

(資料)

## ボイラーにおける窒素酸化物排出量調査

多田納力, 藤本修身

### Investigation of the Nitrogen Oxide Emissions from Boilers

Tsutomu TATANO and Osami FUJIMOTO

(Received Jun. 7, 1978)

#### 1. 緒言

固定燃焼施設から排出される窒素酸化物について排出係数を算出することは、総排出量をは握するうえで必要である。環境庁は昭和50年度までに200を越す施設について測定を実施し、また、地方自治体の調査結果も収集し、解析を行っている。<sup>1)</sup>

しかし、窒素酸化物の排出に及ぼす要因は複雑で、施設によってはかなりの違いがあるので、全施設一律の排出係数を決めることはできない。しかも、窒素酸化物低減のための燃焼技術の改善も進められているため、それに対応した調査を続け、排出量変動の予測ができるような排出係数の扱いが必要となる。

広島県においても、昭和50年9月から52年2月にわたり、固定燃焼施設から排出される窒素酸化物の実態調査を行ったので、そのうち、ボイラーについて結果を報告する。

#### 2. 調査施設及び調査方法

##### 2.1 調査施設の概要

調査施設は、事業用ボイラー19施設、発電用ボイラー11施設である。

発電用ボイラーのうち、重油や石炭を燃料とする施設では、窒素酸化物抑制対策として低NO<sub>x</sub>バーナーの使用や二段燃焼、あるいは排ガス再循環燃焼が行われている。一方、事業用ボイラーでは、これらの窒素酸化物抑制対策を講じている施設はなかった。

事業用ボイラーについて、その施設規模を伝熱面積によって大、中、小に分類した場合、小型ボイラーは炉筒煙管式であり、大型、中型はほとんどが水管式である。

また、この小型ボイラーの使用燃料は、灯油、A重油、B重油、あるいはそれらの混焼であり、大型、中型では多くがC重油を使用している。

##### 2.2 調査方法

排ガス流量はJIS Z 8808により測定し、実測の難しい施設は燃焼計算により算出した。窒素酸化物濃度は、化学発光法による連続分析計(東芝ベックマン製951A型)で測定した。酸素濃度は、電極方式による連続分析計(東芝ベックマン製プロセス用715型)、又は磁気風方式による連続分析計(島津製MAG 50)を使って測定した。

#### 3. 結果及び考察

##### 3.1 燃料の種類と窒素酸化物濃度

大気汚染防止法で定める窒素酸化物排出基準は、各施設ごとに定めた酸素濃度に換算した値であるが、今回はすべての調査対象施設について、酸素濃度0%に換算した窒素酸化物濃度を算出し、規模、燃焼室負荷、及び燃料種類別に比較した。<sup>2)</sup> 結果を図1に示す。

事業用ボイラーにおける窒素酸化物濃度は、A重油又はA重油と灯油の混焼(良質油)施設やガス燃焼施設では100 ppm前後であり、その他の重油燃焼施設では、施設規模や燃焼室負荷の大きさによらず150~250 ppmで

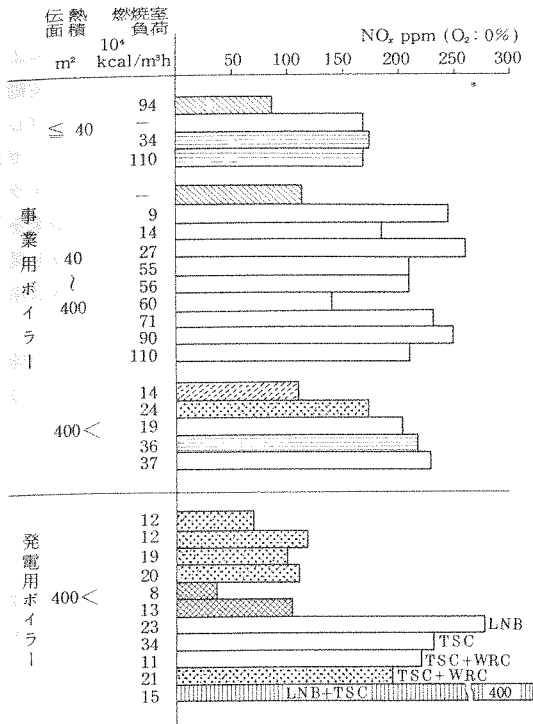


図1 酸素濃度0%換算窒素酸化物濃度

- 良質油 (A重油, A重油+灯油)
- 良質油以外の重油
- ガス混焼
- 良質油混焼
- ガス専焼
- 石炭
- LNB: 低NO<sub>x</sub>バーナー
- TSC: 二段燃焼法
- WRC: 排ガス再循環燃焼法

あった。窒素酸化物抑制対策が講じられている発電用ボイラーの重油燃焼施設と事業用ボイラーとはほぼ同じ値であった。

良質油やガス燃料の使用は窒素酸化物排出量の低減に効果がある。しかし、良質油と他の重油との混焼の場合、かならずしもその効果はみられず、燃焼方法も含めた対策が必要であると考えられる。

### 3.2 燃料使用量と窒素酸化物排出量

燃料使用量と窒素酸化物排出量の間には Woolrich の関係式がある。すなわち、燃料燃焼熱量とNO<sub>x</sub>換算窒素酸化物排出量との関係は、両対数目盛上で直線関係にある。事業用ボイラー及び発電用ボイラーとに分けてこれを見たのが、図2、図3である。

事業用ボイラーについてはB重油専焼、C重油専焼、あるいはこれらの油種を含む混焼の場合は、燃料燃焼熱量と窒素酸化物排出量の間比較的良い直線関係が得ら

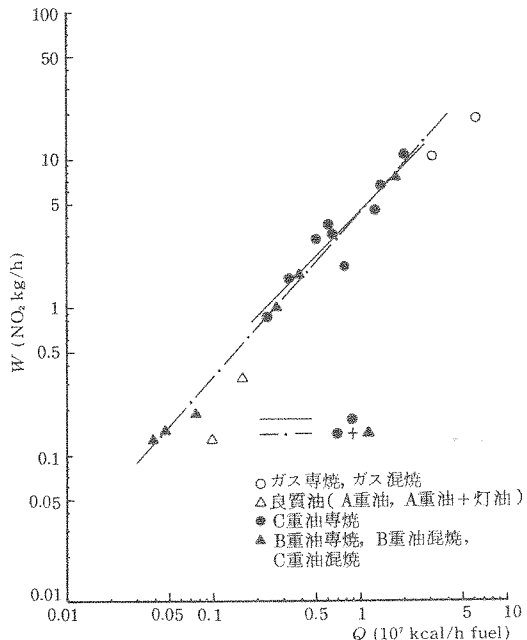


図2 事業用ボイラーにおける燃料燃焼熱量(Q)とNO<sub>x</sub>換算窒素酸化物排出量(W)の関係

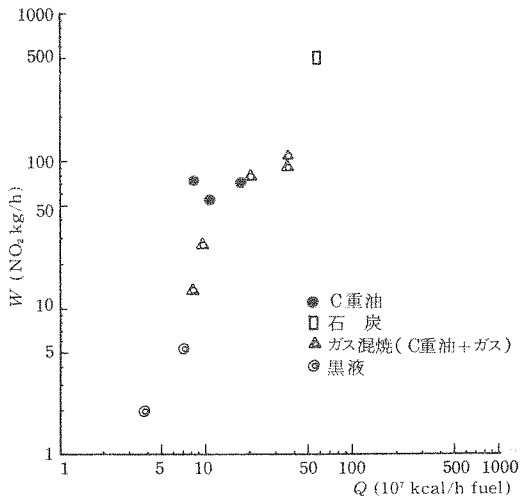


図3 発電用ボイラーにおける燃料燃焼熱量(Q)とNO<sub>x</sub>換算窒素酸化物排出量(W)の関係

れた。しかし、ガス燃焼、良質油専焼の事業用ボイラー及び発電用ボイラーでは、例数が少なく、この関係を探るに至らなかった。

### 3.3 窒素酸化物排出係数

現在まで報告されている燃料使用量と窒素酸化物排出

量の関係式には次の3式がある<sup>1,3)</sup>

(1) Duprey の式  $W = a_1 Q$

(2) Woolrich の式  $W = a_2 Q^{b_1}$

(3) 重回帰式  $W = a_3 Q_{MAX}^{b_2} \cdot R^c, R = \frac{Q}{Q_{MAX}}$

ここに、 $W$ :  $NO_2$  換算窒素酸化物排出量 (kg/h)

$Q$ : 燃料燃焼熱量 ( $10^7$  kcal/h)

$Q_{MAX}$ : 定格燃焼熱量 ( $10^7$  kcal/h)

$R$ : 燃焼負荷率

$a_{1-3}, b_{1,2}, c$ : 定数

(1)式から求められる  $10 W/Q$  が、いわゆる“排出係数”の考え方であるが、窒素酸化物排出量をより精度良く見積もるために出されたのが(2)式及び(3)式である。しかし、今回の調査では定格燃焼熱量の調査が十分ではなく、重回帰式を求めることができなかつたので、(1)式及び(2)式の定数を求めた。その結果求められた事業用ボイラーの関係式は、C重油専焼の場合は、

(1)式から  $W = 4.55 Q$

(2)式から  $W = 4.46 Q^{1.04} \quad r = 0.929 (n = 9)$

ガス専焼、良質油燃焼以外では

(1)式から  $W = 4.14 Q$

(2)式から  $W = 4.42 Q^{1.11} \quad r = 0.985 (n = 15)$

である。

なお、事業用ボイラーでは、蒸発量からみた負荷率はほとんど60~80%であり、発電用ボイラーでは、出力

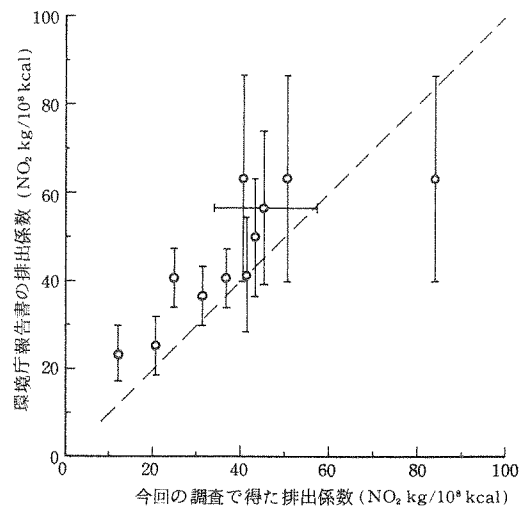


図4 今回の調査と環境庁報告書<sup>1)</sup>との窒素酸化物排出係数の比較

からみた負荷率は90~100%であった。

文献1では最終的にまとめられた排出係数は(1)式により算出したもので、その精度についてはデータ数と変動係数を加味して4ランク(A>B>C>D)にランクづけしている。そこで、今回の調査で得た排出係数のうち、ガス燃焼以外の事業用ボイラーとC重油専焼の発電ボイラーの排出係数について、文献1の値と比較した。結果を図4に示す。なお、混焼の場合は文献1の排出係数を混焼割合に応じて算出し、また、Dランクの排出係数は除いた。

3.2では事業用ボイラーの燃料使用量と窒素酸化物排出量との間に比較的良好な相関があったのに対し、今回の排出係数と文献1の結果とはあまり一致していない。このことは一律的に排出係数を扱うことの難しさを意味しているものと思われる。

#### 4. 結 語

1) 良質油を燃料とする事業用ボイラーは窒素酸化物濃度が低かった。構造的に窒素酸化物抑制対策が難しい施設では、良質油への転換によって排出量の低減化をはかるのが効率的である。

2) 事業用ボイラーのB重油専焼、C重油専焼、あるいはこれらの油種を含む混焼の場合は、燃料使用量と窒素酸化物排出量との間に比較的高い相関があった。

3) 今回の調査で得た排出係数は、環境庁報告書に示されている排出係数とあまり一致しなかつた。これは排出係数を一律的に取扱うことの難しさを示唆するもので、その取扱いには実態調査結果を十分考慮する必要があるものと思われる。

稿を終えるに当たって、今回の調査に御協力いただいた関係保健所及び関係市の担当職員各位に感謝します。

#### 文 献

- 1) 環境庁大気保全局企画課、固定燃焼施設における大気汚染物質の排出係数に関する調査報告書、昭和51年7月。
- 2) 加藤敏二、永田勝也、氷見康二、“ $NO_x$ への挑戦”、日本熱エネルギー技術協会、東京、昭51、pp.55-74。
- 3) 氷見康二、固定燃焼施設における大気汚染物質の排出係数について、大気汚染ニュース、96、15(1976)。

# 大気上層風調査の解析

## —パイボール観測からの気象要素の計算プログラム—

大原真由美, 大本幸達

### Analysis of Upper Wind Observation

### —Calculation Program of Meteorological Elements Using Pilot-Balloon Observation Data—

Mayumi OOHARA and Yukisato OHMOTO

(Received May 4, 1978)

