

ISSN 0915-3179

和歌山県衛生公害研究センター年報

No. 43

(平成8年度)

和歌山県衛生公害研究センター

年 報 編 集 委 員

委員長	西 山 臣 謹
委員	得 津 勝 治
”	石 垣 彰 一
”	辻 澤 廣
”	秦 壽 孝
”	坂 本 明 弘
”	田 淵 啓 仁

発行年月 平成 9 年 12 月

編集・発行 和歌山県衛生公害研究センター

〒640 和歌山市砂山南 3-3-45

TEL (0734) 23-9570

36-8400

FAX (0734) 23-8798

(本報は再生紙を使用しています。)

1. 誌 上 発 表

1. 病原性大腸菌 O 157 に対する市販殺菌消毒剤の殺菌効果

今井健二, 大谷 寛, 石垣彰一, 守山忠志,
日置祐一, 渡辺嘉秀
防菌防黴誌 Vol.25 No.2 63~65 1997

日常的な伝播感染防止の一つとして手洗いの励行を上げることが出来るが, 中でも殺菌消毒剤を用いた手洗いは極めて有効と考えられる。しかし多くの薬剤が上市されている中で O 157 に対し有効性を認めた報告はない。著者らは現在医療機関を始めとし, 多くの施設で用いられている市販医薬品もしくは医薬部外品等の殺菌消毒剤または殺菌消毒洗淨剤について O 157 に対する殺菌効果を検討し, その有効性

の検討を行った。また, 非病原性大腸菌との薬剤感受性の違いについても同様に検討した。結果として, 医薬品規格に該当する BAC, CHG, PDI の O 157 に対する殺菌効果は比較的低濃度で有効性が発現することが認められた。また医薬部外品に該当する薬剤のうち BCP 製剤については市販医薬品とほぼ同程度の殺菌効果を示し, 低濃度でも有効性が発現することが認められた。他の部外品 TCS IMP, CLX は殺菌に際し比較的高濃度を必要とした。また, 他の非病原性大腸菌 IFO3972, k-12 に対する殺菌効果は先の O 157 とほぼ同程度の殺菌効果を示し, 株間の違いによる有効性の程度の差は認められなかった。

2. 学会・研究会等の発表

1 和歌山県における神経芽細胞腫マスキリーニング調査について, 第16回和歌山県公衆衛生学会, 和歌山市, 1996, 11月, 下野尚悦, 得津勝治

2 クレチン症マスキリーニングにおけるヨード系消毒剤の影響, 第16回和歌山県公衆衛生学会, 和歌山市, 1996, 11月, 新田伸子, 得津勝治

3 和歌山県におけるつつがむし病及び日本紅斑熱の疫学調査, 第49回日本細菌学会関西支部総会, 和歌山市, 1996, 10月, 寺杣文男, 上田徳仁, 宮

本和明, 今井健二, 宮本博行

4 和歌山県における腸管出血性大腸菌 O 157 感染症の発生状況, 第23回地研近畿支部細菌部会研究会, 大津市, 1996, 11月, 井藤典彦, 大谷 寛, 中村真理, 石垣彰一

5 大気汚染全県調査について, 第16回和歌山県公衆衛生学会, 和歌山市, 1996, 11月, 吉岡 守, 蓬臺和紀, 大谷一夫

目 次

(業 務 編)

I 衛生公害研究センターの概要

1. 沿 革	1
2. 組 織	2
3. 事業費・施設	4

II 事業概要

1. 測定検査等事業	
(1) 保健情報部	7
(2) 微生物部	9
(3) 生活理化学部	12
(4) 大気環境部	15
(5) 水質環境部	16
2. 保健所等の指導・研修	19
3. 出前教室の実績	20

(調 査 研 究 編)

III 調査研究

【調査研究】

1. 和歌山県(和歌山市周辺)のし尿処理浄化槽放流水の実態調査について 得津勝治・勝山 健・内原弘恵・嶋田英輝	21
2. 和歌山県における先天性代謝異常症マス・スクリーニングについて(第3報) —平成4年度から平成8年度の結果— 新田伸子・下野尚悦・得津勝治	27
3. エコーウイルス20型の分離について 今井健二・寺袖文男・石垣彰一	32
4. 和歌山県内の温泉水中の有害金属等含有量調査 辻澤 廣・畠中哲也・岡本泰幸・杉本真紀・久野恵子・山東英幸	34
5. 県内温泉の経年変化(第12報) —龍神温泉及び小又川温泉の経年変化— 畠中哲也・辻澤 廣・岡本泰幸・山東英幸・久野恵子・杉本真紀 南 真司・愛洲隆一郎	39
6. 和歌山県における市街地公園の環境及び住民意識調査について 内田勝三・喜多正信・蓬臺和紀・二階 健・吉岡 守・大谷一夫	47
稲内 久・秦 壽孝	
7. 自動車騒音, 振動の一考察 二階 健・吉岡 守・秦 壽孝	69
8. 付着珪類による富田川の水質評価 楠山和弘・中西和也・石井信之・雑賀 仁・有本光良・森 喜博 小山武信・守吉通浩	76

9. 水生生物による日高川水系の水質評価

猿棒康量・楠山和弘・石井信之・大田真由美・谷口泰崇・森 喜博

小山武信・守吉通浩 80

10. 最近の瀬戸内海水質評価について(その1)経年変化

小山武信・猿棒康量・楠山和弘・城戸 亮 87

IV 発表業績

誌上・学会・研究会等の発表121

CONTENTS

【Originals】

1. Survey of Water Pollution Drainage from Septic Tank in Wakayama Prefecture
Shoji Tokutsu, Ken Katsuyama, Hiroyosi Uchihara and Hideki Shimada 21
2. A Survey Report on the Mass-Screening for Congenital Errors of Metabolism in Wakayama Prefecture
(Ⅲ)
Nobuko Nitta, Hisayoshi Shimono and Shoji Tokutsu 27
3. Isolation of Echovirus type 20 in Wakayama
Kenji Imai, Fumio Terasoma and Shouichi Ishigaki 32
4. Investigation of Contents the Harmful Metals of Hot Spring Waters in Wakayama Prefecture
Hiroshi Tsujisawa, Tetsuya Hatanaka, Yasuyuki Okamoto,
Maki Sugimoto, Keiko Kuno and Hideyuki Sando 34
5. Studies on Time Course of Hot Springs in Wakayama Prefecture (X II)
—— Secular Change in Hot Springs of the Ryujin and Komatagawa ——
Tetsuya Hatanaka, Hiroshi Tsujisawa, Yasuyuki Okamoto, Hideyuki Sando,
Keiko Kuno, Maki Sugimoto, Shinji Minami and Ryuichirou Aisu 39
6. Atmospheric Pollutants in Urban Public Parks and Residents Consciousness Research of the Parks
in Wakayama Prefecture.
Shouzou Uchida, Masanobu Kita, Kazuki Houdai, Takeshi Nikai,
Mamoru Yoshioka, Kazuo Ohtani, Hisashi Inauchi and Toshitaka Hata 47
7. A Study on Traffic Noise and Vibration
Takeshi Nikai, Mamoru Yoshioka and Toshitaka Hata 69
8. Evaluation of Organic Water Pollution by Attached Diatom Assemblage in the Tonda River
Kazuhiro Kusuyama, Kazuya Nakanishi, Nobuyuki Ishii, Hitoshi Saika,
Mitsuyoshi Arimoto, Yoshihiro Mori, Takenobu Koyama
and Michihiro Moriyoshi 76
9. Evaluation of Water Pollution on Aquatic Life in the Hidaka River
Yasukazu Sarubo, Kazuhiro Kusuyama, Nobuyuki Ishii, Mayumi Ohta,
Yasutaka Taniguchi, Yoshihiro Mori, Takenobu Koyama
and Michihiro Moriyoshi 80
10. Survey of the water quality in the Seto Inland Sea recently (Part 1) Secular change
Takenobu Koyama, Yasukazu Sarubou, Kazuhiro Kusuyama,
Akihiro Sakamoto and Ryo Kido 87

和歌山県（和歌山市周辺）のし尿処理浄化槽 放流水の実態調査について

得津勝治・勝山 健・内原弘恵・嶋田英輝

Survey of Water Pollution Drainage from Septic Tank in Wakayama Prefecture

Shoji Tokutsu, Ken Katsuyama, Hiroyoshi Uehihara
and Hideki Shimada

キーワード：し尿処理浄化槽放流水，浄化率，排出負荷量

Key Words : Drainage from Septic Tank, Removal Rate of Excrement Treatment,
Load from Septic Tank

まえがき

本県でのし尿及び生活排水等の処理は，平成7年度末で水洗化人口が532,826人，水洗化率が49.3%となっており，そのうち浄化槽によるものが85.6%であり，生活水準の向上に伴いその率も年々増加している。

これら浄化槽のうち，し尿のみを処理する単独浄化槽（単独）による処理人口は368,420人で本県人口の34.1%を占め，また，し尿と生活排水を併せて処理する合併処理浄化槽（合併）による処理人口は87,653人で8.1%が現状である¹⁾。

これらの浄化槽は，浄化槽法の7条及び11条検査により管理されているが，これらの管理上の測定項目以外の調査はあまり行われていない。そこで，今回和歌山県北部の浄化槽の放流水100件（単独30件，合併70件）について13項目の調査を実施し，これらの放流水での調査結果及び単独と合併の浄化率，環境への負荷量の比較等の検討を行ったので報告する。

調査方法

1. 調査地域及び調査期間

1) 単独浄化槽

和歌山市29件，岩出町1件の計30ヶ所の浄化槽塩素滅菌直前の放流水を採水した。

2) 合併浄化槽

和歌山市28件，岩出町4件，打田町9件，粉河町7件，貴志川町17件，桃山町5件の計70ヶ所を単独浄化槽と同様に採水した。

3) 採水期間

平成8年8月5，6日，8月19，20日，9月9，10日，10月14，15日，10月28，29日の5回に分け採水した。

2. 測定項目及び試験方法

生物学的酸素要求量（ N_2 を基ルチオ尿素添加法（BOD-ATU）はJIS K 0102 (3)(C)備考1，生物学的酸素要求量（BOD）はJIS K 0102 (21)，有機体炭素（TOC）及び無機体炭素（IC）はJIS K 0102 22 1，化学的酸素要求量（COD）及び可溶性化学的酸素要求量（可溶性COD）はJIS K 0102 17（可溶性CODは1 μ mのフィルターでろ過した），アンモニア性窒素（ NH_4-N ）はJIS K 0120 42 2，総窒素（T-N）はJIS K 0102 45 5，総リン（T-P）はJIS K 0102 46 3 1，色度は上水試験法 VI 6 3，浮遊物質（SS）はJIS K 0102 14，塩素イオンは衛生試験法116，pHはJIS K 0102 12 1を用いて試験した。

結果及び考察

1 調査対象浄化槽の処理対象員と人員比

今回調査した単独の浄化槽処理対象人員は5～43人槽の範囲で、平均(平均値±標準偏差)で8.1±7.2人槽であり、5～10人槽で93%を占め、また調査できた実使用人員(n=25)は2～7人、平均3.6±1.4人であり、実使用人員2～5人の範囲で92%を占めていた。

合併での処理対象人員は4～25人槽の範囲で、平均では8.1±2.9人槽であり、5～10人槽の範囲で90%を占め、実使用人員(n=47)は1～7人で平均3.9±1.6人で、2～6人の範囲で87%を占めており、ほぼ単独と同様の傾向であった。

処理対象人員に対する実使用人員の割合すなわち計画負荷に対する実負荷を表す指標である人員比は、単独(n=25)については、0.2～1.2と広範囲に分布し平均0.59±0.27であり、また0～0.75未満の範囲で約72%を占めており、人員比1を越えた施設は2件(8%)であった。

また、合併(n=47)について、0.16～1.5と広範囲に分布し、平均は0.54±0.3であり、0～0.75未満の範囲に77%含まれ、人員比1を超えた施設は5件(11%)であり単独に比べ合併の方が人員比はやや低い結果であった。

2 浄化槽放流水の調査結果について
単独及び合併の調査結果は表1に、各項目別の単独と合併の平均値及び中央値の比較は図1及び図2に示す。

調査結果は、BOD-ATUについては単独での平

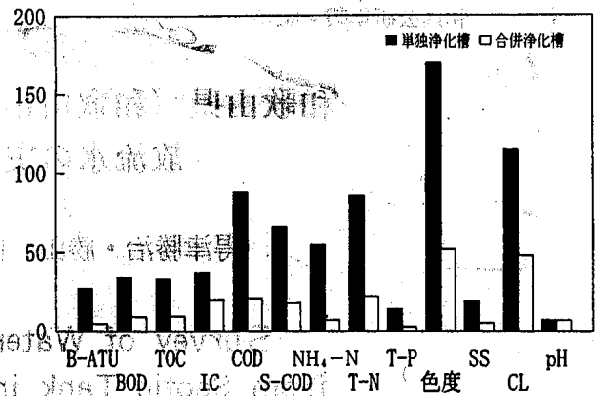


図1 単独・合併浄化槽の調査結果

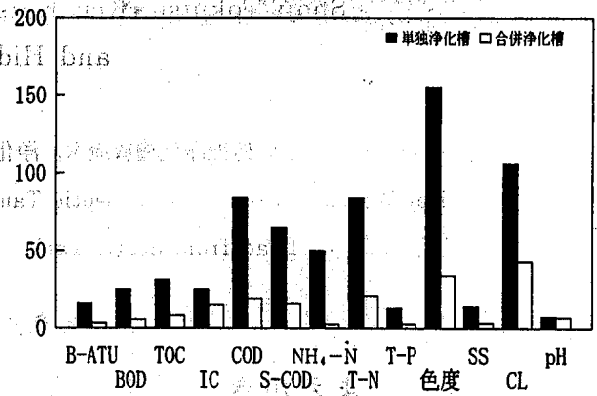


図2 単独・合併浄化槽の中央値

均は27±32mg/lで、合併では4.9±6.0mg/lと平均での比較で単独は合併の約5.5倍であり、分布については、単独ではBOD-ATU値0～60mg/l未満に90%が、合併では0～6.0mg/l未満に80%が含まれ、中央値による比較は、単独は合併の4.7倍であり平均値比較(5.5倍)よりやや低い結果となった。

BODについては単独での平均は34±26mg/lで、合併では9.3±10mg/lと平均での比較で単独は合併での約3.7倍であり、分布については、単独で0～60mg/l未満に85%が、合併では0～15mg/l未満に83%が含まれ、中央値による比較は、単独は合併の4.5倍であり平均値比較(3.7倍)よりやや高い結果となった。

また、BOD-ATUとBODとの平均値比較については単独で約1.3倍、合併で約1.9倍でBODが高い値であり、また、両者の相関について、単独ではr=0.735(y=0.558x-0.298)、合併ではr=0.889(y=0.512x+0.132)でいずれも1%有意水準で相関が認められ、

表1 単独及び合併浄化槽放流水の調査結果

測定項目	単独浄化槽				合併浄化槽			
	平均値	最大値	最小値	中央値	平均値	最大値	最小値	中央値
BOD-ATU	27	160	2.1	16	4.9	42	0.7	3.4
BOD	34	92	4.4	25	9.3	71	0.7	5.5
TOC	33	83	13	31	9.5	56	2.6	8.4
IC	37	95	1.0	25	20	64	0.9	15
COD	88	150	39	84	21	100	4.8	19
可溶性COD	66	100	31	65	18	85	4.8	16
NH ₄ -N	55	110	3.0	50	7.1	41	0.1	2.5
T-N	86	190	13	84	22	70	3.2	21
T-P	14	25	5.0	13	2.8	6.6	0.8	2.6
色度*	170	500	46	155	52	640	9.0	34
SS	19	120	1.6	14	5.1	25	1未満	3.3
CL	115	237	58	106	48	152	29	43
pH*	7.1	8.2	5.0	7.5	7.0	7.9	3.9	7.1

(mg/l・*は除く)

特に合併で良好な相関が認められた。また回帰直線からは、単独でBOD-ATU値の約1.8倍、合併では約2倍がBOD値となった。

BODと計画人員に対する実員数を表す人員比の比較は単独ではBOD値0~25 mg/l未満の範囲での人員比は0.59, 25~50 mg/l未満では0.38, 50~75 mg/l未満では0.88, 75~100 mg/lでは0.39であり、合併ではBOD値0~10 mg/l未満での人員比は0.50, 10~15 mg/l未満では0.53, 15~20 mg/l未満では0.68, 20 mg/l以上では0.78であり、単独ではBOD値と人員比の関係は認められなかったが、合併ではBOD高値になる程人員比も高くなり、当然の事ながら浄化槽へのBOD処理負荷が増すほど放流水BOD値の上昇が認められた。また、単独での所期の処理性能であるBOD 90 mg/lを超えたものは1件(3.3%)であり、合併でのBOD 20 mg/lを超えたものは7件(10%)であり、これらの人員比も比較的高い範囲(平均0.8)にあった。

TOCについては単独での平均は33 ± 16 mg/lで、合併では9.5 ± 7.4 mg/lと平均での比較で単独は合併の約3.5倍であり、分布については、単独で0~60 mg/l未満に97%が、合併では0~15 mg/l未満に91%が含まれ、中央値による比較は、単独は合併の3.7倍であり平均値比較(3.5倍)とほぼ同様の結果となった。

ICについては単独での平均は37 ± 27 mg/lで、合併では20 ± 15 mg/lと平均での比較で単独は合併の約1.9倍であった。

この結果は総炭素のうち、平均値で単独ではTOCが47%、合併では32%であり単独のほうがTOC率が高い結果となった。

CODについては単独での平均は88 ± 30 mg/lで、合併では21 ± 13 mg/lと平均での比較で単独は合併の約4.2倍であり、分布については、単独では30~160 mg/lと広範囲でバラツキが認められたが、合併では0~30 mg/l未満に90%が含まれ、中央値による比較は、単独は合併の4.4倍であり平均値比較(4.2倍)とほぼ同様の結果となった。

可溶性CODについては単独での平均は66 ± 19 mg/lで、合併では18 ± 11 mg/lと平均での比較で単独は合併の約3.7倍であった。

また、CODと可溶性CODとの比較結果については単独で約1.3倍、合併で約1.2倍と当然のことながらCODが高く、また相関関係については単独

では $r=0.864$ ($Y=0.671x+0.129$)、合併では $r=0.979$ ($y=0.512x+0.132$)であった。

NH₄-Nについては単独での平均は55 ± 30 mg/lで合併での平均では7.1 ± 8.8 mg/lと平均での比較は合併での濃度の約7.7倍であり、分布については、単独では広範囲でバラツキ、合併では0~20 mg/l未満に90%が含まれ、中央値による比較は、単独は合併の20倍であり平均値比較(7.7倍)よりきわめて高い結果となった。

T-Nについては単独での平均は86 ± 38 mg/lで合併での平均では22 ± 15 mg/lと平均での比較は合併での濃度の約3.9倍であり、分布については、単独では広範囲でバラツキが認められたが、合併では0~40 mg/l未満に90%が含まれ、中央値による比較は、単独は合併の4.0倍であり平均値比較(3.9倍)とほぼ同様の結果となった。

T-Pについては単独での平均は14 ± 4.4 mg/lで、合併では2.8 ± 1.3 mg/lと平均での比較で単独は合併の5倍であり、分布については、単独では10~20 mg/l未満に85%が、合併では2~4 mg/l未満に81%が含まれ、中央値による比較は、単独は合併の5.0倍であり平均値比較(5.0倍)と同様の結果となった。

色度については単独での平均は170 ± 110度で、合併では52 ± 85度と平均での比較で単独は合併の約3.3倍であり、分布については、単独では、広範囲でバラツキが認められたが、合併では10~50度未満の範囲に70%が含まれ、中央値による比較は、単独は合併の4.5倍であり平均値比較(3.3倍)より高い結果となった。

SSについては単独での平均は19 ± 25 mg/lで、合併では5.1 ± 5.4 mg/lと平均での比較で単独は合併の約3.7倍であり、分布については、単独では、0~20 mg/l未満に75%が、合併では0~10 mg/l未満に90%が含まれ、中央値による比較は、単独は合併の5.4倍であり平均値比較(3.7倍)より高い結果となった。

塩素イオンについては単独での平均は115 ± 40 mg/l、合併では48 ± 19 mg/lと平均での比較で単独は合併の約2.4倍であり、分布については、単独では70~160 mg/l未満に90%が、合併では30~70 mg/l未満に91%が含まれ、中央値による比較は、単独は合併の2.4倍であり平均値比較(2.4倍)と同様の結果となった。

また塩素イオンからの希釈率[算出は表2の原塩

素イオンの濃度を用い、使用水量は、単独で50ℓ、合併250ℓ（うち雑排水は200ℓ）とした] については単独では平均 53.0 ± 16.3%，合併では 26.0 ± 6.8% で単独は合併のほぼ2倍の希釈率となった。

pHについては単独での平均は 7.1 ± 0.76 で水質検査の望ましい範囲 5.8~8.6 以外は2件（5.8以下）であった。合併では 7.0 ± 0.72 で望ましい範囲外は3件（5.8以下）でやや単独でのpHが高かった。

3 単独、合併浄化槽の浄化率及び環境への負荷総量の比較について

単独及び合併浄化槽の比較は各汚染指標の濃度平均では比較しがたいため、BOD、COD、T-P、T-N及びSSの浄化率及び環境への排出負荷総量（g/日）として算出し、その比較を検討した。

なお、これらの算出に用いた数値は及び負荷量等は文献^{2~5)}により、次のように設定し算出した。

水使用量(ℓ/日/人)

単独浄化槽 50ℓ

合併浄化槽 50ℓ + 雑排水200ℓ = 250ℓ

原し尿及び原雑排水のみの負荷量（g/日/人）は表2に示すとおりであり、算出方法は単独については

$$\text{単独浄化槽の排出負荷量 (g/日/人)} = \text{測定値(mg/ℓ)} \times 50 \div 1000 \cdots (a)$$

単独浄化槽の浄化率(%) =

$$[1 - (a \div \text{原し尿負荷量 g})] \times 100$$

単独浄化槽の総排出負荷量(g/日) =

$$a \times \text{使用実人員}$$

表2 原し尿及び原雑排水の負荷量（g/日/人）

項目	原し尿	原雑排水のみ
BOD	13 g	40 g
COD	10 g	17 g
SS	20 g	18 g
総窒素	9 g	3 g
総リン	0.9 g	0.9 g
塩素イオン*	5500 mg/ℓ	50 mg/ℓ

(*は濃度)

単独浄化槽の原雑排水を含めた

総排出負荷量(g/日) =

$$\text{使用実人員} \times (a + \text{原雑排水のみの負荷量})$$

合併については

合併浄化槽の排出負荷量(g/日/人) =

$$\text{測定値(mg/ℓ)} \times 250 \div 1000 \cdots (b)$$

合併浄化槽の浄化率(%) =

$$[1 - \{b \div (\text{原し尿g/日} + \text{雑排水負荷量g/日})\}] \times 100$$

合併浄化槽の総排出負荷量(g/日) =

$$b \times \text{使用実人員}$$

合併浄化槽のし尿由来の総排出負荷量(g/日) =

$$b \times \text{原し尿負荷量(g/日)} \div [\text{原し尿負荷量(g/日)} + \text{原雑排水負荷量(g/日)}]$$

とした。

また、検出限界未満の測定値は検出限界値の1/5として算出した。

表3 単独・合併浄化槽の浄化率(%)及び負荷総量(g/日)

汚染指標		BOD		COD		T-P		T-N		SS	
		浄化率	負荷総量	浄化率	負荷総量	浄化率	負荷総量	浄化率	負荷総量	浄化率	負荷総量
単独 浄化槽	平均	87.0	7.6 (155)	56.0	15.9 (77.8)	24.3	2.5 (5.3)	52.2	16.8 (27.7)	95.3	3.9 (71.6)
	最大	98.3	18.4 (294)	80.5	34.3 (153)	72.2	7.0 (13.3)	92.8	45.0 (63.0)	99.6	24.0 (133)
	最小	64.6	0.7 (80.4)	25.0	3.9 (37.9)	-38.9	1.0 (1.9)	-5.6	3.3 (9.5)	70.0	0.2 (36.2)
	偏差	9.9	6.8 (60.0)	15.1	7.9 (29.4)	24.3	1.4 (2.7)	21.1	11.4 (16.7)	6.3	5.5 (27.0)
合併 浄化槽	平均	95.6	10.4	80.8	23.4	61.0	2.8	55.0	19.5	96.6	5.0
	最大	99.7	71.0	95.6	100.0	88.9	10.0	93.3	64.0	99.9	24.0
	最小	66.5	0.6	7.4	3.6	8.3	0.3	-45.8	0.8	83.6	0.1
	偏差	4.9	13.7	12.5	19.3	18.0	1.7	31.3	15.2	3.6	5.7

()は雑排水を含めた負荷総量

1) 浄化率について

BOD, COD, T-P, T-N及びSSの浄化率については、表3及び図3に示す。

各項目で単独の浄化率の平均値が90%を上回ったものはSSの95.3%, 次いでBODの87%, 50%前後ではCODの56%, T-Nの52.2%, T-Pの24.3%であり、合併では90%を上回ったものはSSの96.6%, BODの95.6%, 次いでCOD 80.8%, T-P 61.0%, T-Nの55%と続き、両者においてSSとBODの浄化率が良かった。

また、単独と合併での比較について合併は雑排水も合わせて処理するにもかかわらず浄化率において単独より上回り、BODで1.1倍、CODで1.4倍、T-Pで2.5倍、T-Nで1.1倍、SSで1.0倍となり、浄化率において合併が優れていた。

2) 総排出負荷量について

浄化槽から水系の環境中への放流される一日当たりのBOD, COD, T-P, T-N及びSSの絶対量を総排出負荷量(負荷総量)として算出し、表3及び図4に示す。

単独では実使用人員の確認出来た25浄化槽について負荷総量の平均値でT-Nが16.8g/日と最も多く、次いでCODの15.9g/日、BOD 7.6g/

日、SS 3.9g/日、T-P 2.5g/日と続き、合併(N=47)ではCOD 23.4g/日で、次いでT-Nの19.5g/日、BOD 10.4g/日、SS 5.0g/日、T-P 2.8g/日と、当然の事ながら雑排水を合わせて処理する合併の方が負荷総量は高くなった。これは、1日当たりの単独からの排出水量を50ℓ、合併からの排出水量を250ℓとして総排出水量を算出することにより、合併の排水量が単独の5倍となる放流水中での絶対量としたためである。

合併では家庭での雑排水も処理し排出されるのに対し、単独は、雑排水が未処理で排出されるため、合併での負荷総量が単独に比べ高い結果となったが、単独での環境への負荷総量を雑排水が未処理で排出されるとして、これら未処理雑排水を含めて環境への負荷総量(環境負荷総量)を算出し、その平均値で比較すると表3及び図5に示すように、1日当たり1家庭から排出されるBOD環境負荷総量は、単独では155g、合併では10.4gと単独は合併の14.9倍、COD環境負荷総量は、単独では77.8g、合併では23.4gと合併の3.3倍、T-P環境負荷総量は、単独では5.3g、合併では2.8gと合併の1.9倍、T-N環境負荷総量は、単独では27.7g、合併では19.5gと合併の1.4倍、SS環境負荷総量は、単独では

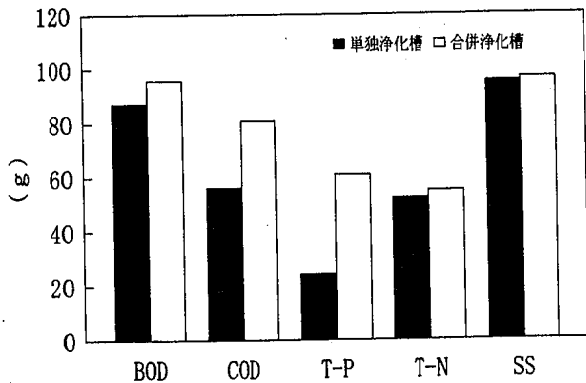


図3 単独・合併浄化槽の浄化率について

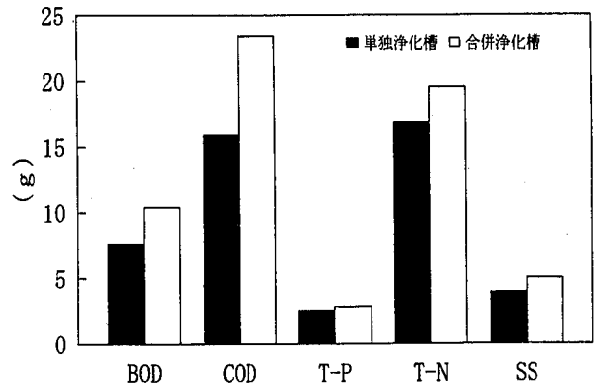


図4 単独・合併浄化槽の排出負荷総量

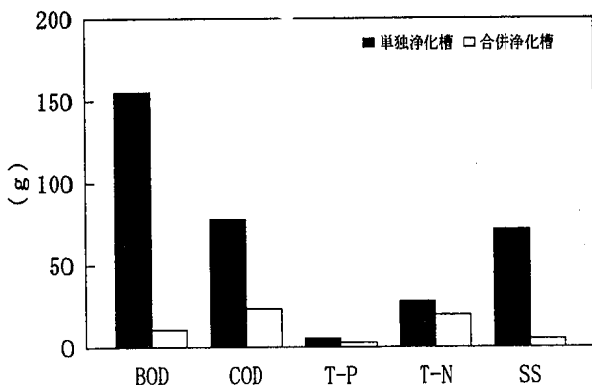


図5 単独(雑排水含む)・合併浄化槽の排出負荷総量

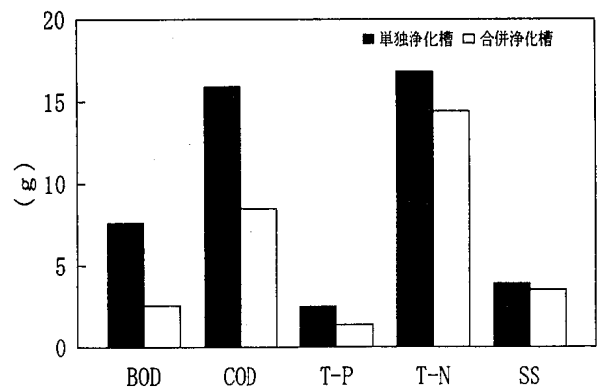


図6 単独・合併浄化槽のし尿由来の負荷総量

71.6 g, 合併で5.0 gと合併の14倍となり, 排出されるいずれの環境負荷総量においても合併が優れており, 当然の事ながら雑排水を合わせて処理する合併浄化槽の普及は環境への影響等において不可欠と考えられる。

3) し尿由来のみの総排出負荷量について

合併は雑排水を合わせて処理するため, 合併の負荷総量をし尿由来の総排出量として算出し, 単独と合併を比較し図6に示す。

合併を単独と同様にし尿由来のみで比較した場合, 特に原雑排水の負荷が大きかったBOD, CODにおいて合併の負荷総量に大きな減少が見られ, 単独は合併に比べBODで2.9倍, CODで1.8倍, T-P1.5倍, T-Nで1.2倍, SS1.1倍となり, いずれも合併は単独より環境への影響が減少し, 特にBOD, CODにおいて顕著な差があり, 合併が環境への影響は少なかった。

ま と め

1. 放流水の平均濃度について, 単独は合併に比べ, BOD-ATUで5.5倍, BODで3.7倍, TOCで3.5倍, ICで1.9倍, CODで4.2倍, 可溶性CODで3.7倍, NH₄-Nで7.7倍, T-Nで3.9倍, T-Pで5倍, 色度で3.3倍, SSで3.7倍, 塩素

イオンで2.4倍となり, 当然の事ながら雑排水を合わせて処理する合併の方が低濃度であった。

2. 浄化率について, 合併は単独を上回り, BODで1.1倍, CODで1.4倍, T-Pで2.5倍, T-Nで1.1倍, SSで1.0倍となり, 浄化率において合併が優れていた。

3. 単独での未処理雑排水を含めて算出した1日あたり1家庭から環境へ排出される環境負荷総量について, 単独は合併に比べ, BODは14.9倍, CODは3.3倍, T-Pは1.9倍, T-Nは1.4倍, SSは14倍となり, いずれの環境負荷総量においても合併が優れており, 雑排水を合わせて処理する合併浄化槽の普及は環境への影響等において不可欠と考えられた。

文 献

- 1) 平成9年度版, 和歌山県環境白書, P156, 1997
- 2) 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説, 平成2年, (社)日本下水道協会
- 3) 愛知県の生活排水実態調査, 昭和56,58年度
- 4) 須藤隆一, 生活雑排水からの負荷とその処理, 1982
- 5) 大阪府における汚染・汚濁物質の将来排出量の算定基礎調査報告書, 1982

和歌山県における先天性代謝異常症マス・スクリーニングについて (第3報)

— 平成4年度から平成8年度の結果 —

新田伸子・下野尚悦・得津勝治

A Survey Report on the Mass-Screening for Congenital Errors of Metabolism in Wakayama Prefecture (III)

Nobuko Nitta, Hisayoshi Shimono and Shoji Tokutsu

キーワード：先天性代謝異常症，マス・スクリーニング，患者発見率

Key Words : congenital errors of metabolism, mass screening, incidence of patient

はじめに

先天性代謝異常症とは、生体内での代謝経路の過程で遺伝子の異常のために、ある特定の過程に関する酵素の活性が先天性に低下もしくは欠損しているためにおこる疾患で、産物の欠乏や前段階物質の過剰蓄積のため障害がひきおこされる¹⁾。しかし、これらの患者は早期に発見し、早期に治療を開始することにより、心身障害の発生を防止することが可能である。このため患者を早期に発見することを目的として厚生省通知²⁻⁷⁾により全国的に新生児マス・スクリーニングが実施されている。

当センターにおいても、昭和60年よりマス・スクリーニング検査を実施しているが、先天性代謝異常症検査の平成4年度までの結果については第1報⁸⁾第2報⁹⁾にて報告した。今回新たに平成4年度から平成8年度までの5年間の結果を集計したので報告する。

方 法

1. 検査対象者

和歌山県下の医療機関で平成4年度から平成8年度までに出生した新生児について実施した。

2. スクリーニングシステム

スクリーニングシステムは図1に示したフローチャートにしたがって行った。

3. 検査対象疾患ならびに検査方法

現在行われている新生児マス・スクリーニング検査対象の6疾患のうち、先天性代謝異常症4疾患に

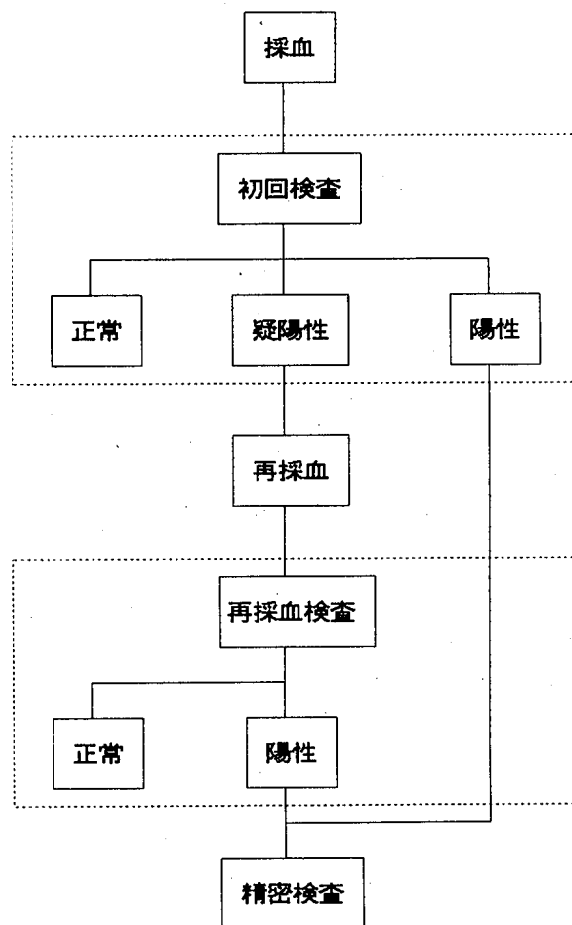


図1 スクリーニングシステム
内は当センターで実施

ついて結果の集計をおこなった。4疾患とは、アミノ酸代謝異常症のフェニルケトン尿症(Phenylketonuria:以下PKU)、ホモシスチン尿症(Homocystinuria:以下HCU)、メープルシロップ尿症(Maple syrup urine disease:以下MSUD)、糖質代謝異常症のガラクトース血症(Galactosemia:以下GAL)である。

検査項目はそれぞれの患者血中で増加する物質、つまりPKUのフェニルアラニン、HCUのメチオニン、MSUDのロイシン、GALのガラクトースである。

その測定はフェニルアラニン・メチオニン・ロイシンの各アミノ酸についてはガスリー法(細菌抑制試験法)にて半定量測定を行った。さらに平成8年度からはガスリー法にて高値を示した検体について二次検査として高速液体クロマトグラフによる定量分析を行った。ガラクトースはペイゲン法にて半定量測定を行った。

またGALについては疾患の原因となる酵素自体の有無を調べるポイトラー法による検査も併用した。

なお、ヒスチジン血症は平成4年9月まで実施⁸⁾していたが、これまでの結果は第1報⁸⁾・第2報⁹⁾にて報告済みのため割愛する。

結果と考察

1. 5年間のスクリーニング検査結果

1) 受検者数及び受検率

平成4年度から平成8年度までの5年間の本県と全国¹⁰⁾の出生数(暦年集計)、スクリーニング検査受検者数(以下受検者数)、受検率を表1・図2に示す。この5年間の本県における出生数は年間1万人前後の横ばい傾向にあり、総出生数は49,835人であった。これら新生児を対象に検査を実施した結

果受検者は53,729人、受検率は107.8%となった。また年度別でも受検者数は10,530人~11,110人、平均10,746人であり、受検率も106.0%~109.4%といずれも100%をこえた状態で推移した。これは県外で結婚・居住している人が県内の実家出産を行ういわゆる里帰り出産の影響が大きく反映されているものと思われ、本県の新生児スクリーニングは完全実施されていると考えられる。

2) 再採血検査

平成4年度から平成8年度までのスクリーニング結果を表2に示す。

この5年間の再採血検査受検者は303人で、総受検者の0.56%を占めていた。この結果を市原らによる平成6年度の全国調査¹¹⁾と比較すると、全国の再採血率は0.46%であり本県の再採血率(0.56%)は全国とほぼ同程度であると思われる。年度別の再採血検査受検者は28人(0.26%)~109人(1.00%)平均60.6人と年度により若干の差がみられた。

3) 精密検査対象者

精密検査対象者は総計42人で、総受検者に対する割合・精検率は0.08%となった。前述の全国調査から計算した値と比較すると、全国の精検率は0.02%となり本県の精検率(0.08%)が高い結果

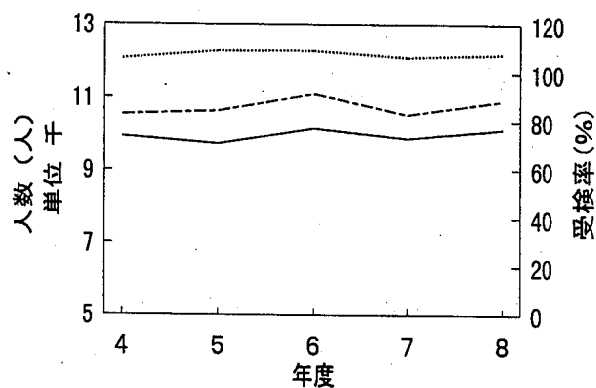


図2 出生数と受検者数・受検率

— 出生数 --- 受検者数 受検率

表1 出生数と受検者数・受検率

年 度	和 歌 山 県			全 国		
	出生数/人	受検者数/人	受検率/%	出生数/人	受検者数/人	受検率/%
4	9,937	10,530	106.0	1,206,340	1,217,853	101.0
5	9,736	10,632	109.2	1,195,035	1,206,219	100.9
6	10,151	11,110	109.4	1,233,072	1,253,198	101.6
7	9,880	10,533	106.6	1,187,067	1,196,068	100.8
8	10,131	10,924	107.8			
合 計	49,835	53,729	107.8	4,821,514	4,873,338	101.1

平成8年度の和歌山県の出生数は概数である。また全国は報告が未発表のため割愛する

表2 スクリーニング検査結果

年 度	受 検 者 / 人	再採血検査 対象者/人(%)	即精密検査 対象者/人(%)	精密検査 対象者/人(%)
4	10,530	46 (0.44)	1 (0.01)	7 (0.07)
5	10,632	28 (0.26)	6 (0.06)	7 (0.07)
6	11,110	52 (0.47)	2 (0.02)	13 (0.12)
7	10,533	68 (0.65)	1 (0.01)	4 (0.04)
8	10,924	109 (1.00)	2 (0.02)	11 (0.10)
合 計	53,729	303 (0.56)	12 (0.02)	42 (0.08)

精密検査対象者には、即精密検査対象者を含む

となった。これは本県では再々採血検査を行わず2度以内のスクリーニング結果で判定を決めていること、またCut-off値付近を示す検体については念のためすべてを精密検査対象としたことによる影響と思われる。

年度別の精密検査対象者は4人(0.04%)~13人(0.12%)平均8.4人となった。

また、精密検査対象者のうち初回のスクリーニング結果で精密検査対象となった即精密検査対象者は12人で総受検者の0.02%を占め、初回検査での陽性・疑陽性者315人のうちの3.81%となった。年度別の即精密検査対象者は、1人(0.01%)~6人(0.06%)平均2.4人であった。

再採血検査を経て精密検査対象となったのは30人で再採血検査受検者の9.9%を占めていた。

4) 精密検査結果

この精密検査対象者42人のうち、GAL3人そしてPKU1人の計4人の患者が確定診断された。これは精密検査対象者の9.5%にあたり、約10人に1人が患者という結果になった。また、精密検査対象者の47.6%にあたる20人が要経過観察と診断された。患者及び要経過観察者を含めると24人で57.1%となった。このようにスクリーニングにより患者を早期に発見し早期治療が行われたことは、患者の今後の障害を未然に防ぐうえにおいても有効であったと思われる。

表3 疾患別再採血検査数・精密検査数・患者数

年 度		PKU	HCU	MSUD	GAL
4	再採血検査数	7	17	1	16
	精密検査数	2	1	0	3
	患者数	0	0	0	2
5	再採血検査数	7	3	4	18
	精密検査数	2	0	0	5
	患者数	1	0	0	0
6	再採血検査数	14	31	10	15
	精密検査数	5	9	0	2
	患者数	0	0	0	0
7	再採血検査数	10	22	26	32
	精密検査数	0	0	0	4
	患者数	0	0	0	0
8	再採血検査数	10	5	27	75
	精密検査数	0	2	1	8
	患者数	0	0	0	1
合 計	再採血検査数	48	78	68	156
	精密検査数	9	12	1	22
	患者数	1	0	0	3

2. 疾患別の結果

疾患ごとに分けて再採血検査数・精密検査数・患者数を表3に示す。なお、4疾患の合計が表2の数値と一致していないのは項目が重複して再採血検査・精密検査を受検した児がいるためである。

この5年間では患者数の多いGALで高い再採血検査数となり、その人数は156人であった。ついでHCUの78人、MSUDの68人、PKUの48人となった。精密検査数ではやはりGALが最も多く22人となり、以下はHCUの12人、PKUの9人、MSUDの1人となった。MSUDでは次項でも示すが患者発見率も低く精密検査数が低いのは妥当であると思われるが、再採血検査数についてはやや多く、特にここ数年で上昇しておりCut-off値の検討も必要ではないかと思われる。

3. 患者発見率について

患者発見率については、本スクリーニング開始の昭和53年度から平成8年度の19年間の結果を用いて検討し、その結果を表4に示す。この期間の総受検者数は231,029人で、このうち代謝異常症4疾患の患者合計は18人にのぼった。この発見率は0.008%（100万人あたり77.9人）約12,800人に1人となった。疾患別ではGAL患者が最も多く、10人で発見率0.004%（100万人あたり43.3人）約23,100人に1人となった。次いでPKU患者が5人で、発見率は0.002%（100万人あたり21.6人）約46,200人に1人、HCU患者が2人で、発見率は0.0009%（100万人あたり8.7人）約115,500人に1人、MSUD患者が1人で、発見率0.0004%（100万人あたり4.3人）約231,000人に1人となった。これらを全国の発見率と比較し、図3に示した。MSUDは全国の発見率が442,400人に1人で和歌山県のスクリーニング人口がまだ23万人程度であるため明らかに高い（2倍程度）発見率を示した。他の3疾

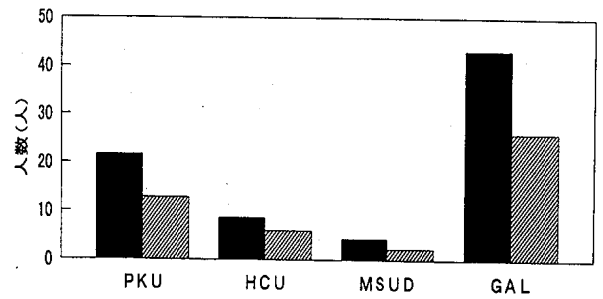


図3 疾病別100万人あたりの患者数

■ 和歌山県 ▨ 全国

患についても和歌山県の発見率が少し高い結果となったが、これはこれらの疾患が遺伝子の異常によるものであるため兄弟例等による影響もあるのではないかと思われるが、今後のスクリーニング結果の動向に注目し地域性等についても検討を行いたい。

ま と め

平成4年度から平成8年度までに県下で出生した新生児を対象に先天性代謝異常スクリーニングを実施した結果

1. 出生数49,835人に対し受検者数は53,729人で受検率は107.8%と里帰り出産の影響がみられたがスクリーニング検査は完全実施されていると考えられる。
2. 検査結果では再採血率0.56%、精検率0.08%となり全国調査の値と比較すると和歌山県の再採血率は同程度であったが精密検査率は少し高い結果となった。
3. 精密検査対象者42人のうち9.5%にあたる4人が患者と診断され、47.6%にあたる20人が要経過観察と診断され、有効なスクリーニングが実施された。
4. スクリーニング開始から平成8年度までの患者は4疾患全体で18人となり、患者発見率においても

表4 和歌山県と全国の患者発見率の比較

	和歌山県				全 国			
	受検者数/人	患者数/人	発見率(100万人あたり)		受検者数/人	患者数/人	発見率(100万人あたり)	
P K U	231,029	5	1/46,200	(21.6)	24,775,377	316	1/78,400	(12.8)
H C U	"	2	1/115,500	(8.7)	"	147	1/168,500	(5.9)
M S U D	"	1	1/231,000	(4.3)	"	56	1/442,400	(2.3)
G A L	"	10	1/23,100	(44.3)	"	647	1/38,300	(26.1)
4疾患	"	18	1/12,800	(77.9)	"	1,166	1/21,200	(47.1)

和歌山県は昭和53年から平成8年、全国は昭和52年から平成7年

和歌山県が全国に比べ高い傾向がみられ12,800人に1人となった。

文 献

- 1) 大浦敏明編：小児のメディカル・ケア・シリーズ16 小児の先天性代謝異常症 フェニルケトン尿症を中心に，医歯薬出版株式会社（東京），1980
- 2) 厚生省児童家庭局長通知：先天性代謝異常検査等の実施について，各都道府県知事・指定都市市長宛，12 July 1977，児発441
- 3) 厚生省児童家庭局母子衛生課長通知：先天性代謝異常検査等の実施について，各都道府県母子衛生主管部(局)長・各指定都市母子衛生主管部(局)長宛，12 July 1977，児母衛18
- 4) 和歌山県：先天性代謝異常検査等実施要領，1 February 1978
- 5) 厚生省児童家庭局長通知：「先天性代謝異常検査等の実施について」の一部改正について，各都道府県知事・指定都市市長宛，26 August 1992，児発764
- 6) 厚生省児童家庭局母子衛生課長通知：「小児慢性特定疾患治療研究事業の対象疾病について」の一部改正について，各都道府県知事・指定都市母子衛生主管部(局)長宛，26 August 1992，児母衛31
- 7) 厚生省児童家庭局母子衛生課長通知：先天性代謝異常検査における対象疾病の変更について，各都道府県知事・指定都市母子衛生主管部(局)長宛，26 August 1992，児母衛32
- 8) 竹本孝司，他：和歌山県における先天性代謝異常マス・スクリーニングについて，和衛公研年報，32，42-46，1986
- 9) 前島徹，他：和歌山県における先天性アミノ酸糖質代謝異常症マス・スクリーニング検査について（第2報）—昭和60年度から平成4年度の結果—，和衛公研年報，39，28-34，1993
- 10) 特殊ミルク共同安全開発委員会広報部会：先天性代謝異常検査及びB型肝炎母子感染防止事業実施状況，特殊ミルク情報，32，89-91，1996
- 11) 市川侃，他：代謝異常部門アンケートの集計結果について（報告），日本マス・スクリーニング学会技術部会第15回研修会，69-74，1996

エコーウイルス20型の分離について

今井健二・寺杣文男・石垣彰一

Isolation of Echovirus Type 20 in Wakayama

Kenji Imai, Fumio Terasoma and Shouichi Ishigaki

キーワード：エコーウイルス20型，和歌山県，髄膜炎，中和抗体，RD-18S

Key Words：Echovirus Type 20, Wakayama Prefecture, Aseptic Meningitis, Neutralizing Antibody, RD-18S

はじめに

我々は、和歌山県結核・感染症サーベイランス事業の一環として県内の定点病院小児科領域で得られた検体からのウイルス分離を行っているが、今回、国内では9年ぶりの報告¹⁻⁴⁾となるエコーウイルス20型(以下E20)を分離したので、その概要を報告する。

検査方法

1. ウイルス分離

咽頭拭い液の採取にはイーグルMEM培地を用いた。便はイーグルMEMにて10%乳剤としたのち3000rpm 15分間、遠心を行った。抗生物質は適量添加した。

細胞はRD-18S, HeLa, Veroを用い、48穴マイクロプレート上でウイルス分離を行った。2代継代

を行ってもCPEの見られなかったものをウイルス分離マイナスとした。同定には、エコーウイルスのプール血清であるEP-95(エンテロウイルスレファレンス委員会製)のほか市販の抗血清、および国立予防衛生研究所(現国立感染症研究所)より分与を受けた抗E20血清(WHOより分与)を用いた。

2. 中和抗体試験

和歌山市で得られた1986年、1996年の幼児(3~5歳)および成人(20~29歳)の血清についてE20に対する中和抗体保有状況を調べた。検査は48穴マイクロプレート上で行った。

結 果

E20が分離された6名の患者の概況を表1に示した。臨床症状としては、髄膜炎3名、胃腸炎2名、肝機能障害1名であった。予後はいずれも良好であっ

表1. エコーウイルス20型分離患者概況

No.	採取日	症状	最高体温	検体※	性別	年齢	住所
1.	1996. 7. 1	髄膜炎	38°C	F	男	2ヶ月	和歌山市
2.	7. 5	胃腸炎	38°C	F	女	7ヶ月	海南市
3.	7. 11	髄膜炎	39°C	T S	女	7歳	和歌山市
4.	8. 6	肝機能異常	40°C	T S	女	5歳	野上町
5.	8. 13	髄膜炎	39°C	T S, F	男	8歳	野上町
6.	8. 19	胃腸炎 結膜炎	38°C	F	男	2歳	海南市

※ F:便 TS: 咽頭拭い液

表2. 抗E 20 中和抗体保有状況

血清採取年	3～5歳 (抗体陽性者の 中和抗体価)	20～29歳 (抗体陽性者の 中和抗体価)
1986	1/24 (1:8)	2/24 (1:8) (1:8)
1996	2/24 (1:256) (1:256)	1/24 (1:256)

た。

本ウイルスの分離された時期は7, 8月で地域は和歌山市, 海南市, 野上町であった。No.1とNo.3については髄液からのウイルス分離も試みたが分離できなかった。

ウイルス分離には, RD-18S, HeLa, Vero等の細胞を用いたが, RD-18S細胞でのみ分離できた。同定は, 最終的に国立予防衛生研究所(現国立感染症研究所)より分与を受けた抗E20血清(WHOより分与)により決定した。

つぎに和歌山市住民のE20に対する中和抗体保有状況を調べた結果を表2に示した。1986年は前回他県で流行の見られた年である。1986年と1996年の児童(3～5歳)および成人(20～29歳)のいずれのグループも抗体陽性者は24名中1, 2名と抗体保有率は低かった。しかし, 中和抗体価の方は1986年のそれはいずれも1:8と低かったのに対し1996年では1:256と高かった。

考 察

わが国においてE20は1984年から1987年の4年間に神奈川, 富山, 石川, 愛知, 滋賀, 奈良, 岡山, 鳥取, 愛媛, 熊本の10県で38件が報告されている¹⁻⁴⁾。そのうち臨床症状としては, 17例(45%)に髄膜炎が, 15例(39%)に胃腸炎が見られ, 以下, 上気道炎13例, 発疹2例などである。これは, おおむね今回のデータと一致する。また, E20は他のエコーウイルス, 例えばE9, E30等と同様髄膜炎の起因ウイルスであることが再確認されたと言えよう。

和歌山市住民の中和抗体の保有率については, いずれも大差はなかったが, 抗体価については, 1986年はいずれも1:8であったのに対し1996年は児童, 成人とも1:256と明らかな差がみられた。1996年の抗体価の高い3例については今回の流行の中で感

染を受けたことが考えられる。また, 1996年のわが国におけるE20の分離報告は和歌山県のみであり, 今回の流行は一地域における, 小規模なものであったと言えよう。

一般にエンテロウイルスは, その型により全国的な大流行を起こしたり, ある地域に限局された小流行を起こしたりすることが知られているが, その原因のひとつとしてウイルスの伝播力の強弱が挙げられている⁵⁾。E20の場合, 前回(1984～1987)も大きな流行になっていないこと, そして今回も本県のごく一部の地域で, ごく一時期にのみ見られたことから, 本ウイルスの伝播力は弱かったものと思われる。

ま と め

1. 和歌山県北部でエコーウイルス20型が, わが国として9年ぶりに分離された。
2. E20に対する中和抗体保有率は1986年, 1996年とも低い値であったが, その抗体価は1996年の方は児童, 成人とも1:256と高値を示した。

文 献

- 1) Jpn.J.Med.Sci.Bio.,38, Suppl.,72-81, 1985
- 2) Jpn.J.Med.Sci.Bio.,39, Suppl.,82-92, 1986
- 3) Jpn.J.Med.Sci.Bio.,40, Suppl.,84-94, 1987
- 4) Jpn.J.Med.Sci.Bio.,41, Suppl.,82-92, 1988
- 5) 峯川好一, 他: エンテロウイルス流行の周期性と地域性に関する考察 1.流行周期と流行予測の試み, 臨床とウイルス, 20, 400-411,1992

和歌山県内の温泉水中の有害金属等含有量調査

辻澤 廣・畠中哲也・岡本泰幸・杉本真紀・久野恵子・山東英幸

Investigation of Contents the Harmful Metals of Hot Spring Waters in Wakayama Prefecture

Hiroshi Tsujisawa, Tetsuya Hatanaka, Yasuyuki Okamoto,
Maki Sugimoto, Keiko Kuno and Hideyuki Sando

キーワード：温泉，ヒ素，鉛，銅，水銀

Key Words：Hot Spring, Arsenic, Lead, Copper, Mercury

はじめに

和歌山県は温泉に恵まれ、温泉を核とし海、山を生かした観光県である。本県の50市町村中43市町村に温泉開発され、温泉総数は平成9年3月31日現存469本で、全国13位の温泉保有県である。本県の温泉のほとんどが観光や福祉等に利用されているが、温泉治療としても注目を集めている。また、和歌山県は温泉保護の目的で白浜、勝浦、湯の峰・川湯、龍神温泉の4地域を温泉保護地域に指定し、毎年1地域の温泉経年変化調査を行っている¹⁻⁴⁾。

温泉の利用については、環境庁自然保護局長通知として「温泉の利用基準について」を通知されている⁵⁾。すなわち、温泉の治療効果については、医学的にも実証されているところである。温泉の飲用についても多くの医効効能が期待できるものであり、温泉を適正に利用することは、国民の保健休養上極めて有益である。しかしながら、温泉には種々の成分が含有されているが、通常の温泉利用においては、医師の指導によらず多くの利用がなされているのが現状である。このようなことから、特に人体に対する障害が危惧されるヒ素等を含有する温泉の飲用許可の取扱については、厚生省が昭和31年9月「ヒ素含有温泉の飲用について」⁶⁾、また、ヒ素、銅、フッ素、鉛と水銀の有害金属等を対象とした飲用基準については、環境庁が昭和50年に「温泉の飲用利用基準」⁷⁾を定めている。これを受けて、昭和53年に「鉱泉分析法指針」が改定され、それ以後和歌山県

生活理化学部

でも有害金属等の分析を行っているが、温泉の再分析が進まないため大部分の温泉は未調査である。温泉による事故としては、硫化水素による中毒死、温泉水を使用して製造したそばの中にヒ素が含まれていた事件等が発生している。和歌山県での温泉利用は、浴用や熱利用の他に、温泉コーヒー、温泉がゆ、温泉めし、温泉治療、観光客の飲泉、飲料水等として利用されている。また、旅館業の入浴施設は、水質汚濁防止法（以下水濁法）の特定施設に該当し、この施設からの排水には水濁法の排水基準が適用される。

そこで、県内の温泉水中の有害金属等（ヒ素、銅、フッ素、鉛、水銀、カドミウム、鉄、マンガン）の調査を行い、温泉法の飲用許容量、水道法の水質基準および、水濁法の排水基準等に適合するか比較検討したので報告する。

検査方法

1. 調査期間及び地点

調査は、平成7年6月から平成9年3月まで行い、現在使用されている103温泉水を採取した。その採取地点は図1に示した。

2. 調査項目と分析方法

調査項目は、ヒ素、銅、フッ素、鉛、水銀、カドミウム、鉄、マンガンの8項目で、分析方法は、鉱泉分析法指針⁸⁾に準じて次の方法で行った。



図1 温泉水採取場所

● 10ヶ所の採水 ● 5ヶ所の採水 ● 1ヶ所の採水

ヒ素：水素化物—原子吸光度法
 水銀：還元気化—原子吸光度法
 鉛，鉄，銅，カドミウム，マンガン：原子吸光度法
 フッ素：ランタン・アリザリンコンプレクソン法による比色法

結果と考察

1. 金属等含有量調査

和歌山県下7地域の温泉水中のヒ素，銅，フッ素，鉛，水銀，カドミウム，鉄，マンガンの含有量調査結果を図2～9に示した。

1) ヒ素

温泉水中に多くのヒ素が含有していることは，古くから知られている。環境中のヒ素含有量は，温泉水 0.3 mg/l (群馬県)，河川水 $1.3 \mu\text{g/l}$ ，海水 $0.002 \sim 0.005 \text{ mg/l}$ であると報告されている。又，ヒ素は火山性の温泉から高濃度に検出されるとの報告⁹⁾もある。

ヒ素含有量は，図2に示したとおり7地域の73の温泉水 (70.9%) から検出し，最高 0.015 mg/l ，最低 0.000 mg/l ，平均 0.0009 mg/l であった。また，最高値は伊都郡の温泉水から検出した。

