE 451,2:IF X(I,47)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(47):X(I,47)
4550 LOCATE 461,2:IF X(I,48)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(48):X(I,48)
4560 LOCATE 471,2:IF X(I,49)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(49):X(I,49)
4570 LOCATE 481,2:IF X(I,50)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(50):X(I,50)
4580 LOCATE 491,2:IF X(I,51)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(51):X(I,51)
4590 LOCATE 501,2:IF X(I,52)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(52):X(I,52)
4600 LOCATE 511,2:IF X(I,53)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(53):X(I,53)
4610 LOCATE 521,2:IF X(I,54)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(54):X(I,54)
4620 LOCATE 531,2:IF X(I,55)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(55):X(I,55)
4630 LOCATE 541,2:IF X(I,56)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(56):X(I,56)
4640 LOCATE 551,2:IF X(I,57)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(57):X(I,57)
4650 LOCATE 561,2:IF X(I,58)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(58):X(I,58)
4660 LOCATE 571,2:IF X(I,59)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(59):X(I,59)
4670 LOCATE 581,2:IF X(I,60)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(60):X(I,60)
4680 LOCATE 591,2:IF X(I,61)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(61):X(I,61)
4690 LOCATE 601,2:IF X(I,62)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(62):X(I,62)
4700 LOCATE 611,2:IF X(I,63)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(63):X(I,63)
4710 LOCATE 621,2:IF X(I,64)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(64):X(I,64)
4720 LOCATE 631,2:IF X(I,65)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(65):X(I,65)
4730 LOCATE 641,2:IF X(I,66)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(66):X(I,66)
4740 LOCATE 651,2:IF X(I,67)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(67):X(I,67)
4750 LOCATE 661,2:IF X(I,68)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(68):X(I,68)
4760 LOCATE 671,2:IF X(I,69)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(69):X(I,69)
4770 LOCATE 681,2:IF X(I,70)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(70):X(I,70)
4780 LOCATE 691,2:IF X(I,71)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(71):X(I,71)
4790 LOCATE 701,2:IF X(I,72)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(72):X(I,72)
4800 LOCATE 711,2:IF X(I,73)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(73):X(I,73)
4810 LOCATE 721,2:IF X(I,74)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(74):X(I,74)
4820 LOCATE 731,2:IF X(I,75)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(75):X(I,75)
4830 LOCATE 741,2:IF X(I,76)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(76):X(I,76)
4840 LOCATE 751,2:IF X(I,77)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(77):X(I,77)
4850 LOCATE 761,2:IF X(I,78)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(78):X(I,78)
4860 LOCATE 771,2:IF X(I,79)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(79):X(I,79)
4870 LOCATE 781,2:IF X(I,80)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(80):X(I,80)
4880 LOCATE 791,2:IF X(I,81)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(81):X(I,81)
4890 LOCATE 801,2:IF X(I,82)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(82):X(I,82)
4900 LOCATE 811,2:IF X(I,83)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(83):X(I,83)
4910 LOCATE 821,2:IF X(I,84)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(84):X(I,84)
4920 LOCATE 831,2:IF X(I,85)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(85):X(I,85)
4930 LOCATE 841,2:IF X(I,86)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(86):X(I,86)
4940 LOCATE 851,2:IF X(I,87)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(87):X(I,87)
4950 LOCATE 861,2:IF X(I,88)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(88):X(I,88)
4960 LOCATE 871,2:IF X(I,89)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(89):X(I,89)
4970 LOCATE 881,2:IF X(I,90)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(90):X(I,90)
4980 LOCATE 891,2:IF X(I,91)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(91):X(I,91)
4990 LOCATE 901,2:IF X(I,92)=LACK THEN PRINT " " ELSE PRINT USING US$(92):X(I,92)

```


銅山川水系における水質の現況

越智久尚・毛利作太郎・藤原正方

1. はじめに

銅山川は、愛媛県東部の山間部を経て徳島県に至り、吉野川と合流する県内有数の一級河川で、その豊かな水は、川之江・伊予三島地区の主要水源となっている。

昭和52年9月環境基準の類型指定がなされ、河川が「AA」類型、途中の柳瀬ダム、新宮ダムが「A」類型に指定されており、以来、毎月環境基準監視調査を実施している。

これまで、12年間にわたる調査結果が集積されており、今回、これらの調査結果に基づいて、当河川の現況水質の把握を試みたので、その結果を報告する。

2. 銅山川の概況

銅山川は、別子山村と高知県本川村との境界付近に源を発し、別子山村、伊予三島市南部の山間部、新宮村を経て徳島県山城町で吉野川に合流する、総延長、121 km、流域面積 282 km²の一級河川である。

途中には、有効貯水量542万m³の別子ダム、2,960万m³の柳瀬ダム、1,170万m³の新宮ダムがあり、かんがい用水、上水道用水、工業用水、発電に利用されている。

流域には、汚濁源が少なく、また、上流の自然景観は、風光明媚な景勝地となっている。

3. 調査方法及び分析方法

3.1 調査方法

環境基準点4地点は毎月、補助地点5地点は隔月に調査を実施した。このうち、柳瀬ダムの区間は、建設省柳瀬ダム管理支所が実施した。

調査地点を図1に示す。

3.2 分析方法

分析は、pH、DO、BOD(COD)、SS、大腸菌群数について実施した。このうち、pH、DO、BOD(COD)は、JISK0102により、SS、大腸菌群数は、環境庁告示第59号により実施した。

4. 調査結果及び考察

銅山川流域には、環境基準の達成状況を評価するた

め、河川2地点、ダム2地点の環境基準点、評価を補足するため5地点(河川4地点、ダム1地点)の補助地点が設けられている。内訳は次のとおりである。

〔河川〕

環境基準点 St 1, St 8

補助地点 St 2, St 5, St 7, St 9

〔ダム〕

環境基準点 St 3, St 6

補助地点 St 4

なお、今回の水質評価に当たっては、環境基準点と補助地点では調査回数異なるが、双方を等価に評価し、また、ダムでは、採水層の整合を取るため、表層水で評価することとした。

4.1 平均値の変化

4.1.1 地点別変化

環境基準点における年間平均値の変化を図2～6に示す。なお、有機汚濁指標のBOD(河川)とCOD(ダム)は等価に評価できないが、図中では同一尺度で表わしている。

項目別では、pH、DOが安定しているのに対し、SS、BOD(COD)、大腸菌群数(以下MPNという)の変動が大きい。特にMPNが顕著である。

調査項目のうち、pH、DO、SSは、人為的要因よりむしろ自然的要因に支配されやすい項目であり、余り変動しないと推測されるが、SSの変動は大きい。これは、pH、DOと異なりSSは降雨の影響を受けるためと考えられる。また、他の項目は、自然的要因のみでなく人為的要因を受けやすいため変動が大きくなったと考えられる。