## 1. 緒 言

大気観測をする場合、地上の風向、風速だけでは十分でなく、上層大気の移流が問題になる。現在、上層風の調査として、パイボール観測は、簡易かつ安価であるため、各地で行われている。広島県でも、光化学オキシダントの発生予測の一助とするために、5地点（大竹、広島、呉、三原、福山）で、昭和49年から観測を行ってきた。また、最近、大気拡散シミュレーションを行うにあたって、上層風のデータが必要とされてきている。<sup>1)</sup>しかし、これまでは、手作業で軌跡などを書いてきたため、多くの時間と労力が必要とされ、その解析までは、手がまわらない状態であった。そこで、時間と労力の節約と、データの保存及び解析を行うために、第1段階として、データ処理プログラムを試作し、過去のデータを処理、保存することとしたので、その手法等を報告する。

## 2. システムの機器構成

電子計算課のHITAC M-160 II システムを使用した。プログラムの実行には、中央処理装置、磁気テープ装置2台、カードリーダー1台、及びラインプリンタを要する。

## 3. プログラムの内容

プログラムの使用言語はFORTRAN IVで、使用記憶容量は68Kバイトである。

概略は図1のように、1回分の観測データ（高度50m

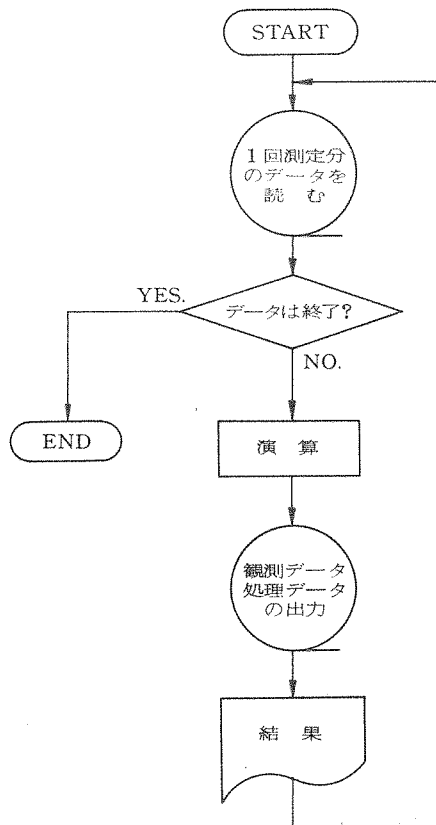


図1 プログラムの概略図

表1. 入力変数の名称

変数名	説明
NO	データ番号
IAREA	コード化した地域名
IYEAR	観測開始時の年
IMONTH	観測開始時の月
IDAY	観測開始時の日
IHOURL	観測開始時の時
IMIN	観測開始時の分
ICA	雲量
CF	雲形
AKODO(i)	高度角
AHOI(i)	方位角

表2. 出力変数の名称

変数名	説明
DIST(i)	水平距離
PX(i)	水平距離のE-W成分
PY(i)	水平距離のN-S成分
WD(i)	風向
IWID(i)	コード化した風向*
WV(i)	平均風速
VX(i)	平均風速のE-W成分
VY(i)	平均風速のN-S成分

\* 風向を16方位に分類し、Nを1にし、右まわりに番号付をする。したがってNNWは16になる。

～1500 m)を磁気テープから読み出し、気象要素(水平距離、水平距離のE-W成分、及びN-S成分、風向、コード化した風向、平均風速、平均風速のE-W成分、及びN-S成分)を計算し、観測データと共に、これら処理データを磁気テープに書き込む。と同時に、結果をプリントアウトする。

### 3.1 入・出力変数及び磁気テープのレイアウト

磁気テープの入・出力変数の名称は、表1、2に示すとおりである。

磁気テープのレイアウトは、入力側は、図2のように、1レコードに1回分のデータが書きこまれている。出力テープは、図3に示すように、観測データと共に処理データを、やはり1レコードに1回分のデータを書き込む。

### 3.2 気象要素の計算

フローチャートを図4に示す。

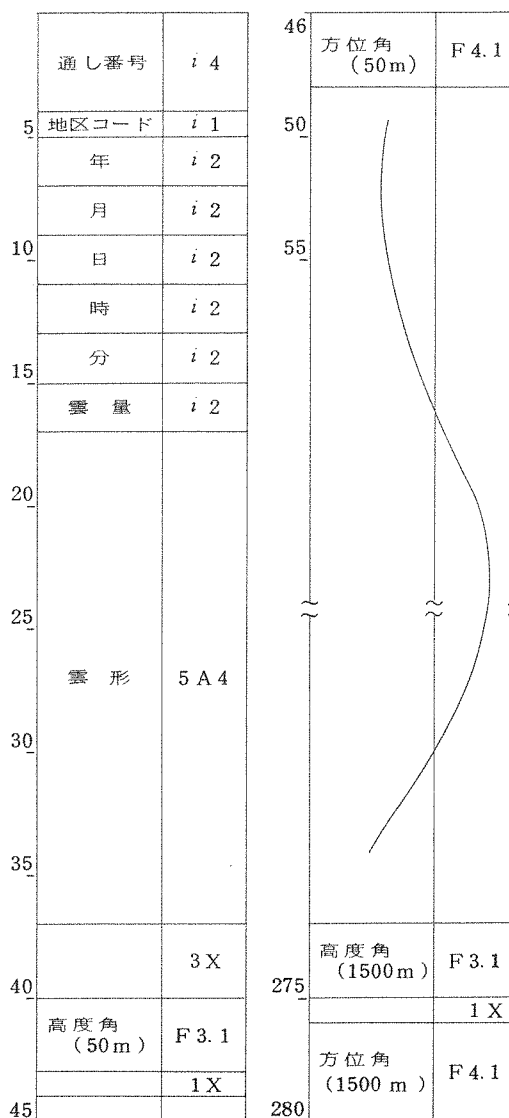


図2 入力データのレイアウト

パイボール観測は、20 gの気球に57 gの浮揚力を与え観測したので、次式<sup>2)</sup>

$$V = 46.02 \times \left\{ \frac{L}{(L+W)^{1.2}} \right\}^{1/2.182}$$

L: 浮揚力(g), W: 気球及び付属物の全重量(g), V: 上昇速度(m/min)

から、気球の上昇速度を150 m/minとして、気象要素を計算した。

1	通し番号	i 4	46	方位角 (50m)	F5.1	91	高度角 (100m)	F4.1	1496	方位角 (1500m)	F5.1			
5	地区コード	i 1	50	水平距離 (50m)	F6.1				1500	水平距離 (1500m)	F6.1			
	年	i 2							1505					
	月	i 2							1510	水平距離の E-W成分 (1500m)	F7.1			
10	日	i 2	55	水平距離の E-W成分 (50m)	F7.1				1515	水平距離の N-S成分 (1500m)	F7.1			
	時	i 2							1520	風向 (1500m)	F4.0			
	分	i 2	60	コード化した 風向	i 2				1525	コード化した 風向	i 2			
	雲量	i 2							1530	平均風速 (1500m)	F5.1			
20	雲形	5A 4	65	平均風速 (50m)	F5.1				1535	平均風速の N-S成分 (1500m)	F5.1			
			70	平均風速の N-S成分 (50m)	F5.1				1490	高度角 (1500m)	F4.1	1540	平均風速の E-W成分 (1500m)	F5.1
			75	平均風速の E-W成分 (50m)	F5.1									
			80	方位角 (50m)	F4.0									
			85	コード化した 風向	i 2									
30			75	風向 (50m)	F4.0									
			80	コード化した 風向	i 2									
			85	平均風速 (50m)	F5.1									
35			90	平均風速の N-S成分 (50m)	F5.1									
40	高角度 (50m)	F4.1												
45														

図3 出力データのレイアウト

### 3.3 軌跡の図式化

図5のフローチャートのように、軌跡を3万分の1に縮尺し、A変換をおこない図式化した。

### 3.4 処理例

図6-1, 6-2に、このプログラムを使用しての処

理例を示す。すなわち、図6-1のように、観測地点、年月日、測定時間、雲量、雲形を記し、観測回数、高度、高度角、方位角、水平距離、風速、風向〔( )内は、16方位に分類した時の記号〕、風速のE-W成分、風速のN-S成分を表にした。