2) 銅

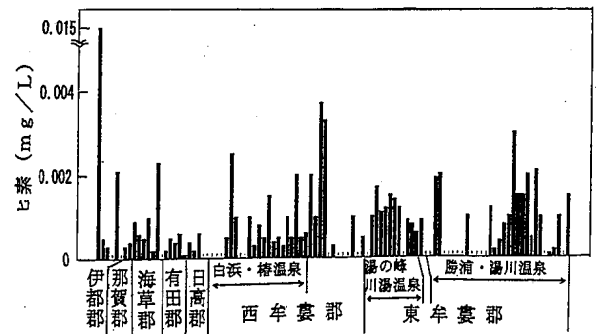


図2 県内温泉のヒ素含有量

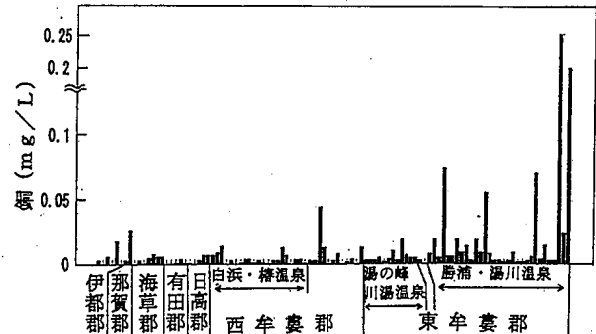


図3 県内温泉の銅含有量

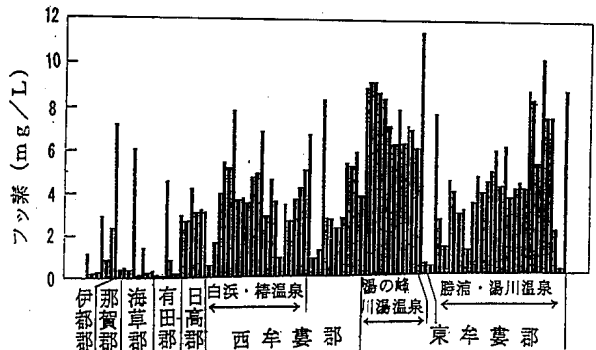


図4 県内温泉のフッ素含有量

環境中の銅含有量は，河川水 0.001 mg/l ，海水 0.003 mg/l ，土壌 $2 \sim 100 \text{ mg/kg}$ であると報告¹⁰⁾されている。

銅含有量は，図3に示したとおり88の温泉水 (85.4%) から検出し，最高 0.252 mg/l ，最低 0.000 mg/l ，平均 0.0118 mg/l であった。また，最高値は東牟婁郡の湯川温泉水から検出した。

3) フッ素

環境中のフッ素含有量は，雨水 $0 \sim 0.6 \text{ mg/l}$ ，河川水 $0.1 \sim 0.2 \text{ mg/l}$ ，井戸水 1 mg/l 以下，海水 $1.3 \sim 1.4 \text{ mg/l}$ であると報告¹¹⁾されている。

フッ素含有量は，図4に示したとおりすべての温泉水から検出し，最高 11.0 mg/l ，最低 0.12 mg/l ，平均 4.03 mg/l であった。また，最高値は東牟婁郡の温泉水から検出した。フッ素含有量は，白浜・椿温泉，湯の峰・川湯温泉，勝浦・湯川温泉で多く，県南部地域の温泉水に多く含まれていた。和歌山県のフッ素の平均含有量 4.03 mg/l は，北海

道の平均含有量 $1.9 \text{ mg/l}^{12)}$ 、群馬県の平均含有量 $2.6 \text{ mg/l}^{13)}$ と比較すると 2.1 倍と 1.6 倍と高かった。

4) 鉛

環境中の鉛含有量は、都市の降水 0.04 mg/l 、海水 $0.03 \text{ } \mu\text{g/l}$ 、河川水 $0.001 \sim 0.01 \text{ mg/l}$ である。温泉水中では中性泉、アルカリ泉に認められず、酸性泉に多いと報告¹¹⁾ されている。

鉛含有量は、図 5 に示したとおり西牟婁郡と東牟婁郡の 2 地域の 10 温泉水 (9.7%) から検出し、最高 0.031 mg/l 、最低 0.000 mg/l 、平均 0.001 mg/l であった。また、最高値は西牟婁郡の温泉水から検出した。

5) 水銀

水銀は、環境汚染物質として注目されているが、天然水中に水銀が検出されることは希であり、自然界における分布はかなりの地域差がある。水銀含有量は河川水 $0.03 \sim 0.1 \text{ } \mu\text{g/l}$ 、地下水 $0.01 \sim 0.1 \text{ } \mu\text{g/l}$ 、

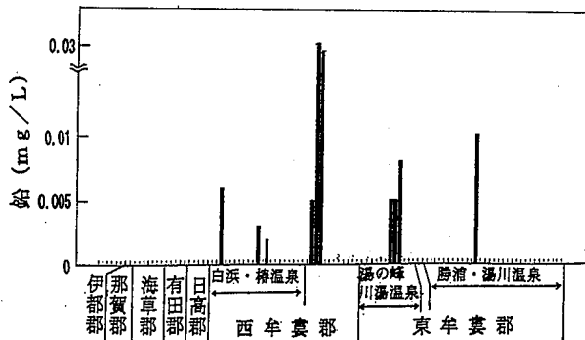


図 5 県内温泉の鉛含有量

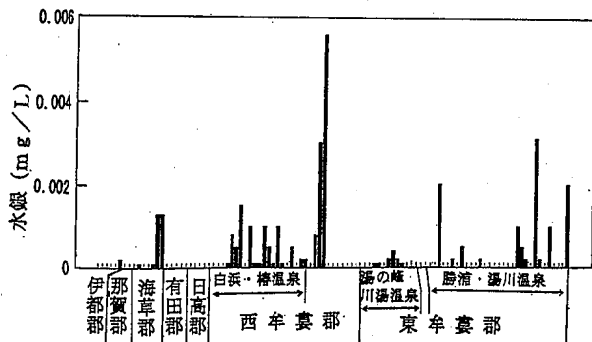


図 6 県内温泉の水銀含有量

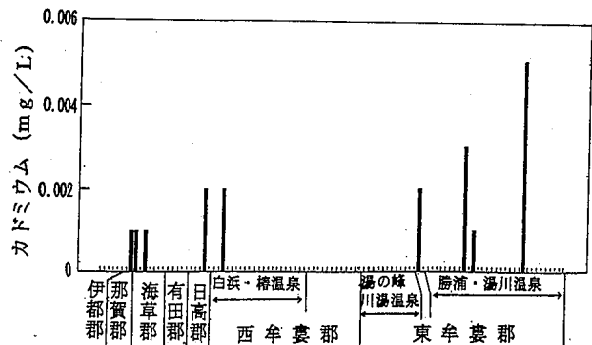


図 7 県内温泉のカドミウム含有量

g/l 、温泉水 $0.01 \sim 2.5 \text{ } \mu\text{g/l}$ 、海水 $0.005 \sim 5.0 \text{ } \mu\text{g/l}$ であると報告¹¹⁾ されている。

水銀含有量は、図 6 に示したとおり 40 温泉水 (38.8%) から検出し、最高 0.005 mg/l 、最低 0.000 mg/l 、平均 0.0003 mg/l であった。また、最高値は西牟婁郡の温泉水から検出した。

6) カドミウム

環境中のカドミウム含有量は、かなり低く、雨水 $0.05 \text{ } \mu\text{g/l}$ 、海水 $0.05 \sim 0.11 \text{ } \mu\text{g/l}$ 、河川水 $0.02 \sim 0.1 \text{ } \mu\text{g/l}$ と報告¹¹⁾ されている。

カドミウム含有量は、図 7 に示したとおり 9 温泉水 (8.7%) から検出し、最高 0.005 mg/l 、最低 0.000 mg/l 、平均 0.0002 mg/l であった。また、最高値は勝浦温泉の温泉水から検出した。カドミウムは本調査の中で検出率が最も低く、平均含有量も最も低かった。

7) 鉄

鉄は、地殻中で 2 番目に豊富な金属で約 5% を含んでいる。環境中の鉄含有量は、地表水 $0 \sim 1.5 \text{ mg/l}$ 、大気中 $0.9 \sim 16 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、河川水 $0.11 \sim 0.36 \text{ mg/l}$ 、海水 0.01 mg/l であると報告¹¹⁾ されている。

鉄含有量は、図 8 に示したとおり 102 温泉水 (99.0%) から検出し、最高 4.09 mg/l 、最低 0.00 mg/l 、平均 0.377 mg/l であった。また、最高値は東牟婁郡の温泉水から検出した。

温泉水の採取は、本調査の目的から、給湯直前の温泉タンクに貯蔵された温泉水が多かった。そのた

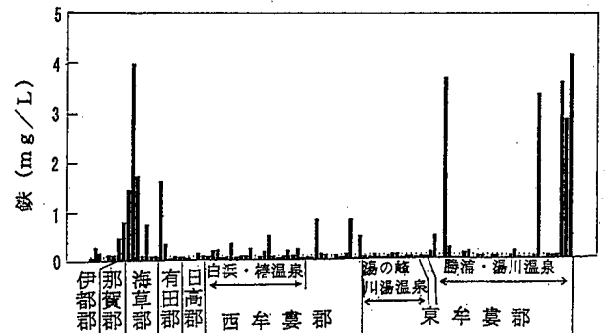


図 8 県内温泉の鉄含有量

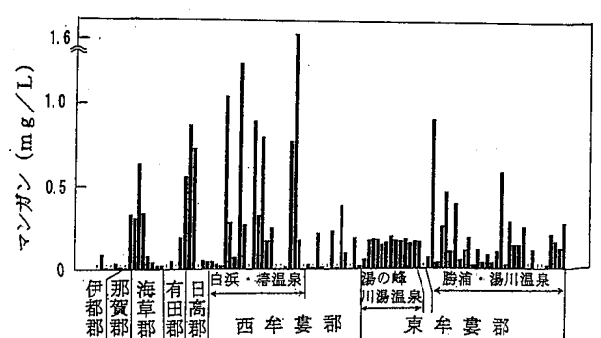


図 9 県内温泉のマンガン含有量

め、鉄含有量が多い温泉は、温泉掘削時の分析値より1/10程度に減少している温泉があった。これは温泉水をタンクに保存中、鉄が酸化をうけ沈殿したものと考えられる。

8) マンガン

マンガンは、自然水中においては通常鉄と共存しており、ほとんどが地質由来である。環境中のマンガン含有量は、河川水0.008~0.18 mg/l、海水1.7~5.0 μg/lであると報告¹¹⁾されている。

マンガン含有量は、図9に示したとおり101温泉水(98.1%)から検出し、最高1.62 mg/l、最低0.00 mg/l、平均0.204 mg/lであった。また、マンガンの最高値は白浜温泉から検出しており、白浜温泉の21温泉の平均値は、0.380 mg/lで全体の平均値0.204 mg/lの約2倍の含有量であった。

2. 金属等含有量と温泉法、水道法、水濁法との比較

温泉法の飲用許容量、水道法の水質基準および水濁法の排水基準の一部を表1に示し、各基準値を上回った温泉の件数を表2に示した。

1) 温泉法

温泉法に飲用上の注意事項として、飲用の1回量は100~200 ml程度とし、その1日の量は200~1000 mlまでとするとなっている。温泉水に金属が多量に含有している場合、飲用許容量を超えて摂取しないように温泉水の飲用量を制限している。表2に示したように、フッ素による飲用量の制限件数は、79件(77%)であった。フッ素含有量が最も多い11.0 mg/lの1日飲用量は、145ml/日(1.6/A×1

000ml)となる。また、水銀による飲用許容量の制限を受けるのは5件(5%)で、水銀が最も多い0.005 mg/lの温泉水の1日飲用量は、400ml/日(0.002/A×1000m)となる。そこで、温泉水の飲用には温泉分析書の別表に従い指導を行っている。

2) 水道法

温泉水を飲料水として使用している場合があるため、温泉水の有害金属等が水質基準に適合するか検討した。水質基準は、生涯にわたり1日2Lの飲料水を飲み続けても障害が出ないように厳しく定められている。この水質基準を上回った金属等の件数は、表2に示したように、ヒ素1件(1%)、フッ素88件(85%)、水銀20件(19%)、鉄19件(18%)、マンガン65件(63%)であった。このように水質基準を上回る温泉があるため、温泉水を飲料水として使用している場合には、関係機関の協力のもと指導を行っている。

3) 水濁法

温泉水の排水については、「水質汚濁防止法施行令及び廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部を改正する政令」(昭和49年政令第363号)の施行に際し、「現に湧出している温泉を利用する旅館業に属する事業場に係る排水については、当分の間、適用しない」となっている。和歌山県の有名な白浜温泉、勝浦温泉、湯の峰・川湯温泉、龍神温泉等は、昭和49年以前に開発されており、上記の排水基準の適用を受けない。しかし、昭和49年以降に開発された温泉は排水基準が適用される。そこで本調査の103温泉の有害金属等の結果を排水基準に照合

表1 温泉法、水道法、水濁法の基準値

法令・基準	単位	As	Cu	F	Pb	Hg	Cd	Fe	Mn
温泉法・飲用許容量	mg/日	0.3	2	1.6	0.2	0.002	—	—	—
水道法・水質基準	mg/l	0.01	1	0.8	0.05	0.0005	0.01	0.3	0.05
水濁法・排水基準	mg/l	0.1	3	15	0.1	0.005	0.1	10	10

表2 温泉法、水道法、水濁法の基準値を上回った件数

法令・基準	As	Cu	F	Pb	Hg	Cd	Fe	Mn
温泉法・飲用許容量	0	0	79	0	5	—	—	—
水道法・水質基準	1	0	88	0	20	0	19	65
水濁法・排水基準	0	0	0	0	0	0	0	0

させると、表2に示したようにすべて基準値以下であった。

ま と め

和歌山県の温泉水について、有害金属等の含有量調査を行い、これを基に温泉法の飲用許容量、水道法の水質基準や水濁法の排水基準に適合するか検討した結果は、次のとおりであった。

1. 金属等の含有量調査結果は、平均値でヒ素0.0009 mg/l、銅0.0118 mg/l、フッ素4.03 mg/l、鉛0.001 mg/l、水銀0.0003 mg/l、カドミウム0.0002 mg/l、鉄0.377 mg/l、とマンガン0.204 mg/lであった。

2. 温泉水の金属等含有量が、温泉法の飲用許容量を上回り、温泉の飲用量の制限を受ける件数は、フッ素79件(77%)、水銀5件(5%)であった。水道法の水質基準を上回った件数は、ヒ素1件(1%)、フッ素88件(85%)、水銀20件(19%)、鉄19件(18%)、マンガン65件(63%)であった。また、水濁法の排水基準との比較については、今回調査の103温泉すべて基準値以下であった。

文 献

1) 辻澤 廣, 他: 県内温泉の経年変化(第11報)
-白浜温泉とその周辺温泉の経年変化-, 和衛公
研年報, 40, 30-39, 1994

- 2) 辻澤 廣, 他: 県内温泉の経年変化(第8報)
-勝浦温泉とその周辺温泉の経年変化-, 和衛公
研年報, 37, 42-48, 1991
- 3) 辻澤 廣, 他: 県内温泉の経年変化(第9報)
-川湯, 渡瀬, 湯の峰温泉の経年変化-, 和衛公
研年報, 38, 29-34, 1992
- 4) 辻澤 廣, 他: 県内温泉の経年変化(第10報)
-龍神温泉及び小又川温泉の経年変化-, 和衛公
研年報, 39, 49-56, 1993
- 5) 環境庁自然保護局長通知, 環自企第424号, 昭
和50年7月12日
- 6) 厚生大臣官房国立公園部長通知, 国発第473号,
昭和31年9月3日
- 7) 環境庁自然保護局監修: 温泉法・飲用利用基準,
温泉必携(改訂第7版), 1995
- 8) 環境庁自然保護局: 鉱泉分析法指針(改訂),
温泉工学会(東京), 1979
- 9) 酒井幸子, 滝島常雄: 群馬県下の温泉水中のヒ
素含量, 温泉科学, 26, 13-25, 1975
- 10) 日本薬学会編: 衛生試験法・注解, 49, 1990
(追補 1995)
- 11) 日本水道協会編: 上水試験法解説編, 222, 314
~353, 1995
- 12) 奥野久輝: 日化誌, 63(8), 871~877, 1942
- 13) 酒井幸子, 他: 群馬県下の温泉水中のフッ素に
ついて, 温泉科学, 33(1), 9~23, 1982

県内温泉の経年変化（第12報）

— 龍神温泉及び小又川温泉の経年変化 —

畠中哲也, 辻澤 廣, 岡本泰幸, 山東英幸, 久野恵子,
杉本真紀, 南 真司*¹, 愛洲隆一郎*²

Studies on Time Course of Hot Springs in Wakayama Prefecture (X II)

— Secular Change in Hot Springs of the Ryujin and Komatagawa —

Tetsuya Hatanaka, Hiroshi Tsujisawa, Yasuyuki Okamoto,
Hideyuki Sando, Keiko Kuno, Maki Sugimoto, Shinji Minami*¹
and Ryuichirou Aisu*²

キーワード：龍神温泉, 小又川温泉, 温泉水, 経年変化

Key Words: Ryujin spa, Komatagawa spa, thermal water, secular change

はじめに

和歌山県は温泉資源保護対策の一環として、龍神温泉の温泉学術調査を1976年と1977年に中央温泉研究所に依頼し、この調査結果をもとに「龍神温泉及びその周辺地域における温泉保護対策実施要綱」¹⁾をまとめた。以後当センターでは、4年間隔で龍神温泉及び小又川温泉の経年変化調査を実施してきた²⁾⁻⁴⁾。

龍神温泉及び小又川温泉は和歌山県の中央東部に位置する日高郡龍神村内にあり、源泉はそれぞれ日高川とその支流の小又川の近くにある。成分はナトリウムイオンと炭酸水素イオンが主要成分で、硫酸イオンや塩素イオン等の含有量が少なく透明度の高い湯で、島根県の湯ノ川温泉、群馬県の川中温泉と共に日本三美人の湯の一つとして知られている。

龍神温泉と小又川温泉の地質は、中生代白亜紀（7千万年～1億3千万年前）にできた四万十累帯の日高川帯から成っている。龍神温泉には自然湧出泉が2本、掘削による動力揚湯泉が1本の計3本の源泉があり、これらの湯を保温タンクに集め、各所に配湯する集中管理方式で運営されている。

今回、龍神温泉の3源泉について、温泉学術調査2回と4年間隔で豊水期と渇水期に行った経年変化調査10回の合計12回の調査を行い、小又川温泉は掘削時と経年変化調査の合計11回の調査を行い、その結果を比較し温泉の経年変化について検討したので報告する。

調査方法

1. 対象源泉

龍神温泉3源泉（No.1, 2, 3）と小又川温泉1源泉（No.4）の4源泉の湧出地を図1に示した。源泉No.1, 2は自然湧出、源泉No.3と小又川温泉は動力揚湯であった。

2. 調査時期

龍神温泉は、1976年と1977年に和歌山県が中央温泉研究所に依頼して実施した温泉学術調査及び1980年から1997年まで4年間隔で夏期（豊水期）と冬期（渇水期）の年2回の経年変化調査を5回実施して計10回、合計12回の調査を行った。小又川温泉は1978年の掘削時と経年変化調査10回の合計11回の調査を行った。

表1 龍神温泉と小又川温泉の分析結果

調査源 泉番号	調査年月	泉温℃	湧出量 ℓ/min	蒸 発 残留物 g/kg	pH	Na ⁺ mg/kg	K ⁺ mg/kg	Ca ²⁺ mg/kg	Ma ²⁺ mg/kg	Mn ²⁺ mg/kg	Fe ²⁺ mg/kg	
1	1976.1	47.2	* 16	1.008	(8.7)	365.3	10.0	7.3	0.9		0.7	
	1977.6	49.8	* 29	0.917	(8.1)	329.6	9.2	5.8	1.5			
	1980.8	47.5	* 89	1.122	(7.7)	303.7	6.7	5.3	1.8	0.1	0.5	
	1981.1	46.0	* 40	1.142	(7.9)	362.3	10.8	7.1	0.8	0.0	0.1	
	1984.8	47.0	* 65	0.985	8.0	365.4	7.0	1.3	0.2	0.0	0.1	
	1985.2											
	1988.8	46.8	* 26	1.075	7.9	398.1	8.4	4.9	0.6	0.1	0.1	
	1989.2	46.5	* 32	1.080	8.1	363.6	8.8	7.5	1.0	0.1	0.1	
	1992.8	46.4	* 62	0.976	7.8	341.4	8.0	6.4	1.1	0.1	0.1	
	1993.2	46.1	* 65	1.050	8.2	340.7	8.2	5.4	0.9	0.1	0.1	
	1996.8	47.0	* 37	1.044	7.9	390.2	8.7	8.2	1.0	0.1	0.1	
1997.2	46.8	* 32	1.063	8.6	396.4	9.4	10.5	0.9	0.1	0.3		
2	1976.1	47.2	* 27	0.993	(8.2)	372.6	9.7	7.3	1.3		0.6	
	1977.6	48.5	* 22	0.900	(8.0)	329.6	9.2	6.5	1.1			
	1980.8	43.5		0.984	(8.2)	311.1	6.9	3.6	2.7	0.0	0.2	
	1981.1	46.5	* 26	1.132	(7.9)	405.2	11.1	7.1	0.8	0.0	0.2	
	1984.8	47.0	* 24	0.969	8.0	357.7	8.4	1.2	0.2	0.1	0.0	
	1985.2	47.5	* 24	1.112	8.0	395.2	10.9	6.2	0.9	0.0	0.0	
	1988.8	46.4	* 19	1.096	7.9	392.5	8.4	4.4	0.6	0.1	0.1	
	1989.2	45.3	* 20	1.052	7.8	372.7	9.1	7.5	1.0	0.1	0.1	
	1992.8	45.6	* 32	0.959	7.8	333.4	7.8	6.1	1.2	0.1	0.1	
	1993.2	45.9	* 39	1.057	7.9	338.9	10.1	5.4	0.9	0.1	0.1	
	1996.8	43.6	* 51	1.008	7.8	378.1	8.6	8.5	1.1	0.0	0.1	
1997.2	47.0	* 32	1.075	8.1	387.5	9.2	10.5	0.9	0.1	0.1		
3	1976.1	47.3	# 39	1.012	(8.7)	372.6	9.7	7.5	1.7		0.7	
	1977.6	49.4	# 50	0.923	(8.7)	332.4	9.2	6.5	1.5			
	1980.8	47.5	# 39	0.792	(8.3)	311.1	6.8	7.7	0.4	0.1	0.1	
	1981.1	47.5	# 26	1.130	(8.4)	413.8	10.8	7.6	0.8	0.0	0.0	
	1984.8	47.5	# 46	0.987	8.2	361.5	8.7	1.6	0.2	0.1	0.1	
	1985.2	47.5	# 47	1.077	8.2	390.5	11.4	6.6	0.9	0.0	0.0	
	1988.8	47.3	# 63	1.115	8.4	396.2	8.8	4.8	0.6	0.1	0.0	
	1989.2	47.1	# 61	1.091	8.4	363.6	8.7	7.5	1.0	0.1	0.0	
	1992.8	45.8	# 58	0.976	8.3	318.5	7.7	5.9	0.2	0.0	0.1	
	1993.2	46.7	# 59	1.047	8.5	343.6	8.0	5.1	0.9	0.1	0.0	
	1996.8	47.4	# 51	1.061	8.4	400.1	8.8	7.0	1.0	0.1	0.1	
1997.2	47.5	# 42	1.074	8.5	400.3	9.4	9.8	0.9	0.1	0.1		
4	1978.6	22.0	# 140	0.812	(7.5)	200.0	1.1	0.6	1.3	0.0	0.0	
	1980.8	21.5	# 240	0.538	(8.7)	163.0	1.8	1.0	0.3	0.0	0.0	
	1981.1	21.0	# 185	0.554	(8.8)	211.2	1.7	1.8	0.3	0.0	0.1	
	1984.8	21.0	# 200	0.530	8.2	198.1	1.2	0.5	0.1	0.0	0.0	
	1985.2	21.5	# 222	0.519	8.2	188.1	1.6	1.6	0.2	0.0	0.0	
	1988.8	21.3	# 197	0.660	8.8	208.4	1.3	1.6	0.2	0.0	0.0	
	1989.2	21.0	# 183	0.759	8.9	190.9	1.2	1.5	0.1	0.0	0.0	
	1992.8	22.1	# 104	0.508	8.9	185.0	1.4	1.1	0.3	0.0	0.0	
	1993.2	21.5	# 147	0.536	9.0	186.7	1.4	0.6	0.2	0.0	0.0	
	1996.8	20.7	# 162	0.535	8.7	209.2	1.5	1.6	0.3	0.0	0.1	
	1997.2	21.0	# 150	0.569	9.2	218.2	1.7	1.6	0.2	0.0	0.1	

* : 自然湧出 (): 試験室 # : 動力揚湯 (3.75Kw)

F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	HSiO ₃ ⁻	HS ⁻	S ₂ O ₃ ²⁻	H ₂ S	CO ₂	H ₂ SiO ₃	泉質名
mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
	24.7		1,033							44.2	Na-HCO ₃ 泉
	31.6		914.5							55.9	"
1.6	29.1		1,039	6.1				1.6	25.0		"
4.3	32.0	0.0	1,037	6.1	2.0	0.1	0.0	0.9	24.9	104.0	"
4.0	28.6	0.0	836.0	48.0	0.0	0.3	0.3	0.0	14.0	65.9	"
											"
4.0	26.6	1.1	1,032	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	21.8	62.7	"
4.2	28.3	1.2	1,018	23.7	2.0	0.0	0.0	0.0	14.5	56.5	"
5.2	26.9	2.1	938.2	23.9	0.8	0.0	0.0	0.0	27.9	45.7	"
4.7	27.7	3.7	904.6	10.9	2.9	0.0	0.0	0.0	9.6	59.2	"
3.2	27.8	2.7	1,071	6.2	1.2	0.1	0.0	0.0	23.7	52.8	"
4.8	29.2	0.9	1,045	28.1	4.3	0.2	0.0	0.0	4.9	40.0	"
	24.1		1,115							45.5	Na-HCO ₃ 泉
	30.2	3.3	898.3							29.9	"
1.5	31.2		1,053	6.2				1.8	25.3		"
4.6	32.3	0.6	1,184	7.0	2.1	0.2	0.0	1.2	28.5	109.3	"
4.1	28.8	1.6	869.5	30.0	0.0	0.1	0.0	0.0	14.6	66.2	"
4.4	32.9	0.0	982.4	42.0	0.0	0.1	0.0	0.0	16.5	65.9	"
4.2	26.6	1.2	1,021	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	34.2	62.5	"
4.7	28.0	1.4	1,035	4.9	1.1	0.0	0.0	0.0	27.5	58.8	"
4.2	26.9	2.1	955.1	23.9	0.9	0.0	0.0	0.0	27.2	51.3	"
4.0	27.5	5.4	936.9	5.6	1.8	0.0	0.0	0.0	19.8	65.4	"
3.1	27.8	3.1	1,031	4.9	1.0	0.1	0.0	0.0	27.4	50.1	"
5.0	29.9	1.9	1,049	10.0	1.6	0.2	0.0	0.0	14.0	42.0	"
	24.7		1,066							40.3	Na-HCO ₃ 泉
	32.5	2.1	905.3							33.8	"
1.6	31.2		1,121	6.6				1.7	27.0		"
4.3	32.2	0.0	1,141	6.7	2.0	0.1	0.0	1.3	27.4	101.5	"
4.1	28.5	0.3	845.1	45.0	0.0	0.1	0.0	0.0	14.2	65.5	"
4.6	31.6	0.0	936.7	54.0	0.0	0.2	0.0	0.0	15.7	66.5	"
4.6	27.9	1.1	973.9	32.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	55.4	"
5.1	28.8	1.1	983.1	41.1	4.5	0.0	0.0	0.0	6.3	56.2	"
4.2	26.9	2.0	870.0	20.8	2.8	0.0	0.0	0.0	7.3	46.3	"
4.6	28.9	3.8	870.5	20.8	6.3	0.0	0.0	0.0	4.6	65.5	"
3.1	19.2	2.6	1,050	17.8	3.5	0.1	0.0	0.0	7.9	50.7	"
5.2	29.5	0.9	1,043	27.8	4.3	0.2	0.1	0.0	5.0	40.3	"
	7.0	26.8	506.2	36.2	0.0	0.0	0.1	0.6	12.2	18.2	温泉法による温泉
1.5	9.9		501.0	3.0				0.7	12.1		"
4.3	4.6	40.0	573.6	3.4	1.1	0.1	0.0	0.5	13.8	54.6	"
3.8	4.8	32.8	393.0	24.0	0.0	0.2	0.0	0.0	6.6	19.5	"
3.8	4.8	32.0	389.3	22.8	0.0	0.2	0.0	0.0	6.5	18.8	"
4.0	1.4	26.7	424.1	34.8	0.0	0.0	0.2	0.0	0.9	19.2	"
3.4	2.0	30.1	419.3	41.1	3.2	0.0	0.1	0.0	0.9	13.9	"
4.3	2.8	35.2	407.0	35.2	3.3	0.0	0.0	0.0	0.9	13.8	"
4.2	1.6	35.2	409.4	31.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.7	13.7	"
3.4	1.9	27.1	488.2	18.5	1.8	0.1	0.0	0.0	1.6	11.8	"
5.6	9.1	31.6	492.7	29.1	3.4	0.0	0.0	0.0	0.5	7.1	"

3. 分析方法

分析は鉱泉分析法指針⁵⁾に準じ、次の方法で行った。

pH：ガラス電極法

蒸発残留物：重量法

Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Mn²⁺, Fe²⁺：原子吸光法

F⁻：ランタン・アリザニンコンプレクソン法による比色法

Cl⁻：モール法による滴定法

SO₄²⁻：硫酸バリウムによる比濁法

HCO₃⁻, CO₃²⁻, CO₂：塩酸消費量による滴定法

HSiO₃⁻, H₂SiO₃：比色法

S₂O₃²⁻：メチレンブルーによる比色法

HS⁻, H₂S：酢酸カドミウム法による滴定法

結果と考察

龍神温泉の3源泉は12回、小又川温泉は11回の調査結果を表1に示した。1996年夏期の調査では、龍神温泉の3源泉の泉温は43.6～47.4℃、1997年冬期の調査では、46.8℃～47.5℃で、すべて高温泉(42℃以上)に属し、小又川温泉の泉温は、それぞれ20.7℃と21.0℃で冷鉱泉(25℃未満)に属していた。両温泉共に液性は弱アルカリ性(pH7.5以上、8.5未満)かアルカリ性(pH8.5以上)で、溶存物

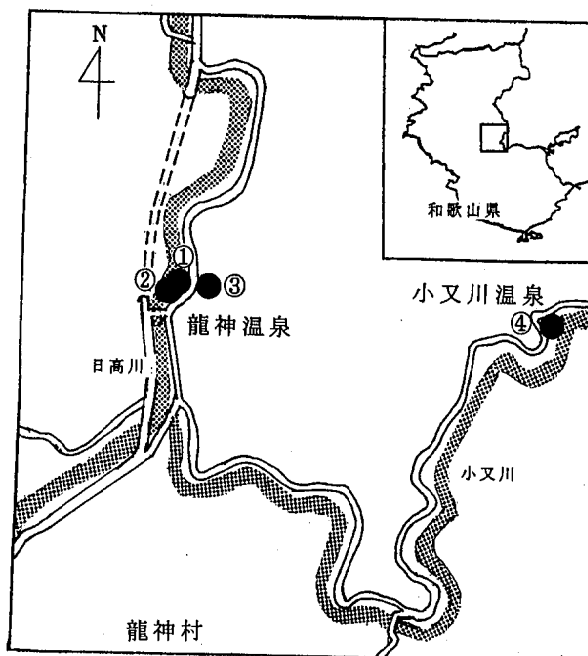


図1 龍神温泉、小又川温泉の源泉地

質総量から浸透圧を分類するとすべて低張性(8g/kg未満)であった。溶存成分は、陽イオンではNa⁺、陰イオンではHCO₃⁻が主成分で、龍神温泉の泉質は「ナトリウム-炭酸水素塩泉」(旧泉質名：純重曹泉)、小又川温泉は炭酸水素ナトリウムとフッ素イオンによる温泉であった。

1. 泉温

龍神温泉と小又川温泉の泉温経年変化を図2-1、2-2に示した。夏期では龍神温泉のNo.1が46.4～49.8℃、No.2が43.5～48.5℃、No.3が45.8～49.4℃、また小又川温泉では20.7～22.1℃であった。冬期では龍神温泉のNo.1が46.0～47.2℃、No.2が45.3～47.5℃、No.3が46.7～47.5℃、小又川温泉では21.0～21.5℃であった。No.1が1985年冬期に湧出停止し、測定データが欠損しているが、その他の年では、1977年に泉温上昇がみられた他は、ほぼ横ばい状態と思われる。No.2では、1980年と1996年の夏期に大きな泉温低下がみられるが、2回とも次の測定ではほぼ平均値に戻っていた。1980年

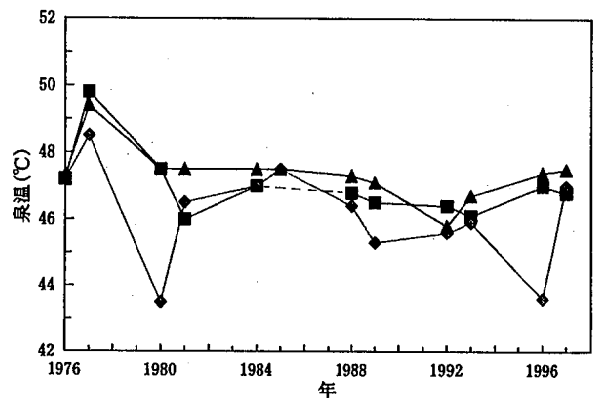


図2-1 龍神温泉の泉温経年変化

■ 源泉No.1 ◆ 源泉No.2 ▲ 源泉No.3

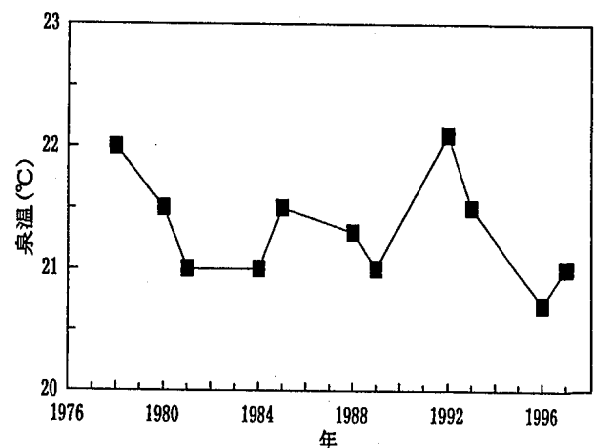


図2-2 小又川温泉の泉温経年変化

■ 源泉No.4

夏期では、湧出量が大きく減少したことによる泉温低下と考えられる。しかし、1996年夏期の泉温低下では、湧出量の増減や温泉水中の成分に大きな変化はみられなかった。以後、泉温に大きな変化がみられたときには湧出量や成分以外の面からの検討も必要になってくると考えられる。No.3では、1977年冬期に泉温上昇がみられた後、ほぼ安定した泉温を保っていると考えられる。小又川温泉は、20.7～22.1℃の間で変化していた。

また、夏期に大きな泉温低下がみられたことからNo.1～4において夏期と冬期での泉温の平均値を比較した。その結果、No.1が47.4℃（夏期）と46.5℃（冬期）、No.2が45.7℃と46.6℃、No.3が47.5℃と47.2℃、小又川温泉が21.4℃と21.2℃となった。No.1では0.9℃夏期の泉温が高く、No.2では0.9℃冬期が高く、No.3と小又川温泉では夏期と冬期の差はほとんどみられなかった。

4源泉共に泉温は、調査年による変動はみられるものの、上昇又は下降傾向はみられないものと思われる。

2. 湧出量

湧出量の経年変化を図3-1、3-2に示した。調査した4源泉のうち龍神温泉のNo.1、2の2源泉は自然湧出、No.3と小又川温泉の2源泉は動力揚湯で共に5馬力の水中ポンプを使用していた。

1996年夏期では、龍神温泉の3源泉で37～51 l/min、小又川温泉は162 l/minであった。1997年冬期では、龍神温泉の3源泉で32～42 l/min、小又川温泉は150 l/minであった。No.1では、1985年夏期に湧出停止したが、他の年でも調査年による変動が大きかった。No.2は、1980年夏期に湧出量減少のため測定不能であったが、その後湧出量の増加がみられ今回の調査ではほぼ平均値に戻っていた。No.3では、1981年冬期に湧出減少を示した後、湧出増加がみられ今回の調査でほぼ平均値に戻ったと考えられる。また、No.1～3の源泉は約5mしか離れていないため、3源泉への湯の供給源が同一と考えられる。そこで3源泉の総湧出量の傾向を図3-3に示した。1980、1984年度調査では夏期に多く、冬期に少なくなっていたが、1988年度と1992年度では、夏期と冬期の差はあまりみられず、1992年度には一時的に増加していた。小又川温泉では、200 l/min前後湧出していたが、1992年夏期には104 l/minに減少していた。

同じ年度の夏期と冬期の湧出量を比較し、大きく

異なっている源泉は、No.1では、1980年度と1984年度、No.2では、1980年度、小又川温泉では、1980年度と1992年度であった。全体的には1988年以降では、同じ源泉で同じ年度の夏期と冬期の湧出量は、ほぼ同じ値を示していた。4源泉共に湧出量は、調査年による変化がみられるものの、増減傾向はみられな

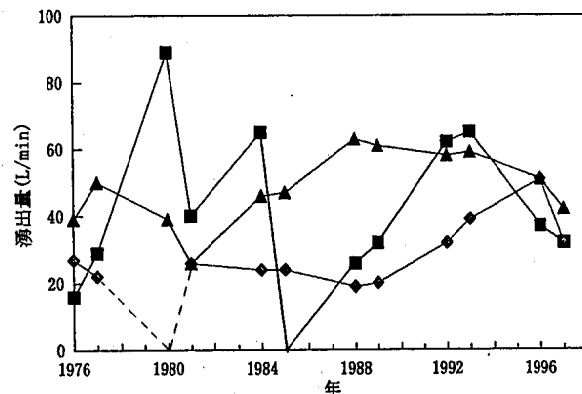


図3-1 龍神温泉の湧出量経年変化

■ 源泉No.1 ◆ 源泉No.2 ▲ 源泉No.3

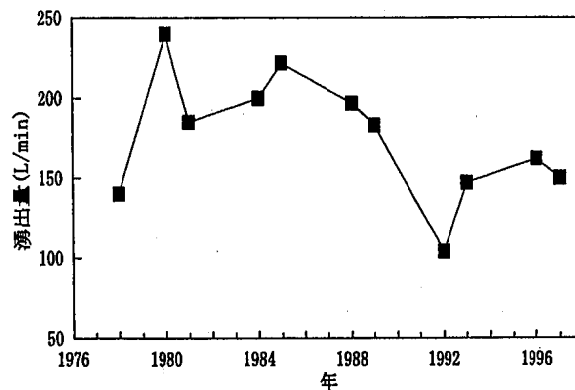


図3-2 小又川温泉の湧出量経年変化

■ 源泉No.4

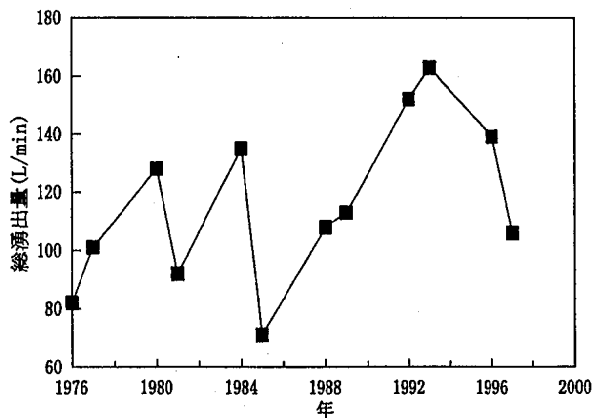


図3-3 龍神温泉3源泉の総湧出量経年変化

■ 源泉合計

いと考えられる。

3. 蒸発残留物

蒸発残留物の経年変化を図4-1, 4-2に示した。龍神温泉のNo.1~3の蒸発残留物は0.8~1.2 g/kg, 小又川温泉は0.5~0.8 g/kgであり, 夏期, 冬期に関係なくほぼ一定であった。また, その主成分は Na^+ と HCO_3^- であった。蒸発残留物の経年変化は, No.1~3で調査年による変化はあるものの, 夏期, 冬期共にほとんど横ばい状態であると思われる。また, この3源泉での蒸発残留物は, 1980年夏期には異なった値を示したが, その他の調査年ではよく似た値を示した。これは, 3源泉が隣接していることから, 湧出する温泉水は同一のものと考えられる。小又川温泉は, 夏期では1978, 1988年に, 冬期では1989年に高い値を示したが, これら以外は, 0.5~0.6 g/kgでほぼ横ばいの傾向を示していた。また, 3回の高い値を示したときは, 湧出量や泉温の大きな変化はみられなかった。

4源泉共に蒸発残留物は, 調査年による変化はあ

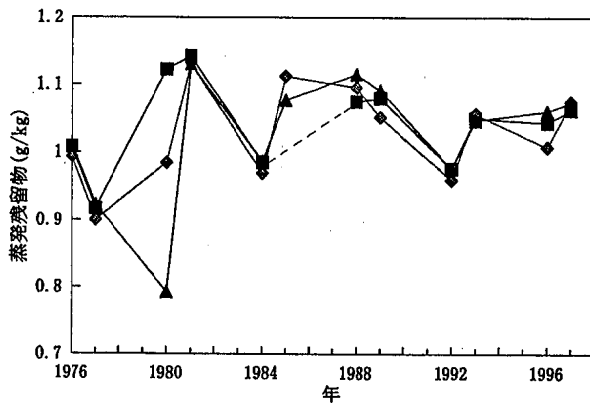


図4-1 龍神温泉の蒸発残留物経年変化

■ 源泉No.1 ◆ 源泉No.2 ▲ 源泉No.3

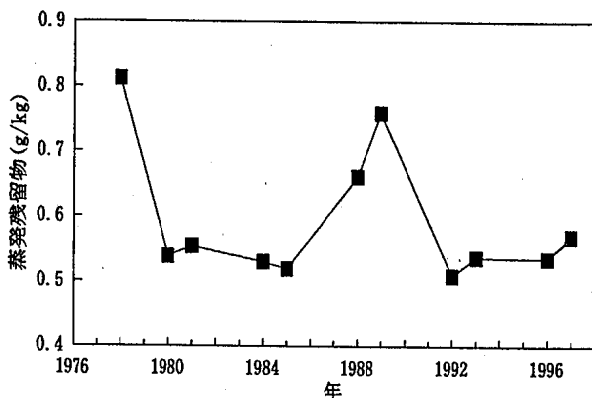


図4-2 小又川温泉の蒸発残留物経年変化

■ 源泉No.4

るものの, ほぼ横ばいの傾向を示していると思われる。

4. 主要成分 (ナトリウムイオン, 炭酸水素イオン等)

ナトリウムイオンの経年変化について図5-1, 5-2に示し, 炭酸水素イオンの経年変化については図6-1, 6-2に示した。龍神温泉の3源泉は湧出地が隣接しているため, 龍神温泉No.1~3のナトリウムイオンは300~400 mg/kg, 炭酸水素イオンは840~1200 mg/kgであり両成分共に蒸発残留物と同様の傾向を示した。小又川温泉ではナトリウムイオンは160~220 mg/kg, 炭酸水素イオンは840~1200 mg/kgであった。龍神温泉, 小又川温泉共に調査年による変化はみられるものの, ほぼ横ばいの傾向を示していると思われる。

また, 主要成分以外でも, 比較的量の多い CO_3^{2-} , や H_2SiO_3 についてもpHによって数値が変動するが, 龍神温泉, 小又川温泉共にほぼ横ばい傾向を示していると思われる。

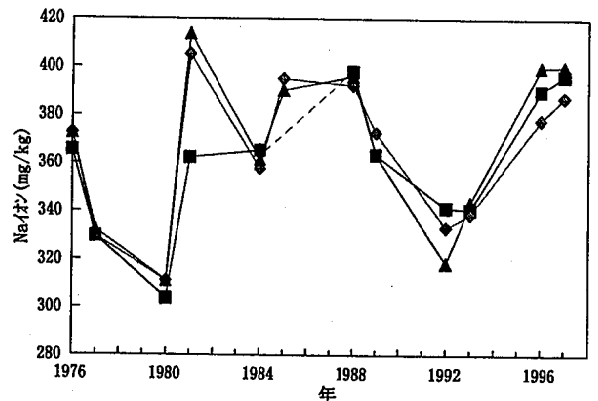


図5-1 龍神温泉のナトリウムイオン経年変化

■ 源泉No.1 ◆ 源泉No.2 ▲ 源泉No.3

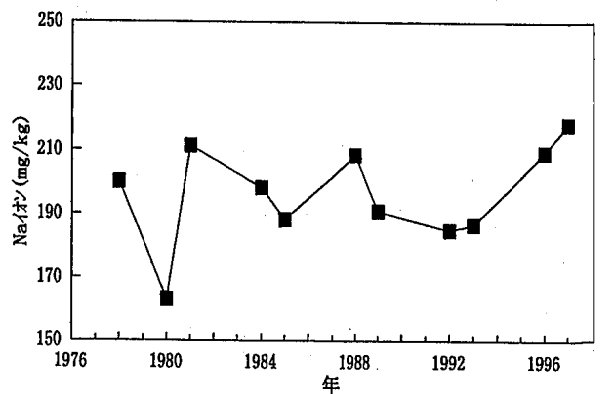


図5-2 小又川温泉のナトリウムイオン経年変化

■ 源泉No.4

5. 泉質名の変化

源泉の泉質名は表1に示したように、龍神温泉ではすべてナトリウム-炭酸水素塩泉，小又川温泉では炭酸水素ナトリウムとフッ素イオンによる温泉であった。いずれの源泉も泉質名に影響するような成分変化は見られなかった。

6. 源泉の位置

龍神温泉・小又川温泉と主成分が同じで比較的近

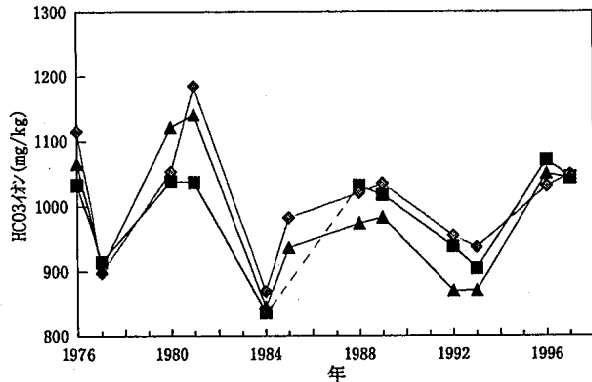


図6-1 龍神温泉の炭酸水素イオン経年変化

■ 源泉No. 1 ◆ 源泉No. 2 ▲ 源泉No. 3

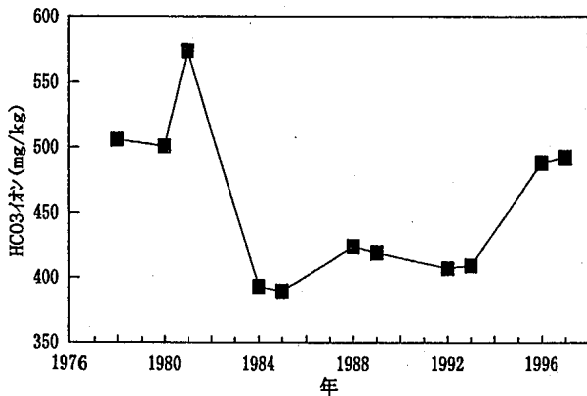


図6-2 小又川温泉の炭酸水素イオン経年変化

■ 源泉No. 4

くにある源泉の位置を図7に示した。龍神温泉の東側には、奈良県の上湯温泉・下湯温泉・湯泉地温泉，西側には和歌山県の中津温泉・美山温泉・釜ノ崎温泉が存在している。これらの温泉の泉温・湧出量・蒸発残留物について調査した結果を表2に示した⁶⁾。奈良県の3源泉は，泉温が57~73℃と高く，動力揚湯している源泉では600~800 l/minと湧出量もかなり多い。龍神温泉の3源泉は，泉温が44~47℃，湧出量は32~42 l/minで総湧出量106 l/minとなっていた。龍神温泉の西側の3源泉では，泉温が30℃以下であった。泉温は，奈良県側から和歌山県側にしたがって段階的に低くなる傾向がみられた。湧出量は，奈良県側で多く，和歌山県側で少ない傾向がみられた。蒸発残留物は，上湯温泉・下湯温泉と龍神温泉がほぼ同じ値で，西に行くに従っ

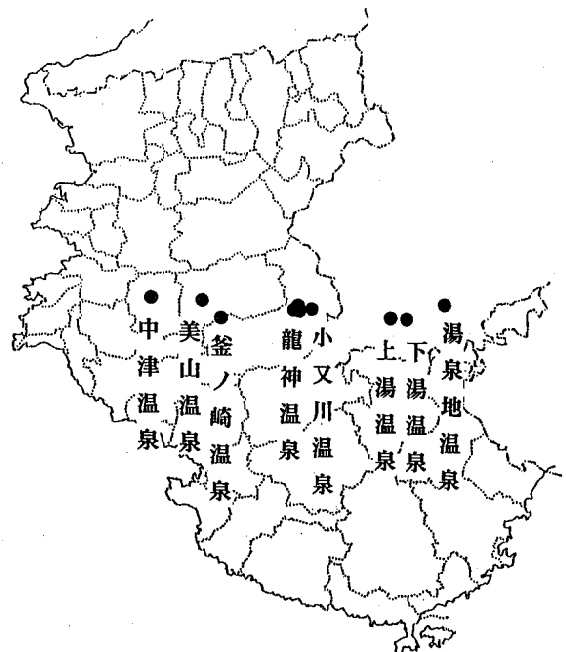


図7 源泉の位置

表2 龍神温泉の西側・東側の温泉の泉温・湧出量・蒸発残留物

源泉名	中津温泉	美山温泉	釜ノ崎温泉	龍神温泉			小又川温泉	上湯温泉	下湯温泉	湯泉地温泉
泉温 (°C)	26.5	22.1	26.4	46.8	47.0	47.5	21.0	67.5	73.0	57.0
湧出量 (l/min)	121	11	130	32*	32*	42	150	10*	800	600
蒸発残留物 (g/kg)	1.786	2.841	0.620	1.063	1.075	1.074	0.569	1.031	1.090	0.233

*：自然湧出

で多くなる傾向がみられた。また、図7に示した源泉は東西にほぼ一直線に並んでいた。

ま と め

今回、1980年から1997年にかけて龍神温泉及び小又川温泉について、豊水期と渇水期の年2回の経年変化調査を5回(計10回)実施し、さらに温泉学術調査や掘削時に行った調査を合わせ、次の結果を得た。

1. 泉温は、調査年による変動はみられるものの、上昇又は下降傾向はみられないものと思われる。
2. 湧出量は調査年によって大きく変動する源泉もあるが、増減傾向はみられないものと考えられる。また、豊水期と渇水期による湧出量の変化は見られなかった。
3. 蒸発残留物や主要成分についても、豊水期、渇水期による変化は見られず、全体的にほぼ横ばい傾向を示していると思われる。
4. 龍神温泉、小又川温泉の東側と西側に温泉が湧出し、源泉が東西方向に一直線に並んでいた。

文 献

- 1) 和歌山県：龍神温泉及びその周辺地域における温泉保護対策実施要綱，37-42，1980
- 2) 蓬台和紀，宮本邦彦：県内温泉の経年変化(第4報) - 小又川，龍神温泉の経年変化について -，和衛研年報，27，75-79，1981
- 3) 辻澤 廣，他：県内温泉の経年変化(第6報) - 龍神，小又川温泉の経年変化 -，和衛公研年報，35，62-68，1989
- 4) 辻澤 廣，他：県内温泉の経年変化(第10報) - 龍神，小又川温泉の経年変化 -，和衛公研年報，39，49-56，1993
- 5) 環境庁自然保護局：鉱泉分析法指針(改訂)，温泉工学会(東京)1978
- 6) 国民保養温泉地協議会：環境庁指定国民保養温泉地ガイド'97，国民保養温泉地協議会

和歌山県における市街地公園の環境及び 住民意識調査について

内田勝三・喜多正信・蓬臺和紀*1・二階 健・吉岡 守・大谷一夫
稲内 久・秦 壽孝

Atmospheric Pollutants in Urban Public Parks and Residents Consciousness Research of the Parks in Wakayama Prefecture.