地点別では、河川のSt1とSt8のBODに差がみられる。St8は、銅山川本川の最上流地点であり、上流部に生活排水等汚濁物質の流入が少ないため、最下流地点のSt1に比べ低値となっていると推察される。

MPNは、河川よりダムで低値となっている。ダムでは、MPNが減少すると考えられる。

4.1.2 流下による変化

流下によるBOD又はCODの変化を図7に示す。

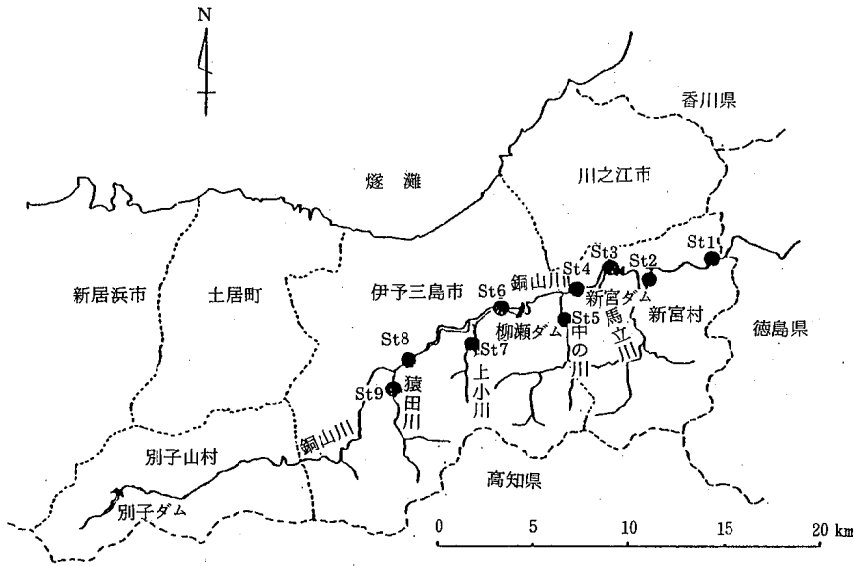


図1 調査地点図

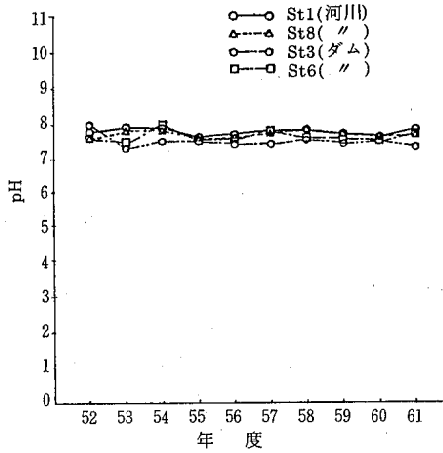


図2 pHの経年変化

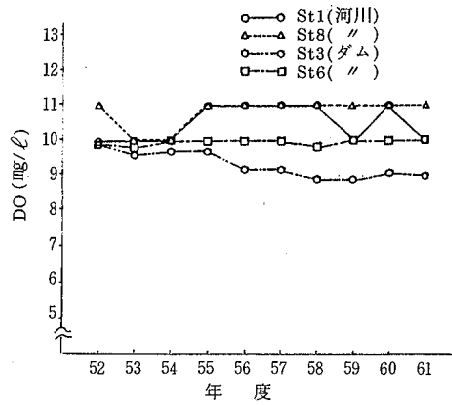


図3 DOの経年変化

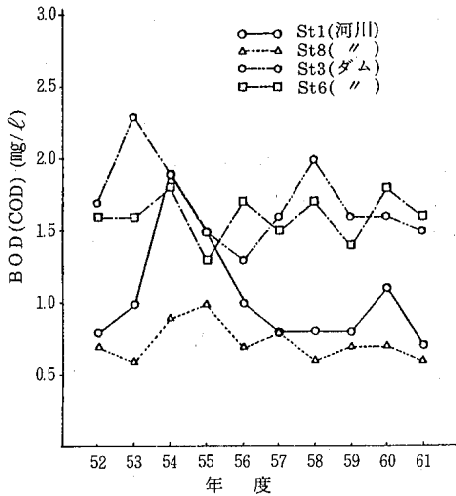


図4 BOD (COD)の経年変化

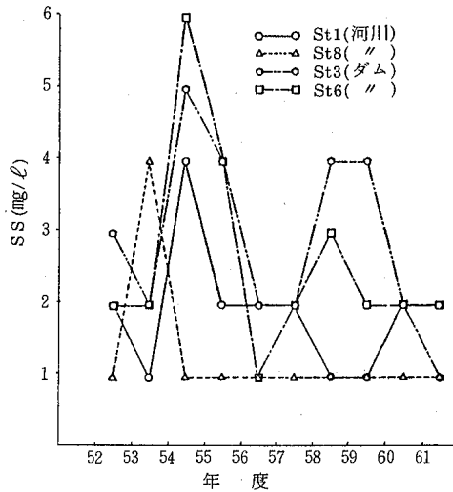


図5 SSの経年変化

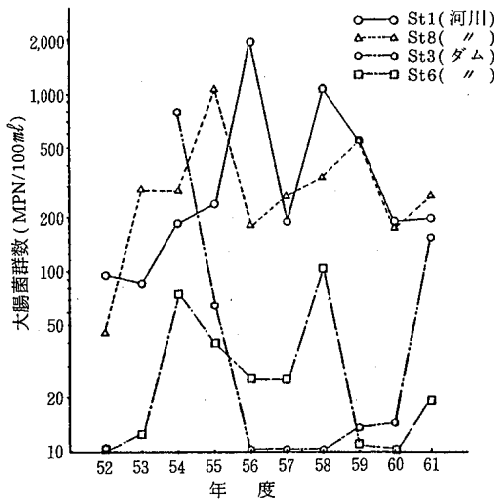


図6 大腸菌群数の経年変化

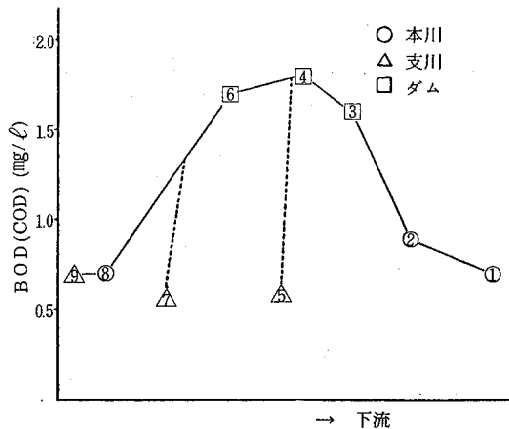


図7 流下によるBOD平均値の変化

なお、数値は、過去10年間の測定値を地点毎に平均したものである。

これまで、主要支川に著しい汚濁はみられず、流下と共に濃度が上昇する傾向はみられない。これは、流域に汚濁源が少ないためと考えられる。また、ダムCODも環境基準「A」類型の3 mg/l以下であり、現状では、植物プランクトン等による著しい水質の悪化はみられない。ダムから多量に取水され、水の滞留日数が短いためと推察される。

4.2 変動因子

時系列モデルの傾向変動及び季節変動をみるため、比例モデルを要約したモデル(下式)を仮定し、二元配置法により、過去5年間の測定値を用いて分散分析を行った。

結果を表1, 2に示す。

$$Y = T \cdot S \cdot (C \cdot I)$$

T : 傾向変動 S : 季節変動
C : 循環変動 I : 不規則変動

傾向変動は、St1のBOD, St3及びSt6の透明度にみられる。寄与率は小さいが、一次の傾向線を求めると、

(St1のBOD)

$$y = 0.0016t + 0.819 \quad y: \text{傾向線}$$

(St3の透明度)

$$y = 0.0205t + 2.503$$

(St6の透明度)

$$y = 0.0016t + 3.135$$

となり、最下流地点St1のBODは上昇傾向を、両ダムの透明度は改善傾向を示している。

季節変動は、4地点ともDOにみられ、寄与率も50%を超えている。溶存酸素が水温に依存していること

表1 分散分析結果表(河川)

因子	St 1					St 8				
	pH	DO	BOD	SS	MPN	pH	DO	BOD	SS	MPN
傾向変動(寄与率%)			11.0							
傾向変動(寄与率%)	74.2	35.0				29.4	55.4			

注1) 数値は有意水準1%で有意なもの

2) 空白は有意水準1%で有意でないもの

表2 分散分析結果表(ダム)

因子	St 3					St 6				
	pH	DO	COD	SS	透明度	pH	DO	COD	SS	透明度
傾向変動(寄与率%)					11.8					12.3
傾向変動(寄与率%)	50.2	55.7				30.6	40.6	51.0	39.7	22.9

注1) 数値は有意水準1%で有意なもの

2) 空白は有意水準1%で有意でないもの

を明確に示している。また、St8のBODに季節変動がみられないのは、最上流地点のため上流部に汚濁源が少なく、水質が良好で安定しているためと考えられる。

ダムでは、両ダムとも、pH, DO, 透明度に季節変動がみられる。特に柳瀬ダムでは、COD, SSにもみられることから、植物プランクトン等による内部生産が新宮ダムより活発であることを示唆している。これは、新宮ダムより柳瀬ダムからの取水量が少なく、水

の滞留日数が長くなっているためと推察される。

4.3 負荷量

河川の環境基準点2地点の負荷量を表3に示す。

過去5年間の平均値でみると、St1ではSt8の67%に減少している。このことは、途中のダムから取水されるため、下流で水量が減少していることを示している。

表3 環境基準点のBOD負荷量

(単位: kg/日)

年度 地点	57	58	59	60	61	平均
St 1	256	127	44	209	47	137
St 8	373	104	157	181	213	206

4.4 環境基準の達成状況

河川(BOD)及び湖沼(COD,全層)の環境基準点における環境基準達成状況を表4に示す。

河川では、最上流地点のSt8は56年度以降環境基準を達成しているが、最下流地点のSt1は当初未達成であったが、近年達成状況の改善がみられる。

これに対し、ダムでは、双方とも監視調査開始当初から環境基準を達成している。両ダムとも取水により水の滞留日数が短かく、富栄養化による顕著な水質の悪化がないためと考えられる。

表4 BOD(COD)の環境基準達成状況

年度 地点	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	
河川 (AA類型)	St1	—	△	△	△	△	△	○	○	△	○
	St8	—	○	△	△	○	○	○	○	○	○
湖沼 (A類型)	St3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	St6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注) ○は達成, △は未達成の地点である。

5. おわりに

銅山川は、愛媛県東部地域の主要水源となっている現状にあり、今後増加する水資源を確保する上からも流域の水辺環境の保全は重要な課題である。

今回は、過去10年間の水質測定データについて検討した結果、流域には目立った汚濁はみられないが、ダム下流地点で多少水質の悪化がみられ、また、流域の水質に対しダムが大きく寄与していると考えられた。

今後は、汚濁源の分布状況、自然負荷等を十分把握し、将来水質の予測を行い、水質保全対策を講じるうえで役立つよう努力するつもりである。

参考文献

- 1) 日本地球化学会編：水汚染の機構と解析，産業図書
- 2) 応用統計ハンドブック編集委員会編：応用統計ハンドブック，養賢堂
- 3) 愛媛県：環境白書昭和57～62年版

松山空港周辺における航空機の騒音レベル

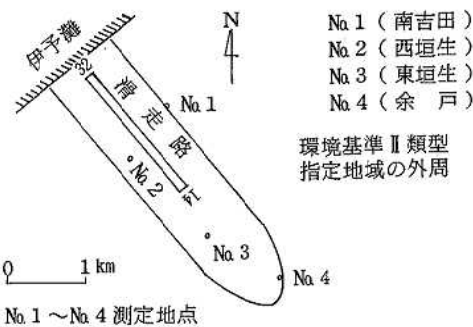
遠富良雄・井上尊統・菊田正則

はじめに

松山空港は、大型のジェット機やプロペラ機が定期航空運送事業を目的として、定期的に離着陸する公共飛行場として第二種空港に指定されている。又、「公共飛行場周辺における航空機騒音による障害の防止等に関する法律」による特定飛行場に指定されている。

本県では、飛行場周辺における航空機騒音による被害を防止するための発生源対策、障害防止対策等の各種施策を総合的に推進するに際しての目標となる環境基準の類型あてはめを昭和59年3月6日に実施し、周辺4地点において監視測定を行っている。60年度から3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報告する。

松山空港と周辺測定地点の概要



調査方法

1. 使用機器

リオン製：NA-31型
〃 33型

2. 設置場所

建物の屋上の反射音の影響の少ない所へ測定機を設置し、10日間連続測定した。

3. 識別方法

自動測定機による設定レベル70 dB(A)、2秒以上で、ピークレベル記録時刻とフライト時刻が一致するものを航空機騒音とした。

4. 機種分類

B767 (B6) : ボーイング社製
B727 (B2) : 〃
B737 (B3) : 〃
DC9 (D9) : マクドネル・ダグラス社製
DC9S (D9S) : 〃
YS11 (YS) : 日本航空機製造社製
小型機 : E110, BN2, C172等

5. 飛行形態分類

14T/O : 陸側に向かって離陸
32T/O : 海側に 〃
14L/D : 陸側に向かって着陸
32L/D : 海側に 〃

結果及び考察

1. 各測定地点の騒音レベル

No. 1 ~ 4 の各測定地点の3年間の機種別飛行形態別騒音レベルを表1に示す。

表1 機種別飛行形態別騒音レベル

(単位: dB(A))

測定地点	測定年度	B 767				B 727				B 737				DC 9				DC 9 S				YS 11				小型機			
		T/O	L/D	T/O	L/D	T/O	L/D	T/O	L/D	T/O	L/D	T/O	L/D	T/O	L/D	T/O	L/D	T/O	L/D	T/O	L/D	T/O	L/D	T/O	L/D				
No. 1	前年	78	76	81	81	89	88	83	86	89	85	81	81	89	88	83	84	83	82	86	85	73	74	76	73	76	75	74	77
	60~62年度	(65)	(485)	(410)	(232)	(13)	(240)	(131)	(90)	(4)	(80)	(42)	(29)	(2)	(33)	(23)	(5)	(3)	(76)	(52)	(25)	(13)	(56)	(46)	(10)	(27)	(34)	(22)	(8)
No. 2	〃	82	78	80	78	90	90	81	86	92	88	80	81	95	90	79	83	90	84	82	81	77	73	74	72	77	76	75	75
	〃	(96)	(525)	(268)	(213)	(23)	(230)	(102)	(78)	(8)	(59)	(19)	(26)	(4)	(35)	(12)	(11)	(3)	(70)	(35)	(19)	(8)	(86)	(9)	(8)	(18)	(24)	(14)	(7)
No. 3	〃	90	81	77	85	106	82	77	87	103	80	77	85	99	80	80	84	95	74	79	81	86	72	78	82	78	77	81	77
	〃	(83)	(14)	(94)	(262)	(20)	(190)	(25)	(79)	(9)	(56)	(6)	(33)	(4)	(28)	(4)	(14)	(2)	(11)	(17)	(19)	(10)	(8)	(1)	(73)	(30)	(6)	(14)	(69)
No. 4	〃	82	79	78	85	102	81	77	89	91	75	76	85	96	74	79	90	83	76	75	84	78	73	73	84	78	76	75	78
	〃	(103)	(31)	(62)	(313)	(18)	(60)	(8)	(102)	(6)	(16)	(4)	(33)	(3)	(22)	(4)	(13)	(6)	(3)	(4)	(25)	(10)	(4)	(1)	(92)	(18)	(6)	(5)	(73)

注 1. 騒音レベルは、パワー平均値である。()の数字はデータ数。
2. 一は測定期間中に、その飛行形態がなかったもの。
3. T/Oとは離陸、L/Dとは着陸の略号。

No. 1では、D9, B2, D9S, B3が高く、YS, 小型機、B6が低い。離着陸の別では、B2, B3, D9は着陸時よ

りも離陸時の方が高く、B6, D9S, YSは着陸時が高い。離着陸の方向による差は小さく、離陸ではB3の

4 dB(A), B6 の 2 dB(A) であり, 着陸では, B2, YS, 小型機の 3 dB(A) である。

№2 では, D9, B2, B3, D9S が高く, YS, 小型機, B6 が低い, 一般的に №1 よりも高い。離着陸の別では, 全ての機種について, 着陸時よりも離陸時の方が高い。離着陸の方向別では, 離陸では, D9S の 14 T/O が 32 T/O より 6dB(A) 大きいのを最高に, 同様に D9 が 5dB(A), B6, B3, YS が 4dB(A) 大きい。又, 着陸では, B2 の 32 L/D が 14L/D に比べ 5dB(A) 大きく, D9 が 4dB(A) 大きい。