図6-2は、その軌跡である。軌跡の記号と高度との関係は、表3のとおりである。

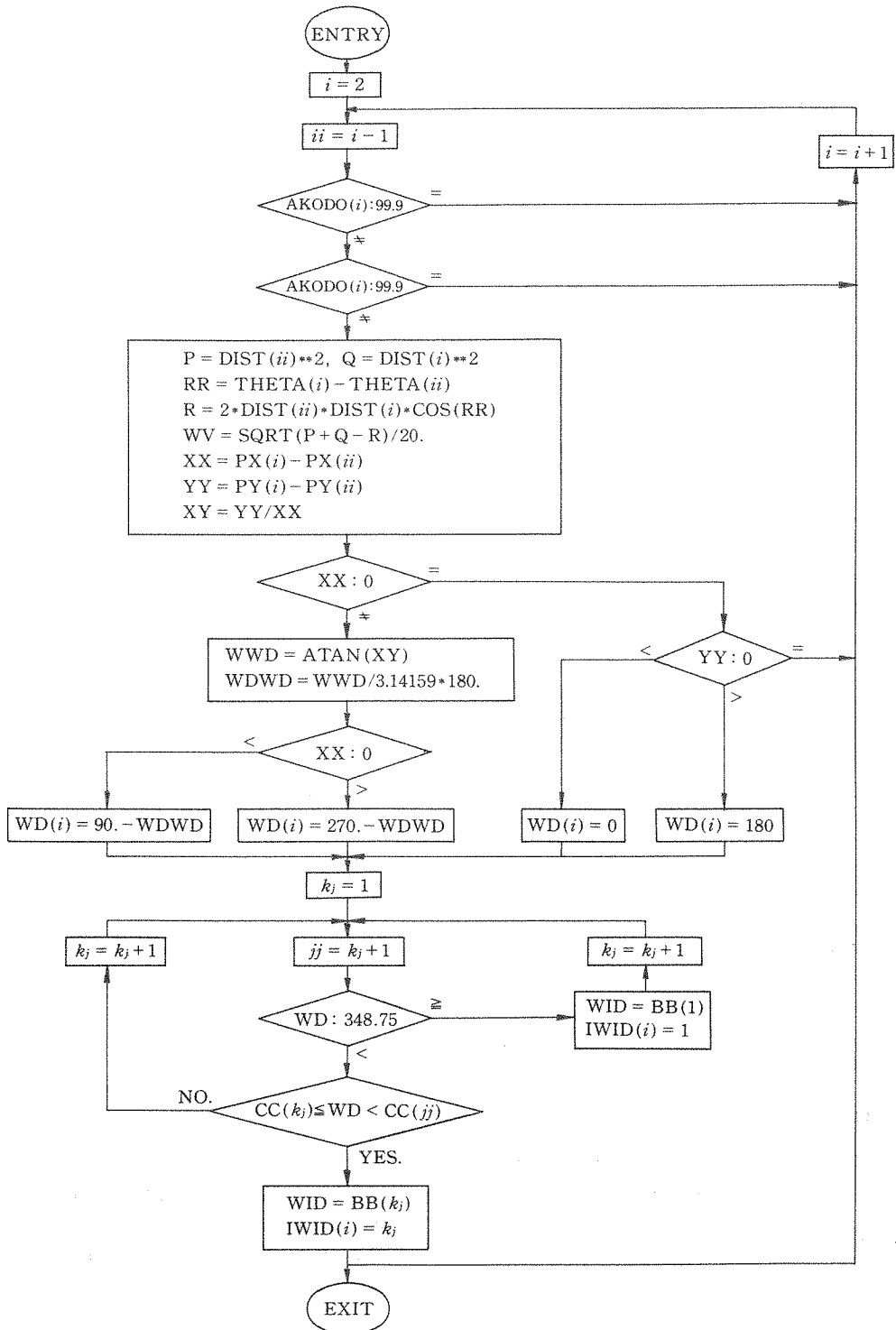


図4 気象要素の計算サブプログラム  
 ※ 欠測の場合 AKODO(i) を 99.9 とした。

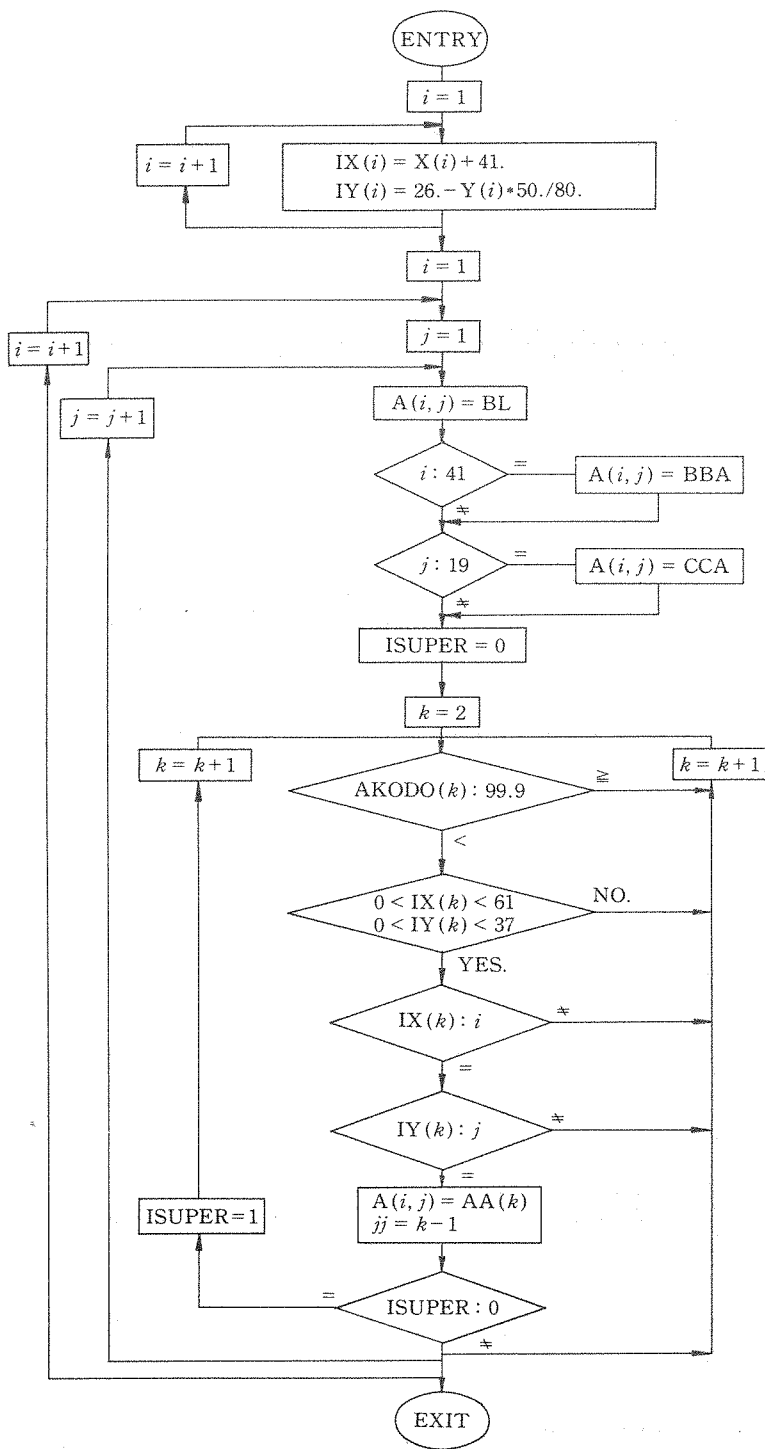


図5 軌跡の図式化のサブプログラム



THE DATA OF PILOT-BALLOON  
 OBSERVED POINT: OOTAKE SEISO CENTER  
 DATE: 49- 3/ 1  
 TIME: 10:50-11: 0  
 CLOUD AMOUNT: NON-OBSERVED  
 FORM OF CLOUD:  
 UP VELOCITY OF PILOT-BALLOON: 50M/20SEC.

NO	HEIGHT (M)	VERT. ANG. (DEGREE)	AZIMUTH (DEGREE)	LEVEL DISTANCE (M)	WIND SPEED (M/SEC.)	WIND DIRECTION	E-W COMPONENT OF W.V.(M/SEC.)	N-S COMPONENT OF W.V.(M/SEC.)
1	50	36.	291.	69.1	3.5	111.(ESE)	-3.2	1.2
2	100	42.	290.	111.1	2.1	108.(ESE)	-2.0	0.6
3	150	40.	290.	181.3	3.5	111.(ESE)	-3.3	1.2
4	200	37.	294.	266.4	4.3	121.(ESE)	-3.7	2.2
5	250	37.	295.	329.4	3.2	122.(ESE)	-2.7	1.7
6	300	38.	297.	382.6	2.7	129.(SE)	-2.1	1.7
7	350	40.	298.	424.6	2.1	124.(SE)	-1.7	1.2
8	400	42.	297.	450.5	1.3	108.(ESE)	-1.3	0.4
9	450	43.	298.	477.5	1.4	124.(SE)	-1.1	0.8
10	500	46.	299.	479.5	0.3	192.(SSW)	0.1	0.3
11	550	49.	300.	476.4	0.6	224.(SW)	0.4	0.4
12	600	51.	306.	482.4	2.5	206.(SSW)	1.1	2.3
13	650	54.	313.	472.3	2.9	229.(SW)	2.2	1.9
14	700	55.	319.	490.1	2.8	207.(SSW)	1.2	2.5
15	750	56.	326.	507.8	3.2	216.(SW)	1.9	2.6
16	800	57.	333.	523.5	3.2	225.(SW)	2.3	2.3
17	850	58.	338.	527.0	2.4	241.(WSW)	2.1	1.2
18	900	60.	346.	530.1	3.5	249.(WSW)	3.2	1.2
19	950	60.	354.	548.5	3.9	246.(WSW)	3.5	1.6
20	1000	60.	2.	577.4	4.1	247.(WSW)	3.8	1.6
21	1050	60.	9.	608.7	4.3	254.(WSW)	4.1	1.2
22	1100	59.	13.	660.9	3.3	228.(SW)	2.4	2.2
23	1150	58.	27.	732.6	9.5	268.( W )	9.5	0.3
24	1200	55.	37.	834.0	8.4	265.( W )	8.4	0.7
25	1250	53.	45.	959.2	8.7	265.( W )	8.6	0.8
26	1300	50.	51.	1102.5	8.9	264.( W )	8.8	1.0
27	1350	47.	53.	1258.9	8.3	252.(WSW)	7.9	2.6
28	1400	45.	55.	1419.7	8.3	248.(WSW)	7.7	3.1
29	1450	43.	55.	1549.5	6.5	237.(WSW)	5.5	3.5
30	1500	41.	55.	1701.4	7.6	232.(SW)	6.0	4.7

図 6-1 気象要素のプリントアウト例

LOCUS OF PILOT-BALLOON  
 REDUCED SCALE: 1 / 30000.

OBSERVED POINT: OOTAKE SEISG CENTER  
 DATE: 49- 3/ 1  
 TIME: 10:50-11: 0

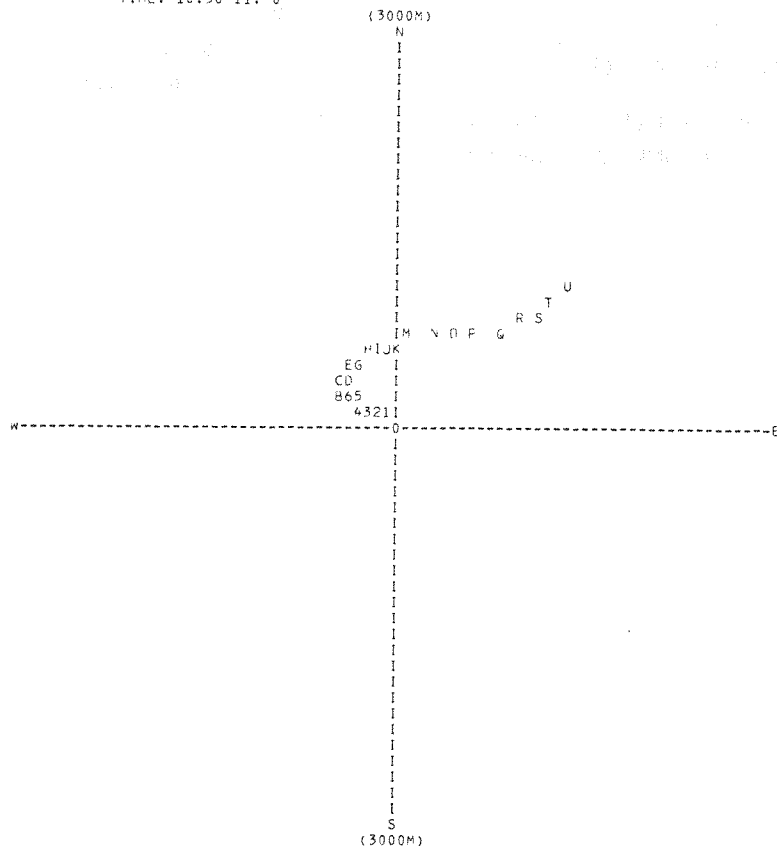


図6-2 軌跡のプリントアウト例

表3. 軌跡の記号とその高度

高度(m)	記号	高度(m)	記号	高度(m)	記号
50	1	550	B	1050	L
100	2	600	C	1100	M
150	3	650	D	1150	N
200	4	700	E	1200	O
250	5	750	F	1250	P
300	6	800	G	1300	Q
350	7	850	H	1350	R
400	8	900	I	1400	S
450	9	950	J	1450	T
500	A	1000	K	1500	U

0は観測開始時、すなわち、0mの時。

#### 4. 終わりに

今回の試みは、簡単なパイボール観測をすることによって、より多くの情報を引き出すことを目的としたものであり、その第1段階として、気象要素を計算し磁気テープに保存した。

広島県は瀬戸内海沿岸に位置しているため一般風と共に海陸風の影響もあり複雑な様相を示している。また、県下の風系をは握するには、県下一斉同時に上層風の観測をする必要もある。こうした大気上層風と大気汚染質との関連は、現在検討中であり、今後、大気汚染の解明に1歩ずつ進んでいきたい。

最後に、データのコンピュータ処理に深い理解を示していただき、コンピュータ使用に関し労をとってくださった大気保全課原田課長補佐、加登主任技師と、電子計算課の方々、また、種々の資料の提供をいただいた広島女子大宮田助教授に深謝いたします。

### 参 考 文 献

- 1) 環境庁大気保全局, “総量規制マニュアル”, 1975.
- 2) 大石和三郎, 高層気象台彙報, 2(2), 25(1934).

### 参 考 書

1. 森田繁一: “JIS FORTRAN 入門〔上〕”, 東京大学出版会, 東京, 1973.
2. 森田繁一: “JIS FORTRAN 入門〔下〕”, 東京大学出版会, 東京, 1973.
3. 刀根, 恒川: “電子計算機”, 共立出版, 東京, 1968.

# 悪臭の官能試験法に関する研究 (第1報)

## —無臭室法について—

松下数男, 多田納力, 榊 正司

### Studies on Olfactory Measurement of Odors. I. On the Odorless Chamber Method

Kazuo MATSUSHITA, Tsutomu TATANO and  
Masaji SAKAKI

(Received Jun. 8, 1978)

#### 1. 緒 言

現在, 悪臭防止法による規制は, 事業場から排出される悪臭の原因となっていると思われる物質を「悪臭物質」と指定し, その悪臭物質の濃度をガスクロマトグラフ等の機器により測定する方法によっている。この機器測定法には, におい物質相互の複合効果が考慮されておらず, 測定法が確立されていない臭気物質には対処できないという欠点があり, 今後すべての臭気物質について測定法を確立することは, 事実上不可能である。したがって, 機器測定法では多成分, 低濃度の混合気体である悪臭を総合的には握することはできない。

一方, 人の嗅覚は非常に優れた検知能力をもち, においの質, 強度及び認容性を総合的に高感度かつ迅速に測定することができる。このことから人の嗅覚を用いて悪臭の測定を行う「官能試験法」の研究が進められてきている。官能試験法には, セントメータ法, 注射器法, 無臭室法, オルファクトメータ法及び三点比較式臭袋法等の手法があり, 無臭室法はこれらのいわば, 原型でありかつ基本であるといわれている。今回, 当センターにある嗅ぎ窓式無臭室の性能調査及び使用法についての検討を行い基礎資料を得たので報告する。

#### 2. 実験方法

##### 2.1 無臭室

図1に示す嗅ぎ窓式無臭室を使用した。

##### 2.2 調査対象臭気物質

無臭室内の濃度分布及び安定性を調査する臭気物質として, 短時間内の測定が可能であること, 化学的にはほぼ安定な物質であること, 比較データ<sup>1,2)</sup>があること等の理由から, ベンゼンを用いた。