Shouzou Uchida, Masanobu Kita, Kazuki Houdai*1,
Takeshi Nikai, Mamoru Yoshioka, Kazuo Ohtani,
Hisashi Inauchi, and Toshitaka Hata

キーワード：大気汚染物質，有害物質，悪臭物質，騒音

Key words：Airpollutants, Toxic material, Odor materials, Noise

はじめに

県民の健康増進やアメニティー空間の確保を図るため、市街地公園の環境調査等を通じ、公園環境について指標化し、住民の健康づくりに寄与することを目的とする。

調査方法

事業概要

県下の市街地に既設されている公園8カ所を選定し、大気汚染物質、有害物質、悪臭物質及び騒音レベルについてそれぞれの公園内の3地点で測定した。また公園に関する住民の意識調査を実施した。

調査地点

調査を行った公園8カ所の地点を図1に、また、各公園の測定地点を図2～図9に示す。

1. 橋本市

橋本市は和歌山県の北東部に位置し、北は、大阪府河内長野市、東は、奈良県五條市と接しており、市の中央部を東西に紀の川が流れ、北部は丘陵地、南部は山地となっている。市の面積は110.18km²、人口約52,000人である。

1) 丸山公園

丸山公園の面積は、1.6haで、市の北側の丘陵地にあり、春は桜の名所として有名で、古墳も公園内にある。樹木は桜、さつき等が主で相当多い。遊具施設としてはぶらんこ2台、すべり台1台とあまり

和歌山県

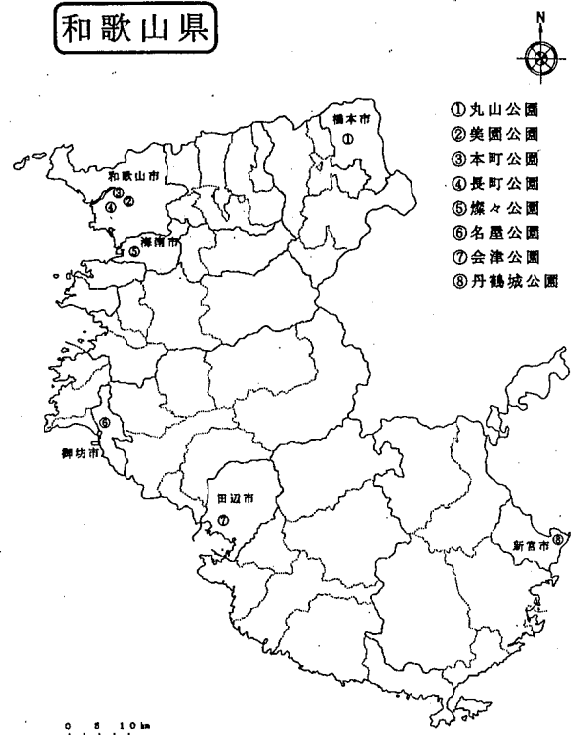


図1 調査地点

大気環境部

* 1 現岩出保健所

調査公園周辺図

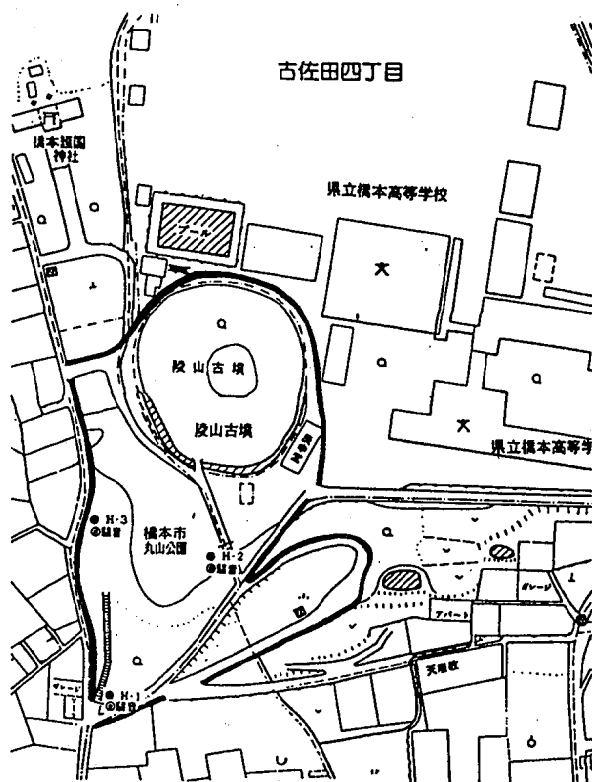


図2 丸山公園

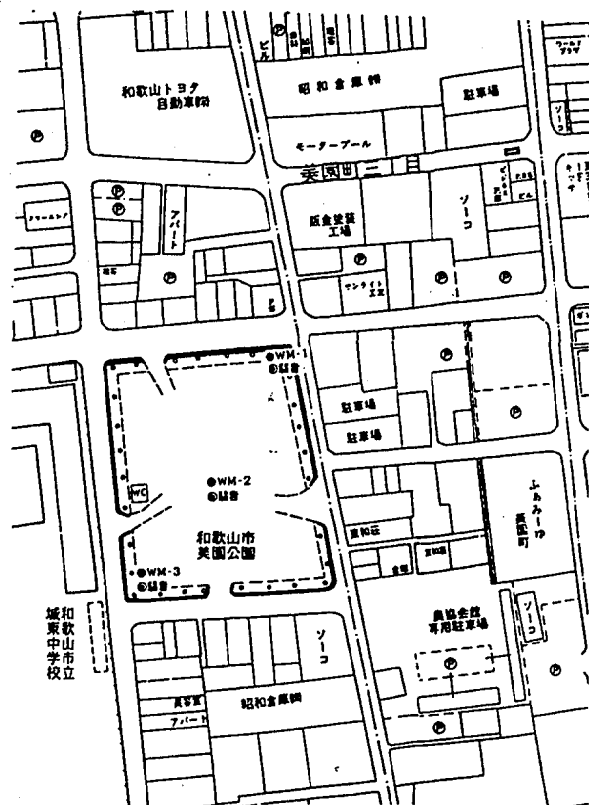


図3 美園公園

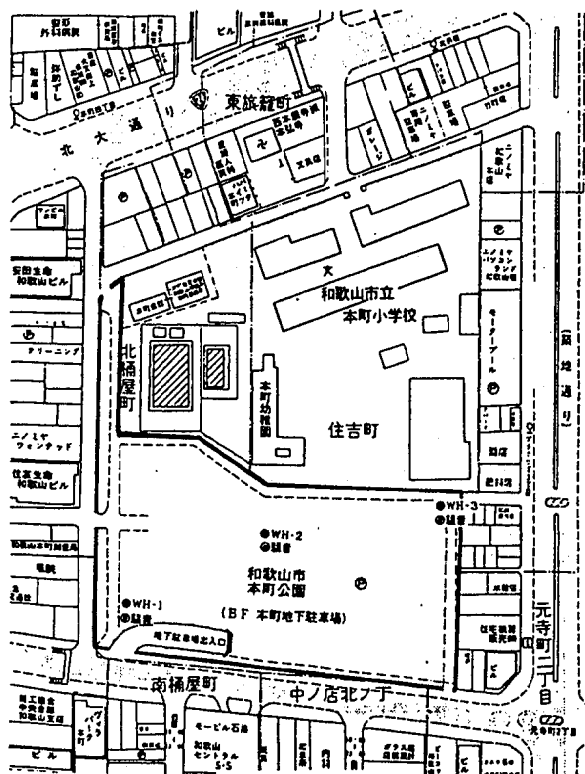


図4 本町公園

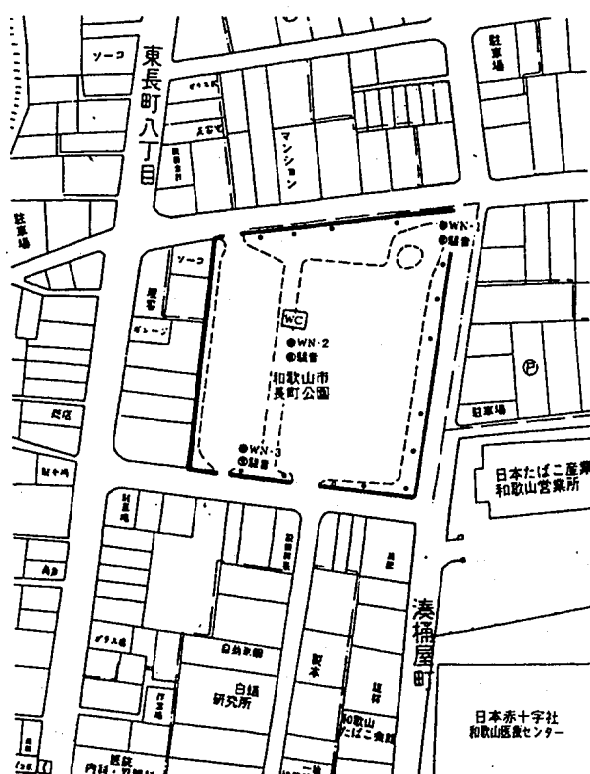


図5 長町公園

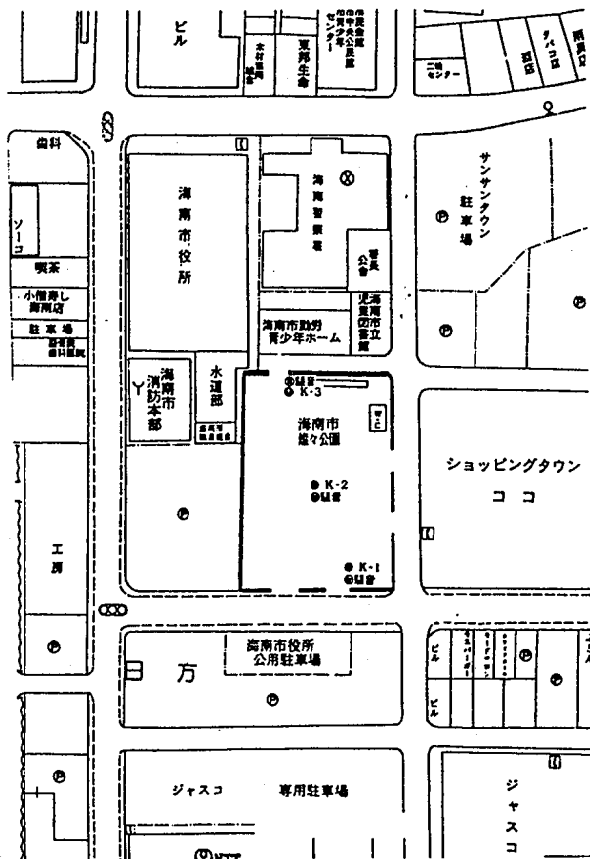


図6 燦々公園

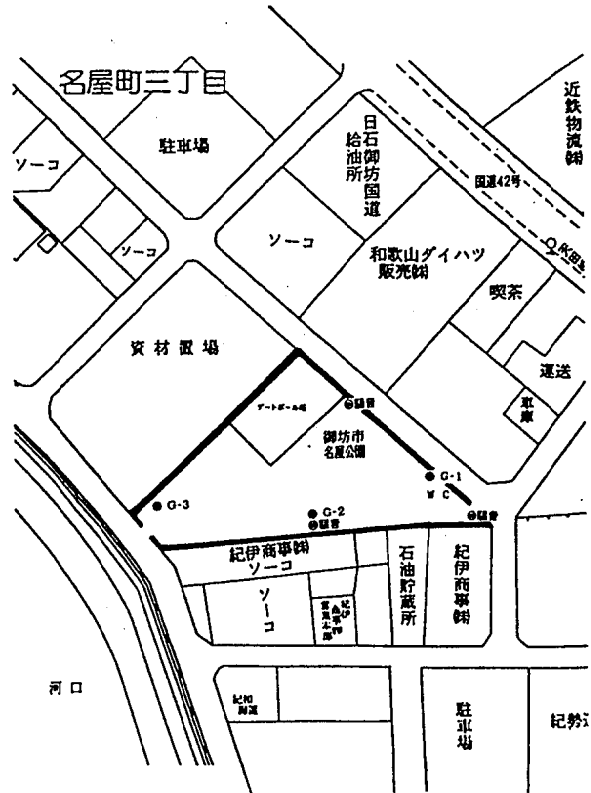


図7 名屋公園

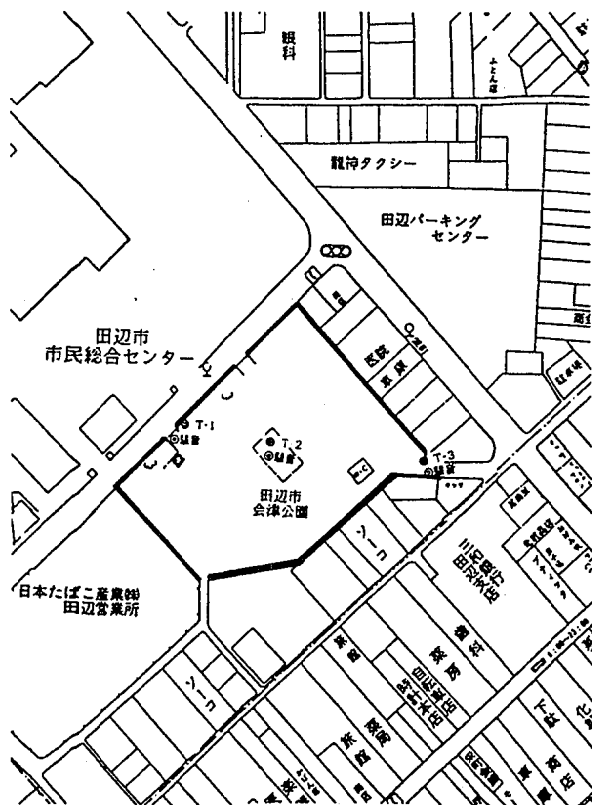


図8 会津公園

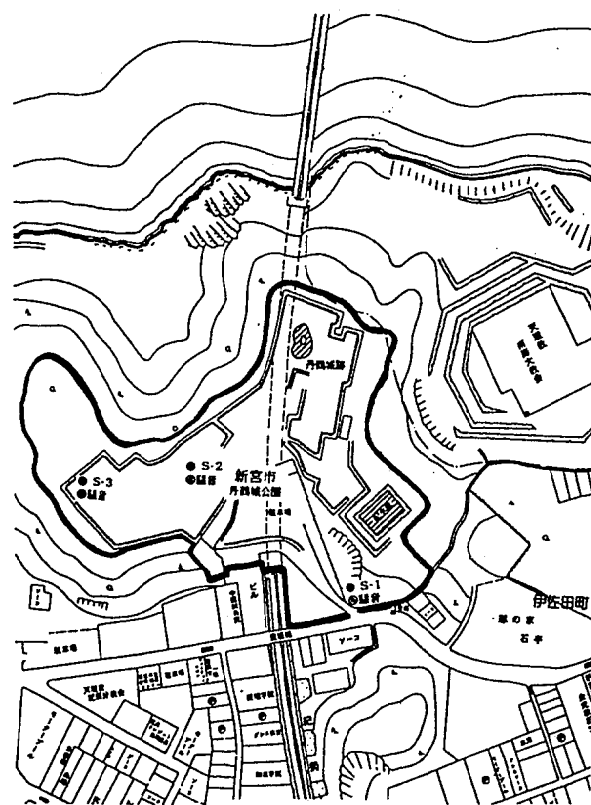


図9 丹鶴城公園

多くない。その他の施設としては、藤棚1カ所、休憩用ベンチ等である。周囲の環境としては高等学校と隣接し、JR橋本駅から約100mの位置にあるが、主要道路からは離れており、工場等も付近にはない。

2. 和歌山市

和歌山市は紀伊半島の西北端にあり、紀の川の河口に位置している。西は紀淡海峡に面し、南北に約17.5km、東西に約29km、面積207.5km²であり、市のほぼ中心部を東西に紀の川が流れている。人口は約400,000人である。

1) 美園公園

美園公園の面積は0.52haで、JR和歌山駅や繁華街に比較的近く、主要道路から約100mの位置にある。樹木はクスノキ、銀杏が主で、それぞれ18本、12本あり、比較的樹木は多い。遊具はブランコ1台(4人掛け)すべり台5台、砂場2カ所である。それ以外のものとしてベンチ、藤棚等がある。

周囲の環境は、特に近くに大きな工場はないが、西側が中学校に隣接している。

2) 本町公園

本町公園の面積は1.7haで、和歌山市の市街地のほぼ中心にあり、繁華街の近くに位置している。南側は主要道路に隣接し、他の三方も主要道路から50m以内である。樹木はクスノキの木、桜の木が主でそれぞれ33本、18本あり、ここも公園面積の割には比較的樹木は多い。遊具はぶらんこ1台、すべり台5台、シーソー2台、ジャングルジム2台、砂場1カ所あり、その他として、小さい丘1カ所、ゲートボール場1カ所、休憩用ベンチ、藤棚、プール等がある。また、公園の半分が運動場となっている。周囲の環境は、近くに工場はないが、地下は駐車場(188台)となっている。

3) 長町公園

長町公園の面積は0.57haで、和歌山市の西部に位置している。東側は主要道路から約50mであるが、他の三方は主要道路からやや離れている。樹木はヒマラヤ杉がほとんどで約20本ある。遊具はぶらんこ5台、すべり台2台、シーソー2台、ジャングルジム1台、鉄棒1カ所、砂場1カ所あり、その他として、ゲートボール場1カ所、子供用プール1カ所、休憩用ベンチ等がある。周囲の環境は、近くに総合病院があるが、工場は少ない。

3. 海南市

海南市は和歌山市の南側に位置し、県北部臨海工業地帯となっている。東西13.0km、南北10.0km、面

積は61.35km²、人口は約49,000人である。

1) 燦々公園

燦々公園は、海南市のほぼ中心にあり、面積は0.3haである。市役所に隣接しており、繁華街にも近い。また、北臨工業地帯から約1kmと工場に比較的近い位置にもある。樹木としてはケヤキ、ヤマモモが多く、それぞれ16本、8本あり、その他約20種類の木が公園の周囲と真ん中付近に植えられている。遊具施設としては、すべり台等数種の遊具はあるが、それ程多くない。

4. 御坊市

御坊市は和歌山県の海岸線のほぼ中央に位置し、東西8.4km²、南北16.3km²、面積43.8km²の田園都市であり、市内中央部を日高川が流れており、人口は約29,000人である。

1) 名屋公園

名屋公園は御坊市の南西部に位置し、すぐ近くに日高川の河口がある。面積は0.2haであり、公園の一角にゲートボール場を備えている。遊具施設としてはぶらんこ等が数台あるが、あまり多くない。また、樹木はクスノキ、桜が主であるが、それほど多くはない。

5. 田辺市

田辺市は和歌山県の海岸線のほぼ中央に位置し、田辺湾に面している。面積は136.4km²、東西に13.6km、南北に17.3kmあり、市域の中央部と東部を会津川、西部を芳養川が流れている。人口は約70,000人である。

1) 会津公園

会津公園は会津川の河口近くにあり、比較的繁華街に近い。面積は約0.5haである。中央付近に藤棚があり、蒸気機関車を設置しているが遊具施設は特にない。主な樹木はクスノキ、そてつ、銀杏等であるがあまり多くはない。

6. 新宮市

新宮市は和歌山県の東部に位置し、熊野灘に面している。面積は79.7km²、東西に13.7km、南北に12.2kmあり、三重県との県境を新宮川が流れている。人口は約35,000人である。

1) 丹鶴城公園

丹鶴城公園は市街地の北、新宮川の河口を背にした高台にある。丹鶴城址が公園内にあり、公園の面積は約4haである。城址の周りは自然林に囲まれており樹木は相当多い。

調査項目

大気汚染物質（二酸化硫黄，二酸化窒素），有害物質（ベンゼン，トルエン），悪臭物質（アンモニア，硫化水素，メチルメルカプタン，硫化メチル，二硫化メチル），騒音（騒音レベル）

調査期間

平成7年9月1日から平成8年3月31日まで

試料採取時間帯及び測定時間帯

有害物質，悪臭物質の試料採取及び騒音の測定は，（二酸化硫黄，二酸化窒素は除く）

朝（6時～8時），昼（12時～14時），夕（16時～18時）

調査方法及び測定方法

測定及び試料採取は各公園の中央付近1カ所，両端2カ所で行った。

1. 二酸化硫黄，二酸化窒素

大気汚染物質採取用設置器具は，分子拡散型長期暴露サンプラーを用いて，シェルター内にトリエタノールアミンを含浸させたろ紙を1ヶ月間暴露し，二酸化硫黄，二酸化窒素を吸収させ，このろ紙を回収し，二酸化硫黄はイオンクロマトグラフィーによる方法¹⁾，二酸化窒素は比色法による方法¹⁾，で積算量を測定した。

2. 硫化水素，メチルメルカプタン，硫化メチル，二硫化メチル

月1回各公園で1日3回（朝，昼，夕），3地点でテドラバッグに試料を採取後，悪臭防止法による方法で測定を行った。

3. アンモニア

月1回各公園で，昼の時間帯に3地点で吸収ビンに試料を採取後，悪臭防止法による方法で測定を行った。

4. ベンゼン，トルエン

月1回和歌山市内の美園公園，本町公園，長町公園の3公園で，昼の時間帯に各公園3地点でテドラバッグに試料を採取後，有害物

質測定方法指針（環境庁大気保全局）による方法で測定を行った。

5. 騒音

月1回各公園で1日に3回（朝，昼，夕），3地点で環境庁告示による環境騒音測定法で測定を行った。

6. 住民意識調査

意識調査はアンケートにより各公園内及び付近の住民を対象に，1公園につき100人以上の調査を行った。

結果と考察

1. 二酸化硫黄

各公園の二酸化硫黄濃度測定結果を表1に示した。また，今回測定した値を環境基準と比較するため，平成7年度に調査した大気汚染全県調査²⁾でもとめた自動測定機法と簡易測定法との回帰式で，各地点の濃度平均値を自動測定機法の値に換算した値も表1に示した。（以下換算値とする）

表1 二酸化硫黄濃度測定結果

公園名	地点名	10月	11月	12月	1月	2月	3月	換算値(ppb)
丸山公園	H-1	1.4	0.3	1.5	2.4	0.1	1.1	4.9
	H-2	4.9	3.8	2.0	1.7	0.0	2.5	5.4
	H-3	0.4	3.1	1.6	4.2	0.9	2.1	5.2
	平均値	2.2	2.4	1.7	2.8	0.3	1.9	5.2
美園公園	WM-1	10.0	14.6	9.6	9.9	7.5	10.3	8.0
	WM-2	9.2	15.0	13.4	6.9	6.8	10.3	8.0
	WM-3	7.7	16.0	12.2	11.4	7.8	11.0	8.3
	平均値	9.0	15.2	11.7	9.4	7.3	10.5	8.1
本町公園	WH-1	16.7	27.8	19.4	17.0	16.0	19.4	11.1
	WH-2	18.1	20.0	17.4	14.1	9.1	15.7	9.8
	WH-3	18.9	24.5	19.9	14.1	12.7	18.0	10.6
	平均値	17.9	24.1	18.9	15.1	12.6	17.7	10.5
長町公園	WN-1	10.2	15.3	17.5	19.1	8.4	14.1	9.3
	WN-2	10.2	18.8	14.1	15.8	8.9	13.6	9.1
	WN-3	9.8	17.9	15.4	16.0	9.1	13.7	9.1
	平均値	10.1	17.3	15.7	17.0	8.8	13.8	9.2
燦々公園	K-1	5.1	11.5	7.3	6.4	5.2	7.1	6.9
	K-2	4.9	14.3	6.0	6.9	5.8	7.6	7.1
	K-3	3.6	7.8	3.7	3.8	3.7	4.5	6.1
	平均値	4.5	11.2	5.7	5.7	4.9	6.4	6.7
名屋公園	G-1	3.4	5.2	6.5	5.5	3.9	4.9	6.2
	G-2	1.6	10.5	6.2	4.8	4.4	5.5	6.4
	G-3	2.4	6.9	5.3	4.8	3.4	4.5	6.1
	平均値	2.4	7.5	6.0	5.0	3.9	5.0	6.2
会津公園	T-1	1.8	4.8	4.0	4.5	2.1	3.4	5.7
	T-2	2.2	5.5	3.2	3.4	3.5	3.6	5.7
	T-3	0.2	2.2	4.0	2.8	0.8	2.0	5.2
	平均値	1.4	4.2	3.7	3.6	2.1	3.0	5.6
丹鶴城公園	S-1	2.0	2.2	1.5	1.8	0.6	1.6	5.1
	S-2	0.0	2.2	1.3	1.7	0.8	1.2	5.0
	S-3	0.6	3.1	1.3	4.2	2.9	2.4	5.4
	平均値	0.9	2.5	1.4	2.6	1.4	1.7	5.1

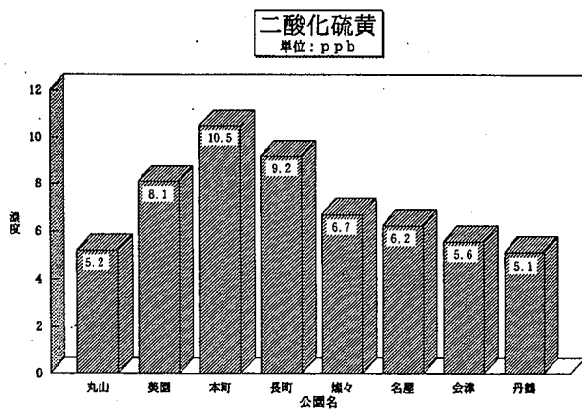


図10 各公園の二酸化硫黄濃度 (換算値の平均)

1) 各公園の二酸化硫黄濃度

各公園の濃度を比較するため換算値の平均値を図10に示した。濃度の高い順に本町公園10.5ppb、長町公園9.2ppb、美園公園8.1ppb、燦々公園6.7ppb、名屋公園6.2ppb、会津公園5.6ppb、丸山公園5.2ppb、丹鶴城公園5.1ppbとなり、本町公園が最も高い濃度で、丹鶴城公園が最も低い濃度であった。

和歌山市内の美園、本町、長町公園は他の地域の公園に比べ高い値となった。これは、固定発生源としての工場排ガス、家庭用暖房、移動発生源としての自動車排ガスの影響が他の地域より大きいためと考えられる。特に本町は四方が主要道路に囲まれており、街の中心地付近にあるため高い値となったものと思われる。丸山、丹鶴城公園の濃度が低いのは近くに工場が少ないこと、また、公園面積が広く、丘の上の高い位置にあり、主要道路から離れているための濃度拡散、距離減衰等が考えられる。しかし、いずれの地点においても、大気汚染防止法による環境基準値を超える公園はなかった。

2) 二酸化硫黄濃度の月別推移

各公園の月別濃度推移を図11に示した。月別推移は丸山、丹鶴を除き、11月をピークとして、徐々に低くなる傾向が見られた。一般的に、冬期(12月、1月、2月)は石油燃料の使用量が増加するため、

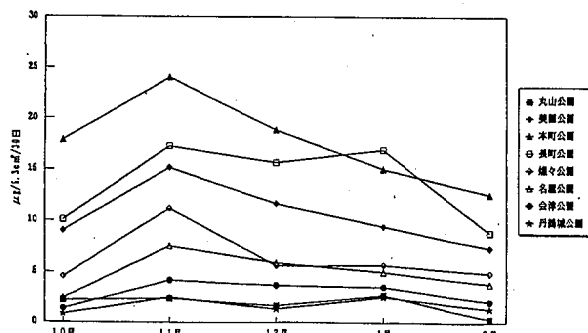


図11 月別二酸化硫黄濃度

二酸化硫黄濃度は高くなる傾向にあるが、今回の調査ではその傾向は見られなかった。丸山、丹鶴城公園は全体的に低濃度であり、特異な傾向は見られなかった。

3) 公園内の各測定地点の二酸化硫黄濃度

測定地点間の濃度の違いを見るため、図12、図13に各公園の地点別二酸化硫黄濃度を示した。

地点番号の2(例:H-2)が公園の中央付近の測定値、1、3(例:H-1、H-3)が公園両端の測定値を表している。樹木が大気中の有害汚染物質を吸収又は遮蔽することにより、空気が浄化されると言われている¹⁾。このことから、公園中央付近の測定値は主風向の風上となる公園両端地点の濃度より低くなると予想される。

丸山公園の測定値を見ると、樹木の数が割には10、11、12月は中央地点の方が両端の地点より高い値となり、樹木による浄化作用は見られなかった。この公園は山の斜面に設けられているため、樹木の間を大気が通過しにくいこと、大気汚染物質の吸収、遮蔽効果が少なかったのではないかと考えられる。

美園、本町、長町、丹鶴城公園の中央地点の値を見ると、概ね全測定値とも両端地点の値より低い値となった。これらの公園は樹木の数も多く、また試料採取用設置器具を樹木の幹に直接取り付けられたため、より効果的に遮蔽、浄化作用の効果があつたものと考えられる。

燦々、名屋、会津公園は中央地点の値が両端地点より低い値があつたもの、全体的にあまり樹木による浄化は見られなかった。これは樹木の数、風力、測定の時期(秋から冬は樹木の活性が低い)、シェルターの取り付け位置等により、測定値が異なってくる^{3) 4) 5)}、他の公園に比べ、やや樹木の少ないことが影響しているものと思われる。

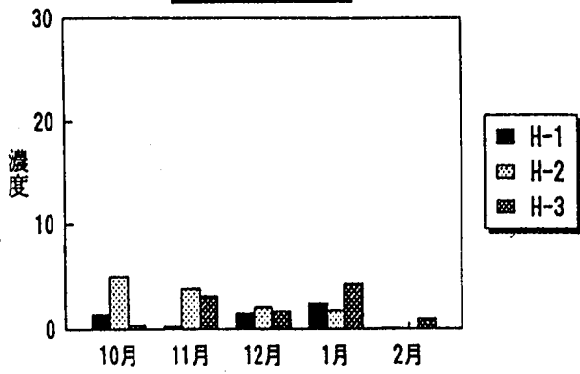
2. 二酸化窒素

各公園の二酸化窒素濃度測定結果を表2に示した。

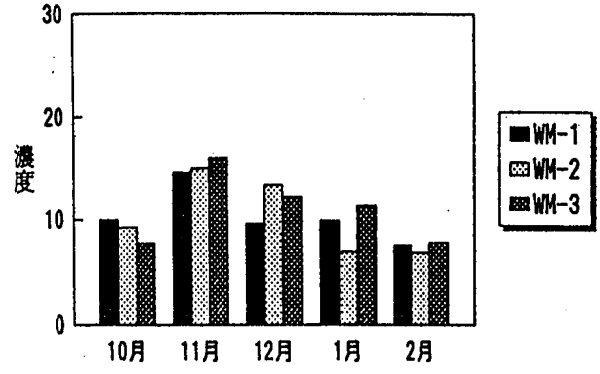
1) 各公園の二酸化窒素濃度

測定値を環境基準値と比較するため、自動測定機法の値に換算した二酸化窒素の各公園の全平均値濃度を図14に示した。濃度の高い順に長町公園25.9ppb、本町公園25.2ppb、美園公園24.8ppb、燦々公園19.5ppb、名屋公園18.2ppb、会津公園17.7ppb、丸山公園16.6ppb、丹鶴城公園12.8ppbとなり、ほとんど二酸化硫黄と同様の傾向を示した。和歌山市の公園である長町、本町、美園公園はいずれもほぼ同程度の濃度であり、高い値となった。このことも

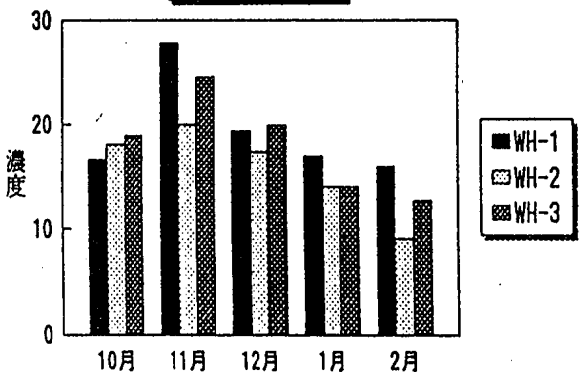
丸山公園



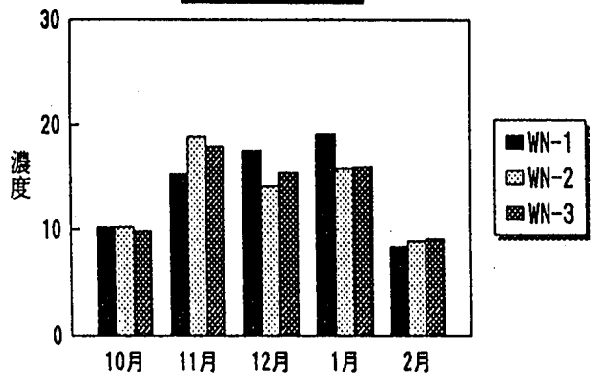
美園公園



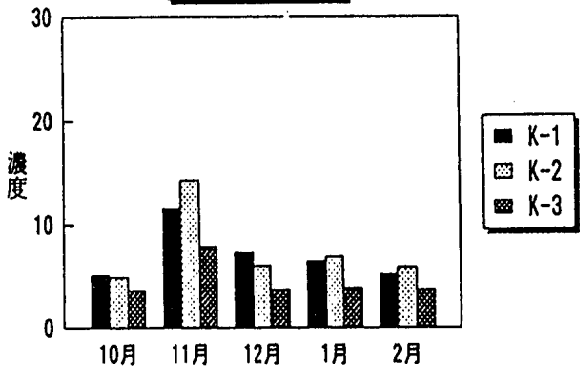
本町公園



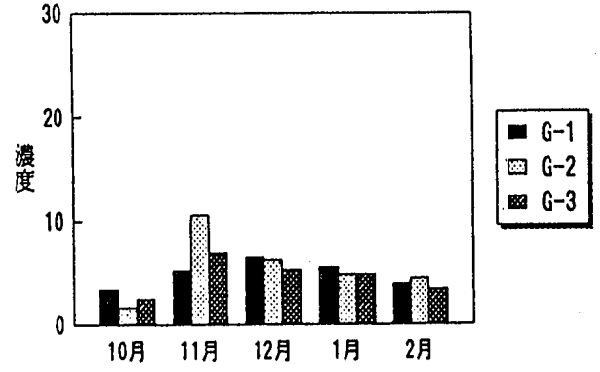
長町公園



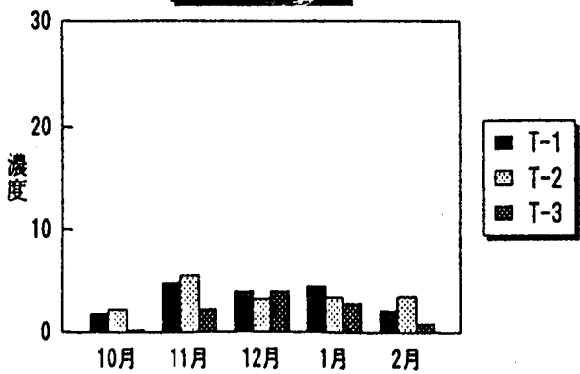
燦々公園



名屋公園



会津公園



丹鶴城公園

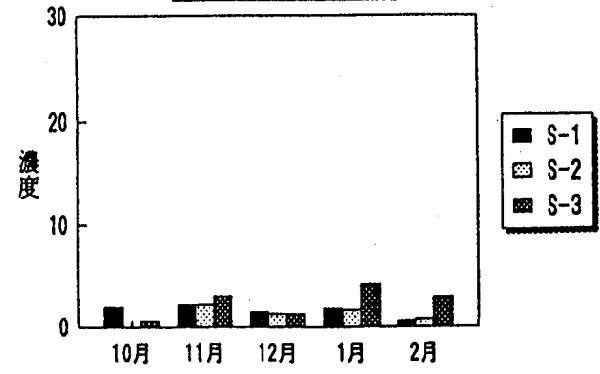


図12 地点別二酸化硫黄濃度 単位： $\mu\text{g}/5.3\text{cm}^3/30\text{日}$

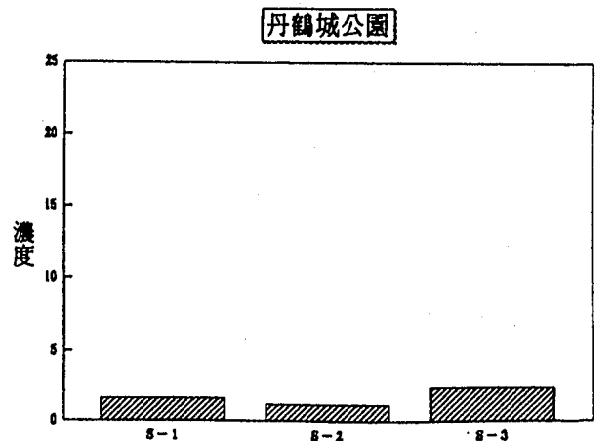
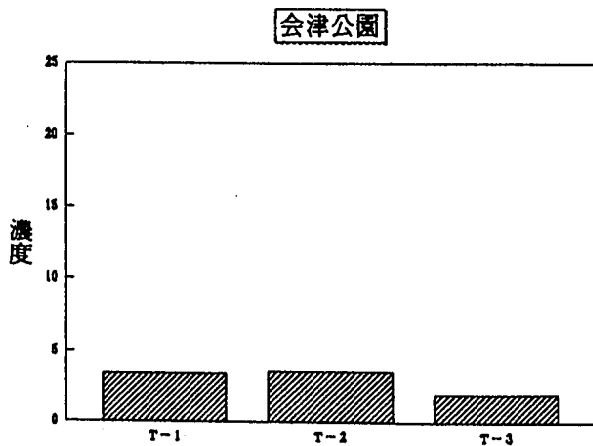
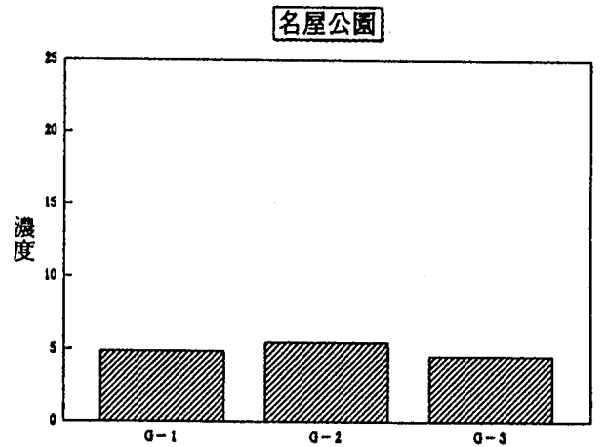
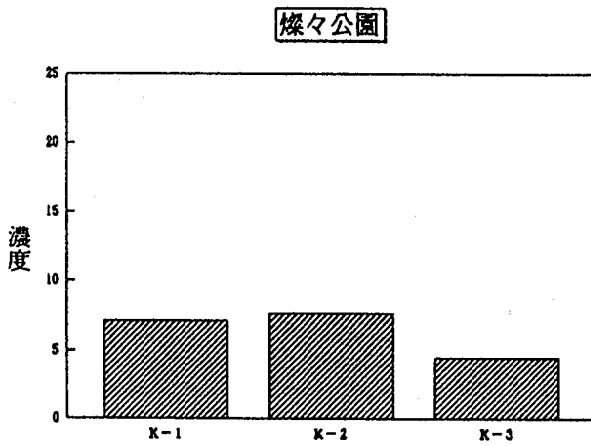
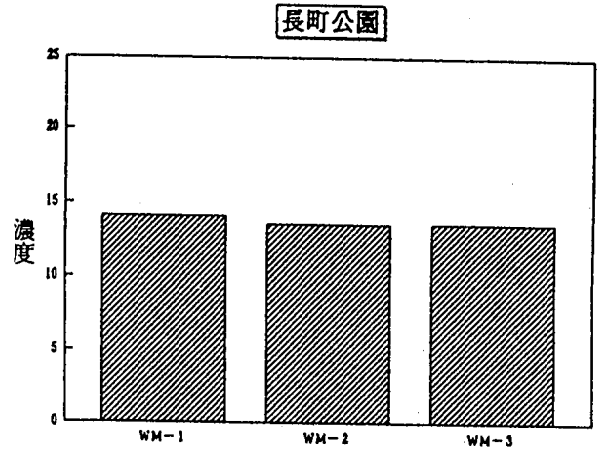
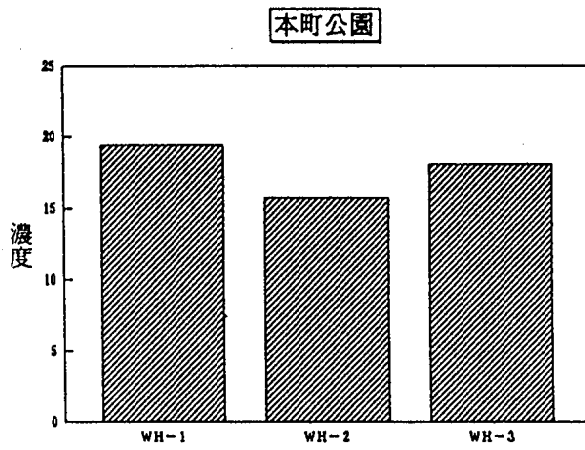
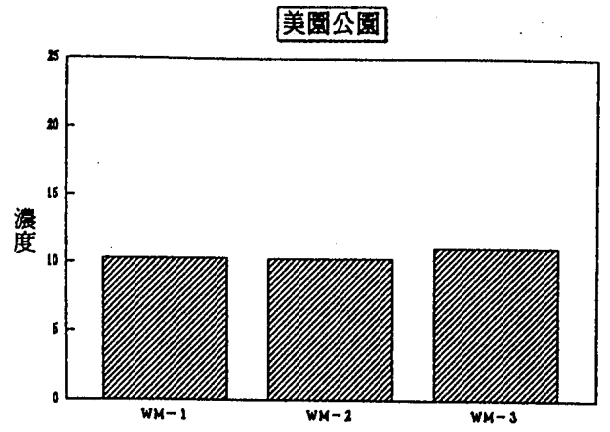
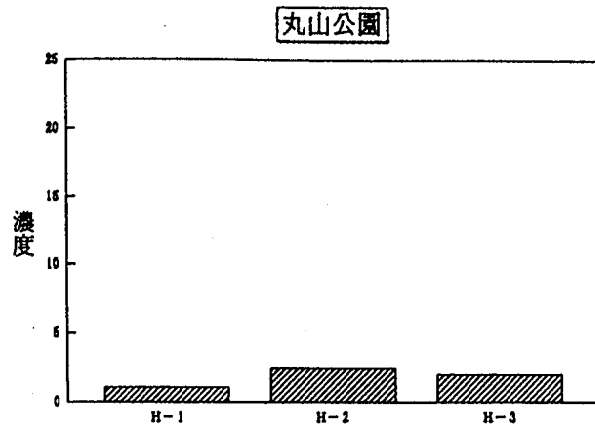


図13 地点別二酸化硫黄濃度(平均値) 単位: $\mu\text{g}/5.3\text{cm}^3/30\text{日}$

表2 二酸化窒素濃度測定結果

単位：μg/5.3cm³/30日

公園名	地点名	10月	11月	12月	1月	2月	3月	換算値(ppb)
丸山公園	H-1	24.5	28.1	25.7	19.1	21.4	23.7	17.1
	H-2	19.5	26.8	24.5	19.1	21.2	22.2	16.5
	H-3	19.1	25.7	24.6	18.8	21.3	21.9	16.3
	平均値	21.0	26.8	24.9	19.0	21.3	22.6	16.6
美園公園	WM-1	55.4	43.7	42.1	39.8	38.9	44.0	25.5
	WM-2	46.2	43.8	47.5	31.6	38.3	41.5	24.4
	WM-3	51.5	35.7	51.5	32.1	36.7	41.5	24.4
	平均値	51.0	41.1	47.0	34.5	38.0	42.3	24.8
本町公園	WH-1	49.7	51.0	48.7	37.9	41.2	45.7	26.2
	WH-2	51.0	42.3	42.2	31.4	34.8	40.3	24.0
	WH-3	60.0	44.9	44.4	32.9	37.1	43.9	25.4
	平均値	53.6	46.1	45.1	34.1	37.7	43.3	25.2
長町公園	WN-1	51.7	58.0	48.4	36.2	38.8	46.6	26.6
	WN-2	51.4	58.2	47.4	34.8	37.5	45.9	26.2
	WN-3	52.0	44.2	45.6	34.8	36.4	42.6	24.9
	平均値	51.7	53.5	47.1	35.3	37.6	45.0	25.9
燦々公園	K-1	35.3	36.1	32.0	24.3	30.8	31.7	20.4
	K-2	33.7	32.5	29.5	22.8	28.0	29.3	19.4
	K-3	32.7	30.3	28.7	21.0	25.1	27.6	18.7
	平均値	33.9	33.0	30.1	22.7	28.0	29.5	19.5
名屋公園	G-1	31.8	29.4	29.4	21.2	25.4	27.5	18.6
	G-2	26.6	27.6	26.6	22.0	23.4	25.3	17.7
	G-3	31.2	26.6	29.4	19.4	24.0	26.1	18.1
	平均値	29.9	27.9	28.5	20.9	24.3	26.3	18.2
会津公園	T-1	28.9	31.3	28.6	20.2	21.2	26.0	18.0
	T-2	25.4	27.7	27.7	19.3	21.1	24.2	17.3
	T-3	29.8	29.4	27.7	18.5	21.0	25.3	17.7
	平均値	28.0	29.5	28.0	19.3	21.1	25.2	17.7
丹鶴城公園	S-1	26.0	23.1	21.6	15.1	18.9	20.9	15.9
	S-2	9.5	10.0	9.4	8.0	9.6	9.3	11.1
	S-3	10.6	11.4	9.3	8.2	9.8	9.9	11.4
	平均値	15.4	14.8	13.5	10.4	12.7	13.4	12.8

月から徐々に濃度が減少し、1月がもっとも低い月となり、そして2月にやや濃度が上昇するという、秋から冬にかけて、濃度が低くなる傾向が見られた。また同程度の濃度推移の公園をグループ分けすると、美園、本町、長町公園と丸山、燦々、名屋、会津公園と丹鶴城公園の三つのグループに分けることができ、それぞれのグループは発生源から受ける影響が比較的良好に似た環境にあると推測される。

3) 公園内の各測定地点の二酸化窒素濃度

公園の樹木による二酸化窒素の濃度変化を見るため、図16、図17に公園別に各地点の濃度を示した。樹木による浄化の効果についてみると、丸山公園はどの地点もほぼ同程度の濃度であり、樹木による浄化があまり認められなかった。これは二酸化硫黄と同様、公園の位置が山の斜面にあるため、発生源からの距離がどの地点もあまり差がないためと考えられる。

二酸化窒素
単位：ppb

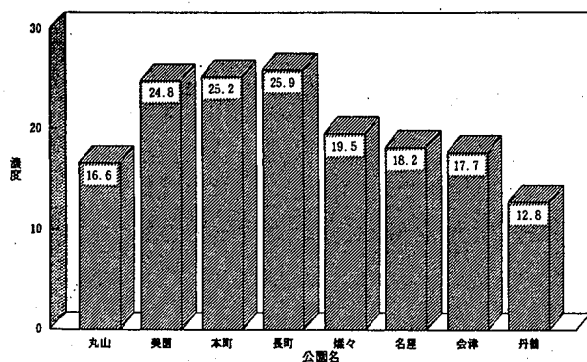


図14 各公園の二酸化窒素濃度 (換算値の平均)

やはり二酸化硫黄濃度と同様に、発生源からの影響が大きかったためと思われる。しかし、いずれの地点においても、二酸化硫黄と同様、環境庁が示している大気汚染防止法による環境基準値を超える公園はなかった。

2) 二酸化窒素濃度の月別推移

月別による二酸化窒素濃度の変化を見るため図15にその濃度推移を示した。概ね、いずれの公園も10

美園、本町公園は比較的樹木が多いこと、また、公園の中央付近に設置した試料採取器具を、樹木の陰に取り付けたこと等により遮蔽、浄化作用が効果的に行われたものと思われ、公園中央地点の濃度はどれも概ね低い値であった。

燦々公園は全測定月ともK1、K2、K3の順に濃度が低くなった。これについては、K1側は比較的交通量の多い道路、K3側は高い建物(4階建て)に面しているため、道路の影響を受けやすいK1の濃度が高くK2、K3と道路から離れるに従って濃

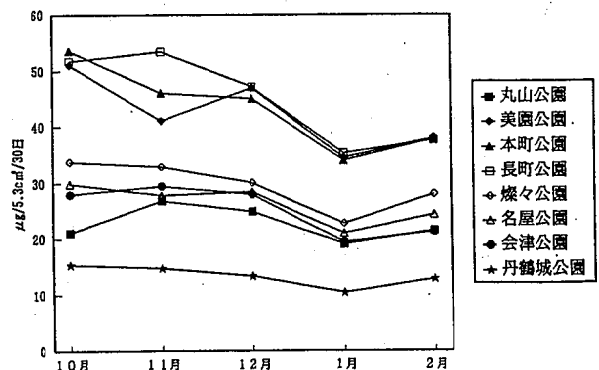


図15 月別二酸化窒素濃度

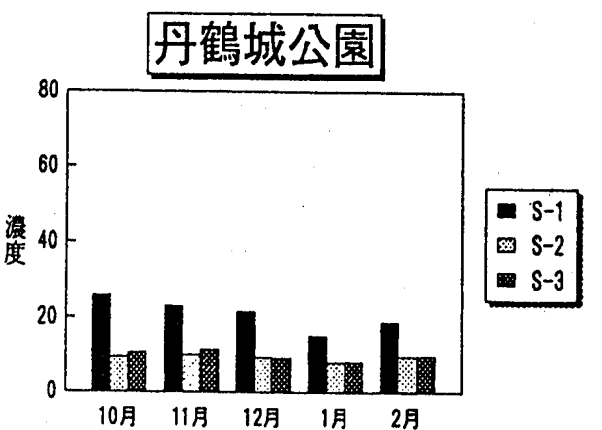
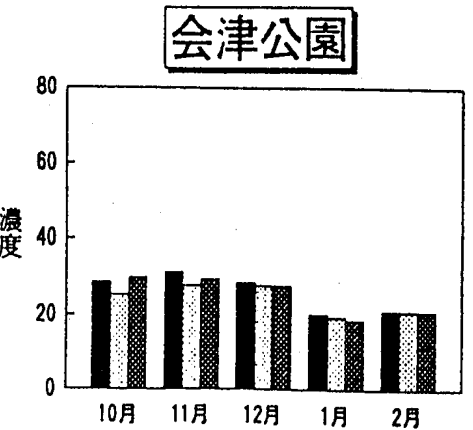
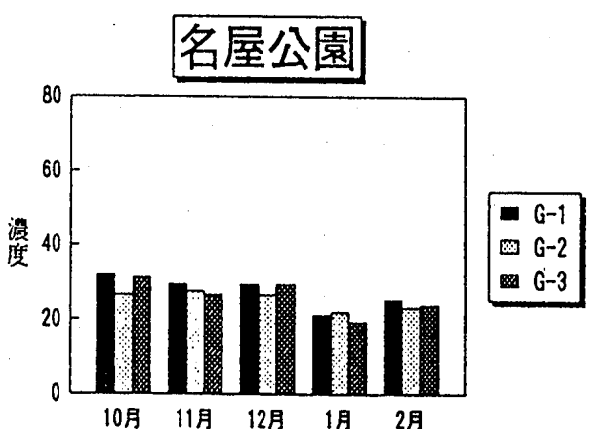
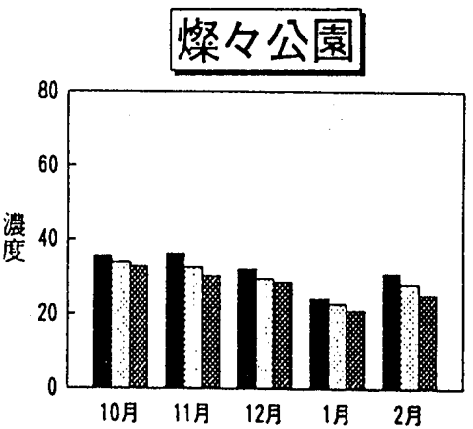
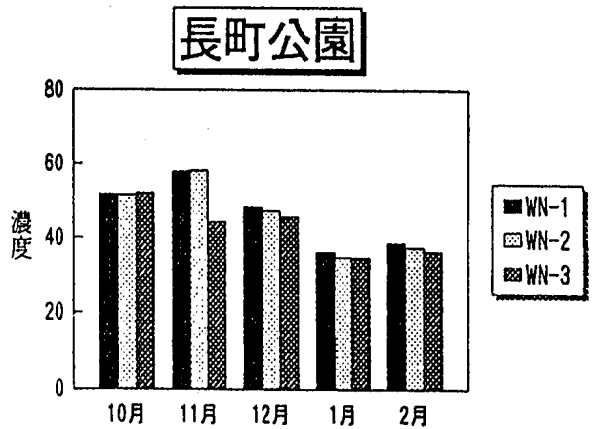
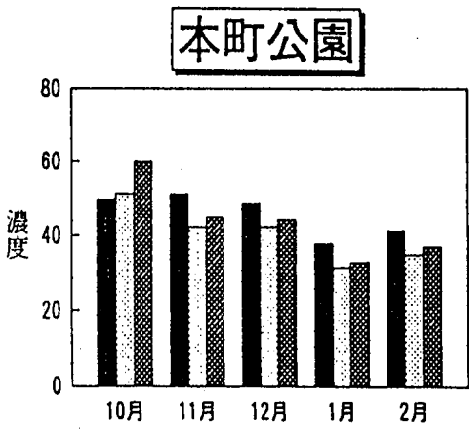
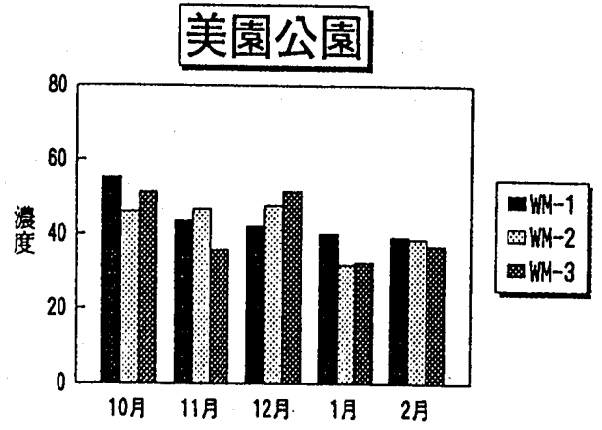
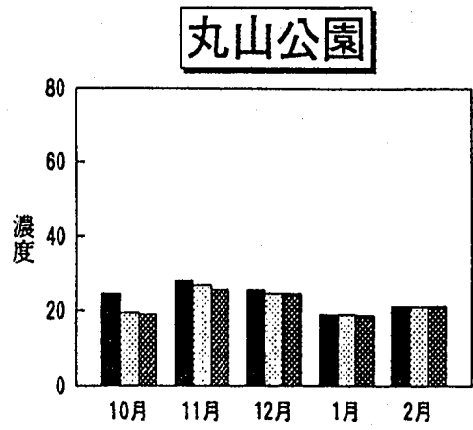


図16 地点別二酸化窒素濃度 単位： $\mu\text{g}/5.3\text{cm}^3/30\text{日}$

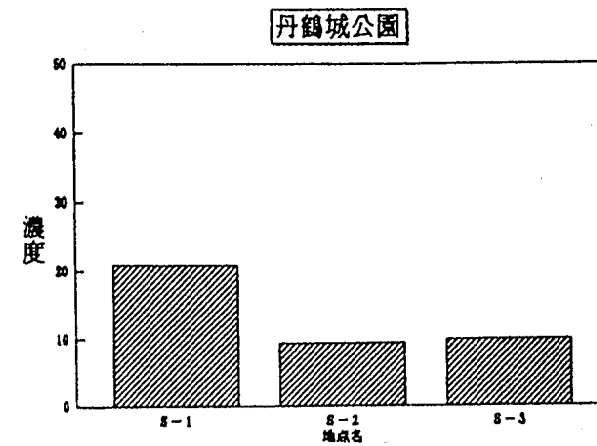
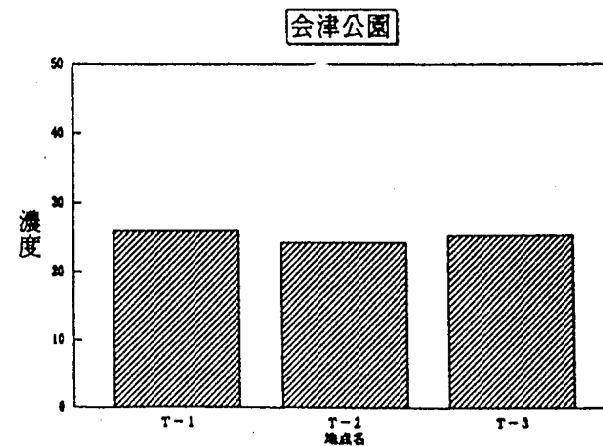
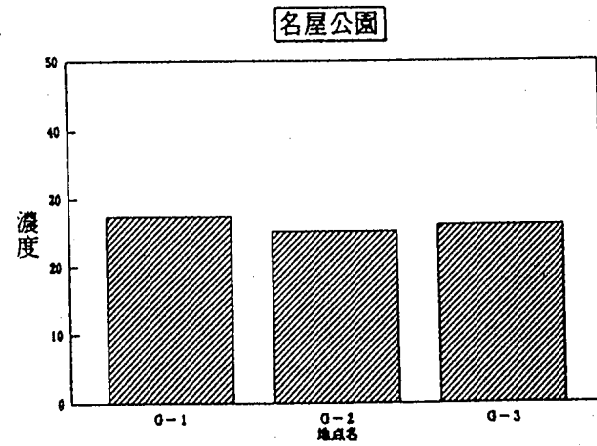
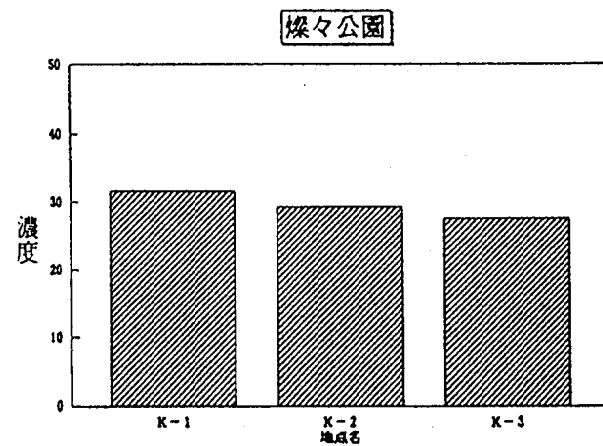
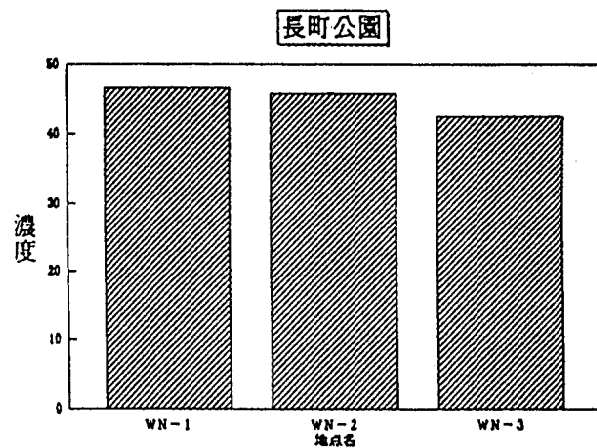
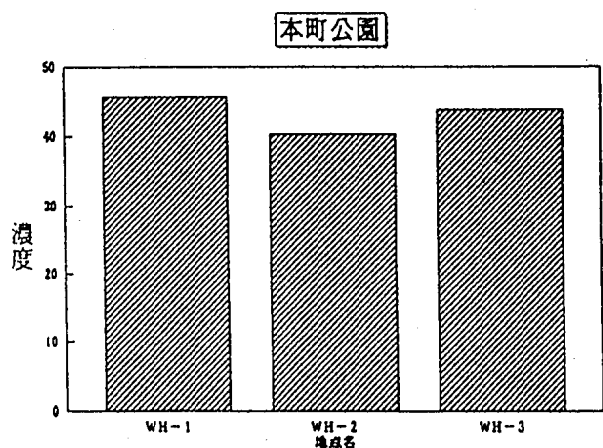
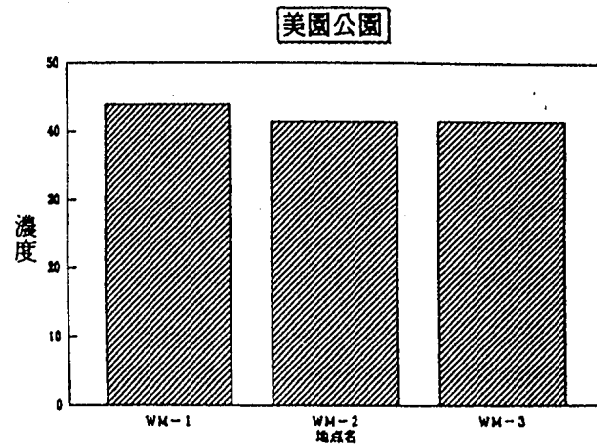
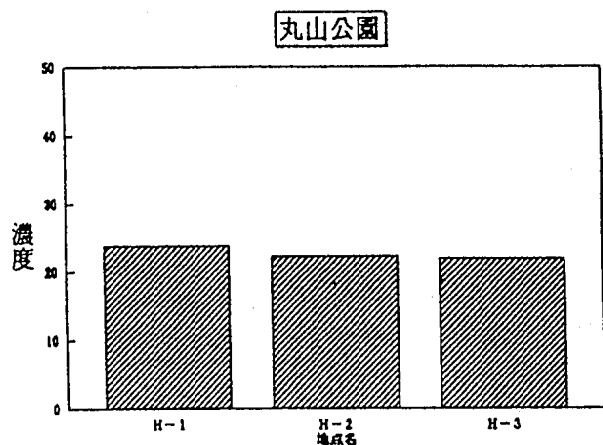


図17 地点別二酸化窒素濃度(平均値) 単位: $\mu\text{g}/5.3\text{cm}^3/30\text{日}$

度が低くなっていったと思われる。長町、名屋、会津公園は各地点ともほとんど濃度差がなく、樹木による浄化はあまり認められなかった。丹鶴城公園のS-2、S-3地点はS-1地点に比べどの値も、約半分程度の濃度に減少していた。これはS-1地点が道路に近く、S-2、S-3地点とかなり離れた位置にあることや、公園面積が広く、樹木が相当多いこと等から、二酸化窒素の拡散、遮蔽、浄化が効果的に行われたものと思われる。

3. 硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、

二硫化メチル

各公園の硫化水素濃度の測定結果を表3に示した。また、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルは全試料とも検出限界値以下であった。硫化水素については、各公園のほぼ全地点で検出されたが、測定した試料全体ではほとんど検出限界値以下であった。発生源としては、公園のトイレ、排水用の溝等が考えられるが、検出したいずれの値も低濃度であり、悪臭防止法による規制基準値をはるかに下回っていた。

表3 硫化水素濃度測定結果

単位：ppm

地点名	地点No.	時間帯	10月	11月	12月	1月	2月
丸山公園	H-1	朝	0.0003	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	0.0004	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	H-2	朝	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	0.0004	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	0.0007	N. D.
	H-3	朝	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	0.0004	N. D.
美園公園	WM-1	朝	N. D.	N. D.	N. D.	0.0015	0.0007
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	WM-2	朝	N. D.	N. D.	N. D.	0.0012	0.0007
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.0009
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.0005
	WM-3	朝	N. D.	N. D.	N. D.	0.0013	0.0003
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.0006
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	0.0007	N. D.
本町公園	WH-1	朝	0.0003	0.0006	N. D.	0.0013	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.0012
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	WH-2	朝	0.0004	N. D.	N. D.	0.0011	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	0.0007	0.0011
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	WH-3	朝	0.0003	0.0005	N. D.	0.0010	0.0007
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.0010
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
長町公園	WN-1	朝	N. D.	N. D.	0.0017	N. D.	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	0.0006	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	0.0008	N. D.	0.0007
	WN-2	朝	N. D.	0.0011	0.0006	0.0008	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	0.0007	0.0006	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	0.0007	N. D.	0.0007
	WN-3	朝	N. D.	N. D.	N. D.	0.0009	0.0005
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.0008
燦々公園	K-1	朝	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	0.0010	N. D.
	K-2	朝	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	0.0013	N. D.
	K-3	朝	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	0.0005	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	0.0013	0.0005
名屋公園	G-1	朝	N. D.	N. D.	N. D.	0.0006	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	0.0005	N. D.	N. D.	0.0005	N. D.

名屋公園	G - 2	朝	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	0.0005	N. D.
	G - 3	朝	N. D.	N. D.	N. D.	0.0006	0.0009
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
会津公園	T - 1	朝	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	0.0003	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	T - 2	朝	0.0006	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	0.0004	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	0.0004	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	T - 3	朝	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
丹鶴城公園	S - 1	朝	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	0.0003	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	S - 2	朝	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	S - 3	朝	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
		昼	N. D.	N. D.	N. D.	0.0008	N. D.
		夕	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.

N. D. : 0.0002ppm以下

4. アンモニア

各公園のアンモニア濃度の測定結果を表4に示した。美園、名屋は検出されず、丸山、本町、燦々、丹鶴公園はそれぞれ各1回ずつ検出されたが、いずれも検出限界に近い低濃度であった。長町、会津公園はそれぞれ4回と3回検出され、やや高い濃度の

表4 アンモニアの測定結果

単位：ppm

公園名	地点名	10月分	11月分	12月分	1月分	2月分
丸山公園	H-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	H-2	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	H-3	N. D.	0.06	N. D.	N. D.	N. D.
美園公園	WM-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	WM-2	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	WM-3	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
本町公園	WH-1	N. D.	N. D.	N. D.	0.08	N. D.
	WH-2	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	WH-3	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
長町公園	WN-1	N. D.	0.06	0.12	N. D.	N. D.
	WN-2	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	WN-3	0.12	0.06	N. D.	N. D.	N. D.
燦々公園	K-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	K-2	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	K-3	N. D.	0.08	N. D.	N. D.	N. D.
名屋公園	G-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	G-2	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	G-3	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
会津公園	T-1	N. D.	0.06	N. D.	N. D.	0.33
	T-2	N. D.	N. D.	0.08	N. D.	N. D.
	T-3	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
丹鶴城公園	S-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	S-2	N. D.	N. D.	0.08	N. D.	N. D.
	S-3	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.