№3 では, B2, B3, D9, B6, D9S, YS, 小型機の順で高い。離着陸の別では, YS, 小型機を除いて他の機種では着陸時よりも離陸時の方が高い。離着陸の方向別では, 前記の №1, №2 よりも差が明確になっている。即ち, 離陸は 14 T/O が大きく, 着陸は 32 L/D が大きい。離陸では, B2 の 24dB(A), B3 の 23dB(A), D9S の 21dB(A), D9 の 19dB(A) が

著しい。逆に着陸では, B2 の 10dB(A), B6, B3 の 8dB(A) が大きい。

№4 では, B2, D9, D9S, B3 の順に高い。離着陸の別では, B2, D9S, B3 は着陸時よりも離陸時の方が高く, YS, B6 では離陸時よりも着陸時の方が高い。離着陸の方向別では, 全ての機種について, №3 同様, 離陸時は 14T/O が大きく, 着陸時は 32 L/D が大きい。差の大きいものは, 離陸では D9 の 22 dB(A), B2 の 21dB(A), D9S の 17 dB(A), B3 の 16 dB(A) があり, 着陸では, B2 の 12dB(A), D9 及び YS の 11 dB(A), B3 の 9dB(A) がある。

各測定地点における騒音レベルの出現頻度分布を図 1 に示す。№1 では, 77dB(A) にピークをもつ単峰型であるが, 他の 3 地点はピークが 2 つある複峰型である。

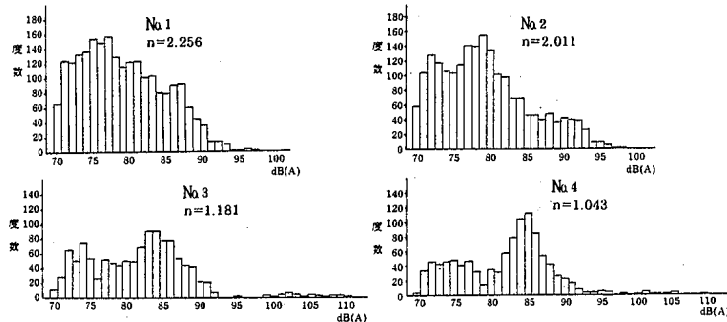


図 1 各測定地点における騒音レベルの出現頻度分布

2. 季節変動

№1 ~ 4 の各測定地点の 3 年間の季節別騒音レベルを表 2 ~ 5 に示す。

表 2 機種別飛行形態別騒音レベル(季節別)

(単位: dB(A))

測定地点	測定時期	B767				B727				B737				DC9				DC9S				YS11				小型機			
		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D	
		14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32
№1	春	79 (4)	76 (119)	80 (132)	78 (42)	88 (69)	87 (55)	84 (21)	81 (18)	—	83 (13)	78 (5)	75 (7)	88 (1)	87 (8)	74 (2)	—	82 (12)	87 (11)	80 (1)	—	72 (11)	76 (14)	—	—	73 (3)	73 (6)	76 (1)	—
	夏	77 (13)	76 (148)	80 (147)	78 (44)	89 (1)	87 (42)	85 (26)	81 (12)	89 (2)	88 (26)	85 (20)	80 (5)	88 (1)	87 (6)	87 (7)	—	80 (20)	87 (17)	80 (4)	—	71 (16)	74 (20)	73 (2)	—	75 (8)	74 (5)	73 (3)	72 (2)
	秋	78 (13)	76 (94)	81 (88)	80 (45)	88 (4)	86 (68)	82 (40)	84 (20)	—	85 (28)	81 (14)	78 (9)	—	88 (7)	76 (5)	86 (1)	—	82 (19)	84 (15)	83 (4)	74 (5)	74 (6)	73 (1)	72 (9)	74 (4)	73 (7)	74 (2)	75 (2)
	冬	79 (35)	76 (124)	83 (43)	83 (101)	89 (6)	85 (61)	88 (16)	85 (40)	89 (2)	86 (13)	86 (3)	85 (8)	—	89 (7)	74 (3)	86 (2)	83 (3)	82 (25)	84 (9)	86 (15)	73 (8)	74 (24)	76 (6)	73 (7)	78 (10)	78 (22)	76 (6)	79 (3)

注 1. 騒音レベルは, パワー平均値である。() の数値はデータ数。
2. — は測定期間中に, その飛行形態がなかったもの。

表 3 機種別飛行形態別騒音レベル(季節別)

(単位: dB(A))

測定地点	測定時期	B767				B727				B737				DC9				DC9S				YS11				小型機			
		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D	
		14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32
№2	春	83 (5)	77 (146)	80 (69)	77 (59)	89 (3)	88 (55)	82 (21)	83 (17)	—	89 (7)	84 (2)	83 (5)	—	90 (14)	80 (4)	84 (8)	90 (2)	80 (8)	78 (7)	—	—	72 (19)	74 (3)	71 (4)	74 (1)	75 (2)	77 (4)	78 (2)
	夏	82 (16)	78 (98)	79 (68)	76 (99)	89 (8)	88 (48)	84 (22)	80 (12)	90 (3)	87 (15)	76 (4)	80 (5)	94 (10)	90 (2)	78 (2)	79 (1)	88 (13)	82 (6)	81 (2)	—	77 (4)	74 (11)	71 (3)	—	79 (4)	72 (3)	73 (2)	—
	秋	82 (27)	79 (159)	80 (88)	77 (41)	91 (7)	91 (65)	86 (36)	83 (15)	93 (4)	88 (24)	81 (9)	78 (9)	—	90 (7)	78 (5)	—	—	85 (21)	83 (12)	81 (4)	77 (2)	77 (29)	74 (1)	74 (4)	74 (8)	74 (4)	73 (6)	73 (3)
	冬	82 (48)	78 (122)	80 (43)	79 (84)	91 (4)	91 (64)	86 (23)	82 (34)	88 (1)	86 (13)	82 (4)	85 (7)	88 (1)	91 (5)	79 (1)	71 (1)	—	85 (28)	83 (10)	81 (13)	78 (1)	74 (27)	72 (1)	73 (3)	78 (9)	78 (11)	77 (2)	71 (2)

注 1. 騒音レベルは, パワー平均値である。() の数値はデータ数。
2. — は測定期間中に, その飛行形態がなかったもの。

表4 機種別飛行形態別騒音レベル(季節別)

(単位: dB(A))

測定地点	測定時期	B767				B727				B737				DC9				DC9S				YS11				小型機						
		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D				
		14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14
No.3	春	90 (5)	74 (4)	76 (28)	85 (84)	—	—	80 (43)	76 (5)	87 (17)	—	—	76 (6)	—	86 (5)	—	—	80 (12)	82 (2)	84 (7)	—	—	72 (1)	77 (4)	81 (1)	84 (1)	—	—	81 (21)	77 (2)	84 (2)	79 (12)
	夏	90 (15)	—	75 (19)	85 (35)	106 (9)	106 (44)	81 (4)	73 (13)	88 (4)	102 (4)	81 (25)	70 (2)	85 (9)	99 (3)	80 (8)	—	—	84 (4)	95 (1)	73 (1)	76 (4)	82 (2)	86 (5)	70 (1)	—	—	83 (11)	78 (10)	—	77 (3)	
	秋	91 (20)	79 (5)	79 (28)	85 (45)	108 (8)	79 (41)	74 (11)	87 (15)	104 (4)	76 (15)	83 (1)	85 (12)	—	—	79 (4)	74 (1)	83 (1)	95 (1)	72 (1)	80 (5)	81 (4)	87 (2)	72 (5)	—	—	82 (11)	77 (9)	77 (2)	76 (4)		
	冬	88 (43)	85 (5)	77 (19)	84 (98)	102 (3)	85 (62)	81 (5)	88 (34)	102 (1)	81 (10)	76 (3)	84 (7)	99 (2)	82 (4)	80 (1)	83 (2)	—	—	74 (8)	81 (4)	81 (12)	85 (2)	74 (2)	78 (2)	81 (30)	77 (9)	76 (2)	83 (5)	78 (20)		

注 1. 騒音レベルは、パワー平均値である。()の数値はデータ数。
2. 一は測定期間中に、その飛行形態がなかったもの。

表5 機種別飛行形態別騒音レベル(季節別)

(単位: dB(A))

測定地点	測定時期	B767				B727				B737				DC9				DC9S				YS11				小型機					
		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D			
		14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32		
No.4	春	82 (12)	81 (11)	80 (11)	86 (70)	95 (1)	80 (11)	72 (2)	89 (15)	—	—	73 (1)	—	85 (8)	95 (1)	74 (9)	77 (2)	89 (5)	95 (1)	—	—	75 (2)	84 (1)	73 (20)	84 (2)	—	—	71 (2)	73 (1)	74 (20)	81 (21)
	夏	81 (30)	75 (8)	80 (11)	86 (53)	102 (4)	75 (10)	—	—	90 (17)	79 (4)	76 (3)	75 (1)	86 (6)	98 (1)	75 (2)	80 (2)	—	—	94 (2)	—	76 (1)	84 (5)	75 (5)	—	—	85 (22)	78 (7)	78 (3)	75 (20)	
	秋	81 (21)	80 (3)	77 (19)	85 (73)	105 (4)	74 (10)	79 (4)	90 (20)	—	—	75 (6)	76 (2)	86 (10)	94 (1)	73 (6)	—	90 (5)	—	—	76 (2)	—	85 (2)	—	—	—	—	84 (25)	79 (5)	74 (3)	77 (19)
	冬	83 (40)	79 (9)	78 (21)	84 (117)	101 (9)	83 (29)	78 (2)	89 (50)	96 (2)	74 (6)	76 (1)	85 (9)	—	—	74 (5)	—	—	91 (3)	90 (3)	76 (1)	73 (17)	84 (5)	80 (2)	74 (2)	—	—	82 (25)	74 (3)	—	77 (13)

注 1. 騒音レベルは、パワー平均値である。()の数値はデータ数。
2. 一は測定期間中に、その飛行形態がなかったもの。

No.1については、測定地点が滑走路の進行方向の真横に位置するため、飛行方向による差が少ない。即ち、海側からでも陸側からでも飛行形態による影響が小さい。特に全データ数の約50%を占めるB6では季節変動は全般的に小さく、冬季のL/Dが夏季に比べて3~5dB(A)高いのみである。B2では32L/Dの冬季が他の季節に比べて3~7dB(A)大きいのが特徴である。

No.2については、測定地点が滑走路を狭んでNo.1と相対する位置にあるため、No.1同様、飛行方向による差が少ない。又、季節変動も全般的に小さく、B6の32T/Oで秋季、他の季節に比べて1~2dB(A)高く、32L/Dで夏季、2~3dB(A)低い。又、B2の32T/Oで秋冬が春夏に比べて3dB(A)高く、32L/Dで2~3dB(A)高い程度である。

3. 経年変化

No.1~4の各測定地点の3年間の経年変化を表6~

No.3については、滑走路の14方向のほぼ延長線上下約500mに位置するため、各機種とも14T/Oと32L/Dが高い値となっている。季節変動については、B6の32T/Oで冬季、他の季節に比べて6~11dB(A)高く、14L/Dで秋季2~4dB(A)高い。

又、秋季、B2の14T/Oで108dB(A)、B3の14T/Oで、104dB(A)と非常に高い値となっている。