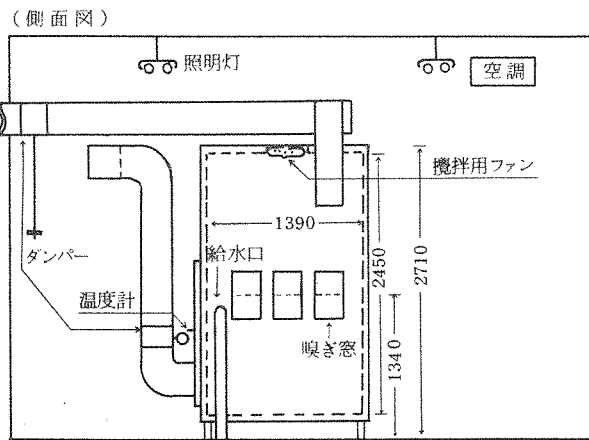
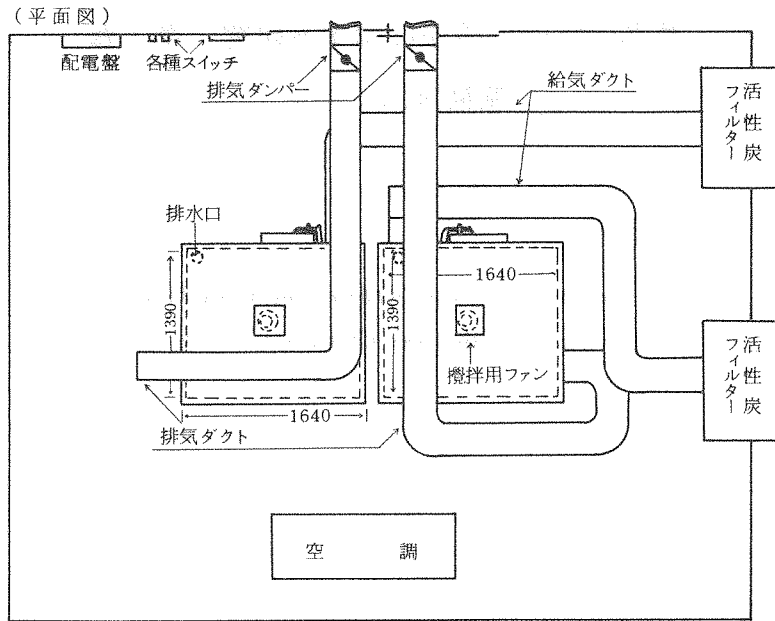
また, 無臭室における保有率の経時変化を調査する対象物質としては, 悪臭防止法に定める悪臭物質のうち, スチレン, 硫化メチル, 二硫化メチルを, その他の臭気物質として, トルエン<sup>3)</sup>, フェノール<sup>3)</sup>を用いた。なお, スチレンについては, 無臭室を用いて嗅覚測定を行う際, 嗅ぎ窓を開放することによって生じる保有率への影響についても調査した。

##### 2.3 無臭室内試料ガス濃度の調製

無臭室内に, あらかじめ加熱してあるガラス製滴板を入れ, シリンジにより臭気強度で1~3になるように試料を滴下し, すばやく無臭室のドアを閉める。試料滴下量と無臭室内試料ガス濃度(計算値)を表1に示した。攪拌用ファンは, 試料気化後直ちに1分間運転して停止する(無攪拌時)か, 又は継続して運転した(攪拌時)。なお, ベンゼンの場合は, ファンの攪拌効率を改良してある。

##### 2.4 試料ガスの採取及び測定方法

無臭室内試料ガスの採取方法及び分析方法を表2に示した。試料ガスは調製後, 経時的に採取した。採取点は,



- 無臭室設備
- 無臭室 ステンレス製 5.6㎡ 2室
  - 観測密付大扉 1個/1室
  - 嗅ぎ窓 6個/1室
  - サンプリング孔 20mmφ 3個/1室
  - 温度観測孔 1個/1室
  - 照明灯 2個/1室
  - 攪拌機 (埋込式) 1台/1室
  - 脱臭装置 (活性炭フィルター) 1台/1室
  - ダンパー (吸気および排気用) 2個/1室
  - 排気ファン 1台/1室
  - 排水口 1個/1室
  - 洗浄用給水口 1個/1室

図1. 無臭室内配置図及び設備

無臭室に取り付けてある3つのサンプリング孔よりテフロン管を挿入して、その先端が室内の立体的な対角線と交わる3点(下方よりNo.1, 2, 3, No.2は嗅ぎ窓の高さに相当する)を用いた。ベンゼンの場合、この3点から同時に、その他の物質の場合は、No.2から採取した。分析方法はいずれもGC分析(島津製作所製GC-4BMを使用)によった。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 無臭室内試料ガス濃度の保有率

無臭室内におけるベンゼンの安定性及び濃度分布を図2, 3に示した。

無臭室内の試料ガスの安定性及び濃度分布には、攪拌用ファンの運転状況が関係している。すなわち、攪拌時では、測定中の濃度分布は一樣であり、保有率は約40分

表1. 試料滴下量と、無臭室内試料ガス濃度(計算値)

試料	試料滴下量	無臭室内試料ガス	
		濃度(ppm)	臭気強度
ベンゼン	580 μl	28	3
	680 μl	33	3
フェノール	2.3 mg	0.10	2.5
硫化メチル	0.55 μl	0.032	3
二硫化メチル	0.65 μl	0.031	3
トルエン	35 μl	1.42	1~1.5
スチレン	5.5 μl	0.21	2
	11 μl	0.42	2.5

表2 無臭室内試料ガスの測定方法

物質名	採取法	濃縮法	GC 分 析	
			導入法	GC 条件
ベンゼン	テドラバッグ(31サンエー工業製)に1分間で採取 カセットポンプ(近江オドエア製, フレックスAC型) 採取点: NO 1, 2, 3	———	直接導入 1ml~2ml	カラム: 25% DC550 Shimalite (60~80 mesh) 3mm × 3m, ガラス製 検出器: FID カラム温度: 100℃ キャリアガス: N <sub>2</sub> 32ml/min
スチレン <sup>a)</sup>	TENAX-GC管に200ml/minで5分間吸引採気 試料濃縮装置(島津製作所製) VPC-10 採取点: NO 2	常温吸着法	1分間で200℃まで加熱昇温導入 (島津製作所製) FLS-1	カラム: 5% SP-1200+1.75% Bentone 34 Chromosorb W AW-DMCS (60~80 mesh) 3mm × 2m, ガラス製 検出器: FID カラム温度: 80℃ キャリアガス: N <sub>2</sub> 50ml/min
トルエン <sup>a)</sup>				カラム: 12% FAL-M Shimalite 201 D (80~100 mesh) 3mm × 2m, ガラス製 検出器: FID カラム温度: 150℃ キャリアガス: N <sub>2</sub> 40ml/min
フェノール <sup>a)</sup>				カラム: 25% TCEP Chromosorb G AW-DMCS (80~100 mesh) 3mm × 3m, ガラス製 検出器: FPD カラム温度: 70℃ (5分間) 続いて4℃/minで110℃まで昇温 キャリアガス: N <sub>2</sub> 50ml/min
硫化メチル <sup>a)</sup>	ホウ珪酸ガラス製11真空びんに採気 採取点: NO 2	液体酸素中低温濃縮(島津製作所製) VPC-1	2分間で100℃まで加熱昇温導入 (島津製作所製) FLS-1	カラム: 25% TCEP Chromosorb G AW-DMCS (80~100 mesh) 3mm × 3m, ガラス製 検出器: FPD カラム温度: 70℃ (5分間) 続いて4℃/minで110℃まで昇温 キャリアガス: N <sub>2</sub> 50ml/min
二硫化メチル <sup>a)</sup>				

a) 悪臭物質の測定の方法(昭51.9.22, 環境庁告示第47号)に準じた。

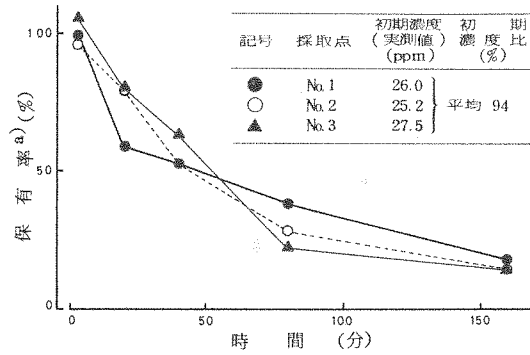


図2. 無攪拌時無臭室内のベンゼンの安定性及び濃度分布

a) 保有率:  $\frac{\text{濃度(実測値)}}{\text{No.1~No.3の平均初期濃度(実測値)}} \times 100(\%)$

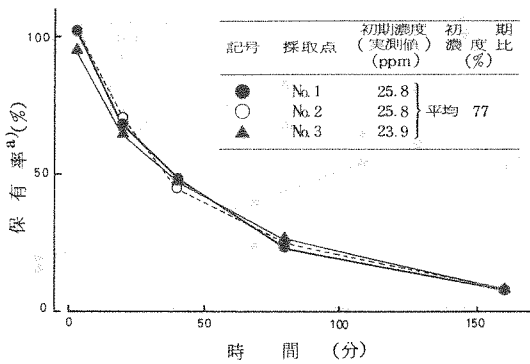


図3. 攪拌時無臭室内のベンゼンの安定性及び濃度分布

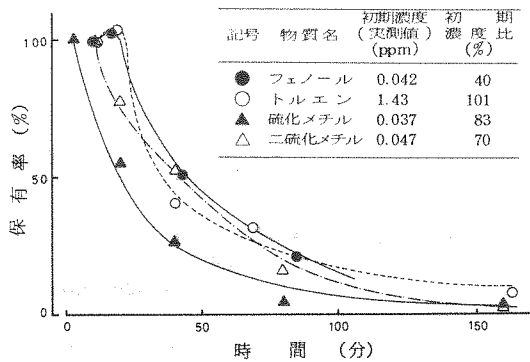


図4. 無攪拌時無臭室における各物質の濃度保有率の経時変化

a) 保有率:  $\frac{\text{濃度 (実測値)}}{\text{No.1~No.3の平均初期濃度 (実測値)}} \times 100(\%)$

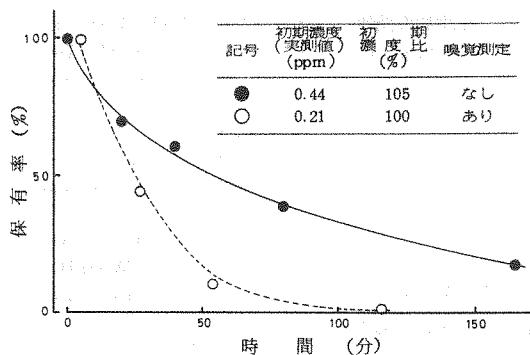


図5. 無攪拌時無臭室におけるスチレンの濃度保有率の経時変化

a) 保有率:  $\frac{\text{濃度 (実測値)}}{\text{初期濃度 (実測値)}} \times 100(\%)$

後に初期濃度の50%に、70分後に30%に減衰した。初期濃度は、試料調製時の計算値より低く、その比(初期濃度比: (実測値/計算値) × 100 (%))は77%であった。一方、無攪拌時では、時間の経過とともに分布にむらを生じるが、しだいに均一化しながら減衰した。保有率は、約50分後に初期濃度の50%に、80分後に30%に減衰した。また初期濃度比は94%であり、攪拌時よりも大きい。無臭室内試料ガス濃度の安定性は、文献<sup>1,2)</sup>と比較して、攪拌時で同程度、無攪拌時では低かった。

硫化メチル、二硫化メチル、トルエン及びフェノールについての無攪拌時の保有率の経時変化を図4に示した。二硫化メチル、トルエン及びフェノールは、ベンゼンとほぼ同様の減衰曲線を示したが、硫化メチルは、減衰がやや大きかった。初期濃度比は、硫化メチル83%、二硫化メチル70%、トルエン101%、フェノール40%であった。

### 3.2 嗅覚測定による試料ガス濃度保有率への影響

嗅覚測定を行い、嗅ぎ窓の開放による保有率への影響をみたのが図5である。嗅覚測定を行わないとき、無臭室内スチレンガス濃度の保有率は、50分経過時点で50%に減衰しており、ベンゼンとほぼ同様であった。一方、嗅覚測定(試料調製後、20分及び60分経過時点で各1回、合計2回)を行ったときは、保有率の減衰が激しく、第1回の嗅覚測定後の時点で50%に減少した。また、いずれの場合も初期濃度比は、ほぼ100%であった。

無臭室により、嗅覚測定を行う場合、6人のパネルが各嗅ぎ窓から同時に頭を入れ、数秒から十数秒で判定する<sup>2)</sup>が、このことを想定して、嗅ぎ窓を開けた状態での無臭室内のベンゼン等の濃度の経時変化を調べた文献<sup>2)</sup>によると、約20秒間で65~80%程度に保有率が減少することが指摘されている。このことは、嗅覚測定をすることによって試料ガス濃度の保有率が大幅に減少するという図5の結果とよく対応している。

以上のことから、無臭室内試料ガス濃度の保有率は、当センターの無臭室の性能上経時的に減少し、更に嗅覚測定することによっても大幅に減少するので、無臭室を使用する際には、試料ガス濃度の測定後すみやかに嗅覚測定を実施するなどの配慮が必要である。

## 4. 結 語

以上のことから次のことがわかった。

1. 無臭室内における各種臭気物質の試料ガス濃度の保有率について、経時変化を測定した結果、硫化メチルの場合を除き、20分以内で65~80%以上、40~50分経

過時点で50%程度であった。

2. 無臭室内での保有率の減少を考えると、嗅覚測定は試料ガス濃度の測定後速やかに実施することが望ましい。

なお、保有率の減少速度は、無臭室の気密性を改良すること等により改善されることが期待される。

## 文 献

- 1) 日本環境衛生センター，悪臭物質の測定に関する研究(昭和48年度環境庁委託研究報告書)，1974，pp. 171～230.
- 2) 日本環境衛生センター，悪臭物質の測定等に関する研究(昭和49年度環境庁委託研究報告書)，1975，pp. 111～155.
- 3) 日本環境衛生センター，悪臭物質の測定等に関する研究(昭和50年度環境庁委託研究報告書)，1976，pp. 79～116.

