

ISSN 0914 - 0301

# 長 崎 県 衛 生 公 害 研 究 所 報

ANNUAL REPORT OF NAGASAKI PREFECTURAL INSTITUTE  
OF PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

- 2 0 0 3 -

(平成15年度業績集)

第49号

長 崎 県 衛 生 公 害 研 究 所  
NAGASAKI-KEN EISEI KOGAI KENKYUSHO

# まえがき

衛生公害研究所はこれまで本県の保健衛生行政及び環境公害行政の科学的・技術的中核機関として、県民の健康保持と生活環境の保全に貢献してきましたが、社会環境の変化に伴い、近年、SARS（重症急性呼吸器症候群）や鳥インフルエンザなどの新興感染症や大村湾をはじめとする閉鎖性水域等の地域環境課題など、新たな保健・環境問題が数多く発生しています。

一方、県の7研究機関を連携統括する組織が新設され、衛生公害研究所も連携組織の一員として、他の研究機関や産学官等の連携のもとに技術分野を融合した調査研究や新しい産業おこしに貢献する研究開発が求められるなど、これまでとは違った抜本的な対応・変革が求められています。

このため、衛生公害研究所は、平成15年度に策定された新衛生公害研究所「長崎県環境保健研究センター（仮称）」整備計画の理念「県民により身近で、民間・大学・他公設試と連携した、開かれた研究所づくり」に基づき、次の3点を平成16年度の職務目標と定め、重点的に取り組んでいます。

## 1. 成果主義に立脚した調査研究の充実強化

民間・大学・県研究機関と連携して、県民の健康危機管理対策、大村湾水質保全などの地域環境課題、さらには新産業おこしに貢献する研究開発など、県民の生活・生命・健康に密着した調査研究課題に重点的に取り組み、その成果を環境・保健衛生行政、県民の生活・生命・健康の向上、新技術開発などへの反映に努める。

## 2. 県民中心の情報収集発信の充実強化

衛生公害研究所の業務成果を県民に適正に還元するために、当所が有する環境・保健衛生分野の各種情報や研究成果などをホームページ等を通じて、迅速かつ分かりやすく県民へ情報発信するとともに、県民から地域課題などの情報収集に努める。

## 3. 研究員の人材育成及び意識改革の推進

衛生公害研究所に求められている成果主義に立脚した調査研究能力の向上や県民の目線に立った業務の推進を図るため、組織的、計画的に研究員の人材育成及び意識改革の徹底に努める。

衛生公害研究所は、現在上記職務目標の達成に向けた取り組みのほか、施設整備計画や機能・業務の見直しなど多くの課題を抱え、大きな変革の時に直面していますが、関係機関と連携を図りながら職員一同更に努力を重ねて参りますので、皆様方のご支援ご協力をよろしくお願いいたします。

本誌は平成15年度の研究成果等を取りまとめたものです。ご高覧のうえ、ご指導ご教示いただければ幸いに存じます。

平成16年12月

長崎県衛生公害研究所長 渡部哲郎

# 目 次

## I 報文

1. 長崎県における大気汚染の特徴  
－平成14,15年度光化学オキシダント高濃度現象の解析－ ----- 1
2. 植物を利用した水質浄化実験 -----14
3. 各種高極性キャピラリーカラムによるダイオキシン類分析の検討 -----20
4. 藻類の有効活用による閉鎖性水域の浄化に関する研究  
－アオサ添加飼料給与による鶏卵に及ぼす変化－ -----31
5. GC-ECDを用いた甲状腺ホルモンのスクリーニング法の検討 -----40

## II 資料

1. 長崎県における大気汚染常時測定局の測定結果(2003年度) -----43
2. 長崎県における酸性雨調査(2003年度) -----52
3. 長崎県地域防災計画に係る環境放射能調査(2003年度) -----58
4. 溶融スラグの化学的安全性試験について -----61
5. 大村湾の水質調査結果(2003年度) -----64
6. 養殖カキを用いた内湾環境修復に関する研究(その3) -----68
7. 大村湾の浄化・生態系回復に関する研究(2003年度) -----72
8. 藻場による水環境改善に関する研究 -----80
9. 諫早湾干拓調整池等水質調査結果(2003年度) -----84
10. 諫早湾干拓調整池の植物プランクトン及び底生生物調査結果(2003年度) -----89
11. イボニシに関する有機スズ化合物の影響調査 -----92
12. 天然魚類中ホルムアルデヒド調査 -----9
13. 卵黄中の脂溶性ビタミン、カロテノイド等の分析 -----100
14. 健康食品中の医薬品成分のスクリーニング -----105
15. 長崎県におけるナシフグの毒性調査(2000～2003年度) -----107
16. 腸管出血性大腸菌感染症の感染源究明に関する研究 -----109
17. 感染症サーベイランスにおけるウイルス分離状況(2003年度) -----114
18. 長崎県における日本脳炎の疫学調査(2003年度) -----119
19. 長崎県におけるインフルエンザの疫学調査(2003年度) -----122
20. 長崎県における食中毒(ノロウイルス)の発生状況 -----125

## III 資料、データ

1. 長崎県における放射能調査結果(2003年度) -----129
2. 大村湾及び大村湾流入河川水質測定結果(2003年度) -----132
3. 産業廃棄物最終処分場における浸透水等調査結果(2003年度) -----135
4. 工場・事業場排水調査結果(2003年度) -----137
5. 鉱泉分析結果(2003年度) -----138
6. 食品中の残留農薬調査結果(2003年度) -----141
7. 油症検診受診者の血中PCB,PCQ濃度(2003年度) -----141
8. 食品・陶磁器などの除去検査結果(2003年度) -----142
9. 畜水産食品中の合成抗菌剤などの調査結果(2003年度) -----142
10. 環境中のダイオキシン類調査結果(2003年度) -----143
11. 発生源ダイオキシン類調査結果(2003年度) -----145

## IV 学会発表・他誌掲載論文抄録

1. マルチプレックスPCRを用いた食中毒起因菌一括検出法の検討 -----147
2. マルチプレックスPCR用プライマー対の選抜方法とそれらを用いた  
乳製品関連細菌検出用試薬の検討 -----147
3. マルチプレックスPCR法に用いるホットスタート用TapDNAポリメラーゼの検討 -----147
4. マルチプレックスPCRを用いた鶏、牛及び豚におけるカンピロバクターの検出 -----148
5. ダイオキシン類分析におけるフタル酸エステル類の妨害 -----148
6. アジア大陸に面した沿岸において採取された大気汚染物濃度の日変動 -----149

# CONTENTS

## I RESEACHES AND STUDIES

1. Features of the Air Environment in Nagasaki Prefecture -Analysis of the Photochemical-Oxidants High Concentration Phenomenon in 2002 and 2003 Fiscal Year- .....	1
2. Cleanup of Waste Water by Plant Cultivation .....	14
3. Analysis of Dioxins by using Various GC Columns .....	20
4. The Research on the Purification of the Enclosed Water Area by Effective Utilization of Agae -The Qualitative Alteration on Chicken Egg by the Sea Lettuce Additive Feed Feeding- ----	31
5. The Screening Analytical Method of Thyroid Hormone using GC-ECD .....	40

## II TECHNICAL REPORTS

1. Measurement of Air Pollution by Monitoring Stations in 2003 .....	43
2. Acidity and Ion Concentrations in Rain Water (2003) .....	52
3. Radioactivity Survey Data in Nagasaki Prefectural Disaster Prevention Plan (2003 ) .....	58
4. Analysis of Molten Slag(Report No.2) .....	61
5. Water Quality of Omura-Bay(2003) .....	64
6. Inner Bay Environmental Restoration by Oyster Culture(No.3) .....	68
7. Research on the Purification and the Ecosystem Restoration of the Omura-Bay .....	72
8. Research on an Improvement of the Water Environment by the Alga-place .....	80
9. Water Quality of the Detention Pond Originated from Isahaya-bay Land Reclamation(2003) -	84
10. Phytoplankton and Benthos of The Detention Pond Originated from Isahaya-bay Land from Isahaya-bay Land Reclamation .....	89
11. Effects of Organotin Compounds in <i>Thais clavigera</i> .....	92
12. The Formaldehyde in Fishes .....	97
13. Analysis of Fat-Soluble Vitamin and Carotenoids in Egg Yolk .....	100
14. Screening of the Medical Supply Component in Health Food .....	105
15. Toxicity of Nashifugu( <i>Fugu vermicularis</i> ) in nagasaki Prefecture(2000 ~ 2003 ) .....	107
16. An Investigative Report for Clear up the Origin of EHEC Infection .....	109
17. Virus Isolation on Surveillance of Infection Disease(2003) .....	114
18. Epidemic of Encephalitis in Nagasaki Prefecture (2003) .....	119
19. Epidemic of Infuruenza in Nagasaki Prefecture(2003) .....	122
20. Food Poisoning (Noro Virusu) in Nagasaki Prefecture(2003) .....	125

## III TECHNICAL REPORTS(DATA)

1. Radioactivity Survey Data in Nagasaki Prefecture (2003) .....	129
2. Water Quality of Omura-Bay and Rivers Inflowed into Bay(2003) .....	132
3. Results of an Investigation,as Osmosis Water in the Waste Reclamation last Disposal Place (2003) .....	135
4. Effluent Qaulities of Factories and Establishments (2003) .....	137
5. Water Qualities of Hot Springs in Nagasaki Prefecture (2003) .....	138
6. Pesticide Residues in Foods(2003) .....	141
7. PCB and PCQ Concentration in Human blood on Yusho Examinations (2003) .....	141
8. Survey Data on Random Examination of Foods and Porcelains (2003) .....	142
9. Survey Data of Synthetic Antibacterials in Livestock and Marine Products(2003) .....	142
10. Survey Data of Dioxins in Environmental Media (2003) .....	143
11. Survey Data of Dioxins in Stationaey Sorurce Emission and Waste Water(2003) .....	145

## IV ABSTRACTS IN OTHER PUBLICATIONS .....

147

# I 報 文

# 長崎県における大気環境の特徴 — 平成14、15年度光化学オキシダント高濃度現象の解析—

森 淳子・山口 顕徳・香月 幸一郎・白井 玄爾

## Features of the Air Environment in Nagasaki Prefecture Analysis of the Photochemical-oxidants High Concentration Phenomenon in the 2002 and the 2003 Fiscal Year

Atsuko MORI, Akinori YAMAGUCHI, Koichiro KATSUKI and Genji SHIRAI

In Nagasaki Prefecture, the cases which the level of oxidants concentration exceeds 100 ppb were 5 days for 6 stations in 2000 fiscal year, 15 days for 53 stations in 2002 fiscal year and 15 days for 62 stations in 2003 fiscal year. Compared with the 2000 fiscal year, these days increased about 3 times and the number of the stations increased about 10 times. The measured value exceeding 120 ppb for the first time was recorded in 2002 fiscal year.

The days that oxidants were observed beyond 100 ppb are concentrating in May and June in 2002 and 2003 fiscal year. And there is a high tendency in specific stations, such as the Kurosaki junior high school, Yukinoura and Yunoki.

With the advent of a high concentration oxidant, it became clear that relation with a migratory anticyclone is deep as a result of the analysis. Also it became clear that relation with the nitrogen oxide generated with the advent of a high concentration oxidant regionally is deep.

In addition to these, it was considered to be the factor of the level-of-oxidants appearance exceeding 120 ppb in May-June that the oxidant of the ozone layer origin was added.

Key words: photochemical-oxidants high concentration phenomenon

キーワード: 光化学オキシダント高濃度現象

### はじめに

長崎県における大気環境調査は、大気汚染防止法に基づき1971年度に開始されている。前報<sup>1)</sup>では観測開始以来の長期変動について解析を行った。その結果、固定発生源関連の汚染物質については長期的に減少傾向が認められたが、移動発生源に関連して、都市部の二酸化窒素や非メタン炭化水素濃度が増加傾向にあった。また、黄砂飛来時に浮遊粒子状物質の環境基準超過が認められたほか、光化学オキシダント濃度が特に1990年代以降増加傾向にあり、2002年度に初めて注意報発令基準以上の値が3局、4時間観測された。2003年度においても、6局、6時間注意報発令基準以上の濃度が観測された。若松ら<sup>2)</sup>は全国33自治体の581局を対象に、1985年度から2001年度までの光化学オキシダントの経年変動を解析した。その結果、全体の84.5%の局で経年的に上昇傾向を示した。Aki moto *et al.*<sup>3)</sup>は、わが国の高度2km以下の対流圏下層

におけるオゾン濃度は1969~1990年の間に約2%/年の割合で増加しており、この原因として東アジア地域における窒素酸化物の人為起源排出量の増加を指摘している。オキシダントは、呼吸器や粘膜のほか、森林、農作物にも影響を及ぼすと言われている。高木ら<sup>4)</sup>は、関東地域におけるオゾンによる農作物減収を試算し、被害総額は年間210億円に上るとしている。そこで、長崎県における光化学オキシダント高濃度出現機構の解明にせまり、今後の対策の一助とする目的で、平成14、15年度の高濃度現象の解析を行った。

### 結果と考察

#### 1 過去4年間の高濃度オキシダント出現状況

表1~4には平成12年度以降においてオキシダント濃度が100ppb以上を示した事例を示した。平成15年度は、環境基準対象時間内(昼間5時~20時)以外のみならず、100ppb以上を示したケースを5事例含んでいる(4月1

表 1 平成12年度光化学オキシダント濃度100ppb以上値抽出結果

年	月	日	測定局	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
2000	4	17	黒崎中学校	**	74	73	69	69	68	68	69	70	77	81	88	92	94	100	102	96	90	88	84	84	88	85	85
2000	8	5	川棚	**	10	5	3	6	5	3	3	5	15	41	73	103	93	87	97	116	97	91	111	98	91	71	39
2000	9	20	松浦志佐	**	28	29	29	28	23	19	23	27	50	66	74	83	84	85	86	92	107	105	80	39	32	27	27
2001	3	22	黒崎中学校	**	87	88	88	87	85	88	96	92	94	87	87	84	75	65	68	68	74	101	102	97	96	94	92
2001	3	22	紐差	**	28	26	23	26	23	21	19	26	55	67	71	69	69	72	74	90	102	99	90	81	72	71	61
2001	3	30	福島	76	77	77	79	80	80	73	61	69	78	81	85	88	90	99	100	97	89	86	84	84	82	75	76
計 5日 のべ6局 11時間				単位:ppb **:欠測																							

表 2 平成13年度光化学オキシダント濃度100ppb以上値抽出結果

年	月	日	測定局	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
2001	4	1	福島	74	73	74	73	66	62	59	58	66	69	76	79	82	82	96	98	100	98	97	96	94	92	97	90
2001	4	25	稲佐小学校	**	45	44	42	52	50	47	42	45	50	57	**	**	73	108	104	91	84	66	61	60	58	54	51
2001	4	27	雪浦	**	52	51	53	48	44	41	37	47	76	79	90	92	78	86	106	109	92	84	71	61	59	57	55
2001	4	27	伊佐の浦	**	90	92	86	85	89	87	67	65	76	85	85	88	90	97	99	100	100	106	108	104	101	90	88
2001	5	12	雪浦	**	32	33	35	36	37	36	34	59	73	76	78	85	94	104	104	99	97	91	68	61	44	32	33
2001	5	12	紐差	**	27	24	24	20	21	22	25	56	67	72	83	90	92	100	107	106	106	99	85	65	56	50	42
2001	5	13	雪浦	**	42	28	35	37	36	33	37	60	78	92	95	97	101	106	106	99	96	80	59	51	48	44	37
2001	6	1	雪浦	**	15	12	16	17	16	18	19	21	37	55	65	74	83	88	100	98	85	67	60	51	45	44	41
2001	6	1	俵ヶ浦	67	59	58	56	52	55	37	31	43	50	57	68	80	89	101	111	100	96	94	92	88	89	77	73
2001	6	1	紐差	**	23	18	25	32	33	29	43	55	51	44	75	**	91	102	90	81	82	73	62	56	60	64	62
2001	8	23	紐差	**	14	21	61	70	65	60	64	70	66	68	67	74	87	97	105	95	77	68	63	50	48	38	26
2002	1	4	早岐	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	116	84	75	**	59	59	56	57	58	57	56
計 8日 のべ12局 27時間				単位:ppb **:欠測																							

表 3 平成14年度光化学オキシダント濃度100ppb以上値抽出結果

年	月	日	測定局	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
2002	4	12	俵ヶ浦	52	56	59	67	72	71	69	64	52	63	68	84	94	96	97	97	103	100	100	100	100	95	94	91
2002	4	12	石岳	51	56	57	61	68	64	60	48	52	50	64	77	91	91	95	95	100	98	98	99	99	94	95	93
2002	5	12	相の浦	**	88	85	88	81	82	83	83	83	93	95	97	103	101	93	82	77	79	87	79	57	44	32	
2002	5	13	相の浦	**	43	40	32	31	33	41	28	44	67	85	100	107	105	81	60	58	55	53	36	25	17	13	14
2002	5	20	相の浦	**	75	75	55	46	33	24	28	71	82	89	103	115	**	**	61	56	57	107	101	95	79	62	62
2002	5	21	相の浦	**	53	55	53	58	57	45	31	39	29	40	56	62	63	61	60	61	91	103	80	51	41	43	49
2002	5	21	柚木	43	45	41	40	39	40	40	32	46	74	72	82	95	103	97	99	98	93	80	57	52	49	57	58
2002	5	23	相の浦	**	41	32	32	46	61	61	51	57	60	68	82	92	104	111	99	92	91	84	82	65	88	79	74
2002	5	23	俵ヶ浦	72	68	61	60	44	52	50	53	58	62	68	73	84	93	103	94	87	91	87	85	88	71	75	75
2002	5	23	石岳	48	63	57	48	51	58	59	60	61	65	77	80	88	92	104	97	86	88	86	82	87	85	82	76
2002	5	23	柚木	49	37	32	38	59	71	70	70	72	80	88	93	**	**	109	108	98	108	99	82	67	65	61	61
2002	5	23	小佐々	32	26	21	25	56	56	63	67	64	68	69	65	86	100	104	**	70	63	72	63	61	64	67	67
2002	5	24	相の浦	**	63	60	45	36	28	22	64	93	89	87	95	99	100	95	94	87	93	104	97	77	72	68	69
2002	5	24	黒崎中学校	**	75	80	88	105	106	95	79	76	67	71	76	76	74	74	77	77	79	82	84	82	81	72	69
2002	5	24	俵ヶ浦	68	75	74	60	77	86	87	87	91	86	87	**	89	88	89	95	87	92	108	113	107	107	104	105
2002	5	24	石岳	61	67	79	100	88	86	88	80	83	**	84	86	85	85	87	94	89	92	101	100	100	98	92	94
2002	5	24	小佐々	64	59	41	40	32	26	32	65	81	81	82	85	91	92	97	93	97	105	106	93	68	56	46	41
2002	5	24	紐差	32	32	23	17	19	28	46	66	68	70	68	73	77	79	79	81	95	103	103	93	78	67	57	52
2002	5	26	俵ヶ浦	96	98	88	77	71	67	57	60	67	75	89	93	100	112	117	116	112	99	97	94	94	94	92	91
2002	5	26	石岳	89	91	87	75	62	70	64	65	68	76	87	91	96	112	120	109	110	93	93	89	87	80	81	76
2002	5	26	柚木	63	62	58	59	59	56	49	55	79	88	96	101	104	112	118	115	100	94	86	83	65	61	60	59
2002	5	26	小佐々	26	17	16	19	14	15	19	31	67	77	93	95	108	121	112	100	98	94	95	69	52	46	37	37
2002	5	26	鹿町	79	77	75	72	73	77	75	70	71	76	84	83	97	102	96	87	84	84	82	76	76	80	82	76
2002	5	26	紐差	29	24	20	19	23	20	18	28	64	81	83	90	106	110	104	94	85	87	82	71	63	59	49	37
2002	6	5	村松	12	9	11	6	1	0	2	20	34	54	63	72	81	89	93	94	100	93	81	69	43	41	38	33
2002	6	5	大串	19	19	25	14	11	7	11	17	41	61	78	91	107	113	112	118	115	104	98	74	57	54	50	45
2002	6	5	多以良	20	18	17	17	13	11	11	18	47	65	75	88	100	97	91	98	85	80	76	71	53	47	48	46
2002	6	5	東長崎支所	25	26	23	21	19	22	25	33	40	56	66	83	93	100	100	90	115	99	83	69	67	68	41	41
2002	6	5	俵ヶ浦	44	41	36	36	43	46	43	44	53	68	67	91	91	95	97	104	104	95	103	104	97	84	80	77
2002	6	5	石岳	10	15	14	20	23	27	37	40	47	67	69	88	84	89	97	100	106	97	105	101	99	77	69	65

表 4 平成15年度光化学オキシダント濃度100ppb以上値抽出結果

年	月	日	測定局	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
2003	4	7	黒崎中学校	**	86	87	99	99	100	94	78	82	81	87	90	90	91	89	90	87	84	77	73	72	72	73	73
2003	4	7	伊佐の浦	**	84	76	87	97	100	96	93	86	91	101	98	93	90	86	87	86	84	77	70	72	74	73	73
2003	4	7	柚木	52	55	66	67	66	63	63	51	71	93	89	96	101	92	87	85	83	81	81	76	74	74	75	77
2003	4	10	伊佐の浦	**	76	83	83	84	83	79	71	77	82	84	90	93	95	100	90	90	91	88	90	84	79	87	88
2003	4	14	黒崎中学校	**	78	75	80	81	80	78	70	71	70	68	58	67	75	88	89	97	91	89	97	109	99	90	100
2003	4	16	黒崎中学校	**	83	86	75	72	71	77	73	69	72	89	97	100	105	106	105	104	106	98	96	93	86	81	80
2003	4	28	黒崎中学校	**	91	102	106	99	91	86	75	78	80	77	83	90	94	93	88	97	95	94	94	93	87	87	82
2003	5	1	多以良	20	21	23	23	25	25	24	35	68	78	84	88	92	94	97	102	102	101	86	66	56	48	49	47
2003	5	1	黒崎中学校	**	75	82	85	85	87	85	77	74	72	90	95	99	105	109	109	110	110	112	105	104	98	100	102
2003	5	1	小佐々	12	10	7	10	11	10	8	13	34	62	72	76	82	84	90	92	91	107	68	49	44	26	13	16
2003	5	19	早岐	20	22	16	13	16	28	38	54	64	66	74	85	92	101	93	92	83	66	54	46	43	48	42	36
2003	5	20	柚木	60	62	62	61	61	60	56	52	58	71	77	99	105	96	94	104	99	91	78	59	50	55	55	62
2003	5	21	諫早市役所	47	60	60	45	19	2	1	1	2	4	19	47	96	88	101	91	95	94	91	89	79	57	46	57
2003	5	21	大串	25	23	24	21	24	21	19	26	48	48	43	59	79	101	101	89	92	96	87	70	57	56	46	38
2003	5	21	黒崎中学校	**	62	64	66	73	86	94	72	54	52	70	78	87	81	93	98	101	98	96	96	102	99	82	92
2003	5	21	俵ヶ浦	47	45	53	53	48	42	53	59	45	57	53	81	87	91	93	93	87	94	102	101	89	82	67	72
2003	5	21	柚木	67	70	70	70	65	65	60	58	59	68	80	80	98	102	101	103	108	112	94	80	75	72	77	78
2003	5	21	小佐々	23	24	21	31	27	26	15	16	25	56	82	76	80	88	106	109	104	107	103	87	78	65	62	58
2003	5	22	諫早市役所	54	53	51	56	53	19	5	30	50	67	87	111	101	99	90	92	91	79	65	39	32	36	25	42
2003	5	22	黒崎中学校	**	83	83	97	86	83	78	68	56	71	73	90	97	94	101	91	97	95	99	103	103	104	98	95
2003	5	22	伊佐の浦	**	75	78	94	87	79	81	65	45	64	74	77	75	88	104	99	85	65	83	95	96	98	90	93
2003	5	22	柚木	79	80	73	68	62	60	50	48	67	83	105	108	111	**	108	106	107	88	65	67	67	67	60	
2003	5	22	鹿町	61	61	58	52	50	49	45	39	35	41	58	72	93	83	87	99	101	96	87	82	86	79	81	78
2003	5	23	柚木	54	53	52	45	44	51	41	38	75	84	86	99	99	104	102	98	98	93	92	67	61	58	52	49
2003	6	4	諫早市役所	27	30	28	23	19	17	16	31	51	58	67	74	80	88	93	92	98	84	74	75	95	107	97	84
2003	6	4	大村	35	31	34	35	33	31	29	31	43	57	74	86	92	100	103	102	95	87	81	91	117	101	77	55
2003	6	4	大串	27	24	19	21	17	20	20	25	47	63	73	89	94	92	92	92	85	83	90	113	103	77	64	56
2003	6	4	多以良	27	28	28	30	31	29	29	30	43	59	68	84	80	76	80	77	75	78	114	106	78	58	45	44
2003	6	4	松浦志佐	**	16	20	20	22	18	18	20	29	38	39	48	40	51	56	61	57	80	106	84	58	53	53	53
2003	6	4	田平	**	33	28	23	27	31	30	31	35	39	39	37	42	49	59	61	75	116	94	81	68	56	59	58
2003	6	4	相の浦	29	19	23	26	28	30	25	23	35	40	58	58	79	84	84	79	77	77	112	115	103	88	63	59
2003	6	4	黒崎中学校	**	73	67	70	75	83	82	75	68	64	74	78	78	83	83	82	79	95	111	117	108	92	91	82
2003	6	4	面高	**	41	49	51	46	38	30	33	47	54	54	**	**	**	**	70	76	72	110	109	86	80	89	78
2003	6	4	俵ヶ浦	47	41	52	53	57	46	56	48	55	53	54	71	82	86	94	83	83	80	99	123	108	100	98	89
2003	6	4	石岳	17	34	43	51	52	49	45	37	46	48	54	63	79	88	92	87	89	83	103	124	112	103	93	77
2003	6	4	小佐々	31	25	21	21	16	17	14	16	44	57	69	82	91	89	82	86	82	106	128	101	65	55	53	51
2003	6	4	上志佐	15	14	22	36	35	21	22	33	35	44	57	73	74	78	74	71	68	78	122	93	67	53	56	53
2003	6	4	鹿町	42	40	45	48	46	36	36	33	38	50	61	**	**	74	68	78	77	118	117	95	86	99	95	99
2003	6	4	紐差	44	34	27	25	27	27	19	27	36	46	50	61	65	71	73	73	97	125	103	90	92	73	64	56
2003	6	5	諫早市役所	58	36	30	29	27	23	28	44	63	81	89	98	108	104	95	91	89	87	86	66	57	29	30	36
2003	6	5	大村	40	41	47	54	49	47	39	65	74	84	99	114	110	108	106	103	97	97	91	86	72	58	54	55
2003	6	5	大串	55	45	34	37	33	27	29	63	69	66	85	96	103	107	96	94	93	83	83	80	50	47	41	39
2003	6	5	早岐	27	34	24	17	8	5	7	25	73	83	94	97	105	96	95	94	97	95	95	88	46	29	31	31
2003	6	5	黒崎中学校	**	112	114	117	104	97	90	93	90	96	99	**	**	**	**	90	87	85	82	81	85	86	82	78
2003	6	5	伊佐の浦	**	98	106	102	96	83	76	74	75	73	82	90	80	83	81	85	88	85	69	72	73	80	89	91
2003	6	5	石岳	83	111	99	84	79	61	59	66	74	79	87	94	89	90	93	93	94	95	91	79	78	86	67	59
2003	6	5	柚木	38	36	45	56	58	57	54	56	78	86	98	107	**	115	109	110	109	105	92	70	68	68	76	77
2003	6	5	鹿町	107	94	77	86	89	87	78	71	72	85	89	90	80	92	94	98	96	89	80	66	62	74	67	75
2003	6	7	諫早市役所	34	34	35	34	26	21	22	41	58	59	86	94	98	98	98	99	100	93	83	70	57	34	40	42
2003	6	7	大村	61	59	56	51	38	39	38	49	78	88	94	102	105	105	108	106	101	92	81	72	51	48	49	48
2003	6	7	東長崎支所	43	42	41	38	32	28	24	23	58	75	83	98	100	93	93	85	79	80	70	57	48	45	42	43
2003	6	7	柚木	63	65	63	61	55																			



が高い局が存在し、その月変化は7~8月に最小値となり、それ以外は横ばい、または寒候期にやや高くなる傾向を示した。交通量の少ない局では、二酸化窒素濃度も低く、おおむね、暖候期に濃度が低く、寒候期にやや高くなる傾向を示した。なんらかの原因で7~8月に二酸化窒素濃度が減少すること、オキシダント濃度が7~8月に最低値を示すこととの関連が示唆されるが、オキシダント濃度は、12月に谷を示すのに対し、二酸化窒素は、むしろ他の月とくらべ高い傾向にある。

そこで、平成14年度を対象に、毎日の気圧配置図を分類し、月ごとに出現日数を算出して図4に示した。オキシダントの高濃度と関係の深い晴天をもたらす気圧配置としては、移動性高気圧と、夏にあらわれる南高北低型の気圧配置があげられる。

ここで、移動性高気圧の出現日数に着目すると、平成14年7、8月は、0~2日であった。一方南高北低型の

気圧配置や、台風など、太平洋の清浄な気塊がもたらされる気象条件の割合が高くなっていった。

これらから、7、8月は十分な日照量にかかわらず、二酸化窒素濃度が低いことと、太平洋の清浄な気塊がもたらされることのいずれか、またはどちらとも原因でオキシダント濃度が年間最小となること、逆に春、秋は移動性高気圧によって、大陸起源の気塊がもたらされることによって、オキシダントが比較的高濃度となること、さらに5、6月は、十分な日射量による光化学オキシダントと、オゾン層起源のオキシダントが加わり、特に高濃度となることが推定される。