N. D. : 0.05ppm未満

月もあった。

5. ベンゼン、トルエン

主たる発生源が、自動車とされているベンゼン、トルエンの測定結果を表5に示した。測定地点を和

表5 ベンゼン、トルエン濃度の測定結果

ベンゼン

単位：ppb

公園名	地点名	12月	1月	2月	平均値
美園公園	WM-1	1.19	0.67	0.93	0.93
	WM-2	2.24	0.88	0.23	1.12
	WM-3	1.66	0.60	0.76	1.01
	平均値	1.70	0.72	0.64	1.02
本町公園	WH-1	1.95	0.34	0.45	0.91
	WH-2	1.27	0.50	0.63	0.80
	WH-3	1.04	1.72	0.22	0.99
	平均値	1.42	0.85	0.43	0.90
長町公園	WN-1	1.15	0.62	0.43	0.74
	WN-2	1.07	0.41	0.36	0.61
	WN-3	2.20	0.81	0.95	1.32
	平均値	1.47	0.61	0.58	0.89

トルエン

単位：ppb

公園名	地点名	12月	1月	2月	平均値
美園公園	WM-1	2.73	1.29	2.33	2.11
	WM-2	2.51	1.64	1.35	1.84
	WM-3	4.21	1.36	2.02	2.53
	平均値	3.15	1.43	1.90	2.16
本町公園	WH-1	4.79	0.86	1.28	2.31
	WH-2	2.35	0.54	1.54	1.48
	WH-3	2.05	5.30	0.00	2.45
	平均値	3.07	2.23	0.94	2.08
長町公園	WN-1	2.71	2.06	1.55	2.11
	WN-2	2.36	1.91	2.34	2.20
	WN-3	2.85	2.62	2.07	2.51
	平均値	2.64	2.20	1.98	2.27

歌山市の3公園とし、12月、1月、2月に測定を行った。図18に物質別に各公園の濃度の比較を示した。ベンゼンは全平均値濃度で美園公園1.02ppb、本町公園0.90ppb、長町公園0.89ppbとなり、各公園ともほぼ同程度の濃度であった。トルエンについても美園公園2.16ppb、本町公園2.08ppb、長町公園2.27ppbの濃度となり、各公園ともあまり大きな差は認められなかった。

図19に各公園の地点別による濃度の比較を示した。ベンゼンの測定結果については美園、本町公園は測定地点による差はあまりみられなかったが、長町

公園のWN-3地点はWN-1、WN-2地点に比べ約2倍の濃度となった。この公園は周囲の道路が有料駐車場となっているが、WN-1とWN-3は同様の環境にあることから、自動車による影響で、濃度に差がでたとは考えにくい。

トルエンは美園、本町公園で公園中央の採取地点の測定結果がやや低い濃度となり、樹木による浄化、距離による拡散が考えられる。長町公園はWN-3の地点がやや高い値となったが、ベンゼンと同様自動車による影響とは考えにくい。

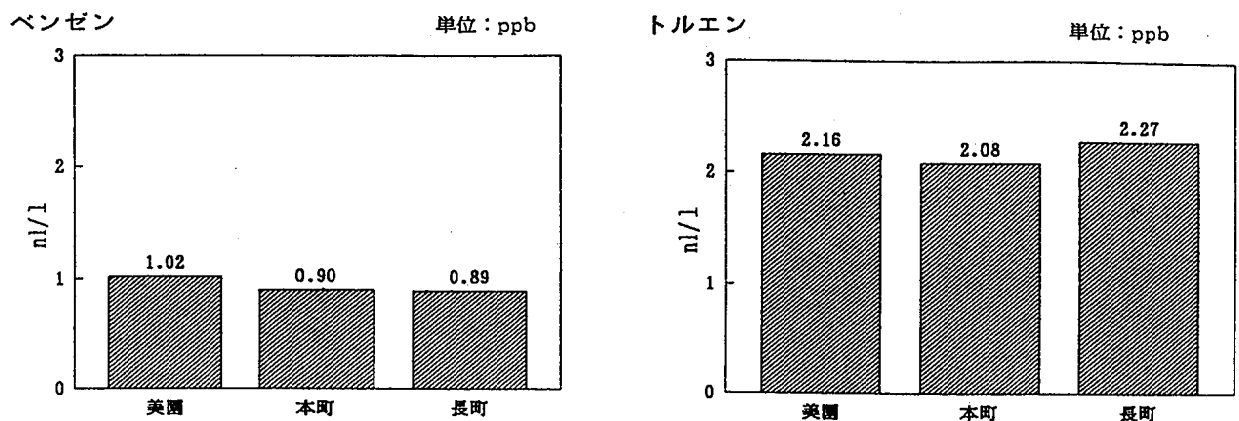


図18 ベンゼン、トルエンの平均値濃度

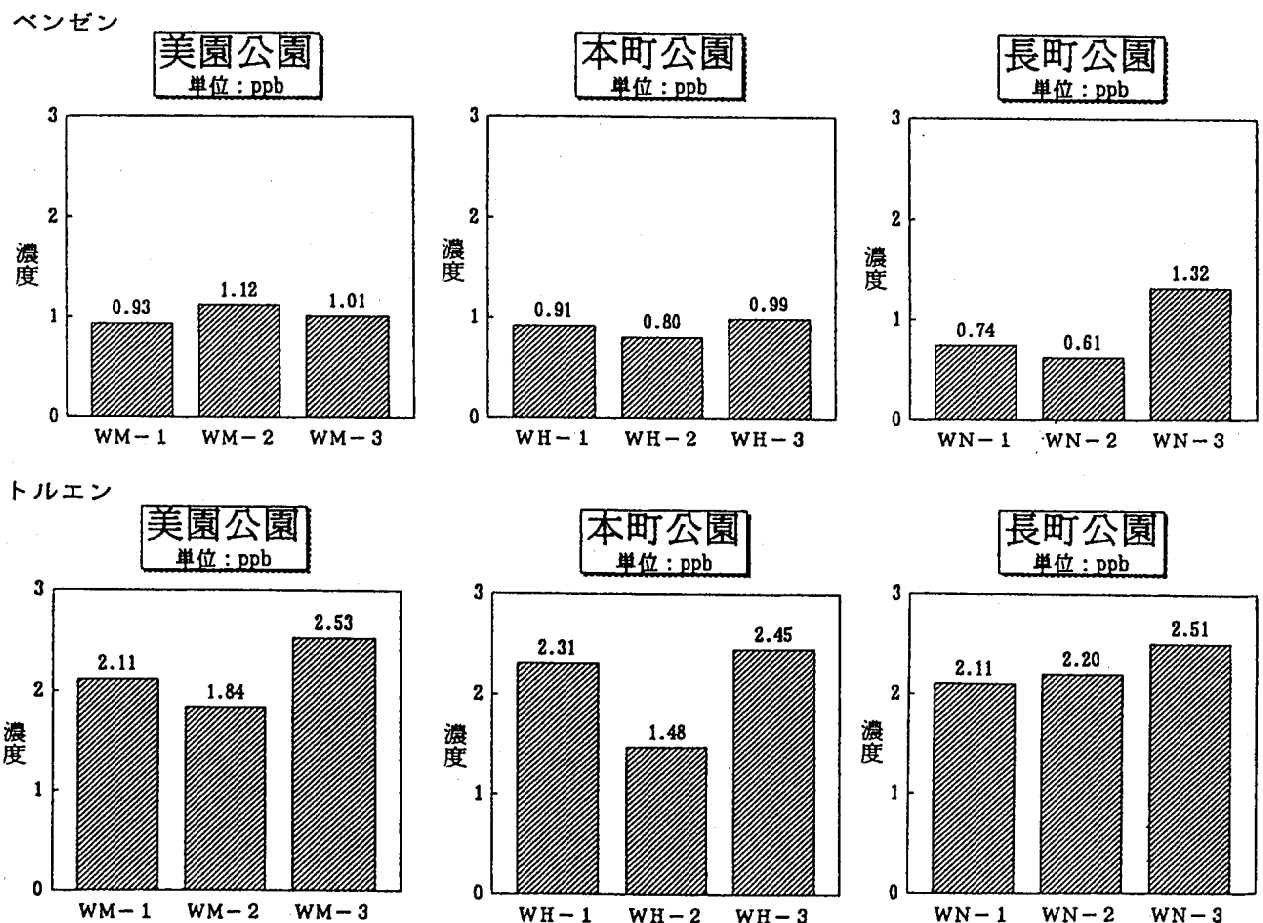


図19 各公園の地点別濃度

6. 騒音

騒音などの快適性項目は利用者の主観的判断が評価基準であるが、今回は中央値を基準にして公園の音環境の調査を行った。表6に騒音レベルの測定結果を示す。どの公園においても自動車騒音が主な騒音源である地点、時間が多かった。

公園の中央付近では、騒音の変動が少なく、入り口など自動車の影響を受けやすい地点では測定時間による影響が大きかった。また、入り口付近とベンチなどのある中央付近との中央値の差は本町公園や丹鶴城公園で比較的大きかった。これは本町公園は面積が大きいため距離減衰によるものであり、丹鶴城公園も面積が大きく、高低差があったためである

と思われる。

参考として8公園を環境基準に照らした結果を表7に示す。全測定時間で環境基準に達成したのは、美園、本町、燦々と丸山公園である。それ以外の公園では、45回の測定中基準を達成しなかったのは、長町公園で8回（入り口付近：5回、中央付近：3回）、名屋公園で3回（入り口付近：2回、中央付近：1回）、会津公園で15回（入り口付近：12回、中央付近：3回）、そして丹鶴城公園では16回（入り口付近：16回）であった。自動車音の影響を受けやすい入り口付近の地点や朝の時間帯で環境基準値を達成していないことが多い。

表8に騒音レベル（中央値）の平均値を示す。

表6 騒音の測定結果

単位：dB(A)

所在地	公園名	測定地点	11月			12月			1月			2月			3月																	
			中央値			主な音源			中央値			主な音源			中央値			主な音源														
			朝	昼	夕	朝	昼	夕	朝	昼	夕	朝	昼	夕	朝	昼	夕	朝	昼	夕	朝	昼	夕									
橋本市	丸山公園	H-1	43	45	39	7	11	6	39	45	39	7	1	5	41	37	38	7	5	7	42	39	42	5	5	5	40	37	42	5.7	5.7	5.7
		H-2	44	48	43	7	7	6	45	42	45	9	7	7	44	44	40	9	7	7	45	45	44	5	7	5	45	44	45	5.7	5.7	5.7
		H-3	43	41	44	7	7	6	42	38	39	7	7	7	42	41	40	7	7	7	43	43	43	5	7	5	39	38	43	5.7	5.7	5.7
和歌山市	美園公園	WM-1	47	52	64	1	6	6	48	46	52	7	1.7	1.7	48	53	52	1	1	1	49	46	50	1	5	1	43	49	61	1.7	1.7	1.7
		WM-2	49	60	62	1	8	8	53	45	49	7	1.7	1.7	51	48	58	1	1	8	51	47	49	7	5	5	47	50	55	1.7	1.5	1.5
		WM-3	47	53	55	1	6	6	50	48	51	7	1.7	1.7	48	47	53	1	1	8	48	49	50	1	5	5	48	46	50	1.7	1.5	1.5
	本町公園	WH-1	53	56	60	1	1	1	51	57	58	1	1	1	53	57	58	1	1	1	58	58	59	1	1	1	56	57	59	1.5	1.5	1.5
		WH-2	51	50	52	1	6	1	48	47	49	1	7	7	50	53	54	1	3	3	53	51	51	1	5	1	50	48	51	1	1	1
		WH-3	48	48	50	1	1	1	48	50	49	1	1.7	1.7	46	49	54	1	1	1	49	51	50	1	1	1	49	49	51	1.5	1.5	1
	長町公園	WN-1	47	55	54	1	1	1	52	53	55	1	1	1	50	48	53	1.7	1.5	1.7	64	54	54	1	1	1	52	51	53	1	1	1
		WN-2	48	47	49	1	5	5	51	48	50	6	6	6	51	46	50	1.7	1.5	1.7	50	48	48	1.5	1.5	1.5	51	50	48	1	5	1.7
		WN-3	48	46	52	1	1	1	51	52	48	6	6	1	49	47	49	1.7	1.5	1.7	49	48	47	1.5	1.5	1.5	50	45	57	1.5	5	1
海南市	燦々公園	K-2	55	54	60	1.6	1	1	52	56	57	1.3	1.6	6	55	53	60	1	1	8	51	49	53	1.5	1.5	1.5	51	53	55	1	1.5	1
		K-3	53	54	59	1.6	1	1	52	57	57	1.3	1.6	6	51	52	63	1	1	3	52	49	59	1.5	1.5	7	49	50	50	1	5	1.5
		K-4	52	53	60	1	1	1	50	55	57	1.3	1.6	6	52	51	56	1	1	1	49	51	53	1	1	1	52	53	56	1	1	1
御坊市	名屋公園	G-1	59	60	55	7	7	7	55	53	54	1.7	7	1.7	43	44	43	7	7	7	49	52	53	1	1	1	53	54	49	1	3	1
		G-2	54	57	56	7	7	7	52	51	54	1	7	7	43	41	42	7	7	7	51	49	53	1	1	5	56	46	48	3	1	3.10
		G-4	51	55	56	7	7	3.7	52	52	56	1	1.7	1	44	42	43	7	7	7	50	52	51	1	1	5	60	49	48	1.3	1	5
田辺市	会津公園	T-4	63	53	59	1	1	1	44	59	57	1	1	1	58	55	58	1	1	1	52	63	58	1.7	1.7	1.7	52	53	56	1	1	1
		T-2	52	51	59	1	1	8	44	51	50	1	1	1	50	54	53	1	1	1	49	58	53	1.7	1.7	1.7	50	54	55	1	1	8
		T-3	50	51	52	1	8	1	45	51	51	1	1	1	46	52	52	6	6	6	50	55	51	1.7	1.7	1.7	51	55	51	1	1	1
新宮市	丹鶴城公園	S-1	44	55	58	1	1	1	51	55	54	1	1	1	40	53	54	1	1	1	43	44	57	1	1	1	38	58	53	-	-	-
		S-2	45	47	45	7	7	7	44	50	46	7	7	7	44	48	48	7	7	7	43	43	43	7	7	7	39	45	47	-	-	-
		S-3	43	48	50	7	7	7	44	48	50	7	7	7	45	49	48	7	7	7	44	44	48	7	7	7	44	44	49	-	-	-

音源の種類：1-自動車騒音、2-自動車騒音以外の交通騒音、3-工場・事業所音、4-家庭音、5-一般音、6-不特定音、7-自然音、8-子供の声、9-鉄道音、10-ゲートボール、11-草刈り機の音

表7 環境基準適否状況

所在地	公園名 (排出基準)	測定地点	測定月																
			11月			12月			1月			2月			3月				
			朝	昼	夕	朝	昼	夕	朝	昼	夕	朝	昼	夕	朝	昼	夕		
橋本市	丸山公園 (朝45dB 昼50dB)	H-1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		H-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		H-3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
和歌山市	美園公園 (朝60dB 昼65dB)	WM-1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		WM-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		WM-3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	本町公園 (朝65dB 昼65dB)	WH-1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		WH-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		WH-3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
長町公園 (朝50dB 昼55dB)	WN-1	○	○	○	×	○	○	○	○	○	×	○	○	×	○	○	○		
	WN-2	○	○	○	×	○	○	×	○	○	○	○	○	×	○	○	○		
	WN-3	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×		
海南市	燦々公園 (朝60dB 昼65dB)	K-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		K-3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		K-4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
御坊市	名屋公園 (朝55dB 昼60dB)	G-1	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		G-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	
		G-4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	
田辺市	会津公園 (朝50dB 昼55dB)	T-4	×	○	×	○	×	×	×	○	×	×	×	×	×	○	×	×	
		T-2	×	○	×	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	
		T-3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	
新宮市	丹鶴城公園 (朝45dB 昼50dB)	S-1	○	×	×	×	×	×	○	×	×	○	○	×	○	×	×	×	
		S-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		S-3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

環境基準達成状況 適：○ 否：×

表8 騒音の中央値

単位：dB(A)

所在地	公園名	測定地点	平均中央値		
			朝	昼	夕
			橋本市	丸山公園	H-1
		H-2	45	45	43
		H-3	42	40	42
和歌山市	美園公園	WM-1	47	49	56
		WM-2	50	50	55
		WM-3	48	49	52
	本町公園	WH-1	54	57	59
		WH-2	50	50	51
		WH-3	48	49	51
長町公園	WN-1	53	52	54	
	WN-2	50	48	49	
	WN-3	49	48	51	
海南市	燦々公園	K-2	53	53	57
		K-3	51	52	58
		K-4	51	53	56
御坊市	名屋公園	G-1	52	53	51
		G-2	51	49	51
		G-4	51	50	51
田辺市	会津公園	T-4	54	57	58
		T-2	49	54	54
		T-3	48	53	51
新宮市	丹鶴城公園	S-1	43	53	55
		S-2	43	47	46
		S-3	44	47	49
全公園平均値			50	51	53
和歌山市内公園平均値			50	50	53
和歌山市外公園平均値			49	52	53

7) 住民意識調査

住民意識調査は下記の設問によるアンケートにより実施し、回答者数は800であった。

調査結果の解析は、全体的に見た場合と年代別に見た場合に分けて項目別に行った。

設問1 この調査表を記入された方の性別についてお答えください。

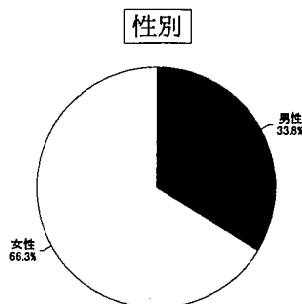


図20-1 男女別構成

回答者の男女別構成を

図20-1に示した。

この結果全体的に見ると女性が66.3% (530名)、男性が33.8% (270名)であり、女性が約7割占めた。これを年代別について図20-2に示した。女性については10代~30代の比率が高く、男性については40代以上の比率が高かった。

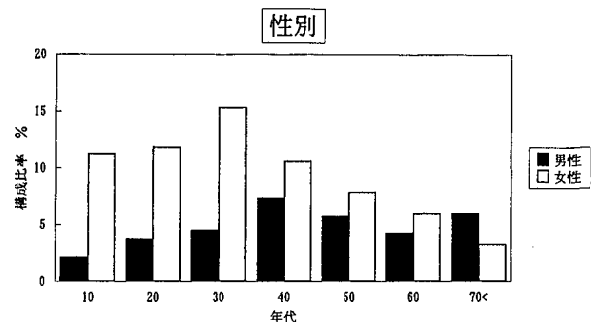


図20-2 年齢別による男女構成

設問2 どのようなお仕事をされていますか。

今回のアンケート調査回答者の職業構成を図21-1に示した。全体的に見ると公務員16.9% (135名), 家事16.8% (134名), 会社員16.6% (133名), 学生15.8% (126名), 無職12.4% (99名), 自由業8.9% (71名), 会社役員1.0% (8名), その他11.1% (89名), 無記入0.6% (5名)の順であった。

回答者の職業を年代別に分け、図21-2に示した。10代は学生(94.4%), 20代は会社員(32.0%), 30代は家事(32.1%), 40代は公務員(38.9%), 50代は家事(22.9%), 60代は無職(26.8%), 70歳以上は無職(75.7%)の順であった。

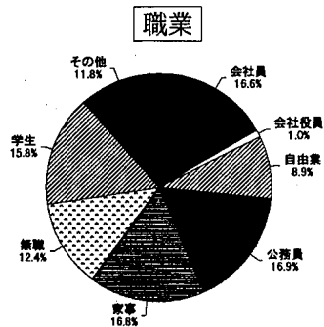


図21-1 職業構成

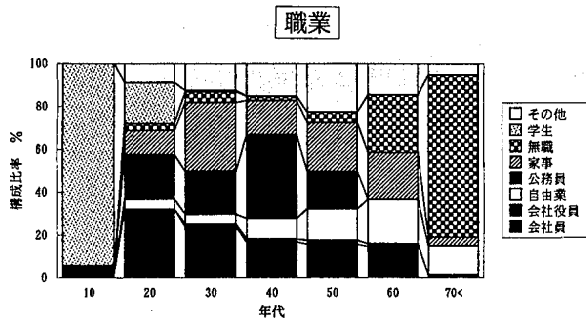


図21-2 年齢別による職業構成

設問3 あなたの年代をお答えください。

回答者の年代構成を図22に示した。40代21.9% (175名)が最も多く、次いで70代17.8% (142名), 50代17.0% (136名)の順であった。

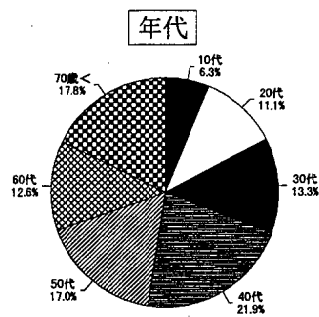


図22 年齢別構成

設問4 家族は何人で構成されていますか。大人、子供に分けてご記入下さい。

家族構成を図23-1に示した。所帯数では4人所帯が28.9%, 2人所帯19.4%, 3人所帯16.9%の順であった。図23-2の内訳では大人(20歳以上)2人が約50%と最も多かった。子供は0人が44.7% (359名), 1人が16.7%, 2人が27.2% (217名), 3人が9.9%であった。

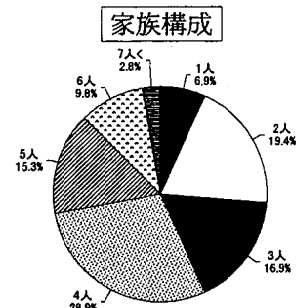


図23-1 家族構成

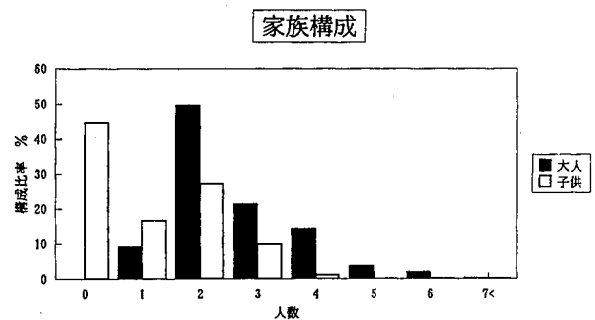


図23-2 家族構成内訳

設問5 公園を利用したことがありますか。

公園の利用頻度を図24-1に示した。「たまに利用する」が40.4%, 「よく利用する」が16.9%で回答者の約60%が公園を利用していた。年代別の公園利用頻度の割合について図24-2に示した。「よく利用する」の項目では70歳以上(39.2%), 30代(23.9%), 60代(19.5%)の順であった。また, 「たまに利用する」の項目では30代(49.7%), 40代(45.8%), 50代(38.5%)の順であり, 「利用しない」

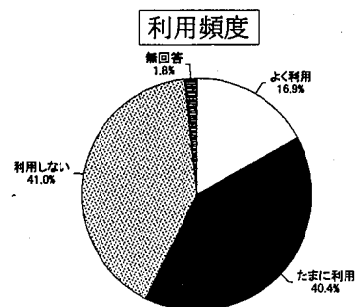


図24-1 公園利用頻度

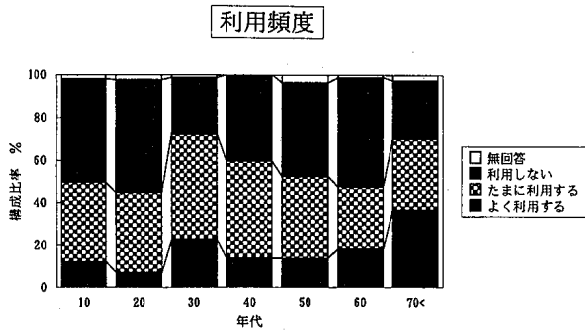


図24-2 年齢別による公園利用頻度

い」の項目では20代(52.8%), 60代(51.2%), 10代(48.6%)の順であった。

設問6 どのような目的で公園を利用することが多いですか。

公園の利用目的について図25-1に示した。特に子供との遊び, 散歩, 気分転換などに利用する人が多かった。

公園の利用目的を年代別に図25-2に示した。利用目的が「散歩」とする割合が最も高い年代は70歳以上で55.8%であり, 「子供との遊び」については30代で80.9%であった。また, 公園利用の目的としては全体的に安らぎや健康増進の場として利用されていた。

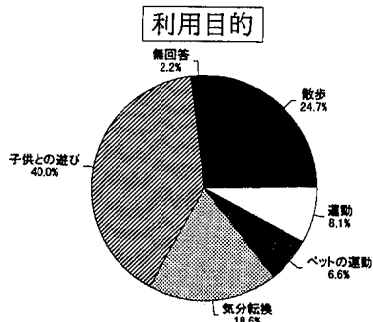


図25-1 公園利用目的

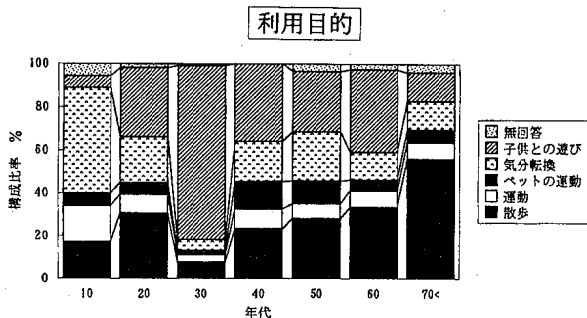


図25-2 年齢別による公園利用目的

設問7 公園を利用されるのは, どのような時が多いですか。

公園の利用状況について図26-1に示した。

「家族と一緒に」47.4% (217名), 「友達と一緒に」23.6% (102名)となり, 約8割の人達が何らかの相手と一緒に公園を利用しており, 一人での利用は約2割と少なかった。これを年代別について図26-2に示した。この結果, 「一人の時の利用」では70歳以上(53.8%), 60代(43.6%), 50代(22.8%)が多かった。「家族と一緒に」の項目では30代(84.3%), 40代(52.3%), 60代(46.2%)がよく公園を利用し, 「友達と一緒に」の項目では10代(83.0%), 20代(46.4%), 70歳以上(21.2%)の利用が多かった。

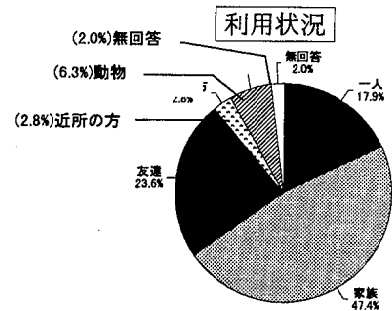


図26-1 公園の利用状況について

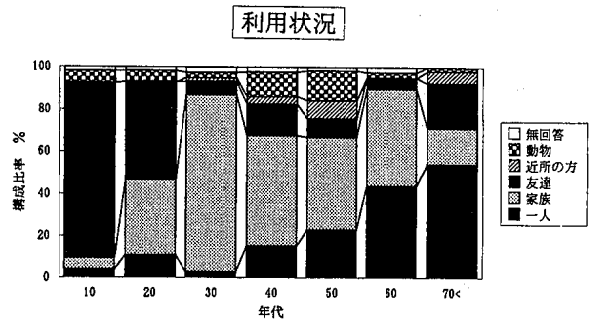


図26-2 年齢別による公園利用状況について

設問8 公園を利用されるのは, いつごろの時期が多いですか。

利用時期について図27-1に示した。全体的には不定52.0% (238名)が一番多く, 春26.9% (123名), 秋9.4% (43名), 夏7.9% (36名), 冬2.6% (12名)の順であった。この結果, 季節にこだわらず公園を

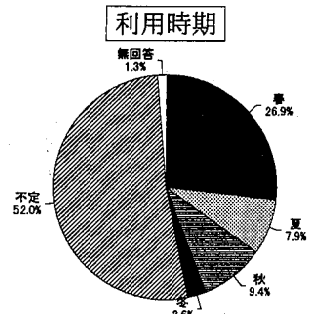


図27-1 公園の利用時期について

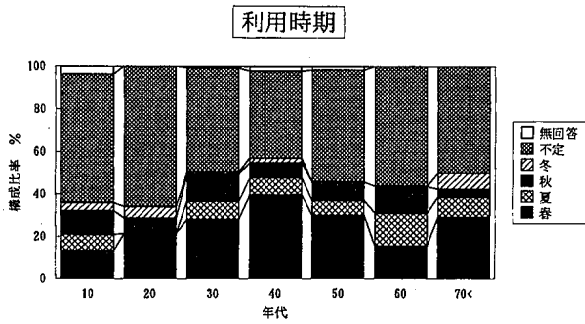


図27-2 年齢別による公園利用時期について

利用している人が一番多く、ついで春、秋の順であった。

年代別の利用時期について図27-2に示した。不定では20代(66.1%)が最も多く、次いで10代(60.4%), 60代(56.4%)の順であった。四季別の利用時期については春が最も多く40代(39.5%), 50代(29.8%), 70代(28.8%)の順であった。

このように春に公園利用者が多いのは比較的天候が安定していることや子供の春休み、花見等の社会的行事等が一因と思われる。冬期は気温の関係等から積極的に戸外へ出る人が少なかったものと思われる。

設問9 公園を利用される時間帯は、何時頃が多いですか。

公園の利用時間帯について図28-1に示した。全体的には昼(12時~16時)37.8%(173名), 不定34.5%(158名), 朝(5時~11時)21.0%(96名),

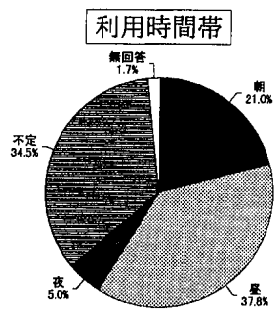


図28-1 公園利用時間帯

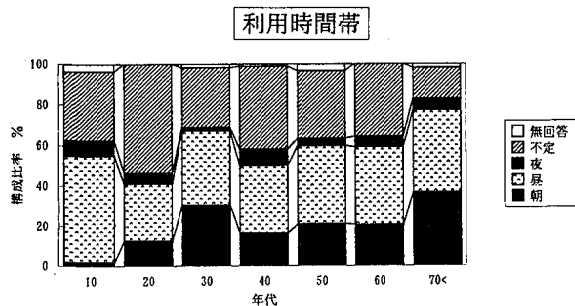


図28-2 年齢別による利用時間帯

夜(17時~21時)5.0%(23名)であった。

年代別の利用時間帯について図28-2に示した。概ね全年代とも昼の時間帯に公園を利用する事が多く、10代(52.8%), 70歳以上(40.4%), 50代(38.6%)の順であった。不定と答えた人の割合は、70歳以上が特に少なく、その他はほぼ同程度であった。高齢者においては生活の一部に公園利用が取り入れられていることが伺われた。

設問10 公園の自然環境についてどのように感じていますか。

公園の自然環境について図29-1に示した。「木や草花に恵まれている」45.4%(211名), 「程よく恵まれている」33.4%(157名), 「あまり恵まれていない」13.5%(67名), その他4.6%(22名)の順であった。この結果、回答者の約8割の人が公園の自然環境に「恵まれている」、「程よく恵まれている」と回答している。

年代別について図29-2に示した。公園が「木や草花に恵まれている」と答えた人を年代別で見ると、70歳以上(57.7%), 60代(56.4%), 20代(48.2%)の人であった。また、「あまり恵まれていない」と答えた人は、60代(17.9%), 50代(17.5%), 40代(15.1%)の順であり、中高年層の人に多かった。

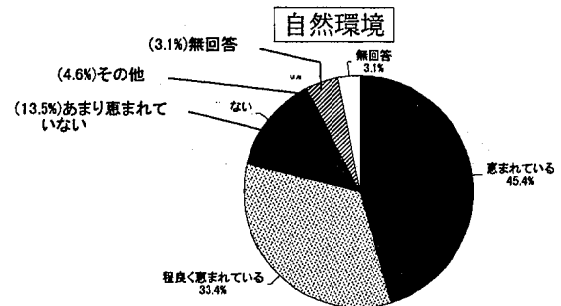


図29-1 公園の自然環境

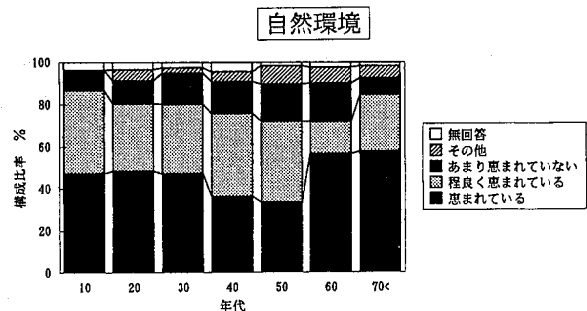


図29-2 年齢別による自然環境

設問11 公園の周辺環境についてどのように感じていますか。

公園の周辺環境について図30-1に示した。「と

でも良い」54・4% (249名), 「好ましくない」27.1% (124名), その他12.9% (59名)であった。この結果, 公園の周辺環境については約5割の人が良いと回答している一方, 約3割の人が好ましくないと回答していたことから, 住民の周辺環境への関心が高いことが分かった。

年代別について図30-2に示した。「とても良い」と回答した人は70歳以上(75.0%), 60代(71.8%), 10代(64.2%)と高年層, 若年層に多かった。また「好ましくない」と回答した人は40代(32.6%), 50代(31.6%), 30代(31.3%)の順で, 中年層に多い事が分かった。

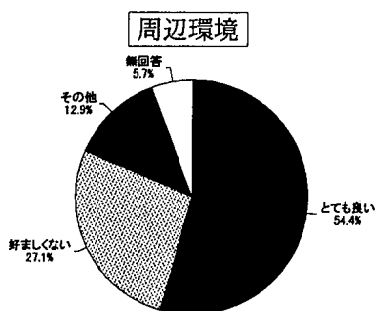


図30-1 公園の周辺環境

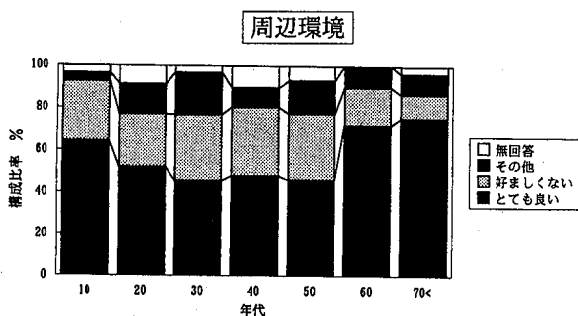


図30-2 年齢別による公園周辺環境

設問12 公園を利用されない理由についてお答えください。

公園を利用しない理由について図31-1に示した。「公園に行く時間がない」39.6%が一番多く, 「公園までの距離が遠い」25.0%, その他23.5%の順であった。

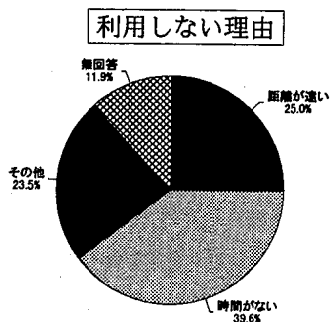


図31-1 公園を利用しない理由について

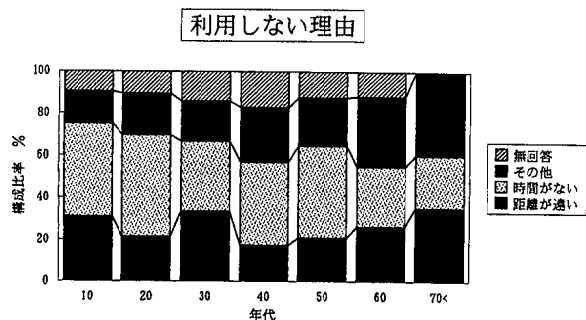


図31-2 年齢別による公園を利用しない理由について

た。このことから, 公園の適正配置, 魅力づくり, 啓発による住民の意識改革等が必要であると思われる。

年代別について図31-2に示した。「公園に行く時間がない」と答えた人は20代(48.5%), 10代(44.2%), 50代(43.8%)の順であった。また「距離が遠い」と答えた人は70歳以上(35.0%), 30代(33.3%), 10代(30.8%)の順であった。

設問13 公園に関するご意見があれば, 下記の欄にお書き下さい。

公園に関する意見, 要望として図32に示した。

公園の配置, 施設整備, 衛生管理に関する意見, 要望が多かった。

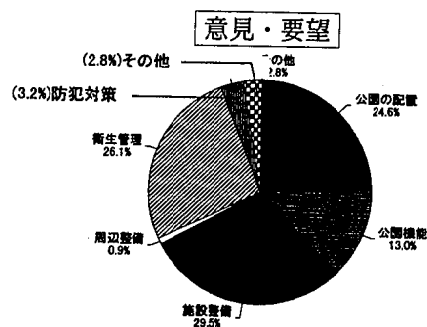


図32 公園に対する意見・要望

公園に関する主な意見や要望は, 次のとおりであった。

1. 公園の配置等に関する事項
 - 1) 公園の適正配置 67
 - 2) 公園の増設 29
 - 3) 公共施設との併設 19
2. 公園機能に関する事項
 - 1) 安らぎや憩いの場としてのアメニティ空間の創造 19
 - 2) 散歩や運動が出来る健康増進機能の確保 10
 - 3) 誰もが安心利用できる施設機能の確保 32

3. 施設整備に関する事項	
1) 草木等の自然環境スペースの充実整備	27
2) 噴水や池等の水辺環境の充実整備	6
3) 安全な子供用遊具等の充実整備	52
4) 休息場所、便所等の不可欠設備の充実整備	34
5) 駐車場や駐輪場の充実整備	11
6) 公園周辺の歩道設置	8
4. 周辺整備に関する事項	
1) 車道、工場等の隣接による騒音、大気汚染の防止	4
5. 衛生管理に関する事項	
1) 園内の清掃の充実（ゴミの収集、便所の清掃等）	70
2) 水道施設の機能確保	6
3) 動物の糞便処理	46
6. 防犯対策に関する事項	
1) 公園内外の外灯施設の設置	6
2) 公衆電話の設置	2
3) 非常連絡設備の設置	3
4) 便所の施錠確保	4
7. その他の事項	
1) 利用者のモラル	13
	計 468件

ま と め

今回の調査は、地域住民の安らぎや健康増進に寄与している市街地公園の現状を把握するとともに、住民意識調査等を通じ、地域保健における公園機能の確保対応を図るために必要な環境調査を実施したものである。

調査した8公園におけるベンゼン、トルエン、二酸化窒素、二酸化硫黄は、全測定値とも環境基準を下回っており、悪臭物質（硫化水素、メチルメルカプタン、アンモニア、硫化メチル、二硫化メチル）についても、悪臭防止法の基準値を下回っていた。

騒音測定結果については長町、名屋、会津公園において公園入り口付近及び公園中央付近で環境基準値が達成されなかった。これらの公園は道路が隣接していることや、入り口から中央測定地点までの距離が比較的短いことから、環境基準値が達成できなかったものと考えられる。

また、樹木による大気汚染物質の浄化能力や、騒音の遮蔽効果については、公園面積が広く、樹木の数が多ければ多いほどより効果的であり、距離減衰、緩衝効果が強くなることが認められた。

樹木がもたらす他の効果としては、温・湿度の調整、色彩・フィトンチッドによる心理的やすらぎの効果等もあることから、今後の公園づくりは、地域の健康増進施設としての機能と、住民が自然に親しむことができる機能とをあわせ持つことが求められ、公園面積を広くするとともに、騒音や大気汚染物質の発生源である道路等から離れた場所に設置することが必要と考えられる。

また、水辺の景観や、小川のせせらぎの音が心身のリフレッシュに効果的であるといわれており、水辺空間の活用も積極的に取り入れることが必要である。

今回、調査した市街地公園8施設について、住民の安らぎや健康増進機能、周辺環境等をそれぞれ比較すると、都市型施設（和歌山市内に既存する施設）と地方型施設（その他の施設）とに分けることができ、その比較したものを表9に示した。

表9 都市型施設と地方施設の比較（全平均値）

項目	都市型施設			地方型施設				
	美園	本町	長町	丸山	燦々	名屋	会津	丹鶴城
二酸化硫黄 換算値 (ppb)	8.1	10.5	9.2	5.2	6.7	6.2	5.6	5.1
二酸化窒素 換算値 (ppb)	24.8	25.2	25.9	16.6	19.5	18.2	17.7	12.8
硫化水素 (ppm)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002以下	0.0002以下	0.0002以下	0.0002以下	0.0002以下
アンモニア (ppm)	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満
ベンゼン (ppb)	1.02	0.90	0.89	—	—	—	—	—
トルエン (ppb)	2.16	2.08	2.27	—	—	—	—	—
騒音（中央値の平均）朝 (dB)	48	51	51	43	52	51	50	43
騒音（中央値の平均）昼 (dB)	52	53	50	42	55	51	55	50

表10 市街地公園環境の期待数値一覧

項 目		都市型施設（全測定平均値）		地方型施設（全測定平均値）		規制等の参考値
二酸化硫黄 換算値 (ppb)		20以下	(9)	10以下	(6)	40以下
二酸化窒素 換算値 (ppb)		30以下	(25)	20以下	(17)	40～60以下
硫化水素 (ppb)		10～30以下	(2)	5～15以下	(2以下)	20～60以下
アンモニア (ppm)		0.50～1.0以下	(0.05未満)	0.25～0.5以下	(0.05未満)	1～2 以下
ベンゼン (ppb)		250以下	(0.9)	125以下	(未測定)	500以下
トルエン (ppb)		350以下	(2.2)	175以下	(未測定)	700以下

項 目		都市型施設（全測定平均値）		地方型施設（全測定平均値）		規制等の参考値
騒音 (中央値の平均)	朝 (dB)	57以下	(50)	57以下	(48)	50～65以下
	昼 (dB)	60以下	(52)	60以下	(51)	55～65以下

これらの調査結果や住民意識調査を踏まえると、地域住民の健康増進施設としての市街地公園の機能付けが求められており、現状調査や実測値等に特に問題が無かったことから、公園環境の現状確保の観点に立ち、規制基準値等と実測値等とを比較すると、硫酸化物や窒素酸化物の実測値が、規制値の約1/2の数値を若干下回っていることや、その他の項目は規制値濃度と実測値とにかなりの開きがあることから、現況下における本県の期待数値一覧として表10に記載した。

また、騒音については、市街地公園という地理的特性から、類型当てはめは現状調査や測定結果等を踏まえ、道路に面する地域のうち、ほとんどの公園がA類型とB類型との中間に位置する周辺環境であったことから、中間類型とし、それぞれの環境基準値の平均値を現況下における本県の期待数値として記載した。

公園が地域住民の安らぎや健康増進に寄与するためには、施設規模や周辺環境の整備が必要である。そのため、既存の施設にあっては、植樹や花壇の整備、安全な遊具施設の充実等の改善、新設公園にあっては、公園機能確保に必要な面積の検討、設置予定場所周辺の環境調査の実施、適正配置の検討、駐車場等の確保、交通方策の検討などが必要不可欠な要因である。

今後は、公園が地域住民の憩いの場や健康増進施設として活用されるよう、長期的な実態調査を実施し、関係者や関係機関に情報を提供していきたい。

文 献

- 1) 坂本明弘, 他: 長期暴露サンプラーによる二酸化窒素, 二酸化いおうの測定について, 和衛公研年報, 40, 86-93, 1994
- 2) 吉岡 守, 他: 大気汚染全県調査, 和衛公研年報, 41, 69-81, 1995
- 3) 大政謙次: 画像診断による植物の汚染ガス吸収機能に関する研究, 農業気象, 48, 181-186, 1992
- 4) 大政謙次: 汚染された大気と植物とのあいだのガス交換, 環境情報科学, 9-2, 77-80, 1980
- 5) 大政謙次: 植物群落の汚染ガス収着機能, 国立公害研究所研究報告, 10, 367-385, 1979
- 6) 高原康光: 森林と健康, 岐阜県保健環境研究所ニュースレター, 4, 1995
- 7) ペン・ホイタッカー/ケネスブラウン. 人間のための公園; 都市問題研究会編. 鹿島出版会, 1976
- 8) 青木宏一朗. 公園の利用; 地球社, 1974
- 9) 鈴木敏, 澤田晴委智朗. 公園のはなし; 技報堂, 1993

自動車騒音・振動の一考察

二階 健・吉岡 守・秦 壽孝

A Study on Traffic Noise and Vibration

Takeshi Nikai, Mamoru Yoshioka and Toshitaka Hata

キーワード：騒音，振動，交通量，自動車

Key words : Noise, Vibration, Traffic Volume, Automobile

はじめに

自動車騒音や振動は道路周辺の生活環境に影響を及ぼすことが考えられるため，毎年，県内の地点を計画的に選定し，実態調査を行っている。平成8年度は新宮市内の国道42号の沿線において，調査を実施した。

その結果から，自動車騒音と車種別の交通量において，一知見を得たので報告する。

調査方法

1. 調査期間

調査は平成8年8月3日～8年8月7日にかけて実施した。

2. 調査地点

調査地点は新宮市橋本二丁目11とし，その地点を図1. に示した。

3. 測定方法

騒音・振動の測定は，1日を24時間に区分し，毎正時から5分間測定した。交通量は1日を24時間に区分し，毎正時から10分間測定した。

4. 測定項目及び方法

- 1) 騒音 普通騒音計とレベル処理器
- 2) 振動 振動計とレベル処理器
- 3) 交通量 ビデオ収録

5. 評価方法

- 1) 騒音 中央値
- 2) 振動 80%レンジ上端値(L10)
- 3) 交通量 車種別(大型, 普通, 二輪)総台数

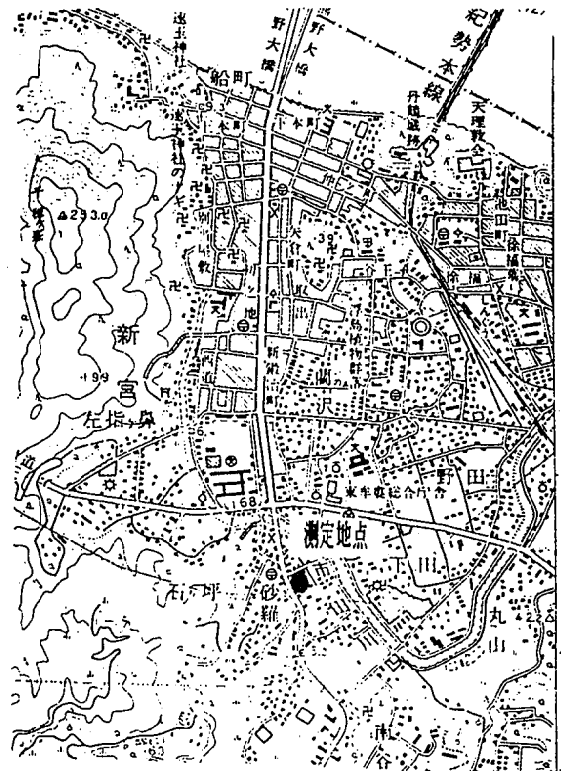


図1. 測定地点

結果及び考察

1. 結果

騒音の測定結果を表1. に，振動の測定結果を表2. に，交通量の測定結果を表3. に示した。

2. 自動車騒音・振動に係る要請限度値との比較

騒音規制法第17条第1項に規定されている指定地域内における自動車騒音・振動に係る要請限度値を表4. と表5. に示した。

測定期間中の騒音・振動は自動車騒音・振動に係

表3. 交通量測定結果

日(曜)	時刻 車種	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	合計	平均
3日 (土)	大型車	0	0	2	0	3	4	5	9	14	16	15	14	16	12	14	13	12	13	4	2	4	2	0	0	174	7
	普通車	50	28	25	14	25	22	52	146	224	238	220	228	232	221	223	225	217	220	227	190	166	158	114	78	3,543	148
	二輪車	1	1	2	0	0	1	1	4	7	6	5	7	8	8	7	7	7	8	4	6	2	2	1	0	95	4
	計	51	29	29	14	28	27	58	159	245	260	240	249	256	241	244	245	236	241	235	198	172	162	115	78	3,812	159
4日 (日)	大型車	0	0	1	0	3	2	3	0	2	1	0	2	3	2	6	2	2	3	0	0	0	2	0	0	34	1
	普通車	49	38	16	28	22	31	38	71	101	180	213	218	228	210	280	258	260	256	234	206	158	124	92	78	3,369	141
	二輪車	0	0	0	0	0	1	1	1	5	2	4	1	3	1	4	1	5	5	4	0	0	5	1	2	46	2
	計	49	38	17	28	25	35	42	72	108	183	217	221	234	213	290	261	267	264	238	206	158	131	93	80	3,469	144
5日 (月)	大型車	0	0	1	0	2	5	12	12	15	18	24	10	8	20	13	12	12	10	10	4	3	1	0	0	192	8
	普通車	48	14	16	6	14	22	48	138	305	257	278	268	238	214	221	231	235	240	281	199	172	148	105	69	3,767	157
	二輪車	0	0	0	0	0	1	0	6	3	4	5	4	8	6	6	7	7	8	4	2	1	2	0	0	84	4
	計	48	14	17	6	16	28	60	156	323	279	307	282	254	240	240	250	254	258	295	205	176	151	105	69	4,043	169
6日 (火)	大型車	0	0	0	0	0	2	8	10	14	17	21	13	12	15	12	10	11	13	6	2	2	1	0	0	169	7
	普通車	45	32	18	18	21	28	38	142	315	249	256	246	235	218	235	227	229	245	254	188	160	142	111	65	3,717	155
	二輪車	0	0	0	0	0	1	1	5	5	4	4	5	5	3	5	6	5	7	3	2	1	1	0	0	63	3
	計	45	32	18	18	21	31	47	157	334	270	281	264	252	236	252	243	245	265	263	192	163	144	111	65	3,949	165
7日 (水)	大型車	0	0	2	0	1	4	6	9	19	18	19	15	10	17	14	11	15	12	8	5	3	0	0	0	188	8
	普通車	34	26	14	10	11	25	29	122	332	267	249	251	242	230	206	231	261	292	274	226	148	153	120	58	3,816	159
	二輪車	1	1	0	0	0	2	3	2	6	5	5	5	4	6	4	5	4	4	4	1	0	1	0	1	64	3
	計	35	27	16	10	12	31	38	133	357	290	273	271	256	253	224	247	280	308	286	232	151	159	120	59	4,068	170
平均	大型車	0	0	1	0	2	3	7	8	13	14	16	11	10	13	12	10	10	10	6	3	2	1	0	0	151	6
	普通車	45	28	18	15	19	26	41	124	255	238	243	242	235	219	233	234	240	251	254	202	161	146	108	70	3,646	152
	二輪車	0	0	0	0	0	1	1	4	5	4	5	4	6	5	5	5	6	6	4	2	1	2	0	1	70	3
	計	45	28	19	15	21	30	49	136	273	256	264	257	251	237	250	249	255	267	264	207	164	149	108	71	3,867	161

単位：台

表4. 自動車騒音に係る要請限度値

朝	7 5
昼間	8 0
夕	7 5
夜間	6 5

単位：dB (A)

る要請限度値内であった。

3. 時刻別騒音レベル

時刻別騒音レベルの推移を図2. に示した。

この結果から、全般的に0:00から7:00と20:00から23:00の騒音レベルに比べ8:00から19:00の騒音レベルが高くなっている。また、特徴的なこととして4日(日曜日)の8:00から19:00の騒音レベルが他の日(曜日)に比べ明らかに低くなっていることが分かった。

4. 時刻別振動レベル

時刻別振動レベルの推移を図3. に示した。

表5. 道路交通振動に係る要請限度値

昼間	7 0
夜間	6 5

単位：dB (A)

この結果から、時刻別騒音レベルに比べ時間変動が少なく、5日の3:00を除いて変動幅は極く小さいものであった。

5. 時刻別総交通量

時刻別総交通量の推移を図4. に示した。

この結果から、騒音レベルと同様に0:00から7:00と20:00から23:00の交通量に比べ8:00から19:00の交通量が多くなっている。

6. 騒音レベルと総交通量の関係

日(曜日)別騒音レベルと総交通量の関係を図5. から図9. に示した。

この結果から騒音レベルと総交通量の間には明らかに総交通量が多くなれば、騒音レベルが高くなる

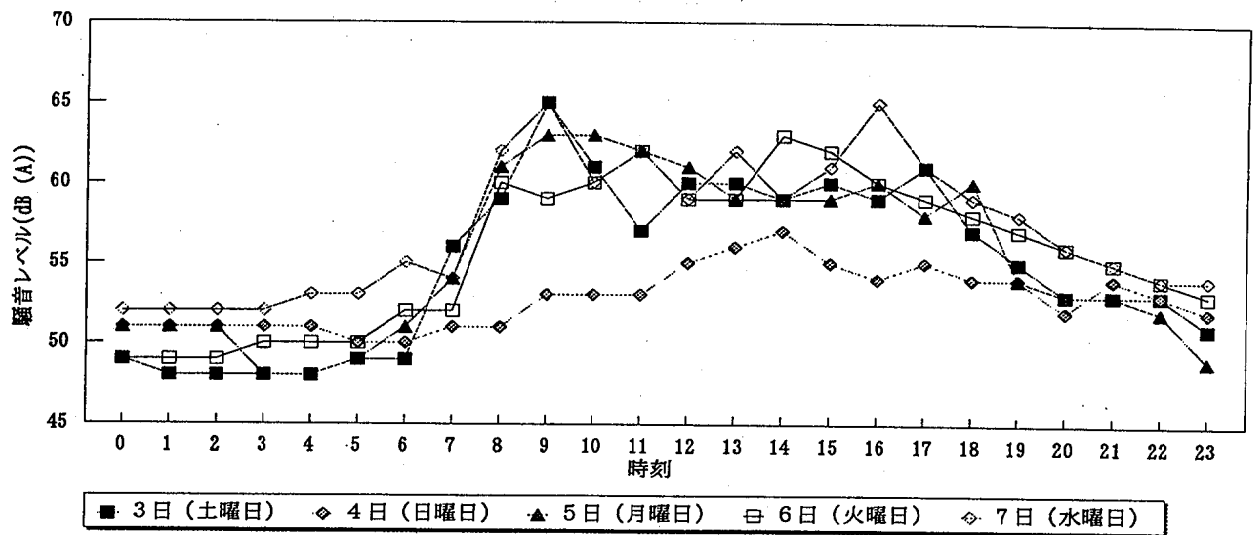


図2. 時刻別騒音レベル

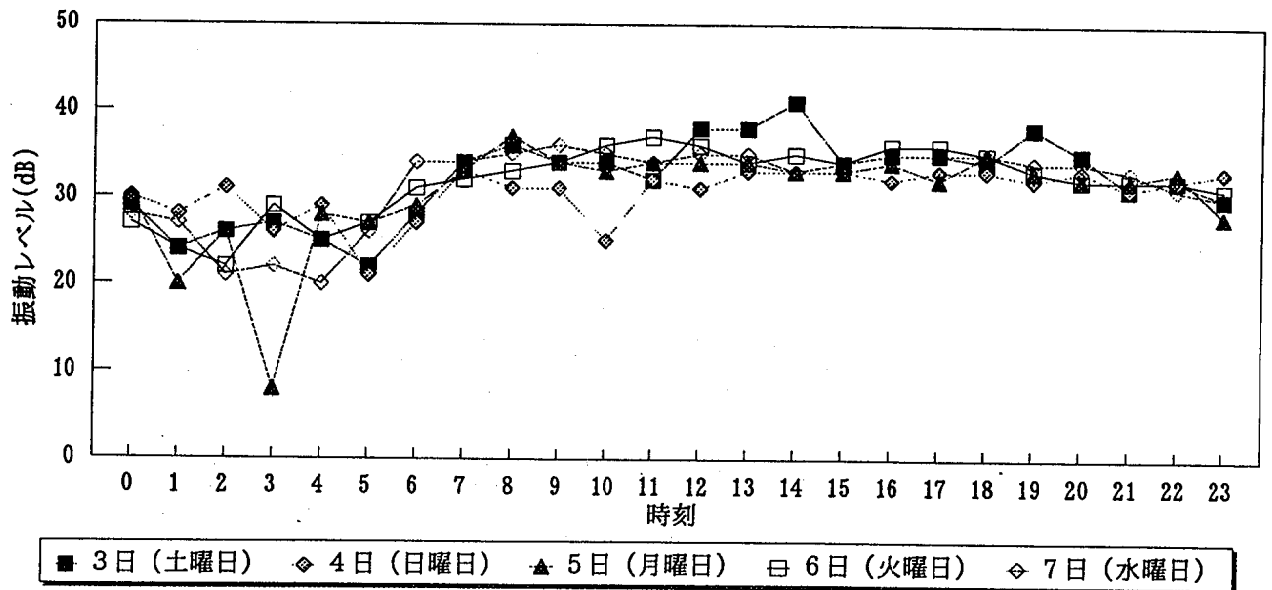


図3. 時刻別振動レベル

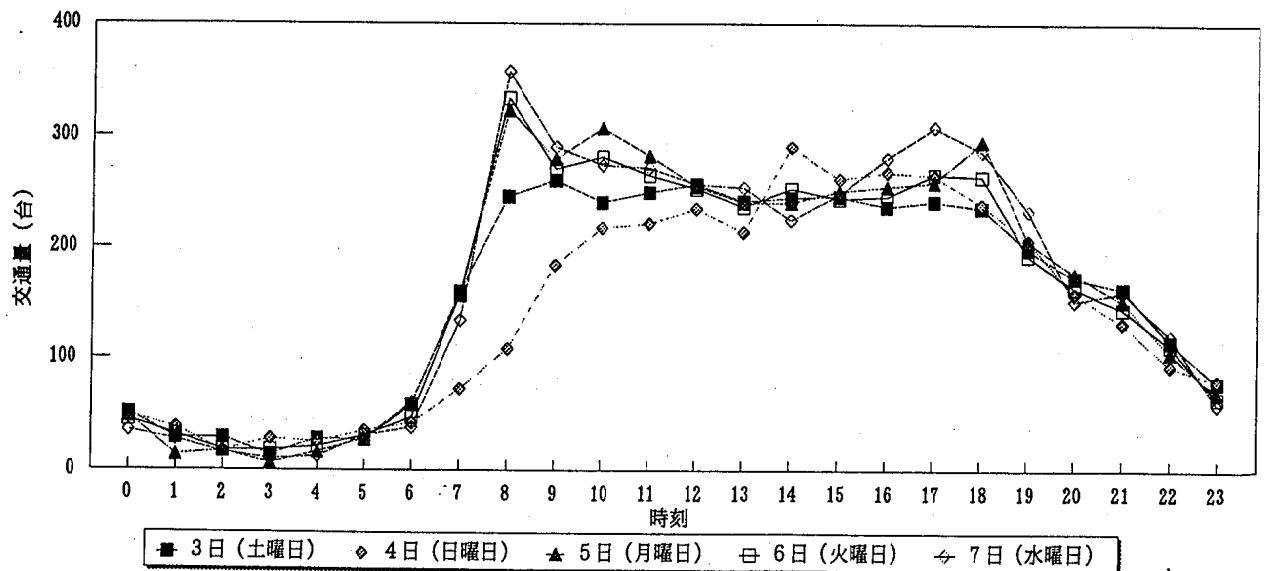


図4. 時刻別総交通量

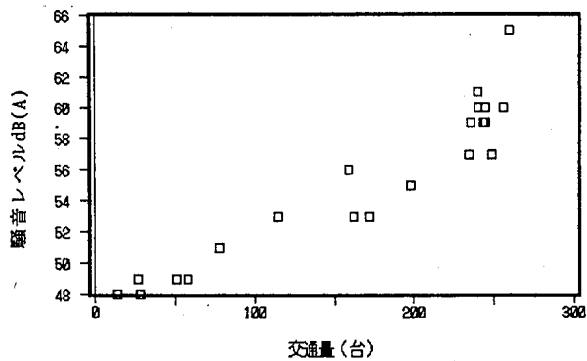


図5. 騒音レベルと総交通量（3日）

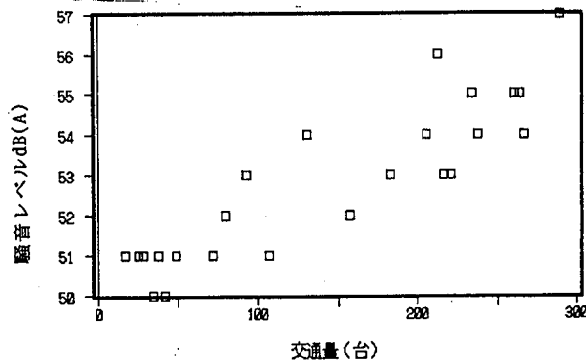


図6. 騒音レベルと総交通量（4日）

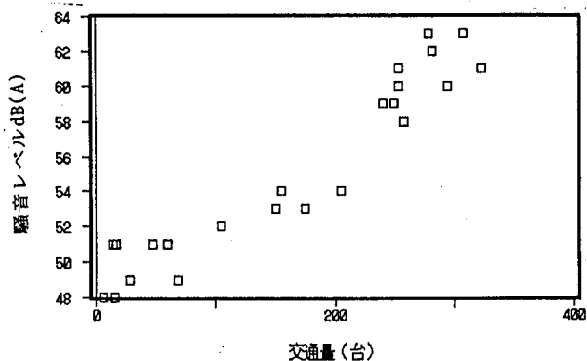


図7. 騒音レベルと総交通量（5日）

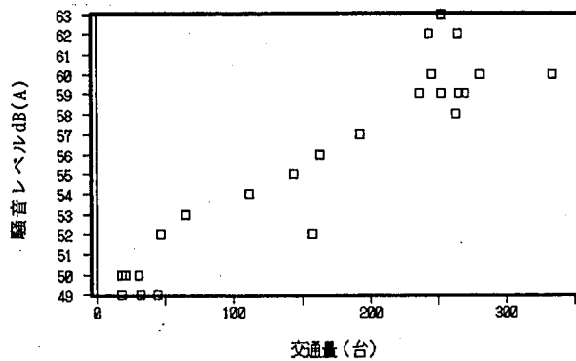


図8. 騒音レベルと総交通量（6日）

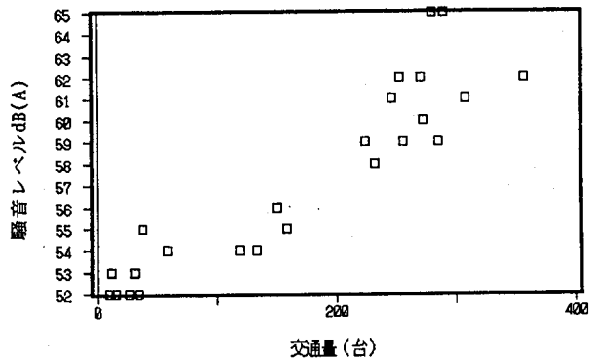


図9. 騒音レベルと総交通量（7日）

関係がみられた。

3. から6. に記述したことから、この地点の自動車騒音レベルは総交通量に大きく影響され、自動車振動レベルは総交通量が極端に少ない場合を除いて総交通量の影響をあまり受けないことが分かった。