広  
保  
  
保  
干  
総  
電



# 河川の自浄作用に関する研究 (第1報)

## —黒瀬川における自浄作用について—

信宗正男, 妹尾正登, 橋本敏子,  
中井美代子, 松永昭二

### Studies on Self-Purification in the Natural Water. I. On Self-Purification in the Kurose River

Masao NOBUSO, Masato SENO, Toshiko HASHIMOTO,  
Miyoko NAKAI and Shoji MATSUNAGA

(Received May 30, 1978)

#### 1. 緒 言

水質汚濁防止法が制定されてから、9年経過した現在、河川の水質汚濁の状況はほとんどは握されてきたが、その汚濁機構についての解明は大都市周辺の汚濁度の進んだ一級河川に限られ、<sup>1)~3)</sup>一般の中小河川ではあまり報告されていない。<sup>4)</sup>

著者らは、昭和60年度を目標にその流域に人口12万人の学園都市建設が計画されている黒瀬川を対象として、昭和50年11月と昭和51年8月の2回、常法にしたがい自浄作用調査を実施した。その結果、黒瀬川の流況及び水質汚濁の実態、並びに自浄係数について明らかにした。

更に、汚濁負荷量の大きい流入水について、モノメータ法により実験的に脱酸素係数<sup>5)</sup>を求め、その生物学的浄化効率も調べたので報告する。

#### 2. 黒瀬川の概況<sup>6)</sup>

黒瀬川は図1に示すように、東広島市、黒瀬町、呉市を経て広湾に注ぎ、流程距離約51km、流域面積240km<sup>2</sup>、流域人口5.6万人の二級河川である。流域の地質は西条盆地を中心として第四紀洪積層(西条砂れき層)<sup>7)</sup>が広がり、河道内には比較的砂地が多く、基盤岩はほとんど露出せず、利水を目的とする堰が多数存在する。

上流には古くから多数の清酒製造業が発達し、その他最近は、弱電、自動車部品等に関連する多くの中小企業

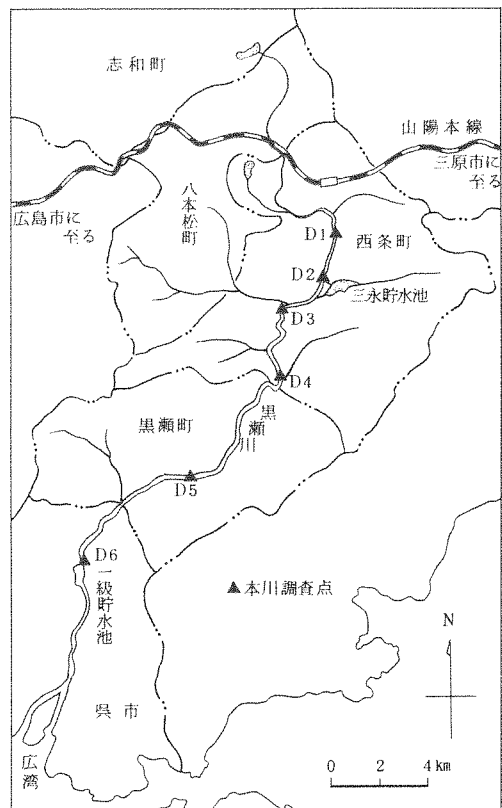


図1 黒瀬川流域概略図

が立地している。しかし、土地利用の主体は西条盆地の肥よくな土壌を利用した農業である。

利水については上水、工業用水、発電用水等多方面にわたり、特に、東広島市及び呉市の水道水源として利用され、昭和49年4月に「5年を越える期間で可及的すみやかに達成する」ことを条件として、環境基準A類型(BODs 2 ppm)に指定されている。

### 3. 調査方法及び試験方法

#### 3.1 調査方法

調査区間及び調査対象地点を図2に示す。

本調査は東広島市西条町の生活系排水及び工場排水が集まる大坪下水(対象人口約10800人)と原比川が合流する地点のすぐ上流にある西条橋(D1)から芋福橋(D6)までの流程距離約25.2kmの区間で50年11月と51年8月の夏冬各1回実施した。

各回とも初日に流下時間測定と流入・流出水の確認(流量0.001 m<sup>3</sup>/sec以上)を行い、翌日、D1を午前

8時に出発した水塊の流下時刻に合わせて、図2に示す本川及び流入・流出地点の流量測定並びに水質分析のための採水を行った。なお、8月の流量測定及び採水は降雨のためD4の下流約1kmの小田多堰で中止した。

3.1.1 流下時間測定：注射器を用いて約 $\frac{2}{3}$ 量注水した市販のピンポン玉を3個づつ流して追跡し、3個の平均値をもって流下時間とした。河道内に中洲があって流れが二分している所では、それぞれの流路について流下時間を測定し、流量に比例した加重平均をもって流下時間とした。

3.1.2 流量測定：主として流程の横断面積と流速(広井武聴音流速計)から求め、その他、三角ノッチ、バケツ等による測定も行った。

#### 3.2 試験方法

主としてJIS K 0102 に準拠したが、TOCは東芝ベックマン社製915型、TODは湯浅電池社製 Model 225を用いて測定した。また、脱酸素係数は東洋科学産業社製20OFで測定したBOD値から求めた。

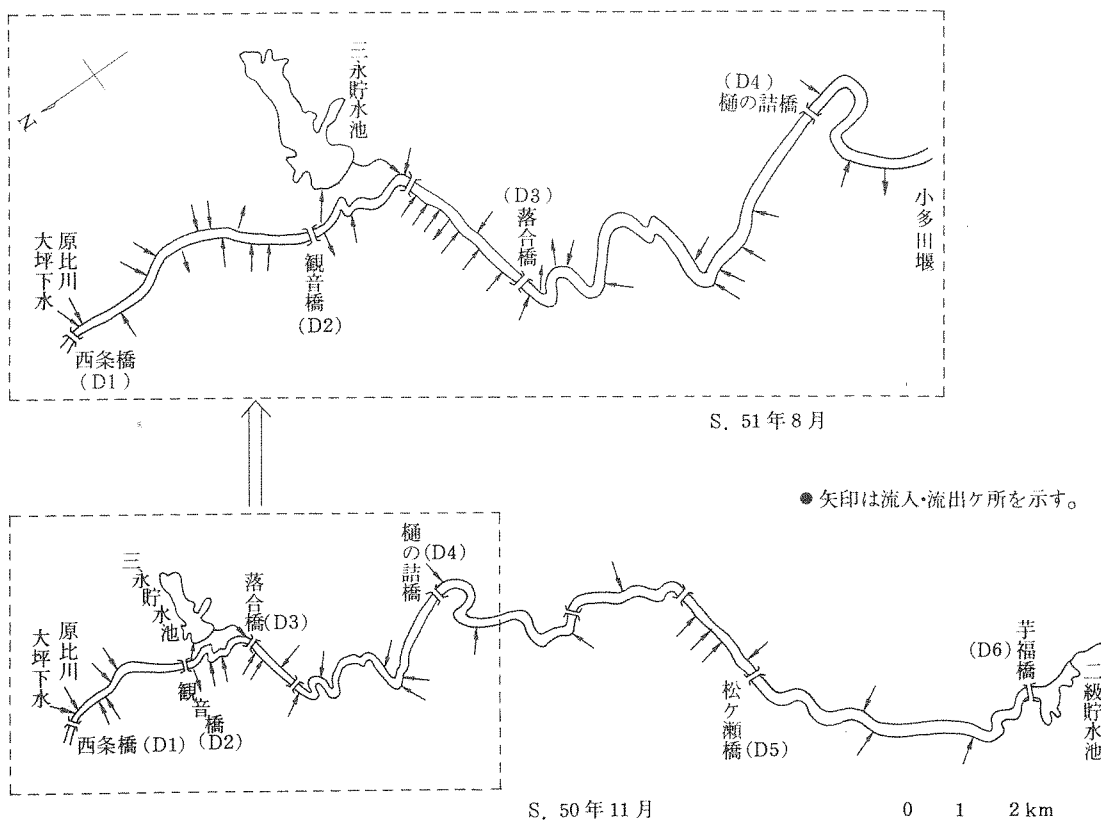


図2 調査地点の概略図

## 4. 調査結果及び考察

### 4.1 流下時間

調査区間のD1～D6における11月と8月の流下時間、及び4区分した平均流速をそれぞれ図3に示す。特に、流下時間については、11月と8月とで38時間の差があった。これは、夏期の稲作用のカンガイ用堰や、少雨によるものである。なお、下三永川流入点から古河川合流点の区間では、50年11月に河川改修工事が行われており、51年7月には完成した。

### 4.2 流量及び汚濁負荷量収支

4.2.1 流量収支：調査区間の流量収支を図4に示した。

11月のD1～D6での流量収支をみると、D1の流量を含む全流入水量(2.39 m<sup>3</sup>/sec)と流出水量(0.55 m<sup>3</sup>/sec)との差は、1.84 m<sup>3</sup>/secとなるが、この値は本川終点(D6)の流量2.07 m<sup>3</sup>/secとほとんど変りがなく、全区間でみれば流量収支はほぼ一致するものと考えられる。しかし、各区間ごとの流量収支は図4でみられ

るように変動が激しく、特に、D2～D3、及びD4～D5では著しい流量増加が、D3～D4及びD5～D6では著しい流量減少がみられた。

これらの区間では表流水の取水はほとんどなく、未確認の流入・流出水によるもので、その多くは表流水と伏流水との間で、相互に移行しあっているものと思われる。一方、8月の流量収支をみると未確認の流入流出水は少なく、どの区間も0.05 m<sup>3</sup>/sec以下であった。

4.2.2 汚濁負荷量の収支：11月と8月の汚濁負荷量収支を表1に示した。

11月には、各区間に流入する汚濁負荷量は、D1～D2が最も大きく、次いでD1で、この両者を加えた上流域における流入汚濁負荷量はBOD<sub>5</sub>で全体の約90%、その他ではいずれも60～80%であった。また、流出汚濁負荷量については、D2からの三永貯水池及び農業用水路への流出が大きく、TOCで全流入汚濁負荷量の約50%、その他では約30%に相当した。

更に、流量収支で明らかとなった未確認流入・流出水は、いずれも本川地点の汚濁負荷量に著しく影響し、特にD2～D3の未確認流入水による増加分は各項目とも50%程度であった。

表1-1 区間における流通、負荷量収支(11月)

	流量 m <sup>3</sup> /sec	BOD <sub>5</sub> g/sec	COD g/sec	TOC g/sec	TOD g/sec
D 1	0.40	1.54	2.65	1.47	3.60
流入水	0.34	2.40	3.50	1.79	6.23
増 減	0.09	-2.04	-1.26	-0.06	-3.70
D 2	0.83	1.90	4.89	3.20	6.13
流入水	0.15	0.44	0.94	0.52	1.48
流出水	0.55	1.26	3.24	2.14	4.06
増 減	0.63	1.15	3.24	2.34	3.87
D 3	1.06	2.23	5.83	3.92	7.42
流入水	0.73	0.87	2.48	0.96	2.37
増 減	-0.43	-1.74	-2.46	-1.89	-3.40
D 4	1.36	1.36	5.85	2.99	6.39
流入水	0.41	0.40	1.51	0.83	1.94
増 減	0.28	0.29	1.05	1.51	1.10
D 5	2.05	2.05	8.41	5.33	9.43
流入水	0.36	0.34	1.26	0.44	0.49
増 減	-0.34	-0.32	-2.01	-2.46	-0.60
D 6	2.07	2.07	7.66	3.31	9.32

表1-2 区間における流通、負荷量収支(8月)

	流量 g/sec	BOD <sub>5</sub> g/sec	COD g/sec	TOC g/sec	TOD g/sec
D 1	0.26	0.85	1.74	1.58	4.92
流入水	0.23	1.05	1.91	1.59	5.67
流出水	0.04	0.10	0.23	0.21	0.69
増 減	-0.04	-0.60	-0.70	-0.53	-2.07
D 2	0.41	1.20	2.72	2.43	7.83
流入水	0.22	1.05	1.16	1.06	1.41
流出水	0.42	1.21	2.76	2.46	7.79
増 減	-0.04	-0.64	-0.21	-0.25	-0.32
D 3	0.17	0.40	0.91	0.78	1.13
流入水	0.36	3.22	2.59	2.16	7.46
流出水	0.02	0.06	0.11	0.08	0.13
増 減	-0.01	-2.27	-1.31	-0.88	-5.98
D 4	0.50	1.29	2.08	1.98	2.48
流入水	0.15	0.07	0.34	0.31	0.67
流出水	0.53	0.59	1.87	1.60	2.62
増 減	-0.01	-0.65	-0.18	-0.37	-0.01
小多田堰	0.11	0.12	0.37	0.32	0.52