対流圏でのオゾンの生成、増加要因は、成層圏オゾンの降下と対流圏内での光化学的生成であり、消失、減少要因としては、地表面への沈着と光化学的消失である。

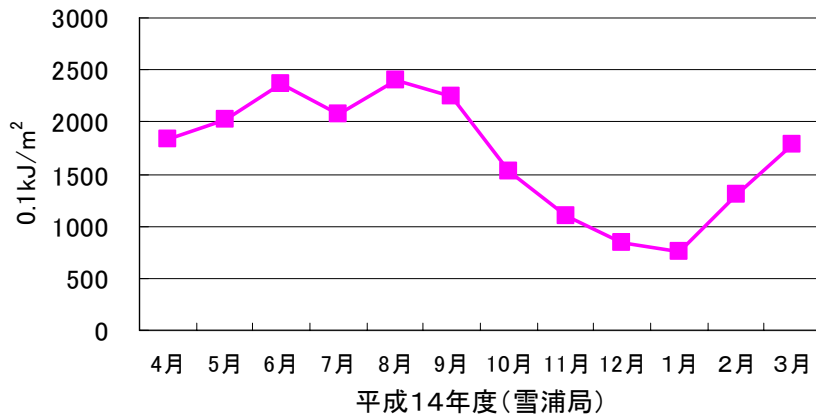


図 1 日射量月合計値の変化

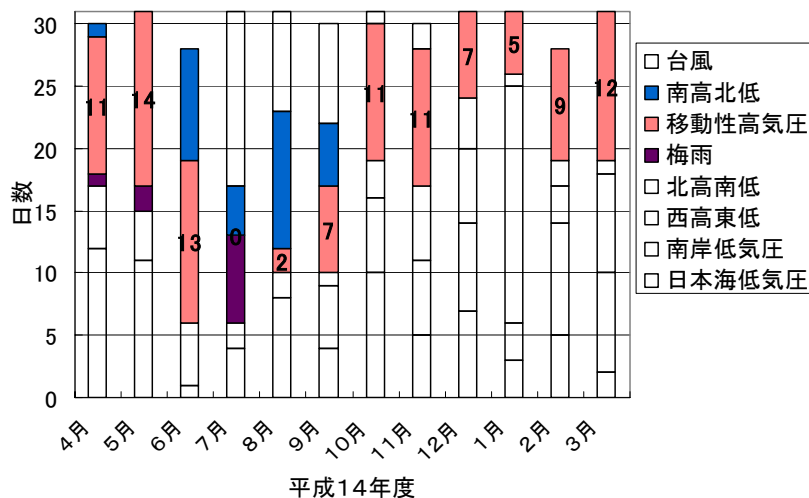


図 4 気圧配置類型別出現状況

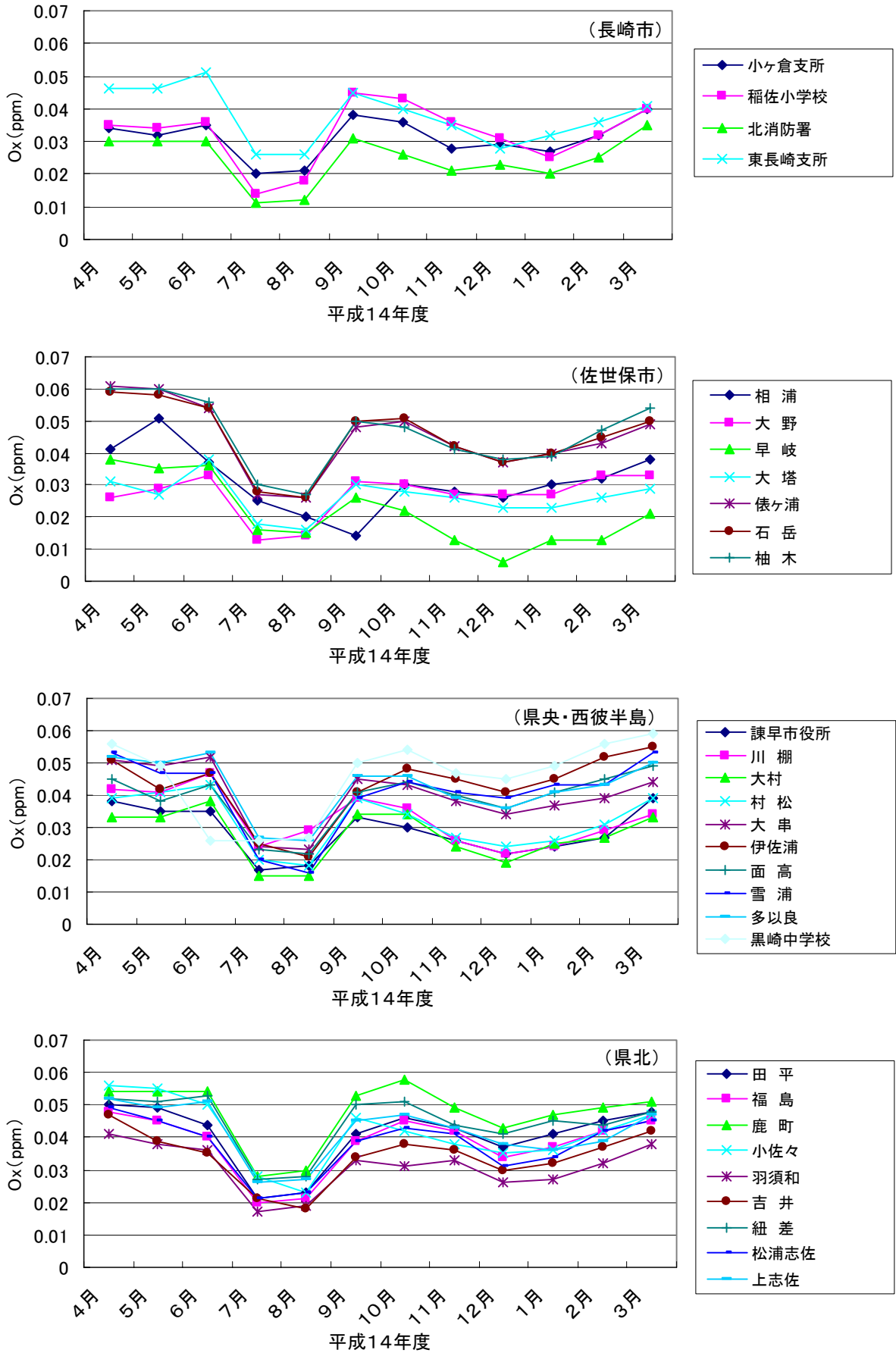


図 2 光化学オキシダント濃度昼間1時間値月平均値の変化

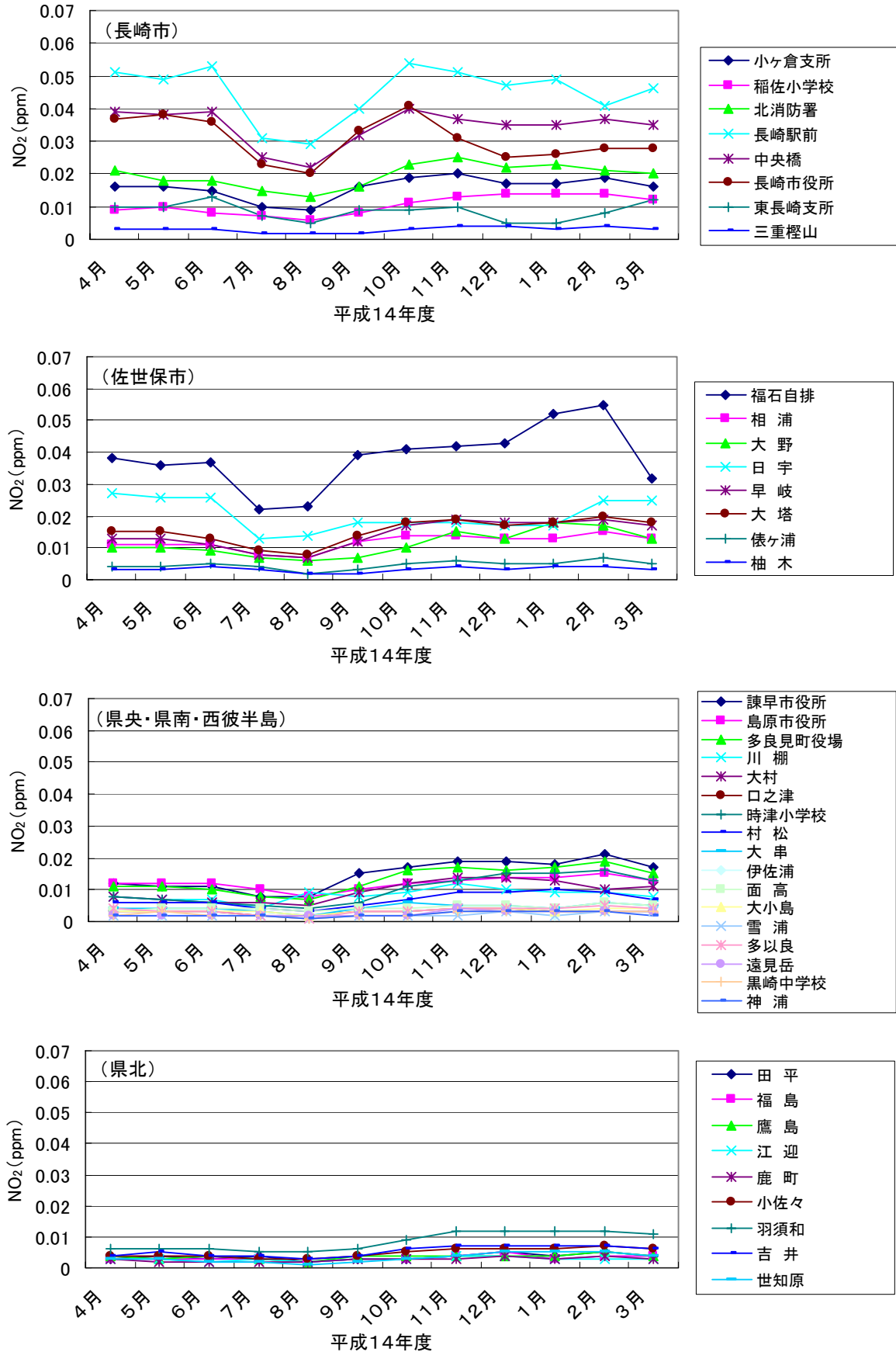


図 3 二酸化窒素濃度月平均値の変化



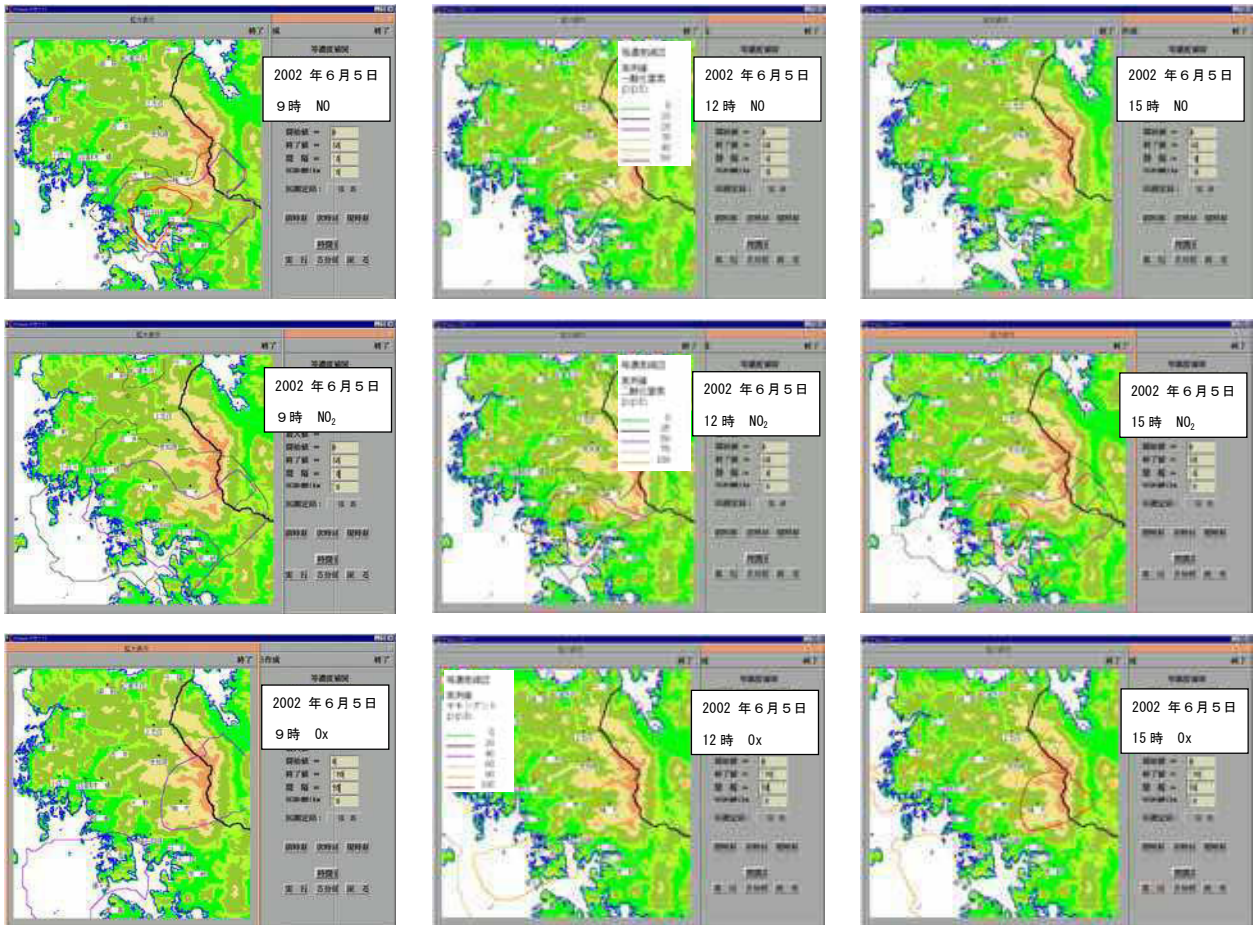


図 7 2002年6月5日における佐世保市周辺の窒素酸化物、オキシダントの等濃度線図

朝9時の時点で、佐世保市の中心部から広がるNOとNO<sub>2</sub>が確認できる。また、オキシダントは、窒素酸化物で消費されるため、それらの濃度が低い佐世保市郊外で徐々に濃度が上昇する現象が確認できる。一方同日15時の現象を長崎県全体図でとらえた結果を図8に示した。交通量の差から、長崎市周辺において、むしろ窒素酸化物濃度は大きな等濃度コンターを描いているが、長崎市の場合、海に挟まれた地形のために、柚木に相当するような郊外局が立地していないことから、窒素酸化物濃度の広がりくらべ、オキシダント濃度は、広がり規模が大きく、佐世保市と長崎市周辺で発生したオキシダントの気塊が結合しているかのよう解釈できる。

4 120ppb以上のオキシダントの出現について  
18時から20時にかけて北松浦半島を南下するように120ppbを超える濃度のオキシダントが観測された2003年6

月4日について、窒素酸化物とオキシダントの等濃度線図を1~2時間ごとに描き図9-1, 2に示した。窒素酸化物は長崎市、佐世保市において、9~10時にやや大きなコンターを描いたことが確認されるが、1日を通じて大きな変化はない。

一方、オキシダントは、9時の時点で長崎市、佐世保市の周辺において、やや高い濃度の気塊が発生している。時間を追う毎にそれらが、高濃度化し、またコンター同士が繋がりがり17時には、北松浦半島から長崎市にいたる規模で80ppbを超える塊が発生していることが確認された。18時に平戸周辺に出現した100ppbを超えるオキシダントの気塊は、北東風によって、順次南下し、20時には西彼杵半島に達している。図10の天気図によると、4日から5日にかけて、大陸東部から高気圧が東進しており、九州はこの前面にあたり、北東の下降流に覆われたことがわかる。



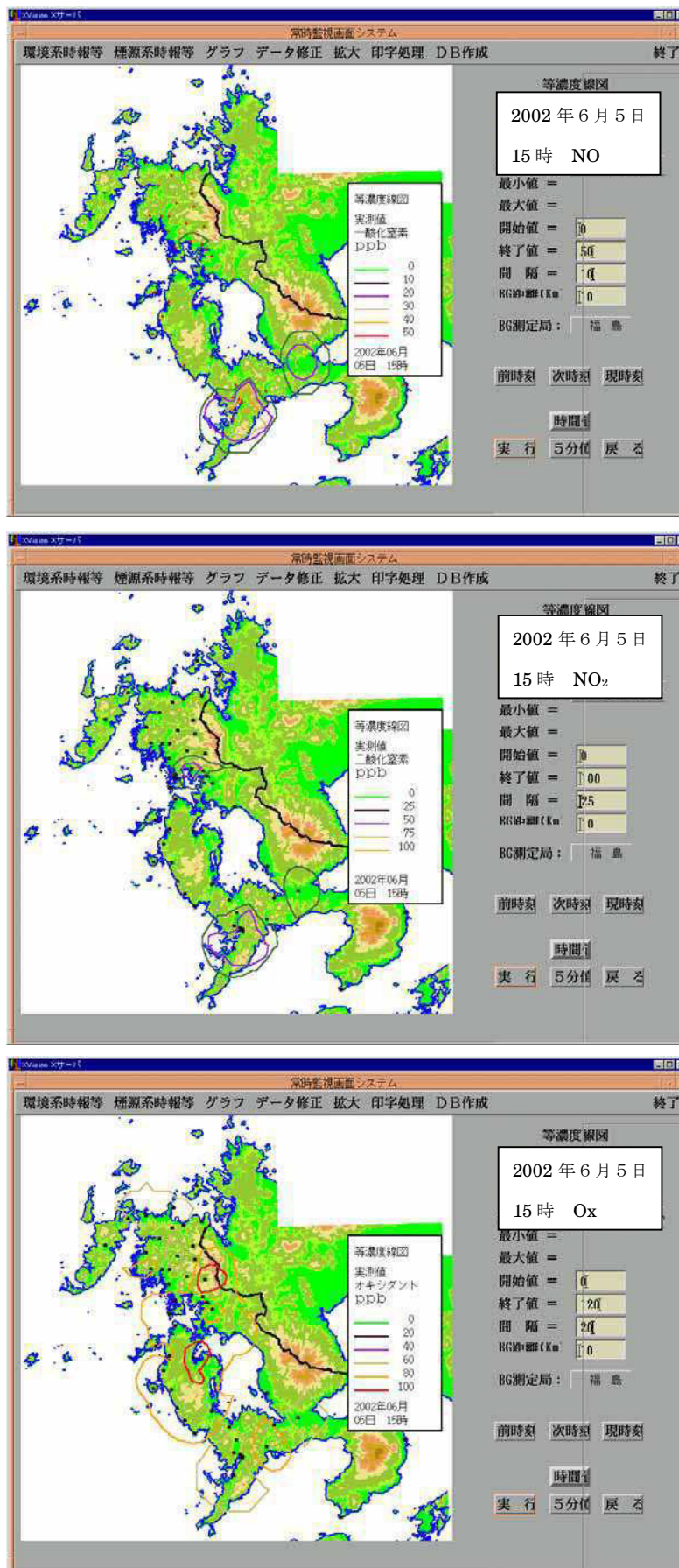


図 8 2002年6月5日15時における長崎県本土の窒素酸化物とオキシダントの等濃度線図

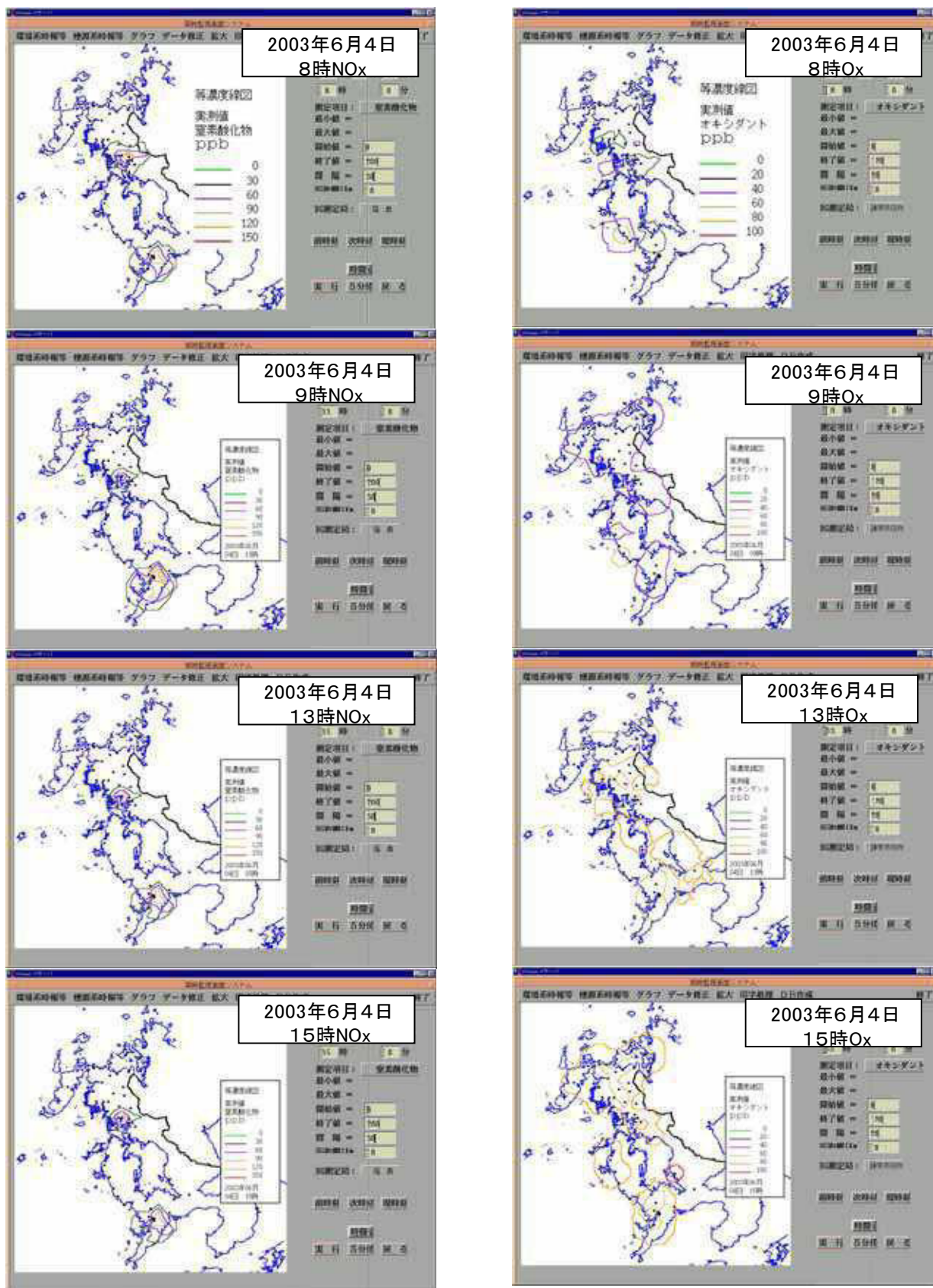


図 9-1 2003年6月4日の窒素酸化物とオキシダントの等濃度線図(9~ 15時)



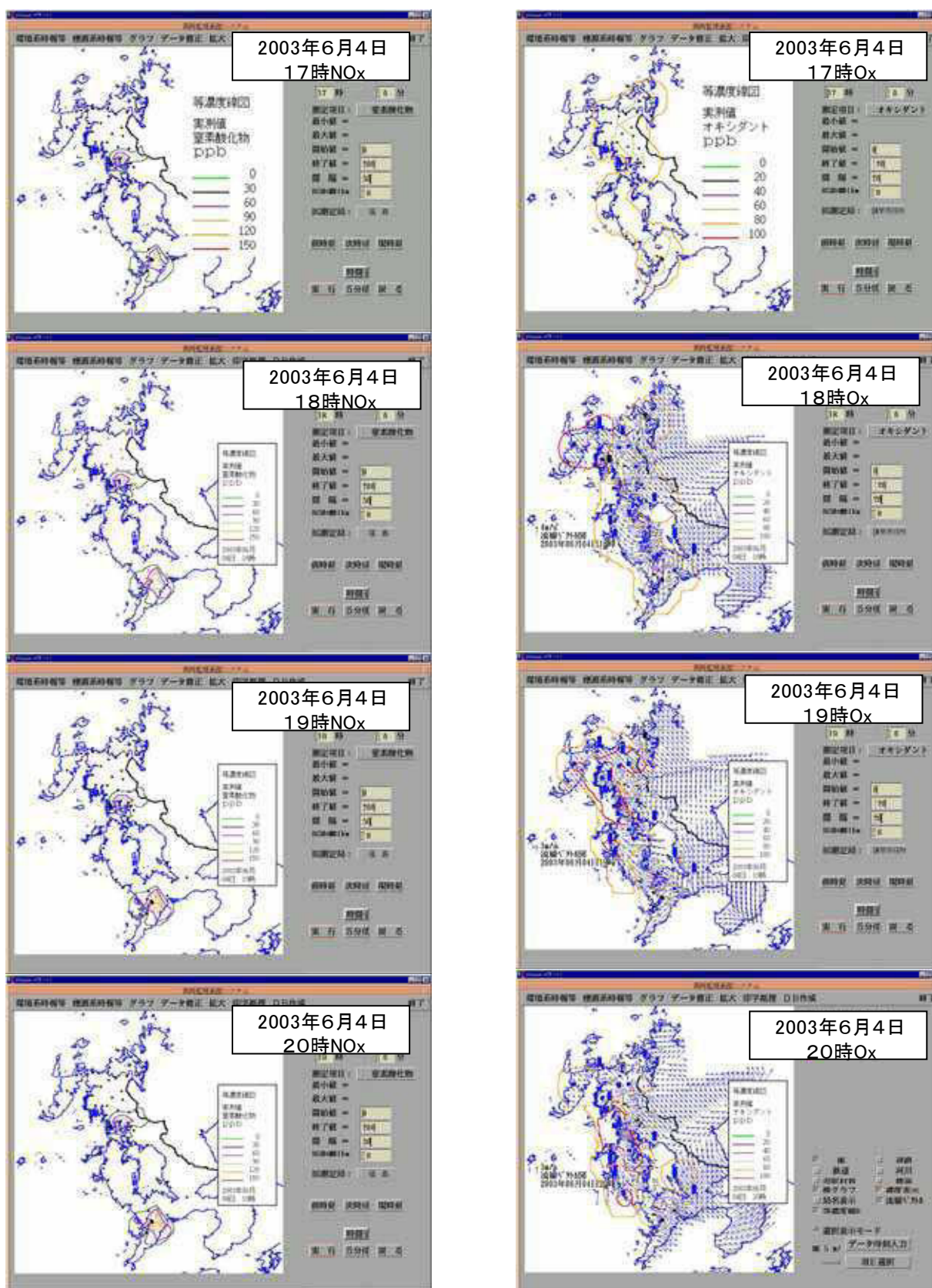


図 9-2 2003年6月4日の窒素酸化物とオキシダントの等濃度線図(17~ 20時)





図 10 2003年6月4~ 5日の天気図

「気象人」(<http://www.weathermap.co.jp/kishojin/>)から引用

## まとめ

長崎県では、かつてオキシダント注意報が発令されたことがなかったが、長期的にオキシダント濃度が上昇する傾向にあり、2002年5月に初めて注意報発令基準に達するオキシダント濃度が観測された。

また、平成14年度、15年度は1時間値が100ppb以上を示した時間と局数が5月と6月に集中して急増した。これらの現象に対して、今後の適切な対策につなげるために、原因究明を目的とした解析を行った。

オキシダント濃度の月変化は、年間最高レベルの紫外線量、日射量にかかわらず7~ 8月に最低値を示している。そこで、平成14年度を対象に、毎日の気圧配置図を分類し、月ごとに出現日数を算出した。その結果において移動性高気圧の出現日数に着目すると、平成14年7、8月は、0~ 2日であった。一方南高北低型の気圧配置や台風など、太平洋の清浄な気塊をもたらす気象条件であったことがわかった。逆に春、秋は移動性高気圧が大陸起源の気塊をもたらすことによって、オキシダントが比較的高濃度となること、さらに5、6月は十分な日射量による光化学オキシダントとオゾン層起源のオキシダントが加わり特に高濃度となることが推定された。

高濃度のオキシダントが出現する測定局は、一見標高の高い地点に立地しているが、解析により、窒素酸化物濃度との関係が深いことが判明した。

120ppbを超える濃度のオキシダントが、18時から20時にかけて北松浦半島を南下するように観測された2003年6月4日について、窒素酸化物とオキシダントの出現状況を、時刻を追って解析した。その結果、地域で発生する窒素酸化物との関連が深いことが明らかになった。

今後更に知見を積み上げ、広域的現象と、地域的現象の寄与見積を図る必要があると考えられた。

## 参考文献

- 1) 森 淳子、竹野大志、香月幸一郎、白井玄爾：長崎県における大気環境の特徴—平成14年度大気汚染常時監視結果の解析と長期変動解析—，長崎県衛生公害研究所報，**48**，1-17(2002)
- 2) 若松 伸司編，国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究グループ：西日本及び日本側を中心とした地域における光化学オキシダント濃度等の経年変動に関する研究，国立環境研究所研究報告 第184号，国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究報告 平成13~ 15年度(2004)
- 3) Akimoto,H., Nakane,H. and Matsumoto,S. : The chemistry of oxidant generation: Tropospheric ozone increase in Japan. In: The Chemistry of the Atmosphere: Its Impact on Global Change, ed. J.G. Calver, IUPAC, Blackwell Scientific Publication, pp.261-273(1994)
- 4) 高木 健作，大原利眞：関東地域におけるオゾンによる植物影響評価-ダメージ関数を用いたインパクト推計-，大気環境学会誌，**38**(4) 205~ 216 (2003)
- 5) Muller, J.-F. and G.Brasseur : IMAGES:A three-dimensional chemical transport model of the global troposphere, *J.Geophys. Res.*, **100**, 16445-16490(1995)
- 6) Roelofs, P., J.Lelieveld and R van Dorland : A three-dimensional chemistry/general circulation model simulation of anthropogenically derived ozone in the troposphere and its radioactive forcing, *J.Geophys. Res.*, **102**, 23389-23401(1997)
- 7) Levy,H., H, P.S. Kasibhatla, W.J. Moxim, A.A. Klonecki, A.I. Hirsch, S.J. Oltmans and W.L. Chameides : The global impact of human activity

- on tropospheric ozone, *Geophys. Res. Lett.*, **24**,791-794(1997)
- 8) Berntsen,T.K. and I.S.A.Isaksen : A global three-dimensional chemical transport model for the troposphere. 1.Model description and CO and ozone results. *J.Geophys. Res.*, **102**, 21239-21280(1997)
- 9) Wang, Y., J.A. Logan and D.J. Jacob : Global simulation of tropospheric O<sub>3</sub>-NO<sub>x</sub>-hydrocarbon chemistry. 3.Origin of tropospheric ozone and effects of non-methane hydrocarbons, *J.Geophys. Res.*, **103**, 10757-10768(1998)
- 10) Lelieveld,J. and F.J.Dentener : What controls tropospheric ozone?, *J.Geophys. Res.*, **105**, 3531-3551(2000)
- 11) Wild, O. and H.Akimoto : Intercontinental transport of ozone and its precursors in a three-dimensional global CTM, *J.Geophys. Res.*, **106**, 27729-27744(2001)
- 12) Monks,P.S. : A review of the observations and origins of the spring ozone maximum, *Atmos. Environ.*, **34**,3545-3561(2000)

# 植物を用いた水質浄化について

本多 雅幸 ・ 浦 伸孝 ・ 若松 大輔 ・ 山内 康生 ・ 石崎 修造

## Water Purification of Domestic Wastewater by Plant Cultivation

Masayuki HONDA, Nobutaka URA, Daisuke WAKAMATSU,  
Yasuo YAMAUCHI and Shuzou ISHIZAKI

Recently, cleanup of wastewater by plant cultivation has been attracted our attention. The reasons are that is low cost and it is able to remove nitrogen and phosphorus from domestic waste water, and does not need maintenance management.