No.4についても、No.3よりもさらに遠く、滑走路の延長線上に位置するため、14T/Oと32L/Dが高い値となっている。季節変動についてはNo.3と同様、比較的差が大きく、B2について見ると、秋季14T/Oの105dB(A)、夏季と冬季に、102,101dB(A)と高く、32T/Oも冬季83dB(A)と他の季節より3~9dB(A)高くなっている。又、B6の32T/Oで夏季が他の季節に比べて、4~6dB(A)低く、14L/Dの秋冬が春夏に比べて2~3dB(A)低くなっている。

9に示す。

表6 機種別飛行形態別騒音レベル(経年変化)

(単位: dB(A))

測定地点	測定年度	B767				B727				B737				DC9				DC9S				YS11				小型機				
		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		
		14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	
No.1	60	79 (5)	77 (156)	81 (138)	82 (71)	88 (2)	88 (76)	84 (35)	86 (25)	89 (1)	86 (12)	78 (9)	—	—	—	—	—	—	—	—	82 (25)	87 (19)	85 (7)	75 (2)	76 (16)	74 (2)	81 (1)	73 (7)	76 (6)	80 (2)
	61	77 (16)	75 (156)	80 (133)	81 (67)	88 (5)	87 (107)	83 (68)	84 (36)	87 (1)	84 (15)	82 (7)	83 (7)	—	—	89 (7)	74 (3)	86 (2)	—	—	82 (1)	82 (25)	86 (22)	81 (4)	71 (4)	72 (21)	75 (20)	73 (6)	74 (4)	75 (10)
	62	79 (44)	76 (173)	80 (139)	80 (94)	89 (6)	89 (57)	84 (28)	87 (29)	89 (2)	85 (53)	81 (26)	80 (22)	89 (2)	88 (26)	84 (20)	82 (3)	83 (2)	81 (26)	84 (11)	85 (14)	73 (7)	75 (14)	77 (10)	76 (2)	76 (10)	76 (22)	73 (17)	73 (10)	73 (4)

注 1. 騒音レベルは、パワー平均値である。()の数値はデータ数。
2. 一は測定期間中に、その飛行形態がなかったもの。

表7 機種別飛行形態別騒音レベル(経年変化)

(単位: dB(A))

測定地点	測定年度	B767				B727				B737				DC9				DC9S				YS11				小型機			
		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D	
		14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32
No. 2	60	83 (22)	78 (143)	79 (96)	80 (57)	90 (7)	89 (74)	81 (36)	84 (23)	—	—	—	—	—	—	—	—	89 (1)	85 (22)	83 (12)	84 (4)	79 (1)	74 (25)	77 (2)	72 (3)	76 (2)	71 (3)	79 (2)	77 (3)
	61	82 (30)	78 (161)	79 (82)	78 (60)	89 (10)	89 (92)	82 (36)	86 (30)	92 (1)	88 (14)	79 (4)	81 (5)	98 (1)	91 (5)	78 (1)	71 (1)	90 (2)	83 (26)	82 (14)	80 (5)	76 (2)	73 (30)	73 (5)	73 (1)	74 (3)	75 (6)	74 (5)	71 (2)
	62	82 (44)	78 (221)	80 (90)	77 (96)	92 (6)	91 (64)	80 (30)	86 (25)	92 (7)	88 (45)	81 (15)	81 (21)	94 (3)	90 (31)	79 (11)	83 (10)	—	85 (22)	81 (9)	80 (10)	77 (5)	74 (31)	73 (2)	73 (4)	78 (13)	77 (15)	73 (7)	72 (2)

注 1. 騒音レベルは、パワー平均値である。()の数値はデータ数。
2. —は測定期間中に、その飛行形態がなかったもの。

表8 機種別飛行形態別騒音レベル(経年変化)

(単位: dB(A))

測定地点	測定年度	B767				B727				B737				DC9				DC9S				YS11				小型機			
		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D	
		14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32
No. 3	60	89 (7)	78 (8)	78 (36)	84 (69)	108 (7)	82 (57)	78 (10)	87 (18)	101 (1)	78 (13)	74 (3)	85 (3)	—	—	—	—	95 (1)	73 (4)	76 (7)	81 (2)	84 (2)	72 (2)	—	81 (26)	77 (5)	—	84 (4)	76 (7)
	61	90 (31)	73 (3)	76 (32)	85 (71)	105 (7)	87 (85)	75 (10)	88 (35)	102 (1)	80 (9)	74 (1)	86 (6)	99 (1)	82 (4)	80 (1)	83 (2)	95 (1)	74 (4)	80 (7)	81 (7)	87 (3)	73 (3)	78 (1)	82 (20)	75 (5)	76 (3)	82 (5)	80 (10)
	62	89 (45)	86 (3)	77 (26)	84 (122)	106 (6)	83 (48)	77 (5)	87 (26)	103 (7)	80 (34)	81 (2)	85 (24)	99 (3)	80 (24)	80 (3)	84 (12)	—	72 (3)	81 (3)	81 (10)	86 (5)	72 (3)	—	81 (27)	78 (20)	78 (3)	75 (5)	77 (52)

注 1. 騒音レベルは、パワー平均値である。()の数値はデータ数。
2. —は測定期間中に、その飛行形態がなかったもの。

表9 機種別飛行形態別騒音レベル(経年変化)

(単位: dB(A))

測定地点	測定年度	B767				B727				B737				DC9				DC9S				YS11				小型機			
		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D		T/O		L/D	
		14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32	14	32
No. 4	60	80 (41)	75 (7)	77 (20)	85 (99)	100 (9)	76 (25)	71 (37)	89 (3)	78 (3)	76 (2)	—	85 (1)	94 (1)	75 (2)	—	90 (4)	94 (3)	—	71 (1)	84 (6)	71 (2)	71 (2)	—	84 (26)	82 (4)	75 (1)	—	84 (9)
	61	81 (19)	78 (11)	78 (23)	85 (94)	102 (3)	84 (18)	73 (3)	90 (36)	95 (1)	74 (5)	—	86 (8)	—	74 (5)	—	91 (3)	88 (1)	—	77 (2)	84 (5)	80 (1)	73 (1)	—	84 (27)	74 (3)	80 (1)	—	79 (8)
	62	83 (43)	81 (13)	80 (19)	85 (120)	104 (6)	79 (17)	80 (4)	90 (29)	93 (2)	75 (9)	76 (4)	85 (24)	97 (2)	74 (15)	79 (4)	89 (6)	91 (2)	76 (3)	73 (1)	85 (14)	79 (7)	75 (1)	73 (1)	84 (39)	76 (9)	75 (4)	75 (4)	76 (56)

注 1. 騒音レベルは、パワー平均値である。()の数値はデータ数。
2. —は測定期間中に、その飛行形態がなかったもの。

No. 1 については、いずれの機種についても特に顕著な増減の傾向は見られず、わずかにD9の14L/Dと小型機の32T/Oに上昇の傾向が、又B6の32L/DとD9Sの14L/Dに減少の傾向が見られる。

No. 2 についても、ほとんど増減が見られず、B2の14T/Oにわずかな上昇とB6の32L/Dに減少の傾向が見られる。

まとめ

1) 4 測定地点を比較すると、No. 3, No. 4, No. 2, No. 1の順に騒音レベルが高い。

機種別には、B2, B3, D9, D9Sが高く、小型機、YS, B6が低い。離着陸の別では概ね、離着時が高い。

2) 4 地点とも顕著な季節変動の傾向はあまり見られない。

参考文献

1) 林弘, 遠富良雄, 篠崎由紀: 愛媛県公害技術センター所報, 7号, 29-31

No. 3 についても、D9Sの14L/Dに上昇傾向が、又、小型機の14L/Dに減少傾向が見られる。

No. 4 については、B6の離陸が14, 32ともに上昇の傾向が、又、小型機の32L/Dが減少の傾向にある。

3) 経年変化についても顕著な増減傾向は見られない。

機種によっては、飛行回数少ないものもあり、今後データを積み重ねていく必要がある。

2) 西田清一: 飛行機ハンドブック, 日本工業新聞社(昭和57年7月)

3) 環境庁告示第154号(昭和48年12月27日)

愛媛県における主な岩石中の放射能

矢野隆司・真木 強

はじめに

愛媛県の地質は東西に走る中央構造線、御荷鉾構造線、仏像構造線などにより、それぞれ特徴ある地質からなる地帯に分けられ、岩石の種類は豊かである。

愛媛県の地質概要を図1に示す。

昭和60年度及び61年度に愛媛県全域の自然放射線調査を実施し、地質分類ごとの放射線レベルは、構造線によって区切られた地帯の北側が高く、次いで南側、中間部の順であること等報告している。^{1, 2)}

今回愛媛県の主な種類の岩石中の自然放射能、U系列、Th系列、K-40を高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いたγ線スペクトロメトリにより測定し、考察を加えたので報告する。

測定方法

1. 試料の調製

岩石を鉄鉢で碎き、1mmの篩を通過後スチロール製U-8容器に160g程度詰め密封し、Ra-226とBi-214の放射平衡をまって約1カ月後測定に供した。

2. 測定機器等

測定は表1の2台の高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いた。測定時間は200,000秒、計算に用いたγ線のピークエネルギーは、U系列609.3 keV (Bi-214) Th系列583.1 keV (Tl-208)、K-40は1460.8 keVである。

表1 測定機器

項 目	I	II	
Ge 検 出 器	ORTEC GMX-30200	ORTEC GEM-40195	
前 置 増 幅 器	ORTEC 137CN2-2	ORTEC 137CP2-2	
主 増 幅 器	ORTEC 572	ORTEC 572	
高 圧 電 源	ORTEC 459	ORTEC 459	
波 高 分 析 器	ORTEC 7050	ORTEC 7010	
検出器印加電圧(V)	3000	2500	
⁶⁰ Co	FWHM (keV)	1.95	1.95
	P/C	50	60
	相 対 効 率 (%)	30	40

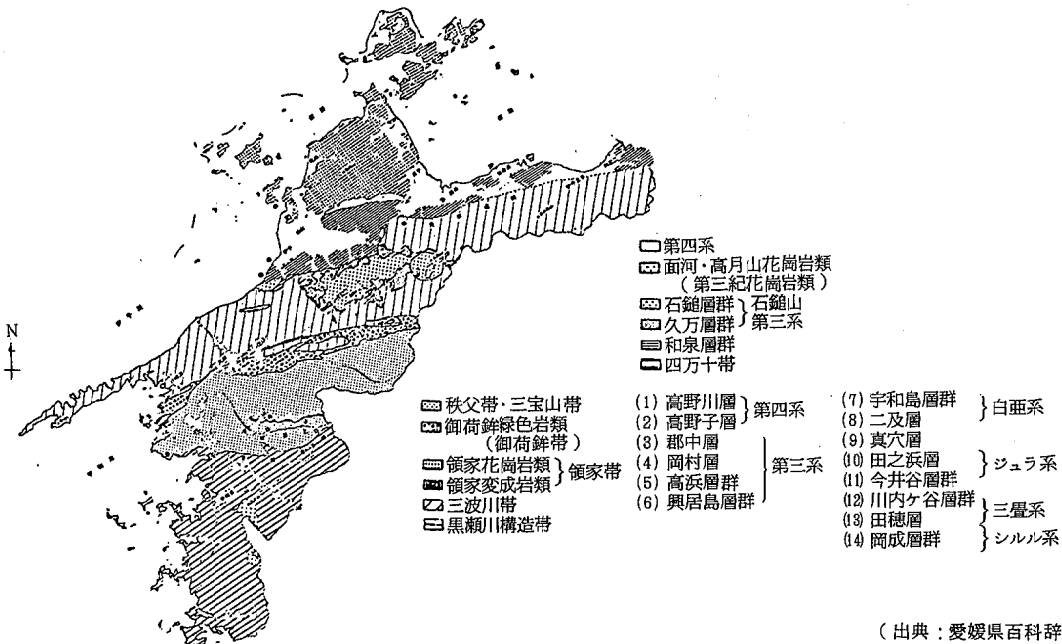


図1 愛媛県地質構造概略図

(出典：愛媛県百科辞典)

結果及び考察

1. 岩石中の自然放射能

岩石はSiO₂含有量により、酸性岩、中性岩、塩基性岩に分類され、岩石中の自然放射能はSiO₂含有量が多い程高くなるといわれている。本県の主な火成岩及び火成岩由来の変成岩のSiO₂含有量は表2のとおり報告されている。^{3)~5)}表3に地質区分ごとに北から南へ岩石中自然放射能測定結果を示す。

表2 火成岩及び火成岩由来の変成岩中のSiO₂含有量

区 分	データ数	SiO ₂ (%)	備 考
広島花崗岩	2	74.36	酸性岩
領家花崗岩	4	64.15	〃
面河花崗岩	7	72.46	〃
高月山花崗岩	1	65.96	〃