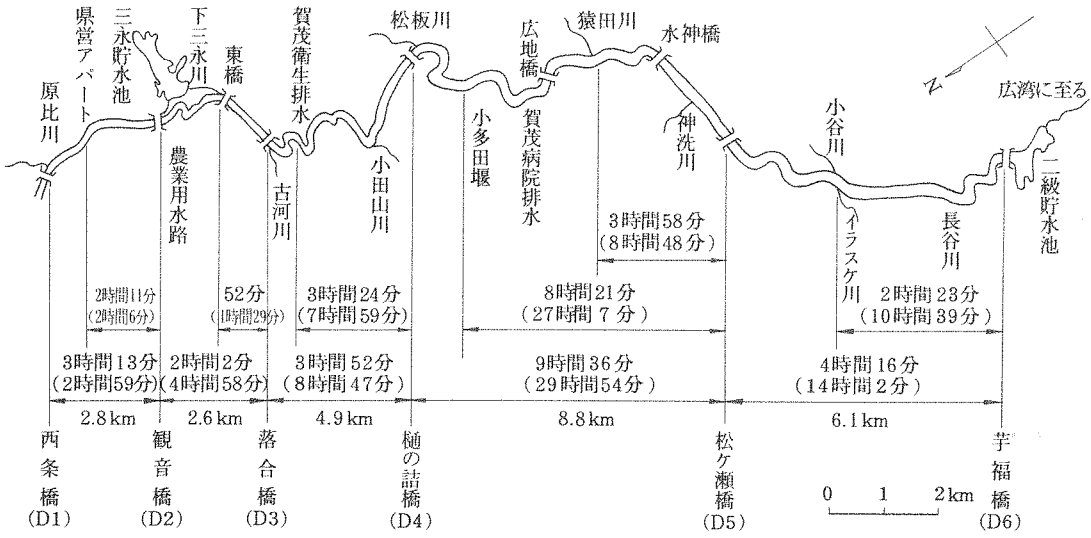


図3 黒瀬川流下時間測定図  
 流下時間：11月(8月)

11 月				8 月			
流入水	本川	流出水	区間増減量	流入水	本川	流出水	区間増減量
	D 1 0.40				D 1 0.26		
支川 0.19 汚水 0.15	↓		0.09	支川 0.11 汚水 0.12	↓	→ 農業用取水 0.04	
	D 2 0.83				D 2 0.41		- 0.04
支川 0.11 汚水 0.04	↓	→ 三永貯水池 0.47 → 農業用水路 0.08	0.63	支川 0.17 汚水 0.05	↓	→ 三永貯水池 0.36 → 農業用水路 0.06	
	D 3 1.06				D 3 0.17		- 0.04
支川 0.73	↓		- 0.43	支川 0.35 汚水 0.01	↓	→ 農業用取水 0.02	
	D 4 1.36				D 4 0.50		- 0.01
支川 0.41	↓		0.28	支川 0.15	↓	→ 農業用取水 0.53	
	D 5 2.05				小多田堰 0.11		- 0.01
支川 0.36	↓		- 0.34				
	D 6 2.07						

図4 各区間における流量収支

(単位  $m^3/sec$ )

8月のD1~D4についてみると、流入・流出汚濁負荷量は11月とは各区間でかなりの相違がみられ、全体の流入汚濁負荷量はCODでは11月とほとんど同じであったが、その他では40~70%高値を示した。同様に、流出汚濁負荷量では、農業用利水として、かなりの取水がみられ、TODは11月の約2倍程度多くなったが、その他ではあまり差が認められなかった。

### 4.3 黒瀬川の水質縦断変化

D1を午前8時に流下する水塊の水質変化をBOD<sub>5</sub>、COD、TOC、TODで示したのが図5である。

この図で明らかなように、黒瀬川の水質汚濁はD2を境として、上流部(D1~D2)は東広島市の工場排水及び生活系排水により環境基準をかなり上回るが、D2からは多量に三永貯水池と農業用水路へ流出し、しかも下流部では、し尿処理施設排水(D3~D4で流入)を除くと、ほとんどが汚濁負荷の小さい流入水で占められるため、D4より下流の水質は環境基準(A類型)に適

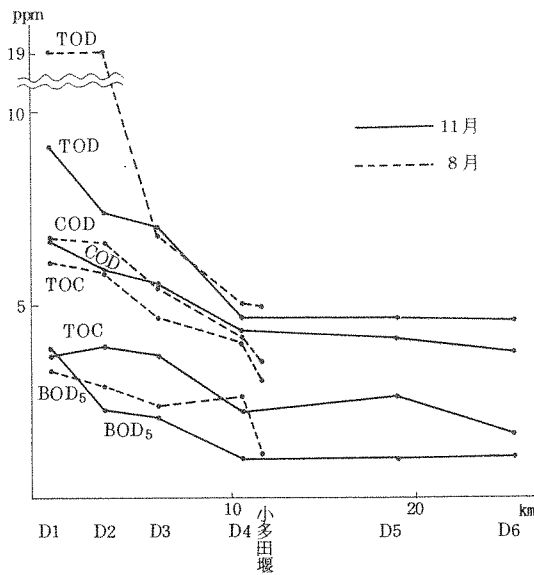


図5 黒瀬川水質の縦断変化図

表2 冬期と夏期における自浄係数K

調査区間	流程距離 km	調査年月	流下時間 日	自浄係数 K (10を底とする)			
				BOD <sub>5</sub>	COD	TOC	TOD
D1~D4	10.3	50. 11	0.38	1.439	0.106	-0.167	0.520
		51. 8	0.70	1.426	0.674	0.562	1.498
D1~D6	25.2	51. 11	0.96	0.135	0.115	0.124	0.148

合した。しかし、農業用利水期には下流域の農業用水として放出される三永貯水池放流水の汚濁負荷(D2~D3)が大きく、かなり水質に影響を与えた。

### 4.4 みかけの自浄作用

河川水中における汚濁物質の挙動が Streeter-phelps の一次式にしたがうものとしてみかけの自浄作用に伴う自浄係数(K)を求めた。なお、Kの算出にあたっては、順流部におけるKを一定として計算した。その結果を表2に示す。

表2で明らかなように、求められたD1~D6のK値は浅野川(BOD指標0.40)<sup>4)</sup>、多摩川(COD指標0.58)<sup>1,7)</sup>よりかなり低値となった。このことは4.2.1で推定したように、河道内での表流水と伏流水との相互移行に伴う未確認水の汚濁負荷量収支が大きく関与するものと思われる。

冬期と夏期とのK値については、流下時間が約2倍長くなる農業用利水期には、BOD<sub>5</sub>指標ではほとんど変わらなかったが、COD指標は約6倍、TOC、TOD指標ではそれぞれ約3~4倍大きくなった。これは、河道内に流入する汚濁物質の違いに加えて、農業用利水期には堰での滞留により流下速度が極めて遅くなって汚濁物質の沈澱、吸着等が起こり、自浄係数が大きくなったものと考えられる。

### 4.5 みかけの自浄作用と生物学的自浄作用

4.4で述べたみかけの自浄作用には、生物学的自浄作用と河道内で、沈澱、吸着等により水圏から一時的に系外排除される物理化学的作用とが加わっており、求められた自浄係数は河川の真の自浄能力を示すものとはいえない。それ故、生物学的自浄作用に基づく浄化能力について検討するため、特に、D1~D2に流入する汚水を対象として、BOD反応から求めた脱酸素係数と前述の自浄係数とから、D1~D2間についての両者の相違を比較した。

その結果は表3のとおりである。

表3 みかけの浄化と生物学的浄化(D1~D2)

11月

名 称	濃 度 ppm	流下時間 day	みかけの浄化		生物学的浄化		生物学的 除去 %
			自浄係数	除去率 %	脱酸素係数	除去率 %	
D 1	3.9	0.13	2.505	53	0.327	10	19
大坪下水	15.0	0.13	〃	53	0.219	6	11
和泉橋上	80.4	0.11	〃	47	0.350	8	17
県営アパート1	2.4	0.10	〃	46	0.211	4	9
県営アパート2	48.6	0.09	〃	40	0.203	4	10

脱酸素係数は自浄係数の $\frac{1}{7} \sim \frac{1}{12}$ と極めて小さく、生物学的浄化により除去されたBOD成分は、みかけの自浄作用による浄化の平均13%に過ぎなかった。換言すると、D1及びD1~D2間で流入したBOD<sub>5</sub>負荷量は、D2へ到達するまでに水圏から50%前後が除去されたが、そのうち、生物学的除去によるものは、わずか10%未満で、残りは河床への沈澱、吸着等による系外排除に基づくものと思われる。このことから、今後、河床に堆積する汚濁物質の挙動を追求する必要があるものと考えられる。

## 5. 要 約

広島県内で汚濁の進んでいる黒瀬川(調査区間25.2km)を対象として、50年11月と51年8月の夏冬各1回、みかけの自浄作用調査を行った。

結果は次のとおりである。

1. 流下時間は11月には約23時間であったが、8月には堰での滞留により約61時間と極めて長くなった。
2. 流量収支は、11月には全区間をとおしてみればほとんど一致したが、5区分した各区分では河道が砂れきであることから、河道内に表流水と伏流水との相互移行と思われる未確認の流入・流出水が多く、ほとんどの区間で一致しなかった。しかし、8月には未確認の流入・流出水は少なく、どの区間も一致した。
3. 11月の調査結果から求めた自浄係数は報告されている他の河川<sup>1,4,7)</sup>のそれより低値であった。このことは流量収支で明らかとなった、未確認の流入・流出水による影響が大きく関与したものと思われる。また、D1~D4での冬期と夏期における自浄係数はBOD<sub>5</sub>指標ではほとんど同じであったが、農業利用水期の夏期には堰での滞留により、COD、TOC、TODの各指標ではかなり高値を示した。

4. D1~D2の自浄係数と同区間の主要な流入汚濁水から求めた脱酸素係数とを用いて、D1~D2間のみかけの浄化と生物学的浄化とを比較した結果、生物学的浄化により除去されるBOD<sub>5</sub>成分は、みかけの自浄作用による浄化の平均13%にすぎず、流下時に水圏から除去された汚濁物質の大部分は河床への沈澱、吸着等による系外排除に基づくものと思われる。

稿を終るにあたり、本調査に御援助いただいた広島県水質保全課、広島県東広島保健所、当センター水質部及び特殊公害部の各位に感謝します。

## 参 考 文 献

- 1) 土屋隆夫、味村昭、古井戸良雄、田辺孝、梶沼孟彦、横島章、川原治、牧野宏、用水と廃水、12 1094 (1970)。
- 2) 建設省土木研究所、下水道関係文献集(II)、2977, p. 169。
- 3) 株式会社日本水道コンサルタント、都市河川の汚濁機構解明にともなう総合調査報告書(東京都公害研究所委託調査)、1970。
- 4) 矢鋪満雄、牛島茂、高橋由美子、竹野裕治、東浩一、酒井道則、石川衛公研年報、12 90(1975)。
- 5) 萩原耕一、“BOD試験法解説”、續文堂、東京、1972、p. 60。
- 6) 広島県、黒瀬川水域の概況、1960。
- 7) 多井義郎、広島県地質図説明書、広島県、1963、p. 113。
- 8) 半谷高久、安部喜也、“水質汚濁研究法”、丸善、東京、1972、p. 46。

# 呉，広湾の底泥汚染

清木 徹，伊達悦二，橋本敏子

## Marine Sediments Pollution in Kure Bay and Hiro Bay

Tohru SEIKI, Etsuji DATE and Toshiko HASHIMOTO

(Received May 30, 1978)

### 1. 緒 言

著者らは、広島県内の沿岸域のうちで、工場や都市等からの陸上排水による懸濁性物質の堆積により、底泥汚染が顕著に進行していると考えられる海域を選んで、それらの底泥への影響や汚染範囲、さらに汚染の総合的な地域特性を把握するため、継続的な調査を行っている。

このうち、大竹沿岸海域については先に報告した。<sup>1)</sup>

今回は、後背地が同じ呉市にありながら、湾型及び汚濁物質の流入源が異なる呉湾と広湾を対象にして、底泥の汚染調査を行い、若干の知見を得たので、その結果を報告する。

### 2. 呉・広湾の概況

呉市は、人口約24万人の工業都市で、呉、広湾は、音戸の瀬戸を境にして、共に呉市に位置している2つの湾である。

呉湾には、造船、鉄鋼等の重工業部門の企業が立地しており、湾奥部には、旧市街地中心部からの都市排水を含む堺川と、奥の団地排水の一部を含む二河川が注いでいる。

堺川は、流域人口が10万人弱で、COD<sub>MIS</sub>値10~25 mg/l、SS 25~40 mg/l<sup>2,3)</sup>であり、水質汚染が著しいが、流量が約6万m<sup>3</sup>/日の小河川である。

一方、二河川は、流域人口が2~3万人で、平均流量が約10万m<sup>3</sup>/日であり、湾流入部でのCOD<sub>MIS</sub>値が、2~3 mg/l前後<sup>2,3)</sup>の比較的清澄な水質を保っている二級河川である。

主として、これらの生活排水起源の汚染の影響を受けている呉湾は地形的に閉鎖性の強い湾であるため、湾内

全体の表層水はよく混合され、比較的均一な水質を示す。冬期には、上下混合が強まり、表層から下層まで、COD<sub>MIS</sub>値が、大体1~2 mg/lの値であるが、夏期になると表層では生物生産が活発に行われるため、COD値は冬期に比べ、2~3倍の値に達する。このため、湾内全体が茶褐色に覆われ、DO飽和率も200%近くになり、表層のSSも急激に増加して、50 mg/l近くに達することがある。<sup>2,3)</sup>