This time, we tried the purification of domestic wastewater using some garden plants.

As the result, it was suggested to be able to use some garden plants, *Cyperus alternifolius* (SHUROGAYATSURI), *Mentha suaveolens* (Apple mint), and *Zantedeschia aethiopica* (Calla lily) for the water quality purification of domestic wastewater under a natural conditions of Nagasaki Prefecture.

Key Word : plant cultivation, wastewater, water purification

キーワード: 植物栽培 生活排水 浄化

### はじめに

生活排水や下水処理場排水等に含まれる窒素やリンは、都市化の進んだ地域の閉鎖性水域において、富栄養化の要因となっており、その除去について様々な研究がなされているが、現在のところ窒素やリンの処理には高度な処理技術を必要とし、また、施設の建設費や維持費に多額の費用を必要とするものが多い。

しかし、近年、中小規模排水処理施設においては植物を利用した水質浄化システムが低コストでかつ簡易な方法であること、また、栽培された植物を地域住民が観賞するなど処理施設の付加機能としても注目を集めている。

当所では長崎県森山町上名地区及び田尻・杉谷地区の2カ所(図1)において平成11年度より農業集落排水処理施設に隣接して植物を利用した実験浄化施設を設置し、排水水を原水として当該浄化施設による水質の変化を調査したので報告する。



図1 実験浄化施設の位置

### 施設概要

両排水処理施設の下流域は、諫早湾干拓地の調整池となっており、窒素、リンの排出抑制が求められている。このため、農業集落排水施設は窒素の除去率が高く、リンの除去も可能な回分式活性汚泥方式が採用され、計画水質は生物学的酸素要求量(BOD)20mg/L(除去率90%)、浮遊物質量(SS)50mg/L(除去率75%)、全窒素(T-N)15mg/L(除去率65%)である。各実験浄化施設の概要は以下のとおりである。

#### 1) 上名地区

5本の長さ20m、幅1.2m、深さ0.45mの遮水シートで被膜したブロック製の水耕栽培路を中心とした試験プラント型実験浄化施設であり、概要は図2のとおりである。

水路に植栽した植物及び使用したろ材は表1のとおりである。

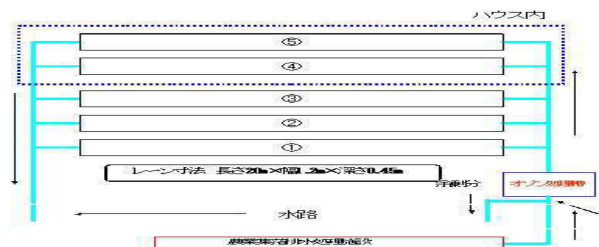


図2 上名地区実験浄化施設

表1 上名地区実験浄化施設植栽植物等

	植栽植物	ろ材
水路1	シュロガヤツリ	なし
水路2	なし	雲仙普賢岳火山レキ
水路3	リシマキア (H13) アップルミント (H14)	雲仙普賢岳火山レキ
水路4	ミノバピルス (H13) インパチェンス (H14)	ゼオライト
水路5	フトイ (H13) カラー (H14)	ゼオライト

2) 田尻・杉谷地区

施設周辺は公園、公民館等公共施設があり、地域住民への配慮が求められ、浅いため池を中心とした、親水景観配慮型実験浄化施設を設置した。

具体的には施設下部に景観水路を設置し、併せて周辺に花きを植栽し、施設に公園的雰囲気を持たせた(図3)。

また、施設には植物と併せて底質部に高い浄化能力があるといわれている干潟の土(有明粘土)を使用した(表2)。

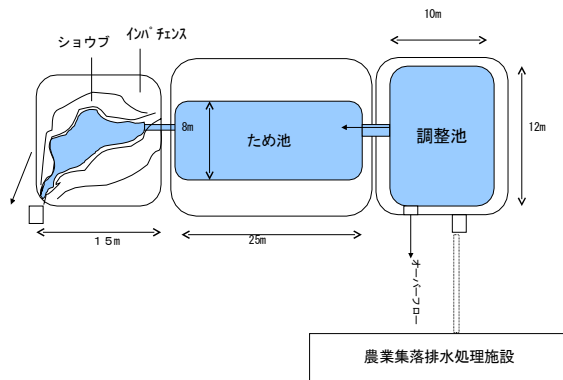


図3 田尻・杉谷地区実験浄化施設

表2 田尻・杉谷地区実験浄化施設植栽植物等

	植栽植物	底質
調整池	シュロガヤツリ	潟土
ため池	ヨシ	潟土
景観水路	カキツバタ インパチェンス (水路脇)	潟土

調査結果

1) 上名地区

供給される流入水の水質は季節による若干

の変動はあるが、期間平均でT-N 5.4mg/L、全リン(T-P) 2.0mg/L、化学的酸素要求量(COD) 4.0mg/L、BOD 0.2mg/Lと良好であった(図4)。

また、各水路の水質の変化は図6から図10に示すとおり、おおむね流入水と同様の挙動を示した。

各水路排水の年平均値を表3から表6に示すが、T-Nにおいて流入水より若干低い値を示したが、他の項目では流入水とのはっきりとした差は見られなかった。

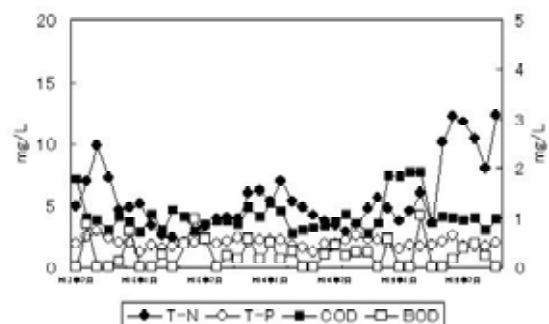


図4 上名地区流入水の水質の推移

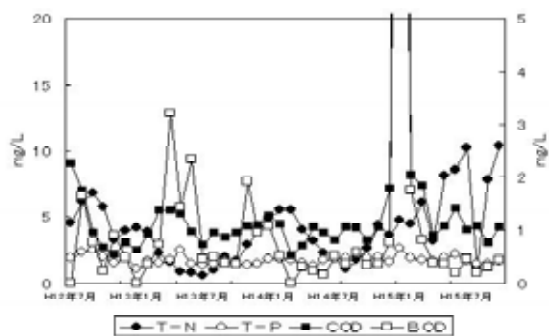


図5 水路1の水質の変化

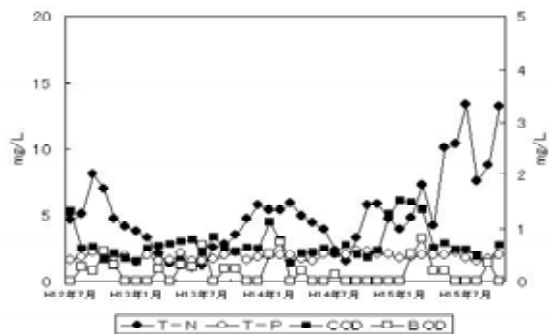


図6 水路2の水質の変化

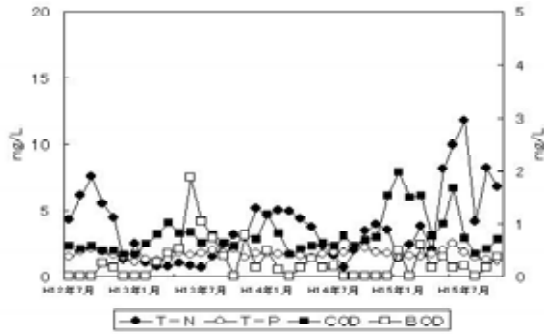


図7 水路3の水質の変化

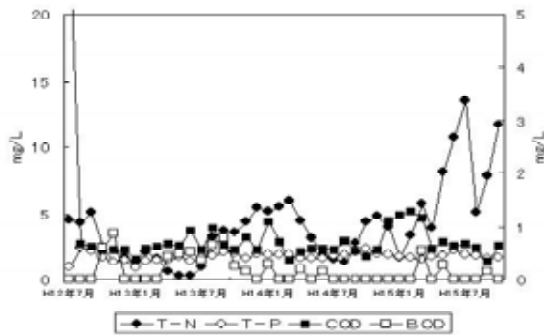


図8 水路4の水質の変化

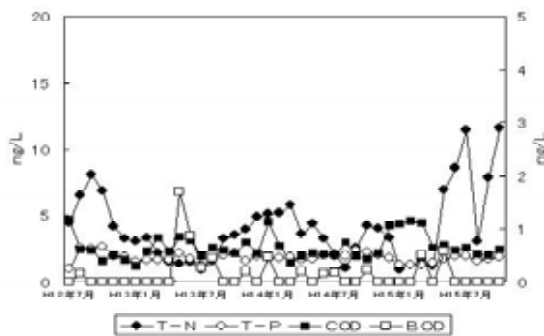


図9 水路5の水質の変化

表3 上名地区各水路排水T-N年平均值 (mg/L)

	H12年	H13年	H14年	H15年
流入水	5.4	4.2	4.2	9.7
水路1	4.5	2.5	3.3	7.0
水路2	4.7	3.4	4.3	2.7
水路3	3.6	2.7	2.7	7.2
水路4	2.7	3.2	3.2	8.6
水路5	4.6	3.1	2.6	7.2

表4 上名地区各水路排水T-P年平均值 (mg/L)

	H12年	H13年	H14年	H15年
流入水	1.9	1.9	1.8	1.9
水路1	1.8	1.6	1.8	1.6
水路2	1.7	1.7	1.9	1.8
水路3	1.5	1.7	1.7	1.6
水路4	1.5	1.8	1.8	1.8
水路5	1.6	1.7	1.8	1.7

表5 上名地区各水路排水COD年平均值 (mg/L)

	H12年	H13年	H14年	H15年
流入水	3.9	3.9	2.6	3.7
水路1	4.3	4.0	10	4.1
水路2	2.4	2.7	1.3	2.2
水路3	2.2	3.0	3.8	3.3
水路4	4.9	2.8	3.1	2.3
水路5	2.3	2.6	2.8	2.3

表6 上名地区各水路排水BOD年平均值 (mg/L)

	H12年	H13年	H14年	H15年
流入水	0.2	0.3	0.2	0.1
水路1	0.5	1.0	3.0	0.3
水路2	0.1	0.2	0.1	0.1
水路3	0.0	0.5	0.1	0.2
水路4	0.1	0.3	0.0	0.0
水路5	0.0	0.3	0.1	0.0

## 2) 田尻・杉谷地区

供給される流入水の水質は上名地区と同様、季節による変動はあるが期間平均でT-N 6.4mg/L、T-P 2.0mg/L、COD 4.2mg/L、BOD 0.4mg/Lとおおむね良好であった(図10)。

また、各調査地点の水質の変化を図11から図13に示すが、上名地区の結果と同様、流入

水の水質と同じ挙動を示した。

各調査地点の年平均値を表7から表10に示す。T-Nで若干低い値が見られたが、CODやBODでは流入水よりも逆に高い値となった。

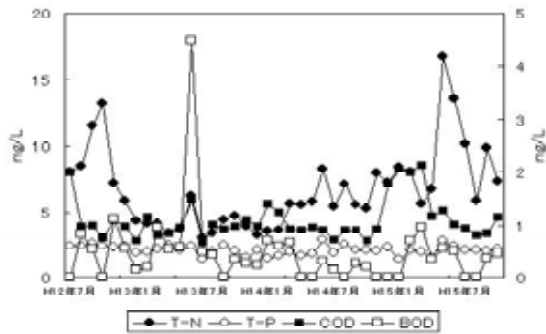


図10 田尻・杉谷地区流入水の水質の推移

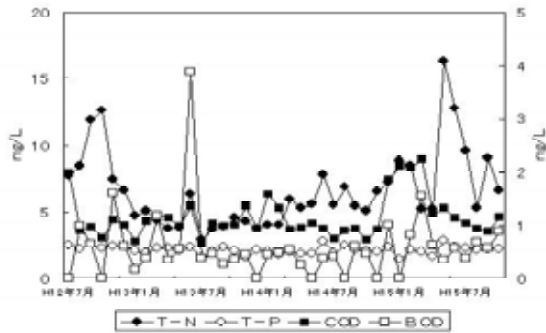


図11 調整池排水の水質の変化

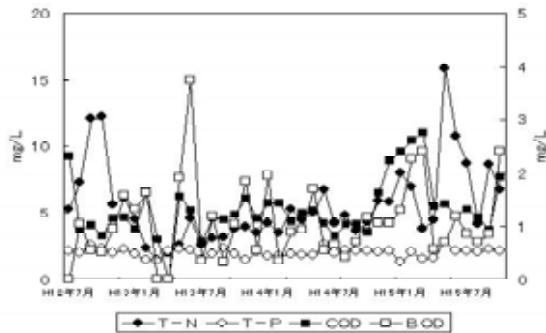


図12 ため池排水の水質の変化

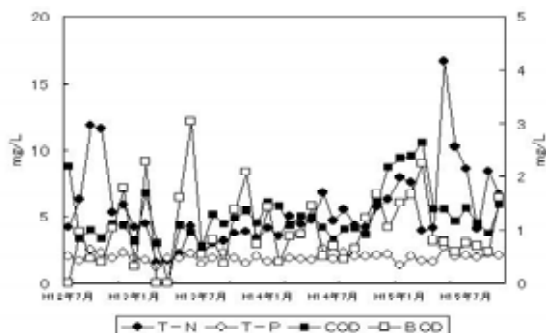


図13 景観水路排水の水質の変化

表7 田尻・杉谷地区各調査地点T-N年平均値 (mg/L)

	H12年	H13年	H14年	H15年
流入水	7.4	4.0	6.6	10
調整池	7.6	4.2	6.4	9.2
ため池	6.3	3.4	5.2	8.4
景観水路	6.1	3.3	5.4	8.3

表8 田尻・杉谷地区各調査地点T-P年平均値 (mg/L)

	H12年	H13年	H14年	H15年
流入水	2.2	1.9	2.0	2.1
調整池	2.2	1.9	2.0	2.2
ため池	1.9	1.9	1.9	2.1
景観水路	1.9	1.8	1.9	2.1

表9 田尻・杉谷地区各調査地点COD年平均値 (mg/L)

	H12年	H13年	H14年	H15年
流入水	4.2	4.1	4.9	4.1
調整池	4.2	4.4	5.1	4.3
ため池	4.7	4.5	6.3	5.2
景観水路	4.5	4.2	6.1	5.0

表10 田尻・杉谷地区各調査地点BOD年平均値 (mg/L)

	H12年	H13年	H14年	H15年
流入水	0.4	0.7	0.2	0.3
調整池	0.6	0.6	0.4	0.5
ため池	0.8	1.1	1.1	1.0
景観水路	0.8	1.1	1.1	0.8

### 3) 除去速度

汚濁物質除去能力を評価する指標として1日あたりの汚濁物質除去量を単位面積で除した除去速度 (g/m<sup>2</sup>/日) を用いて、両施設の除去能力について検討した。

#### ①上名地区

水路1、3、5ではT-N除去が見られたが、T-Pについては各水路ともあまり除去は見られなかった。

また、CODについては開放型的水路1では汚濁物質の除去は見られなかったが、他の水路では除去傾向が見られた。

BODについては各水路とも除去傾向が見られた。

表11 上名地区T-N除去速度

単位：g/m<sup>2</sup>/日

	H12年	H13年	H14年	H15年
水路1	0.26	0.36	0.30	0.52
水路2	0.10	0.16	0.01	-0.01
水路3	0.15	0.31		
			0.42	0.33
水路4	0.37	0.14		
			0.17	0.06
水路5	0.12	0.19		
			0.06	0.36

表12 上名地区T-P除去速度

単位：g/m<sup>2</sup>/日

	H12年	H13年	H14年	H15年
水路1	0.05	0.07	0.01	0.04
水路2	0.03	0.03	-0.01	0.02
水路3	0.04	0.04		
			0.03	0.03
水路4	0.06	0.02		
			-0.01	0.00
水路5	0.02	0.03		
			-0.01	0.03

表13 上名地区COD除去速度

単位：g/m<sup>2</sup>/日

	H12年	H13年	H14年	H15年
水路1	-0.26	-0.04	-1.2	-0.15
水路2	0.11	0.14	0.32	0.27
水路3	0.12	0.14		
			0.16	-0.04
水路4	-0.26	0.11		
			0.20	0.13
水路5	0.16	0.16		
			0.08	0.16

表14 上名地区BOD除去速度

単位：g/m<sup>2</sup>/日

	H12年	H13年	H14年	H15年
水路1	0.62	0.45	-4.83	0.55
水路2	0.40	0.42	0.73	0.32
水路3	0.34	0.43		
			0.85	0.46
水路4	0.99	0.42		
			0.67	0.34
水路5	0.40	0.38		
			0.62	0.33

## ②田尻・杉谷地区

T-N除去速度は調整池において調査期間が長くなるほど大きくなり除去傾向が見られたが、T-Pについては除去は見られなかった。

COD、BODについては除去速度が負となり、汚濁物質は増加傾向であった。

また、景観水路を流れるだけで汚濁物質の除去効果が見られた。

表15 田尻・杉谷地区T-N除去速度

単位：g/m<sup>2</sup>/日

	H12年	H13年	H14年	H15年
調整池	-0.06	-0.05	0.06	0.23
ため池	0.23	0.13	0.21	0.14
景観水路	0.37	0.34	-0.52	0.19

表16 田尻・杉谷地区T-P除去速度

単位：g/m<sup>2</sup>/日

	H12年	H13年	H14年	H15年
調整池	0.00	-0.01	0.00	-0.01
ため池	0.05	0.01	0.01	0.01
景観水路	0.08	0.19	0.00	0.06

表17 田尻・杉谷地区COD除去速度

単位：g/m<sup>2</sup>/日

	H12年	H13年	H14年	H15年
調整池	-0.02	-0.07	-0.05	-0.07
ため池	-0.08	-0.03	-0.21	-0.14
景観水路	0.40	0.62	0.45	0.50

表18 田尻・杉谷地区BOD除去速度

単位：g/m<sup>2</sup>/日

	H12年	H13年	H14年	H15年
調整池	-0.04	0.03	-0.07	-0.07
ため池	-0.04	-0.09	-0.13	-0.08
景観水路	0.08	0.17	0.03	0.47

## まとめ

植栽した植物によって汚濁物質の除去能力に差が見られたが、両施設ともT-Nについて除去効果がみられた。しかし、T-Pについては吸着効果を期待して使用した雲仙普賢岳火山レキ及びゼオライトをろ剤として使用したが、ほとんど除去効果はみられなかった。

上名地区では開放型である水路1を除き、CODの除去効果が見られた。これは植栽していない水路2でも同様の効果が見られることから、ろ剤等に

よる物理的な除去効果、また施設の構造上水路部が嫌気状態となるため微生物等の生物的な除去効果によるものと思われた。また、BOD成分の除去効果は全水路でみられ、解放型の水路1においても処理水の滞留時間が約2.0日と長く、他の水路同様、嫌気状態となるため微生物等により除去されたものと考えられた。

田尻・杉谷地区ではCOD、BODが悪化する傾向が見られた。この施設は浅いため池を中心とした景観配慮型のものであり、期間中に施設に昆虫や鳥類など様々な生き物が施設には住み着いた状態となった。このためこれら生物の活動により生じる有機物等が結果に影響したものと考えられた。また、底質に使用した潟土（有明粘土）は、粒子が小さく降雨や風等により簡単に巻き上がることが予想され結果に影響したものと考えられる。

景観水路を流下することにより汚濁物質の除去効果が見られたが、T-N、BOD成分除去には年によるばらつきも見られるが、COD成分の除去に4カ年の差があまりないことから、微生物或いは構造上の物理的な効果により効果が考えられ、周囲に植栽した植物による関与はないと考えられる。

植物を用いた水質浄化は窒素・リンの除去が可能、高度な維持管理を必要とせず、省エネルギー低コストであり、植栽した植物に固定された栄養塩類を系外に出すことでより浄化能力を高めることが可能であると考えられるが、現在のところ植栽植物の有効利用法は確立されておらず、多くの試みがなされている。<sup>1) 2) 3)</sup>

今回の調査結果から、シュロガヤツリ、アップルミント及びカラーが長崎県の自然条件下で水質浄化に利用可能な園芸植物の可能性が示唆されたが、農業集落排水処理施設の付加設備としては、コスト等まだまだ課題も多く、これら園芸植物の商品価値を高める工夫、或いはより商品価値の高い園芸植物の探索が必要と考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) 山内康生, 他: 地球にやさしい汚水処理技術の研究・開発 (報告1), 長崎県衛生公害研究所報, 43, 16-19 (1997)
- 2) 山内康生, 他: 地球にやさしい汚水処理技術の研究・開発 (報告2), 長崎県衛生公害研究所報, 44, 10-15 (1998)
- 3) 本橋敬之助: 水質浄化マニュアル (2002)



## 各種キャピラリーカラムによるダイオキシン類分析の検討

本多 隆・植野 康成・馬場 強三・益田 宣弘

## Analysis of Dioxins by Using Various GC Columns

Takashi HONDA, Yasunari UENO, Tsuyomi BABA and Nobuhiro MASUDA

According to Japanese Industrial Standard(JIS) method and others, Tetra-Hexa CDDs/CDFs are determined on the strong polarity capillary column such as SP-2331 by high resolution gas chromatography/high resolution mass spectrometry(HRGC/HRMS). In this case, the separation of 1,2,3,7,8-PeCDF and 1,2,3,4,8-PeCDF, 1,2,3,4,7,8-HxCDF and 1,2,3,4,7,9-HxCDF are impossible. Also, the peak of 1,2,3,7,8,9-HxCDF is influenced by the fragment ion peak of 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF by GC condition.

As compared with the separability of Tetra-Hexa CDDs/CDFs congeners by using Rtx-2330 and other strong polarity capillary columns, it was found that the Rtx-2330 column is superior to others, because the separation of 1,2,3,7,8-PeCDF and 1,2,3,4,8-PeCDF is possible, the separation of 2,3,7,8-TeCDF and 2,3,4,8-TeCDF is superior to others, and the influence of the fragment ion peak of 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF upon the peak of 1,2,3,7,8,9-HxCDF is very little.

Key words: Strong polarity capillary column, Dioxins, Rtx-2330, 1,2,3,7,8-PeCDF

キーワード: 高極性キャピラリーカラム, ダイオキシン類, Rtx-2330, 1,2,3,7,8-PeCDF

## はじめに

ダイオキシン類の高分解能ガスクロマトグラフ-質量分析(HRGC/HRMS 分析)において, Tetra~ Hexa CDDs/CDFs(4~ 6 塩素化体の PCDDs 及び PCDFs) は異性体数が多く, TEF が規定されている異性体を出来るだけ単一ピークに分離するために, 分離能に優れている SP-2331 (Supelco 社製) 等の高極性キャピラリーカラムを使用する機会が多い<sup>1)~5)</sup>。ところが, この SP-2331 で測定した場合においても, PeCDF の 1,2,3,7,8-体と 1,2,3,4,8-体のピーク及び HxCDF の 1,2,3,4,7,8-体と 1,2,3,4,7,9-体のピークは分離が不可能であり, GC 条件によっては, 1,2,3,7,8,9-HxCDF のピークは 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF の脱塩素によるフラグメントイオンピークの影響を受けることもある。

今回, SP-2331 及びこれと同等液相の高極性カラムである Rtx-2330 (Restek 社製), CP-Sil88 (Varian 社製) による PCDDs/DFs の測定条件を検討し, 各カラムの分離能及び定量値の比較を行った。

その結果, 3 種類の高極性カラムの中で, Rtx-2330 は, SP-2331 と同等以上の良好なピーク分離能があることがわかった。

また, 1,2,3,7,8-体と 1,2,3,4,8-体の PeCDF のピーク

は BPX-DXN (関東化学社製) 及び RH-12ms (Inventx 社製) によりそれぞれ単一ピークに分離でき<sup>6)</sup>, 2,3,7,8-TeCDF については, DB-17HT (Agilent 社製) により単一ピークに分離できる<sup>7)</sup>。

さらに 1,2,3,7,8,9-HxCDF のピークについては, DB-17HT 及び RH-12ms により 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF のフラグメントイオンピークの影響を受けずに単一ピークとして定量することが可能である。

したがって, 今回, 特に注目する異性体については, 同一試料を BPX-DXN, RH-12ms 及び DB-17HT による測定を行い, 実測濃度比較を行った。

## 方法

GC/MS 装置 : HP6890 GC System PLUS / JEOL JMS-700

イオン化電流 : 500 $\mu$ A

イオン化電圧 : 38V

分解能 : 10,000

また, 今回測定に使用したキャピラリーカラム及びそれぞれのカラムにおけるガスクロマトグラフ (GC) 測定条件について, 表 1 にまとめた。

表 1. 各キャピラリーカラムにおける測定条件

Column	Inj.Temp.	Carrier Gas(He)	Oven.Temp.
Rtx-2330 (60m×0.25mm×0.10μm)	260℃	Constant Flow, 1.0ml/min	130℃(1min)→20℃/min-190℃→1℃/min→ 225℃→3℃/min→275℃(5min)
SP-2331 (60m×0.25mm×0.20μm)	260℃	Constant Flow, 1.0ml/min	130℃(1min)→6℃/min→200℃→3.5℃/min→ 260℃(35min)
CP-Sil88 (60m×0.25mm×0.10μm)	260℃	Constant Flow, 1.0ml/min	100℃(1.5min)→20℃/min→180℃→3℃/min→ 260℃(35min)
BPX-DXN (60m×0.25mm)	300℃	Constant Pressure, 25.4psi	130℃(1min)→15℃/min→210℃→3℃/min→ 310℃→5℃/min→320℃(16min)
RH-12ms (60m×0.25mm)	300℃	Constant Pressure, 25.4psi	130℃(1min)→15℃/min→210℃→3℃/min→ 310℃→5℃/min→320℃(16min)
DB-17HT (60m×0.32mm×0.15μm)	280℃	Constant Flow, 1.0ml/min	130℃(1min)→30℃/min→200℃→4℃/min→ 280℃(20min)

**結果**

1. 2,3,7,8-TeCDD 及び 2,3,7,8-TeCDF の分離状況

図 1 に 3 種類のカラムによる 2,3,7,8-TeCDD 及び 2,3,7,8-TeCDF の分離状況を示した。これによると、2,3,7,8-TeCDD は SP-2331 が、2,3,7,8-TeCDF に関しては Rtx-2330 が最も分離能に優れており、CP-Sil88 による両異性体の分離能は、他のカラムと比較して劣っていることがわかった。

2. 1,2,3,7,8-PeCDF の分離状況

従来から、SP-2331 等の高極性カラムにおいては、1,2,3,7,8-PeCDF の単一ピークとしての分離が不可能であり、1,2,3,7,8-PeCDF と 1,2,3,4,8-PeCDF の混合ピークとして定量が行われ、毒性等量が算出されている。

ところが、Rtx-2330 による GC 測定条件を検討した結果、1,2,3,7,8-PeCDF と 1,2,3,4,8-PeCDF のピークトップが若干ずれて出現し、両者のピークは垂直切りによって分離定量することが可能であることがわかった。図 2 にそのクロマトグラムを示した。左から順に

Rtx-2330, SP-2331, CP-Sil88 で、上から順に、1,2,3,7,8-PeCDF の標準品(5pg), 1,2,3,4,8-PeCDF 標準品(5pg), 1,2,3,7,8-PeCDF と 1,2,3,4,8-PeCDF の等量混合標準品及び排ガス試料である。

これによると、1,2,3,7,8-PeCDF と 1,2,3,4,8-PeCDF の分離可能なカラムは Rtx-2330 のみであり、SP-2331 及び CP-Sil88 では分離不可能であった。

3. 1,2,3,7,8,9-HxCDF への 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF のフラグメントイオンの影響

1,2,3,4,6,7,8-HpCDF のフラグメントイオンの 1,2,3,7,8,9-HxCDF への影響を比較したクロマトグラムを図 3 に示した。これは 3 種類の高極性カラムで同一排ガス試料を測定したクロマトグラムで、左から順に Rtx-2330, SP-2331, CP-Sil88 で、上から順に、HxCDFs, HpCDFs である。

この結果、SP-2331 と CP-Sil88 においては、1,2,3,4,6,7,8-HpCDF のフラグメントイオンは、1,2,3,4,6,7,8-HpCDF の直前に溶出するが、Rtx-2330 では、その溶出順位が逆転することがわかった。クロ

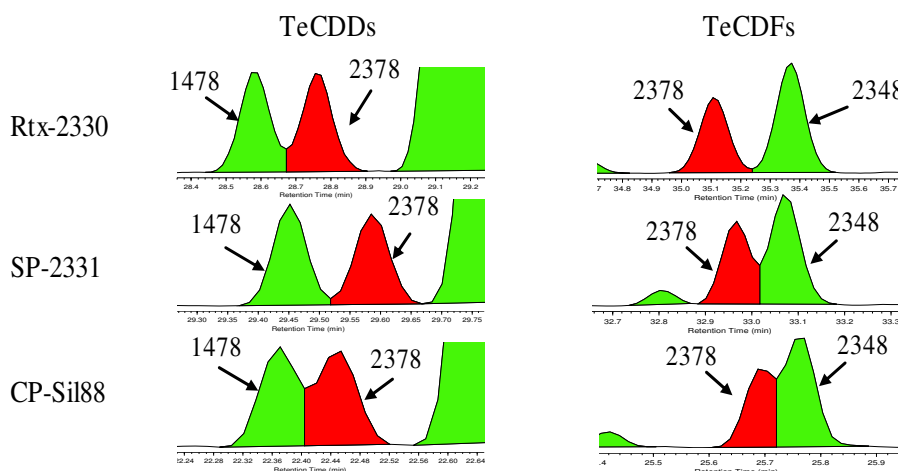


図 1. 2,3,7,8-TeCDD 及び 2,3,7,8-TeCDF の分離状況

マトグラムから判断すると、両イオンピークの溶出時間が最も離れているRtx-2330が、1,2,3,7,8,9-HxCDFに対する1,2,3,4,6,7,8-HpCDFのフラグメントイオンの影響は小さいものと考えられる。