斜方輝石安山岩	3	60.63	中性岩
緑色片岩	2	49.00	塩基性岩
輝緑岩	2	47.82	〃
変性玄武岩	1	50.99	〃

今回の調査結果においても自然放射能は、SiO₂含有量の多い酸性岩が高く、中性岩、塩基性岩の順になっている。

地質区分ごとにとみると中央構造線の北側県北部の広島花崗岩帯、領家帯は高く、県中央部の三波川帯の緑色片岩、御荷鉾緑色岩類は低く、県南部の秩父帯、三宝山帯及び四万十帯は県北部、県中央部の中間的な値となっており、60、61年度の調査結果と一致している。

領家帯と三波川帯に挟まれた和泉層群の砂岩は地質年代が両者より新しいが、自然放射能濃度は領家帯と同程度であり、母岩は領家帯由来であることがわかる。

また、久万層群は明神累層と二名累層に区分され、それぞれの砂岩及びレキ岩は同年代に堆積したものであるが母岩が異なっているため自然放射能濃度は大きく異なっている。明神累層は領家花崗岩、和泉砂岩等が、二名累層は三波川帯の緑色片岩が母岩であり、自然放射能濃度はそれぞれの母岩と同程度となっている。ほとんどの岩石は火成岩から生成しており、堆積岩及び変成岩は母岩である火成岩の性質を反映している。また、U系列、Th系列、K-40の構成比はほぼ一定である。

ただし、石灰岩についてはサンゴ虫等が海水中から炭酸カルシウムを固定して出来たもので他の岩石とは生成過程が異なっており、自然放射能濃度は低いがU系列の構成割合は大きい。

表3 岩石中のU系列、Th系列、K-40

単位：pCi/g 構成比 (%)

地質区分	岩石の種類	U 系列	Th 系列	K-40	
広島花崗岩帯	広島花崗岩	1.78 ± 0.018 (5.1)	2.36 ± 0.025(6.8)	30.6 ± 0.19 (88.1)	
	領家花崗岩類	1.27 ± 0.017 (4.6)	1.55 ± 0.022(5.6)	24.9 ± 0.19 (89.8)	
	領家変成岩類	0.92 ± 0.014 (3.7)	1.40 ± 0.020(5.6)	22.6 ± 0.16 (90.7)	
	和泉層群	砂岩	0.65 ± 0.013 (2.8)	1.08 ± 0.019(4.7)	21.1 ± 0.17 (92.4)
		〃	0.58 ± 0.013 (3.2)	0.97 ± 0.019(5.4)	16.4 ± 0.15 (91.4)
		〃	0.71 ± 0.014 (3.1)	0.94 ± 0.018(4.1)	21.1 ± 0.16 (92.7)
面河、高月山花崗岩	面河花崗岩	0.85 ± 0.015 (2.9)	1.21 ± 0.020(4.1)	27.6 ± 0.18 (93.1)	
	高月山花崗岩	1.08 ± 0.015 (4.0)	1.15 ± 0.019(4.2)	24.9 ± 0.18 (91.8)	
石鏡層群	斜方輝石安山岩	0.39 ± 0.012 (2.9)	0.58 ± 0.015(4.4)	12.3 ± 0.13 (92.7)	
	久万層群明神累層	砂岩	0.86 ± 0.016 (3.2)	1.42 ± 0.022(5.2)	25.0 ± 0.19 (91.6)
レキ岩		0.174 ± 0.0096(2.9)	0.22 ± 0.012(3.6)	5.67 ± 0.091(93.5)	
三波川帯	砂岩片岩	0.56 ± 0.012 (2.4)	0.71 ± 0.016(3.1)	21.9 ± 0.16 (94.5)	
	黒色片岩	0.72 ± 0.013 (4.1)	1.02 ± 0.018(5.8)	15.8 ± 0.14 (90.1)	
	緑色片岩	0.037 ± 0.0088(4.1)	0.06 ± 0.010(6.7)	0.80 ± 0.060(89.2)	
	〃	0.077 ± 0.0096(1.2)	0.08 ± 0.011(1.3)	6.2 ± 0.10 (97.5)	
	〃	0.072 ± 0.0091(0.9)	0.03 ± 0.010(0.4)	7.9 ± 0.11 (98.7)	
	御荷鉾緑色岩類	輝緑岩	0.024 ± 0.0085(3.0)	0.04 ± 0.010(5.0)	0.73 ± 0.060(91.9)
秩父帯、三宝山帯	砂岩	0.92 ± 0.016 (3.8)	1.73 ± 0.023(7.1)	21.8 ± 0.18 (89.2)	
	粘板岩	0.73 ± 0.014 (2.4)	1.39 ± 0.021(4.5)	28.9 ± 0.19 (93.2)	
	石灰岩	0.112 ± 0.0094(39.7)	0.02 ± 0.011(7.1)	0.15 ± 0.057(53.2)	
	玄武岩	0.16 ± 0.011 (1.1)	0.27 ± 0.013(1.8)	14.3 ± 0.14 (97.1)	
四万十帯	砂岩	0.59 ± 0.013 (2.8)	0.78 ± 0.017(3.8)	19.4 ± 0.15 (93.4)	

2. In-situとの比較

昭和61年度に実施した可搬型高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いた In-situ 測定の結果と岩石中自然放射能測定結果を HASL 方式⁶⁾ を用いて地上 1 m における γ 線線量率に換算したものを対比すると図 2 のとおりとなる。

しかし、秩父帯、三宝山帯の砂岩、粘板岩の In-situ 結果については低めになっている。

K-40 は可溶性ではあるが、Th 系列と同様高い相関が得られた。このことは土壤中の K が土壌粒子と強い力で吸着しており容易に流出しないものと考えられる。

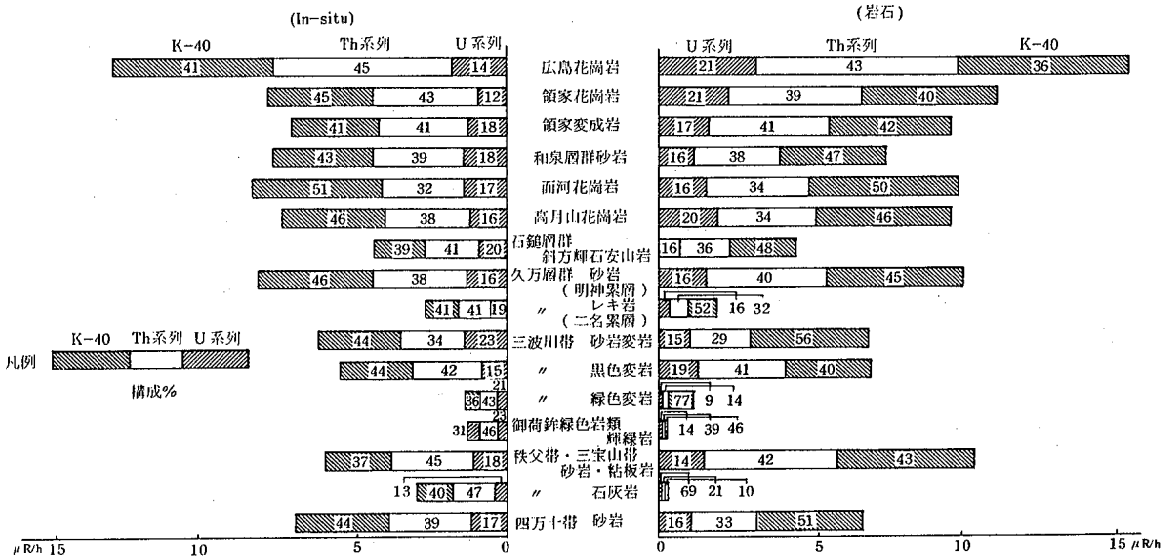


図 2 In-situ 測定結果と岩石中放射能からの計算値

両結果は概ね一致しており、In-situ 調査地点の土壤は調査対象とした岩石の性質を良く反映している。

緑色片岩と石灰岩については構成比が異なる結果になっているが、緑色片岩は岩石中放射能の変動によるもの、石灰岩は In-situ 調査地点が牧草地のため、何らかの土壤改良がなされたためと考えられる。

次に、U 系列、Th 系列、K-40 について In-situ 結果と岩石中放射能からの計算値の相関を図 3, 4, 5 に示した。

U 系列は崩壊の途中に比較的半減期の長い気体の Rn-222 (半減期 3.8 日) を含むため、In-situ 測定では気象条件によって放射平衡が成立し難いこともあり、Th 系列、K-40 に比べると相関は悪い。

岩石中高濃度であった広島花崗岩、領家花崗岩は In-situ 結果が低めになっているが、これは岩石が風化され土壤になる過程で可溶性の 6 価ウランが溶出したもの、あるいは In-situ 調査地点に十分な広さがなかった等の原因が考えられる。

Th 系列は U 系列同様崩壊途中に気体の Rn-220 (半減期 55.6 秒) を含むが半減期が短いこと、不溶性のため土壤から溶出しにくいことから良い相関が得られている。

秩父帯、三宝山帯の砂岩、粘板岩については、Th 系列と同様 In-situ 結果が低めになっているが、この原因としては、秩父帯、三宝山帯が山間部に位置しており、In-situ 測定地点が十分な広がりのない川沿いの狭い場所であったため、地形の影響を受けたか、測定地点の土壤に対象とした岩石由来以外のものが混入している等が考えられる。

なお、今回、In-situ との比較において岩石中放射能は、和泉砂岩と緑色片岩については 3 試料の平均値を、他の岩石については 1 試料の結果から算出した値を用いている。和泉砂岩、緑色片岩とも試料間に濃度差が認められるが、このことを考慮しても In-situ 測定結果と岩石中放射能からの計算値は良く一致している。

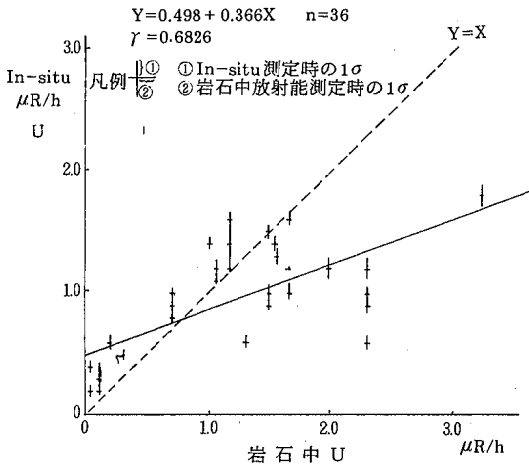


図3 In-situと岩石中放射能U系列

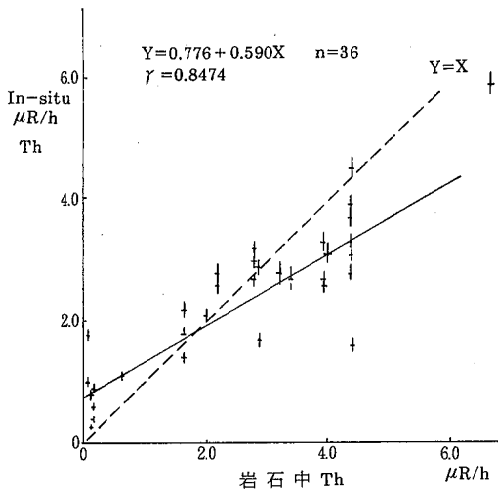


図4 In-situと岩石中放射能Th系列

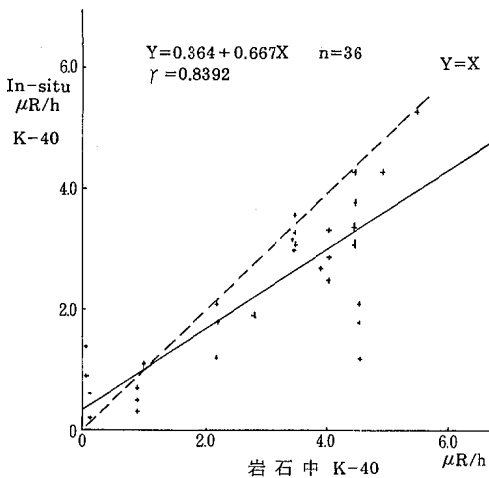


図5 In-situと岩石中放射能K-40

まとめ

愛媛県下の代表的な岩石について自然放射能を測定するとともに、昭和61年度実施した可搬型高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いたIn-situ測定結果と比較した。

その結果

1 岩石中の自然放射能はSiO₂含有量の多い酸性岩が高く、中性岩、塩基性岩の順になっている。
また、U系列、Th系列、K-40の構成比は、石灰岩を除きほぼ一定である。

2 岩石中の自然放射線量からHASL方式を用いて地上1mにおけるγ線線量率を算出すると61年度のIn-situ結果と良く一致し、岩石中の自然放射能を測定することにより地上での放射線レベルを推定することができる。

また、U系列、Th系列、K-40個々の比較においても良好な相関が得られたが、U系列については崩壊途中のRn-222のためか、あるいは6価ウラン溶出のためかTh系列、K-40に比べると相関は低い。

今回の調査にあたり、岩石試料の提供、サンプリング、地質に関する御指導等御協力いただいた愛媛大学理学部桃井齊教授、皆川鉄雄助手に深く感謝いたします。

文献

- 1) 松浦榮美他：愛媛県公害技術センター所報，第7号，32(1986)
- 2) 矢野隆司他：愛媛県公害技術センター所報，第8号，38(1987)
- 3) 紫田秀賢：日本岩石誌Ⅱ，366，364，354(1967)
- 4) 堀越和衛：四国石鎚山火成岩類の化学成分(1)，愛媛大学紀要第Ⅱ(自然科学)Dシリーズ4，1，32-37(1960)
- 5) 紫田秀賢：日本岩石誌Ⅳ，127，91，131，136，(1968)
- 6) H. L. Beck, J. D. Campo, C. Gogolak：HASL-258(1972)

フィールドスペクトロメトリーに使われる Ge 検出器の校正ファクター

西原 博明

はじめに

現在までのGe検出器によるフィールド測定は、EML (Environmental Measurements Laboratory) のBeck等のHASL-258¹⁾によって行われてきたが、このたび、EMLのHelferとMillerがこれに関連した「Ge検出器の校正ファクター」²⁾を提示したので、その概要を説明する。

調査方法と結果

1. フィールド設置方法

土壌表面～1 mに検出器を置くのが通常ルーチンである。この高度では、三脚に載せられた検出器が容易に取り扱われることができ、約10 mまでの γ 放出線源について視界半径を持つ。in-situ測定の線源ジオメトリーは 2π または「半空間」と考えられることができる。しかし、土壌および空気減衰が効果的にサイズを有限にする。媒体エネルギー(662 keV)の土壌半空間からの相対寄与の1例である熟成フォールアウト¹³⁷Cs γ 線源がFigure 1に示される。

2. フィールドスペクトロメトリーの校正

in-situスペクトロメトリーの基礎となる校正式はピーク計数率(N)、土壌中の放射能またはインベントリー(A)、衝突のない線束(\emptyset)によって次式で表わされることができる。

$$N_f/A = (N_f/N_o)(N_o/\emptyset)(\emptyset/A) \quad (1)$$

ただし、基本となるパラメータは、次のとおりである。

N_f/A 土壌中の単位インベントリー($Bq m^{-2}$)または濃度($Bq g^{-1}$)あたりの特定核種 γ 転移エネルギーでのスペクトロメトリーの全吸収ピーク計数率(cpm)。

N_f/N_o 土壌中の一定線源分布のエネルギーでの角度補正ファクター。

N_o/\emptyset 検出器フェースに垂直に入射する同一エネ

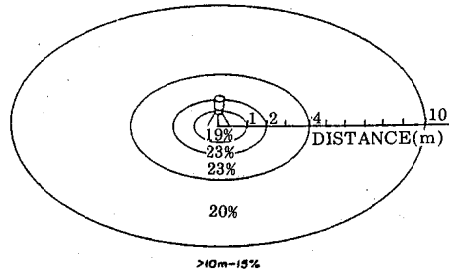


Fig. 1. Pictorial ground area representation of the relative contributions to the total 662 keV primary flux at 1 m above the ground for a ¹³⁷Cs source distribution where the depth parameter $\alpha/\rho = 0.21 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$

ルギーの γ 線の平行ビームの単位非衝突線束($\gamma \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)あたりのピーク計数率(cpm)。