ここでの疑問点は時刻別騒音レベルが4日（日曜日）の8：00から19：00の騒音レベルが他の日（曜日）に比べ明らかに低くなっているが、総交通量には騒音レベルのような明らかな違いがみられないことである。

大型車

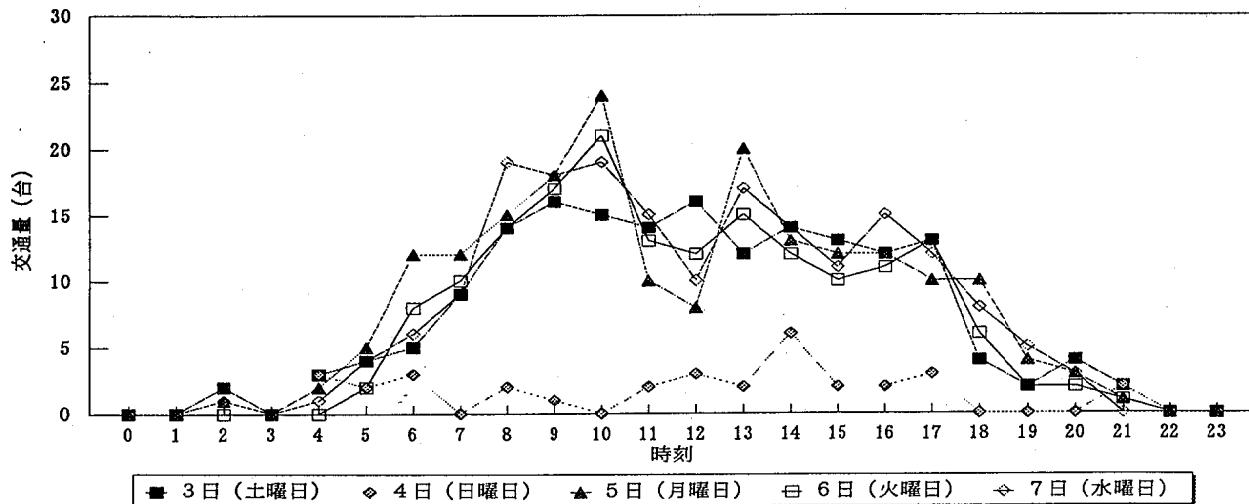


図10. 時刻別交通量（大型車）

普通車

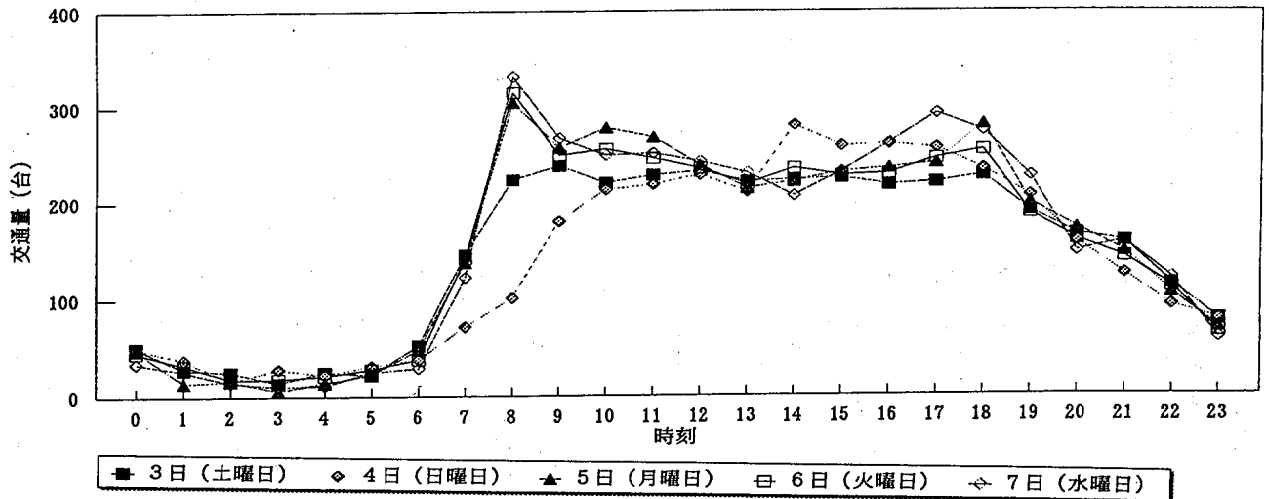


図11. 時刻別交通量 (普通車)

二輪車

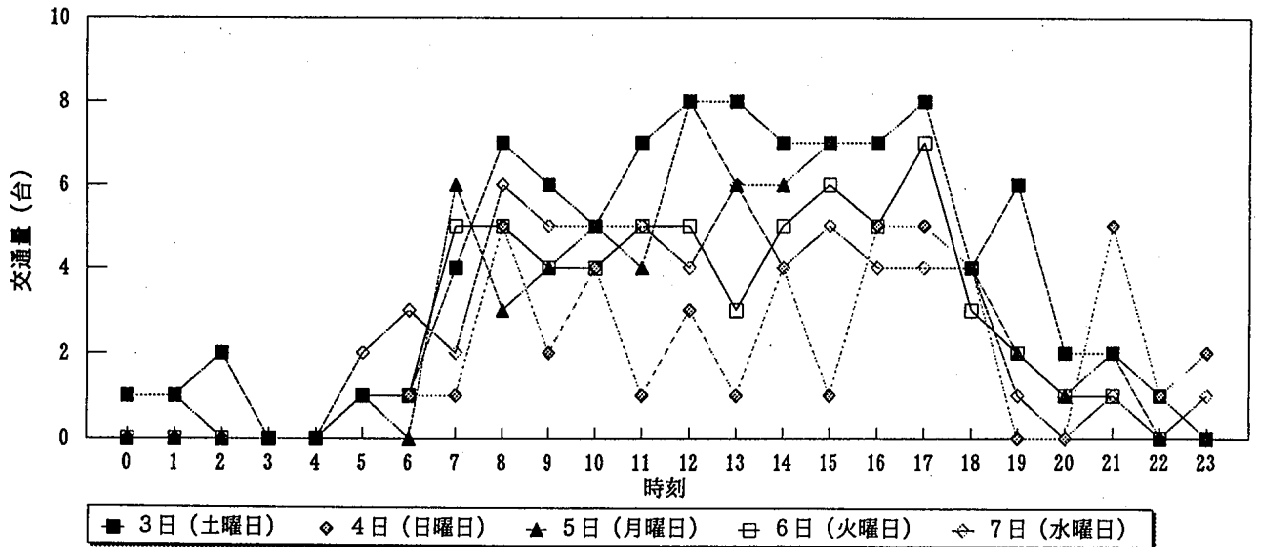


図12. 時刻別交通量 (二輪車)

以下、このことを明らかにするため、車種別交通量の検討を行った。

7. 車種別交通量

大型車の時刻別交通量を図10. に、普通車の時刻別交通量を図11. に、二輪車の時刻別交通量を図12. に各々示した。

この図から明らかなように4日(日曜日)と他の日との大きな違いは大型車の台数が4日(日曜日)に極端に少ないことが判明した。このことから、この地点の自動車騒音レベルは大型車の混入率により左右されることが考えられる。

8. 騒音レベルと大型車の混入率の関係

4日(日曜日)と他の日の8:00から19:00の騒

音レベルと大型車の混入率の平均値を表6. に示した。

この表から4日(日曜日)と他の日の騒音レベルの差が6 dB (A)、大型車の混入率の差が4%であ

表6. 騒音レベルと大型車混入率

	騒音レベル	大型車混入率
4日(日曜日)	54	1
他の日	60	5

昼間の平均値 単位：騒音レベルdB (A)
混入率 %

ることが分かった。

9. 今後の課題

今回の測定地点では自動車騒音レベルは大型車の混入率により左右されることが判明したが、稲内らが和歌山市で自動車騒音調査¹⁾を行った結果によると自動車騒音レベルは総交通量の影響が大きいとしており、測定する地点により、自動車の騒音レベルに及ぼす影響の要因が異なることが考えられることから、さらに地域毎の自動車騒音の調査が必要と思われる。

また、今回の結果から、今後の研究課題として、普通車の台数及び大型車の混入率から自動車騒音レベルを予測する手法の開発を行うことが可能かどうか、何故、大型車の混入率4%の差が騒音レベルの中央値が6 dB (A) の変化をもたらすのか等の説明が考えられる。

ま と め

今回の調査結果から、新宮市橋本二丁目11の測定

地点は、自動車騒音レベルは交通量の影響が大きいことが及び大型車の混入率が騒音レベルに及ぼす影響が明らかになった。また、自動車振動レベルは総交通量が極端に少ない場合を除いて総交通量の影響をあまり受けないことが明らかになった。

今後は、測定する地点により、自動車の騒音レベルに及ぼす影響の要因が異なることが考えられることから、さらに地域毎の自動車騒音の調査が必要と思われる。

また、今後の研究課題として、普通車の台数及び大型車の混入率から自動車騒音レベルを予測する手法の開発を行うことが可能かどうか、何故、大型車の混入率4%の差が騒音レベルの中央値が6 dB (A) の変化をもたらすのか等の説明が考えられる。

文 献

- 1) 稲内 久, 他: 和歌山県衛生公害研究センター年報, 42, 51-56, 1996

付着珪藻による富田川の水質評価

楠山和弘, 中西和也*¹, 石井信之*², 雑賀 仁*², 有本光良*³,
森 喜博, 小山武信, 守吉通浩*²

Evaluation of Organic Water Pollution by Attached Diatom Assemblage in the Tonda River

Kazuhiro Kusuyama, Kazuya Nakanishi*¹, Nobuyuki Ishii*²,
Hitoshi Saika*², Mitsuyoshi Arimoto*³, Yoshihiro Mori,
Takenobu Koyama and Michihiro Moriyoshi*²

キーワード：付着珪藻, 汚濁指数, DAIp_o, 富田川

Key words: Attached Diatom, Saprobic Index, DAIp_o, the Tonda River

はじめに

水生生物を利用した生物学的評価法は、河川の水質の汚濁状況だけでなく周辺の河川環境も視野に入れた総合的かつ長期的な水質評価法として注目されている。指標生物として最も多く採用されているのは底生動物であるが、付着藻類とりわけ珪藻類についてもその指標性に関する情報は多く、次のような利点からも積極的に採用されている¹⁾。まず、試料の採取、取り扱いが簡単であること、どの水域にでも存在すること、また感受性が高く、世代が短いため環境の変化に反応が早いことなどである。

当センターでは、平成3年度から底生動物による水質評価を県内主要河川について順次調査^{2,3)}してきたが、今回、以上の理由から付着珪藻を指標とした水質評価について試みたので報告する。

調査方法

調査対象は県南部を流れる富田川とした。調査地点は図1. に示したように、上流から中辺路町上福定橋 (St. 1), 中辺路町栗栖川 (St. 2), 大塔村鮎川新橋 (St. 3), 上富田町郵便橋 (St. 4) の4地点を選定した。富田川は奈良県境近くに源を発する全長約42kmの人工湖等を持たない比較的水量の少ない中河川である。調査地点を地理的にみると、St. 1

は上流域の山間部で民家は少ない。St. 2, St. 3は中流域と考えられ、川に平行に走る道路に沿って集落が点在している。St. 3を過ぎるころから平野部となり、St. 4は民家の多い下流域である。なお、河川の環境基準類型では富田川にはAがあてはめられている。調査は夏季(平成7年8月)と冬季(平成8年2月)の年2回実施した。夏季、冬季ともに同一地点で調査することとしたが、冬季のSt. 4は河川改修中のため上流約500m地点をSt. 4とした。

付着珪藻の採取は、河床の石礫3個を選び、水流に平行な上面に5×5cmのコアドラートを置き、コアドラートの内側と外側の付着物を金属ブラシでこすり落とした。それぞれの試料をホルマリンで固定し、内側の試料は定量用、外側の試料は定性用サンプルとして持ち帰った。

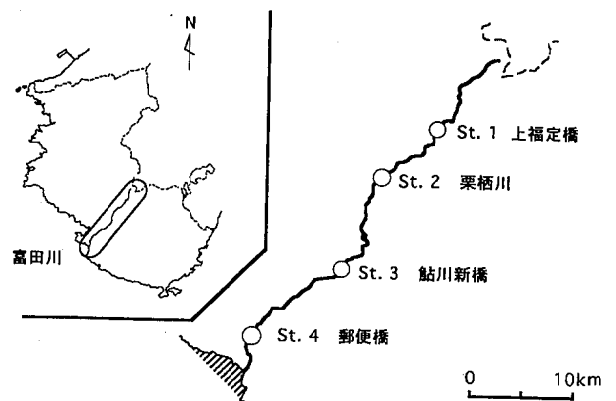


図1. 調査地点

水質環境部

* 1 現業務課

* 2 現地域環境課

* 3 現自然環境課

珪藻の種の同定は、定性用サンプルを酸処理後ブラウラックスにて封入した永久プレパラートを作製し、撮影した顕微鏡写真で行った。

珪藻の定量は、定量用のサンプルを適宜蒸留水で希釈し、界線入りスライドガラス上にその0.03mlを取り、24×32mmのカバーガラスを載せた一次プレパラートを用いた。一次プレパラート内に出現した珪藻を顕微鏡下で種ごとに合計400~600個体計数して石礫1mm²に付着する個体数を算出した。

また、付着珪藻の採取と同時に水温、流速、水深等を測定し、表層水を持ち帰り理化学試験を実施した。

付着珪藻による水質判定はPantle・Buckによる汚濁指数法により行った。汚濁指数(S)は次式より算出する。

$$S = \Sigma(s \cdot h) / \Sigma h$$

h : 出現頻度

s : 汚濁階級指数

汚濁階級指数sは環境庁報告書⁴⁾の数値を、出現頻度hは各珪藻種の個体数をあてはめた。求めたSと水質階級の関係はS=1.0~1.5であれば貧腐水性、S=1.5~2.5はβ-中腐水性、S=2.5~3.5はα-中腐水性、S=3.5~4.0は強腐水性である。

また、渡辺ら提案したDAIpo (Diatom Assemblage Index to organic water pollution) を以下の式⁵⁾から求め、汚染地図を作成した。

$$DAIpo = 50 + 1/2 (\Sigma Sx - \Sigma Si)$$

ΣSx : その群集中に出現した好清水性種の
相対頻度の和 (%)

ΣSi : その群集中に出現した好汚濁性種の
相対頻度の和 (%)

好清水性種、好汚濁性種の指標性の内訳は浅井ら⁶⁾によった。

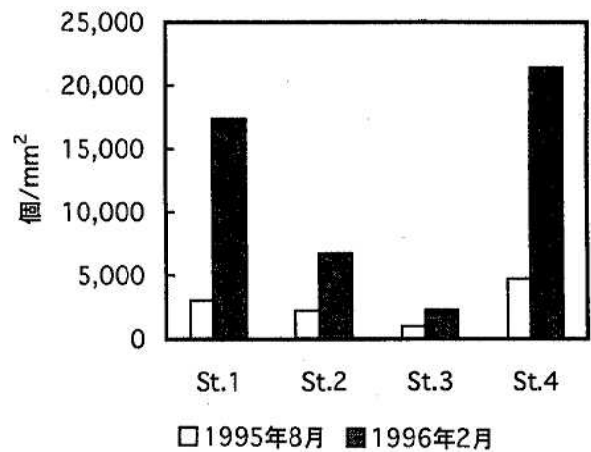
結果と考察

1. 環境要因

各地点の調査時の環境要因を表1.に示した。pHはSt. 4を除けば夏季にやや高い傾向が認められるものの6.88~7.60の範囲であった。DOは夏季が冬季より低く、地点別に見るとSt. 4が他の地点に比べて低かった。BODは夏季ではSt. 2, St. 3でやや高く、冬季ではSt. 4が高かった。CODは季節的には夏季でやや低く、地点別に見るとSt. 4で高かった。SS, 全窒素, 全磷は他の3地点では類似値であったのに対し、St. 4で特異的に高かった。

2. 付着珪藻量

調査地点別の付着珪藻量を図2.に示した。St. 1からSt. 3までは減少し、St. 4で増加するパターンであった。夏季の最小値はSt. 3で1,000個/mm²、最



□ 1995年8月 ■ 1996年2月

図2. 付着珪藻の個体数

表1. 環境要因

環境要因	1995年8月				1996年2月			
	St. 1 上福定橋	St. 2 栗栖川	St. 3 鮎川新橋	St. 4 郵便橋	St. 1 上福定橋	St. 2 栗栖川	St. 3 鮎川新橋	St. 4* 郵便橋
気温 (°C)	28.5	25.9	29.8	29.4	9.0	12.0	15.5	17.0
水温 (°C)	23.0	24.4	25.5	22.2	8.0	8.8	12.0	17.2
流水幅 (m)	5	10	15	40	5	5	10	3
深さ (cm)	22~32	20~37	20~29	16~50	20~35	20~30	20~30	15~20
流速 (cm/s)	45	88	88	67	58	43	40	75
pH	7.45	7.55	7.60	6.88	6.91	7.13	7.01	7.04
DO (mg/L)	8.3	8.6	8.6	7.8	11	11	10	8.5
COD (mg/L)	0.8	0.8	0.8	2.2	1.2	1.2	1.2	5.1
BOD (mg/L)	<0.5	0.8	0.8	<0.5	0.5	0.5	0.5	1.2
SS (mg/L)	<1	<1	<1	6	1	<1	<1	22
全窒素 (mg/L)	0.21	0.21	0.17	0.73	0.19	0.27	0.33	2.2
全磷 (mg/L)	0.003	0.003	0.003	0.085	<0.003	<0.003	<0.003	0.18

*1995年8月の調査地点より約500m上流

大値はSt. 4 の4,700個/㎤であった。冬季はそれぞれSt. 3 で2,300個/㎤, St. 4 で21,000個/㎤であった。夏季は冬季より明らかに少なかったが、調査当時の夏季は異常濁水にあり、これが珪藻の発育に影響を及ぼした可能性が考えられる。

3. 出現珪藻種と水質評価

富田川に観察された珪藻の相対頻度 (%) と水質評価を表2. に示した。

夏季の出現種類数はSt. 1 からSt. 4 までそれぞれ5, 11, 10, 18種であった。出現頻度第1位は貧腐

表2. 珪藻の相対出現頻度 (%) と水質評価

種	汚濁 階級 指数	指 標 性	1995年8月				1996年2月			
			st. 1 上福定橋	st. 2 栗 栢 川	st. 3 鮎川新橋	st. 4 郵便橋	st. 1 上福定橋	st. 2 栗 栢 川	st. 3 鮎川新橋	st. 4 郵便橋
<i>Achnanthes japonica</i>	1	◎	85.9	85.5	34.5	1.3	79.3	65.6	54.0	3.2
<i>A. lanceolata</i>	1	◎	2.2	0.6	1.6	0.3		0.6		0.8
<i>A. minutissima</i>	3		1.2	0.4	2.0	1.3		13.2	11.5	0.1
<i>Ceratoneis arcus</i>	1	◎					2.6			
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	1	◎	0.3	2.0	2.1	0.3	0.1	0.2	1.4	0.7
<i>Cymbella minuta</i>		◎		0.8		0.7	1.6		0.5	3.5
<i>C. sinuata</i>	1	◎					0.2		2.1	
<i>C. turgidula</i> var. <i>turgidula</i>	1	◎			2.9	0.7	1.3	2.1	2.1	
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	1						0.2		2.3	
<i>Gomphonema angustatum</i>	4									0.5
<i>G. helveticum</i>	1	◎		0.3	1.7	9.8		0.7		
<i>G. parvulum</i>	4									4.3
<i>G. quadripunctatum</i>	1	◎					3.5	0.5	3.4	
<i>G. vibrio</i> var. <i>pumilum</i>	1	◎	10.5	5.7	12.5		5.9	15.7	9.8	
<i>Melosira varians</i>	1					0.1				8.3
<i>Navicula decussis</i>	1			0.4	1.7	0.7			1.8	2.3
<i>N. gregaria</i>	3					1.0				
<i>N. radiosa</i> var. <i>tenella</i>	2	◎		0.2						0.3
<i>N. rhynchocephala</i> var. <i>germanii</i>	2					0.7				
<i>N. salinarum</i> var. <i>intermedia</i>	3	◎								0.5
<i>N. thienemannii</i>						0.5				
<i>N. viridula</i> var. <i>rostellata</i>	1					1.7				
<i>Nitzschia amphibia</i>	2	#				2.0				
<i>N. dissipata</i>	1	◎							0.5	0.3
<i>N. frustulum</i>	2			0.8	34.0	35.7		0.2	1.0	73.0
<i>N. palea</i>	4	#				14.5			0.4	
<i>N. paleacea</i>	2					28.0				
<i>Synedra acus</i>	1							0.2	5.3	
<i>S. inaequalis</i>	2	◎					5.3		0.7	
<i>S. rumpens</i>	2									1.3
<i>S. rumpens</i> var. <i>familiaris</i>	2	◎						0.6	0.8	
<i>S. rumpens</i> var. <i>meneghiniana</i>	2							0.1	2.4	
<i>S. ulna</i>	2			3.4	7.0	0.9				0.8
DAIpo			99.5	97.6	77.7	48.3	99.9	93.0	87.5	54.7
汚濁指数			1.02	1.04	1.45	2.14	1.04	1.27	1.28	1.88
水質判定			OS	OS	OS	β-ms	OS	OS	OS	β-ms

◎：好清水性種
#：好汚濁性種

OS：貧腐水性水域
β-ms：β-中腐水性水域

水性指標種の *Achnanthes japonica* が St. 1, St. 2 で約85%以上を占め、第2位は貧腐水性の *Gomphonema vibrio* var. *pumilum* の10.5%と5.7%であった。St. 3 でも第1位は *A. japonica* の34.5%であったが、第2位に差がなく β -貧腐水性の *Nitzschia frustulum* が34.0%で続いた。St. 4 は第1位が *N. frustulum* (35.7%) で、第2位が β -中腐水性の *N. paleacea* (28.0%) であった。*A. japonica* は全地点に出現し、上流から流下するに従い減少した。*N. frustulum* は逆に St. 2 で出現し始め、下流域で増加した。汚濁指数は調査地点順に1.02, 1.04, 1.45, 2.14となり、St. 1 から St. 3 までは貧腐水性水域、St. 4 は β -中腐水性水域と判定された。

冬季の出現種類数は調査地点順にそれぞれ10, 12, 17, 15種であり、夏季に比べると St. 4 以外の地点で増加した。出現頻度第1位は St. 1 から St. 3 まで夏季と同様に *A. japonica* (それぞれ79.3%, 65.6%, 54.0%) であり、第2位は St. 1 と St. 2 で夏季と同様に *G. vibrio* var. *pumilum* (5.9%, 15.7%)、St. 3 では *A. minutissima* の11.5%であった。St. 4 では *N. frustulum* (73.0%) が夏季と同様に第1位となったが、夏季に比較して出現頻度は高くなった。第2位は貧腐水性の *Melosira varians* (8.3%) であった。夏季と同様に *A. japonica* は全地点で観察され、流下するとともに出現頻度は減少した。汚濁指数は調査地点順に1.04, 1.27, 1.28, 1.88となり、St. 1 から St. 3 までは貧腐水性水域、St. 4 は β -中腐水

性水域と判定され夏季と同じ結果であった。

St. 1 を起点にした流下距離と DAIPo の関係を汚染地図として図3. に示した。上流域から流下するにつれ、DAIPo は夏季、冬季ともに同様のパターンで減少するが、St. 4 での減少率が最大であった。St. 3, St. 4 間は地理的にみても民家が増加し、汚濁負荷が大きい地点であると考えられ、これは汚濁指数の結果とも一致した。

最後に、顕微鏡写真による珪藻の同定に際し多大の御助言をいただいた大阪府立公衆衛生研究所の肥塚研究員に対し、深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 福嶋 悟：付着藻類の水質指標性，水環境学会誌，18，938-942，1995
- 2) 中西和也，他：底生動物による古座川の水質評価，和衛公研年報，41，85-91，1995
- 3) 楠山和弘，他：底生動物相による富田川の水質評価，和衛公研年報，42，73-77，1996
- 4) 環境庁：水生生物による水環境評価手法検討基礎調査報告書，平成7年3月
- 5) 渡辺仁治：付着珪藻群集を水質評価とした指数 DAIPo，月刊下水道，18，2-8，1995
- 6) 浅井一視，他：有機汚濁に関する付着珪藻種の3生態群への統計的類別(2)好汚濁性種と好清水性種，Diatom，10，35-47，1995

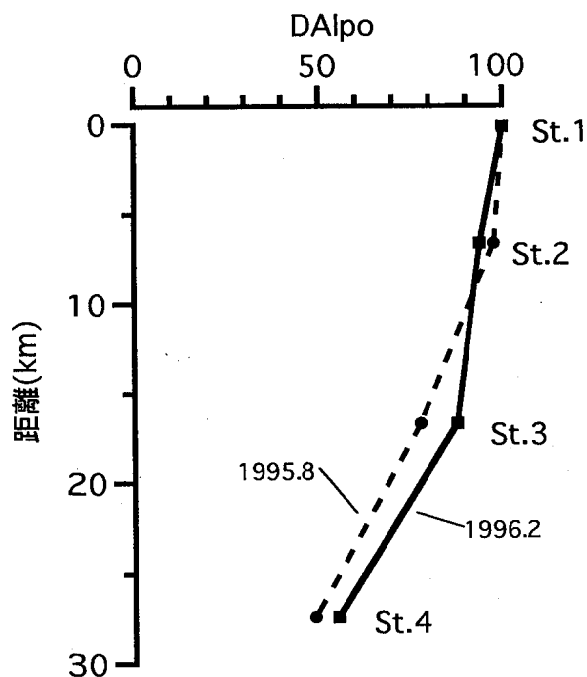


図3. DAIPoによる汚染地図

水生生物による日高川水系の水質評価

猿棒康量・楠山和弘・石井信之*¹・大田眞由美*²・谷口泰崇
森 喜博・小山武信・守吉通浩*¹

Evaluation of Water Pollution on Aquatic Life in the Hidaka River

Yasukazu Sarubo, Kazuhiro Kusuyama, Nobuyuki Ishii*¹,
Mayumi Ohta*², Yasutaka Taniguchi, Yoshihiro Mori,
Takenobu Koyama and Michihiro Moriyoshi*¹

キーワード：和歌山県，日高川，底生動物，付着珪藻，生物指標

Key words: Wakayama Prefecture, Hidaka River, Benthic Animals,
Attached Diatom, Biological Indicator

はじめに

当センターでは平成3年度から県内主要河川の生物調査^{1)~5)}を行っており、今年度は和歌山県中紀を流れる日高川水系の生物調査を行ったので報告する。これら調査は和歌山県内の底生動物の分布状況を把握すると共に指標生物を用いて河川の水質を評価することを目的としている。これら生物を用いた水質評価は機器分析のような採水した時点の水質を測定するのと異なり、生物が生存している間の水質を評価でき、更に調査した結果が自然環境要因として総合的に評価することができる利点がある。また今回、底生動物と共に付着珪藻も水質評価に用いることにより、更なる河川の水環境を評価できると考えている。

調査方法

1. 調査時期

調査は年2回、夏季(平成8年9月19~21日)と冬季(平成9年2月25~27日)に実施した。

2. 調査地点

調査地点は図1に示したように、上流から龍神村京の又(St. 1)、小又川の龍神村五味垣内橋(St. 2)、龍神村細原(St. 3)、丹生ノ川の龍神村栃谷

(St. 4)、中津村原日浦橋(St. 5)、川辺町川辺大橋(St. 6)の日高川4地点と支流の小又川と丹生ノ川の各1地点計6地点を選定した。原則として夏季、冬季ともに同一地点にて調査を行うこととしたが、冬季の細原(St. 3)は護岸の改修工事中で生物採取に好ましくない状況から上流約300m地点にて調査した。なお、日高川には環境基準類型(河川の部)Aが当てはめられている。

3. 底生動物の採集・同定方法

全国公害研協議会の調査マニュアル⁶⁾に準じ、詳細は所報No.41⁴⁾に記載した方法で実施した。

4. 付着珪藻の採集・同定方法

詳細は本号記載(楠山ら「付着珪藻による富田川の水質評価」)による方法で実施した。

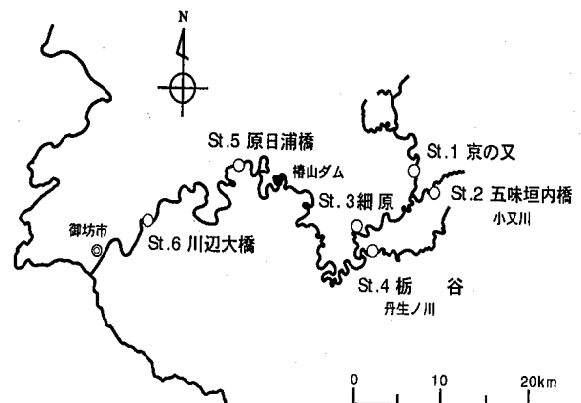


図1. 日高川水系の調査地点

水質環境部

* 1 現地域環境課

* 2 現和歌山県立医科大学

5. 水質評価

底生動物による水質評価については、全国公害研協議会のスコア法によるASPT値（平均スコア値）を用いた。

$$\text{ASPT値} = \text{総スコア} / \text{出現した総科数}$$

ASPT値は、日本の河川に適するよう改良を加えられた方法⁷⁾で水質評価法として定着しつつある方法である。各科ごとに設定されたスコア値をもちい、採取した地点での底生動物のスコア値の平均を求める。このASPT値が、10に近ければ汚濁の程度が少なく、自然状態に近い河川環境であると考えられ、逆に1に近ければ人為的影響が多いといえる。さらに、この評価法とは別にShannonの多様性指数（Diversity Index）と、Puntle Buckの汚濁指数（Pollution Index）Sも算出した。

$$\text{Diversity Index} = - \sum_{i=1}^s (ni/N) \log (ni/N)$$

N：総個体数

ni：i番目の種の個体数

s：種類数

$$\text{Pollution Index (S)} = \sum (sh) / \sum h$$

h：出現頻度 h=1：偶在（1～3個体）

h=2：多い（4～15個体）

h=3：非常に多い

（16個体以上）

s：汚濁階級指数 s=1：貧腐水性指標種

s=2：β-中腐水性指標種

s=3：α-中腐水性指標種

s=4：強腐水性指標種

多様性指数は、通常自然河川の清流には多種多様な生物が存在し特定の種が多くなることはないの、値が高いほど安定した多様な環境であるとされている⁸⁾。汚濁階級指数sは、貧腐水性指標種には1、β-中腐水性指標種には2、α-中腐水性指標種には3、強腐水性指標種には4を当てはめ、出現頻度hは、採取した種の個数が1～3個体であれば1、4～15個体であれば2、16個体以上であれば3を当てはめた。汚濁指数Sと生物学的水質階級との関係については、S=1.0～1.5は貧腐水性水域、S=1.5～2.5はβ-中腐水性水域、S=2.5～3.5はα-中腐水性水域、S=3.5～4.0は強腐水性水域となる。

附着珪藻による水質判定は、底生動物と同じPuntle Buckの汚濁指数法を用いた。ここでの出現頻度hは、各珪藻種の個体数を当てはめた。

6. 理化学的環境要因調査

生物調査の採集と同時に、各調査地点の水質の分析も行った。pH、DO、BOD、COD、SSは昭和57年環境庁告示第41号、全窒素、全磷は平成5年環境庁告示第65号の方法で測定した。

結果と考察

1. 理化学的環境要因

各調査地点での水質の分析結果を表1-1、表1-2に示した。

1) pH

pHは夏季で6.93～7.62、冬季で7.03～7.87で、調査地点および調査実施時期による差は小さかった。

表1-1. 日高川の理化学的環境要因（夏季）

	St. 1 京の又	St. 2 五味垣内橋 (小又川)	St. 3 細原	St. 4 栃谷 (丹生ノ川)	St. 5 原日浦橋	St. 6 川辺大橋
気温 (°C)	23.8	23.1	26.4	26.3	25.5	26.3
水温 (°C)	19.7	19.4	20.7	21.6	24.5	25.6
川幅 (m)	4	4.5	20	5	10	25
水深 (cm)	10～20	15～25	10～20	20～30	25～35	25～35
流速 (cm/s)	74	87	69	71	67	69
pH	7.02	6.93	7.27	7.12	7.46	7.62
DO (mg/l)	10	10	11		10	9.0
COD (mg/l)	2.7	2.7	2.5	2.9	3.5	4.1
BOD (mg/l)	<0.5	<0.5	0.9	<0.5	0.6	0.6
SS (mg/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
全窒素 (mg/l)	0.05	0.07	0.09	0.12	0.06	0.06
全磷 (mg/l)	0.004	0.006	0.004	<0.003	0.004	0.006

表1-2. 日高川の理化学的環境要因(冬季)

	St. 1 京の又	St. 2 五味垣内橋 (小又川)	St. 3 細原	St. 4 栃谷 (丹生ノ川)	St. 5 原日浦橋	St. 6 川辺大橋
気温(°C)	7.1	8.8	10.5	9.1	15.6	18.1
水温(°C)	4.7	4.5	4.9	5.7	6.1	9.3
川幅(m)	4	4.5	20	5	10	25
水深(cm)	20~30	15~25	10~20	15~25	45~55	25~35
流速(cm/s)	83	110	63	75	100	83
pH	7.27	7.22	7.27	7.03	7.18	7.87
DO(mg/l)	11	11	12	11	12	12
COD(mg/l)	1.8	1.6	1.6	1.6	2.4	1.8
BOD(mg/l)	1.0	0.8	1.0	0.6	<0.5	<0.5
SS(mg/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
全窒素(mg/l)	0.06	0.06	0.04	0.08	0.20	0.18
全磷(mg/l)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.005

2) DO

DOは夏季で9.0~11(mg/l), 冬季で11~12(mg/l)であり, 調査地点による差は小さく, 冬季が夏季に比べ高い数値となった。

3) BODおよびCOD

BODは夏季で0.5未満~0.9(mg/l), 冬季で0.5未満~1.0(mg/l)であり, 調査地点および調査実施時期による差は小さかった。

CODは夏季で2.5~4.1(mg/l), 冬季で1.6~2.4(mg/l)という結果が得られ, 夏季は冬季より全地点で高い値を示したが, 調査地点における差は夏季では中~下流域が高く, 冬季では各調査地点との差は小さかった。

4) SS

SSは夏季, 冬季ともに全地点1mg/l未満であった。

5) 全窒素および全磷

全窒素は夏季で0.05~0.12(mg/l), 冬季で0.04~0.20(mg/l)であり, 冬季において中~下流域が高い数値になった。全磷においては夏季で0.003未満~0.006(mg/l), 冬季で0.003未満~0.005(mg/l)であり, 夏季のほうが冬季に比べて高い数値となった。

2. 生物調査と水質評価

日高川水系における底生動物の出現種と個体数を表2に示した。また, 付着珪藻については, 調査地点ごとの付着珪藻量を図2に, 珪藻の相対頻度と水質評価を表3に示した。

1) St. 1 京の又

夏季は総科数14, 総個体数317, 冬季は総科数19,

総個体数1,009の底生動物が出現した。夏季の出現頻度第1位は*Rhithrogena japonica*(ヒメヒラタカゲロウ)37.8%, 出現頻度第2位は*Epeorus latifolium*(エルモンヒラタカゲロウ)20.8%であった。冬季の出現頻度第1位はChironomidae(ユスリカ科腹鰓なし)23.7%, 出現頻度第2位は夏季で第1位であった*Rhithrogena japonica*(ヒメヒラタカゲロウ)19.0%であった。ASPT値は夏季で7.9, 冬季で8.1で, 多様性指数は夏季で3.1, 冬季で3.4, 汚濁指数は夏季1.02, 冬季1.00で, ともに貧腐水性水域となった。

付着珪藻については夏季が個体数15,000個/ml, 種類数11, 冬季が個体数6,600個/ml, 種類数14であった。出現頻度では夏季がβ-中腐水性指標種の*Nitzschia frustulum*で78.5%, 冬季が貧腐水性指標種の*Cymbella turgidula* var. *turgidula*で26.6%であったが, 同じく貧腐水性の*Achnanthes japonica*が24.5%で続いた。汚濁指数は, 夏季が1.79でβ-中腐水性水域, 冬季が1.18で貧腐水性水域と判定された。

2) St. 2 五味垣内橋

夏季は総科数15, 総個体数426, 冬季は総科数18, 総個体数971の底生動物が出現した。夏季の出現頻度第1位は*Stenopsyche sauteri*(チャバネヒゲナガカワトビケラ)21.3%, 出現頻度第2位は*Rhithrogena japonica*(ヒメヒラタカゲロウ)15.4%であり, 冬季の出現頻度は第1位がChironomidae(ユスリカ科腹鰓なし)22.4%, 第2位が*Baetis* spp.(コカゲロウ属)11.2%であった。夏季の第1位*Stenopsyche sauteri*が冬季では第4位に後退し, 夏季に出現し

表2. 日高川水系の底生動物相と水質評価

Benthic animals	スコア 値	汚濁階 級指数	1996年9月						1997年2月								
			St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6			
EPHEMEROPTERA カゲロウ目																	
Isonychiidae チラカゲロウ科	9																
<i>Isonychia japonica</i> チラカゲロウ		1				3	1						5		13		
Heptageniidae ヒラタカゲロウ科	9																
<i>Epeorus uenoi</i> ウエノヒラタカゲロウ		1		18	7								30				
<i>Epeorus latifolium</i> エルモンヒラタカゲロウ		1	66	65	66	59	7	11				46	37	51	130	20	13
<i>Epeorus ikanonis</i> ナミヒラタカゲロウ		1										35	12	8	14	21	85
<i>Ecdyonurus tigris</i> マダラタニガワカゲロウ		1					3										
<i>Ecdyonurus tobiironis</i> クロクニガワカゲロウ		1					3									1	1
<i>Ecdyonurus yoshidae</i> シロタニガワカゲロウ		1		5	6			38	70					4	12	6	
<i>Ecdyonurus kibunensis</i> キブネタニガワカゲロウ		1			4												
<i>Ecdyonurus sp.</i> タニガワカゲロウ属		1													7	3	
<i>Cinygma sp.</i> ミヤマタニガワカゲロウ属		1										37	33				
<i>Rhithrogena satsuki</i> サツキヒメヒラタカゲロウ		1	5		1									4		1	2
<i>Rhithrogena japonica</i> ヒメヒラタカゲロウ		1	120	66	37	3						192	37	61		8	13
<i>Rhithrogena minazuki</i> ミナズキヒラタカゲロウ		1	5														
Baetidae コカゲロウ科	6																
<i>Baetis sp.</i> コカゲロウ属		1	17	11	51	7	1	6				186	109	59	39	4	2
<i>Pseudocloeon sp.</i> フタバコカゲロウ属		1	20					1				55	22	1	6		1
Leptophlebiidae トビロカゲロウ科	9																
<i>Choroterpes trifurcata</i> ヒメトビロカゲロウ		2			1												
Ephemereillidae マダラカゲロウ科	9																
<i>Ephemerella cryptomeria</i> ヨシノマダラカゲロウ		1	2	8								1					
<i>Ephemerella basalis</i> オオマダラカゲロウ		1											6	1	2		
<i>Ephemerella nigra</i> クロマダラカゲロウ		1										51	92	1	17		
<i>Ephemerella setigera</i> クシゲマダラカゲロウ		1	15	13	12	1											15
<i>Ephemerella rufa</i> アカマダラカゲロウ		2		7	15	2	4										
<i>Ephemerella spp.</i> マダラカゲロウ属		1						3							61	15	49
Potamanthidae カワカゲロウ科	8																
<i>Potamanthodes hamonis</i> ケイロカワカゲロウ		2							1	5							
ODONATA トンボ目																	
Gomphidae サナエトンボ科	7	1				2							1		3		
PLECOPTERA カワゲラ目																	
Taeniopterygidae ミジカオカワゲラ科	1											7	4		1		
Nemouridae オナシカワゲラ科	6																
<i>Amphinemura sp.</i> フサオナシカワゲラ属		1											2				
Periodiidae アミメカワゲラ科	9																
<i>Isoperla nipponica</i> フタスジミドリカワゲラモドキ		1										7	36	4	4		
<i>Ostrovus mitsuonis</i> コグサミドリカワゲラモドキ		1										11	7	1	2		
<i>Stavosolus japonicus</i> ヤマトアミメカワゲラモドキ		1										3	28	17	42	15	148
Perlidae カワゲラ科	9																
<i>Paragnetina sp.</i> クラカケカワゲラ属		1											1		3	1	
<i>Kanimuria spp.</i> カミムラカワゲラ属		1	2	40		97	7	1				9	17	2	48	8	8
<i>Oyamia gibba</i> オオヤマカワゲラ		1	6	6	1							1	1		1	14	12
<i>Oyamia seminigra</i> ヒメオオヤマカワゲラ		1			1		26	6								8	1
<i>Acroneuria joukii</i> ジョクリモンカワゲラ		1	3		2	2						1		2			
<i>Acroneuria stigmatica</i> モンカワゲラ		1	1	4													
<i>Neoperla sp.</i> フタツメカワゲラ属		1						6									
<i>Gibosia spp.</i> コガタフタツメカワゲラ属		1						2	1			2					
MEGALOPTERA 広翅目																	
Corydalidae ヘビトンボ科	9																
<i>Protohermes grandis</i> ヘビトンボ		1	1	5	2	11							9		6		
TRICOPTERA トビケラ目																	
Stenopsychidae ヒゲナガカワトビケラ科	9																
<i>Stenopsyche marmorata</i> ヒゲナガカワトビケラ		1	1	8		24							6			5	9
<i>Stenopsyche sauteri</i> チャバネヒゲナガカワトビケラ		1	4	91	21	101	1					4	79	28	228	6	2
Psychomyiidae クダトビケラ科	8	1													1		
Hydropsychidae シマトビケラ科	7																
<i>Hydropsyche orientalis</i> ウルマーシマトビケラ		1	5	25	11	1	5					1	66	7	19	5	11
<i>Cheumatopsyche brevilineata</i> コガタシマトビケラ		2			12	4	28	3					1	2	95	23	202
<i>Cheumatopsyche echigoensis</i> エチゴシマトビケラ		1		1		32	1	1				1	15	3	116	1	15
Rhyacophilidae ナガレトビケラ科	9																
<i>Apsilochorema sutshanum</i> ツメナガナガレトビケラ		1		4		1						2	2		4		
<i>Rhyacophila sp. RC</i> RC. ナガレトビケラ		1										1	1		2		
<i>Rhyacophila nigrocephala</i> ムナグロナガレトビケラ		1				6	1	2								3	14
<i>Rhyacophila demens</i> クレメンズナガレトビケラ		1													1	2	
<i>Rhyacophila kawamurae</i> カワムラナガレトビケラ		1										11	18	4	7		8
<i>Rhyacophila kisoensis</i> キソナガレトビケラ		1											5		7		
<i>Rhyacophila sp. RL</i> RL. ナガレトビケラ		1											9	1	6		
Glossosomatidae ヤマトビケラ科	9																
<i>Glossosoma sp.</i> ヤマトビケラ属		1	1	4								1	35	3	4	1	1
Limnephilidae エグリトビケラ科	10																
<i>Goera sp.</i> ニンギョウトビケラ属		1										1		1	3		

次のページに続く

Lepidostomatidae	カクツツトビケラ科	9																		
<i>Goerodes japonicus</i>	コカクツツトビケラ		1		1	8	5				3	2								
COLEOPTERA	鞘翅目 (甲虫目)																			
Fsephenidae	ヒラタドロムシ科	8	2		1	3	10	11	1				7	20	2					
Elmidae	ヒメドロムシ科	8	1		4		10	5	7	2			3	6	7	3				1
DIPTERA	双翅目																			
Tipulidae	ガガンボ科	8	1		12	37	20	37	5	7			16	50	28	205	25	69		
Blepharoceridae	アミカ科	10	1										13							
Simuliidae	ブユ科	7	1			1	3						8			3				
Chironomidae	ユスリカ科 (腹鯉なし)	3			6	5	51	4	10	3			240	218	106	356	62	65		
Ceratopogonidae	ヌカカ科	7	1										3		1	1				
Athericidae	ナガレアブ科	8	1		1	1							27	4		8				
TRICHIADIDA	ウズムシ目																			
Dugesidae	ドゲッシア科	7	1				1									1				
HIRUDINEA	ヒル綱	2	3							2							1			
	総個体数				317	426	343	422	156	125	1009	971	411	1483	266	766				
	総種数				24	24	23	25	21	15	33	34	27	38	25	26				
	総科数				14	15	15	16	13	9	19	18	16	21	12	13				
	ASPT値 (平均スコア値)				7.9	7.9	7.8	7.5	7.8	7.4	8.1	7.9	7.9	8.0	7.9	8.0				
	多様性指数				3.1	3.6	3.6	3.2	3.4	2.5	3.4	3.9	3.3	3.6	3.8	3.3				
	汚濁指数				1.02	1.06	1.17	1.19	1.21	1.13	1.00	1.02	1.06	1.09	1.09	1.06				
	水質判定				OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS				

OS: 貧腐水性水域

表3. 附着珪藻の相対出現頻度 (%) と水質評価

種	汚濁階級指数	1996年9月						1997年2月												
		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6							
<i>Achnanthes crenulata</i>	1		0.2																	
<i>A. japonica</i>	1	11.7	77.6	85.3	90.5	72.4	94.1	24.5	42.3	73.4	77.4	78.5	61.4							
<i>A. lanceolata</i>	1		3.7	0.2				0.1	0.9											
<i>A. minutissima</i>	3				0.4	0.3			0.3		2.0	6.2	0.7							
<i>Amphora perpusilla</i>					0.3			0.5	0.3											
<i>Ceratoneis arcus</i>	1							4.7	7.0	0.2	2.0									
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	1	0.4	1.2	0.2	0.4	1.1	0.6		0.9		0.1	0.5	0.2							
<i>Cymbella minuta</i>		0.1	0.7			3.2	0.4	15.2	3.2	4.3	4.9	0.7	5.5							
<i>C. sinuata</i>	1	0.2	0.5	0.5				3.0	0.6	0.2	0.5	0.4								
<i>C. turgidula</i> var. <i>turgidula</i>	1	7.2	1.7	2.3	0.4	9.8		26.6	12.2	6.9	4.0	2.5	12.7							
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	1	0.5		0.1				1.7	1.4	0.4	0.3	0.4	2.0							
<i>Gomphonema angustatum</i>	4							0.8	0.3			0.4								
<i>G. clevei</i>	1		0.3		0.5	1.3	3.3		2.9	5.9	0.4		1.0							
<i>G. helveticum</i>	1		0.3	4.2	5.2	8.0	0.6		2.9			0.4	0.8							
<i>G. parvulum</i>	4				0.3															
<i>G. quadripunctatum</i>	1							7.1	7.3	2.0	0.7		5.9							
<i>G. vibrio</i> var. <i>pumilum</i>	1	0.5	5.6	1.3	1.0	2.4				1.3	0.3	0.4	0.3							
<i>Melosira varians</i>	1		0.3								0.3	0.7								
<i>Navicula cryptocephala</i>	3				0.3	0.5														0.1
<i>N. decussis</i>	1	0.5	0.3																	
<i>N. radiosa</i> var. <i>tenella</i>	2		0.5		0.8				0.6		0.4	0.4	0.2							
<i>N. salinarum</i> var. <i>intermedia</i>	3		0.3																	
<i>N. thienemannii</i>			0.5																	
<i>Nitzschia dissipata</i>	1								4.3	1.0	0.1	1.6	1.1							
<i>N. frustulum</i>	2	78.5	4.4	5.2				5.8	0.6	0.1	0.7									
<i>N. palea</i>	4			0.2																
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	1		1.2	0.4		0.3	1.1													0.3
<i>Synedra acus</i>	1	0.3	0.8	0.2		0.8		2.8	2.0	0.2		2.5	1.7							
<i>S. inaequalis</i>	2	0.1						7.0	11.6	1.4	4.7		0.7							
<i>S. rumpens</i>	2											4.6								
<i>S. rumpens</i> var. <i>familiaris</i>	2										1.3		5.5							
<i>S. rumpens</i> var. <i>meneghiniana</i>	2																			0.1
<i>S. ulna</i>	2							0.2	1.5											
汚濁指数		1.79	1.05	1.06	1.03	1.02	1.00	1.18	1.16	1.02	1.12	1.19	1.08							
水質判定		β -ms	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS							

OS: 貧腐水性水域
 β -ms: β -中腐水性水域

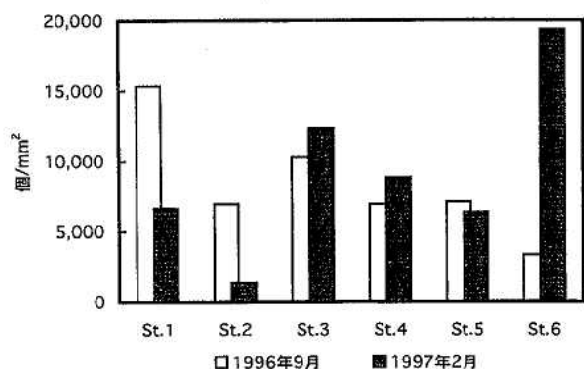


図2. 附着珪藻の個体数

なかった *Ephemerella nigra* (クロマダラカゲロウ) が冬季では多く出現した。ASPT値は夏季, 冬季ともに7.9で, 多様性指数は夏季で3.6, 冬季で3.9, 汚濁指数は夏季1.06, 冬季1.02で, ともに貧腐水性水域となった。

附着珪藻については夏季が個体数7,000個/mm², 種類数18, 冬季が個体数1,300個/mm², 種類数19であった。出現頻度は夏季, 冬季ともに *A. japonica* でそれぞれ77.6%, 42.3%であった。汚濁指数は夏季が1.05, 冬季が1.16となり, ともに貧腐水性水域と判定された。

3) St. 3 細原

底生動物では夏季が総科数15, 総個体数343, 冬季が総科数16, 総個体数411であった。出現頻度では夏季第1位が *Epeorus latifolium* (エルモンヒラタカゲロウ) 19.2%, 第2位が *Baetis* spp. (コカゲロウ属) 14.8%で, 冬季第1位 *Chironomidae* (ユスリカ科腹鰓なし) 25.7%, *Rhithrogena japonica* (ヒメヒラタカゲロウ) 14.8%であった。ASPT値は夏季で7.8, 冬季で7.9となり, 多様性指数は夏季で3.6, 冬季で3.3, 汚濁指数は夏季1.17, 冬季1.06で, ともに貧腐水性水域となった。

附着珪藻については夏季が個体数10,000個/mm², 種類数12, 冬季が個体数12,000個/mm², 種類数14であった。出現頻度は夏季, 冬季ともに *A. japonica* でそれぞれ85.3%, 73.4%であった。汚濁指数は夏季が1.06, 冬季が1.02となり, ともに貧腐水性水域と判定された。

4) St. 4 析谷

底生動物では夏季が総科数16, 総個体数422, 冬季が総科数21, 総個体数1,483であった。出現頻度は, 夏季第1位が *Stenopsyche sauteri* (チャバネヒゲナガカワトビケラ) 23.9%, 第2位が *Kamimuria* spp. (カミムラカワゲラ属) 22.9%, 冬季第1位が

Chironomidae (ユスリカ科腹鰓なし) 24.0%, *Stenopsyche sauteri* (チャバネヒゲナガカワトビケラ) 15.3%であった。冬季はその他にも *Tipulidae* (ガガンボ科), *Epeorus latifolium* (エルモンヒラタカゲロウ), *Cheumatopsyche echigoensis* (エチゴシマトビケラ) の個体数の数も多く, その結果, 夏季で第2位であった *Kamimuria* spp. (カミムラカワゲラ属) の割合が冬季では減少した。ASPT値は夏季で7.5, 冬季で8.0で, 多様性指数は夏季で3.2, 冬季で3.6, 汚濁指数は夏季1.19, 冬季1.09で, ともに貧腐水性水域となった。

附着珪藻については夏季が個体数6,900個/mm², 種類数11, 冬季が個体数8,800個/mm², 種類数17であった。出現頻度は夏季, 冬季ともに *A. japonica* でそれぞれ90.5%, 77.4%であった。汚濁指数は夏季が1.03, 冬季が1.12となり, ともに貧腐水性水域と判定された。

5) St. 5 原日浦橋

底生動物では夏季が総科数13, 総個体数156, 冬季が総科数12, 総個体数266で, 夏季の出現頻度第1位が *Ecdyonurus yoshidaei* (シロタニガワカゲロウ) 24.3%, 出現頻度第2位は *Cheumatopsyche brevilineata* (コガタシマトビケラ) 17.9%, 冬季の出現頻度第1位が *Chironomidae* (ユスリカ科腹鰓なし) 23.3%, 出現頻度第2位 *Tipulidae* (ガガンボ科) 9.3%の底生動物の出現結果が得られた。ASPT値は夏季で7.8, 冬季で7.9で, 多様性指数は夏季で3.4, 冬季で3.8, 汚濁指数は夏季1.21, 冬季1.09で, ともに貧腐水性水域となった。

附着珪藻では夏季が個体数7,000個/mm², 種類数11, 冬季が個体数6,400個/mm², 種類数15であった。出現頻度は夏季, 冬季ともに *A. japonica* でそれぞれ72.4%, 78.5%であった。汚濁指数は夏季が1.02, 冬季が1.19となり, ともに貧腐水性水域と判定された。

6) St. 6 川辺大橋

底生動物では夏季が総科数9, 総個体数125, 冬季が総科数13, 総個体数766で, 夏季の出現頻度第1位が *Ecdyonurus yoshidaei* (シロタニガワカゲロウ) 56.0%, 第2位が *Epeorus latifolium* (エルモンヒラタカゲロウ) 8.8%, 冬季の出現頻度第1位が *Cheumatopsyche brevilineata* (コガタシマトビケラ) 26.3%, 第2位が *Stausolus japonicus* (ヤマトアミメカワゲラモドキ) 19.3%であった。夏季の出現頻度第1位が冬季では大幅に減少し, ま

た、冬季の出現頻度第2位は夏季では出現しなかった。ASPT値は夏季で7.4、冬季で8.0で、多様性指数は夏季で2.5、冬季で3.3、汚濁指数は夏季1.13、冬季1.06で、貧腐水性水域となった。

付着珪藻では夏季が個体数3,300個/mm²、種類数6、冬季が個体数19,000個/mm²、種類数18であった。出現頻度は夏季、冬季ともに*A. japonica*でそれぞれ94.1%、61.4%であった。汚濁指数は、夏季が1.00、冬季が1.08となり、ともに貧腐水性水域と判定された。

以上、底生動物ではASPT値が夏季で7.4~7.9、冬季で7.9~8.1と調査地点間で大きな差は見られなかったが、冬季は夏季に比べて高い値となった。この数値が夏季、冬季ともに高い値を示していることからこの河川の水質は自然要素が多く残された水環境であったことを示している。また、多様性指数において夏季のSt. 6の2.5を示したのを除いては、3.4前後と高く多種多様な生物が存在していることを示している。汚濁指数と生物学的水質階級評価では、どの調査地点も貧腐水性水域であると判定された。付着珪藻では夏季のSt. 1を除いて貧腐水性水域と判定され、底生動物と同様の結果となったが、St. 1の夏季だけがβ-中腐水性指標種である*Nitzschia frustulum*の出現頻度が大きいためβ-中腐水性水域と判定された。St. 1の冬季では*Nitzschia frustulum*の出現頻度が小さくなり*C. turgidula* var. *turgidula*等の貧腐水性指標種の出現頻度が大きくなったため水環境が回復してきたと考えられる。この水生生物調査によりこの日高川は支流も含め上流域から下流域まで良好な河川環境が保たれているといえる。

最後に、顕微鏡写真による珪藻の同定に際し多大の御助言をいただいた大阪府立公衆衛生研究所の肥塚研究員に対し、深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 島田美昭, 他: 紀の川の水生生物について, 第13回和歌山県公衆衛生学会講演要旨集, 15-16, 1991
- 2) 山本康司, 他: 河川の水生生物調査-有田川水域-, 第14回和歌山県公衆衛生学会講演要旨集, 66-67, 1992
- 3) 中西和也, 他: 日置川水系の底生動物について, 第34回日本公衆衛生学会近畿地方会講演・示説要旨集, 157, 1995
- 4) 中西和也, 他: 底生動物相による古座川の水質評価, 和衛公研年報, 41, 85-91, 1995
- 5) 楠山和弘, 他: 底生動物相による富田川の水質評価, 和衛公研年報, 42, 73-77, 1996
- 6) 全国公害研協議会環境生物部会: 河川の生物学的水域環境評価基準の設定に関する共同研究報告書, 平成7年3月
- 7) 全国公害研協議会環境生物部会“河川の生物学的水域環境評価基準の設定に関する共同研究”ワーキンググループ(山崎ら): 河川の生物学的水域環境評価基準の設定に関する研究-全国公害研協議会環境生物部会共同研究成果報告-, 全国公害研会誌, 21, 114-145, 1996
- 8) 森谷清樹: 多様性指数による水域環境の生態学的評価, 用水と廃水, 18, 729-748, 1976

最近の瀬戸内海水質評価について（その1）経年変化

小山武信・猿棒康量・楠山和弘・城戸 亮

Survey of the water quality in the Seto Inland Sea recently (Part 1) Secular change

Takenobu Koyama, Yasukazu Sarubou, Kazuhiro Kusuyama,
Akihiro Sakamoto and Ryo Kido

We have analyzed statistically the data shown in the book entitled "Comprehensive Regional Survey of Water Quality in the Seto Inland Sea" edited by Environmental Agency of Japan.