4. 毒性等価係数(TEF)規定異性体の高極性カラムにおける分離状況

Tetra~ Hexa CDDs/CDFsのうち、TEFが規定されている異性体の分離状況を表2にまとめた。これによ

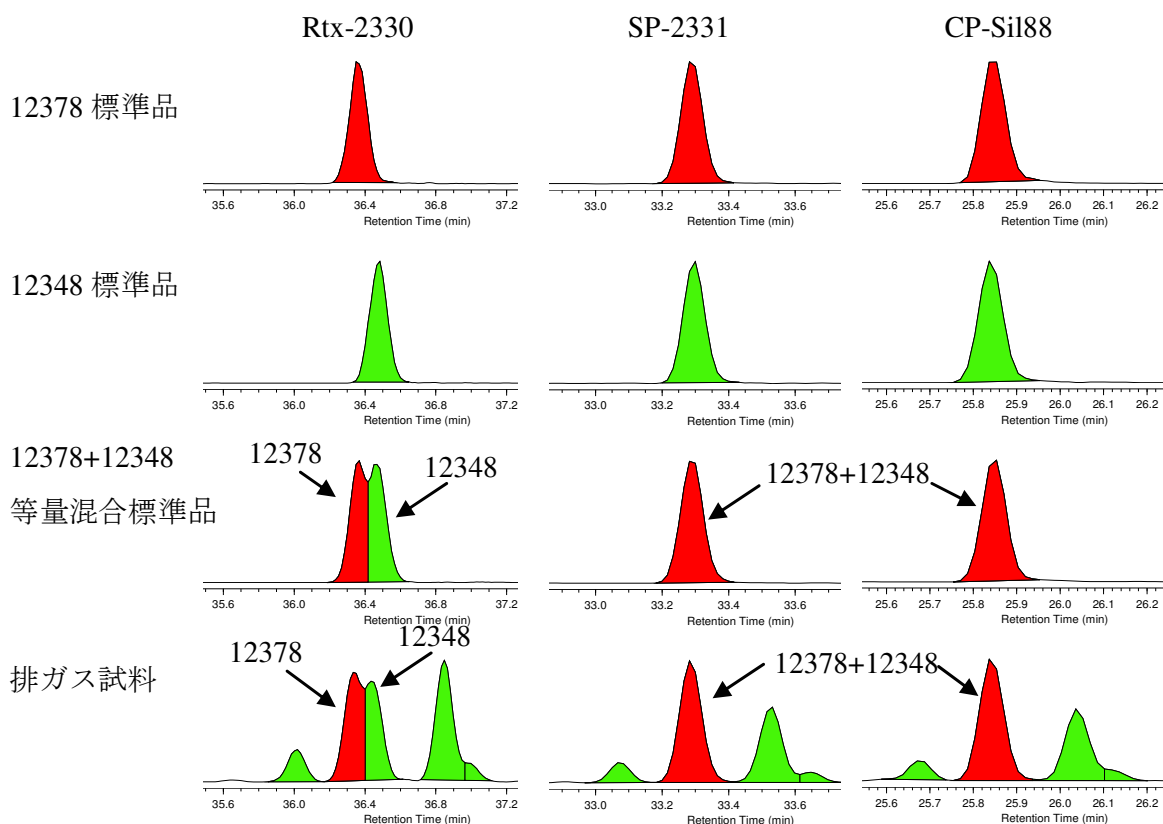


図 2. 1,2,3,7,8-PeCDF の分離状況

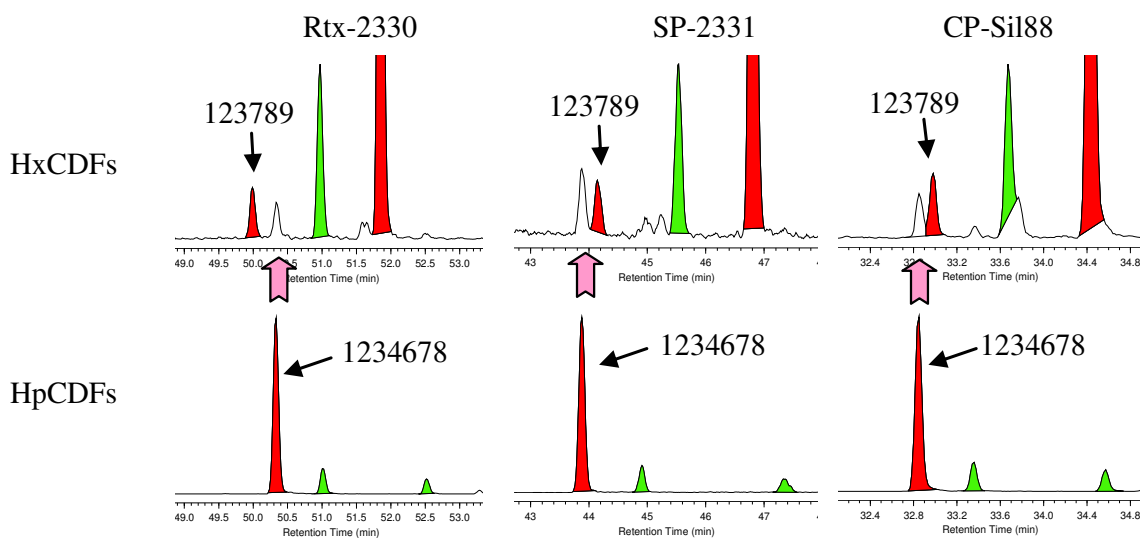


図 3. 1,2,3,7,8,9-HxCDF への 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF のフラグメントイオンの影響

ると、総合的に判断して、Rtx-2330 が最も分離状況に優れているカラムであり、Tetra~ Hexa CDDs/CDFs においては、1,2,3,4,7,8-HxCDF 以外の TEF 規定異性体はすべて単一ピークとして分離定量が可能であった。

5. 注目異性体実測濃度のカラム間比較

Tetra~ Hexa CDDs/CDFs 測定時の高極性カラムの分離能を評価する際に、チェックの対象となる異性体としては、2,3,7,8-TeCDD, 2,3,7,8-TeCDF 及び 1,2,3,7,8,9-HxCDF 等がある。また、Rtx-2330 で分離可能であることがわかった 1,2,3,7,8-PeCDF 及び 1,2,3,4,8-PeCDF を加え、これら 5 種類を注目異性体とした。

注目異性体の実測濃度を、3 種類の高極性カラムとそれらを単一ピークとして分離定量可能なカラムである BPX-DXN, RH-12ms 及び DB-17HT で同じ排ガス試料の実測濃度を定量し、比較した結果を表 3 に示した。

これによると、各カラムで定量した注目異性体の実測濃度は、ほぼ同等であることがわかる。SP-2331 及び CP-Sil88 では単一ピークに分離不可能である 1,2,3,7,8-PeCDF は、Rtx-2330 では垂直切りによって分離可能であるが、1,2,3,7,8-PeCDF を単一ピークとして分離可能である BPX-DXN と RH-12ms で定量した実測濃度と比較してほぼ同等であった。

また、Rtx-2330 及び SP-2331 と比較してピーク分離能が若干劣っている CP-Sil88 での定量値は、やや高めであった。

6. 排ガス試料クロマトグラムの高極性カラム間比較

3 種類の高極性キャピラリーカラム (Rtx-2330, SP-2331 及び CP-Sil88) による同一排ガス試料の Tetra~ Hexa CDDs/CDFs の全クロマトグラム及びそれぞれのカラムで定量した各異性体別実測濃度を比較したグラフを図 4~ 9 に示す。

これによると、3 種類のキャピラリーカラムにおける各異性体の実測濃度は、ほぼ同等であり、ピークの実測濃度についても、多少の相違はみられるが、異性体の溶出順位は同じであることがわかった。

考 察

今回、同等液相の高極性カラムである Rtx-2330, SP-2331 及び CP-Sil88 において、Tetra~ Hexa CDDs/CDFs について、その分離状況及び定量値の比較検討を行った。

全異性体が含まれている排ガス試料における、それぞれの異性体ピークの定量値を比較することで、3 種類の高極性カラムの異性体溶出順位は同じであることが確認できた。

また、詳細な異性体ピークの実測濃度を比較すると、2,3,7,8-TeCDD の分離は、SP-2331 の方が Rtx-2330

表 2. 各種高極性カラムにおける TEF 規定異性体の分離状況 (Tetra~ Hexa CDDs/CDFs)

異性体名		Rtx-2330	SP-2331	CP-Sil88
ダイオキシン	2,3,7,8-TeCDD	○	◎	△
	1,2,3,7,8-PeCDD	◎	◎	◎
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	◎	◎	◎
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	◎	◎	◎
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	◎	◎	◎
ジベンゾフラン	2,3,7,8-TeCDF	◎	○	△
	1,2,3,7,8-PeCDF	○	×	×
	2,3,4,7,8-PeCDF	◎	◎	◎
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	×	×	×
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	◎	◎	◎
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	◎	○	△
2,3,4,6,7,8-HxCDF	◎	◎	◎	

注) ◎、○、△: 単一ピークに分離可能であるが、分離状況に差が認められる場合、最も分離状況が良いものから、順に◎、○、△として表した。

×: 単一ピークに分離不可能

なお、1,2,3,7,8-PeCDF は、Rtx-2330 のみ垂直切りで単一ピークに分離可能であるため、○で表した。

よりも若干優れていたが、その他の注目異性体である、2,3,7,8-TeCDF の分離や 1,2,3,7,8,9-HxCDF への 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF のフラグメントイオンの影響等は Rtx-2330 が最も優れていた。

特に、1,2,3,7,8-PeCDF と 1,2,3,4,8-PeCDF のピークについては、Rtx-2330 のみが垂直切りで分離可能であった。1,2,3,7,8-PeCDF と 1,2,3,4,8-PeCDF は、BPX-DXN 及び RH-12ms では分離可能であるため、同一試料をこれらのカラムでも測定したが、Rtx-2330 とほぼ同等の定量結果となった。したがって、Rtx-2330 での 1,2,3,7,8-PeCDF の垂直切りによるピーク分離手法は適当であると考えられる。

また、CP-Sil88 のようにピーク分離能が劣ると、定量値が高めになることもわかった。

ピーク分離以外でのカラムの性能として問題となるのは、カラム液相からのバックグラウンドの影響である。ダイオキシン類等超微量の化学物質を分析する場合、カラム液相のバックグラウンドが測定対象ピークの S/N 比に大きく影響してくる。高極性カラムは、一般的な分離能としてみた場合、微～中極性カラムより優れているが、逆にカラムのバックグラウンドは大きいいため、S/N 比としてみた場合は、微～中極性カラムより劣っている。今回、検討対象とした 3 種類の高極性カラムでは、膜厚 0.2 $\mu$ m の SP-2331 よりも膜厚 0.1 $\mu$ m の Rtx-2330 及び CP-Sil88 の方がカラム液相のバックグラウンドの影響が小さく、低濃度測定時の S/N 比は向上することがわかった。

### 参考文献等

- 1) 日本工業規格 JIS K 0311: 排ガス中のダイオキシン類及びコプラナーPCB の測定方法(平成 11 年 9 月)
- 2) 日本工業規格 JIS K 0312: 工業用水・工場排水中のダイオキシン類及びコプラナーPCB の測定方法(平成 11 年 9 月)
- 3) 環境省環境管理局 総務課ダイオキシン対策室 大気環境課, ダイオキシン類に係る大気環境調査マニュアル(平成 13 年 8 月)
- 4) 環境庁水質保全局水質管理課, ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル(平成 12 年 3 月)
- 5) 環境庁水質保全局土壌農薬課, ダイオキシン類に係る土壌調査測定マニュアル(平成 12 年 1 月)
- 6) 松村徹 他: 新しい 2 種類のキャピラリーカラムによる PCDDs/PCDFs 及び PCBs 全溶出順位, 第 11 回環境化学討論会講演要旨集, 152-153(2002)
- 7) J. J. Ryan, H. B. S. Conacher, L. G. Panopio, B. P. -Y. LAU and J. A. Hardy : Gas chromatographic separations of all 136 tetra- to octa-polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and polychlorinated dibenzofurans on nine different stationary phases, *Journal of Chromatography*, 541, 131-183(1991)

表 3. 注目異性体実測濃度(排ガス試料)のカラム間比較

(単位: ng/m<sup>3</sup>N)

Isomer	Rtx-2330	SP-2331	CP-Sil88	BPX-DXN	RH-12ms	DB-17HT
2,3,7,8-TeCDD	0.38	0.37	0.46	0.35	—	—
2,3,7,8-TeCDF	3.4	3.4	3.5	3.9	3.6	3.4
1,2,3,7,8-PeCDF	1.9	—	—	1.7	1.6	—
1,2,3,4,8-PeCDF	1.5	—	—	1.4	1.5	—
(1,2,3,7,8+1,2,3,4,8)-PeCDF	3.4	3.4	3.0	3.1	3.1	—
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.094	0.077	0.12	—	0.088	0.093

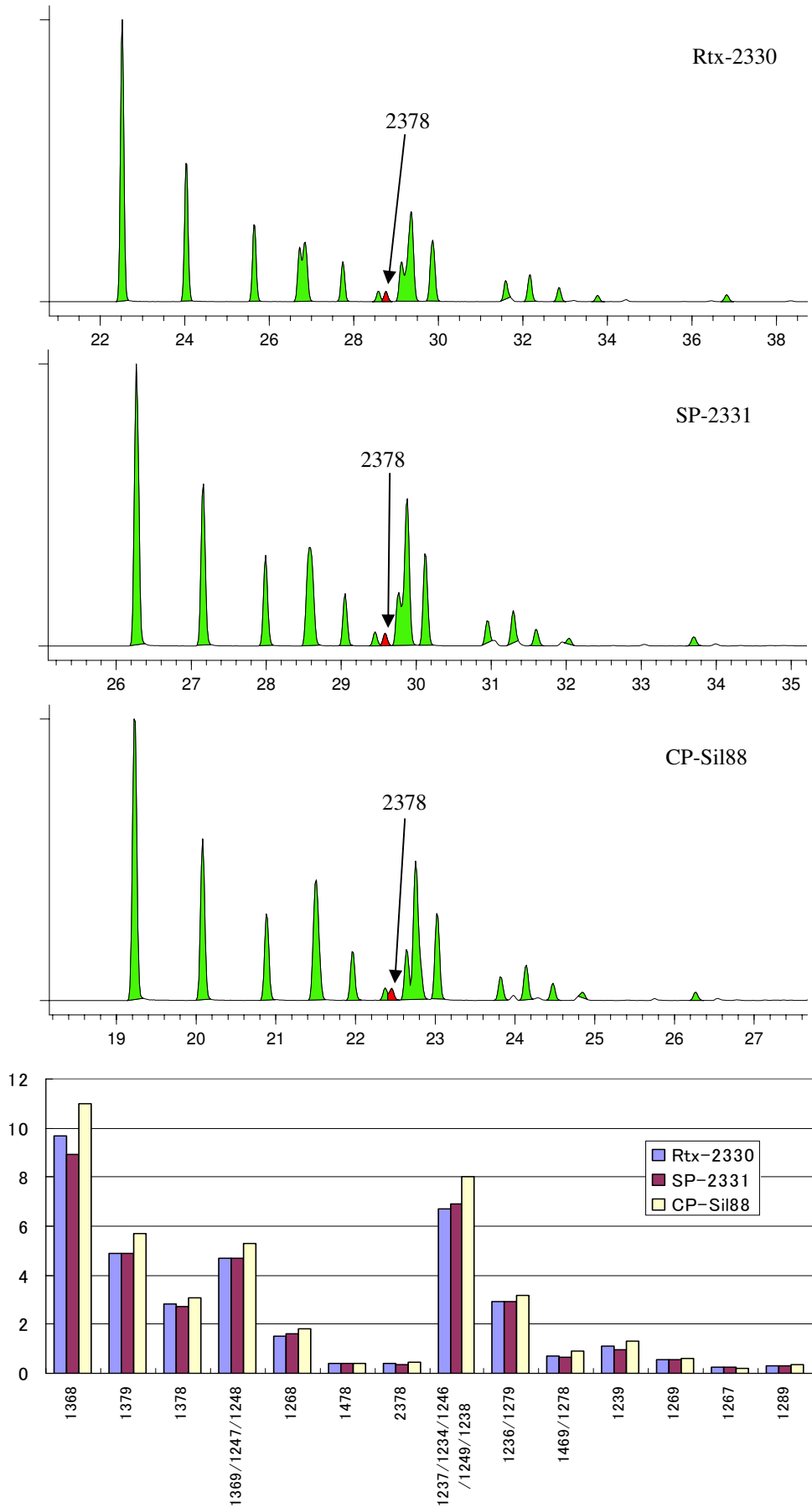


図 4. 同一試料(排ガス)クロマトグラムと各異性体実測濃度のカラム間比較<TeCDDs>

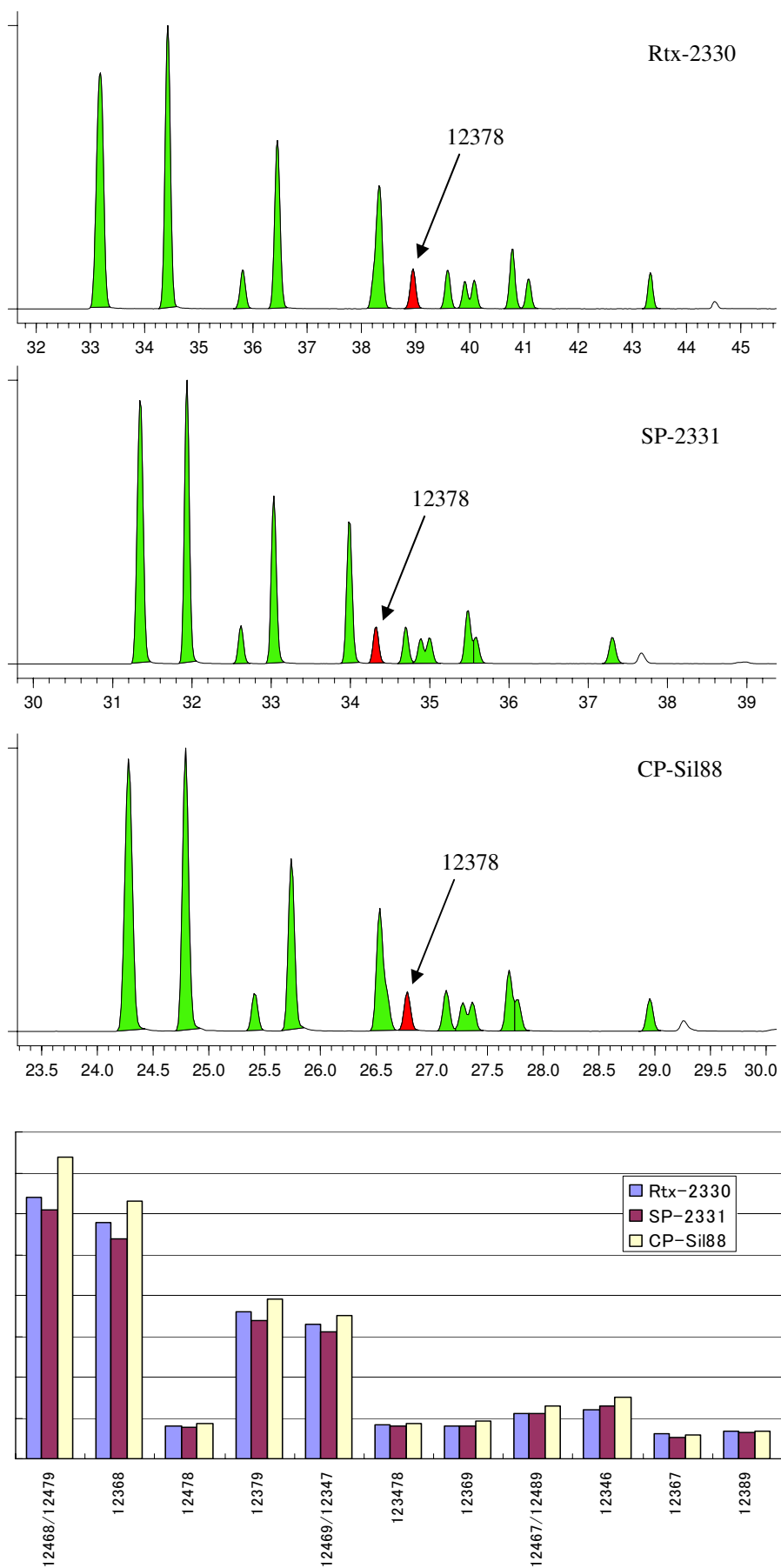


図 5. 同一試料(排ガス)クロマトグラムと各異性体実測濃度のカラム間比較<PeCDDs>

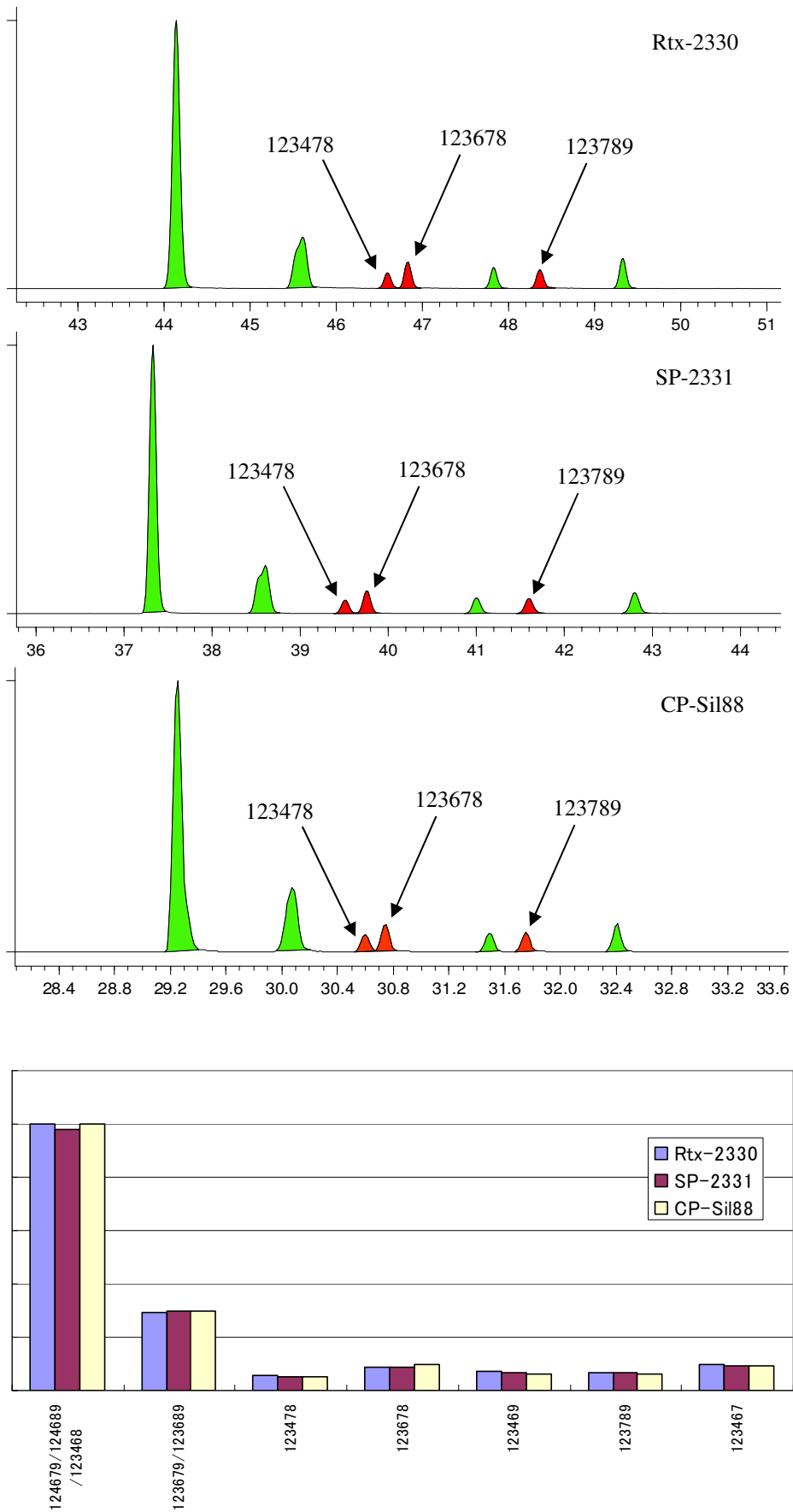


図 6. 同一試料(排ガス)クロマトグラムと各異性体実測濃度のカラム間比較<HxCDDs>



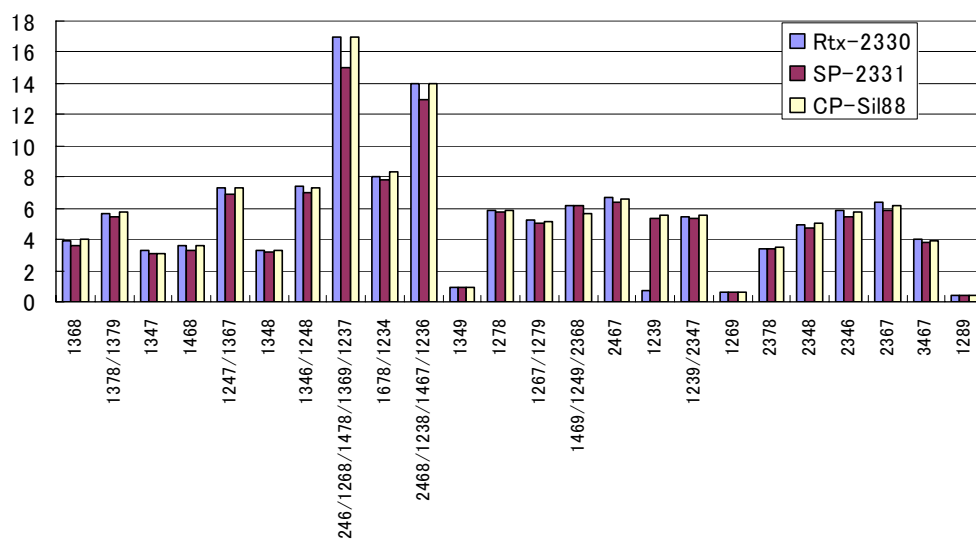
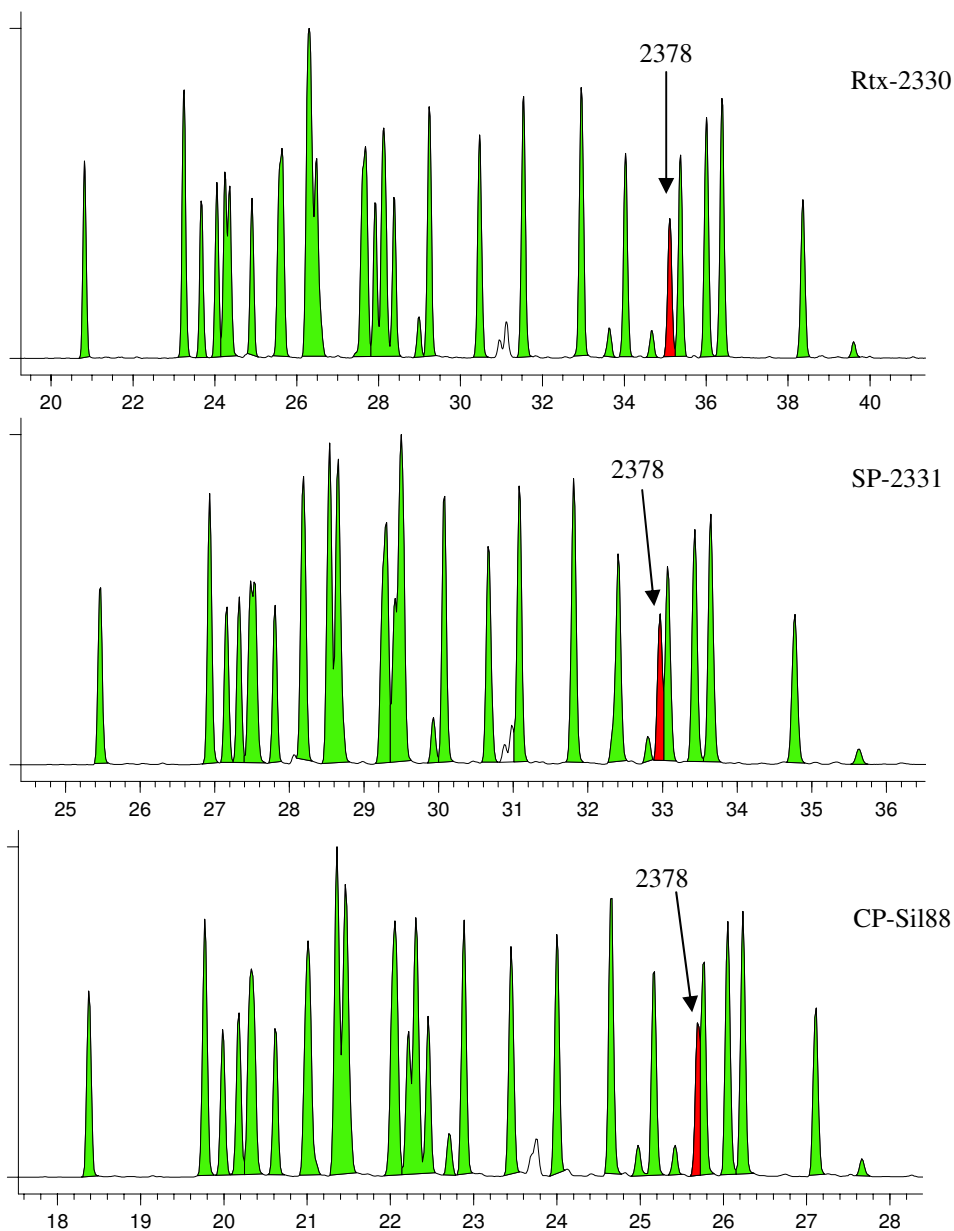