一方、広湾では、上流の東広島市から呉市に向かって流下する黒瀬川が、呉市域に入り広大川となり広湾に注ぐ。広大川は東大川と西大川の2つに分かれて流入していたが、現在、東大川は、せき止められて、西大川だけを通じて流入している。黒瀬川は、上流部が東広島市、呉市の上水源であり、西大川河口部でCOD<sub>MIS</sub>値が5 mg/l前後の値を示す。<sup>2,3)</sup>

東大川の河口部には、中規模の紙パルプ工場があり、また名田遊水を通じて、まわりの生活雑排水も流入しており、湾内全体の水質汚染が、かなり湾の東側に片よっている。

### 3. 調査方法

サンプリングは、1976年6月7日~9日に、呉湾で40地点、広湾で39地点について行った(図1)。

底泥は、スミス・マッキンタイヤー採泥器を用いて採取し、船上で色相、臭気、泥温を調べた後、十分混合し、ポリ容器に移し、クーラーボックスに保存し、実験室に持ち帰り分析を行った。

分析項目は、pH、1日間DO消費量、IL、T-S、COD、TOC、NH<sub>4</sub>-N、T-N、PO<sub>4</sub>-P、T-P、炭水化物、クロロフィル分解生成物(尚、本文では、以下便宜的にフェ

オフィチンとして用いる)である。

分析法は、前報<sup>1)</sup>とはほぼ同様であるが、燐の項目については、今回はイオン交換樹脂を用いず、アスコルビン酸還元で、3価鉄の妨害を除去し、比色分析を行った。

### 4. 結果および考察

#### 4.1 汚染分布

今回調査を行った各測定項目ごとの濃度分布及び平均

値をそれぞれ図1, 表1に示す。

両方の湾での各測定項目の濃度分布を比較すると、2つの湾型の違いを反映した対照的な分布となっている。

呉湾は水質と同様に底泥の汚染も湾内全体におよんでおり、濃度分布もかなり均一化しているが一方広湾の方は、汚染が東大川河口内部に集中し、極所的なものとなっているのが特徴である。

4.1.1 呉湾：図1から呉湾は、湾内全体がほぼ均一ではあるが、厳密には、湾内南部から湾口に向かって分布

表1. 測定項目ごとの平均値, 標準偏差

		DO消費 (mg/g)		I. L (%)		T-S (mg/g)		COD (mg/g)		TOC (mg/g)		NH <sub>4</sub> -N (μg/g)		T-N (mg/g)		PO <sub>4</sub> -P (mg/g)		T-P (mg/g)		炭水化物 (mg/g)		フェオフィチン (μg/g)	
平均値	全地点	1.3		11.7		1.5		35		30		65		2.7		0.37		0.57		14		30	
	呉 広	1.8	0.91	12.5	10.9	2.4	0.58	35	35	34	27	74	56	2.7	2.7	0.44	0.31	0.65	0.50	15	14	32	28
標準偏差	全地点	0.69		2.3		2.2		18		13		62		0.84		0.17		0.27		6.5		17	
	呉 広	0.68	0.24	1.9	2.4	2.8	0.38	9.4	23	8.0	16	61	62	0.75	0.93	0.21	0.068	0.36	0.098	4.3	8.2	14	19
範囲	全地点	0.46 3.8		8.1 19.8		0.093 14		14 99		13 79		5.9 240		1.1 7.0		0.17 1.6		0.34 2.6		5.6 33		5.3 100	
	呉 広	0.77 3.8	0.46 1.6	6.9 16.8	8.1 19.8	0.25 14	0.093 1.7	16 71	14 99	17 52	13 79	28 240	5.9 230	1.1 5.6	1.5 7.0	0.25 1.6	0.17 0.56	0.34 2.6	0.34 0.80	8.4 33	5.6 47	9.8 73	5.3 100

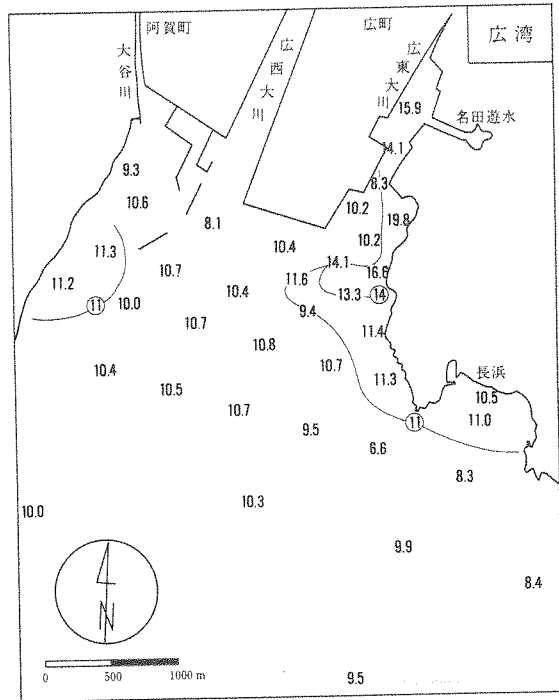
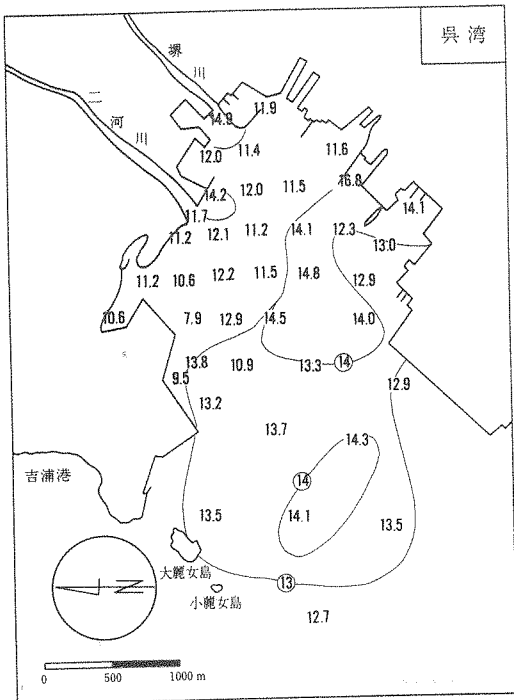
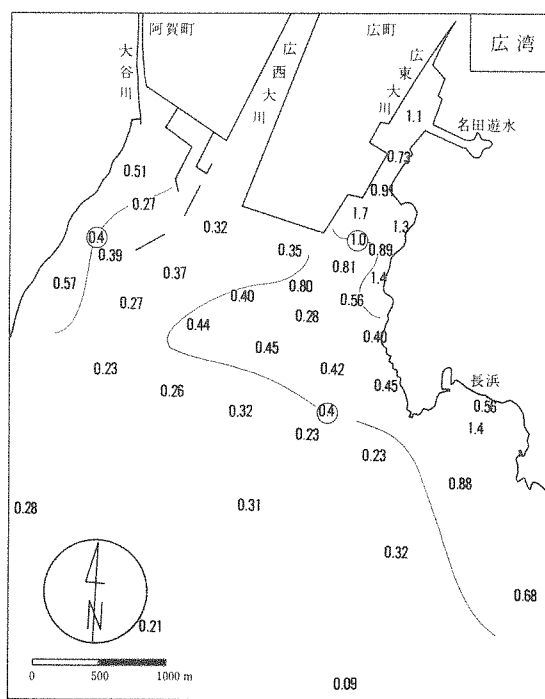
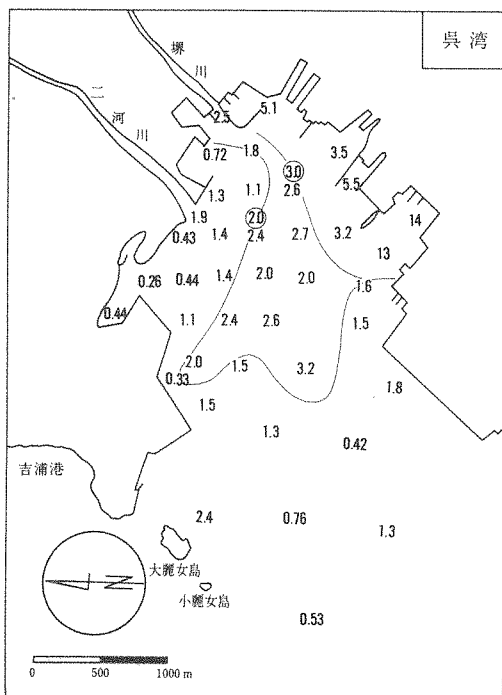
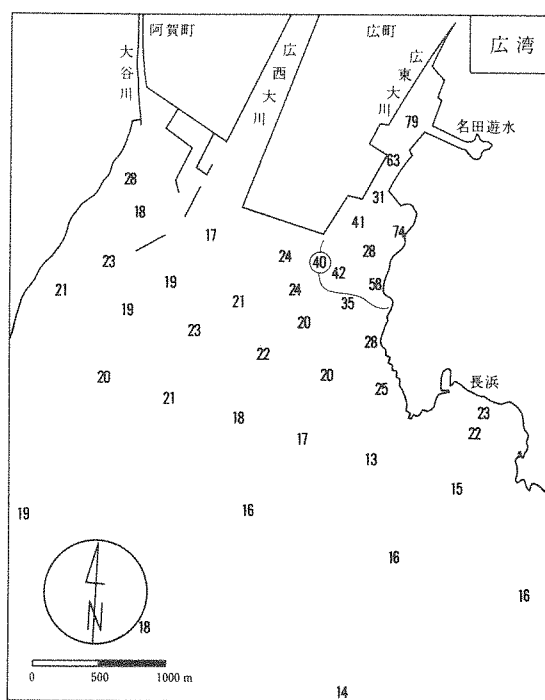
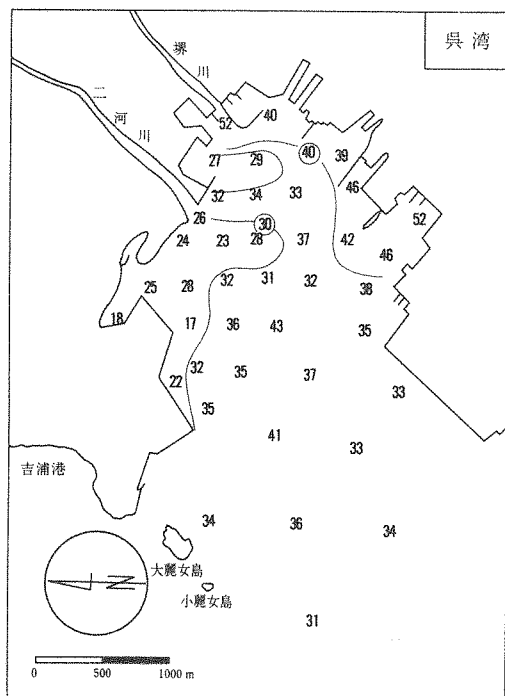


図1 呉, 広湾サンプリング地点及び各測定項目の濃度分布  
1-1) I.L (%)

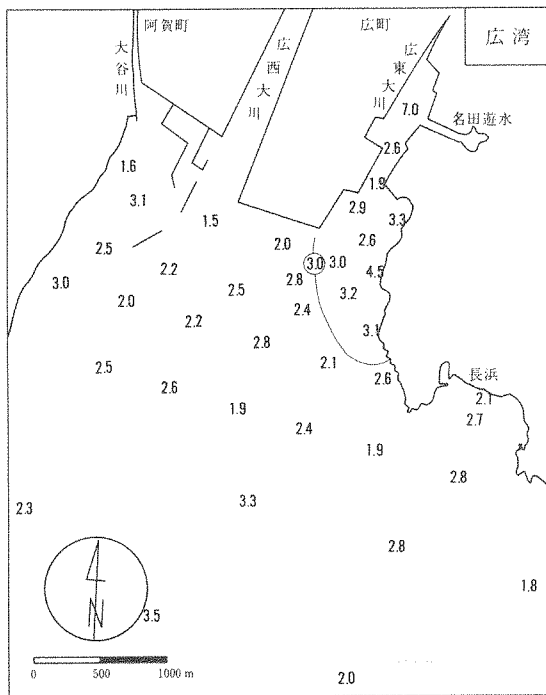
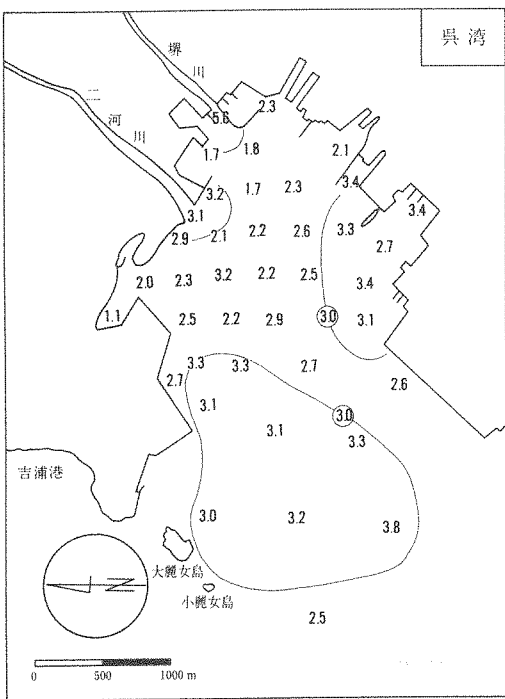