This book contains;

a) Water monitoring in each site was performed every season throughout year from 1878 to 1994 (the secular change).

b) The eight indices were measured such as depth, transparency, or pH, DO, COD, T-N (total nitrogen), T-P (total phosphorus), Chlorophyll-a of the upper and lower layers.

As the conclusion, COD of the western part was gradually tending upward, and COD of eastern part was gradually tending downward. The secular change of T-N and T-P was a gradual upward tendency in the whole sea area.

The results analyzed indicated that water quality in the Seto Inland Sea was almost unchanged for more than 16 years, even if their tendencies of secular changes as for the indices of the eight items of water quality were different in each sea area.

キーワード：経年変化，ヒストグラム，正規分布，変動係数，分散分析

Key words: secular change, histogram, normal distribution, coefficient of variation analysis of variance, analysis of variance

はじめに

そもそも，環境庁より委託を受けた瀬戸内海環境保全協会のもと，協会構成団体である関係府県の公害関係職員からなるワーキンググループによりこの程「瀬戸内海環境管理基本調査（総合解析編）及び（底質重金属解析編）」を作成し，環境庁へ報告^{1, 2)}された。

そこで，今回環境庁への報告と「広域総合水質調査データ集（瀬戸内海調査）」³⁾の16年間のデータ等^{4, 5)}を踏まえ，新たに考察を行ったのでここに報告をする。

調査方法

環境庁の「広域総合水質調査データ集（瀬戸内海調査）」に基づいた。

1. 調査地点及び期間

環境庁では，瀬戸内海における水道・海域及び湾水質環境部

の海域区分をFigure 1. のように18に分け，それぞれ海域区分に含まれる採水調査地点に瀬戸内海全域を115地点の定点とし，年間4回（春・夏・秋・冬）の16年間（1978年～1994年まで一部欠測値も含まれる）実施されたデータ集について，我々はその海域を12（大阪湾・紀伊水道・播磨灘・備讃瀬戸・備後灘・燧灘・安芸灘・広島湾・伊予灘・周防灘・豊後水道・響灘）区域として解析を行った。

2. 分析項目

pH・DO・COD・T-N (total nitrogen)・T-P (total phosphorus) 及びChlorophyll-aについて，海域の上層と下層に分けた6指標のデータと透明度及び水深のデータを使用した。

結果と考察

1. 結果

我々は膨大なデータの中から瀬戸内海全海域水質データの上下層8項目を選択し，各年間平均値を

Table 1-1. に示した。また、各年間の上層と下層データについて、各項目別に12海域のそれぞれ年間平均値をTable 1-2-1. ~1-2-7. に示した。

さらにFigure 2-1. ~2-7. でそれらデータの持つ分布状況を見る上で最も有効なグラフ化の方法はヒストグラムで、それに正規分布曲線及び基礎統計量を示し、Figureは3段に分け、1段目は瀬戸内海全域の上下層を示し、2段目及び3段目は各海域別の上層及び下層のヒストグラムで区間幅を等間隔にする事により各海域のデータ分布状況を示した。また以下に用いる変動係数は測定値のバラツキを表すのに標準偏差(σ)が用いられるが、例えば測定値の平均値が σ と殆ど同じ大きさの場合と平均値が σ に比べて十分に大きい場合と比べて見ると σ が同じでも平均値に対する相対的なバラツキは異なり、バラツキそのものよりも平均値の大きさとの比較の意味がある場合に用いられ、通常は標準偏差を平均値で割った量が百分率で表される。

1-1. 水深と透明度

1) 水 深

Figure 2-1. より、1段目の瀬戸内海全域の水深について、ヒストグラムの基礎統計量から変動係数が1.4%と各海域の定点観測として殆ど正確に採水されていることが同われ、2段目の各12海域のヒストグラムから深さの位置が明確で、同じく変動係数が10%以内と正確さが確認された。

2) 透 明 度

同じく1段目の瀬戸内海全域の透明度について、ヒストグラムの基礎統計量から変動係数が10%以内で3段目の各12海域のヒストグラムより殆どが正規分布曲線に近いが特に紀伊水道及び豊後水道と比べて紀伊水道の標準偏差が約1.6倍も悪いことが判明した。

1-2. pH

Figure 2-2. より、1段目の瀬戸内海全域のpHについて、上層と下層で分布の幅に差があり、上層はpH8.10~8.30で下層はpH8.00~8.20で有り、各12海域の上下層とも大阪湾・備讃瀬戸及び響灘は比較的裾幅がpH7.95~8.45と広い分布を持ち、それ以外の海域は瀬戸内海全域のバラツキ幅と比べてほぼ同じ、正規分布曲線に近いことが判明した。

1-3. DO

Figure 2-3. より、1段目の瀬戸内海全域のDOについて、上層と下層で濃度差が有りヒストグ

ラムの基礎統計量から変動係数が3%以内とほぼ同じで正規分布曲線に近く、2, 3段目の各12海域の上下層について変動係数も大阪湾上層の7.6%を除いて5%前後とほぼ同じで、正規分布曲線に近いことが判明した。

1-4. COD

Figure 2-4. より、1段目の瀬戸内海全域のCODについて、上層と下層で濃度差が有りヒストグラムの基礎統計量から変動係数が7%前後とほぼ同じで正規分布曲線に近く、2, 3段目の各12海域の上下層について、まず上層の変動係数は8~18%とバラツキ幅が大きく、特に備讃瀬戸及び響灘の変動係数が25%以内で、ついで下層の変動係数も6~18%と大きなバラツキ幅が有り特に上層と同じく備讃瀬戸の変動係数が22%以上で、瀬戸内海全域と各12海域と比べてかなり変動幅の有ることが判明した。

1-5. T-N

Figure 2-5. より、1段目の瀬戸内海全域のT-Nについて、上下層であまり濃度差が無くヒストグラムの基礎統計量から変動係数も10%以内とほぼ同じで正規分布曲線に近く、2, 3段目の各12海域についてまず、上層の変動係数は特に紀伊水道・備讃瀬戸及び響灘を除いて20%以内で中でも響灘は約49%とバラツキ幅が大きいのに対し、下層の変動係数は特に紀伊水道以外、上層の各海域の変動係数と同じで下層の測定値の方が幾らか安定していることが判明した。

1-6. T-P

Figure 2-6. より、1段目の瀬戸内海全域のT-Pについて、上下層とも濃度差が無くヒストグラムの基礎統計量から変動係数も10%以内とほぼ同じであったのに対し、上層はほぼ正規分布曲線に近く、下層は二山形のヒストグラムを示した。次に2, 3段目の各12海域についてまず上層の変動係数は特に大阪湾・播磨灘・燧灘及び響灘を除いても7~20%とバラツキ幅が広く、しかも響灘は49%を示した。また下層の変動係数は特に紀伊水道及び響灘を除いても上層と同じで響灘は32%を示した。これらのバラツキは濃度の薄さに起因するものと思われた。

1-7. Chlorophyll-a

Figure 2-7. より、1段目の瀬戸内海全域のChlorophyll-aについて、上層と下層で濃度差が有り、ヒストグラムの基礎統計量から変動係数も30%以内とバラツキ幅が大きく、また2, 3段目の各12海域についてまず、上層の変動係数は特に紀伊水

道・播磨灘及び響灘が40%以上で大阪湾も裾幅の広いバラツキ幅を持ち、それ以外の海域も19~40%を示した。さらに下層の変動係数は特に大阪湾・紀伊水道・播磨灘及び響灘が35%以上で、その他の海域が13~25%である事を示した。

2. 考 察

今、いくつかの変動要因が実験データに及ぼす影響を調べて、どの要因がデータに有意な変動を与えているかを検定し、その度合いを推定する方法として分散分析手法が考えられるが、変動要因として分析項目に対する経年変化及び2層（上層と下層）の関係の2元配置分散分析と同じく各海域に層別した場合の経年変化と12海域の関係の2元配置分散分析が挙げられる。そこで、経年変化についての特性挙動をヒストグラムとの相関性を見るため、Figureは3段に分け、1段目は瀬戸内海全域の上下層を示し、2段目及び3段目は各海域別の上層及び下層の特性をFigure 3-1. ~3-7. に示した。さらにそれらの内、各海域同士重なった海域特性についてはそれぞれ各海域毎に特性を検討した後、特性の類似する海域を選択の上、Figure 3-8-1. ~3-8-7. に示した。次に、それらの分散分析結果は瀬戸内海全域についての分散分析検定結果をTable 2-1. に示し、各海域別についての分散分析検定結果をTable 2-2. に示した。

2-1. 水深及び透明度

1) 水 深

Figure 3-1. より、1段目の瀬戸内海全域の水深及び透明度の経年変化について、まず水深は総平均値32.1mに対する変動係数が1.4%であることから、殆ど横這い状態を示した。また2段目の各12海域の経年変化に付いても、各海域により深さが異なるけれど、概ね横這い状態で、変動係数も10%以内であることから定点観測もほぼ正確に測定されていることが推定された。分散分析の検定結果はTable 2-2. より経年変化に対し有意差が無く、当然の事ながら各海域の間に危険率1%で有意差のあることが判明した。

2) 透 明 度

同じくFigure 3-1. より、1段目の瀬戸内海全域の透明度の経年変化について、総平均値6.7mに対する変動係数が6.3%で、概ね横這い状態を示した。次の3段目の各12海域について特に、特徴的挙動を示す海域の経年変化についてFigure 3-8-1. の上図で示したように瀬戸内海東部の大阪湾・

紀伊水道・備後灘及び燧灘の海域において最近やや下降傾向を示したのに対し、同じく下図の播磨灘及び響灘の様に上昇傾向を示した。分散分析の検定結果はTable 2-2. より経年変化及び各海域の間に危険率1%で有意差のあることが判明した。

2-2. pH

Figure 3-2. より、1段目の瀬戸内海全域のpHの経年変化について、まず上層及び下層とも全体的に上下の差を保ちながら下降傾向を示した。分散分析の検定結果はTable 2-1. より経年変化及び層別間に危険率1%で有意差のあることが判明した。次に2段目及び3段目の各12海域について、全体的に下降傾向を示し、且つ、変動係数が一番小さい、比較的横這い状態の海域を選択した経年変化をFigure 3-8-2. に示した。まず、上層では伊予灘及び豊後水道で有り、下層は広島湾及び伊予灘で最近やや下降傾向を示した。分散分析の検定結果は上層及び下層とも、Table 2-2. より経年変化及び各海域の間に危険率1%で有意差のあることが判明した。

2-3. DO

Figure 3-3. より、1段目の瀬戸内海全域のDOの経年変化について、まず上層及び下層に濃度差が有り概ね横這い状態を示した。分散分析の検定結果はTable 2-1. より経年変化及び層別間に危険率1%で有意差のあることが判明した。次に2段目及び3段目の各12海域について、上層及び下層で特に特徴的挙動を示す海域の経年変化についてFigure 3-8-3. に示した。上層では大阪湾・播磨灘及び燧灘はやや上昇傾向で、紀伊水道及び備後瀬戸がやや下降傾向を示した。また下層では瀬戸内海東部（大阪湾・播磨灘及び燧灘）の方がやや下降傾向を示し、瀬戸内海西部（安芸灘・広島湾・伊予灘・周防灘及び響灘）が上昇傾向を示した。分散分析の検定結果は上層及び下層ともTable 2-2. より経年変化及び各海域の間に危険率1%で有意差のあることが判明した。

2-4. COD

Figure 3-4. より、1段目の瀬戸内海全域のCODの経年変化について、まず上層及び下層に濃度差が有り概ね横這い状態を示した。分散分析の検定結果はTable 2-1. より経年変化に対し危険率5%で有意差が有り、層別間に危険率1%で有意差の有ることが判明した。次に2段目及び3段目の各12海域について、上層及び下層で特に特徴的挙動

を示す海域の経年変化について上層の瀬戸内海東部及び西部と下層の瀬戸内海東部及び西部について、Figure 3-8-4. に示した。上層では西部の広島湾及び響灘が上昇傾向を示し、東部の大阪湾及び燧灘は下降傾向を示した。また下層では広島湾・周防灘及び響灘が上昇傾向を示し、東部の播磨灘及び燧灘は下降傾向を示した。分散分析の検定結果は上層及び下層ともTable 2-2. より経年変化及び各海域の間に危険率1%で有意差のあることが判明した。

2-5. T-N

Figure 3-5. より、1段目の瀬戸内海全域のT-Nの経年変化について、上層及び下層に濃度差が僅かに有り、増加の傾向を示した。分散分析の検定結果はTable 2-1. より経年変化及び層別間に危険率1%で有意差のあることが判明した。次に2段目及び3段目の各12海域について、上層及び下層で特に特徴的挙動を示す海域の経年変化についてFigure 3-8-5. に示した。まず瀬戸内海全域で上昇傾向を示した中で、上層では大阪湾及び豊後水道がやや下降傾向を示し、下層では大阪湾及び備讃瀬戸の海域がやや下降傾向を示した。分散分析の検定結果は上層及び下層ともTable 2-2. より経年変化に危険率5%で有意差のあることが判明し、各海域の間に危険率1%で有意差のあることが判明した。

2-6. T-P

Figure 3-6. より、1段目の瀬戸内海全域のT-Pの経年変化について、上層及び下層に濃度差が殆ど無く、最近はやや増加の傾向を示した。分散分析の検定結果はTable 2-1. より経年変化に対し危険率1%で有意差が有り、層別間に有意差の無いことが判明した。次に2段目及び3段目の各12海域について、上下層ではっきりと下降傾向を示す大阪湾以外で上層及び下層で特に特徴的挙動を示す海域の経年変化についてFigure 3-8-6. に示した。やはり瀬戸内海の部分的ではあるが上下層とも播磨灘・備後灘・燧灘・広島湾及び周防灘では最近やや増加の傾向を示した。分散分析の検定結果はTable 2-2. より上層の経年変化に対し有意差が無く、下層の経年変化に対し危険率1%有意差が有り、一方各海域の間に上下層とも危険率1%で有意差のあることが判明した。

2-7. Chlorophyll-a

Figure 3-7. より、1段目の瀬戸内海全域の

Chlorophyll-aの経年変化について、まず上層及び下層に濃度差が有り最近概ね横這い状態を示した。分散分析の検定結果はTable 2-1. より経年変化に対し有意差が無く、層別間に危険率1%で有意差の有ることが判明した。次に2段目及び3段目の各12海域について、上層及び下層で特に特徴的挙動を示す海域の経年変化について上層の瀬戸内海東部及び西部と下層の瀬戸内海東部及び西部についてFigure 3-8-7. に示した。上層では西部の広島湾・伊予灘・周防灘及び響灘が上昇傾向を示し、一方東部の紀伊水道及び播磨灘は下降傾向を示した。また下層でも広島湾・伊予灘・周防灘及び響灘が上昇傾向を示したのに対し、東部の大阪湾・紀伊水道及び播磨灘は下降傾向を示した。分散分析の検定結果はTable 2-2. より上層の経年変化に対し危険率5%で有意差が有り、また下層の経年変化に対し危険率1%で有意差のあることが判明した。一方各海域の間に上下層ともTable 2-2. より危険率1%で有意差のあることが判明した。

ま と め

今回は多変量で大容量のデータ解析の試みとして平均値のバラッキ挙動をグラフ化によるヒストグラムにより各項目の分布状況を整理し、またそれらのデータ変動要因について及ぼす影響を調べてどの要因がデータに有意な変動を与えているかを検定する分散分析により水質評価を行った。

1. ヒストグラム

1) 水深及び透明度

透明度は水深に比べてヒストグラムのバラッキ幅が大きく、変動係数も7.5~20%示した。

2) pH

上下層の分布に差は見られたが各海域に於けるヒストグラムのバラッキ幅が大きい割に変動係数が大阪湾及び響灘以外は10%以内を示した。

3) DO

上下層分布の濃度差は見られたが各海域に於けるヒストグラムのバラッキ幅も殆ど正規分布曲線に近く、各海域に於けるヒストグラムのバラッキ幅も殆ど正規分布曲線に近い分布を示した。

4) COD

上下層分布の濃度差は見られたがほぼ同じ正規分布曲線に近い分布であるのに対し、各海域に於けるヒストグラムのバラッキ幅が大きく、しかも大きい

変動係数が目立った。

5) T-N

上下層の分布の濃度差は少なく変動係数も10%であるのに対し、各海域に於けるヒストグラムのバラツキ幅が大きく、上層の響灘は変動係数が49%を示したのに対し、下層の紀伊水道の変動係数が22%と比較的バラツキ幅が上層と比べて安定していた。

6) T-P

上下層の分布の濃度差は無く変動係数も10%であるのに対し、各海域に於けるヒストグラムのバラツキ幅が大きく、特に響灘の変動係数は上層及び下層とも30%以上を示した。

7) Chlorophyll-a

上下層分布の濃度差は見られ、変動係数も30%以内を示した。また各海域に於けるヒストグラムのバラツキ幅が大きく、上下層とも特に大阪湾・紀伊水道・播磨灘及び響灘の変動係数は30%以上を示した。

2. 各項目について上層及び下層の経年変化における分散分析結果

1) 水深及び透明度

瀬戸内海全域について、水深及び透明度の水質経年変化は概ね横這い状態で、各12海域に於ける水質経年変化は瀬戸内海東部（大阪湾・紀伊水道・備後灘及び燧灘）の海域において最近やや下降傾向を示したのに対し、播磨灘及び瀬戸内海西部（響灘）の様にならや上昇傾向を示した。分散分析の検定結果は経年変化及び各海域の間に危険率1%で有意差のあることが判明した。

2) pH

瀬戸内海全域について、pHの水質経年変化は上下層とも平行して下降傾向を示し、分散分析の検定結果は経年変化及び層別間に危険率1%で有意差のあることが判明した。また各12海域に於ける水質経年変化は上下層とも下降ぎみの内、上層では伊予灘及び豊後水道で有り、下層では広島湾及び伊予灘も最近やや下降傾向を示した。分散分析の検定結果は上層及び下層とも経年変化及び各海域の間に危険率1%で有意差のあることが判明した。

3) DO

瀬戸内海全域について、DOの水質経年変化は上下層とも平行して概ね横這い状態で、分散分析の検定結果は経年変化及び層別間に危険率1%で有意差のあることが判明した。また各12海域に於ける水質経年変化は上層では大阪湾・播磨灘及び燧灘はやや上昇傾向で、紀伊水道及び備讃瀬戸がやや下降傾向

示したのに対し、下層では瀬戸内海東部（大阪湾・播磨灘及び燧灘）の方がやや下降傾向を示し、瀬戸内海西部（安芸灘・広島湾・伊予灘・周防灘及び響灘）が上昇傾向を示した。分散分析の検定結果は上層及び下層とも経年変化及び各海域の間に危険率1%で有意差のあることが判明した。

4) COD

瀬戸内海全域について、CODの水質経年変化は上下層とも平行して概ね横這い状態で、分散分析の検定結果は経年変化に対し危険率5%で有意差が有り、層別間に危険率1%で有意差の有ることが判明した。また各12海域に於ける水質経年変化は上下層とも同じく瀬戸内海東部はやや下降傾向で、瀬戸内海西部がやや上昇傾向を示した。分散分析の検定結果は上層及び下層とも経年変化及び各海域の間に危険率1%で有意差のあることが判明した。

5) T-N

瀬戸内海全域について、T-Nの水質経年変化は上下層とも余り濃度差がなくやや増加傾向を示した。分散分析の検定結果は経年変化及び層別間に危険率1%で有意差のあることが判明した。また、各12海域に於ける水質経年変化は上層では大阪湾及び豊後水道がやや下降傾向を示し、下層では大阪湾及び備讃瀬戸の海域がやや下降傾向を示した。分散分析の検定結果は上層及び下層とも経年変化及び各海域の間に危険率1%で有意差のあることが判明した。

6) T-P

瀬戸内海全域について、T-Pの水質経年変化は上下層とも殆ど濃度差がなくやや増加傾向を示した。分散分析の検定結果は経年変化に対し危険率1%で有意差が有り、層別間に有意差の無いことが判明した。また、各12海域に於ける水質経年変化は瀬戸内海の部分的ではあるが上下層とも播磨灘・備後灘・燧灘・広島湾及び周防灘では最近やや増加の傾向を示した。分散分析の検定結果は上層の経年変化に対し有意差が無く、下層の経年変化に対し危険率1%で有意差の有ることが判明した。

7) Chlorophyll-a

瀬戸内海全域について、T-Pの水質経年変化は上層及び下層に濃度差が有り最近概ね横這い状態を示した。分散分析の検定結果は経年変化に対し有意差が無く、層別間に危険率1%で有意差の有ることが判明した。また、各12海域に於ける水質経年変化は上下層とも同じく、瀬戸内海東部がやや下降傾向で、瀬戸内海西部がやや上昇傾向を示した。分散

分析の検定結果は上層及び下層とも経年変化及び各海域の間に危険率1%で有意差のあることが判明した。

参 考 文 献

- 1) 環境庁水質保全局：平成8年度環境庁請負業務結果報告書、「瀬戸内海環境管理基本調査（総合解析編）」平成9年3月
- 2) 環境庁水質保全局：平成8年度環境庁請負業務結果報告書、「瀬戸内海環境管理基本調査（底質

- 重金属解析編）」平成9年3月
- 3) 環境庁水質保全局（1978-1994）：昭和53年度～平成6年度 広域水質総合調査データ集（瀬戸内海）
- 4) 小山武信，他：紀伊水道東部海域における最近10ヶ年間の水質及び底質の評価について，和衛公研年報，40，46-71，1994
- 5) 小山武信，他：加太地区の地域開発による土地利用に伴う水質評価，和衛公研年報，38，46-71，1994

Table 1-1. The change of water quality in the Seto Inland Sea : the whole sea

	Depth (m)	Trans. (m)	pH		DO (mg/L)		COD (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)		Chlorophyll-a (mg/L)	
			Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower
1978	32.2	6.9	8.22	8.17	7.7	7.0	1.6	1.4	0.271	0.262	0.030	0.031	3.7	2.0
1979	32.5	6.7	8.20	8.13	8.2	7.4	1.6	1.7	0.288	0.265	0.031	0.033	4.2	4.9
1980	32.4	6.1	8.18	8.19	8.1	7.6	1.5	1.3	0.285	0.267	0.028	0.029	4.1	2.6
1981	32.8	7.0	8.23	8.18	8.2	7.7	1.6	1.3	0.241	0.235	0.025	0.026	4.2	2.5
1982	31.8	6.9	8.23	8.17	8.1	7.7	1.7	1.5	0.258	0.227	0.026	0.024	3.7	2.3
1983	32.1	7.2	8.20	8.15	7.9	7.4	1.7	1.5	0.246	0.234	0.024	0.025	4.0	2.5
1984	31.5	6.9	8.19	8.13	8.3	7.7	1.7	1.4	0.273	0.253	0.024	0.025	4.3	2.4
1985	31.5	6.1	8.24	8.15	8.4	7.9	1.9	1.5	0.295	0.271	0.025	0.025	5.7	2.7
1986	31.7	5.9	8.19	8.12	8.4	7.5	1.9	1.6	0.312	0.258	0.027	0.027	6.0	2.9
1987	32.2	6.2	8.18	8.14	8.0	7.5	1.8	1.6	0.280	0.248	0.026	0.025	3.0	2.1
1988	32.7	6.5	8.13	8.09	7.8	7.3	1.9	1.6	0.302	0.281	0.029	0.028	3.0	1.9
1989	32.2	6.7	8.18	8.14	7.8	7.2	1.8	1.5	0.324	0.277	0.027	0.025	3.1	1.9
1990	32.1	7.0	8.19	8.12	8.1	7.4	1.9	1.6	0.294	0.275	0.026	0.028	3.4	2.2
1991	31.9	6.9	8.14	8.09	8.1	7.3	1.7	1.5	0.312	0.286	0.028	0.029	3.3	2.3
1992	33.0	6.2	8.15	8.11	8.1	7.4	1.7	1.5	0.303	0.286	0.029	0.029	3.4	2.4
1993	32.1	6.7	8.17	8.10	8.3	7.4	1.8	1.5	0.274	0.256	0.026	0.026	4.4	2.2
1994	31.4	7.3	8.17	8.13	7.9	7.5	1.7	1.5	0.254	0.254	0.025	0.026	2.9	2.3

Table 1 - 2 - 1. The changes of Depth & Transparency in the Seto Inland Sea : each sea area (m)

		Osaka	Kii	Harima	Bisan	Bingo	Hiuchi	Aki	Hirosima	Iyo	Suo	Bungo	Hibiki
1978	Depth	26.9	44.2	29.6	21.8	20.3	21.2	22.7	25.1	42.5	20.9	68.8	13.1
	Transparency	4.4	7.2	5.6	4.6	5.7	7.9	7.1	4.2	8.7	6.7	12.5	5.0
1979	Depth	27.8	45.6	30.8	20.5	21.0	20.4	21.4	25.5	45.3	20.6	71.5	12.8
	Transparency	4.5	7.6	5.1	4.2	5.4	7.8	7.0	6.2	8.0	6.3	11.5	4.9
1980	Depth	27.7	45.2	30.9	22.0	20.6	20.7	20.5	25.4	44.5	20.4	69.5	12.6
	Transparency	4.8	8.7	6.1	3.3	4.6	5.4	6.3	4.4	6.6	5.5	10.6	4.0
1981	Depth	27.2	45.0	30.2	21.7	20.5	19.9	20.8	25.3	47.6	20.4	71.1	12.6
	Transparency	4.4	9.8	6.9	4.8	5.3	7.1	5.4	4.7	7.0	6.4	12.4	5.6
1982	Depth	26.8	43.4	30.0	20.3	19.6	20.6	25.7	25.3	48.1	20.1	70.7	12.4
	Transparency	4.9	7.3	6.6	5.2	5.7	6.5	6.8	6.0	7.7	6.1	12.4	5.0
1983	Depth	27.3	43.4	30.6	21.0	21.4	21.0	25.6	24.7	44.5	21.0	71.2	12.6
	Transparency	4.4	10.2	7.3	5.3	5.6	7.2	5.8	5.9	7.8	6.5	11.9	7.0
1984	Depth	27.3	43.0	30.5	21.5	20.7	21.2	23.8	27.9	43.1	24.2	71.2	12.9
	Transparency	5.5	10.6	7.2	4.3	4.8	7.0	5.7	5.7	8.2	5.0	11.3	5.7
1985	Depth	27.0	42.7	30.2	22.0	20.8	21.1	23.9	25.1	43.5	21.7	71.2	13.8
	Transparency	3.8	6.5	6.3	4.1	4.5	6.7	5.6	4.7	7.5	5.2	11.0	3.5
1986	Depth	26.9	43.5	30.5	22.5	20.5	20.8	23.9	24.1	45.0	21.2	72.7	13.0
	Transparency	4.3	7.8	6.5	3.6	4.1	5.9	5.0	3.8	7.3	4.7	10.4	6.0
1987	Depth	25.9	42.3	30.1	22.8	19.7	21.7	22.8	25.5	45.5	20.5	73.0	13.1
	Transparency	4.5	6.5	7.1	3.9	4.7	5.8	5.1	5.3	7.3	5.3	11.3	5.2
1988	Depth	26.1	43.9	30.5	24.4	20.4	21.7	24.9	24.8	45.7	20.9	73.7	12.7
	Transparency	3.8	6.1	6.7	5.7	5.1	6.5	5.6	6.5	7.4	5.6	13.4	4.9
1989	Depth	26.5	44.0	29.6	22.1	20.4	21.4	21.9	26.0	45.7	20.5	72.6	12.8
	Transparency	5.0	8.4	6.9	4.0	4.8	6.0	5.7	6.3	7.8	5.4	12.0	5.1
1990	Depth	26.0	43.2	29.6	22.8	18.0	20.9	21.5	25.8	44.1	21.8	72.0	13.5
	Transparency	4.2	7.1	7.4	3.9	4.8	6.2	6.2	5.8	8.9	7.0	11.9	6.2
1991	Depth	26.6	42.8	33.5	21.4	16.8	20.7	21.9	25.8	45.6	20.3	73.6	12.9
	Transparency	3.4	5.5	7.0	4.3	5.0	6.6	5.9	5.6	8.7	6.8	13.5	6.2
1992	Depth	26.1	43.7	28.9	21.6	17.1	19.7	22.5	25.6	49.3	26.0	71.6	13.7
	Transparency	3.7	7.2	6.4	4.1	4.2	5.4	4.9	5.0	8.0	6.0	11.4	4.3
1993	Depth	25.9	43.4	28.8	20.5	17.0	19.7	22.0	25.2	47.5	22.1	72.4	12.5
	Transparency	4.1	7.7	6.5	3.9	4.0	5.8	5.6	5.9	9.4	6.1	11.8	4.9
1994	Depth	26.8	43.2	28.5	21.2	16.8	19.5	22.8	25.3	46.3	20.2	73.5	12.7
	Transparency	4.4	8.1	7.7	3.6	4.7	5.7	5.3	7.3	10.3	6.7	12.9	5.1

Table 1 - 2 - 2. The changes of pH in the Seto Inland Sea : each sea area

		Osaka	Kii	Harima	Bisan	Bingo	Hiuchi	Aki	Hirosima	Iyo	Suo	Bungo	Hibiki
1978	Upper	8.30	8.19	8.26	8.25	8.14	8.24	8.07	8.21	8.18	8.24	8.19	8.31
	Lower	8.24	8.13	8.12	8.24	8.10	8.20	8.06	8.07	8.15	8.21	8.17	8.28
1979	Upper	8.40	8.20	8.18	8.23	8.14	8.26	8.10	8.14	8.18	8.20	8.19	8.22
	Lower	8.23	8.18	8.05	8.21	8.09	8.20	8.08	8.05	8.15	8.15	8.18	8.23
1980	Upper	8.24	8.11	8.15	8.17	8.15	8.23	8.09	8.13	8.18	8.23	8.24	8.14
	Lower	8.17	8.09	8.09	8.16	8.12	8.19	8.08	8.07	8.16	8.18	8.20	8.17
1981	Upper	8.41	8.14	8.14	8.19	8.12	8.22	8.06	8.11	8.22	8.32	8.28	8.19
	Lower	8.23	8.11	8.09	8.18	8.10	8.18	8.05	8.06	8.20	8.25	8.25	8.21
1982	Upper	8.40	8.13	8.12	8.20	8.10	8.24	8.09	8.14	8.22	8.44	8.25	8.23
	Lower	8.25	8.10	8.09	8.20	8.09	8.20	8.10	8.08	8.20	8.21	8.25	8.23
1983	Upper	8.18	8.14	8.14	8.26	8.19	8.20	8.13	8.21	8.19	8.24	8.24	8.24
	Lower	8.07	8.09	8.08	8.23	8.15	8.17	8.12	8.07	8.17	8.21	8.21	8.24
1984	Upper	8.29	8.13	8.16	8.16	8.10	8.20	8.09	8.19	8.21	8.24	8.25	8.16
	Lower	8.10	8.08	8.06	8.15	8.08	8.16	8.09	8.06	8.17	8.18	8.23	8.17
1985	Upper	8.35	8.20	8.11	8.09	8.19	8.21	8.17	8.28	8.25	8.33	8.28	8.28
	Lower	8.12	8.09	8.00	8.06	8.12	8.15	8.15	8.10	8.20	8.24	8.24	8.28
1986	Upper	8.20	8.12	8.20	8.11	8.12	8.24	8.14	8.22	8.20	8.23	8.24	8.13
	Lower	8.05	8.07	8.09	8.11	8.05	8.18	8.12	8.06	8.15	8.14	8.22	8.13
1987	Upper	8.24	8.09	8.13	8.02	8.09	8.19	8.14	8.15	8.23	8.22	8.28	8.34
	Lower	8.14	8.06	8.05	8.05	8.08	8.15	8.14	8.08	8.20	8.17	8.26	8.33
1988	Upper	8.20	8.14	8.00	7.99	8.09	8.17	8.13	8.14	8.17	8.17	8.22	8.13
	Lower	8.06	8.09	7.95	7.98	8.07	8.11	8.11	8.06	8.15	8.13	8.20	8.12
1989	Upper	8.20	8.13	8.16	8.11	8.09	8.18	8.12	8.15	8.21	8.23	8.26	8.07
	Lower	8.12	8.11	8.10	8.11	8.10	8.14	8.12	8.08	8.19	8.19	8.25	8.08
1990	Upper	8.39	8.14	8.13	8.09	8.13	8.25	8.08	8.20	8.17	8.19	8.28	7.99
	Lower	8.14	8.11	8.07	8.09	8.09	8.17	8.09	8.03	8.14	8.14	8.25	7.98
1991	Upper	8.24	8.16	8.12	8.09	8.05	8.22	8.10	8.14	8.15	8.22	8.19	8.03
	Lower	8.07	8.12	8.01	8.05	8.02	8.14	8.08	8.02	8.12	8.14	8.18	8.00
1992	Upper	8.23	8.14	8.12	8.09	8.06	8.17	8.07	8.14	8.17	8.22	8.20	8.02
	Lower	8.06	8.12	8.05	8.08	8.04	8.11	8.05	8.02	8.15	8.19	8.19	8.13
1993	Upper	8.30	8.12	8.10	8.13	8.11	8.16	8.09	8.15	8.18	8.21	8.21	8.16
	Lower	8.06	8.12	8.02	8.09	8.06	8.12	8.06	8.02	8.13	8.16	8.17	8.15
1994	Upper	8.23	8.23	8.16	8.16	8.08	8.13	8.09	8.14	8.10	8.20	8.21	8.23
	Lower	8.09	8.21	8.11	8.13	8.07	8.09	8.09	8.03	8.14	8.18	8.20	8.19

Table 1-2-3. The changes of DO in the Seto Inland Sea : each sea area (mg/L)

		Osaka	Kii	Harima	Bisan	Bingo	Hiuchi	Aki	Hirosima	Iyo	Suo	Bungo	Hibiki
1978	Upper	7.3	7.5	8.1	7.2	7.7	7.5	9.0	9.3	7.6	7.6	6.8	7.9
	Lower	6.3	6.5	6.1	6.9	7.4	7.2	7.6	7.6	7.4	7.2	7.0	7.5
1979	Upper	8.5	8.0	8.4	8.0	8.3	8.4	8.0	8.5	8.1	8.1	7.7	7.7
	Lower	6.3	7.3	6.9	7.7	7.7	7.5	7.9	7.4	7.7	7.6	7.4	7.6
1980	Upper	8.4	7.9	8.2	7.7	7.9	8.0	7.9	8.5	8.0	8.3	7.6	7.8
	Lower	6.8	7.3	7.3	7.6	7.7	7.9	7.7	7.6	7.8	8.1	7.3	7.8
1981	Upper	9.0	8.5	8.5	8.1	7.7	8.4	7.7	8.3	8.1	8.2	7.7	7.5
	Lower	6.9	7.8	7.6	7.9	7.5	8.1	7.7	7.6	7.8	7.9	7.4	7.4
1982	Upper	8.9	8.1	8.3	8.1	7.9	8.3	7.8	8.4	8.1	8.0	7.6	7.4
	Lower	6.6	7.6	7.4	7.7	7.6	8.2	7.7	7.8	7.9	7.9	7.5	7.5
1983	Upper	8.0	7.8	7.6	8.0	7.9	8.3	8.0	8.4	8.0	8.1	7.5	7.5
	Lower	6.4	7.0	6.5	7.8	7.6	7.9	7.9	7.5	7.6	7.7	7.1	7.4
1984	Upper	8.9	8.0	8.8	8.1	7.9	8.3	8.1	8.6	8.1	8.4	7.7	7.7
	Lower	6.3	7.5	7.7	7.9	7.8	8.2	8.0	7.5	7.9	7.9	7.5	7.6
1985	Upper	9.5	8.4	8.4	7.9	8.4	8.4	8.0	9.0	8.1	8.6	7.8	8.7
	Lower	6.0	7.0	6.8	7.5	7.6	7.8	7.8	7.2	7.6	7.6	7.2	8.3
1986	Upper	9.2	8.0	9.0	8.1	8.3	8.5	8.1	9.0	8.0	8.5	7.7	7.2
	Lower	7.0	7.1	7.4	7.8	7.6	8.0	7.9	7.5	7.6	7.7	7.3	7.0
1987	Upper	8.0	7.9	8.3	7.6	7.8	8.1	7.9	8.4	7.9	8.1	7.6	7.6
	Lower	6.9	7.3	7.4	7.6	7.7	7.7	7.7	7.3	7.7	7.7	7.4	7.4
1988	Upper	7.9	7.9	7.9	7.8	7.8	7.9	7.9	8.0	7.8	7.9	7.8	8.2
	Lower	5.9	7.1	7.0	7.4	7.6	7.6	7.7	7.3	7.5	7.6	7.3	8.1
1989	Upper	7.6	7.6	8.0	7.7	7.8	7.9	7.8	8.1	7.9	8.1	7.6	7.4
	Lower	6.1	7.1	7.0	7.3	7.4	7.6	7.7	7.0	7.4	7.5	7.3	7.3
1990	Upper	8.8	8.4	8.0	7.6	7.8	8.3	7.8	8.7	8.0	8.3	7.6	7.9
	Lower	6.2	7.1	7.0	7.3	7.5	7.7	7.7	7.2	7.6	8.0	7.3	7.7
1991	Upper	8.8	7.7	8.2	7.7	7.6	8.2	7.9	8.3	8.0	8.3	7.6	8.5
	Lower	6.2	7.0	7.1	7.2	7.2	7.6	7.6	7.3	7.6	7.7	7.4	8.1
1992	Upper	9.2	7.9	8.1	7.7	7.8	8.5	7.9	8.4	8.0	8.2	7.6	7.3
	Lower	6.5	7.1	7.0	7.4	7.5	7.7	7.6	7.5	7.7	7.9	8.8	7.7
1993	Upper	9.5	7.7	8.3	7.8	8.0	8.2	8.1	8.7	8.4	8.3	7.9	8.1
	Lower	6.0	7.0	6.9	7.3	7.5	7.5	7.7	7.5	7.6	7.9	7.3	7.9
1994	Upper	8.2	7.3	8.3	7.3	7.8	7.9	8.2	7.9	8.1	8.1	7.6	7.8
	Lower	6.4	6.6	7.4	7.2	7.5	7.6	7.9	7.6	7.7	8.0	7.3	7.8

Table 1-2-4. The changes of COD in the Seto Inland Sea : each sea area (mg/L)

		Osaka	Kii	Harima	Bisan	Bingo	Hiuchi	Aki	Hirosima	Iyo	Suo	Bungo	Hibiki
1978	Upper	3.3	1.7	1.6	1.0	1.3	1.2	1.4	1.9	1.3	1.6	1.4	1.2
	Lower	2.0	1.2	1.4	1.0	1.4	1.2	1.3	1.4	1.3	1.6	1.3	1.2
1979	Upper	3.4	1.1	2.1	1.0	1.6	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.4	0.8
	Lower	1.6	0.8	1.7	0.9	1.5	1.6	1.6	1.2	1.2	1.2	1.2	0.7
1980	Upper	2.9	1.5	1.5	0.9	1.5	1.7	1.4	1.7	1.2	1.5	1.1	1.1
	Lower	2.0	1.2	1.7	1.0	1.4	1.3	1.4	1.3	1.1	1.4	1.0	1.0
1981	Upper	3.6	1.2	1.5	1.2	1.4	1.4	1.4	1.6	1.3	1.5	1.3	1.1
	Lower	1.8	1.0	1.5	1.3	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1	1.5	1.1	1.2
1982	Upper	3.9	1.2	2.2	1.4	1.5	1.7	1.3	1.6	1.3	1.8	1.2	1.1
	Lower	1.9	1.1	1.8	1.5	1.6	1.8	1.2	1.3	1.2	1.5	1.1	1.3
1983	Upper	3.5	1.3	2.2	1.4	1.7	1.5	1.5	1.8	1.3	1.6	1.3	1.1
	Lower	1.9	1.1	2.2	1.6	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.5	1.1	1.0
1984	Upper	3.8	1.0	1.6	1.2	1.5	1.6	1.5	2.1	1.4	1.6	1.2	1.2
	Lower	1.5	1.0	1.7	1.2	1.6	1.6	1.4	1.5	1.3	1.6	1.2	1.4
1985	Upper	4.1	1.2	2.0	1.5	2.0	1.4	1.6	2.4	1.5	1.9	1.3	1.5
	Lower	1.5	1.0	1.7	1.5	1.7	1.3	1.4	1.8	1.2	1.7	1.1	1.6
1986	Upper	4.5	1.6	2.3	1.4	1.9	1.5	1.5	2.4	1.5	1.9	1.1	1.4
	Lower	2.1	1.4	2.0	1.4	1.6	1.5	1.3	1.6	1.2	1.8	1.1	1.3
1987	Upper	3.5	1.2	1.9	1.5	1.7	1.5	1.4	2.0	1.6	1.8	1.2	1.5
	Lower	2.1	1.1	2.1	1.7	1.5	1.5	1.3	1.5	1.4	1.7	1.1	1.3
1988	Upper	3.4	1.4	2.1	2.0	1.9	1.7	1.6	1.9	1.6	1.9	1.2	1.5
	Lower	1.8	1.0	2.1	1.9	1.9	1.5	1.6	1.6	1.4	1.7	1.1	1.4
1989	Upper	2.7	1.2	2.2	1.9	1.9	1.6	1.8	2.4	1.5	1.7	1.2	1.7
	Lower	1.6	0.9	2.1	1.8	2.0	1.5	1.7	1.6	1.2	1.6	1.1	1.3
1990	Upper	3.6	1.2	2.0	1.9	1.8	1.8	1.4	2.6	1.4	1.8	1.4	1.4
	Lower	1.9	1.1	2.0	2.0	1.8	1.7	1.4	1.7	1.3	1.9	1.2	1.3
1991	Upper	3.3	1.1	1.8	1.8	1.6	1.7	1.5	2.1	1.5	1.7	1.3	1.4
	Lower	2.2	1.1	1.3	1.6	1.6	1.4	1.4	1.5	1.3	1.6	1.1	1.0
1992	Upper	2.8	1.5	1.8	1.6	1.7	1.4	1.4	2.0	1.3	1.6	1.1	1.8
	Lower	2.1	1.1	1.5	1.7	1.8	1.4	1.3	1.6	1.3	1.7	1.0	1.1
1993	Upper	2.8	1.4	1.8	1.8	2.0	1.5	1.5	2.1	1.5	2.0	1.5	1.7
	Lower	1.6	1.2	1.3	1.7	1.8	1.4	1.3	1.6	1.3	1.9	1.1	1.2
1994	Upper	2.9	1.6	1.6	2.0	1.5	1.4	1.6	1.6	1.3	1.7	1.1	1.9
	Lower	2.1	1.3	1.4	1.9	1.8	1.3	1.4	1.6	1.3	1.8	1.1	1.5

Table 1 - 2 - 5. The changes of T-N in the Seto Inland Sea : each sea area (mg/L)

		Osaka	Kii	Harima	Bisan	Bingo	Hiuchi	Aki	Hirosima	Iyo	Suo	Bungo	Hibiki
1978	Upper	0.943	0.427	0.197	0.234	0.249	0.163	0.199	0.239	0.142	0.212	0.159	0.171
	Lower	0.573	0.399	0.241	0.244	0.234	0.170	0.210	0.288	0.165	0.274	0.140	0.174
1979	Upper	1.042	0.254	0.309	0.286	0.230	0.227	0.210	0.242	0.156	0.205	0.166	0.225
	Lower	0.543	0.229	0.242	0.279	0.266	0.228	0.233	0.230	0.181	0.313	0.165	0.210
1980	Upper	0.739	0.247	0.254	0.244	0.259	0.353	0.182	0.293	0.214	0.234	0.198	0.184
	Lower	0.488	0.196	0.293	0.263	0.252	0.269	0.223	0.223	0.213	0.245	0.202	0.255
1981	Upper	0.757	0.186	0.229	0.245	0.180	0.258	0.189	0.199	0.155	0.164	0.198	0.174
	Lower	0.574	0.183	0.233	0.301	0.201	0.250	0.187	0.183	0.159	0.183	0.198	0.164
1982	Upper	0.886	0.191	0.244	0.184	0.214	0.233	0.206	0.234	0.164	0.232	0.148	0.250
	Lower	0.455	0.194	0.186	0.214	0.233	0.272	0.211	0.224	0.175	0.219	0.161	0.254
1983	Upper	0.804	0.146	0.198	0.216	0.214	0.242	0.187	0.225	0.190	0.219	0.149	0.185
	Lower	0.394	0.165	0.233	0.247	0.216	0.284	0.194	0.222	0.199	0.246	0.182	0.179
1984	Upper	1.028	0.208	0.227	0.181	0.205	0.191	0.175	0.244	0.179	0.249	0.164	0.310
	Lower	0.442	0.232	0.253	0.249	0.224	0.232	0.198	0.260	0.216	0.278	0.183	0.260
1985	Upper	0.920	0.266	0.288	0.282	0.226	0.223	0.175	0.304	0.215	0.247	0.145	0.256
	Lower	0.441	0.314	0.257	0.303	0.241	0.262	0.187	0.294	0.227	0.275	0.182	0.313
1986	Upper	1.117	0.272	0.294	0.266	0.218	0.248	0.189	0.314	0.219	0.242	0.159	0.244
	Lower	0.545	0.261	0.246	0.228	0.229	0.247	0.192	0.250	0.206	0.262	0.172	0.251
1987	Upper	0.992	0.247	0.207	0.213	0.221	0.237	0.203	0.279	0.205	0.232	0.150	0.268
	Lower	0.514	0.264	0.223	0.269	0.204	0.251	0.183	0.247	0.192	0.242	0.178	0.208
1988	Upper	0.882	0.236	0.303	0.310	0.270	0.331	0.231	0.285	0.206	0.230	0.140	0.293
	Lower	0.459	0.254	0.300	0.358	0.271	0.303	0.255	0.277	0.221	0.263	0.190	0.262
1989	Upper	0.989	0.251	0.306	0.389	0.315	0.255	0.270	0.386	0.210	0.229	0.160	0.338
	Lower	0.483	0.248	0.270	0.350	0.339	0.264	0.287	0.321	0.183	0.257	0.173	0.260
1990	Upper	0.881	0.313	0.288	0.325	0.253	0.235	0.236	0.297	0.182	0.212	0.194	0.208
	Lower	0.452	0.275	0.289	0.317	0.319	0.253	0.251	0.302	0.194	0.278	0.186	0.179
1991	Upper	0.884	0.248	0.390	0.294	0.267	0.246	0.234	0.328	0.216	0.225	0.206	0.214
	Lower	0.513	0.253	0.265	0.297	0.295	0.219	0.280	0.312	0.228	0.259	0.215	0.214
1992	Upper	0.662	0.280	0.347	0.249	0.305	0.240	0.269	0.332	0.206	0.233	0.214	0.689
	Lower	0.461	0.236	0.301	0.300	0.322	0.277	0.267	0.344	0.229	0.291	0.185	0.218
1993	Upper	0.647	0.249	0.272	0.283	0.230	0.216	0.212	0.288	0.199	0.244	0.195	0.333
	Lower	0.447	0.223	0.259	0.257	0.303	0.249	0.230	0.290	0.213	0.230	0.208	0.211
1994	Upper	0.581	0.305	0.248	0.240	0.221	0.198	0.205	0.210	0.195	0.208	0.157	0.595
	Lower	0.399	0.282	0.290	0.233	0.241	0.236	0.199	0.279	0.231	0.231	0.200	0.240

Table 1 - 2 - 6. The changes of T-P in the Seto Inland Sea : each sea area (mg/L)

		Osaka	Kii	Harima	Bisan	Bingo	Hiuchi	Aki	Hirosima	Iyo	Suo	Bungo	Hibiki
1978	Upper	0.105	0.027	0.035	0.034	0.022	0.022	0.024	0.017	0.017	0.018	0.019	0.022
	Lower	0.086	0.032	0.043	0.035	0.021	0.025	0.025	0.024	0.020	0.021	0.017	0.041
1979	Upper	0.098	0.028	0.044	0.036	0.029	0.029	0.022	0.020	0.019	0.019	0.018	0.018
	Lower	0.069	0.023	0.048	0.044	0.026	0.031	0.024	0.027	0.021	0.028	0.019	0.017
1980	Upper	0.068	0.025	0.024	0.033	0.043	0.043	0.022	0.023	0.020	0.023	0.020	0.019
	Lower	0.062	0.024	0.033	0.037	0.023	0.027	0.021	0.026	0.021	0.024	0.020	0.019
1981	Upper	0.076	0.021	0.023	0.029	0.018	0.018	0.025	0.023	0.018	0.019	0.017	0.024
	Lower	0.053	0.037	0.029	0.030	0.026	0.023	0.022	0.025	0.020	0.023	0.017	0.022
1982	Upper	0.084	0.018	0.030	0.025	0.022	0.022	0.020	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019
	Lower	0.051	0.017	0.027	0.023	0.023	0.024	0.021	0.034	0.019	0.019	0.018	0.020
1983	Upper	0.079	0.020	0.023	0.024	0.027	0.027	0.020	0.020	0.017	0.018	0.016	0.013
	Lower	0.062	0.020	0.028	0.029	0.022	0.024	0.021	0.022	0.020	0.019	0.020	0.013
1984	Upper	0.077	0.017	0.019	0.024	0.019	0.019	0.018	0.020	0.018	0.020	0.019	0.018
	Lower	0.048	0.020	0.026	0.029	0.030	0.024	0.018	0.020	0.021	0.024	0.020	0.018
1985	Upper	0.072	0.019	0.026	0.026	0.020	0.020	0.018	0.019	0.019	0.019	0.020	0.020
	Lower	0.049	0.023	0.030	0.030	0.020	0.022	0.017	0.021	0.019	0.023	0.021	0.020
1986	Upper	0.085	0.022	0.023	0.029	0.023	0.023	0.018	0.023	0.019	0.024	0.018	0.019
	Lower	0.058	0.024	0.029	0.033	0.022	0.023	0.019	0.024	0.020	0.026	0.018	0.016
1987	Upper	0.077	0.024	0.025	0.028	0.023	0.023	0.019	0.023	0.019	0.020	0.016	0.022
	Lower	0.050	0.024	0.031	0.029	0.025	0.025	0.020	0.024	0.020	0.021	0.017	0.019
1988	Upper	0.084	0.024	0.028	0.029	0.026	0.026	0.023	0.026	0.022	0.019	0.021	0.019
	Lower	0.052	0.025	0.032	0.033	0.025	0.029	0.025	0.029	0.024	0.023	0.022	0.018
1989	Upper	0.066	0.020	0.024	0.034	0.027	0.027	0.023	0.033	0.021	0.020	0.015	0.018
	Lower	0.044	0.018	0.028	0.033	0.027	0.027	0.025	0.031	0.021	0.022	0.015	0.016
1990	Upper	0.063	0.019	0.023	0.034	0.024	0.024	0.025	0.028	0.021	0.020	0.018	0.016
	Lower	0.057	0.019	0.029	0.033	0.029	0.025	0.027	0.037	0.023	0.024	0.020	0.017
1991	Upper	0.064	0.025	0.031	0.033	0.024	0.024	0.023	0.032	0.022	0.010	0.019	0.020
	Lower	0.054	0.026	0.034	0.035	0.028	0.023	0.025	0.030	0.022	0.025	0.019	0.021
1992	Upper	0.053	0.030	0.033	0.035	0.024	0.024	0.028	0.028	0.021	0.020	0.019	0.058
	Lower	0.052	0.023	0.037	0.040	0.033	0.023	0.028	0.029	0.023	0.023	0.018	0.016
1993	Upper	0.046	0.026	0.028	0.032	0.024	0.024	0.023	0.026	0.018	0.023	0.020	0.026
	Lower	0.040	0.025	0.032	0.033	0.026	0.028	0.023	0.026	0.019	0.022	0.019	0.018
1994	Upper	0.054	0.026	0.031	0.030	0.018	0.018	0.023	0.020	0.016	0.020	0.018	0.046
	Lower	0.052	0.029	0.040	0.032	0.025	0.022	0.021	0.023	0.019	0.019	0.019	0.015

Table 1-2-7. The changes of Chlorophyll-a in the Seto Inland Sea : each sea area (mg/L)

		Osaka	Kii	Harima	Bisan	Bingo	Hiuchi	Aki	Hirosima	Iyo	Suo	Bungo	Hibiki
1978	Upper	20.7	3.9	2.7	2.9	2.1	1.0	0.7	2.9	1.3	2.4	1.4	1.2
	Lower	1.9	1.5	1.1	2.9	2.3	1.4	0.9	1.9	1.0	2.8	0.9	3.9
1979	Upper	23.0	2.9	5.3	4.1	3.3	2.1	1.7	3.4	1.3	2.7	1.4	0.8
	Lower	3.0	1.7	2.2	3.4	2.9	2.7	2.5	2.0	1.3	4.1	0.7	2.5
1980	Upper	14.9	4.4	3.0	3.6	3.1	3.7	1.3	4.7	1.2	4.0	1.1	1.1
	Lower	4.5	3.4	2.1	3.2	2.5	2.0	1.5	2.4	1.4	3.6	0.8	2.5
1981	Upper	20.6	2.2	3.3	3.5	2.8	2.1	2.0	4.1	1.3	2.9	1.3	1.1
	Lower	5.6	1.6	3.1	3.0	2.5	2.2	1.4	2.1	1.5	3.0	1.1	2.6
1982	Upper	19.2	1.7	1.4	3.0	2.4	2.1	1.6	4.3	1.3	3.4	1.2	1.1
	Lower	4.0	1.3	1.6	3.3	2.3	2.3	1.8	2.5	1.7	3.3	0.7	2.5
1983	Upper	20.6	1.4	1.5	4.0	2.6	2.1	1.8	4.6	1.3	3.8	1.3	1.1
	Lower	3.8	1.1	1.7	3.8	3.1	2.8	2.2	2.7	1.6	3.6	0.9	3.7
1984	Upper	24.7	1.4	1.8	3.8	2.0	2.0	1.3	5.8	1.4	3.7	1.2	1.2
	Lower	4.7	1.2	2.2	3.4	2.3	2.0	1.5	2.3	1.4	3.4	0.9	4.4
1985	Upper	26.3	3.9	2.4	3.3	3.9	3.3	2.9	7.2	1.5	5.5	1.3	1.5
	Lower	3.9	1.4	1.3	3.0	3.7	3.2	2.4	2.5	1.9	4.1	1.2	5.4
1986	Upper	36.7	2.4	2.8	3.1	4.1	2.2	2.2	8.1	1.5	4.8	1.1	1.4
	Lower	5.6	1.9	2.7	2.9	3.0	2.2	2.5	2.6	1.6	4.7	1.2	2.8
1987	Upper	11.1	1.6	1.3	2.2	2.2	1.3	2.1	5.3	1.6	3.7	1.2	1.5
	Lower	3.2	1.3	1.4	2.6	2.2	1.5	1.6	2.3	1.5	3.5	0.7	2.5
1988	Upper	10.9	4.1	1.4	2.0	2.7	1.7	1.4	3.2	1.6	3.2	1.2	1.5
	Lower	1.4	1.2	1.3	2.7	2.5	1.7	1.6	2.3	1.6	3.4	0.7	2.2
1989	Upper	10.3	2.2	1.5	2.5	2.5	3.0	1.8	5.3	1.5	3.3	1.2	1.7
	Lower	1.1	1.1	0.8	3.0	2.8	2.7	2.2	2.2	1.3	3.4	0.8	1.6
1990	Upper	15.5	1.8	2.0	3.4	3.2	2.4	1.8	3.8	1.4	3.0	1.4	1.4
	Lower	1.8	1.3	2.4	2.6	3.1	2.8	2.2	2.2	1.1	3.6	0.8	2.0
1991	Upper	9.8	1.9	1.8	3.5	3.4	2.7	2.1	6.6	1.5	3.3	1.3	1.4
	Lower	2.2	1.4	1.1	2.3	3.2	2.2	2.5	2.6	1.5	3.7	0.8	2.1
1992	Upper	13.3	2.1	2.7	2.9	3.3	2.0	2.3	5.1	1.3	2.6	1.1	1.8
	Lower	2.6	1.6	1.9	3.2	3.2	2.2	2.4	3.8	1.5	3.3	1.0	1.8
1993	Upper	18.2	2.1	3.6	4.1	4.1	1.7	2.1	4.5	1.5	3.4	1.5	1.7
	Lower	1.6	1.0	2.9	3.3	3.7	2.2	1.8	1.9	1.5	3.3	0.8	2.6
1994	Upper	10.9	1.6	2.0	3.0	2.3	2.0	2.3	2.4	1.5	2.9	1.1	1.9
	Lower	3.3	1.1	2.7	3.8	3.5	2.1	2.1	2.3	1.4	2.7	0.8	4.3

Table 2 - 1. Analysis of variance in the whole sea

Items	F_0 : (year)	Test	F_0 : (each layer)	Test
	$f(16, 16, 0.01) = 3.372$ $f(16, 16, 0.05) = 2.333$		$f(1, 16, 0.01) = 3.372$ $f(1, 16, 0.05) = 3.372$	
pH	$F_0 = 7.035$	**	$F_0 = 97.876$	**
DO	$F_0 = 5.798$	**	$F_0 = 244.322$	**
COD	$F_0 = 3.684$	*	$F_0 = 84.211$	**
T-N	$F_0 = 8.884$	**	$F_0 = 45.647$	**
T-P	$F_0 = 13.13$	**	$F_0 = 1.000$	
Chlorophyll-a	$F_0 = 2.232$		$F_0 = 45.127$	**

Table 2 - 2. Analysis of variance in each sea area

Items	F_0 : (year)	Test	F_0 : (each sea area)	Test
	$f(16, 176, 0.01) = 2.117$ $f(16, 176, 0.05) = 1.708$		$f(11, 176, 0.01) = 2.301$ $f(11, 176, 0.05) = 1.815$	
Depth	$F_0 = 0.714$		$F_0 = 2984.367$	**
Trans.	$F_0 = 3.222$	**	$F_0 = 130.939$	**
pH (upper)	$F_0 = 3.727$	**	$F_0 = 19.481$	**
pH (lower)	$F_0 = 4.931$	**	$F_0 = 23.099$	**
DO (upper)	$F_0 = 4.368$	**	$F_0 = 16.290$	**
DO (lower)	$F_0 = 4.873$	**	$F_0 = 44.751$	**
COD (upper)	$F_0 = 3.282$	**	$F_0 = 97.177$	**
COD (lower)	$F_0 = 3.233$	**	$F_0 = 30.964$	**
T-N (upper)	$F_0 = 1.938$	*	$F_0 = 121.462$	**
T-N (lower)	$F_0 = 3.347$	**	$F_0 = 70.251$	**
T-P (upper)	$F_0 = 1.362$		$F_0 = 90.235$	**
T-P (lower)	$F_0 = 3.110$	**	$F_0 = 81.474$	**
Chloro. (upper)	$F_0 = 2.074$	*	$F_0 = 74.502$	**
Chloro. (lower)	$F_0 = 2.793$	**	$F_0 = 29.106$	**