図7. 同一試料(排ガス)クロマトグラムと各異性体実測濃度のカラム間比較<TeCDFs>

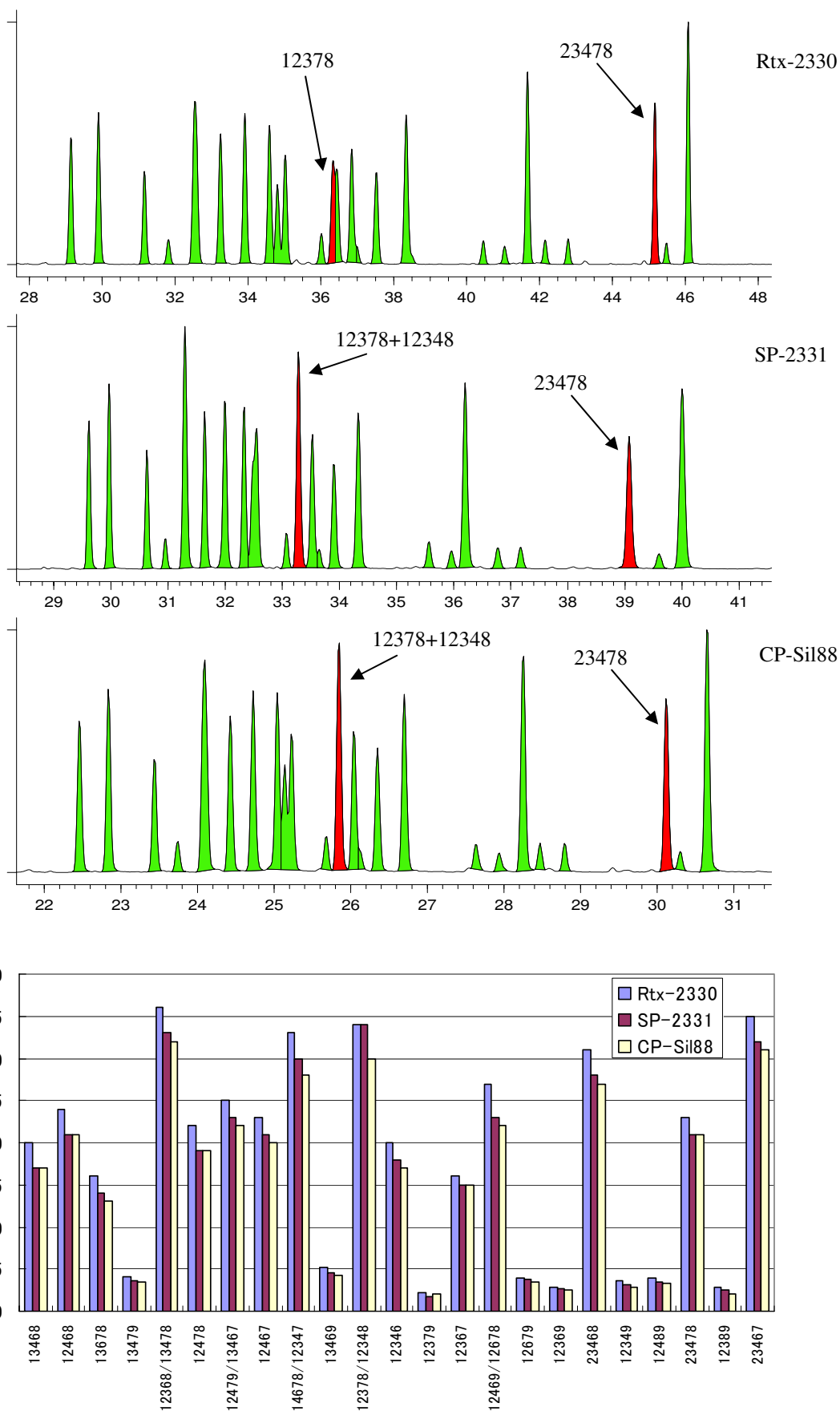


図 8. 同一試料(排ガス)クロマトグラムと各異性体実測濃度のカラム間比較<PeCDFs>

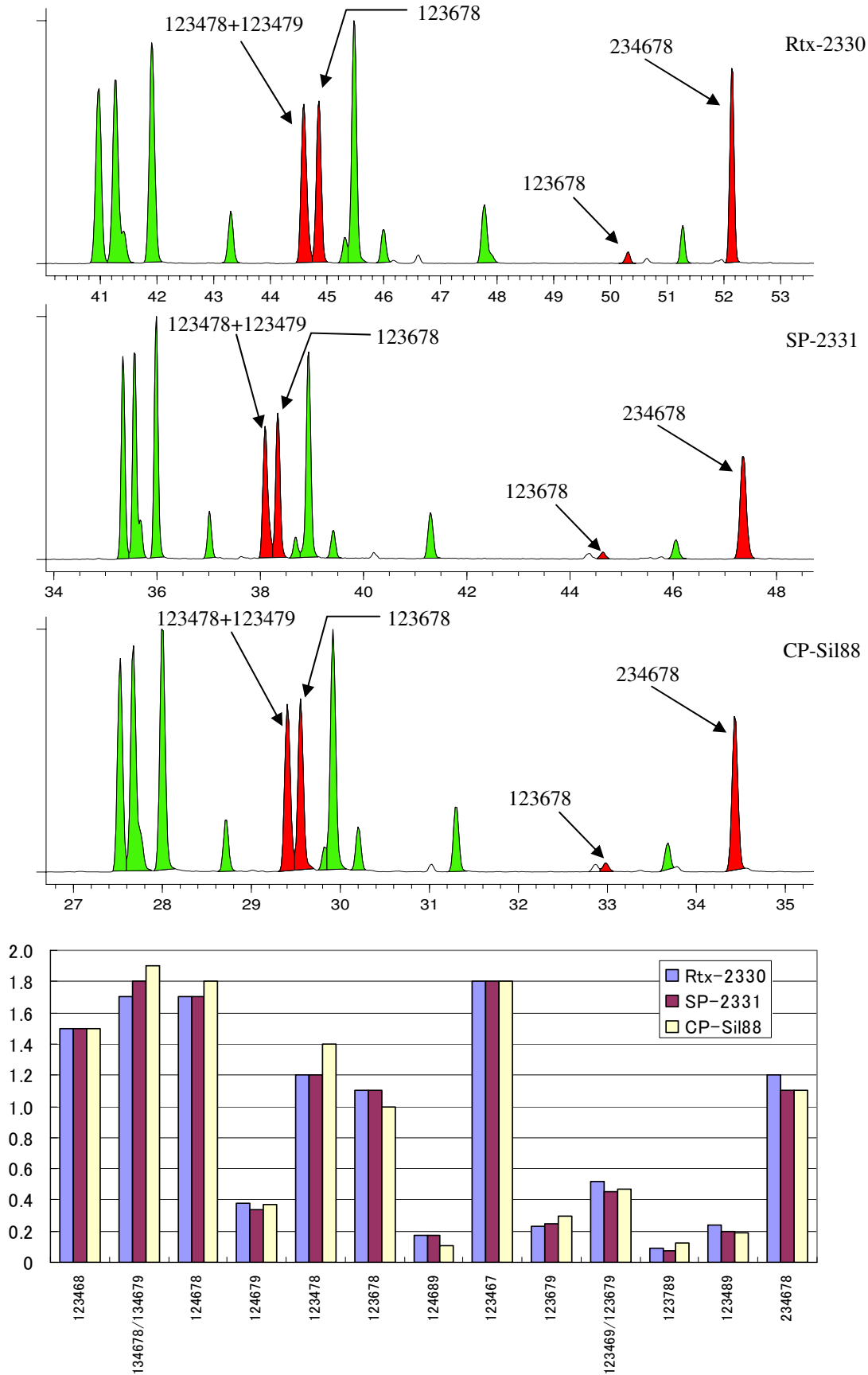


図9. 同一試料(排ガス)クロマトグラムと各異性体実測濃度のカラム間比較<HxCDFs>

# 藻類の有効活用による閉鎖性水域の浄化に関する研究 －アオサ添加飼料給与による鶏卵に及ぼす変化－

馬場強三・石崎修造・赤澤貴光・江川幸恵・西川徹・松本信助\*・大浦昭寛\*

## The Research on the Purification of the Enclosed Water Area by Effective Utilization of Agae

－ The Qualitative Alteration on Chicken Egg by the Sea Lettuce Additive Feed Feeding －

Tsuyomi BABA, Shuzo ISHIZAKI, Takamitsu AKAZAWA, Sachie EGAWA, Toru NISHIKAWA,  
Shinsuke MATSUMOTO, and Akihiro OURA

The large thing of *Ulva pertusa* KJELLMAN (called a sea lettuce since then) which flourishes in the Omura Bay coast in the summer season becomes about 30cm diameters. These cover the surface in the sea, and the environment in the nearby sea area is being changed, because the sunlight is obstructed. This sea lettuce is washed ashore on the wave by the typhoon, and the leaf becomes white in the autumn and decays.

In the meantime, though this sea lettuce contains carotenes, vitamin, and minerals, it is not utilized by reason of the firm mesophyll as a food.

However, it seems to be greatly useful for environmental improvement and purification of nearby sea area, if this sea lettuce can be effectively utilized. As this one method, the drying sea lettuce was mixed with the feed, and it was given to the chicken, and the experiment was carried out with the expectation of the improvement of the egg quality.

The results were summarized as following.

1. The components which the concentration in the drying sea lettuce was higher than that in the feed were lutein, zeaxanthin,  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene, iodine, magnesium, and iron. The former ratio for the latter is respectively 24, 1.9, 2.9, 4.6, 13, 22, 3.5.
2. In the sea lettuce additive feed group and additive-free feed group, the former color of the yolk was stronger than that of the latter. The color of the redness was stronger than that of the yellow.
3. In the sea lettuce additive feed group and additive-free feed group, the former lutein,  $\beta$ -carotene, and iodine concentration in the yolk were higher than that of the latter.

Key words: *Ulva pertusa* KJELLMAN, chicken egg, lutein, carotene, mineral

キーワード: アオサ、鶏卵、ルテイン、カロテン、金属

### はじめに

大村湾沿岸に夏場に繁茂するアオサ(以下アオサという)は、大きなものは直径約 30cm にもなり、海の表面を覆い、日光を遮るため周辺海域の環境を変えている。

このアオサは台風などの波で千切れ、秋口には白

\* 長崎県畜産試験場

くなって千切れて海岸に打ち上げられ腐ってしまう。

そこで、周辺の漁協はアオサが千切れる前に回収し処分を行っている。

一方、このアオサは水域の窒素、リンを吸収するとともに、カロチン類を多く含有し、ビタミン、ミネラルなども豊富であると考えられるが、葉肉が厚く、堅いため食用として利用されていない。

しかしながら、このアオサを有効に利用することができれば、周辺海域の環境改善・浄化にも役立つと思われ、有効利用の一つの方法として鶏の飼料に混ぜ、鶏に与えることにより、卵質が良くなることを期待して実験を行った。

## 調査方法

表1 鶏の飼育及び卵調査日

日付	H15.6.17	H15.10.30	12.15	12.26	H.16.1.14	2.16	3.15
日齢	0	136	182	193	212	245	273
飼料	← ひな用及び成鶏用飼料 →		← 採卵鶏用飼料 →				
アオサ			← アオサ添加飼料 →				
卵調査			○	●	○●	○●	○●

○: 卵質調査(卵重、卵殻強度、卵黄色)

●: 卵黄中の成分調査(脂肪酸、ビタミン類、カロテン類、金属類)

## 2. アオサ添加飼料の調製、調査項目及び検査方法

### (1)アオサ添加飼料の調製

アオサは貝殻等をとり除き、泥、塩分等を除くため水道水で数回洗い脱水機で脱水後、天日で乾燥した。これを粉碎したものを慣行飼料(JAくみあい飼料 17Y)に重量比で2.5%及び5%になるように混ぜてアオサ添加飼料を調整した。

### (2)調査項目

#### ①鶏の生育調査

アオサ添加飼料給与間の、鶏の生存率、鶏の飼料消費量、産卵量及びアオサ添加飼料給与終了時の体重チェックを行った。

## 1. 鶏の飼育及び実験区の設定

鶏の飼育は長崎県畜産試験場の協力を得て、表1のとおり試験鶏は平成16年6月17日に餌付けした赤玉採卵鶏(ボリスブラウン)を使用し、12月15日より慣行飼料(JAくみあい飼料 17Y)にアオサ添加した飼料を与えた。アオサの添加量は2.5%及び5%とし、実験区の設定は表2に示すとおりとした。

表2 実験区の設定

	飼料	試験群
A群	アオサ無添加	20羽×4群
B群	アオサ2.5%添加	20羽×4群
C群	アオサ5%添加	20羽×4群

#### ②卵質調査

卵重、卵黄色についてアオサ添加飼料給与後2日、30日、60日、87日目に調査を行った。

#### ③卵黄中の成分調査

卵黄中の脂肪酸類、ビタミン類、金属類について、アオサ添加飼料給与後11、30、60、90日目に行った。

表3 調査方法

調査項目	調査及び分析方法
卵殻強度	卵殻強度計(富士平工業製)
卵黄色	ロッシュ社カラーファン及び色差計(日本電色工業株式会社 NR-3000)
脂肪酸	メチル化後 FID・GC 法
トコフェロール	HPLC 法
レチノール	ケン化- HPLC 法
カロテン	〃
ルテイン	〃
ゼアキサンチン	〃
クリプトキサンチン	〃
ヨウ素	アルカリ添加後灰化- ペンタノン誘導体- ECD・GC法
金属類	硫酸・硝酸・過塩素酸分解- 原子吸光度法
リン	硫酸・硝酸・過塩素酸分解- モリブデンブルー 比色法

④飼料及びアオサの成分調査

飼料(アオサ無添加)及びアオサ中の脂肪酸類、ビタミン類、金属類について検査を行った。

(3)調査方法

調査方法は表3に示すとおりであるが、その他卵重量、卵黄重量、卵殻重量についても測定した。

【調査結果及び考察】

1. 鶏の生育調査

アオサ添加飼料給与後の鶏の死亡は1羽だけであった。

また、アオサ添加飼料給与後87日間の飼料消費量(g/羽・日)、産卵日量(卵 g/羽・日)、飼料要求量(飼料消費量/卵重 g)及びアオサ給与後87日目の体重(終了時体重)にも差は認められなかった。

表4 アオサ給与期間中の生存率、飼料消費量、産卵日量、飼料要求量及び終了時体重

	生存率 (%)	飼料消費量 (g/羽・日)	産卵日量 (g/羽・日)	飼料要求量	終了時体重 (kg)
アオサ0%	100	127.3 ± 2.01	60.3 ± 1.06	2.11 ± 0.023	2.12 ± 0.047
アオサ2.5%	100	128.9 ± 3.39	60.4 ± 0.85	2.13 ± 0.028	2.16 ± 0.027
アオサ5%	99.4	129.0 ± 0.97	60.5 ± 0.81	2.13 ± 0.035	2.13 ± 0.033

2. 鶏糞中の水分含量

鶏糞中水分含量(アオサ添加飼料給与後60日目)をみると、表5のとおり飼料中アオサ含量が高くなるほど鶏糞中の水分含量も高くなる傾向がみられ、アオサ無添加飼料給与群とアオサ5%添加飼料群に有意差(P<0.01)が認められた。

表5 鶏糞中水分含量

	水分含量(%)
アオサ0%	78.0 ± 1.12
アオサ2.5%	79.6 ± 1.36
アオサ5%	81.0 ± 0.80(*)

(\*)アオサ無添加飼料群に対する有意差 P<0.01

3. 飼料(アオサ添加前)及び乾燥アオサ中の成分調査

飼料及びアオサの分析結果は表4に示すとおり、両者を比べると、脂肪酸では、飼料中オレイン酸、リ

ノール酸の濃度がアオサ中の濃度より30倍以上高く、ステアリン酸濃度15倍以上高かった。一方、アオサ中濃度が飼料中濃度より2倍以上高いものはなかった。

表6 飼料及びアオサ中成分分析結果(mg/100g)

成分名		飼料(ハワレイヤ-17Y)	アオサ(H15.9)
脂肪酸	ミリスチン酸	40	17
	パルミチン酸	750	280
	パルミトレイン酸	52	44
	ステアリン酸	240	15
	オレイン酸	1,400	39
	リノール酸	1,800	52
	リノレン酸	78	67
	アラキドン酸	6.7	10
	ドコサヘキサエン酸	12	18
	ビタミン類	レチノール	0.44
α-トコフェロール		0.16	0.018
γ-トコフェロール		0.40	0.00
カロテン類	α-カロテン	0.015	0.043
	β-カロテン	0.26	1.2
	ルテイン	0.37	9.0
	ゼアキサンチン	0.38	0.73
	クリプトキサンチン	0.087	0.00
金属類	ヨウ素	0.53	6.8
	カルシウム	2,300	1,500
	マグネシウム	170	3,700
	鉄	19	66
	亜鉛	4.7	2.0
	リン	540	210

レチノール及びトコフェロールはアオサ中濃度より飼料中濃度が高かった。

カロテン類では、アオサ中のルテイン、カロテン及びゼアキサンチンの濃度が飼料中の濃度より高かった。(ルテイン:約24倍、 $\alpha$ -カロテン:約2.9倍、 $\beta$ -カロテン:約4.6倍、ゼアキサンチン:約1.9倍)

金属類では、アオサ中濃度が飼料中濃度より高かったのは、ヨウ素、マグネシウム及び鉄であった。(ヨウ素:約13倍、マグネシウム:約22倍、鉄:約3.5倍)

### 3. 卵質調査

#### (1)卵重及び卵黄割合

卵重及び卵重に対する卵黄割合とも、アオサ添

加飼料給与群と無添加飼料給与群に差はみられなかった。

#### (2)卵黄色の調査

卵黄の色調については、卵黄色の違いを示すカラーファン No は飼料中のアオサ含量の違いにより差がみられ、アオサ含量が多い飼料給与群ほどカラーファン No 値が高く、卵黄色が濃いことを示した。(表 9)

また、アオサ添加飼料給与後60日目の卵黄について、色差計を用いた比較はアオサ含量が多い飼料給与群ほど赤味が強くなっていた。(表 10)

表7 アオサ添加飼料給与後の卵重の比較(g)

アオサ含量	n	2日目	30日目	60日目	87日目
アオサ0%	4	60.3 ± 1.48	63.1 ± 0.55	63.9 ± 1.16	63.5 ± 1.10
アオサ2.5%	4	59.2 ± 1.12	62.1 ± 1.53	63.4 ± 1.06	64.0 ± 1.39
アオサ5%	4	59.2 ± 2.97	63.9 ± 2.37	63.4 ± 1.14	65.5 ± 1.26

表8 アオサ添加飼料給与後の卵重に対する卵黄割合(%)

アオサ含量	n	2日目	30日目	60日目	87日目
アオサ0%	4	22.4 ± 1.3	24.0 ± 0.4	24.3 ± 0.6	25.2 ± 0.5
アオサ2.5%	4	23.2 ± 0.4	23.8 ± 1.0	24.9 ± 0.8	26.0 ± 1.0
アオサ5%	4	22.6 ± 1.9	23.6 ± 0.8	24.4 ± 0.9	25.5 ± 0.4

表9 飼料中アオサ含量の差によるアオサ添加飼料給与後の卵黄色の比較(カラーファン No)

	n	2日目	30日目	60日目	87日目
アオサ0%	4	10.8 ± 0.23	12.0 ± 0.91	11.6 ± 0.50	10.8 ± 0.30
アオサ2.5%	4	10.9 ± 0.10	12.9 ± 0.44(*)	11.9 ± 0.43(**)	11.4 ± 0.49(**)
アオサ5%	4	11.0 ± 0.00	12.8 ± 0.50(*)	12.3 ± 0.28(**)	11.6 ± 0.37(**)

注) アオサ無添加飼料群に対する有意差: (\*); P<0.05, (\*\*); P<0.01

表 10 色差計による卵黄の比較(アオサ添加飼料給与後60日目)

	L 値(輝き)	a 値(赤味)	b 値(黄味)
アオサ 0%	36.7 ± 1.51	8.5 ± 1.32	45.4 ± 1.81
アオサ 2.5%	35.9 ± 1.42	9.3 ± 0.57(*)	44.9 ± 2.16
アオサ 5%	35.7 ± 1.18	9.6 ± 0.48(*)	45.4 ± 1.69

注) (\*) アオサ無添加飼料群に対する有意差 P<0.05

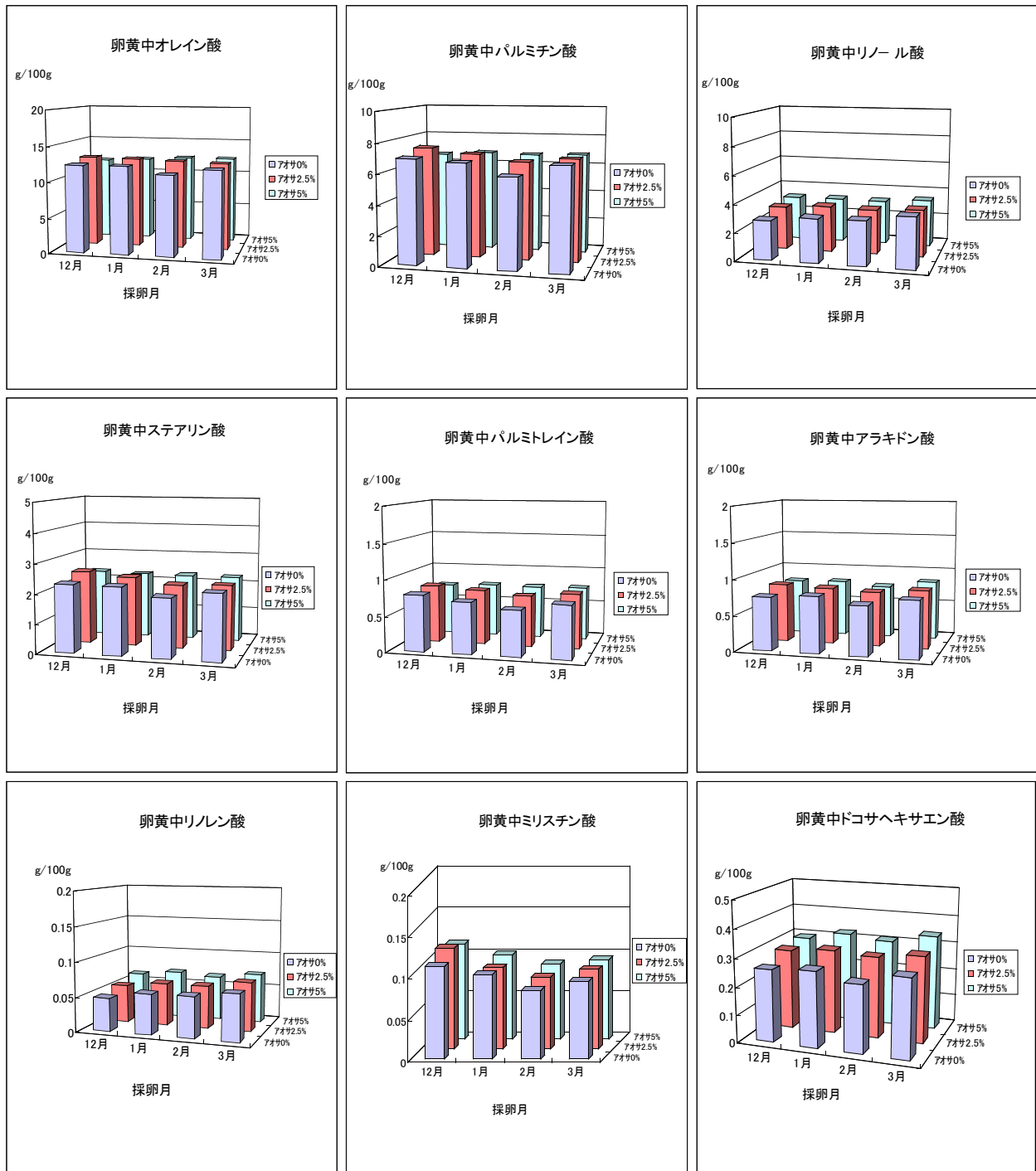


図1 採卵月別卵黄中脂肪酸類の濃度変化

### (3)卵黄中脂肪酸類調査

脂肪酸については、アオサ及び飼料中に検出されたミスチン酸、パルミチン酸、パルミトレイン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸、アラキドン酸、エイコサペンタエン酸について行った。採卵月別濃度変化は図1に示すとおり、アオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に大きな差は見られな

かった。

### (4)卵黄中ビタミン類及びカロテン類調査

レチノール、ルテイン、ゼアキサンチン、クリプトキサンチン、トコフェロール及びカロテンについて行った。



レチノール、ルテイン、ゼアキサンチン及びクリプトキサンチンについては図2に示した。

レチノール、クリプトキサンチンではアオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に差はみられなかったが、ルテインで明らかにアオサ添加飼料給与群と無

添加飼料給与群に差がみられ(P<0.005)、飼料中アオサ含量が多いほど卵黄中の濃度も高くなっている。

また、ゼアキサンチンについては、12月の5%群、3月の2.5%群を除きアオサ添加飼料給与群と未無添加飼料給与群に差が認められた。

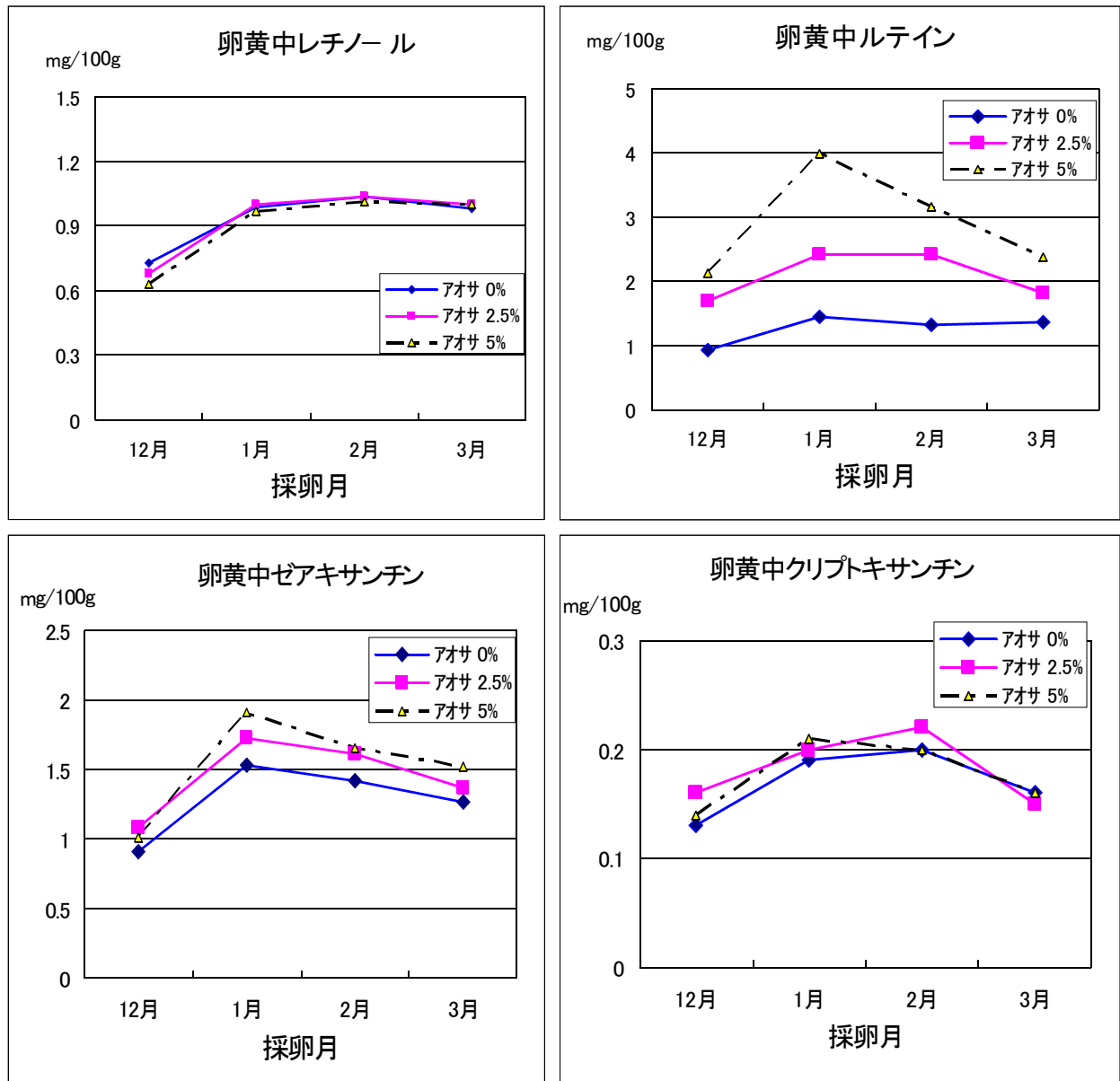


図2 採卵月別卵黄中レチノール、ルテイン、ゼアキサンチン、クリプトキサンチンの濃度変化

トコフェロールについては、図3に示すようにアオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に差はみられ

なかった。

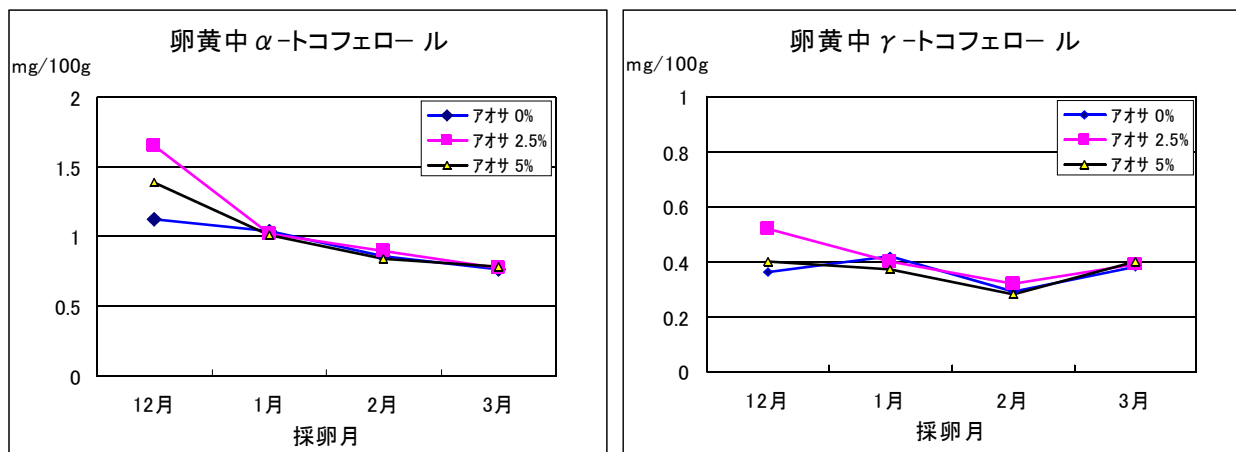


図3 採卵月別卵黄中トコフェロール濃度変化

カロテンについては図4に示すとおり、 $\alpha$ -カロテンについてはアオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に差は見られなかったが、 $\beta$ -カロテンにつ