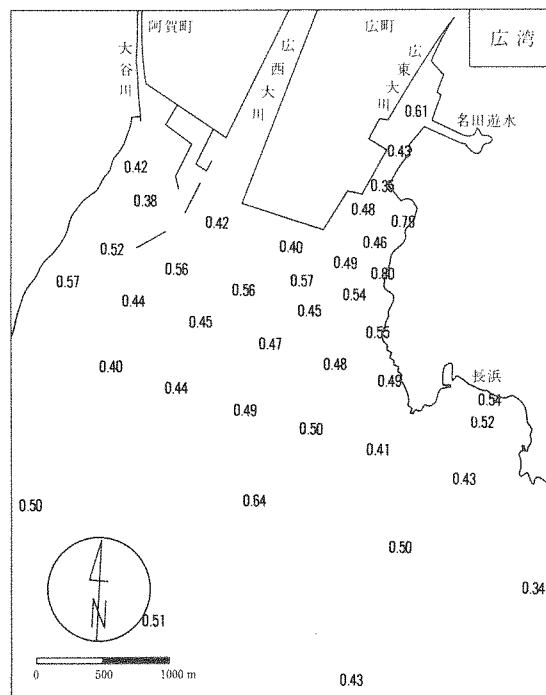
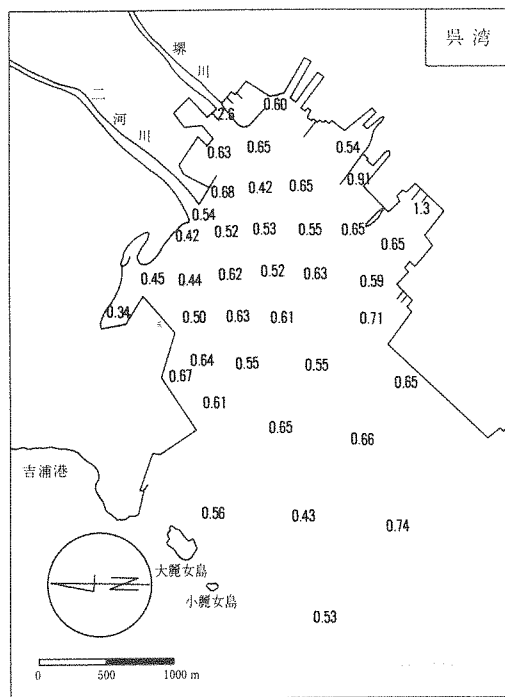
1-2) T-S (S mg/g dry sediment)



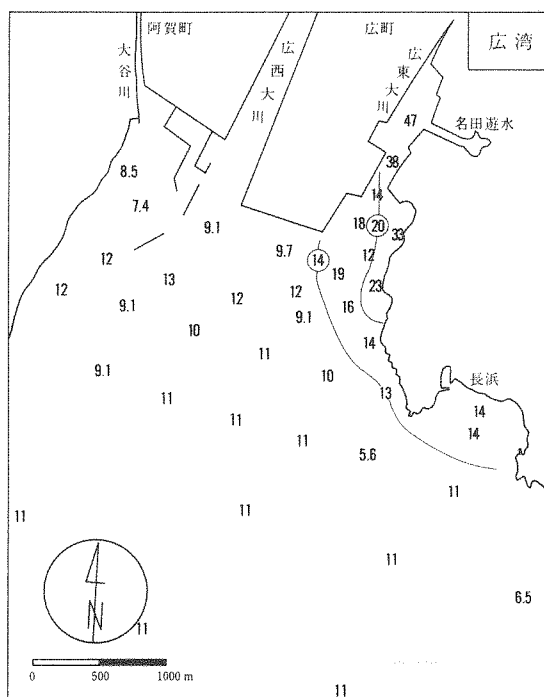
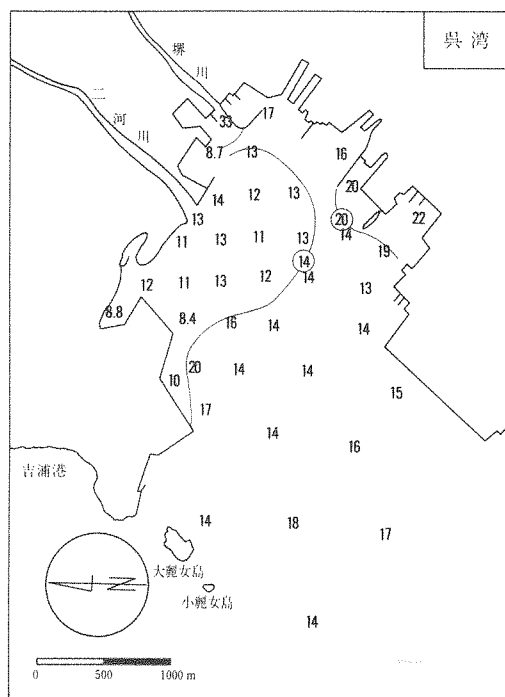
1-3) TOC (mg/g dry sediment)



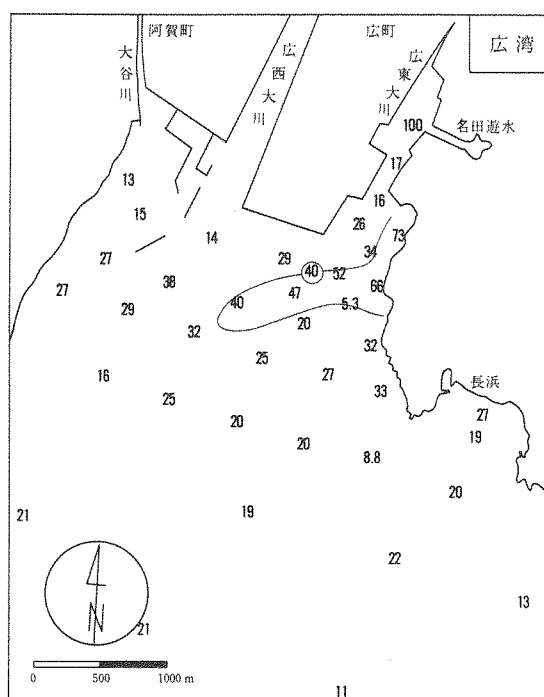
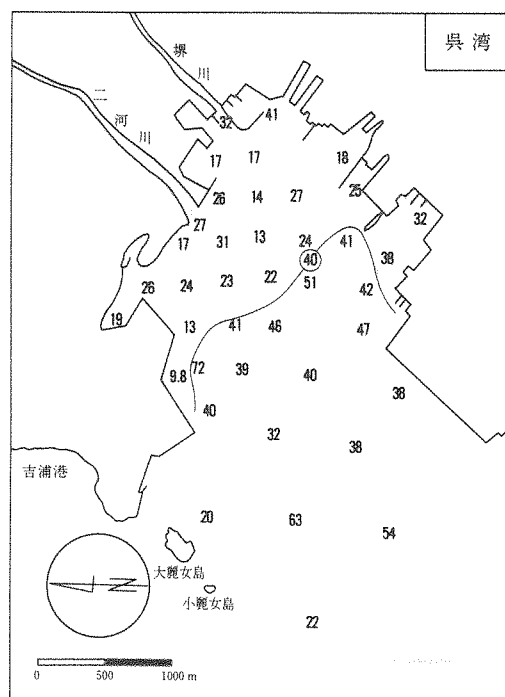
1-4) T-N (N mg/g dry sediment)



1-5) T-P (P mg/g dry sediment)



1-6) 炭水化物 (carbohydrate as agar mg/g dry sediment)



1-7) フェオフィチン (µg/g dry sediment)

している傾向が認められ、(図1-1, 1-2, 1-3, 1-6)わずかではあるが、湾奥部より、湾口部の方が汚染が強く、沖合まで湾内の汚染の影響がおよんでいると考えられる。このことは、湾奥部に流入している二河川の水質が、比較的清澈であるため、この河川による希釈及び押し流し効果が作用しているものと考えられる。

前報の大竹沿岸部の底泥調査<sup>1)</sup>と比較すると、I.L., TOCなどの有機物濃度は、呉湾の方がかなり低く、T-Sは逆に呉湾の方が高い値を示しており、大竹沿岸域との質的な汚染の差異が認められる。呉湾において、有機物濃度がそれほど高くないにもかかわらず、このように高い硫化物濃度を示す理由は、主として底泥中の金属濃度の高さに関係しているものと推察される。すなわち、呉湾は、まわりに立地している企業の特性から、県内の底泥でも、有数の金属含量の高い地域であり、図1-2のT-Sが、14, 13 mg/gと異常な高い値を示している地点は製鉄所、造船所の排水が流入しており、底泥中の金属含量が呉湾のうちでも最も高い地点<sup>4)</sup>と一致している。このことから有機物の嫌気的な分解により生じた硫化水素が、底泥中に存在している豊富な金属元素と結合して、底泥中に蓄積されているものと考えられる。

T-N, T-Pの分布は、前回の調査と同様に、はっきりと秩序だった沿岸部からの分布は認められず、全体的に均一な分布となっている。

フェオフィチンは、40 μg/gの濃度を境に、湾奥部と湾口部が2分され、湾口部が高い値を示し、I.LやTOCとは少し異なり、湾内南部の汚染地域とは関連性のない分布となっている。この違いは、汚泉起源の違いを反映していると考えられる。すなわちI.L, TOCが直接的な陸上排水と内部生産との両者由来するのに対し、フェオフィチンは内部生産だけに由来しているためである。

4.1.2 広湾：広湾の分布で特徴的なことは、前述の汚染が局所的なことと、分布が東大川河口の海岸線に沿って南側に向って細長く、はり出している傾向が認められることである(図1-1, 1-6)。さらに東大川河口内部の濃度のバラッキも特徴的である。これは、河口内の中央線が、チップ船の航路のため、定期的に浚渫を受けているためと思われる。

西大川が流入している付近の底泥は、まわりに比べると、汚染の度合いが低くなっているが、これは西大川が、比較的汚染されていないため、呉湾の二河川と同様、希釈効果として作用しているものと考えられる。

一方、大谷川は、河川水質が悪いため、付近の底泥に、わずかな汚染が認められる。

#### 4.1.3 両湾の比較：呉湾と広湾の底泥汚染を比較し

て、最も顕著に差が認められるのは、T-Sである。表1の両湾の平均値で比較すると、呉湾の方が、広湾よりも約4倍も高い値を示している。これは、先にも述べたが、底泥有機物の嫌気性分解の程度と、硫化物として固定する金属量の違いに帰因しているものと考えられる。また、このことは、外觀の違いからも明らかである。つまり、呉湾では、ほぼ全地点が黒色が灰黒色であり、半数以上の底泥にH<sub>2</sub>S臭が認められたのに対し、広湾では、東大川河口部の7地点でH<sub>2</sub>S臭が認められたのと、大谷川河口付近の2地点が暗灰色を示していた以外は、すべて臭いもなく、灰緑色シルト状底泥であった。

### 4.2 各測定項目間の関係

4.2.1 相関関係：各測定項目間の相関関係を表2に示す。

表2において、I.L-COD-TOC-炭水化物、DO消費量-T-S, T-N-炭水化物、PO<sub>4</sub>-P-T-Pが特に高い相関( $r \geq 0.7$ )が認められる。I.L-COD-TOC-炭水化物が高い相関を示すのは、炭水化物以外の項目が、全有機物の相対量を、それぞれ異なった方法で測定しているためである。また炭水化物が、これらの有機指標項目と高い相関を示すのは、底泥中の全有機物中に占める炭水化物の割合が比較的一定している証拠であろう。

DO消費量-T-Sは、全地点で高い相関を示すが、個々の湾でみると、硫化物濃度が大きい呉湾で高い相関を示している。このように、硫化物濃度の高い地域では、1日間のDO消費量は、硫化物による酸素消費を測定している可能性が高いと考えられる。

T-N-炭水化物は、全地点でも、個々の湾でも、いづれも高い相関を示しているが、T-N(≠TON)が蛋白質の指標と考えられることから、蛋白質と炭水化物の挙動が似かよっているものと思われる。

また、PO<sub>4</sub>-P-T-Pからは、T-Pに対する無機磷の存在割合が、ほぼ一定していることがわかる。

4.2.2 I.L, TOCとCOD：従来から、底泥の分解性の指標として、I.LとCODの関係が論議されている。大ざっぱに言えば、I.Lは全有機物量に対応し、CODは、そのうち比較的分解しやすい成分の量に対応するから、両者の比は、底泥の特性を示す1つの指標となる。<sup>5)</sup>この関係を考慮して、I.L, TOCに対するCODの比率を比べたのが、図2である。

この図からI.L, TOCの全有機物量に対するCODの比率は、両湾で明らかに異なっており、呉湾に比べて広湾の方が底泥中の分解性成分の占める割合がかなり大きく、