[Note] Test ** : Signification is 1%, * : Signification is 5 %
Blank : No signification level

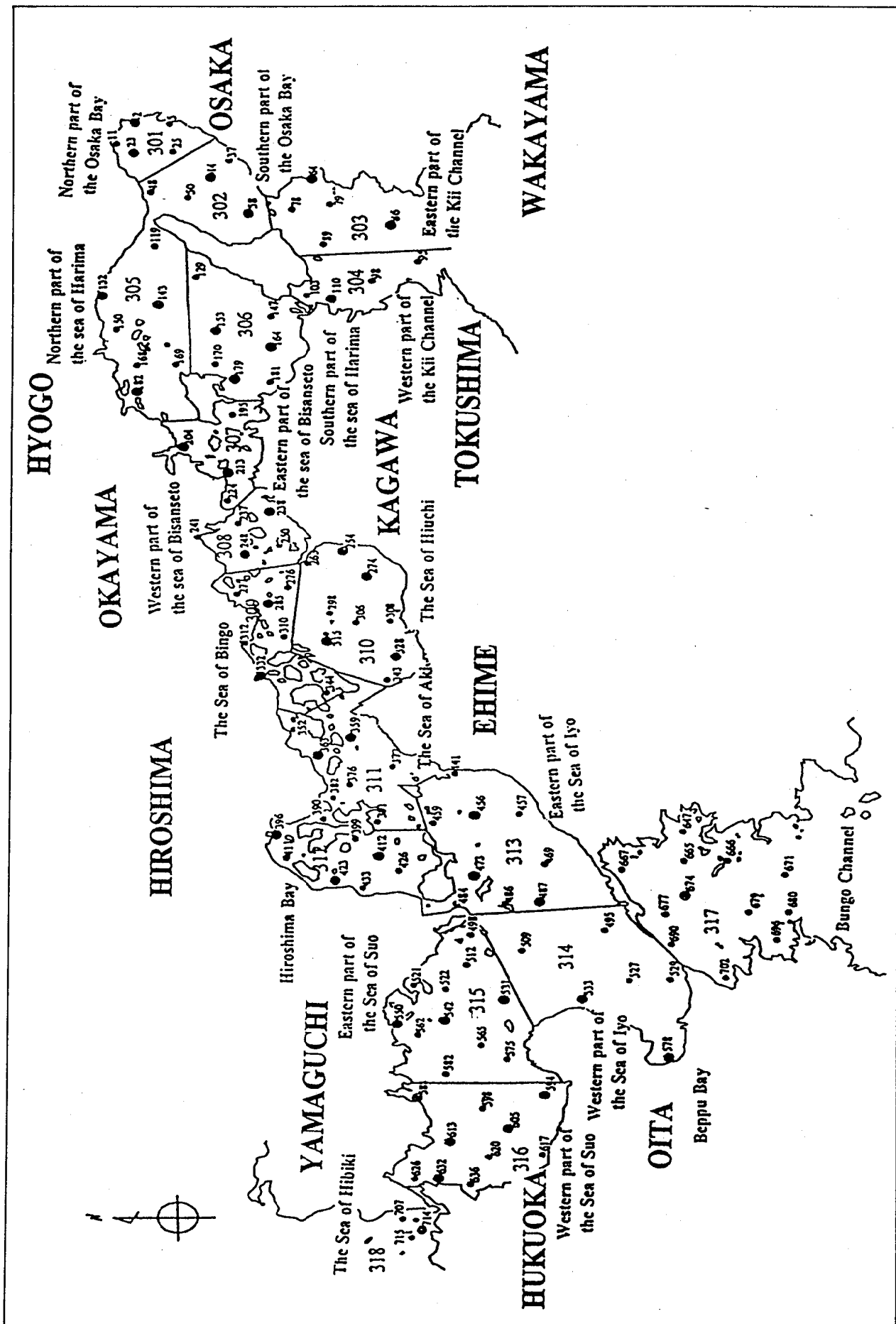


Figure 1. Sampling site in the Seto Inland Sea: "Comprehensive Regional Survey of Water Quality"

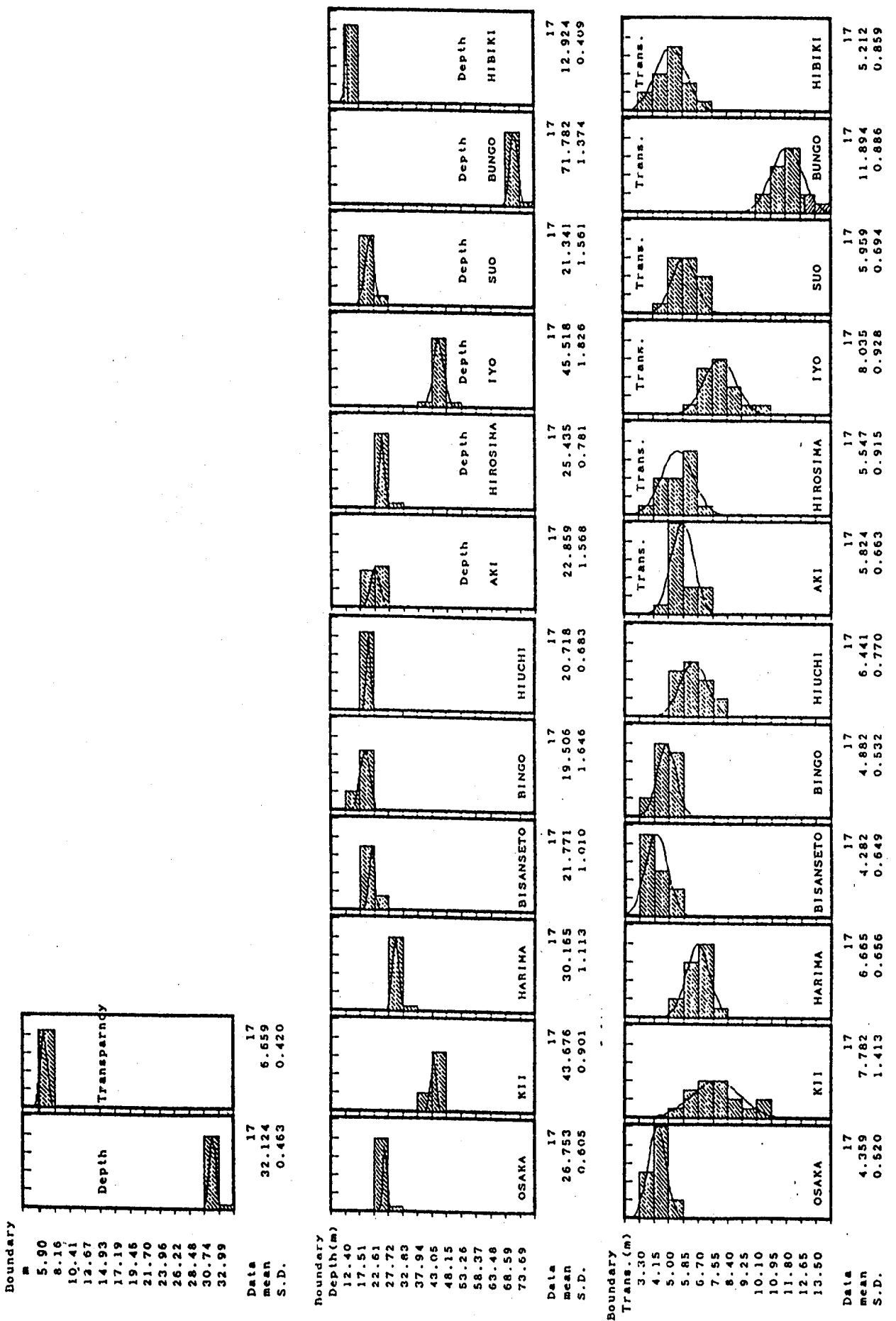


Figure 2-1. Histogram of depth and transparency in case of the whole sea and each sea area

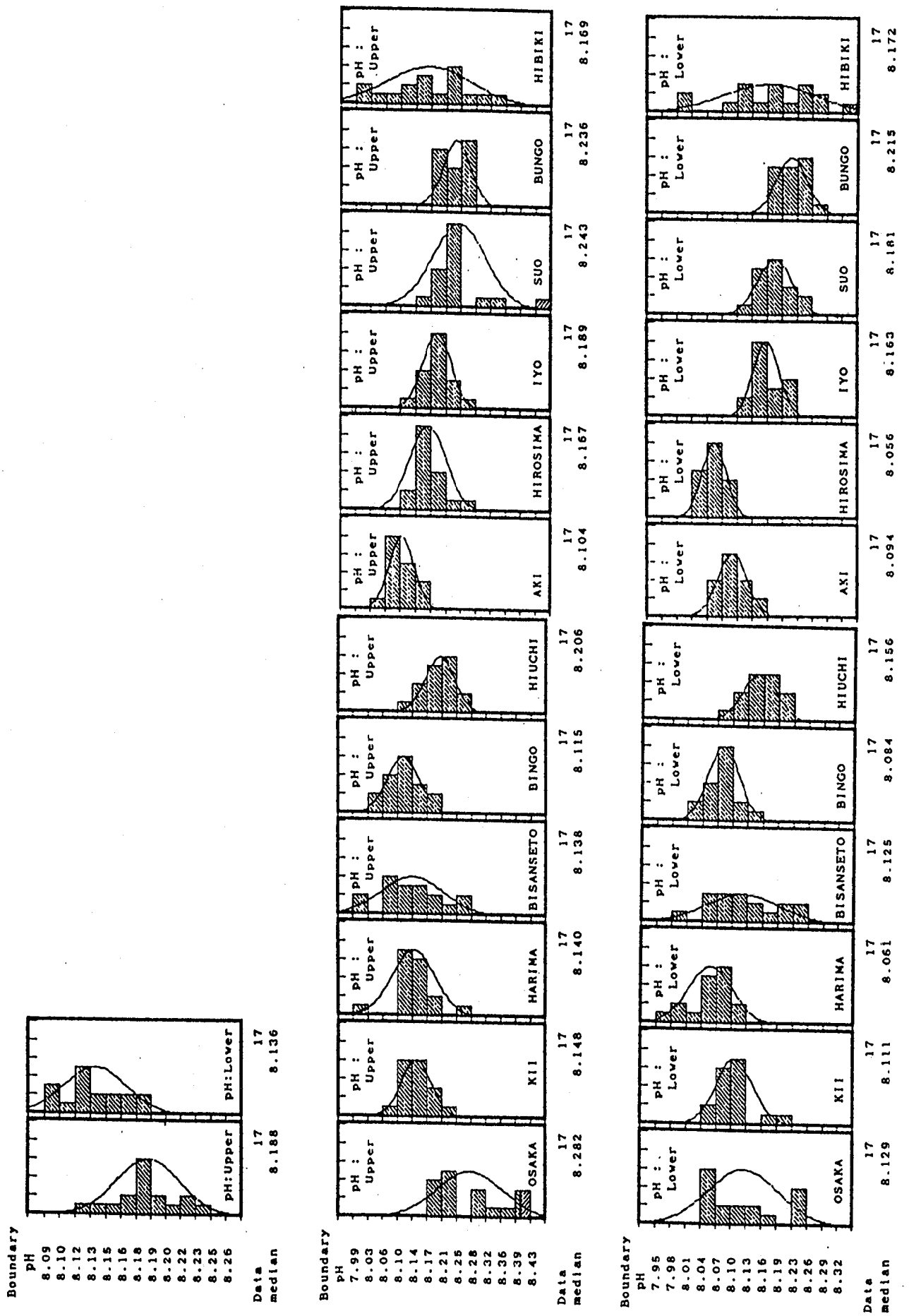


Figure 2 - 2. Histogram of pH (upper and lower) in case of the whole sea and each sea area

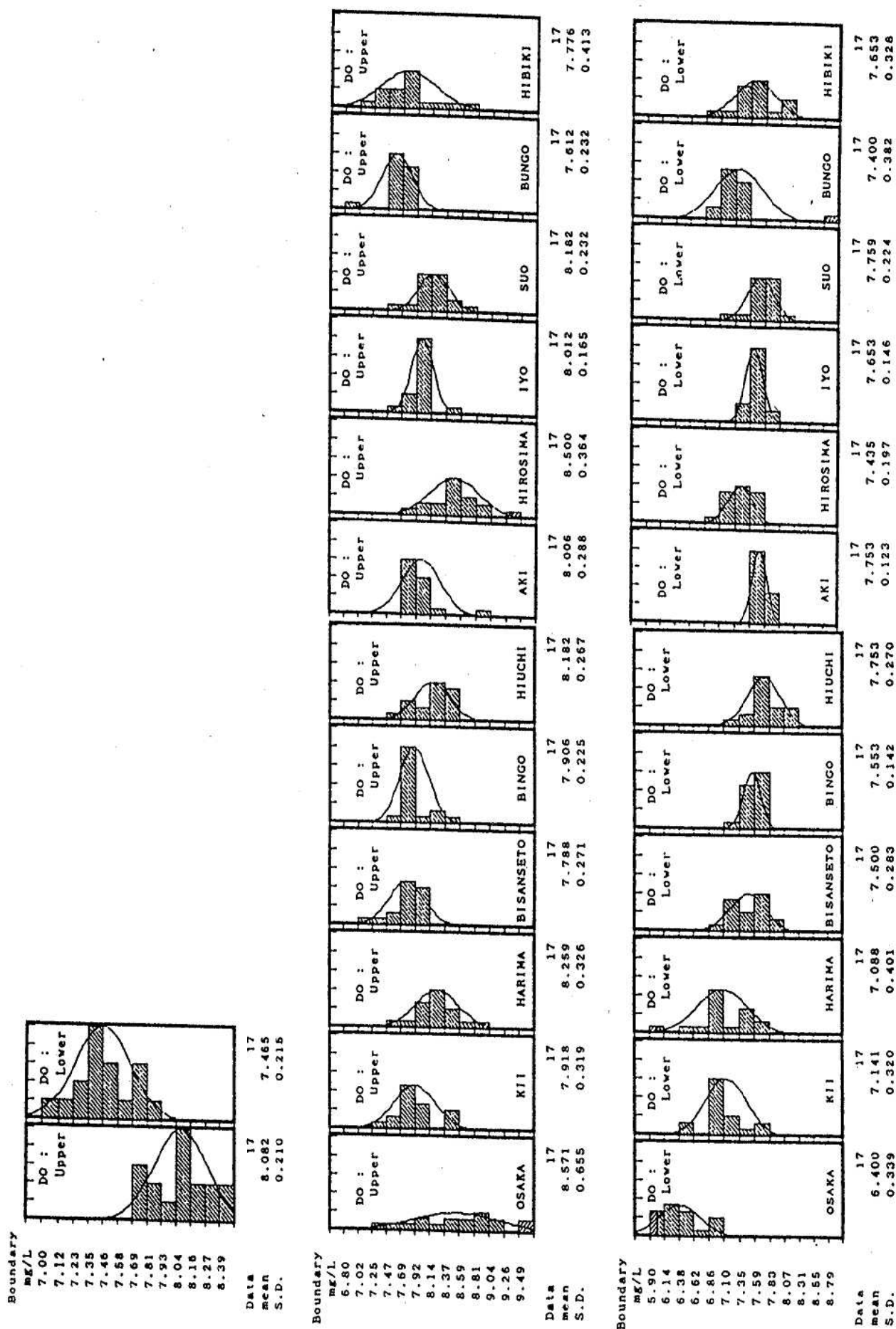


Figure 2 - 3. Histogram of DO in case of the whole sea and each sea area

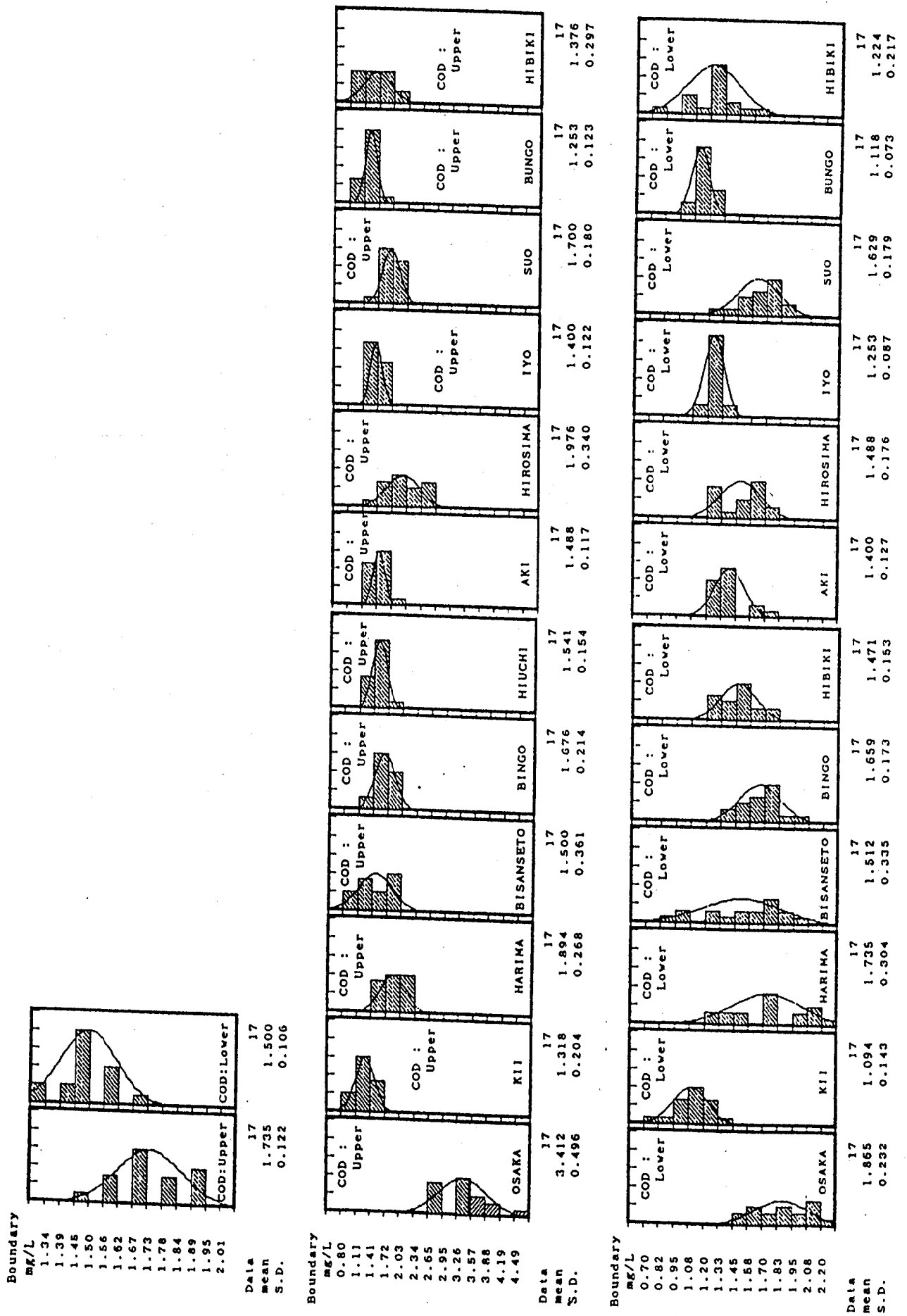


Figure 2 - 4. Histogram of COD (upper and lower) in case of the whole sea and each sea area

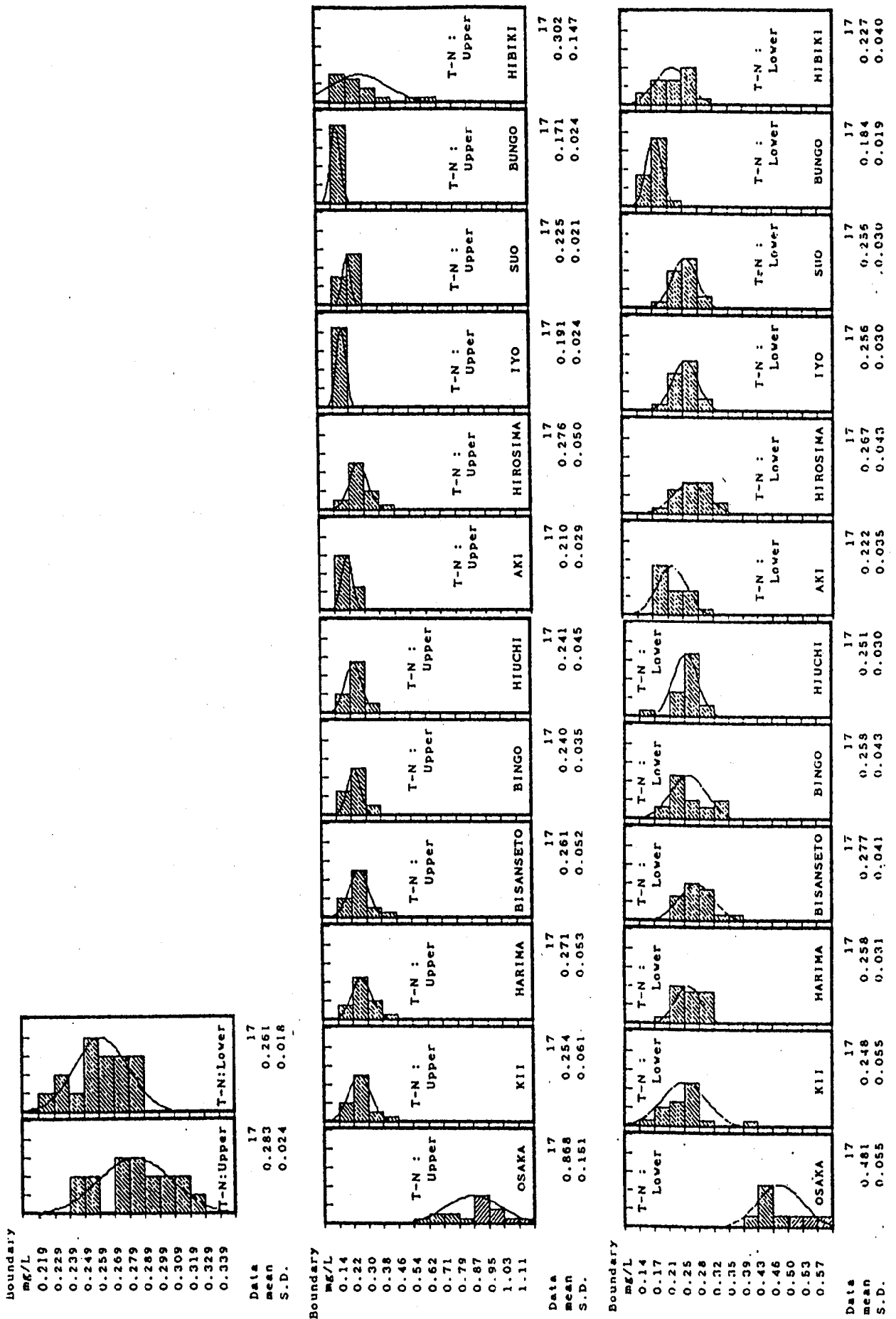


Figure 2-5. Histogram of T-N (upper and lower) in case of the whole sea and each sea area

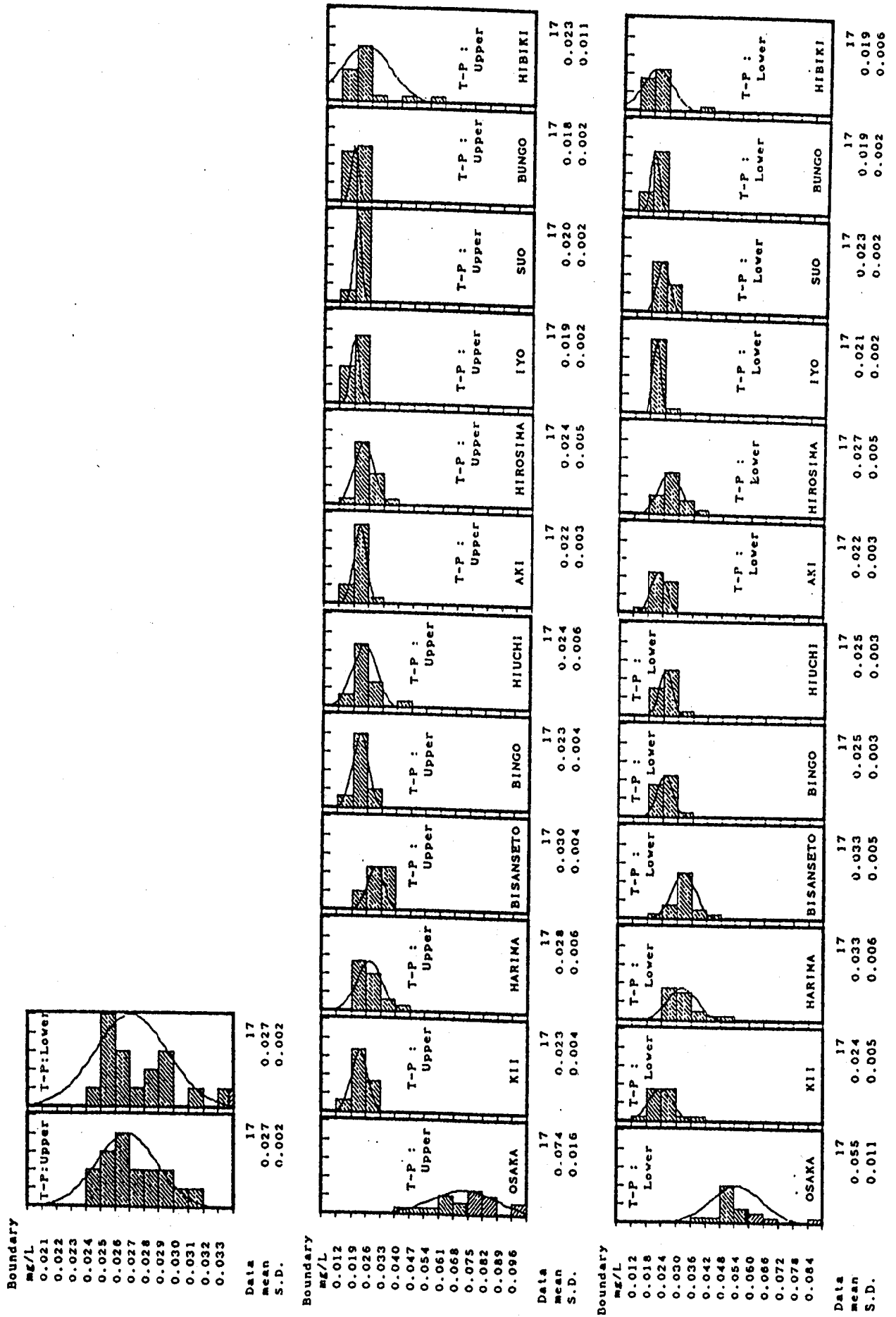


Figure 2-6. Histogram of T-P (upper and lower) in case of the whole sea and each sea area

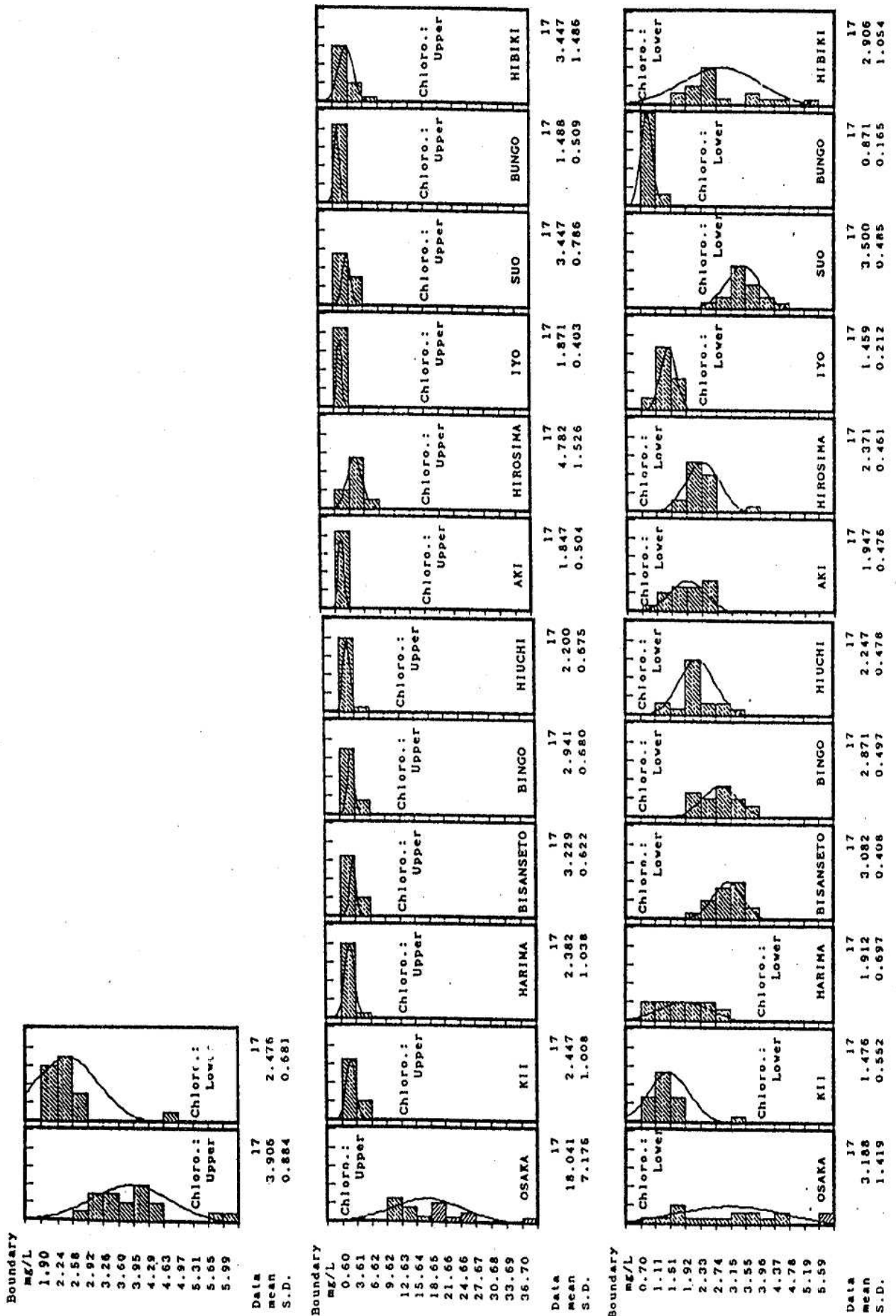


Figure 2 - 7. Histogram of Chloro. (upper and lower) in case of the whole sea and each sea area

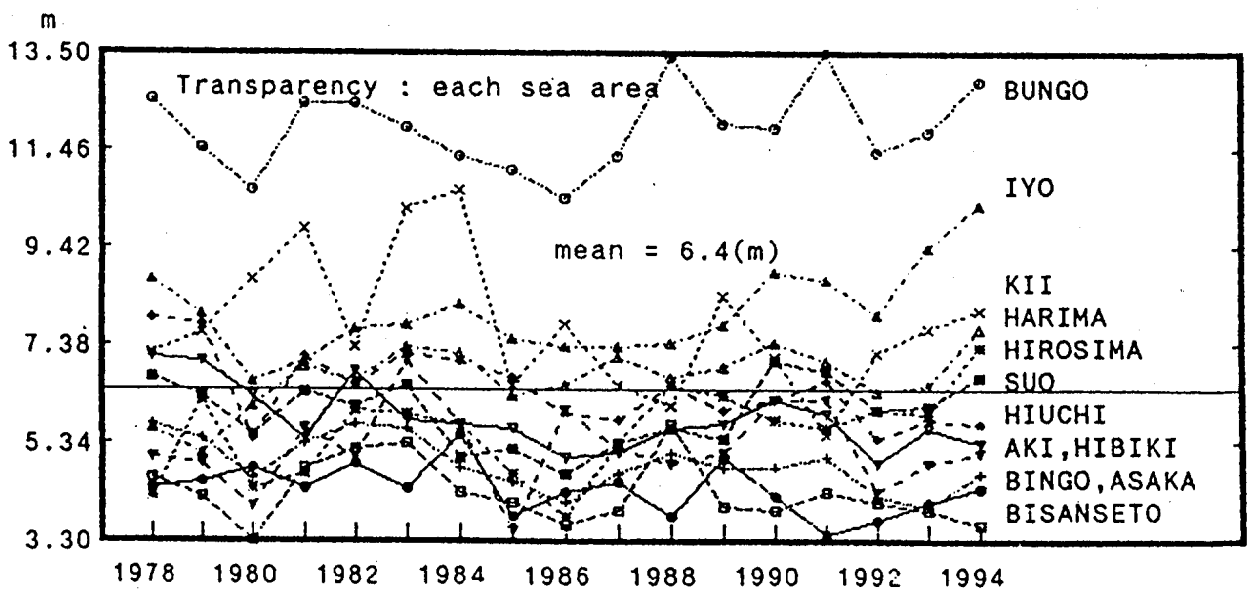
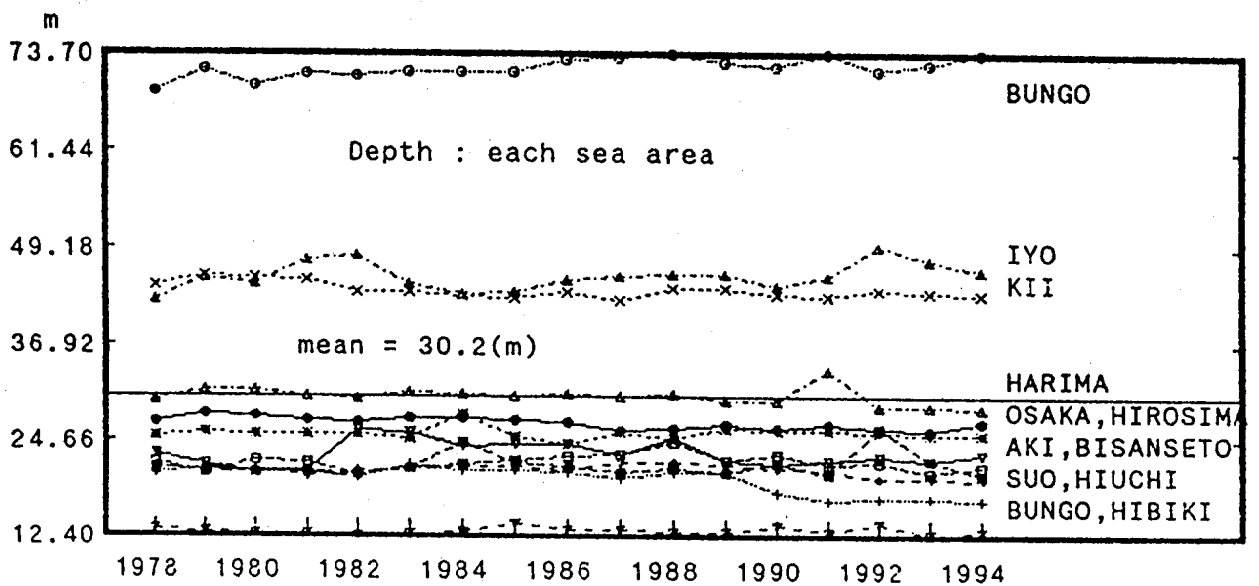
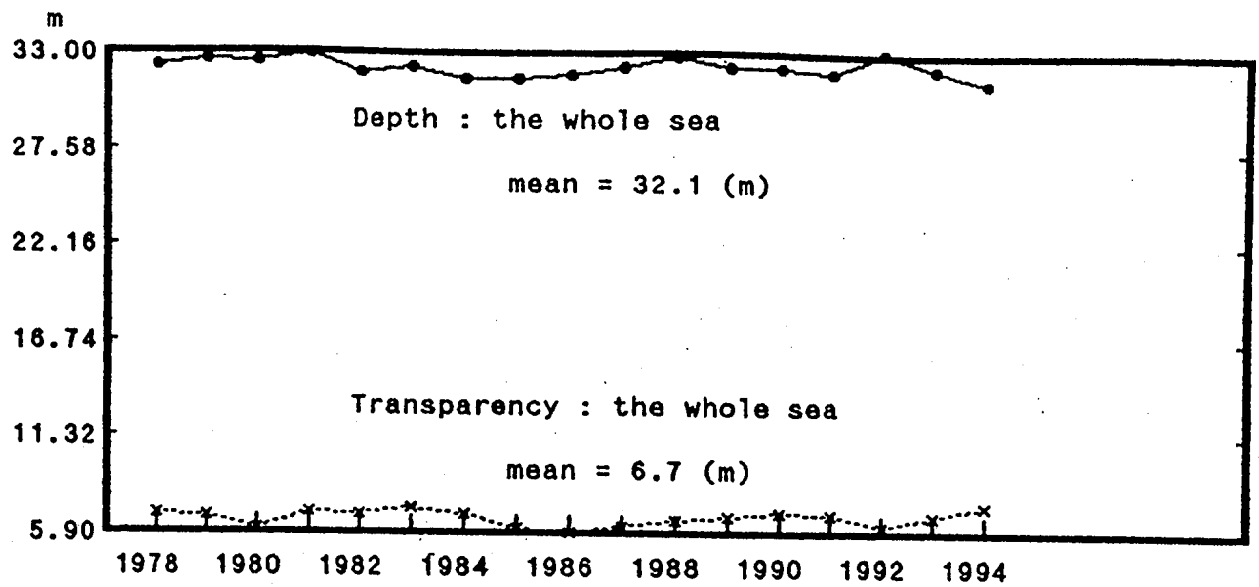


Figure 3-1. Secular change of Depth & Transparency
: the whole sea, each sea area (depth & transparency)

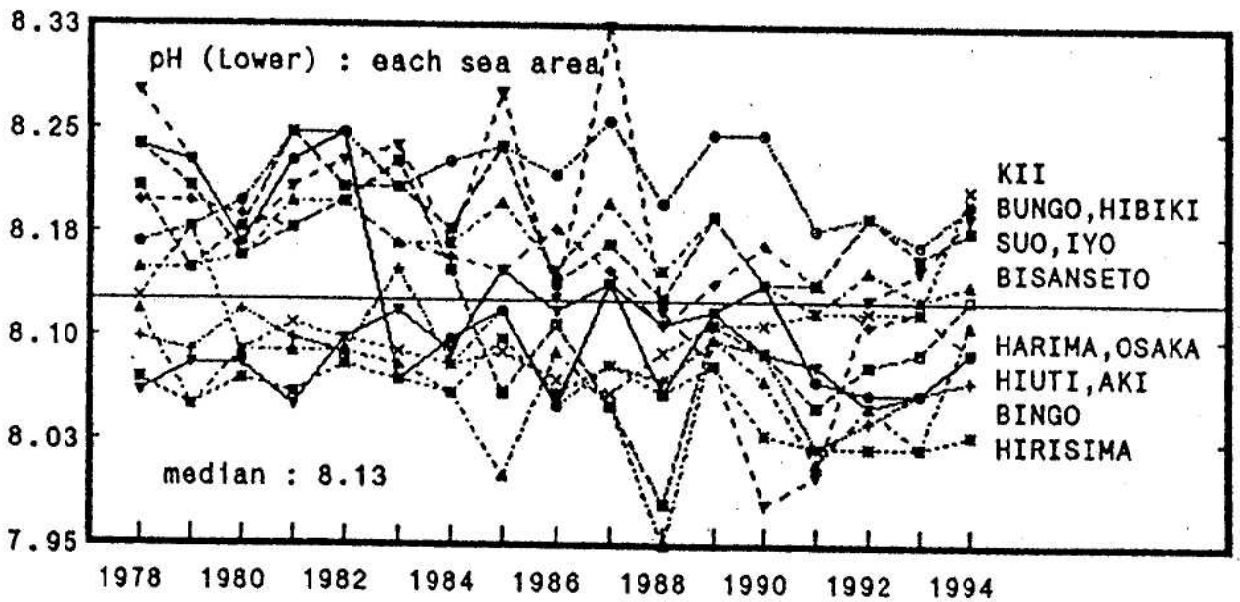
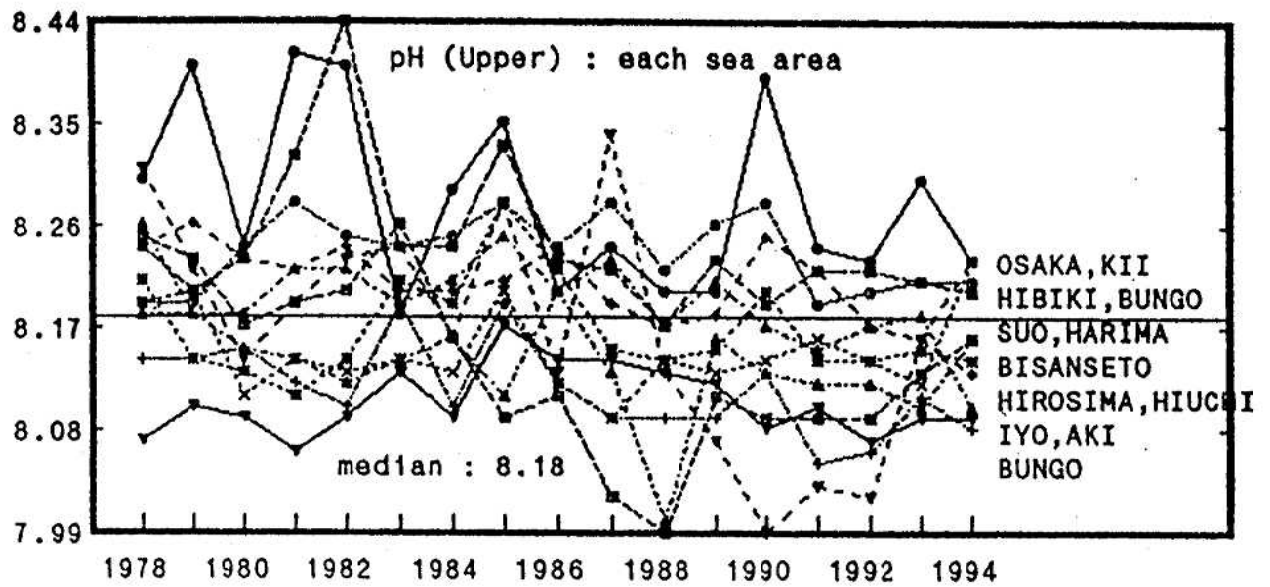
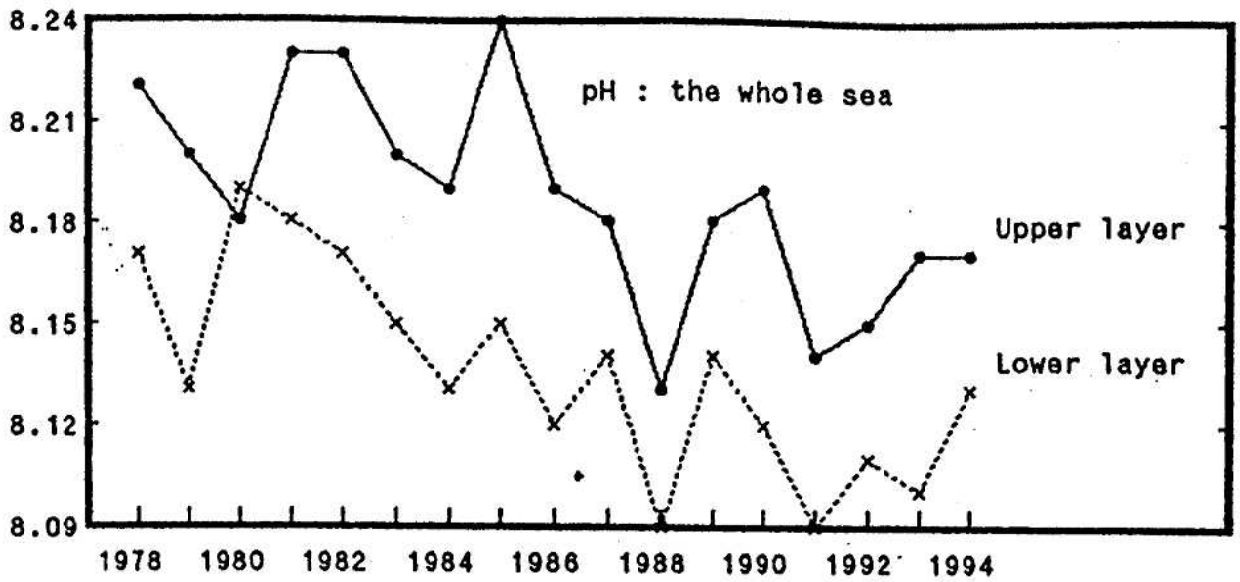


Figure 3-2. Secular change of pH
: the whole sea, each sea area (Upper & Lower)

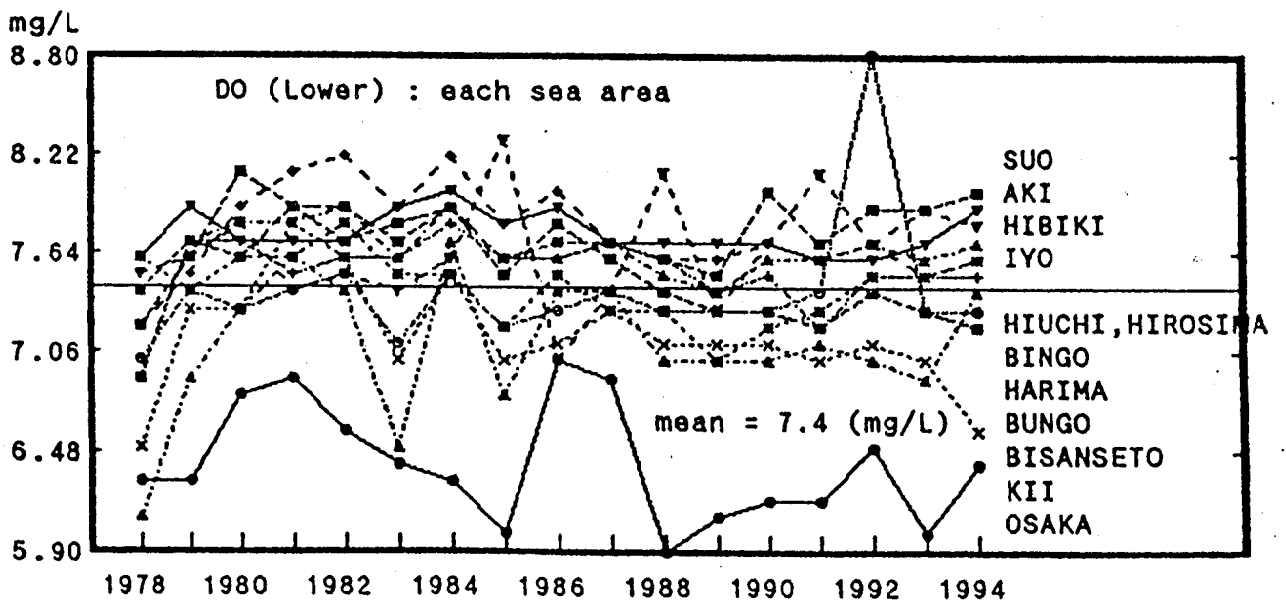
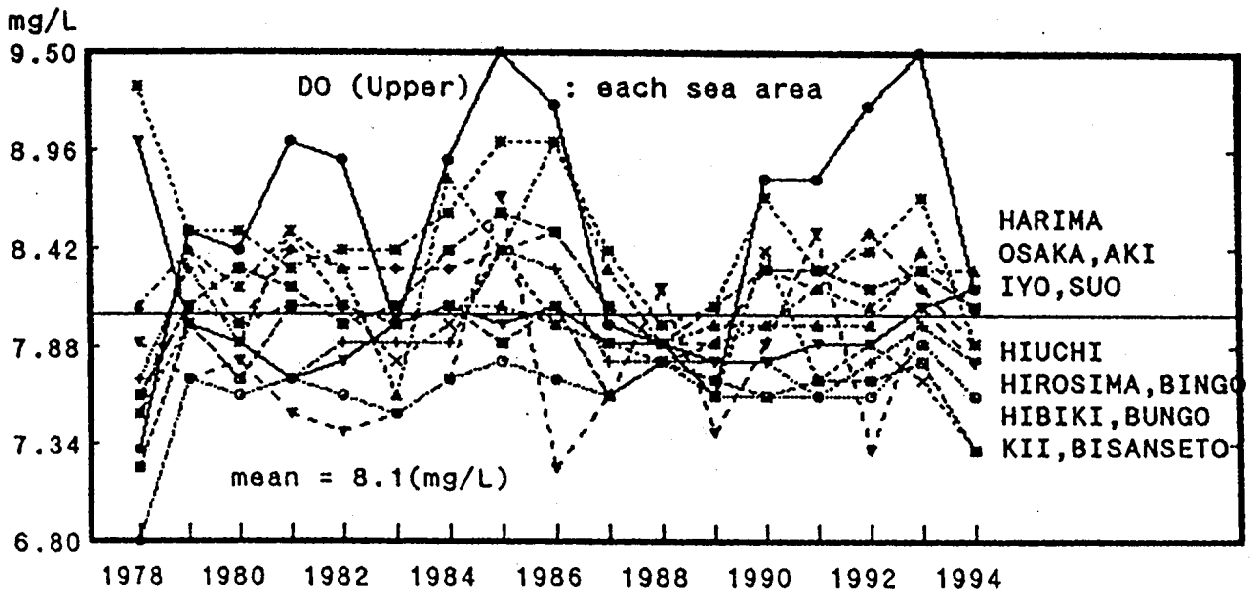
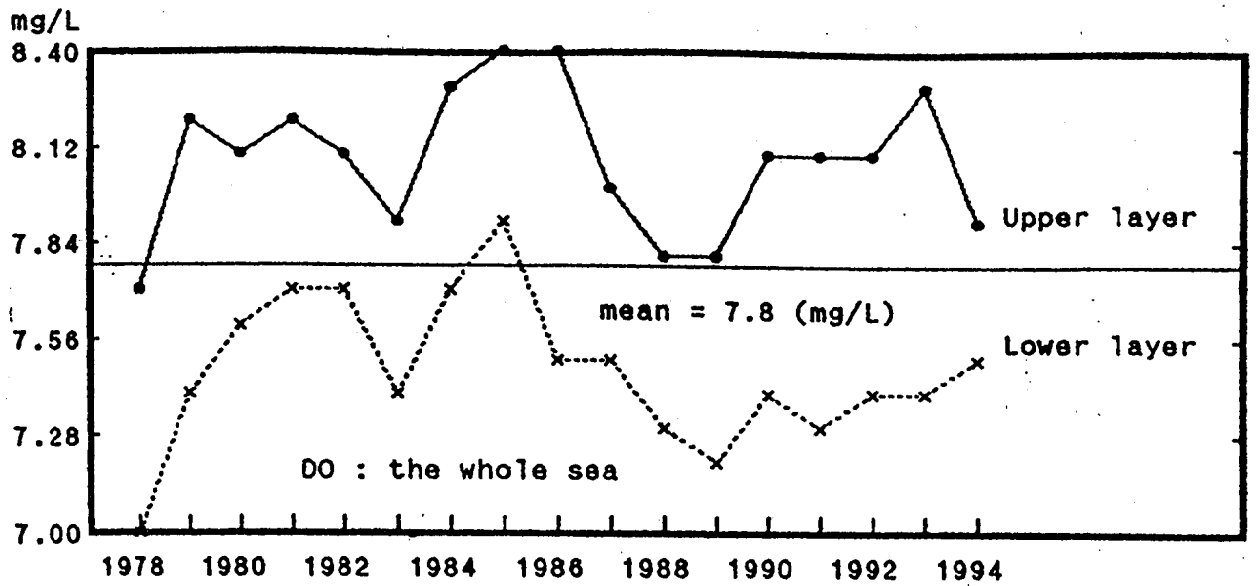


Figure 3-3. Secular change of DO
: the whole sea, each sea area (Upper & Lower)

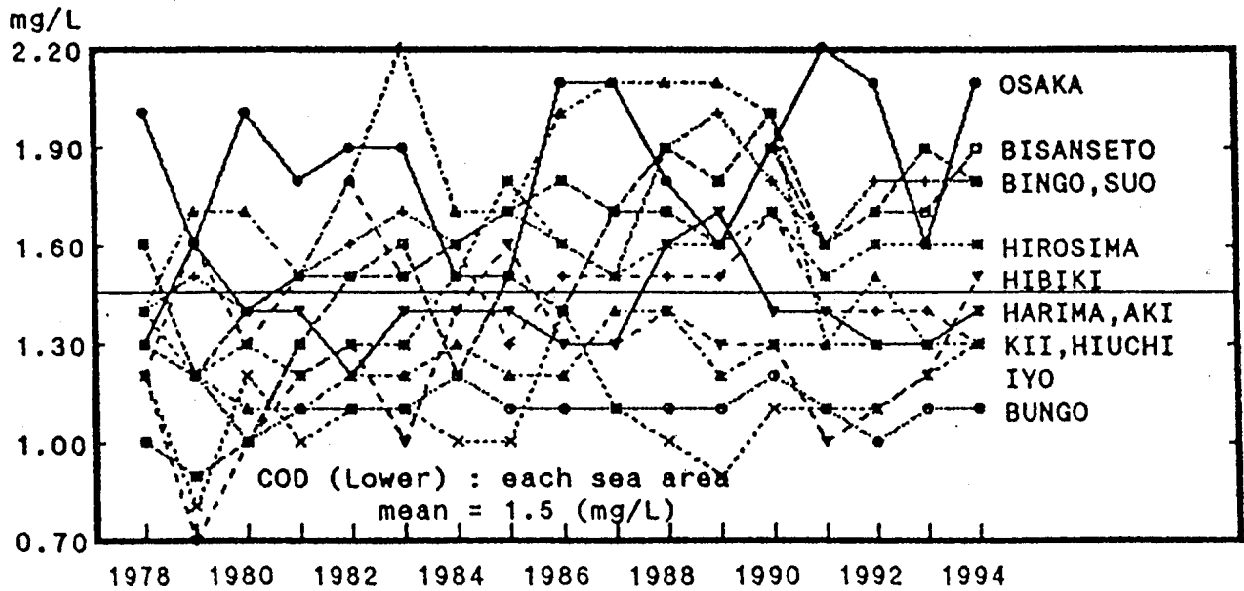
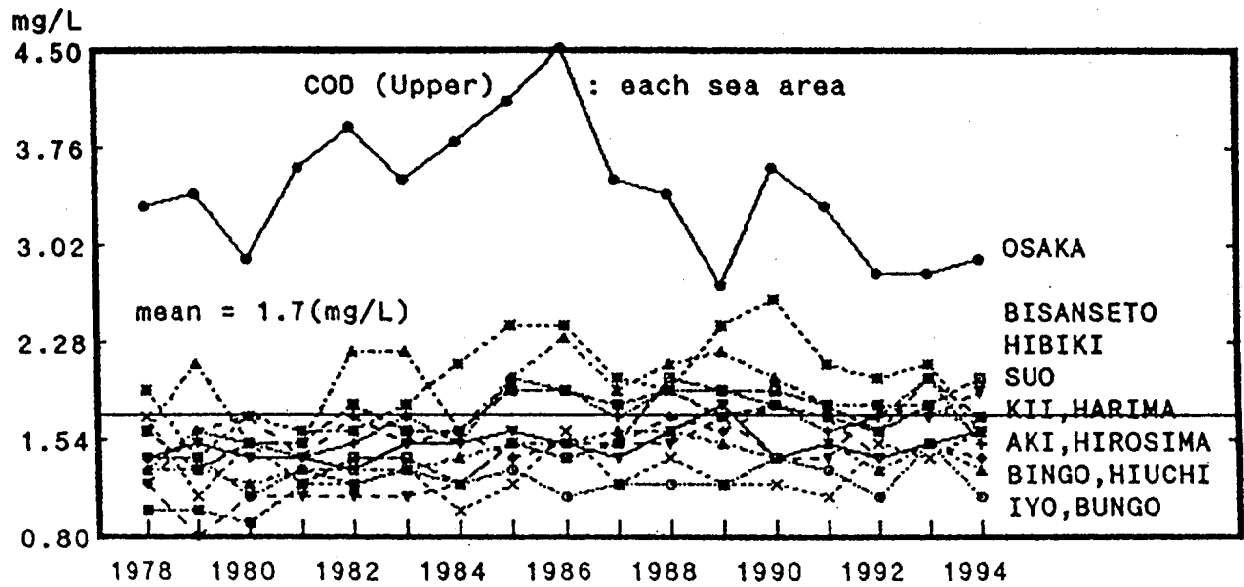
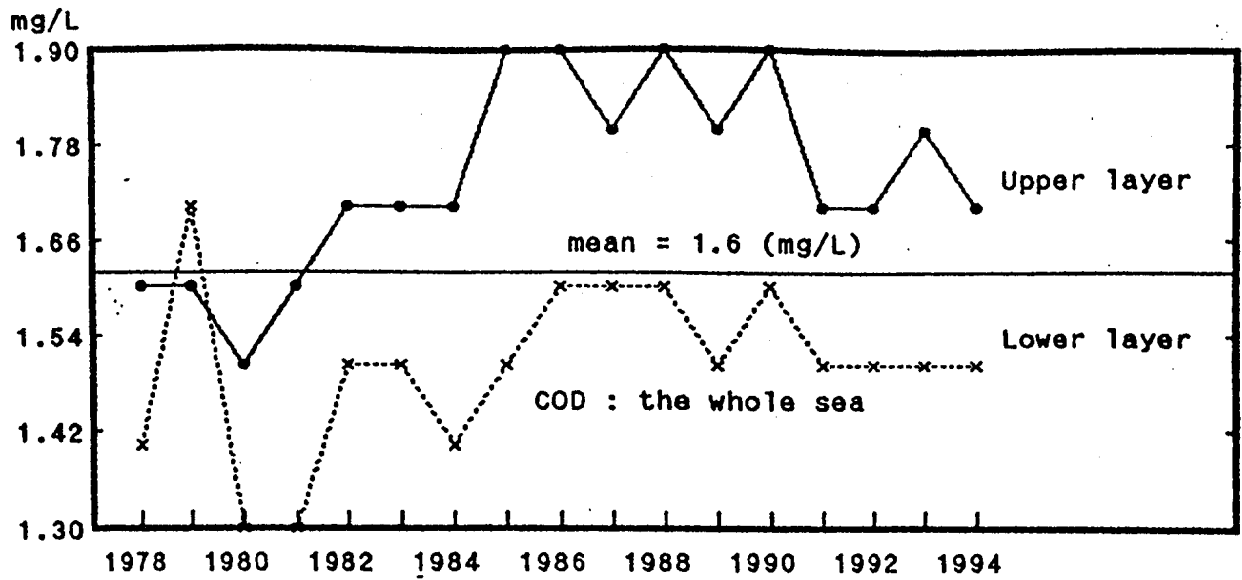


Figure 3-4. Secular change of COD
: the whole sea, each sea area (Upper & Lower)