いては3月採卵分を除きアオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に差が認められた。

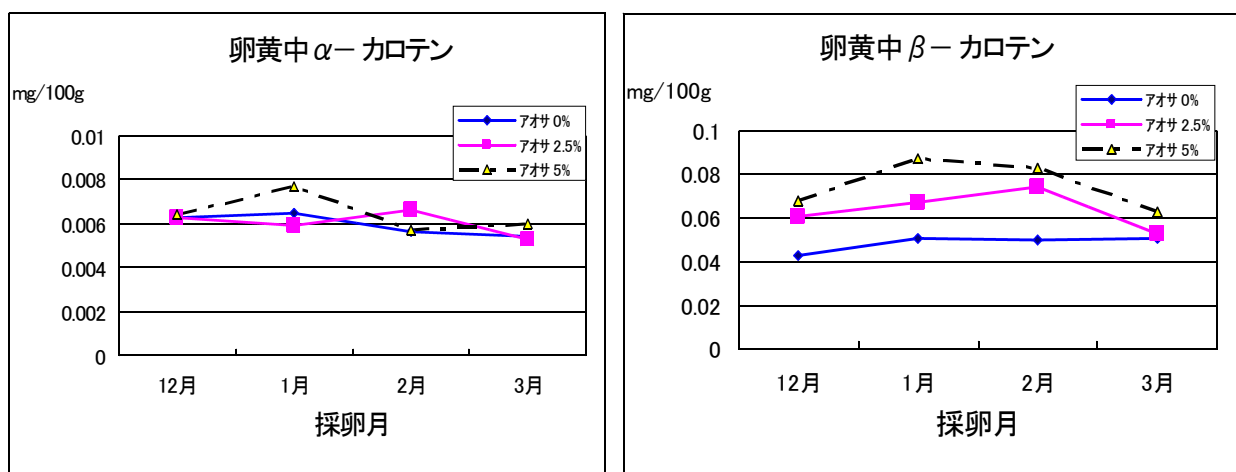


図4 採卵月別卵黄中カロテン濃度変化

#### (5)卵黄中金属類調査

ヨウ素については図5に示すとおり、アオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に差がみられ ( $P < 0.005$ )、1月のデータを除き、飼料中のアオサ含量が多くなるほど卵黄中濃度も高かった。 ( $P < 0.005$ )

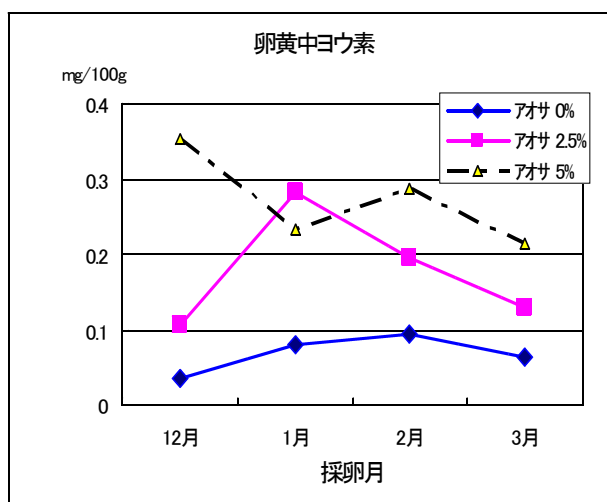


図5 採卵月別卵黄中ヨウ素濃度変化

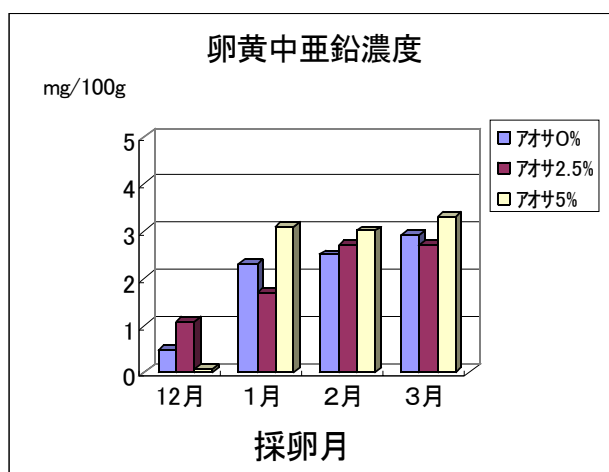
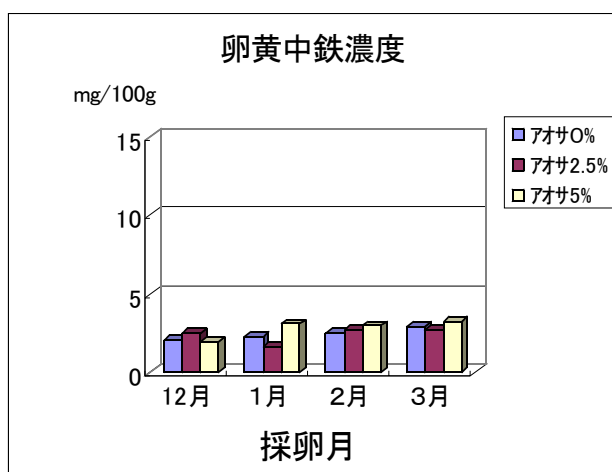
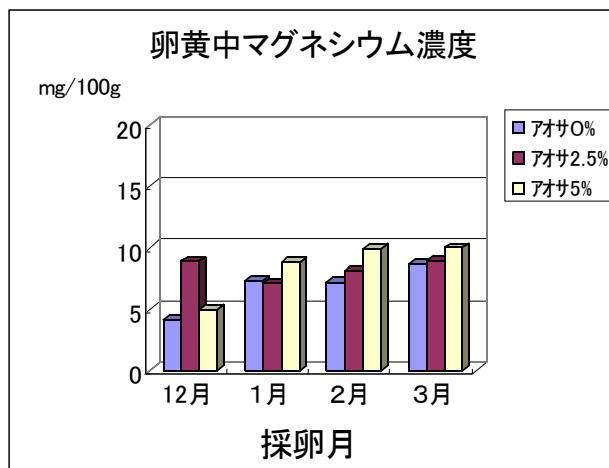
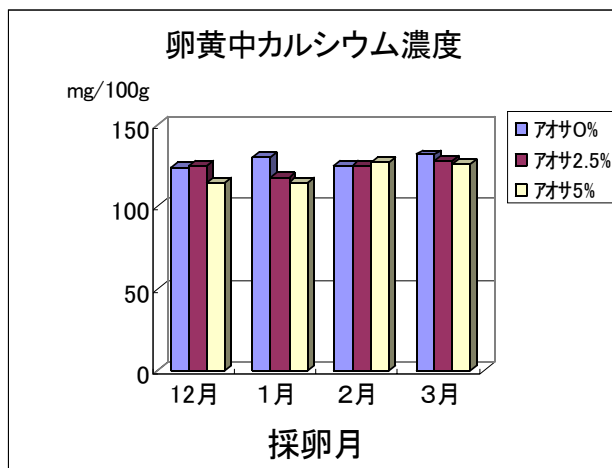


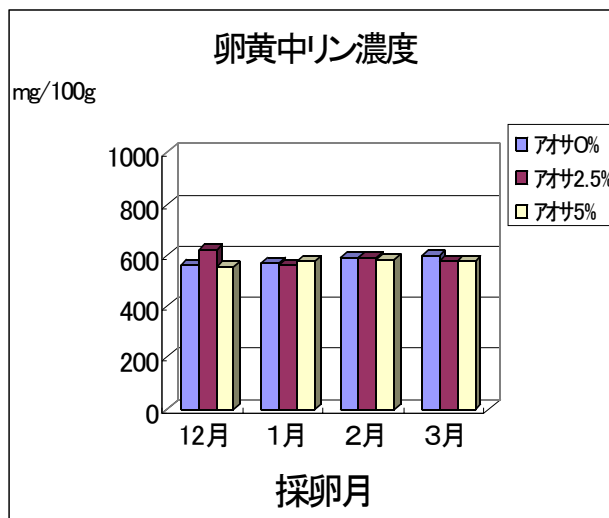
図6 採卵月別の卵黄中金属類濃度

カルシウム、マグネシウム、鉄、亜鉛、リンについては、図6に示すとおり、アオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群に顕著な差はみられなかった。しかしながら、鉄、亜鉛、マグネシウムについては、平均値でみるとアオサ添加飼料を与える月数が長くなるほど、卵黄中濃度が増加しているように見えるが、例数が少なく、データのバラツキもあるため、統計処理をすると有意差は認められなかった。

まとめ

脂肪酸については、アオサ中濃度は飼料中濃度に比べ2倍以上高いものではなく、採卵月別卵黄中濃度もアオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群による差はなかった。

カロテン類は、アオサ中濃度が飼料中濃度より明らかに高いのはルテイン(約24倍)、ゼアキサンチン(約1.9倍)及びカロテン( $\alpha$ -カロテン:約2.9倍、 $\beta$ -



カロテン:約4.6倍)で、ルテインについては卵黄中濃度もアオサ添加飼料給与群が無添加飼料給与群に比べ有意に高く、飼料中アオサ含量が多い群ほど卵黄中濃度も高かった。

ゼアキサンチン及び $\beta$ -カロテンは、アオサ添加飼料給与群が無添加飼料給与群に比べ、卵黄中濃度が高い傾向がみられた。

また、金属類では、アオサ中濃度が飼料中濃度よ

り高いのはヨウ素(約13倍)、マグネシウム(約22倍)、鉄(約3.5倍)で、卵黄中のヨウ素濃度もアオサ添加飼料給与群が無添加飼料給与群に比べ有意に高かった。

マグネシウム及び鉄では、卵黄中濃度はアオサ添加飼料給与群と無添加飼料給与群で差は認められなかった。

以上のことから、アオサ添加飼料給与群の卵黄にはアオサ無添加飼料給与群より、ルテイン、 $\beta$ -カロテン、ヨウ素が明らかに多く、マグネシウム、鉄、亜鉛もわずかながら多く、卵黄の色も濃い結果が得られた。

ルテインとゼアキサンチンは構造異性体の関係にあり、ともに動植物に広く分布するカロテノイドの一種で、抗酸化作用を持つことが知られている。

特に、眼に対して黄斑変成症、白内障に予防効果があるという研究報告があり、またコレステロールの酸化を防ぐと考えられている。

$\beta$ -カロテンはビタミン A の前駆物質ともいわれ、体内でレチノール(ビタミン A)に変換され吸収され、一部はそのまま吸収され脂肪組織に貯蔵される。ビタミン A の生理作用は、網膜機能、視覚サイクルに関与し、欠乏すると夜盲症、角膜乾燥症をひきおこす。

ヨウ素は甲状腺ホルモンの成分として成長や発育を促進するため、成長期には大変重要なミネラルである。また、脂質、タンパク質、糖質の代謝を促進させる働きもあり、乳ガンの成長を抑制する働きもあるといわれている。

これらのことから、鶏にアオサ添加飼料を与えることにより、ルテイン、 $\beta$ -カロテン、ヨウ素含量が多い卵ができ、これらの成分は我々の健康を増進させるもので、鶏にアオサを与えることは良い方法と考えられる。

しかしながら、これを事業化するには、大量のアオサの確保、アオサの水洗・乾燥・粉碎工程の機械化が必要になり、採算性を含め十分な検討が必要である。

なお、この研究は地域結集型共同研究の一つとして行った。

## 文 献

- 1) 日本食品標準成分表分析マニュアルの解説; 財団法人 日本食品分析センター 編集(中央法規出版)
- 2) TAKAO MITSUHASHI and YOSHIO KANEDA ; Gas Chromatographic Determination of Total Iodine in Foods, J.Assoc.Off.Anal.Chem. 73(5), 790-792(1990)
- 3) 平成7年度試験研究成績書(繁殖工学・養鶏), 神奈川県畜産研究所(平成8年6月)

## GC-ECD を用いた甲状腺ホルモンのスクリーニング法の検討

西川 徹 ・ 馬場 強三

## The Screening Analytical Method of Thyroid Hormone using GC-ECD

Toru NISHIKAWA, and Tsuyomi BABA

Recently, the health injury by dietary health foods is reported, and the medical supplies (sibtramine, fenfluramine, nitroso-fenfluramine, thyroid hormone, etc) is being detected in the health foods.

Although triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4) are contained in thyroid gland powder, and they exist as a globulin conjugation, it is difficult to analyze T3 and T4 directly. Therefore, although the present analytical method by LC/MS or HPLC is necessary to liberate thyroid hormone from thyroglobulin, analysis of thyroid gland powder by this method takes time and effort.

Then, we investigated screening analytical method of thyroid gland powder by GC-ECD. The thyroid gland powder was incinerated under alkali existence. 3-pentanone was added to aqueous solution, and the reaction product was extracted in the hexane, and it was determined by GC-ECD. By this method, it was able to be determined quantitatively within 0.01~0.1 µg as an iodine, and the recoveries of T4 were the range of 75 ~ 81% in each sample (tablets, granulated powders, capsules). This method can be applied for analysis of thyroid gland powder.

Key words : health foods , thyroid hormone , iodine , GC-ECD , ashing

キーワード:健康食品、甲状腺ホルモン、ヨウ素、電子捕捉型検出器付ガスクロマトグラフィー、灰化

## はじめに

最近の健康食品ブームの中で、ダイエット効果を標榜した健康食品中に、医師の許可なしでは使用できない医薬品が含まれている事例が報告され、これらの健康食品の服用による健康被害が全国的な広がりを見せている。

健康食品中に含まれていた医薬品の事例のなかに乾燥甲状腺末があるが、この乾燥甲状腺は主成分としてトリヨードチロニン(T3と略す)及びチロキシシン(T4と略す)を含んでおり、これらは新陳代謝促進、体温上昇、体重減少などの生理活性を持ち、成長や発育に不可欠なホルモンである<sup>1)</sup>。甲状腺ホルモンの分析法としてはHPLC又はLC/MSによる方法が報告されているが<sup>2)</sup>、当所にはLC-MSが整備されていないため、LC-MS以外の方法で甲状腺ホルモンをスクリーニングする方法がないか検討した。そこで、図1に示すように甲状腺ホルモンがヨウ素を含むということから、GC-ECDによるヨウ素定量法<sup>3)</sup>を用いて健康食品中の甲状腺ホルモンをスクリーニングできないかを検討し、健康食品9検体についてスクリーニング調査を行ったので報告する。

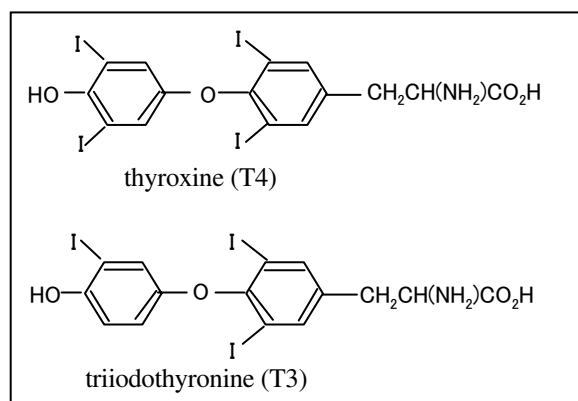


図1 T3、T4の構造

## 調査方法

## 1. 試料

長崎県内で流通している、ダイエット効果を標榜した健康食品9検体を用いた。なお健康食品の形状は錠剤6検体、顆粒剤1検体、カプセル剤2検体であり、錠剤は乳鉢で粉砕したものを、カプセル剤についてはカプセルの中身を試料とした。

## 2. 分析方法

図2に示す方法で行った。GC-ECDによるヨウ素定

量は、アルカリ存在下灰化し、灰化後にヨウ素を3-ペンタノンと反応させ、2-ヨード-3-ペンタノンにし、ECD-GC で測定した。また、乾燥甲状腺末では T3 と T4 が含まれており、回収試験ができないので、回収試験は錠剤、顆粒剤、カプセル剤各0.5gに T4 標準液を 10 μg 添加して行った。

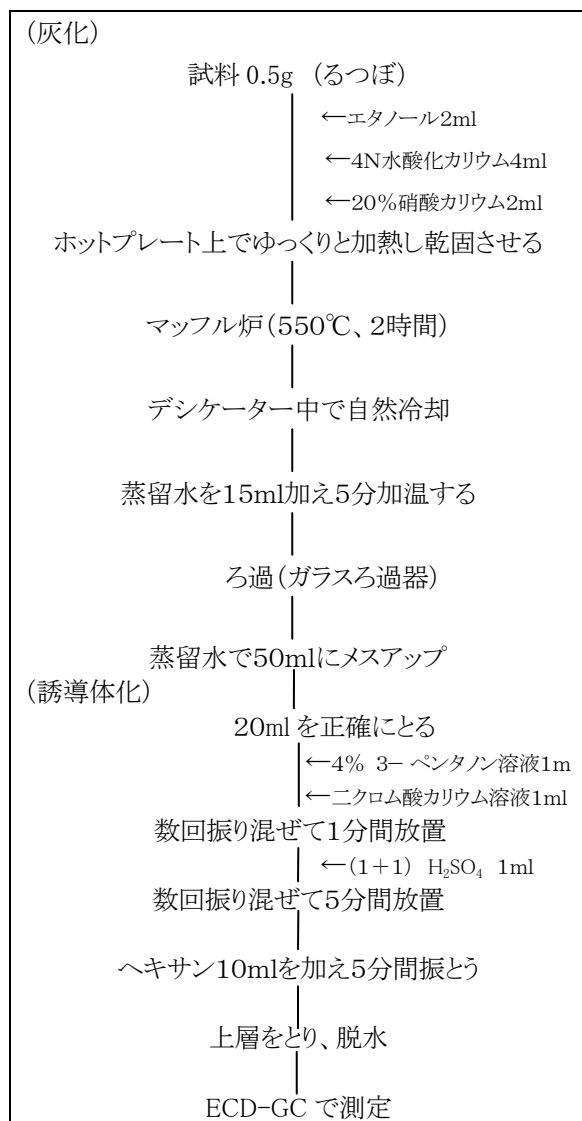


図2 分析方法

### 3. 検量線の作成

ヨウ化カリウム(特級) 131mg を精秤し、ヘキサン洗浄水で100ml にメスアップしてヨウ素標準原液を調整する。この標準原液(ヨウ素として1mg/ml)を希釈して0.1 μg/mlの標準溶液を調整し、この溶液1ml、5ml、10ml、を分液ロートにとり、ヘキサン洗浄水を加えて20mlとし、図2に示した方法で誘導体化を行った。この試験溶液を ECD-GC で測定し、ピーク面積により検量線を作成した。

### 3. 分析機器

表1に示す条件で測定を行った。

表1 ECD-GC の測定条件

GC	島津製作所 GC-14A
カラム	G-120 (1.2mm φ × 10m)
カラムオープン温度	70°C
注入口温度	200°C
検出器温度	300°C
試料注入量	1 μl

### 結果及び考察

#### 1. 検量線

調査方法の4. 検量線の作成の項に記した方法で検量線を作成したところ、0.01~ 0.1 μg/mlの範囲で直線性を示した(R<sup>2</sup>=0.9991)。

また、本法の検出下限値は0.05 μg/gであった。

#### 2. 回収試験

実試料に対して本試験法によりスクリーニングが可能かどうかを確認するため、錠剤、顆粒剤、カプセル剤に T4標準液を10 μg 添加し、添加回収試験を行った。回収率は、図3に示すように各試料で75~ 81%と良好な結果が得られた。

そのクロマトグラフは図4に示すとおりで、ヨウ素によるピークを妨害するピークはなく、T4標準液を加えていない試料からもヨウ素によるピークを妨害するピークは検出されなかった。

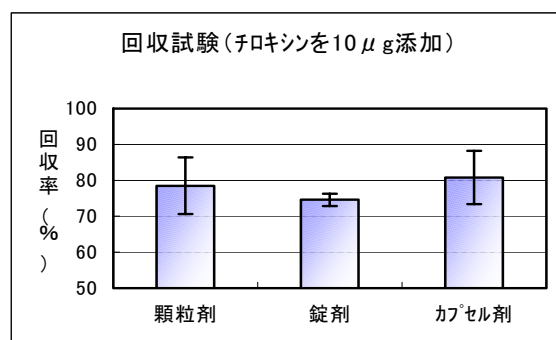


図3 各試料での回収率(n=3)

ものと思われる。

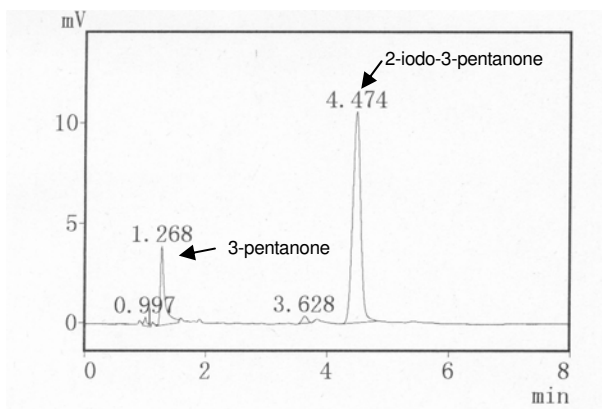


図4 錠剤粉末にチロキシンを添加した時のクロマトグラフ

### 3. 健康食品のスクリーニング結果

長崎県内で流通している、ダイエット効果を標榜した健康食品9検体について本試験法により甲状腺ホルモンのスクリーニング調査を行った。その結果、カプセル剤の一つから約 $35 \mu\text{g/g}$ のヨウ素が検出された以外はすべて $1 \mu\text{g/g}$ 以下であった。(表2) また、ヨウ素が検出されたカプセル剤の成分表示にはヨウ素が含まれている化合物は見当たらなかった。

そこで、検出されたヨウ素が甲状腺ホルモンに由来するものかどうかの検討を行った。ヨウ素が検出された検体、T4標準及び乾燥甲状腺末について、水、エタノール、塩酸溶液、水酸化ナトリウム溶液への溶解度を調べた。試験方法として、試料を遠沈管にとり、それぞれに水・エタノール・酸・アルカリを加え、超音波により溶かし、遠心分離した。遠心後、上清をとり図2の方法で分析を行った。その結果は表3に示すように、ヨウ素が検出された検体の各溶液での溶出状況とT4標準及び甲状腺粉末の溶出状況は異なった。このことから、今回カプセル剤の一つから検出されたヨウ素は、甲状腺ホルモン由来ではなく、食品由来のものと考えられる。

表2 健康食品中のヨウ素含量

試料	検体数	ヨウ素含量 ( $\mu\text{g/g}$ )
錠剤	6	<0.05、<0.05、0.43、0.70、0.60、0.43
顆粒剤	1	0.34
カプセル剤	2	0.2、 <u>35</u>

また、今まで LC-MS などで甲状腺ホルモンが確認された検体中濃度は $20 \sim 90 \mu\text{g/g}$ で、医薬品として使用されるのは $25 \mu\text{g/日}$ 以上であることから、ヨウ素が微量検出( $<1 \mu\text{g/g}$ )されたものについては、他の成分由来の

表3 各溶液でのヨウ素化合物の溶出状況(%)

溶液の種類	* 検体	T4	甲状腺末
水	28.9	4.3	0
エタノール	13.6	44.4	0
0.1N 塩酸	21.8	6.9	5.2
0.1N NaOH	36.0	77.8	19.4

\* ヨウ素が高濃度で検出されたサンプル

### まとめ

今回検討した甲状腺ホルモンをマッフル炉で灰化してヨウ素を遊離させ、3-ペンタノンと酸性条件下で反応させてECD-GCで測定する方法は、回収率も良好であり、健康食品中の甲状腺ホルモンのスクリーニング法として使用できることが示された。本試験法は操作が容易であるため多くの検体を処理できる、ヨウ素と3-ペンタノンとの反応により生成するモノヨードケトン強い電子親和性をもつため微量の甲状腺ホルモンもスクリーニングできるなどのメリットもある。

また、試料を水や酸、アルコールやアルカリに溶かして検査することで、検出されたヨウ素が甲状腺ホルモン由来か食品由来かを判断することも可能であった。

### 参考文献

- 1) 第十四改正日本薬局方解説書, 廣川書店, C-3236 ~ C-3241 (2001)
- 2) 浜田洋彦, 小坂妙子: 宮崎県衛生環境研究所年報, 11, 83~ 88 (2000)
- 3) TAKAO MITSUHASHI and YOSHIO KANEDA: Gas Chromatographic Determination of Total Iodine in Foods, J.Assoc.off.Anal.Chem.73(5),790-792(1990)



## II 資料

## 長崎県における大気汚染常時測定局の測定結果 (2003年度)

森 淳子 ・ 山口 顕徳 ・ 香月幸一郎 ・ 白井玄爾

## Measurement of Air Pollution by Monitoring Stations in 2003

Atsuko MORI, Akinori YAMAGUCHI, Koichiro KATSUKI and Genji SHIRAI

Key words: Air pollution, Monitoring station

## はじめに

本県では、大気汚染防止法に基づき1970年度から自動測定機による大気汚染の常時観測を開始している。その後、大型火力発電所の立地等に伴い、順次観測体制を充実し今日に至っている。表 1に主な経緯を示した。

2003年度の大気汚染常時監視測定局は、一般環境大気測定局（以下：一般環境局）45局、自動車排出ガス測定局（以下：自排局）5局、煙源観測局 7局、気象局 1局、計58局である。こ

のうち県が管理する測定局は15局、長崎市7局（内自排局3局）、佐世保市6局（内自排局2局）、九州電力、電源開発が管理する局は合計23局である。本報では、2003年度の測定結果について報告する。

表 1 長崎県大気汚染テレメータシステムにかかる主な経緯

西暦年度	内容
1970	自動測定機による大気汚染の常時観測を開始
1973	九州電力相浦発電所 1号機発電開始 (37.5万KW)
1976	九州電力相浦発電所 2号機発電開始 (50万KW) 佐世保市大気汚染監視網がテレメータ化される
1979	長崎県、長崎市大気汚染監視網がテレメータ化される 九州電力相浦発電所、佐世保市「俵ヶ浦」局他 5局で大気常時監視開始
1981	電源開発松島火力発電所周辺局11局で大気常時監視開始 (県局 4、企業局 7)
1987	電源開発松島火力発電所 1号機発電開始 (50万KW) 電源開発松島火力発電所 2号機発電開始 (50万KW) 中央監視センター 設置機器等の全面的な更新 (汎用機) 松浦火力発電所周辺局として、10局が新設され測定開始 (県局 2、企業局 8)
1989	九州電力松浦発電所 1号機発電開始 (70万KW)
1990	電源開発松浦火力発電所 1号機発電開始 (100万KW)
1991	雲仙普賢岳災害 移動測定車による測定、国設「雲仙北」、「雲仙南」局設置
1993	環境基本法 (平成 5年11月19日法律第91号) 九州電力苓北発電所設置に伴い、九州電力「口之津」局新設 国設「雲仙北」、「雲仙南」局廃止
1996	長崎県、長崎市大気汚染常時監視テレメータシステム更新
~ 1997	汎用機からワークステーションへ、無線通信からISDN回線使用へ
1997	電源開発松浦火力発電所 2号機発電開始 (100万KW)
1998	県管理局へ乾式測定装置導入
2003	佐世保市大気汚染常時監視テレメータシステム更新

## 測定結果

項目別の有効測定局及び環境基準の長期的評価を表 2に、大気汚染に係る環境基準を表 3、非メタン炭化水素に係る濃度指針を表 4に示した。年間の測定結果は、大気環境測定局を表5-1、一般環境局（非メタン炭化水素）を表5-2に、自動車排出ガス測定局を表 6-1、表6-2に、経年変化の状況は、大気環境測定局を表7-1、表7-2に、自動車排出ガス測定局を表8-1、表8-2に示した。測定結果の状況は、以下のとおりである。

### 1 二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>)

すべての局で短期的評価、長期的評価ともに環境基準を達成した。各測定局の年平均値は0.001~ 0.005ppmの範囲にあった(表5-1)。

### 2 二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>)

一般環境局ではすべての局で環境基準を達成した。年平均値は、0.002~ 0.018ppmの範囲にあり、1時間値の最高値は0.018~ 0.085ppmの範囲であった。環境基準の長期的評価における年間の日平均値の98%値は、0.004~ 0.033ppmの範囲であった(表5-1)。

自動車排出ガス測定局 5局では、年平均値は0.029~ 0.043ppmの範囲にあり、1時間値の最高値は0.090~ 0.150ppmの範囲であった。年間の日平均値の98%値では、環境基準の0.04~ 0.06ppmを超えた局が 2局、ゾーン内の局が 3局であった(表6-1)。

### 3 浮遊粒子状物質 (SPM)

一般環境局の年平均値は、0.017~ 0.039mg/m<sup>3</sup>の範囲にあり、1時間値の最高値は、0.117~ 0.917mg/m<sup>3</sup>の範囲にあった。環境基準の長期的評価において、日平均値が0.10mg/m<sup>3</sup>を超えた日が2日以上連続した局は 3局あった。短期的評価では10局で1時間値の最高値が0.20mg/m<sup>3</sup>を超えた(表5-1)。

自動車排出ガスでは、短期的評価で長崎市役所及び中央橋局で環境基準を満足しなかったが、長期的評価においては環境基準を満足していた(表6-2)。

### 4 光化学オキシダント (O<sub>x</sub>)

各測定局の1時間値の最高値は、0.073~ 0.128ppmの範囲にあり、全ての局において環境基準 0.06ppmを超過した。また、6局で合計 6時間注意報発令基準値(1時間値 0.120ppm)を超えた。

1時間値の最高値が0.10ppm以上になった局が

19局、0.08ppm以上0.10ppm未満の局が8局、0.06ppm以上0.08ppm未満の局が 3局あり、環境基準を超過した日数が100日以上になった局が 13局、50日以上100日未満の局が11局、50日未満の局が6局あった(表5-1)。

### 5 一酸化炭素 (CO)

自動車排出ガス測定局で測定している一酸化炭素の年平均値は0.8~ 1.1ppmの範囲にあった。1時間値の最高値は、4.0~ 13.6ppmの範囲にあったが、環境基準を超過することはなかった(表6-1)。

### 6 非メタン炭化水素 (NMHC)

一般環境局(2局)の年平均値は0.10、0.13ppmC、自動車排出ガス測定局(4局)の年平均値は0.22~ 0.36ppmCの範囲にあった(表5-2、6-1)。