\emptyset/A 土壌中の核種の単位インベントリーまたは濃度あたり検出器に達するエネルギーでの全非衝突線束($\gamma \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)。

特定核種の校正ファクター(N_f/A)を得るため、3つの量(N_f/N_o , N_o/\emptyset , \emptyset/A)が別々に決定され、最初の2項は検出器依存性で実験的に決定されることができ、一方最後の項は純粹に理論ベースで計算されることができる。

これらの項を詳細に説明する。

N_o/\emptyset

特定エネルギーでの N_o/\emptyset の値は垂直に入射する放射線の平行ビームをシュミレートするため検出器フェースから少くとも1 mの距離に置かれた既知強度の γ 放出点線源を計数することによって得られる。次に、観測全吸収ピーク計数率が空気およびホルダー減衰を補正する逆2乗則から計算されるように線束によって除せられる。 N_o/\emptyset 値は、このようにして、いくつかの異なるエネルギーで決定され、結果は対数-対数紙上にエネルギー関数としてプロットされる。200 keVと3 MeVの間では、データはほど良く直線にプロットする。このレンジでのエネルギーは次式を使うことができる。

$$\ln(N_0/\varnothing) = a - b \ln E \quad (2)$$

ただし、Eは当該 γ 線エネルギー(MeV)、aとbは検出器依存性の定数である。

N_f/N_0

角度補正ファクター(N_f/N_0)は検出器および線源ジオメトリの両方に依存する。円筒状Ge検出器が概して種々の頂角で入射する γ 線への等方レスポンスを持たないために、このファクターを測定することが必要である。フィールド検出器に入射する光子の角度分布が土壌中の線源エネルギーおよび分布で変動するので、 N_f/N_0 は一定ではない。しかし、その値は一定の検出器について大きな量では変動しない。特定エネルギーと線源分布についての N_f/N_0 が次式から計算される。

$$N_f/N_0 = \frac{\int R(\theta)\varnothing(\theta)d\theta}{\int \varnothing(\theta)d\theta} \quad (3)$$

ただし、 $R(\theta)$ は $\theta=0^\circ$ (垂直入射)でのピーク計数率に相対する角度 θ でのエネルギーEの γ 線のピーク計数率、 $\varnothing(\theta)$ は角度 θ でエネルギーEでの γ 線線束である。

$R(\theta)$ 値を得るために、ピーク計数率が検出器まで少くとも1mの一定距離で異なる角度で位置する種々のエネルギーの点線源について測定される。15°間隔でこの測定を行い、実験データを通してスムーズな曲線を引くことで十分である。 N_f/N_0 を得るには、以前種々のエネルギーや線源分布について作表された $\varnothing(\theta)$ 値を使うことによって数値積分を行うことができる¹⁾。

N_f/N_0 計算で関数 $R(\theta)$ を使う際、使用時考慮されねばならない時その方向は検出器に直面することになる。一般に、検出器のバックエンドがクライオスタットの減衰効果による線束に対する低いレスポンスを持っている。したがって、フィールド検出器の理想的な方向は下方に向っていることである。これは概してオーバヘッドにデュフを有す三脚に載せることによって行われることになる。この位置では、土壌下方からの非衝突 γ 線が 0° と 90° との間で入射、 0° は検出器フェースに垂直と定義される。しかし、もし標準型上向きクライオスタットが使われるならば、地上線源からの角度範囲が検出器フェースに対して垂直から測定されるように $180^\circ \sim 90^\circ$ であるだろう。30ℓデュフがこの位置でGeをシャドウすると考えられるかも知れないが、ブロックされた地面からの線束量が検出器に入射する全量に比較して小さい。上方か下方かのどちら

かに向っている場合に、検出器がその円筒状のために方位角に対称なレスポンスを持つことが通常想定される。

\varnothing/A

土壌中核種の単位インベントリーまたは濃度あたりの入射線束は検出器依存性ではなくて、むしろ土壌密度と組成、空気減衰と土壌中の線源分布の関数である。Beck等から再生された土壌中単位 γ 放出あたりの種々のエネルギーの線束値がTable 1にあげられる。このTable 1のパラメータ α/ρ は指数プロファイルの尺度で、 α は弛緩長さの逆数、 ρ は土壌密度である。このようにして、一定の深度分布を有す任意の核種について線束値を計算するために、 \varnothing 値が特定エネルギーでTable 1から内挿補間され、次に、その γ 線についての収率で乗ぜられる。

3. 校正結果

上の方法を使って校正した8個の検出器の仕様書は、

Table 1. \varnothing -Unscattered flux($\gamma\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) at 1 m above ground per unit source strength in the soil.*

Source energy (keV)	$(\alpha/\rho) - \text{cm}^2 \text{g}^{-1}$						
	0 (Uniform)	0.0625	0.206	0.312	0.625	6.25	∞ (plane)
50	1.4403	0.0816	0.2245	0.3049	0.4748	1.147	1.577
100	2.7744	0.1458	0.3627	0.4708	0.6786	1.359	1.710
150	3.3264	0.1702	0.4103	0.5261	0.7438	1.427	1.775
200	3.9056	0.1843	0.4550	0.5770	0.8018	1.483	1.804
250	4.0640	0.2008	0.4697	0.5910	0.8185	1.506	1.863
364	4.7184	0.2268	0.5153	0.6429	0.8775	1.578	1.933
500	5.3904	0.2519	0.5595	0.6918	0.9334	1.650	1.995
662	6.1456	0.2788	0.6041	0.7412	0.9889	1.719	2.054
750	6.5312	0.2919	0.6257	0.7649	1.015	1.752	2.084
1000	7.5280	0.3245	0.6769	0.8209	1.077	1.830	2.151
1173	8.1472	0.3437	0.7067	0.8531	1.113	1.874	2.189
1250	8.4384	0.3523	0.7193	0.8675	1.129	1.895	2.205
1333	8.7504	0.3617	0.7335	0.8826	1.145	1.914	2.224
1460	9.1472	0.3731	0.7511	0.9011	1.166	1.941	2.247
1765	10.091	0.3997	0.7897	0.9428	1.211	1.997	2.294
2004	10.818	0.4188	0.8173	0.9725	1.243	2.036	2.334
2250	11.397	0.4357	0.8414	0.9982	1.271	2.071	2.358
2500	12.173	0.4536	0.8667	1.025	1.300	2.105	2.385

* For $\alpha/\rho=0$ (uniform profile, natural emitters), the source strength is $1\gamma\text{g}^{-1}\text{s}^{-1}$ for soil at all depths. For $\alpha/\rho>0$ (exponential profile, fallout emitter), the source strength is $1\gamma\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ emitted from an infinite column of soil where the activity exponentially decreases with depth at relaxation length of $1/\alpha$ at soil density ρ .

Table 2に記載される。検出器校正ファクターを評価する決定的なパラメータは効率、方向、クライオスタ

Table 2. Ge detector specifications

Manufacturer	Serial No.	Code Type	Cryostat orientation	Efficiency (%)	Resolution at 1332 (keV)	Dimensions D _z l (mm)	L/D	Peak/Compton
Princeton Gamma-tech	484	P1 Ge(Li)	4 L	2.9	1.70	36×20	0.58	23.0
	514	P2 Ge(Li)	downward	12.2	2.43	43×44	1.02	30.0
	1039	P3 Ge(Li)	17 L	27.9	2.36	59×47	0.80	35.9
	1545	P4 Ge(Li)	17 L	22.3	2.10	56×54	0.96	49.5
	1030	P5 P-type Ge	2 L	21.7	1.77	59×35	0.59	62.0
EG&G Ortec**	23-N-37VB	O1 N-type Ge	30 L	35.3	1.96	55×65	1.18	59.4
	25-N-1514	O2 N-type Ge	30 L	35.4	1.73	55×72	1.31	87.9
	26-P-70P	O3 P-type Ge	1.8 L	45.0	1.80	60×79	1.31	73.0
			nil attitude					
			upward					

* Princeton Gamma-Tech, Inc., 1200 State Road, Princeton, NJ 08540

** EG & G Ortec, 100 Midland Road, Oak Ridge, TN 37830

† Ge crystal length/diameter ratio.

ット長さ/径比である。

Figure 2は8個の検出器全てについてエネルギー関数としてプロットされる。これらの効率曲線はほぼ平行である。1332 keVでの3"×3"∅NaI(Tl)検出器相対Ge検出効率として製造メーカーの引用効率を使い、

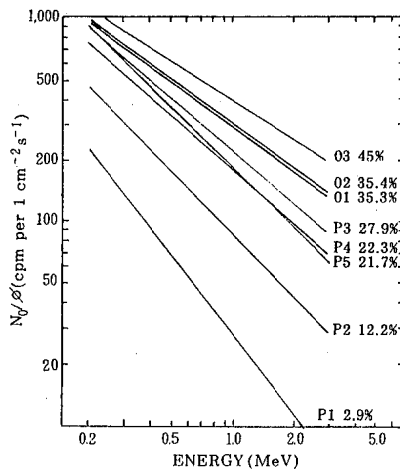


Fig. 2. Efficiency curves for parallel beam of radiation normal to the detector face (N_f/\emptyset) for the various Ge detectors as listed by code number and quoted efficiency (ϵ).

ϵ で示し、他のエネルギーでのレスポンスを予知する。各検出器についてのaとb(式2)の別々の値が各々Figure 3とFigure 4の ϵ 関数としてプロットされる。各場合における2次多項式へのフィットは次式のとおりである。

$$a' = 2.689 + 0.4996 \ln \epsilon + 0.0969 (\ln \epsilon)^2 \quad (4)$$

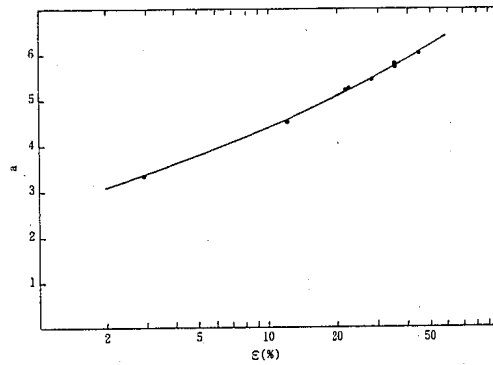


Fig. 3. Experimental values of the constant "a" as a function of detector efficiency (ϵ) and a quadratic fit to the data.

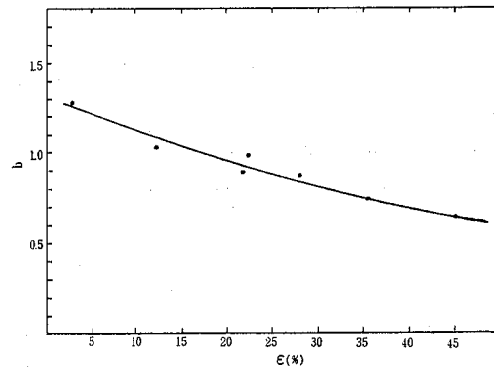


Fig. 4. Experimental values of the constant "b" as a function of detector efficiency (ϵ) and a quadratic fit to the data.