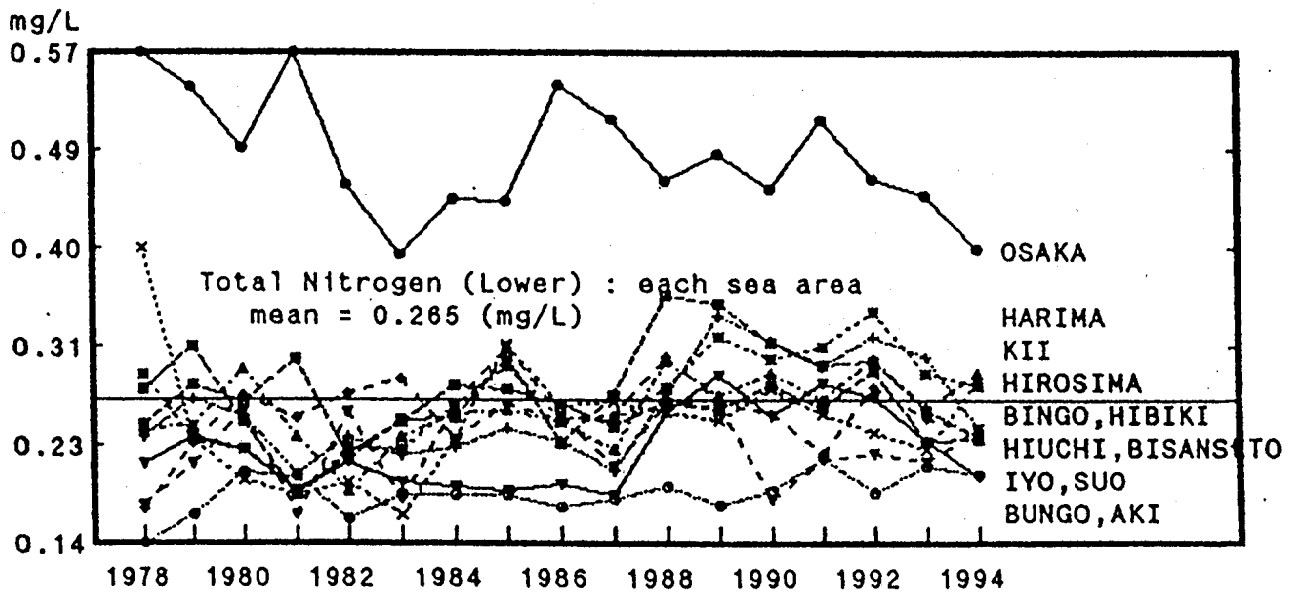
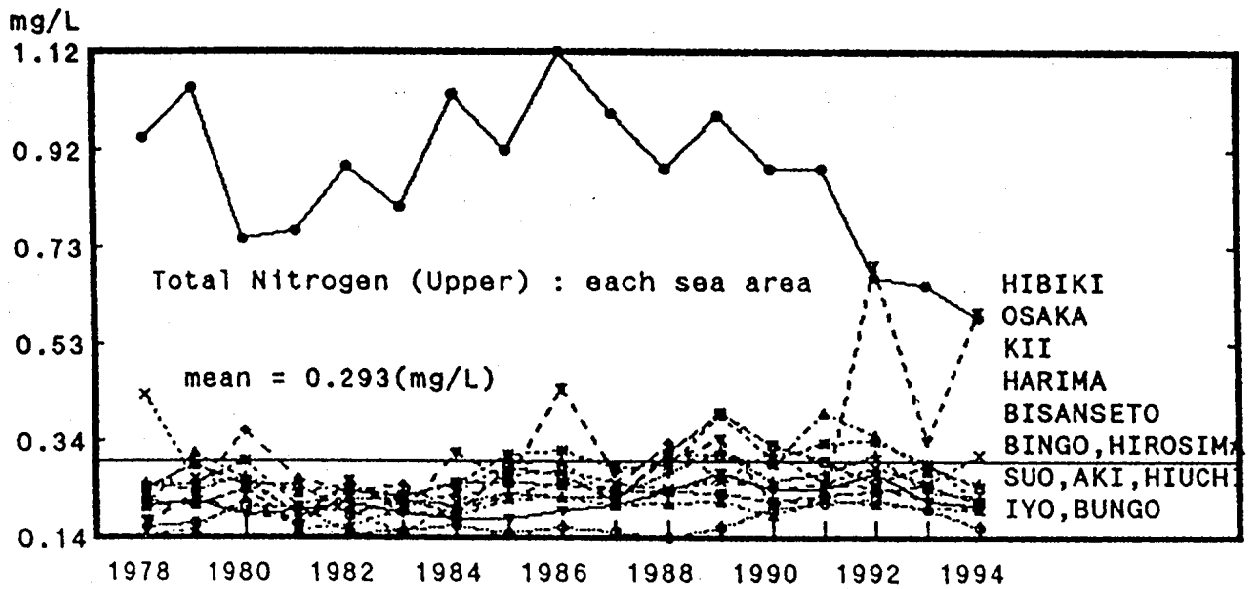
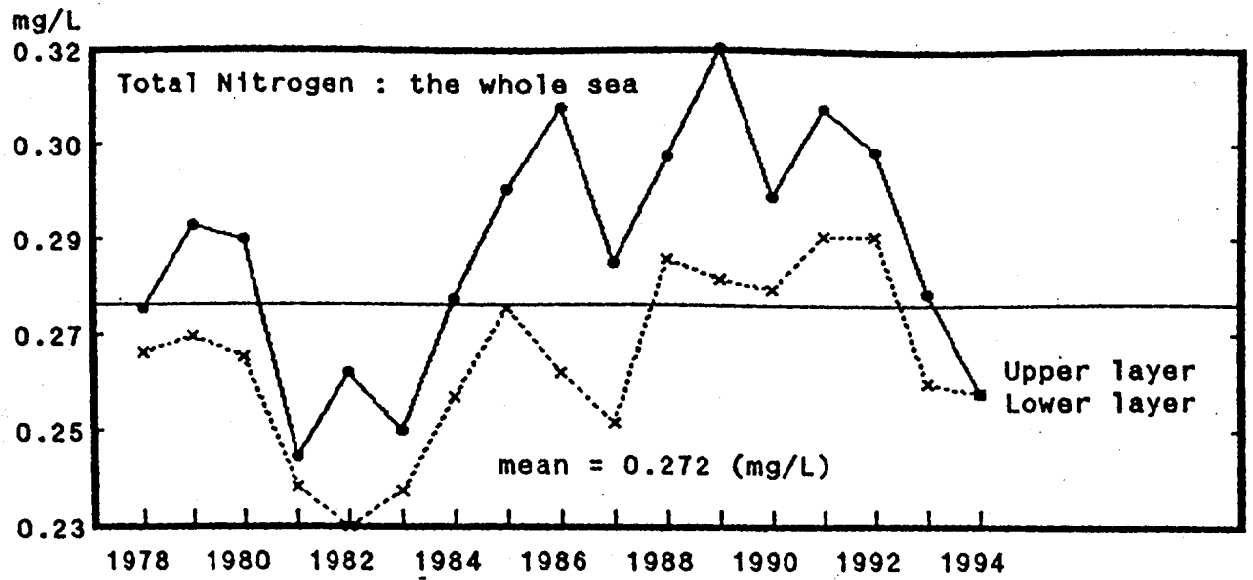


Figure 3-5. Secular change of T-N
: the whole sea, each sea area (Upper & Lower)

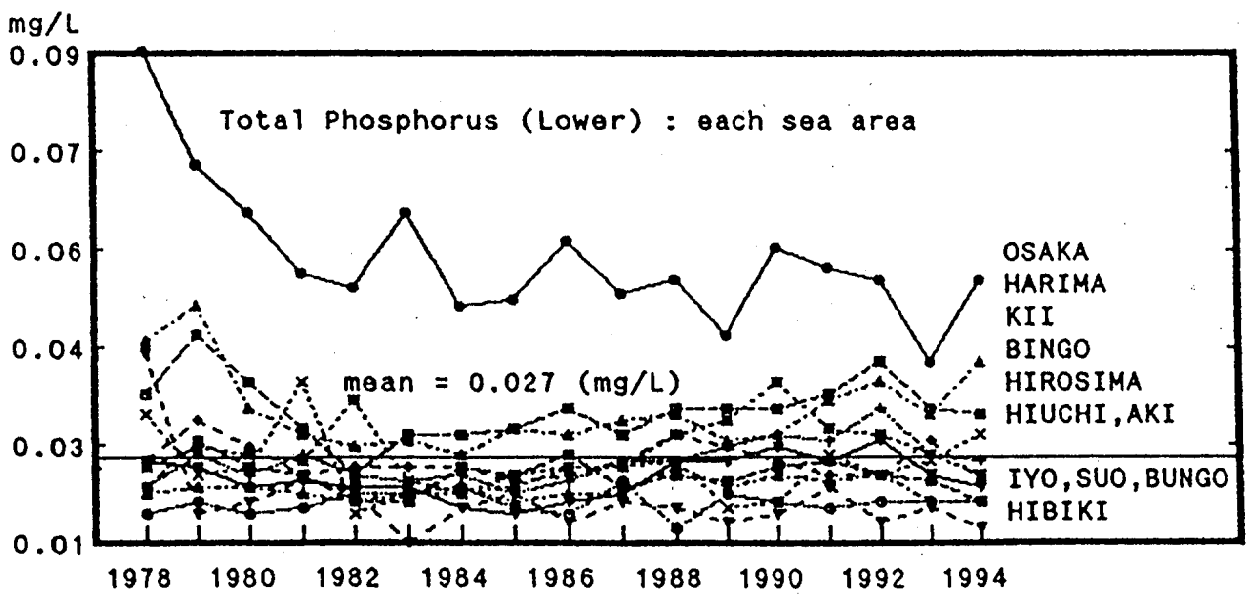
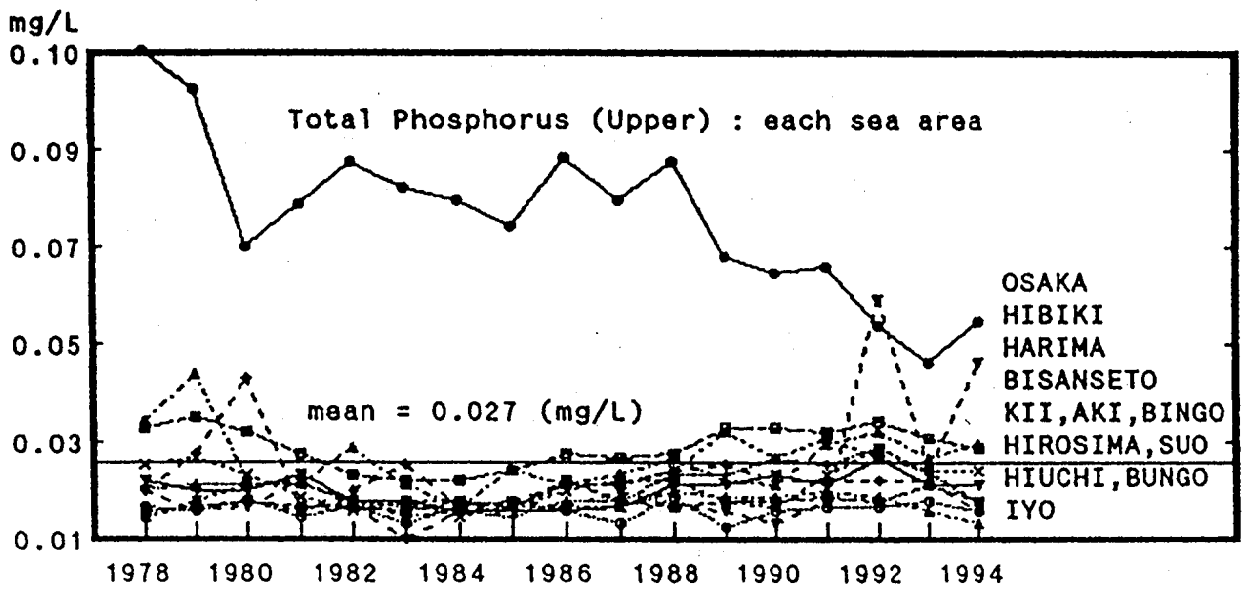
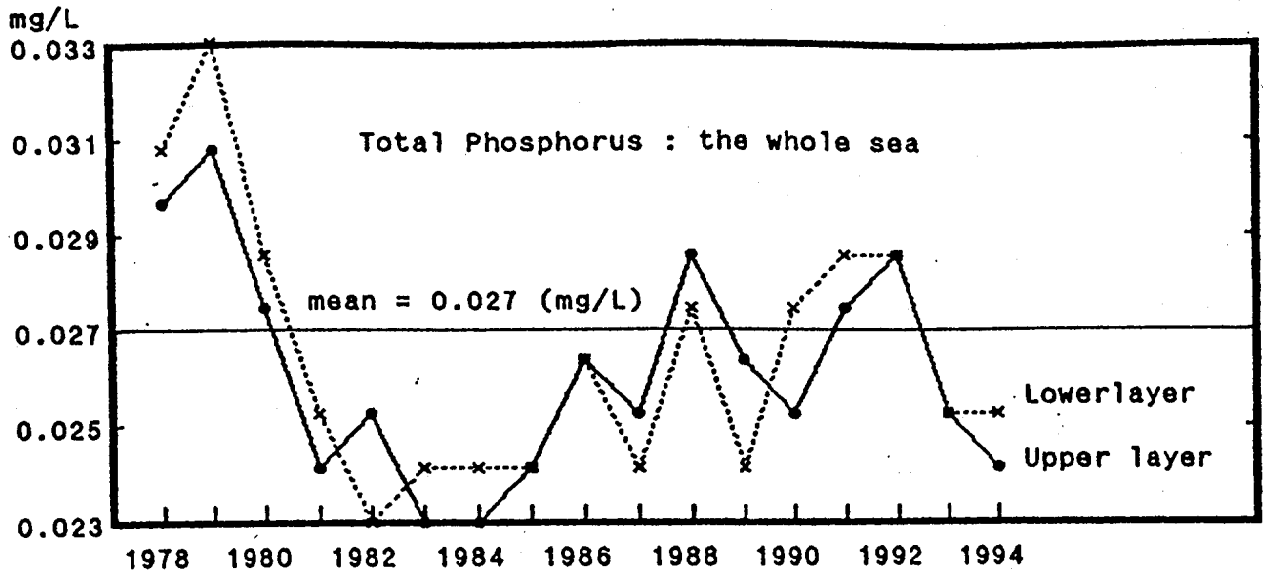


Figure 3-6. Secular change of T-P
: the whole sea, each sea area (Upper & Lower)

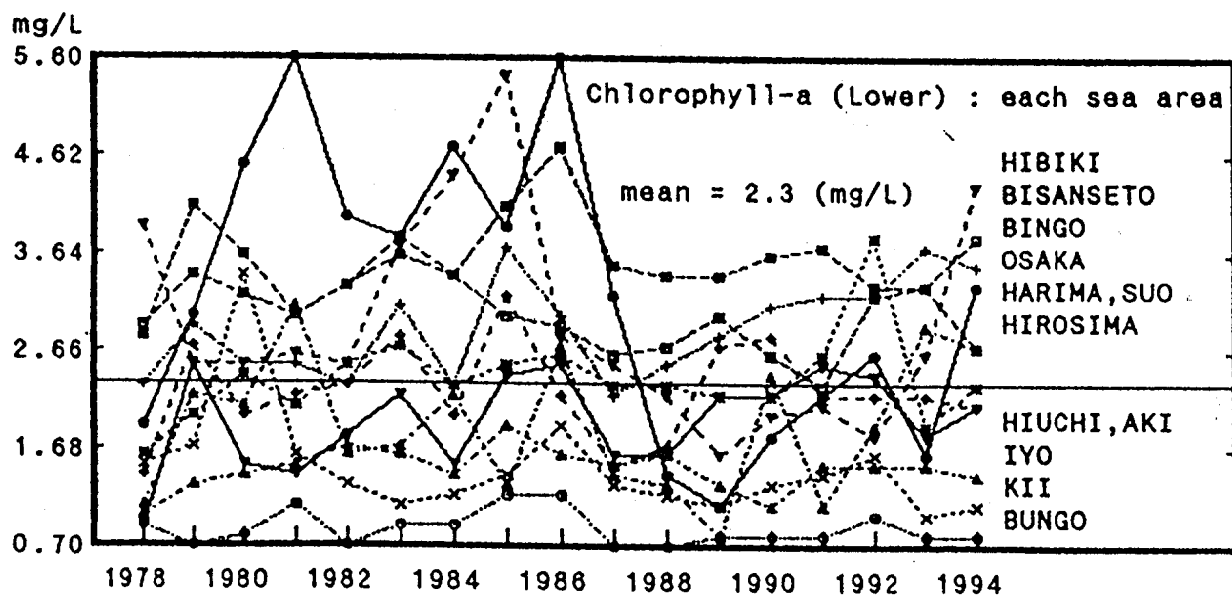
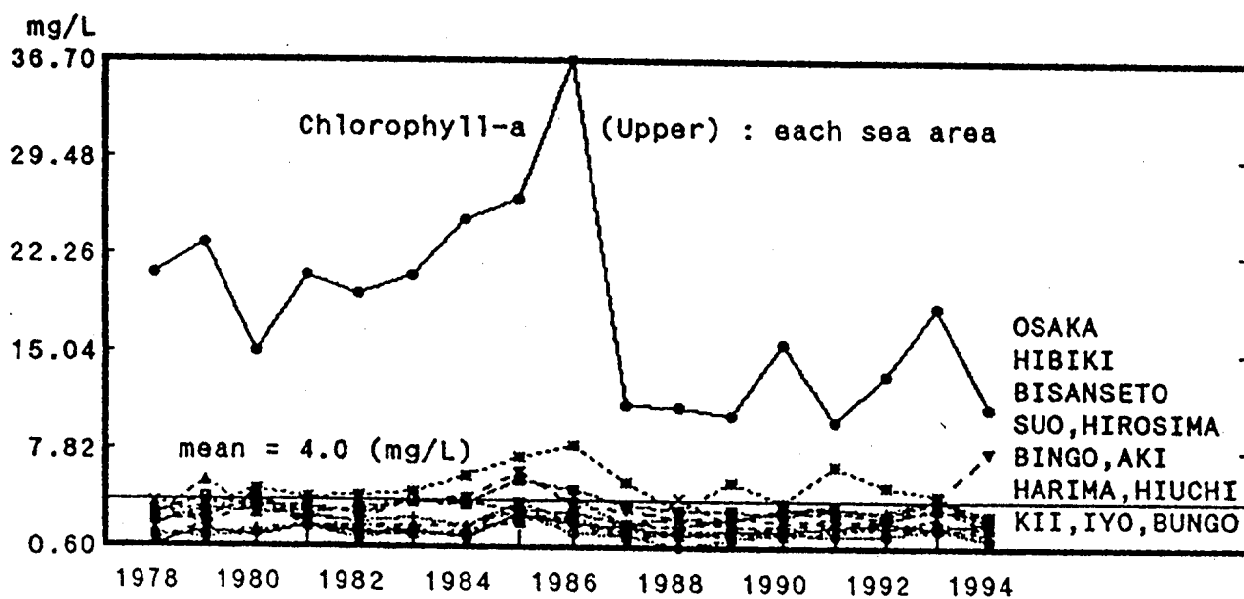
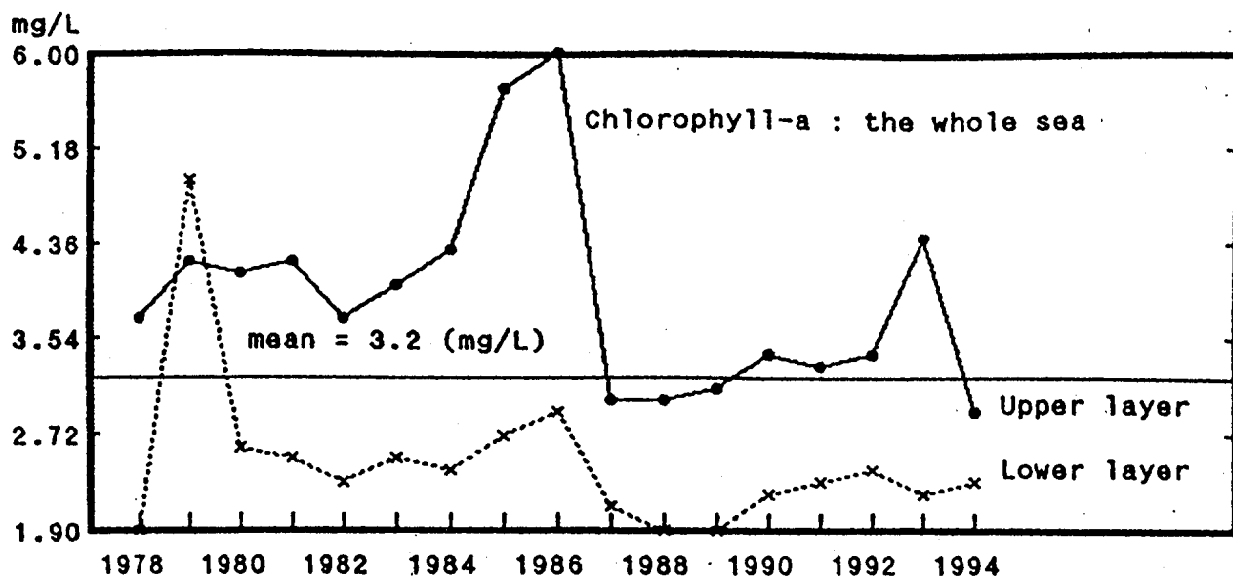


Figure 3-7. Secular change of Chlo.
: the whole sea, each sea area (Upper & Lower)

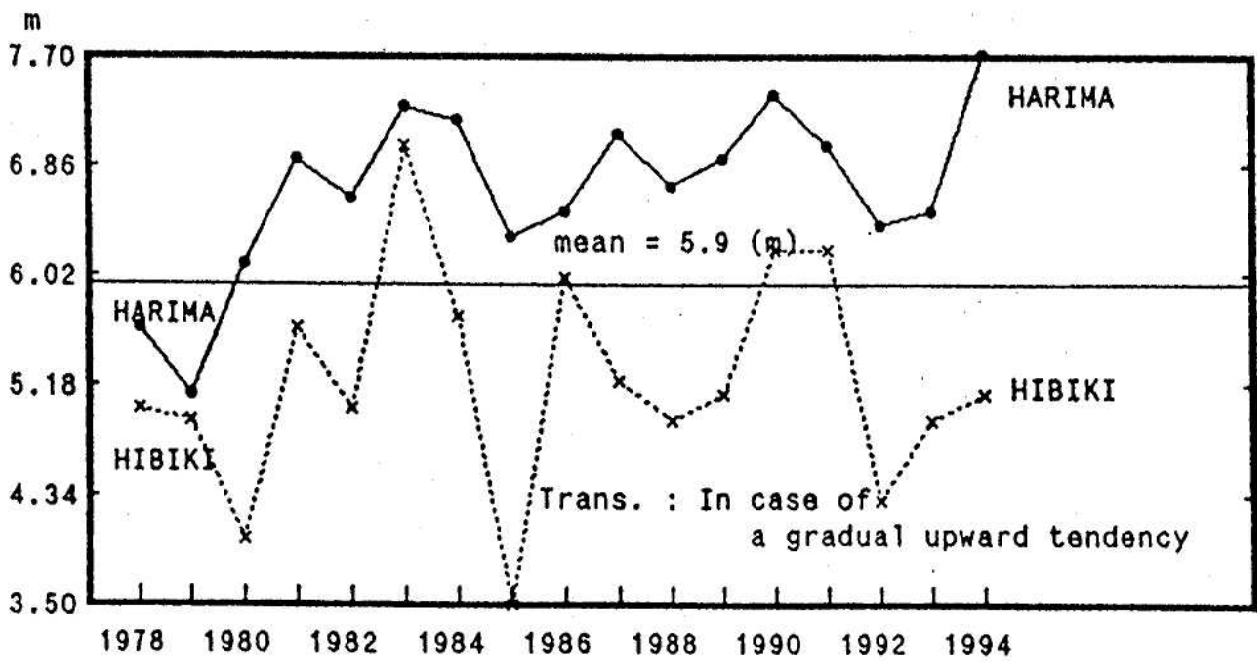
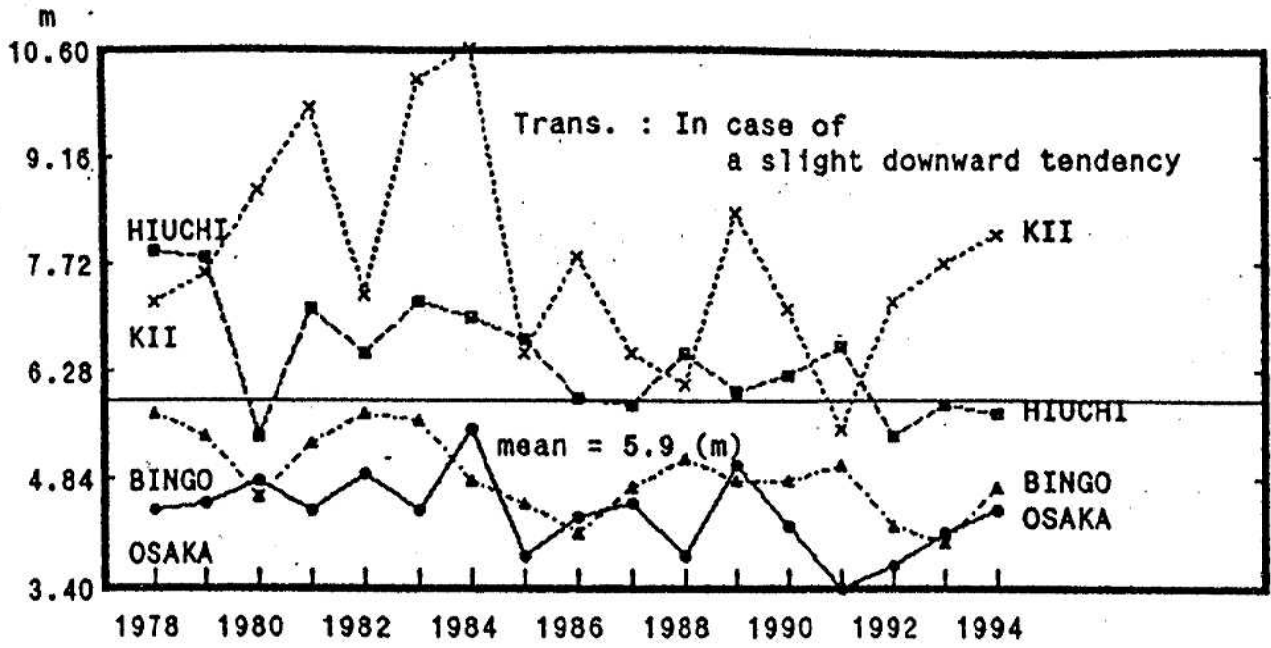


Figure 3-8-1. Secular change of Transparency in part of each sea area

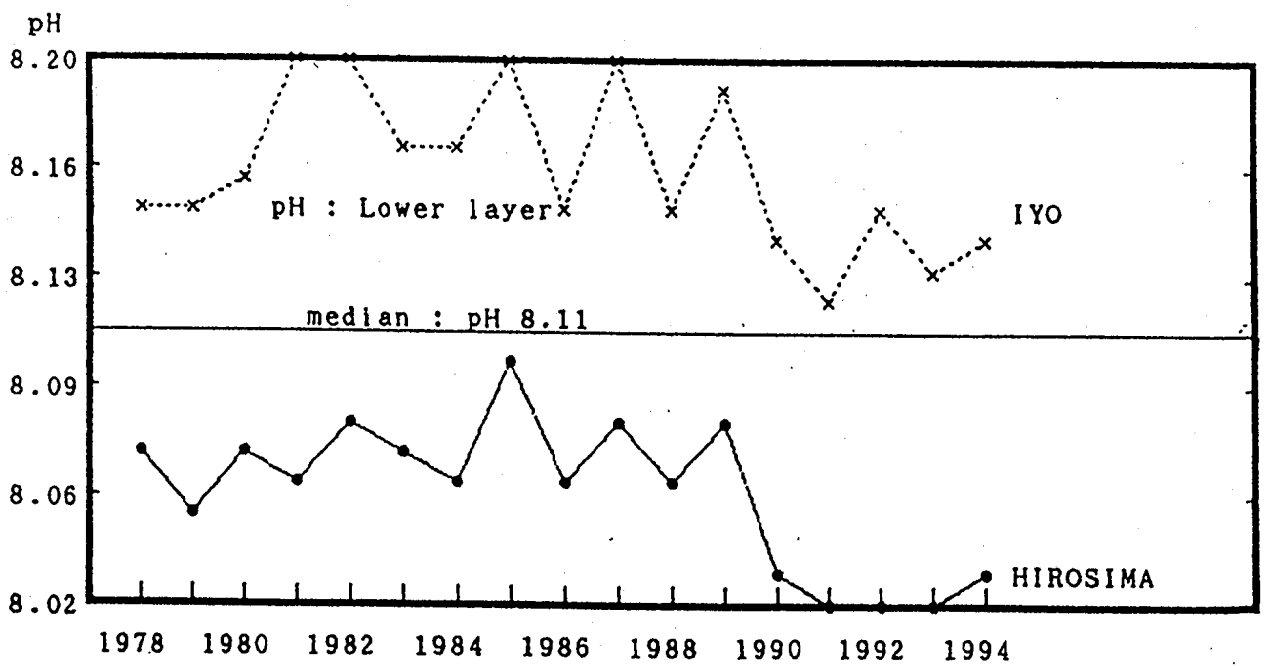
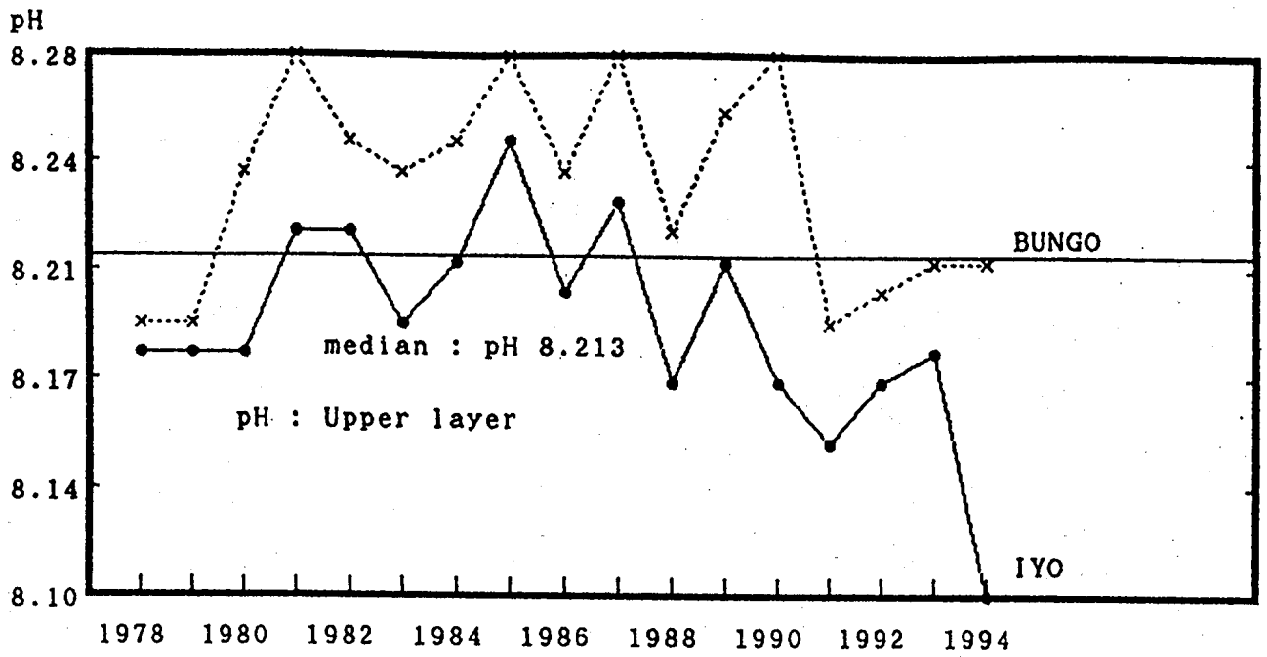


Figure 3-8-2. Secular change of pH in part of each sea area (Upper & Lower)

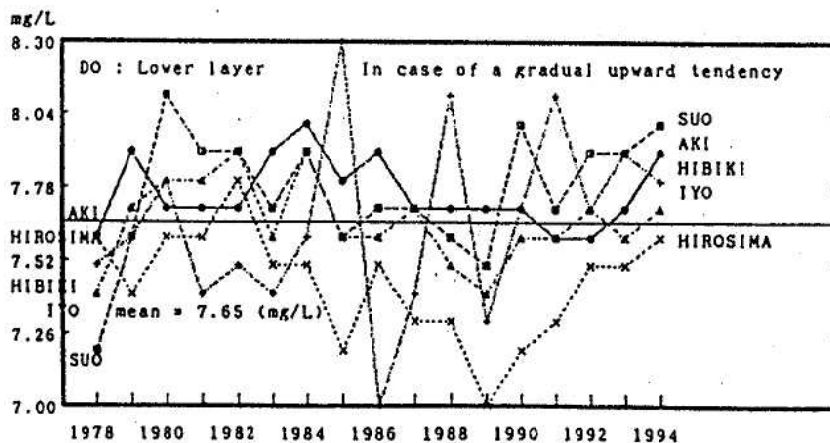
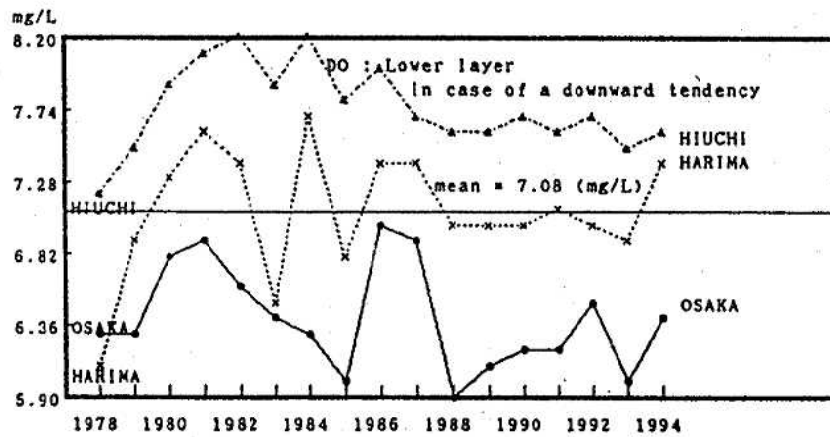
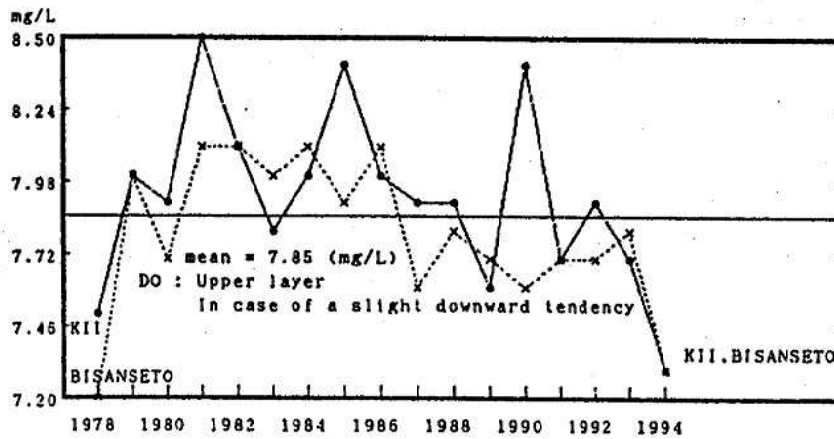
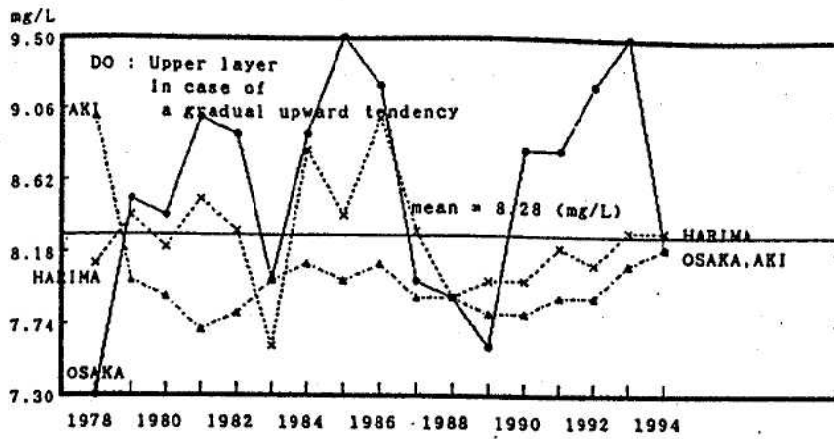


Figure 3-8-3. Secular change of DO in part of each sea area (Upper & Lower)

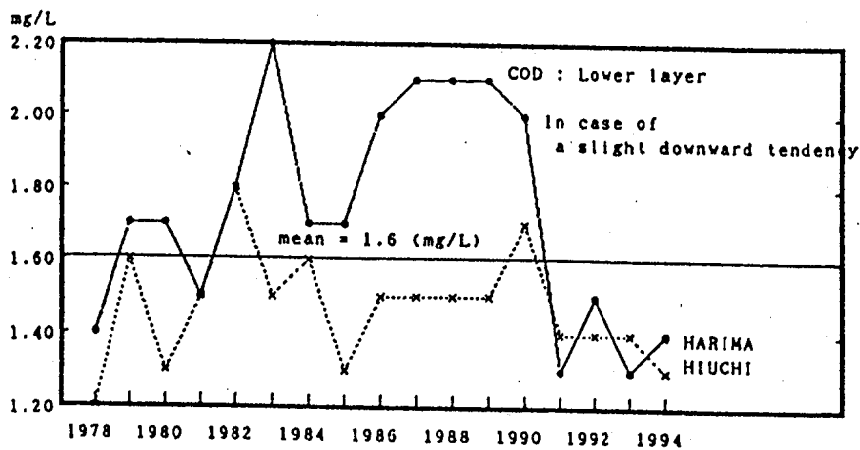
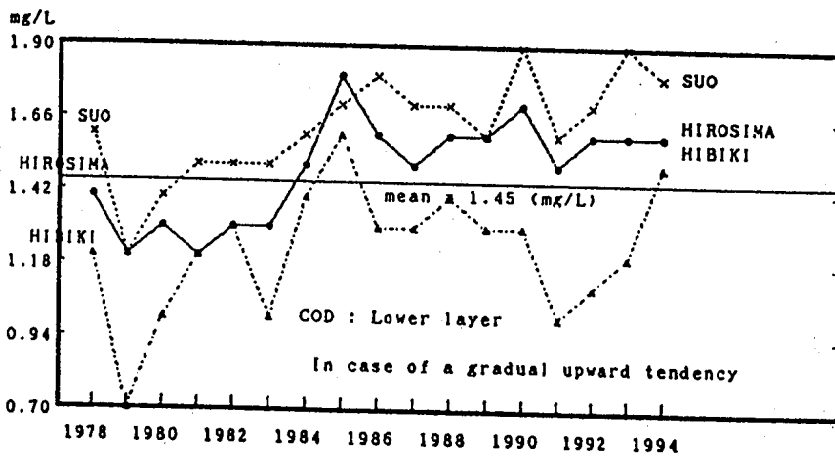
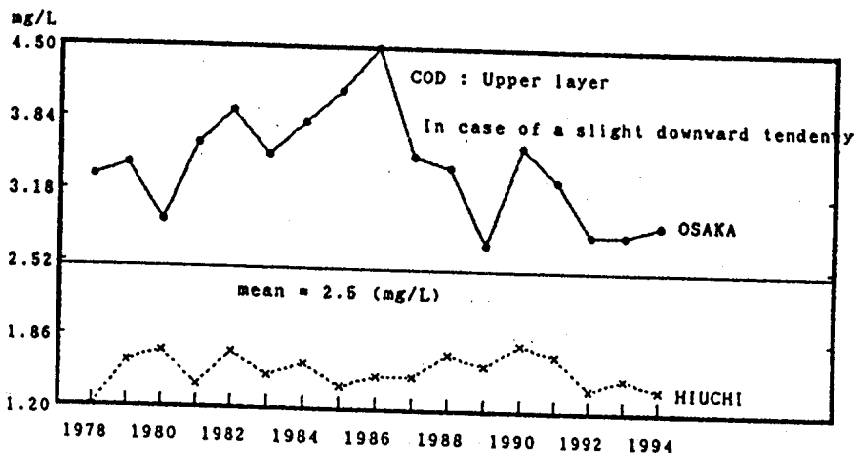
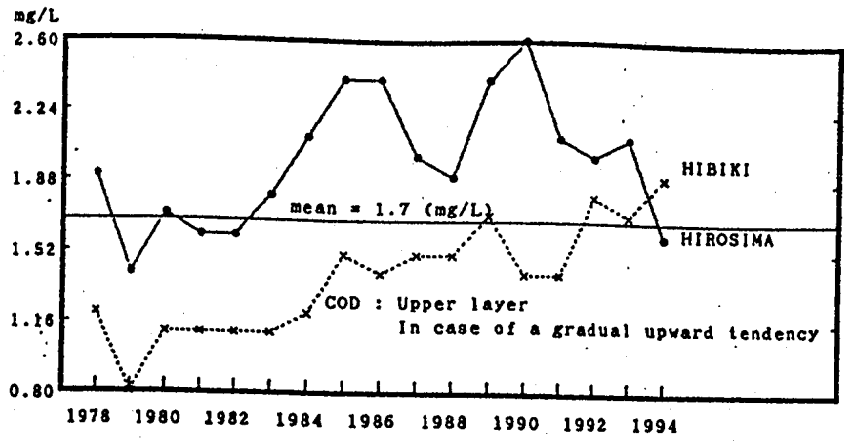


Figure 3-8-4. Secular change of COD in part of each sea area (Upper & Lower)

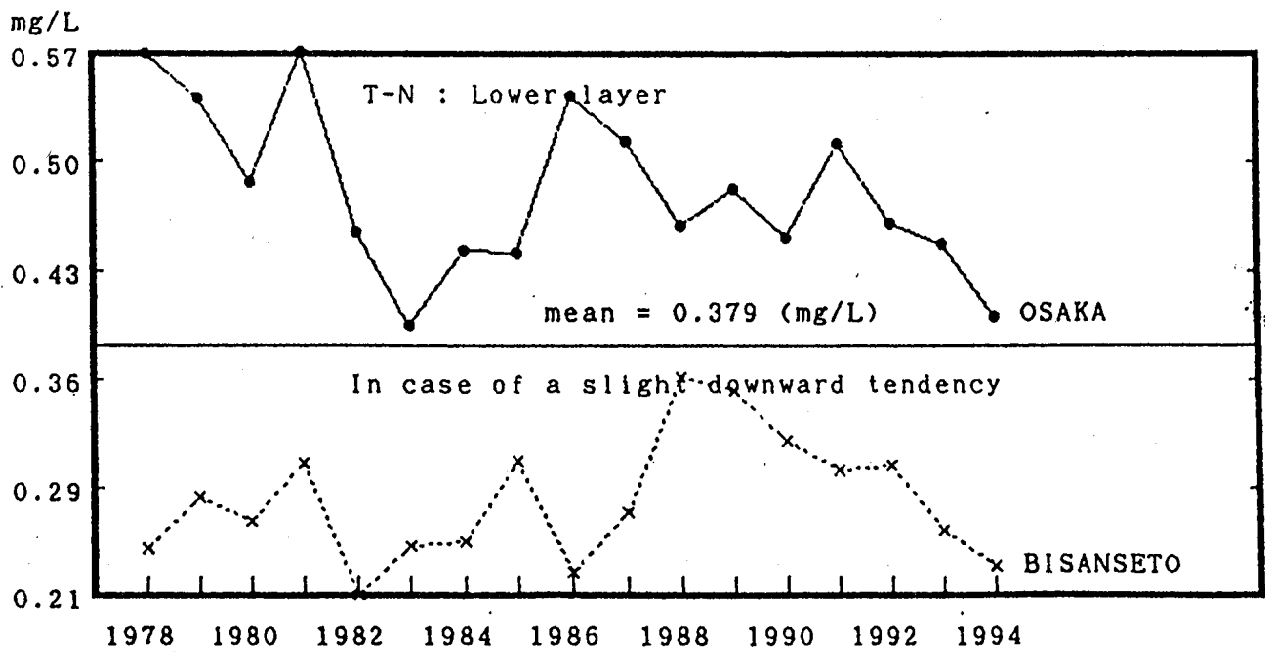
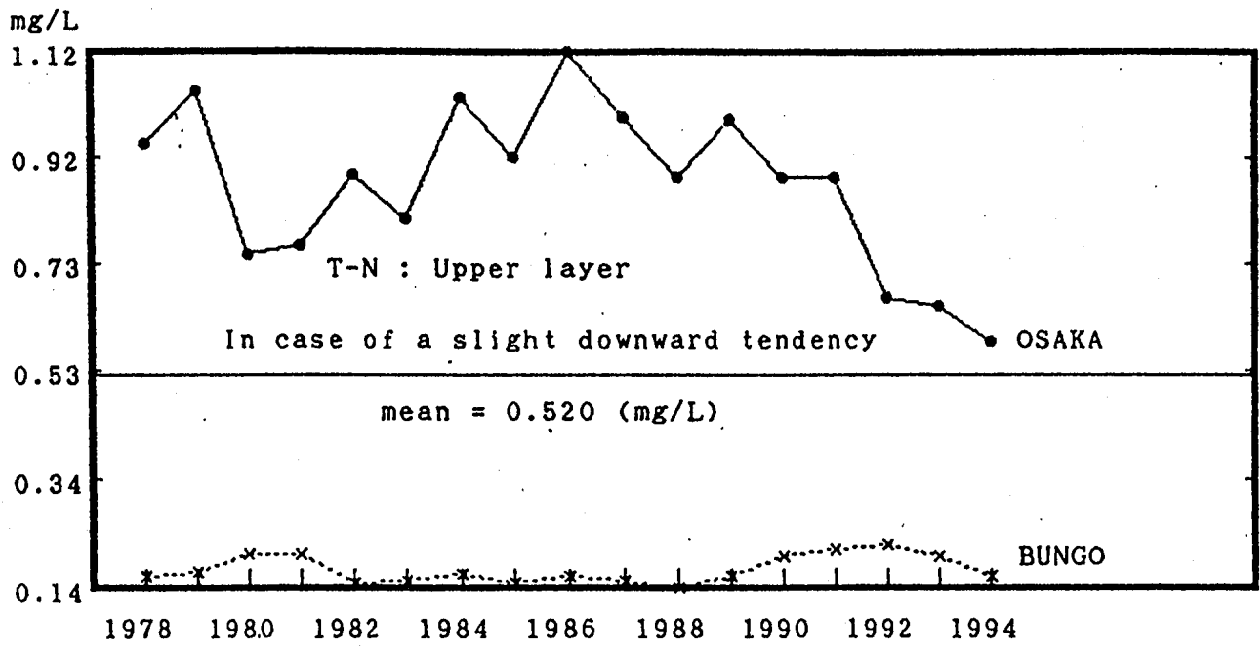


Figure 3-8-5. Secular change of T-N in part of each sea area (Upper & Lower)

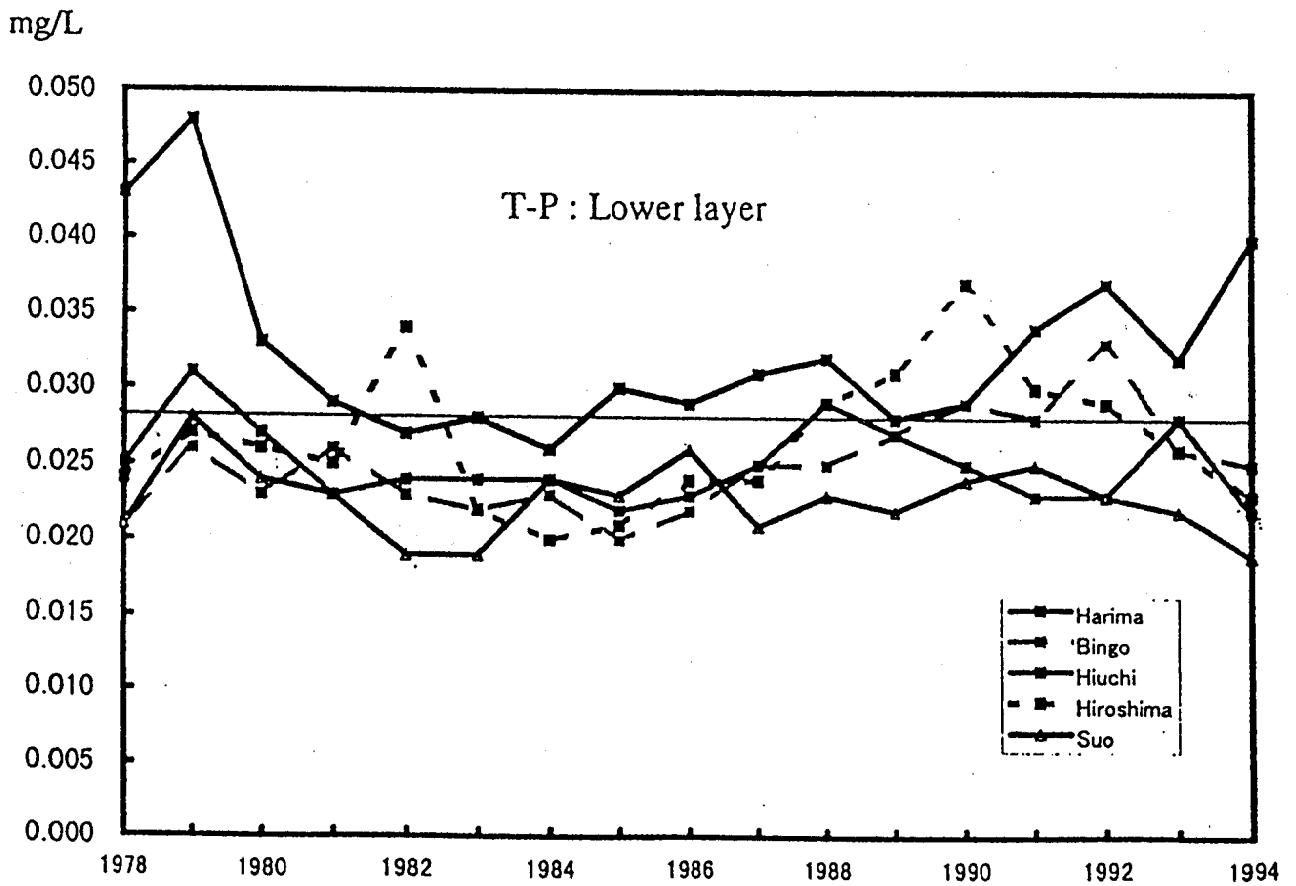
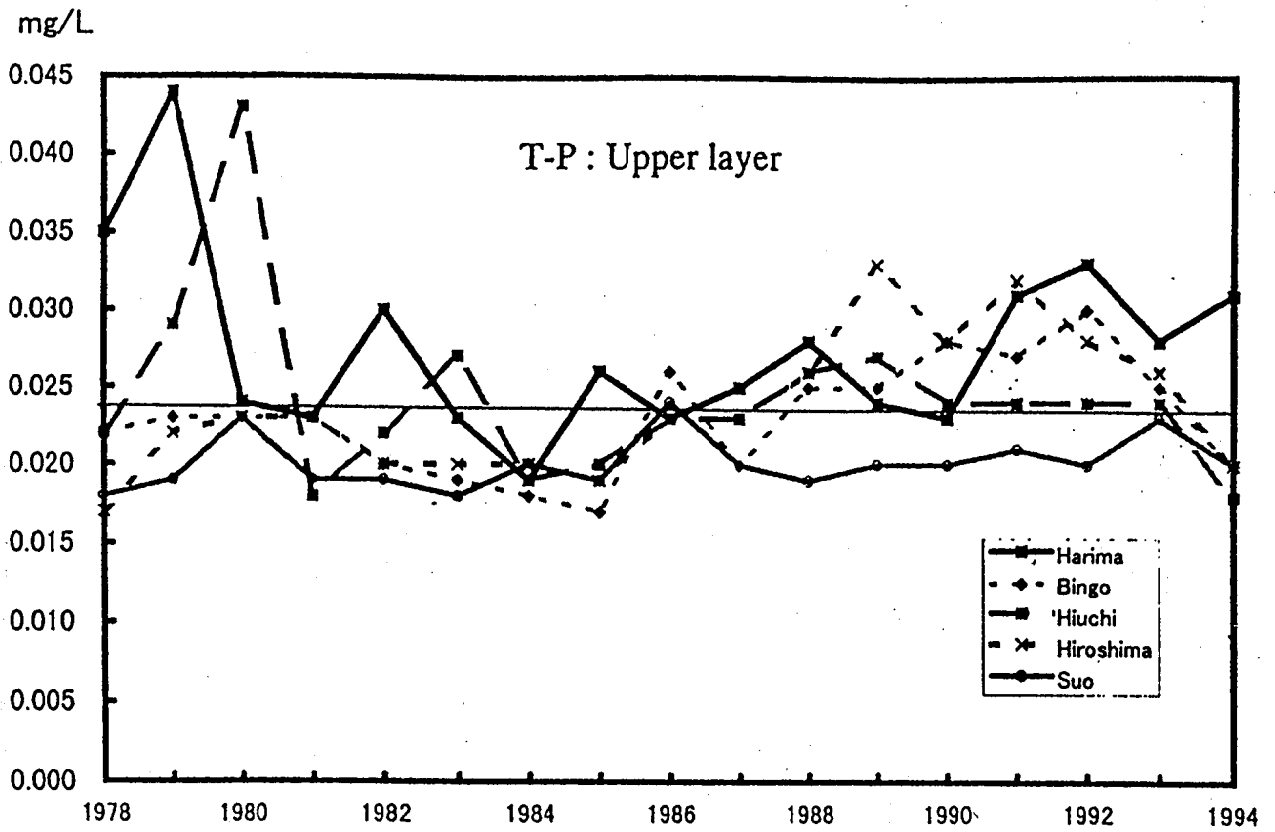


Figure 3-8-6. Secular change of T-P in part of each sea area (Upper & Lower)

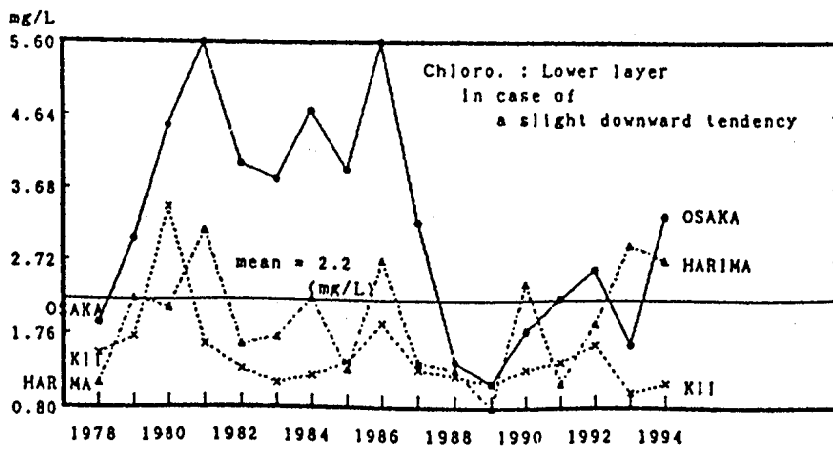
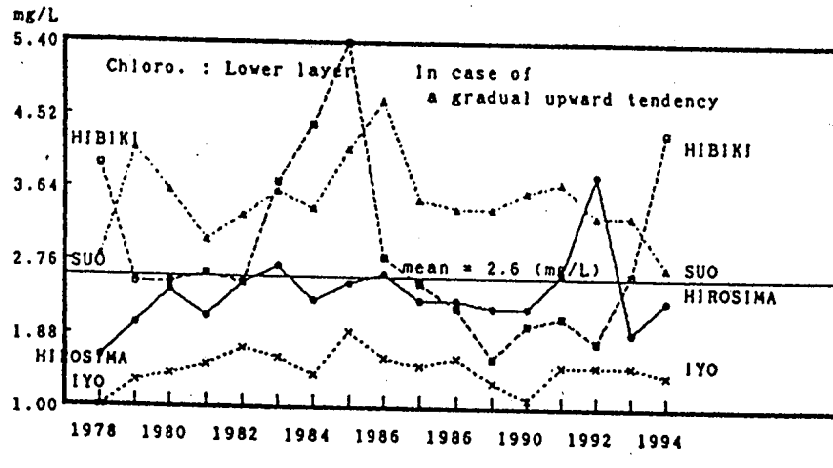
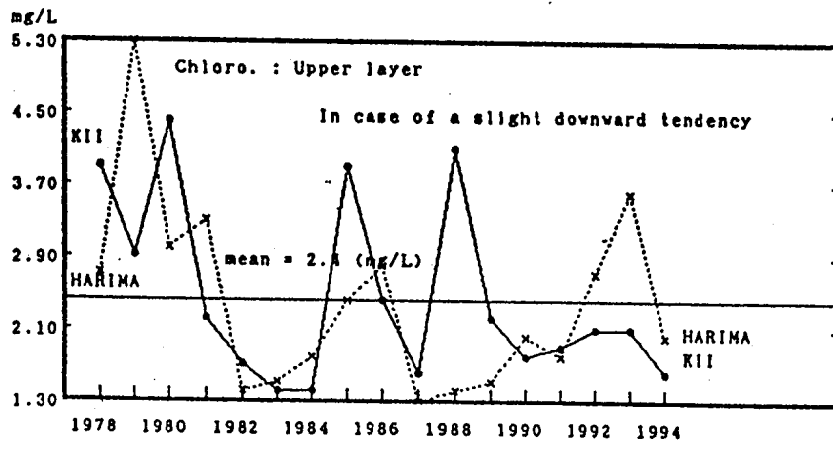
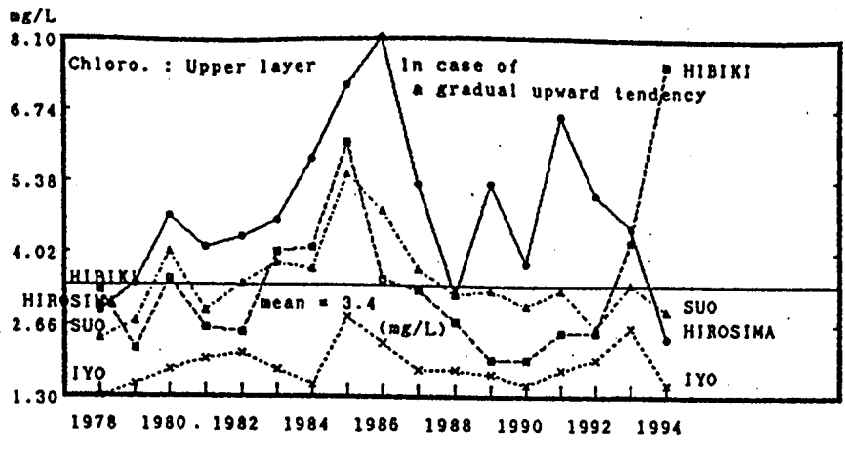


Figure 3-8-7. Secular change of Chloro. in part of each sea area (Upper & Lower)