6~ 9時における年平均値は一般環境大気測定局0.13~ 0.14ppmC、自動車排出ガス測定局0.29~ 0.48ppmCであった。松浦志佐局以外で6~ 9時の3時間平均値が指針値の上限を超えたが、超過日数は一般環境局では 30日(村松)であったのに対し、自動車排出ガス測定局では128(日宇)~ 248(福石)日であった。

### 7 煙源観測局の測定結果(表 9)

#### (1) 九州電力松浦発電所(1号機)

硫黄酸化物排出量及び濃度、窒素酸化物排出量及び濃度におけるすべての環境保全協定値を超過することはなかった。

#### (2) 電源開発松浦火力発電所(1、2号機)

硫黄酸化物排出量及び濃度、窒素酸化物排出量及び濃度におけるすべての環境保全協定値を超過することはなかった。

#### (3) 電源開発松島火力発電所(1、2号機)

1号、2号機合計の硫黄酸化物排出量は1時間値の最高値が419Nm<sup>3</sup>/h、1号、2号機の窒素酸化物濃度(換算値)は日平均値の最高値が254ppm、258ppmであり、それぞれ環境保全協定値の804Nm<sup>3</sup>/h、300ppm、300ppmを超えることはなかった。

#### (4) 九州電力相浦発電所(1、2号機)

1号、2号機の合計の硫黄酸化物排出量は1時間値の最高値が324Nm<sup>3</sup>/h、窒素酸化物濃度(換算値)については1時間値の最高値がそれぞれ、155ppm、136ppmであり、環境保全協定値の828Nm<sup>3</sup>/h、170ppm、150ppm を超えることはなかった。

表2 有効測定局及び環境基準の達成状況 (2003年度)

測定項目	測定局数	有効局数 <sup>1</sup>	環境基準の達成状況			
			達成局数		非達成局数	
			長期的評価	短期的評価	長期的評価	短期的評価
二酸化硫黄	46	46	46	46	0	0
浮遊粒子状物質	49	49	46	37	3	12
一酸化炭素	5	5	5	5	0	0
二酸化窒素	48	48	46		2	
オキシダント	30	30	0		30	
炭化水素	6	6	-		-	

表3 大気汚染に係る環境基準

物質	環境基準	環境基準による評価方法	
		短期的評価	長期的評価
二酸化硫黄	1時間値の1日平均値が0.04ppm以下であり、かつ1時間値が0.1ppmであること	短期的評価	1時間値、日平均値のどちらか一方が基準を超えれば環境基準非達成
		長期的評価	年間の日平均値の2%除外値 <sup>2</sup> が0.04ppm以下 年間の日平均値が0.04ppmを超える日が2日以上連続したときは上記に関係なく環境基準非達成
浮遊粒子状物質	1時間値の1日平均値が0.10mg/m <sup>3</sup> 以下であり、かつ1時間値が0.20mg/m <sup>3</sup> 以下であること	短期的評価	1時間値、日平均値のどちらか一方が基準を超えれば環境基準非達成
		長期的評価	年間の日平均値の2%除外値 <sup>2</sup> が0.10mg/m <sup>3</sup> 以下 年間の日平均値が0.10mg/m <sup>3</sup> を超える日が2日以上連続したときは上記に関係なく環境基準非達成
一酸化炭素	1時間値の1日平均値が10ppm以下であり、かつ1時間値の8時間平均値が20ppm以下であること	短期的評価	平均値、8時間のどちらか一方が基準を超えれば環境基準超過
		長期的評価	年間の日平均値の2%除外値 <sup>2</sup> が10ppm以下であれば環境基準達成 年間の日平均値の2%除外値 <sup>2</sup> が10ppmを超える日が2日以上連続したときは上記に関係なく環境基準非達成
二酸化窒素	1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内又はそれ以下であること	日平均値の年間98%値 <sup>3</sup> が0.06ppmを超えれば環境基準非達成	
光化学オキシダント	1時間値が0.06ppm以下であること	昼間(5時~20時)の時間帯において、1時間値が0.06ppm以下であれば環境基準達成	

表4 大気汚染物質に係る濃度指針<sup>4</sup>

物質	濃度指針
非メタン炭化水素	午前6時から9時までの非メタン炭化水素の3時間平均値は0.20ppmCから0.31ppmCの範囲にあること

<sup>1</sup> 有効測定局数：年間測定時間が6,000時間以上に達した局

<sup>2</sup> 2%除外値：1年間に得られた日平均値を整理し、数値の高い方から2%の範囲にあるもの(365日分の日平均値が得られた場合は365×0.02≒7日分)を除外した残りの日平均値の最高値をいう。

<sup>3</sup> 98%値：1年間の日平均値を数値の低い方から並べて98%に相当するものをいう。(365日分の日平均値が得られた場合は、365×0.98≒358番目の値)

<sup>4</sup> 非メタン炭化水素の濃度指針：非メタン炭化水素は光化学オキシダントの生成に関与している。環境省は光化学オキシダント濃度を環境基準である日最高1時間値0.06ppmにするための非メタン炭化水素の指針値を定めている。

表5-1 大気環境測定局測定結果(年間値)

市町村	測定局	用途地域	二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> )			一酸化窒素 (NO)			二酸化窒素 (NO <sub>2</sub> )		
			年	1時間	日平均	年	1時間	日平均	年	1時間	日平均
			平均値	値の	値の2%	平均値	値の	の年間	平均値	値の	の年間
			p p m	最高値	除外値	p p m	最高値	98% 値	p p m	最高値	98% 値
長崎市	小ヶ倉支所	工	0.002	0.033	0.006	0.006	0.154	0.018	0.014	0.076	0.026
	稲佐小学校	住	0.004	0.032	0.007	0.002	0.094	0.009	0.011	0.062	0.025
	北消防署	商	0.002	0.028	0.005	0.007	0.215	0.028	0.018	0.072	0.033
	東長崎支所	商	0.004	0.023	0.008	0.007	0.183	0.023	0.011	0.059	0.019
	三重榎山	未	0.001	0.020	0.005	0.001	0.013	0.001	0.003	0.023	0.007
佐世保市	相浦	商	0.003	0.015	0.006	0.005	0.113	0.016	0.008	0.050	0.018
	大野	商	0.003	0.020	0.007	0.010	0.134	0.036	0.012	0.058	0.025
	早岐	商	0.004	0.020	0.007	0.007	0.126	0.021	0.013	0.058	0.025
	大塔	準	0.004	0.022	0.008	0.010	0.184	0.033	0.016	0.061	0.029
	俵ヶ浦	未	0.002	0.028	0.005	0.000	0.017	0.001	0.005	0.036	0.011
	石岳	未	0.002	0.026	0.006	-	-	-	-	-	-
	柚木	未	0.001	0.022	0.003	0.000	0.026	0.002	0.002	0.023	0.006
	諫早市役所	商	0.005	0.068	0.011	0.008	0.126	0.024	0.016	0.070	0.028
諫早市	島原市役所	商	0.005	0.050	0.011	0.005	0.169	0.023	0.013	0.061	0.023
	平戸市	未	0.002	0.020	0.005	0.002	0.021	0.003	0.003	0.051	0.010
松浦市	紐差	未	0.001	0.024	0.004	0.001	0.051	0.003	0.003	0.030	0.008
	松浦志佐	住	0.003	0.021	0.005	0.001	0.033	0.004	0.006	0.046	0.013
	御厨	未	0.001	0.020	0.004	0.000	0.005	0.001	0.003	0.024	0.007
	上志佐	未	0.001	0.019	0.003	0.001	0.015	0.002	0.002	0.022	0.006
多良見町	今福	住	0.001	0.017	0.004	0.001	0.016	0.003	0.004	0.032	0.010
	多良見町役場	準	0.004	0.050	0.009	0.009	0.423	0.041	0.013	0.085	0.029
	川棚	住	0.002	0.019	0.004	0.002	0.049	0.007	0.007	0.038	0.012
	時津小学校	住	0.003	0.018	0.006	0.003	0.166	0.017	0.011	0.059	0.026
	琴海	未	0.001	0.032	0.003	0.002	0.118	0.011	0.006	0.039	0.014
	西彼	未	0.001	0.042	0.003	0.002	0.041	0.007	0.005	0.032	0.012
	伊佐浦	未	0.003	0.025	0.006	0.001	0.015	0.001	0.002	0.029	0.005
	面高	未	0.001	0.013	0.005	0.001	0.023	0.002	0.003	0.034	0.006
大島町	大島	未	0.003	0.022	0.005	0.001	0.018	0.002	0.003	0.029	0.007
	大瀬戸	未	0.002	0.019	0.004	0.001	0.127	0.004	0.003	0.068	0.005
	多以良	未	0.001	0.016	0.005	0.000	0.025	0.001	0.003	0.028	0.008
	遠見岳	未	0.002	0.060	0.007	0.001	0.008	0.002	0.003	0.020	0.006
外海町	黒崎中学校	未	0.003	0.025	0.007	0.001	0.014	0.002	0.002	0.022	0.005
	神浦	未	0.003	0.020	0.005	0.001	0.009	0.002	0.002	0.018	0.004
大村市	大村	商	0.001	0.026	0.004	0.004	0.142	0.027	0.008	0.058	0.021
	口之津	未	0.004	0.037	0.009	0.001	0.024	0.002	0.003	0.038	0.007
田平町	田平	未	0.002	0.014	0.005	0.001	0.020	0.003	0.004	0.060	0.010
	福島	未	0.003	0.015	0.006	0.001	0.020	0.002	0.004	0.031	0.010
鷹島町	鷹島	未	0.001	0.016	0.004	0.001	0.008	0.002	0.004	0.030	0.010
	江迎	未	0.001	0.020	0.003	0.001	0.013	0.002	0.003	0.024	0.006
鹿町	鹿町	未	0.001	0.023	0.005	0.001	0.014	0.001	0.003	0.025	0.007
	小佐々	未	0.001	0.025	0.004	0.001	0.052	0.005	0.005	0.040	0.011
佐々町	羽須和	未	0.003	0.027	0.005	0.003	0.098	0.010	0.009	0.062	0.018
	木場	未	0.001	0.035	0.004	-	-	-	-	-	-
吉井町	吉井	未	0.003	0.023	0.006	0.002	0.068	0.005	0.006	0.058	0.018
	世知原	未	0.001	0.020	0.003	0.001	0.018	0.002	0.003	0.032	0.008
環境基準値			-	0.100	0.040	-	-	-	-	-	0.060

窒素酸化物 (NO+NO <sub>2</sub> )				浮遊粒子状物質 (SPM)			オキシダント			設置主体
年 平均値	1時間 値の 最高値	日平均値 の年間 98%値	年平均 値 NO <sub>2</sub> NO+N O <sub>2</sub>	年 平均値	1時間 値の 最高値	日平均 値の2% 除外値	昼間の1時間値			
							基準超 過日数	最高値	最高値 年平均	
ppm	ppm	ppm	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	日	ppm	ppm	
0.020	0.202	0.040	69.3	0.029	0.184	0.069	32	0.080	0.037	長崎市
0.014	0.127	0.034	82.6	0.025	0.123	0.052	50	0.082	0.042	"
0.025	0.267	0.055	70.8	0.039	0.213	0.076	10	0.069	0.034	"
0.018	0.237	0.037	59.1	0.025	0.118	0.058	95	0.100	0.050	"
0.004	0.030	0.008	82.5	0.028	0.370	0.067	-	-	-	電源開発松島
0.065	0.558	0.106	50.9	0.035	0.165	0.081	90	0.115	0.051	佐世保市
0.013	0.151	0.031	59.5	0.024	0.117	0.051	11	0.073	0.035	"
0.021	0.192	0.059	54.3	0.026	0.120	0.058	82	0.107	0.050	"
0.060	0.359	0.120	48.9	0.029	0.196	0.071	4	0.069	0.032	九州電力松浦
0.019	0.149	0.040	66.1	0.022	0.142	0.059	133	0.123	0.056	"
0.026	0.225	0.059	61.4	0.022	0.152	0.062	138	0.124	0.056	"
0.005	0.042	0.011	95.6	0.022	0.183	0.055	164	0.122	0.059	"
0.003	0.045	0.007	86.5	0.028	0.137	0.062	94	0.111	0.049	県
0.024	0.154	0.051	66.0	0.033	0.175	0.082	-	-	-	"
0.018	0.228	0.041	71.6	0.033	0.168	0.072	-	-	-	九州電力松浦
0.005	0.057	0.013	66.4	0.029	0.200	0.064	119	0.125	0.054	"
0.004	0.067	0.010	74.5	0.022	0.166	0.053	50	0.106	0.046	県
0.008	0.067	0.017	81.1	0.023	0.153	0.059	109	0.122	0.053	九州電力松浦
0.003	0.026	0.008	90.1	0.027	0.155	0.060	-	-	-	"
0.003	0.025	0.007	67.3	0.026	0.161	0.061	-	-	-	"
0.005	0.042	0.011	78.0	0.027	0.133	0.065	68	0.098	0.047	県
0.022	0.504	0.068	59.5	0.038	0.171	0.075	-	-	-	"
0.009	0.070	0.018	77.3	0.020	0.242	0.053	57	0.093	0.038	"
0.014	0.208	0.040	76.1	0.028	0.170	0.058	174	0.113	0.060	"
0.008	0.143	0.024	76.1	0.021	0.161	0.054	117	0.104	0.053	"
0.007	0.058	0.017	71.3	0.022	0.184	0.056	116	0.110	0.052	電源開発松島
0.003	0.040	0.006	79.7	0.029	0.145	0.067	-	-	-	"
0.004	0.054	0.008	76.3	0.028	0.917	0.071	69	0.091	0.047	"
0.004	0.034	0.009	78.5	0.023	0.163	0.057	109	0.114	0.052	県
0.003	0.182	0.008	73.6	0.023	0.214	0.057	-	-	-	"
0.004	0.041	0.009	92.4	0.024	0.147	0.064	145	0.112	0.057	電源開発松島
0.004	0.027	0.007	72.8	0.025	0.205	0.067	-	-	-	"
0.003	0.025	0.007	73.6	0.026	0.358	0.067	101	0.114	0.051	"
0.003	0.022	0.006	69.7	0.028	0.237	0.067	-	-	-	県
0.012	0.174	0.042	64.1	0.028	0.180	0.075	57	0.116	0.047	九州電力苓北
0.004	0.062	0.009	75.0	0.022	0.148	0.057	58	0.084	0.045	県
0.006	0.073	0.012	78.0	0.017	0.124	0.047	-	-	-	"
0.004	0.035	0.012	81.7	0.031	0.148	0.069	-	-	-	電源開発松浦
0.005	0.035	0.011	76.4	0.023	0.141	0.056	-	-	-	"
0.004	0.037	0.008	75.1	0.027	0.125	0.068	124	0.118	0.054	"
0.003	0.028	0.008	83.9	0.023	0.239	0.061	141	0.128	0.056	九州電力相浦
0.006	0.081	0.015	80.8	0.019	0.269	0.050	26	0.090	0.040	県
0.012	0.139	0.028	75.2	0.027	0.141	0.062	-	-	-	九州電力相浦
0.007	0.098	0.016	77.4	0.019	0.136	0.050	40	0.083	0.043	県
0.004	0.040	0.009	73.6	0.024	0.147	0.057	-	-	-	九州電力相浦
-	-	-	-	-	0.20	0.10	-	0.060	-	

表5-2 一般環境大気測定局測定結果 (2003年度)

市 町	測定局名	用途地域	非メタン炭化水素 (NMHC)			
			年平均値	6～9時3時間平均値		
				年平均値	最高値	最低値
(ppmC)	(ppmC)	(ppmC)	(ppmC)	(ppmC)		
琴海町	村松	未住	0.10	0.14	1.61	0.01
松浦市	松浦志佐	住	0.13	0.13	0.28	0.05

表6-1 自動車排出ガス測定局測定結果 (2003年度)

市 町	測定局名	用途地域	一酸化窒素 (NO)			二酸化窒素 (NO <sub>2</sub> )			窒素酸化物 (NO + NO <sub>2</sub> )				一酸化炭素 (CO)			非メタン炭化水素 (NMHC)			
			年平均値	1時間値の最高値	日平均値の年間98%値	年平均値	1時間値の最高値	日平均値の年間98%値	年平均値	1時間値の最高値	日平均値の年間98%値	年平均NO <sub>2</sub> /NO+NO <sub>2</sub>	年平均値	1時間値の最高値	日平均値の2%除外値	6～9時3時間平均値			年平均値
																年平均値	最高値	最低値	
			(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppmC)	(ppmC)	(ppmC)
長崎市	長崎駅前	商	0.078	0.500	0.154	0.043	0.123	0.070	0.120	0.614	0.215	35.4	1.00	4.80	1.70	0.44	3.01	0.06	0.36
	中央橋	商	0.034	0.196	0.069	0.033	0.150	0.052	0.067	0.255	0.106	49.1	0.90	6.50	1.40				
佐世保市	長崎市役所	商	0.057	0.464	0.124	0.029	0.093	0.049	0.086	0.549	0.161	33.3	1.10	13.60	1.70	0.48	1.48	0.04	0.36
	福石	商	0.032	0.478	0.061	0.033	0.144	0.063	0.065	0.558	0.106	50.9	0.80	4.00	1.10	0.37	0.69	0.14	0.32
	日宇	商	0.031	0.289	0.074	0.029	0.090	0.052	0.060	0.359	0.120	48.9	1.10	6.00	1.80	0.29	1.36	0.06	0.22

表6-2 自動車排出ガス測定局測定結果 (2003年度)

市 町	測定局名	用途地域	浮遊粒子状物質 (SPM)		
			年平均値	1時間値の最高値	日平均値の2%除外値
			mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
長崎市	長崎駅前	商	0.041	0.182	0.084
	長崎市役所	商	0.042	0.286	0.084
佐世保市	中央橋	商	0.043	0.206	0.089
	福石	商	0.023	0.152	0.050



表7-1 大気環境測定局経年変化

市町村	測定局	用途地域	二酸化硫黄 (ppm)					二酸化窒素 (ppm)					浮遊粒子状物質 (mg/m <sup>3</sup> )				
			1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度
長崎市	小ヶ倉支所	工	0.002	0.004	0.003	0.002	0.002	0.017	0.015	0.017	0.016	0.014	0.031	0.046	0.036	0.031	0.029
	稲佐小学校	住	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.011	0.012	0.011	0.010	0.011	0.036	0.028	0.029	0.028	0.025
	北消防署	商	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002	0.016	0.017	0.018	0.020	0.018	0.023	0.024	0.031	0.028	0.039
	東長崎支所	商	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.011	0.011	0.011	0.009	0.011	0.030	0.032	0.032	0.029	0.025
	三重檜山	未	0.003	0.003	0.003	0.003	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.027	0.033	0.031	0.032	0.028
佐世保市	相浦	商	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.011	0.012	0.011	0.012	0.008	0.018	0.023	0.027	0.031	0.035
	大野	商	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.011	0.012	0.012	0.011	0.012	0.020	0.024	0.022	0.023	0.024
	早岐	商	0.004	0.005	0.004	0.006	0.004	0.012	0.010	0.013	0.014	0.013	0.025	0.029	0.028	0.027	0.026
	大塔	準	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.014	0.017	0.017	0.015	0.016	0.031	0.033	0.034	0.032	0.029
	俵ヶ浦	未	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.023	0.026	0.028	0.026	0.022
	石岳	未	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	-	-	-	-	-	0.024	0.028	0.029	0.027	0.022
	柚木	未	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.020	0.025	0.027	0.024	0.022
諫早市	諫早市役所	商	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.016	0.015	0.015	0.015	0.016	0.029	0.030	0.033	0.032	0.028
	島原市役所	商	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.018	0.014	0.014	0.012	0.013	0.031	0.035	0.037	0.034	0.033
平戸市	平戸	未	0.004	0.004	0.004	0.001	0.002	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.028	0.027	0.028	0.032	0.033
	紐差	未	0.003	0.003	0.003	0.000	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.025	0.023	0.023	0.028	0.029
松浦市	松浦志佐	住	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.018	0.024	0.025	0.023	0.022
	御厨	未	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.026	0.024	0.026	0.027	0.023
	上志佐	未	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.025	0.024	0.026	0.027	0.027
	今福	住	0.004	0.004	0.003	0.001	0.001	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.025	0.026	0.027	0.028	0.026
多良見町	多良見町役場	準	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.015	0.014	0.013	0.013	0.013	0.028	0.030	0.030	0.031	0.027
川棚町	川棚	住	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.008	0.007	0.008	0.009	0.007	0.022	0.028	0.032	0.035	0.038
時津町	時津小学校	住	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003	0.011	0.011	0.011	0.010	0.011	0.024	0.028	0.030	0.024	0.020
琴海町	村松	未	0.002	0.002	0.000	0.000	0.001	0.008	0.007	0.007	0.007	0.006	0.029	0.031	0.036	0.033	0.028
西彼町	大串	未	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.006	0.005	0.005	0.004	0.005	0.020	0.024	0.024	0.024	0.021
西海町	伊佐浦	未	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.022	0.023	0.026	0.025	0.022
大島町	面高	未	0.003	0.003	0.003	0.003	0.001	0.004	0.004	0.005	0.004	0.003	0.026	0.030	0.033	0.031	0.029
	大小島	未	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.026	0.028	0.031	0.029	0.028
大瀬戸町	雪浦	未	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.025	0.027	0.026	0.020	0.023
	多以良	未	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.026	0.027	0.027	0.025	0.023
外海町	遠見岳	未	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.022	0.025	0.032	0.027	0.024
	黒崎中学校	未	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.022	0.026	0.029	0.028	0.025
	神浦	未	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.023	0.026	0.028	0.029	0.026

大村市	大村	商	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.010	0.008	0.010	0.010	0.008	0.025	0.022	0.026	0.025	0.028
口之津町	口之津	未	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.028	0.031	0.032	0.029	0.028
田平町	田平	未	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.019	0.025	0.023	0.023	0.022
福島町	福島	未	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.012	0.016	0.019	0.018	0.017
鷹島町	鷹島	未	0.004	0.004	0.004	0.001	0.001	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.029	0.027	0.029	0.032	0.031
江迎町	江迎	未	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.026	0.023	0.025	0.030	0.023
鹿町	鹿町	未	0.004	0.004	0.003	0.001	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.024	0.025	0.025	0.028	0.027
小佐々町	小佐々	未	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.024	0.022	0.027	0.028	0.023
佐々町	羽須和	未	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.007	0.008	0.009	0.008	0.009	0.019	0.019	0.018	0.023	0.019
	木場	未	0.004	0.003	0.003	0.001	0.001	-	-	-	-	-	0.024	0.025	0.027	0.028	0.027
吉井町	吉井	未	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.005	0.006	0.005	0.005	0.006	0.021	0.021	0.021	0.020	0.019
世知原町	世知原	未	0.004	0.003	0.003	0.001	0.001	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.023	0.024	0.024	0.025	0.024

表7-2 一般環境大気測定局経年変化

市町村	測定局	用途地域	非メタン炭化水素 (NMHC)											測定方法
			年平均値 (ppmC)					6~9時3時間平均値 (ppmC)						
			1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度		
琴海町	村松	未	0.12	0.12	0.10	0.09	0.10	0.16	0.17	0.15	0.13	0.14	直	
松浦市	松浦志佐	住	0.08	0.10	0.17	0.06	0.13	0.09	0.10	0.06	0.07	0.13	直	

直：直接法測定方式

表8-1 自動車排出ガス測定局経年変化

市町村	測定局	用途地域	二酸化窒素 (ppm)										一酸化炭素 (ppm)				
			年平均値					日平均値の年間98%値					年平均値				
			1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度
長崎市	長崎駅	商	0.041	0.042	0.048	0.045	0.043	0.065	0.065	0.073	0.073	0.070	1.2	1.1	1.2	1.0	1.0
	中央橋	商	0.033	0.034	0.037	0.035	0.033	0.049	0.051	0.052	0.052	0.052	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9
佐世保市	長崎市役所	商	0.032	0.035	0.036	0.031	0.029	0.057	0.053	0.054	0.051	0.049	1.3	1.3	1.3	1.1	1.1
	福石	商	0.032	0.031	0.033	0.038	0.033	0.048	0.045	0.049	0.061	0.063	1.2	1.0	1.0	0.9	0.8
	日宇	商	0.037	0.030	0.031	0.021	0.029	0.058	0.047	0.047	0.037	0.052	1.4	1.2	1.3	1.1	1.1

表8-2 自動車排出ガス測定局経年変化

市町村	測定局	用途地域	非メタン炭化水素 (NMHC)										測定方法
			年平均値 (ppmC)					6~9時3時間平均値 (ppmC)					
			1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	
長崎市	長崎駅前	商	0.40	0.41	0.44	0.37	0.36	0.54	0.53	0.56	0.43	0.44	直
	長崎市役所	商	0.51	0.41	0.41	0.37	0.36	0.68	0.53	0.54	0.47	0.48	直
佐世保市	福石	商	0.33	0.33	0.55	0.38	0.32	0.46	0.42	0.69	0.42	0.37	直
	日宇	商	0.26	0.70	0.26	0.38	0.22	0.35	0.80	0.34	0.44	0.29	直

直：直接法測定方式

表9 火力発電所煙源排出基準対比表(2003年度)

事業所名	硫酸化物排出量 (Nm <sup>3</sup> /h)		硫酸化物濃度 (ppm)		窒素酸化物排出量 (Nm <sup>3</sup> /h)		窒素酸化物濃度 (ppm)	
	1時間値最高値	環境保全協定値	1時間値最高値	環境保全協定値	1時間値最高値	環境保全協定値	最高値	環境保全協定値
九州電力相浦1号機							155 (1時間値)	170 (1時間値)
九州電力相浦2号機							136 (1時間値)	150 (1時間値)
九州電力相浦合計値	324	828						
電源開発松島1号機							254 (日平均値)	300 (日平均値)
電源開発松島2号機							258 (日平均値)	300 (日平均値)
電源開発松島合計値	419	804						
九州電力松浦1号機	123	221	57	100	116	139	52 (1時間値)	60 (1時間値)
九州電力松浦2号機	-	123	-	42	-	111	-	36 (1時間値)
電源開発松浦1号機	107	305	37	100	150	191	52 (1時間値)	60 (1時間値)
電源開発松浦2号機	110	235	39	80	164	186	55 (1時間値)	60 (1時間値)

# 長崎県における酸性雨調査(2003 年度)

山口 顕徳・森 淳子

## Acidity and Ion Concentrations in Rain Water (2003)

Akinori YAMAGUCHI and Atsuko MORI

Key words: acid rain, pH, non sea salt sulfate

キーワード: 酸性雨, pH, 非海塩性硫酸イオン

### はじめに

化石燃料の燃焼により大気中に排出された硫黄酸化物や窒素酸化物は直接大気汚染の原因となるばかりでなく、それらの一部は大気中で硫酸および硝酸等の二次生成物質に酸化される。これらの二次生成物質(ガス, エアロゾル)は雨滴生成過程で核として捕捉された後、レインアウトやウォッシュアウト等により降水に取り込まれ、酸性雨の原因となっている。

このような酸性雨問題に対処するため、長崎県においては昭和 58 年から長崎市式見及び旧大村保健所で酸性雨調査を開始した<sup>1)~8)</sup>。

平成 9 年度からは旧大村保健所の測定点は、諫早市の県央保健所に移動して調査を継続している。

また、環境省の委託を受けて離島の国設対馬酸性雨測定所及び国設五島酸性雨測定所においても酸性雨調査を実施している。

本報告では、長崎県が実施した長崎市式見及び県央保健所における平成 15 年度の調査結果について報告する。

### 調査地点の概要

県内の酸性雨測定地点を図 1 に示す。各測定地点の概要は以下に示すとおりである。

#### (1)長崎市式見

長崎市の中心部から北西の郊外に位置し、周囲は山林及び田園地帯であり、測定地点の北東3km及び南東約 4 kmには住宅地が存在する。Na<sup>+</sup>や Cl<sup>-</sup>等の海塩粒子濃度の大きな要因となる海岸までの距離は西方約 1 kmである。

#### (2)県央保健所

平成10 年 1 月から測定を開始した。諫早市中心部の北方に位置し、調査地点の西側は住宅地が広がっている。東側は 12 時間交通量が約 13, 000 台である国道 34 号線を経て田園地帯となっている。

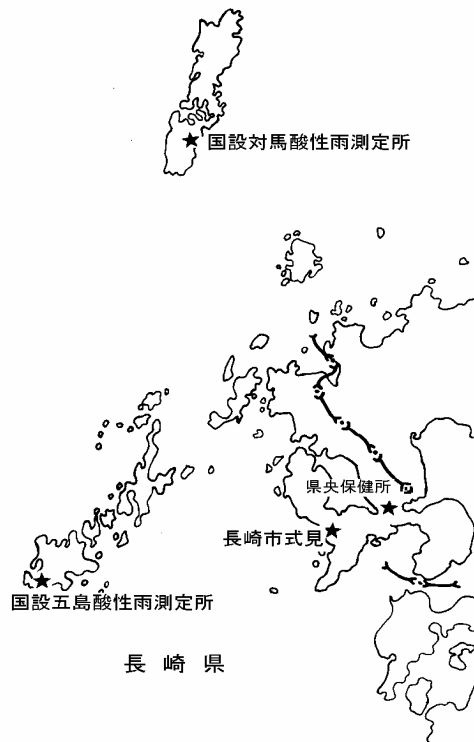


図 1 酸性雨測定地点

### 調査方法

雨水の採取は小笠原計器(株)製 US-400 をベースとして、10 検体の一降雨試料が連続して採取できるように改造した雨水採取器により実施した。

測定項目は貯水量, pH, 電気伝導率(EC), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>の 11 項目であり、測定方法及び定量下限値等は表 1 に示すとおりである。なお、降水量については、貯水量から計算した。

### 調査結果

pH及び各イオン濃度の平均値は、貯水量により重み付けを行って計算した(加重平均値)。

また沈着量は、加重平均値に貯水量を乗じて求めた。

平成14年度の結果については、前報<sup>8)</sup>で報告済みである。しかし、県央保健所における貯水量から算出した降水量が、近傍の気象官署(諫早地域雨量観測

所)における観測結果と異なることが判明し、採取機器の故障により正常に採取できなかった試料が存在することがわかった。特に平成14年4, 8, 9, 10, 11, 12月、平成15年1, 3月は諫早地域雨量観測所との降水量の差が+-20%以上であった。そこで、これらの観測月の濃度については採取できた試料について、貯水量で重み付けを行い月平均値とし表5に示した。また、月沈着量は、前記の月平均値に、諫早地域雨量観測所における降水量から換算した貯水量を乗じて便宜上の値とし表7に示した。