$$b' = 1.315 - 0.02044 \epsilon + 0.00012 \epsilon^2 \quad (5)$$

ただし、 a' と b' はaとbの理論値を示す。これで見られるように、そのフィットは全く良好である。aの曲線フィットからの最大偏差は2%、bの最大偏差は6%である。 a' と b' のこれらの式はどんな検出器についても N_0/\emptyset 値を推定するために式(2)で使われることができる。

純粋な理論ベースに基づいて、検出器の角度レスポンスは結晶ディメンションに関係する。低エネルギー(<100 keV)では、そのレスポンスは入射する線束によって視界に入る検出器の表面積にしたがって変動する。それより高いエネルギーでは、かなり複雑な3次元解析が必要とされる。加えて、ハウジング(囲み)、マウンティング(搭載)、デッド層(不活性Ge)減衰効果が存在する。これらの複雑性にもかかわらず、 N_f/N_0 値が結晶長さ/径(L/D)比の関数(Figure 5)としてプロットされる時に比較的スムーズな曲線にフィットすることを認める。このFigure 5を使って、線源深度分布の両極端のケース、一様($\alpha/\rho=0$)と無限平面($\alpha/\rho=\infty$)について検出器に直面する上方と下方の両方の種々のエネルギーで N_f/N_0 値を推定した。そのデータは0.5~1.3の結晶L/D値のレン

ジをカバーし、Table 3からTable 6までに載せられる。深度分布による N_f/N_0 の比較的小さな変動を考

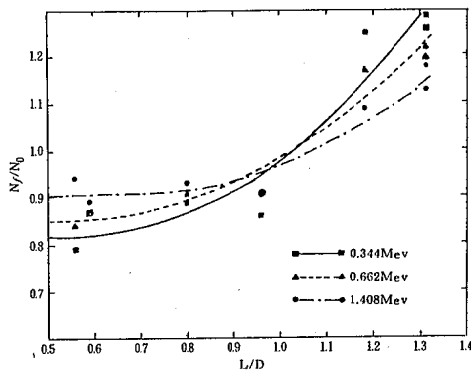


Fig. 5. Experimental angular correction factors (N_f/N_0) and fits as a function of the crystal length/diameter ratio at three different energies for a downward facing cyrostat for depth distribution of $\alpha/\rho=0$ (uniform source distribution).

Table 3. Angular correction factor (N_f/N_0). *

Energy (MeV)	L/D								
	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
0.3	0.64	0.64	0.65	0.68	0.73	0.80	0.89	1.02	1.17
0.5	0.69	0.69	0.69	0.71	0.75	0.81	0.89	1.00	1.13
0.7	0.72	0.72	0.72	0.73	0.77	0.82	0.89	0.99	1.11
1.0	0.75	0.75	0.75	0.76	0.78	0.83	0.89	0.98	1.08
1.5	0.78	0.78	0.78	0.79	0.81	0.84	0.89	0.96	1.05
2.0	0.80	0.80	0.81	0.82	0.82	0.85	0.89	0.95	1.02
2.5	0.82	0.82	0.83	0.83	0.84	0.86	0.89	0.94	1.01

* Upward facing detector, uniform source distribution ($\alpha/\rho=0$).

Table 4. Angular correction factor (N_f/N_0). *

Energy (MeV)	L/D								
	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
0.3	0.77	0.77	0.78	0.78	0.81	0.89	1.00	1.12	1.34
0.5	0.79	0.79	0.80	0.80	0.83	0.90	0.99	1.10	1.28
0.7	0.80	0.80	0.81	0.82	0.84	0.90	0.99	1.09	1.24
1.0	0.82	0.82	0.82	0.83	0.86	0.91	0.98	1.08	1.20
1.5	0.83	0.83	0.83	0.85	0.87	0.92	0.98	1.06	1.16
2.0	0.84	0.84	0.84	0.86	0.88	0.92	0.98	1.05	1.13
2.5	0.85	0.85	0.85	0.87	0.89	0.92	0.97	1.05	1.10

* Downward facing detector, uniform source plane source 0).

慮する時、土壌表面近くのどんな線源についても無限面についてその値を十分に適用できる。深く分布した線

Table 5. Angular correction factor (N_f/N_0). *

Energy (MeV)	L/D								
	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
0.3	0.81	0.82	0.83	0.86	0.91	0.99	1.08	1.18	1.31
0.5	0.84	0.85	0.85	0.88	0.93	0.99	1.06	1.14	1.25
0.7	0.86	0.86	0.87	0.90	0.93	0.98	1.05	1.12	1.21
1.0	0.88	0.88	0.89	0.91	0.94	0.98	1.03	1.10	1.18
1.5	0.91	0.91	0.91	0.92	0.94	0.97	1.02	1.07	1.13
2.0	0.92	0.92	0.93	0.93	0.94	0.96	1.00	1.05	1.10
2.5	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95	0.96	0.99	1.03	1.07

* Downward facing detector, plane source distribution ($\alpha/\rho=\infty$).

Table 6. Angular correction factor (N_f/N_0). *

Energy (MeV)	L/D								
	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
0.3	0.80	0.80	0.81	0.83	0.88	0.97	1.07	1.19	1.35
0.5	0.82	0.82	0.83	0.85	0.90	0.97	1.06	1.16	1.29
0.7	0.83	0.84	0.85	0.87	0.91	0.97	1.05	1.14	1.25
1.0	0.85	0.85	0.86	0.88	0.92	0.97	1.04	1.12	1.22
1.5	0.86	0.87	0.88	0.90	0.93	0.97	1.03	1.10	1.17
2.0	0.88	0.89	0.90	0.91	0.93	0.97	1.02	1.08	1.14
2.5	0.89	0.90	0.91	0.92	0.94	0.97	1.01	1.07	1.12

* Downward facing detector, plane source distribution ($\alpha/\rho=\infty$).

源の場合 ($\alpha/\rho < 0.1$) は適用される一様プロフィールについての値を持ち、一方 N_f/N_0 のメジアン値は土壤中に深く浸透しなかった ($0.1 < \alpha < 0.5$) いくぶん熟成したフォールアウト生成物に適用されることができ

4. 推定される校正ファクター

観測ピーク計数率の土壤中放射性核種インベントリ—または濃度への変換は3つのファクター N_0/\varnothing , N_f/N_0 , \varnothing/A を決定し、式(1)を使うことによって行われることができる。この方法は5校正方法の使い方の例2でアウトラインが示される。この方法のステップの大部分を省くために、 N_0/\varnothing の ϵ へのフィットを取り上げ、それらをいくつかの共通した自然と人工放射性核種についてファクター N_0/A を算出するため、Table 1から導かれるように \varnothing 値と組み合わせた。これらの値は5%のステップで5~45%間の範囲にある効率を有す検出器について Table 7から Table 9まで

に提示される。この範囲の任意の検出器についての値

Table 7. N_0/A^* for freshly deposited man-made emitters ($\alpha/\rho=6.25$).

Nuclide	Energy (MeV)	Dose rate (exposure rate) **	Detector efficiency (%)								
			5	10	15	20	25	30	35	40	45
60 Co	1.173	8.94×10^{-3} (3.77×10^{-2})	0.0065 (0.24)	0.0122 (0.45)	0.0184 (0.68)	0.0251 (0.93)	0.0327 (1.21)	0.041 (1.50)	0.049 (1.32)	0.058 (2.16)	0.068 (2.51)
	1.332		0.0057 (0.21)	0.0108 (0.40)	0.0165 (0.61)	0.0230 (0.85)	0.0297 (1.10)	0.038 (1.39)	0.046 (1.69)	0.055 (2.02)	0.064 (2.37)
95 Zr	.724	2.84×10^{-3} (1.20×10^{-2})	0.0048 (0.17)	0.0084 (0.31)	0.0122 (0.45)	0.0159 (0.59)	0.0200 (0.74)	0.0241 (0.89)	0.0281 (1.04)	0.032 (1.20)	0.037 (1.37)
	.757		0.0057 (0.21)	0.0103 (0.38)	0.0149 (0.55)	0.0195 (0.72)	0.0243 (0.90)	0.0295 (1.09)	0.035 (1.29)	0.040 (1.49)	0.046 (1.69)
95 Nd	.766	2.94×10^{-3} (1.24×10^{-2})	0.0103 (0.38)	0.0184 (0.68)	0.0268 (0.99)	0.035 (1.31)	0.044 (1.64)	0.054 (1.98)	0.063 (2.34)	0.073 (2.70)	0.083 (3.08)
103 Ru	.497	1.86×10^{-3} (7.85×10^{-3})	0.0141 (0.52)	0.0243 (0.90)	0.034 (1.26)	0.044 (1.61)	0.053 (1.95)	0.062 (2.29)	0.071 (2.63)	0.080 (2.97)	0.090 (3.31)
131 I	.365	1.50×10^{-3} (6.32×10^{-3})	0.0184 (0.68)	0.031 (1.14)	0.042 (1.56)	0.063 (1.95)	0.062 (2.31)	0.072 (2.65)	0.081 (2.98)	0.089 (3.30)	0.098 (3.62)
132 I	.668+.670	8.67×10^{-3} (3.66×10^{-2})	0.0122 (0.45)	0.0216 (0.80)	0.031 (1.16)	0.041 (1.52)	0.051 (1.88)	0.061 (2.25)	0.071 (2.63)	0.082 (3.02)	0.092 (3.42)
	.773		0.0078 (0.29)	0.0141 (0.52)	0.0203 (0.75)	0.0270 (1.00)	0.034 (1.25)	0.041 (1.51)	0.048 (1.78)	0.056 (2.06)	0.064 (2.35)
134 Cs	.605	6.02×10^{-3} (2.54×10^{-2})	0.0130 (0.48)	0.0227 (0.84)	0.0322 (1.19)	0.042 (1.56)	0.052 (1.91)	0.061 (2.27)	0.071 (2.63)	0.081 (3.00)	0.091 (3.38)
	.796		0.0084 (0.31)	0.0151 (0.56)	0.0222 (0.82)	0.0295 (1.09)	0.037 (1.37)	0.045 (1.66)	0.053 (1.96)	0.061 (2.27)	0.070 (2.60)
136 Cs	.819	8.11×10^{-3} (3.42×10^{-2})	0.0095 (0.35)	0.0173 (0.64)	0.0251 (0.93)	0.034 (1.24)	0.042 (1.57)	0.051 (1.90)	0.061 (2.25)	0.071 (2.61)	0.081 (2.99)
	1.048		0.0059 (0.22)	0.0108 (0.40)	0.0162 (0.60)	0.0219 (0.81)	0.0284 (1.05)	0.035 (1.29)	0.042 (1.55)	0.050 (1.83)	0.057 (2.12)
137 Cs	.662	2.20×10^{-3} (9.28×10^{-3})	0.0103 (0.38)	0.0181 (0.67)	0.0259 (0.96)	0.034 (1.26)	0.042 (1.56)	0.051 (1.87)	0.059 (2.18)	0.068 (2.50)	0.077 (2.83)
140 Ba	.537	5.71×10^{-4} (2.41×10^{-3})	0.0038 (0.14)	0.0062 (0.23)	0.0089 (0.33)	0.0115 (0.43)	0.0141 (0.52)	0.0165 (0.61)	0.0192 (0.71)	0.0216 (0.80)	0.0243 (0.90)
140 La	.487	7.89×10^{-3} (3.33×10^{-2})	0.0078 (0.29)	0.0135 (0.50)	0.0189 (0.70)	0.0241 (0.89)	0.0292 (1.08)	0.034 (1.26)	0.039 (1.44)	0.044 (1.63)	0.049 (1.81)
	1.596		0.0046 (0.17)	0.0086 (0.32)	0.0135 (0.50)	0.0189 (0.70)	0.0254 (0.94)	0.032 (1.18)	0.039 (1.45)	0.047 (1.75)	0.056 (2.07)

* cpm per Bq m⁻²
(cpm per mCi km⁻²)

** Dose rate in air (exposure rate) conversion factors for above:
nGy h⁻¹ per Bq m⁻² (μ R h⁻¹ per mCi km⁻²)

Table 8. N_0/A^* for ¹³⁷Cs(.662 MeV) at various depth profiles.

α/ρ	Dose rate in air (exposure rate) **	Detector efficiency (%)								
		5	10	15	20	25	30	35	40	45
∞	2.53×10^{-3} (1.07×10^{-2})	0.0121 (0.447)	0.0214 (0.790)	0.031 (1.14)	0.040 (1.49)	0.050 (1.85)	0.050 (2.21)	0.070 (2.58)	0.080 (2.96)	0.090 (3.34)
6.250	2.20×10^{-3} (9.30×10^{-3})	0.0102 (0.378)	0.0181 (0.669)	0.0260 (0.963)	0.034 (1.26)	0.042 (1.56)	0.050 (1.87)	0.059 (2.18)	0.068 (2.50)	0.076 (2.83)
0.625	1.47×10^{-3} (6.21×10^{-3})	0.0059 (0.218)	0.0097 (0.385)	0.0150 (0.554)	0.0196 (0.725)	0.0243 (0.899)	0.0292 (1.08)	0.034 (1.26)	0.039 (1.44)	0.044 (1.63)
0.312	1.19×10^{-3} (5.02×10^{-3})	0.0044 (0.163)	0.0078 (0.289)	0.0112 (0.416)	0.0147 (0.544)	0.0182 (0.674)	0.0218 (0.807)	0.0255 (0.942)	0.0292 (1.08)	0.033 (1.22)
0.206	1.02×10^{-3} (4.32×10^{-3})	0.0036 (0.133)	0.0064 (0.235)	0.0091 (0.337)	0.0119 (0.442)	0.0148 (0.548)	0.0177 (0.655)	0.0207 (0.765)	0.0237 (0.877)	0.0263 (0.992)
0.0625	5.52×10^{-4} (2.33×10^{-3})	0.0016 (0.061)	0.0029 (0.109)	0.0042 (0.156)	0.0055 (0.205)	0.0069 (0.254)	0.0082 (0.304)	0.0096 (0.354)	0.0110 (0.406)	0.0124 (0.460)

* cpm per Bq m⁻²
(cpm per mCi km⁻²)

** Dose rate in air (exposure rate) conversion factors for above:
nGy h⁻¹ per Bq m⁻² (μ R h⁻¹ per mCi km⁻²)

がこの掲載から内挿補間されることができ、これらの N_0/A 値は $N_f/N_0=1$ の場合、すなわち、角度補正ファクターのない場合、一つの検出器についてピーク計数率のインベントリーまたは濃度変換ファクターを表す。また、これらの表に載せられるのは地上 1 m の高さでインベントリーまたは濃度を線量率に変換するファクターである。

Table 7では、人工放出物についてのファクターが土壤中にいくぶんか浸透した線源に対応する $\alpha/\rho=6.25$ の場合指数深度分布を使って計算された。典型的な 1.6 g cm^{-3} の土壤密度では、これは放射能の 63% ($1-1/e$) が土壤の表層 1 mm 中に含まれることを意味する。

Table 8は種々の深度プロファイルについていたると

Table 9. N_0/A * for uniform distribution of natural emitters ($\alpha/\rho=0$).

Nuclide	Energy (MeV)	Detector efficiency (%)								
		5	10	15	20	25	30	35	40	45
Uranium series										
²²⁶ Ra	.186	0.042 (1.57)	0.067 (2.46)	0.086 (3.17)	0.101 (3.74)	0.114 (4.21)	0.125 (4.62)	0.135 (4.98)	0.144 (5.31)	0.152 (5.63)
²¹⁴ Pb	.242	0.070 (2.59)	0.113 (4.17)	0.148 (5.49)	0.179 (6.62)	0.206 (7.61)	0.230 (8.49)	0.251 (9.30)	0.273 (10.1)	0.292 (10.8)
	.296	0.154 (5.70)	0.252 (9.33)	0.338 (12.5)	0.414 (15.3)	0.484 (17.9)	0.546 (20.2)	0.608 (22.5)	0.665 (24.6)	0.722 (26.7)
²¹⁴ Bi	.352	0.256 (9.46)	0.427 (15.8)	0.511 (21.5)	0.722 (26.7)	0.854 (31.6)	0.978 (36.2)	1.10 (40.6)	1.21 (44.9)	1.33 (49.2)
	.609	0.206 (7.62)	0.362 (13.4)	0.516 (19.1)	0.670 (24.8)	0.827 (30.6)	0.984 (36.4)	1.14 (42.3)	1.30 (48.2)	1.47 (54.3)
	1.120	0.044 (1.62)	0.082 (3.02)	0.123 (4.55)	0.168 (6.21)	0.217 (8.01)	0.269 (9.94)	0.324 (12.0)	0.384 (14.2)	0.446 (16.5)
	1.765	0.033 (1.22)	0.064 (2.36)	0.100 (3.70)	0.142 (5.25)	0.189 (7.00)	0.242 (8.96)	0.300 (11.1)	0.365 (13.5)	0.435 (16.1)
Thorium series										
²²⁸ Ac	.911	0.097 (3.57)	0.176 (6.52)	0.261 (9.64)	0.349 (12.9)	0.443 (16.4)	0.543 (20.1)	0.649 (24.0)	0.757 (28.0)	0.870 (32.2)
	.965+967	0.073 (2.70)	0.134 (4.95)	0.199 (7.36)	0.268 (9.93)	0.343 (12.7)	0.422 (15.6)	0.503 (18.6)	0.589 (21.8)	0.678 (25.1)
²¹² Pb+ ²¹² Ra	.239+241	0.470 (17.4)	0.757 (28.0)	0.995 (36.8)	1.200 (44.4)	1.38 (51.0)	1.54 (56.9)	1.68 (62.3)	1.82 (67.4)	1.96 (72.4)
²⁰⁸ Tl	.583	0.141 (5.21)	0.246 (9.10)	0.351 (13.0)	0.454 (16.8)	0.557 (20.6)	0.660 (24.4)	0.765 (28.3)	0.870 (32.2)	0.978 (36.2)
	2.615	0.059 (2.19)	0.119 (4.41)	0.193 (7.15)	0.283 (10.5)	0.389 (14.4)	0.511 (18.9)	0.651 (24.1)	0.808 (29.9)	0.981 (36.3)
⁴⁰ K	1.461	0.025 (0.97)	0.050 (1.84)	0.077 (2.84)	0.107 (3.97)	0.141 (5.22)	0.178 (6.60)	0.219 (8.09)	0.262 (9.71)	0.308 (11.4)

* cpm per Bq kg⁻¹
(cpm per pCi g⁻¹)

Note: Dose rate in air (exposure rate) conversion factors for above:

- ²³⁸U series 0.450 nGy h⁻¹ per Bq kg⁻¹ (1.90 μR h⁻¹ per pCi g⁻¹)
²³²Th series 0.668 nGy h⁻¹ per Bq kg⁻¹ (2.82 μR h⁻¹ per pCi g⁻¹)
⁴⁰K 0.0424 nGy h⁻¹ per Bq kg⁻¹ (0.179 μR h⁻¹ per pCi g⁻¹)

ところに存在する ¹³⁷Cs のファクターを含む。この ¹³⁷Cs が大抵の地域で全 γ 線量率に数パーセント寄与するため ¹³⁷Cs についての情報を含み、ある意味では「バックグラウンド」放射線環境の一部と考えられることができる。概して、現今のプロファイルが指数関数によってほど良く表わされると期待できる。その場合 α/ρ は気候が多湿な開放フィールド地域では、0.03~0.2 のオーダー、半ば乾燥しきった地域では、0.2~1 のオーダーである。

Table 9 の記載事項は一様線源分布を想定する自然放出物についてのものである。推定量が深度と土壤密度に依存しない濃度の形である。この表中の ²²⁶Ra と娘核種を計算するのに使われる ρ/A 値は 0.609 MeV ²¹⁴Bi ラインについて 1 崩壊あたり 0.45 の強度に基づく。これらの表から N_0/A 値をフィールドスペクトルのピーク計数率に適用する前に、 N_f/A を得るために Table 3~6 から適正な角度補正ファクター (N_f/N_0) で乗ずることが必要である。

5. 校正方法の使い方 (2例)

例 1

下方に直面するクライオスタット、30%の効率、1.0 の結晶長さ/径 (L/D) 比の仮の検出器を使用する。測定したい核種は新しく沈積した人工放出物である ¹³¹I (365keV) である (Table 7)。

- Table 6 から、365 keV と 1.0 の L/D 比について角度補正ファクター N_f/N_0 を推定する。このエネルギー 365 keV の N_f/N_0 値は 0.97 である。
- N_0/A は Table 7 を使うことによって得られることができる。Table 7 からの値は 0.072 である。
- これらの 2 つの値は N_f/A を計算するために乗ぜられる。

$$N_f/A = (0.072 \text{ cpm} / \text{Bq m}^{-2}) (0.97) \\ = 0.070 \text{ cpm} / \text{Bq m}^{-2}$$

- もし測定ピーク計数率が 100 cpm であるならば、沈積放射能は次のとおりである。

$$A = 100 \text{ cpm} / 0.070 \text{ cpm} / \text{Bq m}^{-2} \\ = 1.43 \times 10^3 \text{ Bq m}^{-2}$$

- Table 7 から変換ファクターを使うと、線量率への寄与分は次のとおりである。

$$I = (1.5 \times 10^{-3} \text{ nGy h}^{-1} / \text{Bq m}^{-2}) (1.43 \times 10^3 \text{ Bq m}^{-2}) \\ = 2.14 \text{ nGy h}^{-1}$$

例2

検出器および解析される核種について次のような情報を知ることによって一定の深度分布を有す任意の核種について N_f/A を計算する。

検出器は例1と同一とし、核種はわずかばかり埋められた線源に対応する $\alpha/\rho = 6.25$ の線源分布を有し、0.658 MeV で Ag-110 M である。式(1)の3項を使って N_f/A を計算する。

- (1) 角度補正ファクター (N_f/N_0) が Table 6 から内挿補間されて 0.97 となる。
- (2) ε が 30 に等しい場合式(4)および(5)を使って、 a' の値が 5.509, b' の値が 0.810 となる。式(2)に a' および b' の値を内挿補間すると、 N_0/ρ が 347 となる。
- (3) Table 1 のデータを使うと、内挿補間して単位 γ 放出についての線束が 1.72 で、その γ 線について収率をかける (γ /崩壊)。

$$\begin{aligned}\rho/A &= (1.72)(0.947) \\ &= 1.63 \gamma \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} / \text{Bq cm}^{-2} \\ &= 1.63 \times 10^{-4} \gamma \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} / \text{Bq m}^{-2}\end{aligned}$$

- (4) N_f/A は次のとおりである。

$$\begin{aligned}N_f/A &= (0.97)(347)(1.63 \times 10^{-4}) \\ &= 0.0549 \text{ cpm} / \text{Bq m}^{-2}\end{aligned}$$

- (5) 100 cpm のピーク計数率については、次のとおりである。

$$\begin{aligned}A &= 100 \text{ cpm} / 0.0549 \text{ cpm} / \text{Bq m}^{-2} \\ &= 1.82 \times 10^3 \text{ Bq m}^{-2}\end{aligned}$$

- (6) Beck (1980) を使うと、1 mCikm⁻² についての線量率はこの線源分布 $\alpha/\rho = 6.25$ について、0.0436 μRh^{-1} として与えられる。SI 線量単位では、0.0103 nGyh⁻¹/Bqm⁻² に等しい。

$$\begin{aligned}I &= (0.0103)(1.82 \times 10^3) \\ &= 18.6 \text{ nGyh}^{-1}\end{aligned}$$

まとめ

in-situ γ 線スペクトロメトリーは環境中の放射性核種に関する情報を得る実務的な道具である。それは特定放射性核種についての沈積放射能および迅速評価が求められる緊急時対応状況において特に有用である。それはまた環境中の低レベル汚染のルーチンチェックに使われることができる感度良好な方法である。フィ

ールド測定 Ge 検出器の完全な校正がかなりの努力を伴うので、本文の校正ファクターは近似法で十分であるような状況に使われることができる。必要とされる重要なパラメータは 1332 keV での製造メーカー引用効率、検出器方向(上向きまたは下向き)、Ge 結晶長さ/径比である。結晶マウンティング、ハウジング、デッド層のような他の変数から生ずる検出器レスポンスにおける変動にかかわらず、これらの半実験校正ファクターを使う正確度は 10~15% のオーダーである。

文献

- 1) Beck, H. L., DeCampo, J., Gogolak, C. V. : In situ Ge(Li) and NaI(Tl) gamma-ray spectrometry, HASL-258, 1972
- 2) Helfer, I.K., Miller, K. M. : Calibration Factors for Ge Detectors used for Field Spectrometry, No.1 (July), 1988