(1) pH及び酸性雨出現頻度

pHの出現頻度及び便宜上、酸性雨の定義をpH5.6以下とした酸性雨出現率を表2に示す。式見における平成15年度の酸性雨出現率は95.9%、県央保健所では98.6%であった。なお、14年度は式見で94.3%、県央保健所で93.5%であった。

pHの年平均値は式見4.73、県央保健所4.78であり、14年度とはほぼ同様の値であった。

また、降水を中和する要因となる黄砂について、平成14,15年度における黄砂観測日を表3に示す。平成14年度は9日間、15年度は7日間観測されており、規模の大きな黄砂が観測された12年度の19日間を下回り、10日以内の観測日数であった。

(2)pHの経月変化

平成15年度の降水量の経月変化を図2に、pHの月別平均値の経月変化を図3に示す。例年平均値は雨の多い夏季に高く、雨の少ない冬季には低い傾向を示すが、平成15年度も式見、県央ともに降水量の多い月はpHが高く、少ない月はpHが低い傾向がみられた。

(3)イオン成分濃度

表4にイオン成分年平均値を示す。平成15年度の年降水量は式見1,755mmで県央保健所2,024mmであった。

イオン成分濃度をみると、海岸に近い式見においてはCl<sup>-</sup>及びNa<sup>+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Ca<sup>2+</sup>が県央保健所に比べ高い結果となっている。また、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>についても同様に式見の値が高く、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>については式見よりも県央保健所における結果が高い値を示していた。

式見における14年度と15年度の値を比較すると、15年度はNa<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>の濃度が14年度に比べ高く、海塩由来成分の影響が示唆された。

次に、Na<sup>+</sup>のすべてが海塩由来であると仮定し、海水中の濃度比を用いてnss<sup>-</sup> SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>及びnss<sup>-</sup> Ca<sup>2+</sup>を計算

してSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>及びCa<sup>2+</sup>に占める非海塩性成分の割合を求めると各々、15年度は式見77%、72%、県央保健所85%、79%であり、14年度に比べ低くなっていた。

表1 測定方法及び検出下限値

項目	測定方法	検出下限値	定量下限値
pH	ガラス電極法	0.01(測定限界)	
EC	導電率計による方法	0.01 μs/cm	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	イオンクロマトグラフ法	0.017 μg/ml	0.055 μg/ml
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	・	0.010 μg/ml	0.034 μg/ml
Cl <sup>-</sup>	・	0.003 μg/ml	0.008 μg/ml
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	・	0.015 μg/ml	0.05 μg/ml
Na <sup>+</sup>	・	0.009 μg/ml	0.03 μg/ml
K <sup>+</sup>	・	0.006 μg/ml	0.02 μg/ml
Ca <sup>2+</sup>	・	0.023 μg/ml	0.08 μg/ml
Mg <sup>2+</sup>	・	0.002 μg/ml	0.005 μg/ml

表2 pHの出現頻度及び酸性雨出現率

pH階級	式見		県央保健所	
	H14	H15	H14	H15
2.61~ 2.99	0	0	0	0
3.00~ 3.59	0	0	0	0
3.60~ 3.99	7	6	1	1
4.00~ 4.59	36	38	22	26
4.60~ 4.99	17	31	17	26
5.00~ 5.60	23	19	18	16
5.61~ 5.99	5	2	3	1
6.00~ 6.59	0	2	1	0
6.60~ 6.99	0	0	0	0
7.00~	0	0	0	0
サンプル数	88	98	62	70
酸性雨出現率(%)	94.3	95.9	93.5	98.6
pH<4.00(%)	8.0	6.1	1.6	1.4
最低pH	3.69	3.64	3.70	3.97
最高pH	5.99	6.25	6.08	5.96
加重平均pH	4.73	4.73	4.86	4.78

表3 平成14・15年度の黄砂観測日

	平成14年度	平成15年度
黄砂発生日	4月1日	4月13日
	4月2日	3月11日
	4月3日	3月12日
	4月7日	3月15日
	4月8日	3月16日
	4月12日	3月30日
	4月17日	3月31日
	5月23日	
	11月12日	
合計	9日間	7日間

※長崎海洋気象台調べ

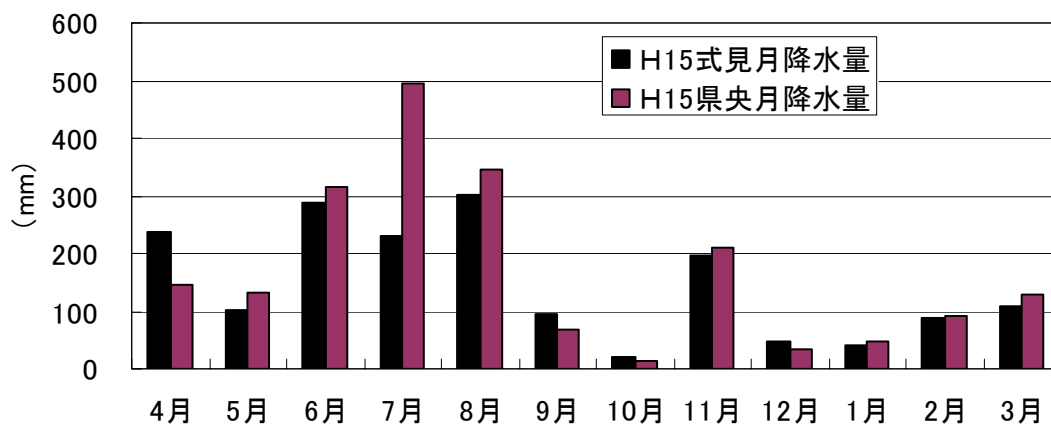


図2 平成15年度における降水量の経月変化

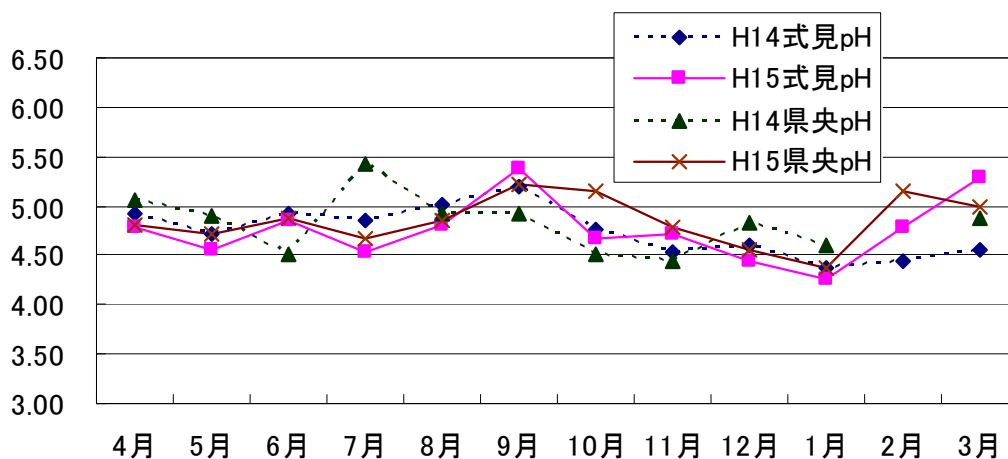


図3 平成14, 15年度におけるpHの経月変化

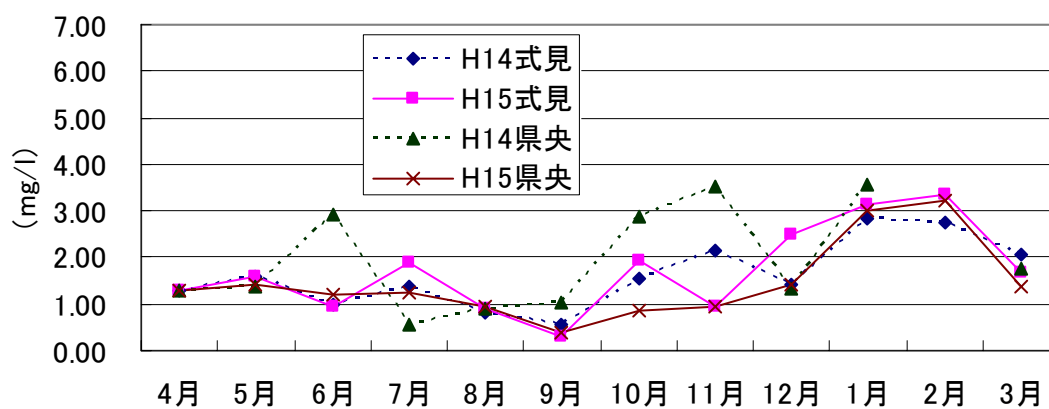


図4 平成14, 15年度におけるnss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度の経月変化

表 5 にイオン成分月平均値を示す。また図4には、表 5 において、人為的汚染の指標とされる  $\text{nss- SO}_4^{2-}$  の月変化を示す。 $\text{nss- SO}_4^{2-}$ 濃度は夏季に低く、冬季に高い傾向がみられ、14 年度においては、都市部である県央保健所における結果が郊外に位置する式見よりも高い傾向を示したが、15 年度においては県央、式見ともに大きな差はみられなかった。

#### (4)イオン成分沈着量

表 6 にイオン成分年沈着量を示す。式見では海塩粒子の影響を受け  $\text{Cl}^-$  が最も多く、次いで  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  の順であった。県央保健所では、 $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  の順であった。表 7 に月別のイオン成分沈着量を示す。

### まとめ

- (1) 平成 15 年度における酸性雨の出現頻度は 95% 以上であり、12 年度のような黄砂の影響は認められなかった。
- (2) pHの平均値は式見で 4.73、県央保健所で 4.78 であり、両測定地点で近い値が得られた。全国の降水のpHは 4.4 と 5.0 の間に集中している<sup>9)</sup>ことと照らし合わせると、いずれも全国の降水pHの範囲内であった。
- (3) pH4.00 以下の強酸性雨の出現頻度は、式見における結果が県央保健所に比べ高くなっていた。
- (4) トータル  $\text{SO}_4^{2-}$  及びトータル  $\text{Ca}^{2+}$  濃度に占める海塩以外の発生源に起因するものの割合は、都市部である県央保健所における結果が式見に比べ高

い値であった。また、14年度に比べ式見、県央ともに低くなっていた。

### 参考文献

- 1) 吉村 賢一郎, 他:酸性雨調査(第 1 報), 長崎県衛生公害研究所報, 25, 91~ 96(1983)
- 2) 吉村 賢一郎, 他:酸性雨調査(第 2 報), 長崎県衛生公害研究所報, 26, 130~ 134(1984)
- 3) 吉村 賢一郎, 他:酸性雨調査(第 3 報), 長崎県衛生公害研究所報, 27, 29~ 36(1985)
- 4) 吉村 賢一郎, 他:酸性雨調査(第 4 報), 長崎県衛生公害研究所報, 28, 15~ 24(1986)
- 5) 釜谷 剛, 他:長崎県における酸性雨調査(1999 年度), 長崎県衛生公害研究所報, 45, 37~ 39(1999)
- 6) 釜谷 剛, 他:長崎県における酸性雨調査(2000 年度), 長崎県衛生公害研究所報, 46, 32~ 36(2000)
- 7) 山口 顕徳, 他:長崎県における酸性雨調査(2001 年度), 長崎県衛生公害研究所報, 47, 41 ~ 46(2001)
- 8) 山口 顕徳, 他:長崎県における酸性雨調査(2002 年度), 長崎県衛生公害研究所報, 48, 66 ~ 70(2002)
- 9) 酸性雨対策検討会:総合とりまとめ結果の評価と残された課題, 酸性雨対策調査総合とりまとめ, 202~ 215(2004 年 6 月)



表 4 平成14, 15年度におけるイオン成分年平均値

調査地点	年度	年降水量 (mm)	pH	単位:mg/l										
				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (a)	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (b)	b/a*100 (%)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> (c)	nss-Ca <sup>2+</sup> (d)	d/c*100 (%)	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>
式見	H14	1740	4.73	1.86	1.48	80	0.84	2.54	0.29	0.21	0.16	76	1.52	0.018
	H15	1755	4.73	1.80	1.38	77	0.86	2.92	0.27	0.23	0.16	72	1.68	0.019
県央保健所	H14	(1246)	4.86	1.61	1.43	89	0.82	1.21	0.38	0.16	0.13	81	0.71	0.014
	H15	2024	4.78	1.50	1.28	85	0.80	1.48	0.34	0.16	0.12	79	0.87	0.017

表 5 平成14, 15年度におけるイオン成分月平均値

調査地点	年度	項目	単位:mg/l												年平均値
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
式見	H14	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.56	1.71	1.05	1.71	1.41	0.72	1.69	3.11	1.67	4.11	3.15	2.29	1.86
		nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.27	1.61	0.97	1.36	0.80	0.55	1.54	2.13	1.43	2.84	2.74	2.08	1.48
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.91	0.84	0.54	0.79	0.40	0.26	0.78	1.24	0.86	1.60	1.58	1.09	0.84
		Cl <sup>-</sup>	1.88	0.74	0.57	2.24	4.10	1.07	0.99	6.86	1.34	8.63	2.61	1.33	2.54
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.32	0.32	0.20	0.36	0.16	0.08	0.29	0.28	0.20	0.41	0.60	0.37	0.29
		Ca <sup>2+</sup>	0.33	0.12	0.08	0.15	0.17	0.07	0.14	0.42	0.17	0.42	0.34	0.30	0.21
		nss-Ca <sup>2+</sup>	0.28	0.10	0.07	0.09	0.07	0.05	0.12	0.27	0.13	0.23	0.28	0.27	0.16
	Na <sup>+</sup>	1.16	0.43	0.35	1.40	2.43	0.65	0.58	3.91	0.94	5.08	1.62	0.81	1.52	
	H <sup>+</sup>	0.012	0.019	0.012	0.014	0.010	0.006	0.017	0.029	0.024	0.042	0.037	0.028	0.018	
	月降水量(mm)	217	207	137	204	229	106	132	134	83	91	51	150	1740	
	H15	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.43	1.67	1.38	2.24	1.03	0.96	2.50	1.06	4.65	4.80	4.54	2.35	1.80
		nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.27	1.58	0.93	1.89	0.89	0.32	1.93	0.94	2.49	3.14	3.37	1.68	1.38
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.67	0.80	0.63	1.40	0.64	0.15	1.49	0.54	1.61	1.89	1.92	0.86	0.86
		Cl <sup>-</sup>	1.02	0.67	2.96	2.03	0.94	5.07	3.94	0.81	16.61	12.04	7.90	4.99	2.92
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		0.23	0.27	0.25	0.48	0.22	0.11	0.36	0.09	0.28	0.39	0.63	0.21	0.27	
Ca <sup>2+</sup>		0.16	0.12	0.13	0.14	0.06	0.14	0.44	0.09	0.56	0.50	1.08	0.73	0.23	
nss-Ca <sup>2+</sup>		0.13	0.11	0.06	0.09	0.04	0.05	0.35	0.07	0.23	0.25	0.90	0.63	0.16	
Na <sup>+</sup>	0.64	0.39	1.78	1.38	0.56	2.54	2.28	0.48	8.63	6.61	4.67	2.66	1.68		
H <sup>+</sup>	0.016	0.027	0.014	0.030	0.015	0.004	0.021	0.019	0.037	0.054	0.016	0.005	0.019		
月降水量(mm)	238	103	288	229	303	93	19	196	46	41	89	109	1755		
県央保健所	H14	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.43	1.44	3.01	0.68	1.12	1.41	3.05	4.56	1.47	4.28		2.08	1.61
		nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.28	1.37	2.92	0.55	0.92	1.02	2.87	3.53	1.33	3.58		1.76	1.43
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.90	0.81	1.30	0.39	0.73	0.49	1.47	2.18	0.67	2.02		0.96	0.82
		Cl <sup>-</sup>	1.03	0.45	0.87	0.85	1.31	2.56	1.29	7.09	0.82	4.27		1.95	1.21
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.39	0.40	0.84	0.18	0.21	0.19	0.64	0.66	0.23	0.69		0.41	0.38
		Ca <sup>2+</sup>	0.26	0.11	0.17	0.07	0.14	0.13	0.27	0.74	0.19	0.48		0.21	0.16
		nss-Ca <sup>2+</sup>	0.24	0.10	0.15	0.05	0.11	0.07	0.24	0.58	0.17	0.37		0.16	0.13
	Na <sup>+</sup>	0.59	0.26	0.38	0.51	0.80	1.56	0.73	4.11	0.55	2.81		1.27	0.71	
	H <sup>+</sup>	0.009	0.013	0.032	0.004	0.012	0.012	0.031	0.037	0.014	0.025		0.013	0.014	
	月降水量(mm)	(183)	259	158	283	(100)	(144)	(68)	(27)	(10)	(4)		(12)	(1246)	
	H15	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.41	1.47	1.43	1.45	1.01	1.15	0.94	1.03	1.54	3.79	4.12	1.68	1.50
		nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.30	1.41	1.21	1.26	0.94	0.37	0.85	0.96	1.43	3.01	3.22	1.36	1.28
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.93	0.74	0.77	0.97	0.51	0.23	0.77	0.49	0.84	1.67	1.87	0.71	0.80
		Cl <sup>-</sup>	0.66	0.53	1.40	1.26	0.44	5.97	0.70	0.54	0.86	5.19	5.92	2.12	1.48
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		0.44	0.45	0.50	0.30	0.25	0.10	0.32	0.20	0.23	0.59	0.59	0.21	0.34	
Ca <sup>2+</sup>		0.15	0.08	0.09	0.07	0.07	0.17	0.15	0.10	0.11	0.34	1.04	0.39	0.16	
nss-Ca <sup>2+</sup>		0.13	0.07	0.05	0.04	0.06	0.05	0.14	0.08	0.09	0.22	0.91	0.34	0.12	
Na <sup>+</sup>	0.44	0.22	0.86	0.76	0.25	3.13	0.37	0.30	0.46	3.11	3.61	1.28	0.87		
H <sup>+</sup>	0.016	0.019	0.014	0.021	0.014	0.006	0.007	0.017	0.027	0.043	0.0070	0.010	0.017		
月降水量(mm)	145	132	314	495	346	68	13	211	33	47	91	128	2024		

※14年度県央保健所2月のデータは機器故障のため欠測

表 6 平成14, 15年度におけるイオン成分年沈着量

調査地点	年度	年降水量 (mm)	単位:mg/m <sup>2</sup> /年								
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>
式見	H14	1740	3241	2576	1455	4430	498	372	272	2647	32.2
	H15	1755	3155	2417	1504	5131	474	401	289	2944	32.6
県央保健所	H14	1785	3508	3052	1771	3051	743	401	330	1822	28.5
	H15	2024	3043	2600	1629	2998	686	319	252	1766	33.5

※14年度県央保健所2月のデータは機器故障のため欠測、また、4,8,9,10,11,12,1,3月の降水量は、値が諫早地域雨量観測所の値よりも+20%以上差があり、機器の故障が示唆されるため、諫早地域雨量観測所の値を採用し、それから沈着量を算出した。

表 7 平成14, 15年度におけるイオン成分月別沈着量

調査地点	年度	項目	単位:mg/m <sup>2</sup> /月												年沈着量
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
式見	H14	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	338	355	144	349	323	76	223	417	138	375	160	342	3241
		nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	275	333	132	277	183	59	204	285	119	259	139	311	2576
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	196	174	74	161	91	28	103	167	71	146	80	163	1455
		Cl <sup>-</sup>	407	154	78	458	940	114	131	920	111	787	132	199	4430
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	69	67	28	73	36	9	39	37	17	37	30	56	498
		Ca <sup>2+</sup>	71	25	11	30	38	8	18	57	14	39	17	44	372
		nss-Ca <sup>2+</sup>	61	22	9	19	17	5	15	37	11	21	14	40	272
		Na <sup>+</sup>	252	89	47	287	557	69	76	525	78	464	82	122	2647
		H <sup>+</sup>	2.66	4.02	1.61	2.93	2.23	0.68	2.24	3.86	2.03	3.80	1.87	4.26	32.2
	月降水量(mm)	217	207	137	204	229	106	132	134	83	91	51	150	1740	
	H15	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	340	173	398	514	312	89	49	207	214	198	406	255	3155
		nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	302	163	269	435	269	30	37	184	114	130	301	183	2417
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	158	82	182	322	194	14	29	106	74	78	172	94	1504
		Cl <sup>-</sup>	243	69	854	465	283	474	76	159	762	496	707	542	5131
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		54	28	71	111	67	11	7	18	13	16	57	23	474	
Ca <sup>2+</sup>		37	12	37	33	19	14	8	18	26	21	96	79	401	
nss-Ca <sup>2+</sup>		31	11	17	21	13	4	7	14	11	10	81	68	289	
Na <sup>+</sup>		152	40	512	316	171	238	44	95	396	272	418	289	2944	
H <sup>+</sup>		3.83	2.80	4.02	6.78	4.60	0.40	0.42	3.79	1.70	2.24	1.47	0.57	32.6	
月降水量(mm)	238	103	288	229	303	93	19	196	46	41	89	109	1755		
県央保健所	H14	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	391	368	477	193	180	117	330	625	149	416		262	3508
		nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	351	352	462	157	148	85	310	484	135	347		222	3052
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	246	207	205	112	118	41	159	299	68	196		121	1771
		Cl <sup>-</sup>	281	116	138	240	209	212	139	971	83	414		246	3051
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	106	101	133	52	34	16	69	90	23	67		51	743
		Ca <sup>2+</sup>	71	28	27	20	22	11	29	101	19	47		27	401
		nss-Ca <sup>2+</sup>	65	25	24	14	18	6	26	80	17	36		21	330
		Na <sup>+</sup>	162	66	60	145	128	129	79	563	56	273		160	1822
		H <sup>+</sup>	2.39	3.21	5.02	1.08	1.87	1.00	3.30	5.09	1.46	2.40		1.66	28
	月降水量(mm)	273	259	158	283	160	83	108	137	101	97		126	1785	
	H15	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	204	194	449	717	349	79	13	218	51	179	376	215	3043
		nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	188	187	381	623	327	25	11	202	47	143	293	174	2600
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	135	97	243	478	178	16	10	104	27	79	170	90	1629
		Cl <sup>-</sup>	96	69	439	625	153	409	9	113	28	246	540	271	2998
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		64	60	156	150	87	7	4	42	8	28	54	27	686	
Ca <sup>2+</sup>		21	10	27	36	26	11	2	20	4	16	95	50	319	
nss-Ca <sup>2+</sup>		19	9	17	22	22	3	2	18	3	10	83	44	252	
Na <sup>+</sup>		64	29	271	377	86	215	5	63	15	147	330	164	1766	
H <sup>+</sup>		2.27	2.50	4.25	10.53	4.92	0.42	0.09	3.55	0.90	2.04	0.637	1.33	33.5	
月降水量(mm)	145	132	314	495	346	68	13	211	33	47	91	128	2024		

※14年度県央保健所2月のデータは機器故障のため欠測、また、4,8,9,10,11,12,1,3月の降水量は、値が諫早地域雨量観測所の値よりも+20%以上差があり、機器の故障が示唆されるため、諫早地域雨量観測所の値を採用し、それから沈着量を算出した。

## 長崎県地域防災計画に係る環境放射能調査(2003年度)

豊坂元子・竹野大志

## Radioactivity Survey Data in Nagasaki Prefectural Disaster Prevention Plan (2003)

Motoko TOYOSAKA and Taiji TAKENO

Key Words: radioactivity, air dose rate,  $\gamma$ -ray spectrometerキーワード: 放射能, 空間線量率,  $\gamma$ 線スペクトロメータ

## はじめに

「長崎県地域防災計画(原子力災害対策編)」(平成13年5月策定、平成15年8月修正)に基づき原子力施設からの放射性物質又は放射線の放出による周辺環境への影響評価に資する観点から、平成13年度より平常時の環境放射線モニタリング(平成14年度から積算線量測定を追加)を開始した。

本報では、平成15年度の調査結果について報告する。

## 調査件数及び測定方法

## 1 調査内容

調査内容について表1に示す。

表1 調査内容について

測定区分	試料名	件数	採取場所
空間線量率		67	鷹島町阿翁、阿翁浦、日比地区
積算線量		12	鷹島町阿翁、阿翁浦、日比地区
Ge半導体検出器による核種分析	浮遊じん	2	鷹島町阿翁地区
	蛇口水	1	鷹島町阿翁浦地区
	原水	1	鷹島町日比地区
	土壌	1	鷹島町阿翁地区
	精米	1	鷹島町里免
	トラフグ	1	鷹島町阿翁浦地区(購入地)
	カジメ	1	鷹島町阿翁浦地区(購入地)

## 2 試料の調製及び測定方法

積算線量測定に用いるガラス素子は、400℃、1時間加熱再処理し、設置前に70℃、1時間乾燥後、室温で初期値を登録した。

核種分析に用いる浮遊じんは、ハイパリウムエアサンプラーでろ紙上に採取し、U-8容器の底の内径に合わせて切り取り、浮遊じん付着面を底に向けて詰め測定試料とした。

蛇口水は阿翁浦漁協の水道水を、原水は鷹島ダムから各々100ℓ採取し、濃縮してU-8容器に詰め測定用試料とした。

土壌は、上層(0~5cm)と下層(5~20cm)に分けて採取し、乾燥後篩にかけてU-8容器に詰め測定用試料とした。

精米は、2ℓのマリネリ容器に詰め、測定用試料とした。

トラフグ、カジメは可食部を灰化してU-8容器に詰め測定用試料とした。

## 測定条件

## 1 空間放射線測定

サーベイメータ(下記)により測定

シンチレーションサーベイメータ: ALOKA製 TCS-171  
検出器: NaI(Tl)シンチタ 25.4φ×25.4mm  
基準線源: Cs-137 No. 2591, Ba-133 No. 452

## 2 積算線量測定

蛍光ガラス線量計リーダ(下記)により測定

蛍光ガラス線量計システム: 旭テクノグラス製 FGD-201  
ガラス線量計: SC-1  
線量表示範囲: 1μGy~10Gy/1μSv~10Sv

## 3 核種分析

ゲルマニウム半導体検出器(下記)により測定

多重波高分析装置: SEIKO EG&G製 MCA7800  
Ge半導体検出器: ORTEC製 GEM-15180-P  
遮蔽体: 鉛ブロック製 検出部 115mm  
分解能: FWHM=1.63keV

## 調査結果

平成15年度の調査結果を表2~表8に示す。

## 1 空間線量率

鷹島町(阿翁、阿翁浦、日比地区)の10地点における線量率範囲は34~86nGy/h、年間平均値は43~69nGy/hで過去の測定値と同じ水準であった(図1、表2)。

## 2 積算線量

監視調査地域内の3地点(阿翁地区集会所、阿翁浦地区集会所、鷹島ダム)における測定値は0.12~0.16mGy/92日であった(表3)。

3 核種(<sup>131</sup>I、<sup>137</sup>Cs)分析

(1) 浮遊じん

阿翁地区で年2回採取し測定したが、人工核種の<sup>131</sup>Iと<sup>137</sup>Csは検出されなかった(表4)。

(2) 陸水

阿翁浦漁協蛇口水と鷹島ダムの原水をそれぞれ40及び20ℓを採取し測定したが、人工核種の<sup>131</sup>Iと<sup>137</sup>Csは検出されなかった(表5)。

(3) 土壌

阿翁地区モンゴル村の丘の頂上で上層(0~5cm)を採取し測定したが、人工核種の<sup>137</sup>Csが920mBq/kg検出されたが、<sup>131</sup>Iは検出されなかった(表6)。

(4) 精米

鷹島町里免で収穫されたものを購入し測定したが、人工核種の<sup>131</sup>Iと<sup>137</sup>Csは検出されなかった(表7)。

(5) 水産生物

阿翁浦漁協で購入したフグとカジメを測定したが、フグでは<sup>137</sup>Csが11.9Bq/kg生検出されたが、<sup>131</sup>Iは検出されなかった。カジメは、いずれの人工核種も検出されなかった(表8)。

ま と め

平成13年度から実施した長崎県地域防災計画に基づく平常時環境放射線モニタリングの平成15年度結果は、いずれも昨年度と同程度の濃度レベルであった。

図1 長崎県北松浦郡鷹島町の測定地点

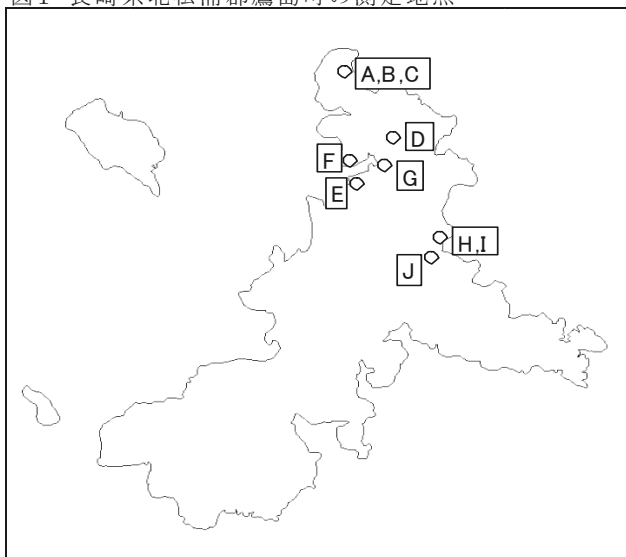


表2 空間線量率測定結果(nGy/h)

地点名	測定値							平均値	線量率範囲	平成14年度の範囲
	6月	9月	10月	12月	1月	2月	3月			
A	46	48	50	44	44	42	44	45	42~50	26~48
B	48	58	62	50	54	50	58	54	48~62	34~70
C	56	62	50	66	50	60	52	57	50~66	36~68
D	52	48	50	50	52	-	58	52	48~58	30~56
E	66	70	70	74	74	68	64	69	64~74	40~72
F	42	42	48	52	34	40	44	43	34~52	26~46
G	64	64	60	72	68	-	86	69	60~86	40~74
H	52	42	54	56	52	46	46	50	42~56	28~58
I	44	46	52	52	50	44	52	49	44~52	24~48
J	52	52	64	70	64	-	54	59	52~70	40~60
線量率範囲	42~66	42~70	48~70	44~74	34~74	40~68	44~86	43~69	34~86	24~74

※地点： A(モンゴル村芝生頂上) B(モンゴル村上段駐車場) C(モンゴル村下段駐車場)  
 D(阿翁地区集会所) E(阿翁浦漁協) F(阿翁浦漁協対岸) G(阿翁浦地区集会所)  
 H(日比漁協先船揚場) I(日比地区集会所前) J(鷹島ダム)

表3 ガラス線量計による測定結果 単位：mGy

測定点	積算線量(92換算値)				年平均積算値
	4~6月	7~9月	10~12月	1~3月	
阿翁地区集会所	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
阿翁浦地区集会所	0.15	0.15	0.15	0.16	0.15
鷹島ダム	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13

表4 浮遊じんのGe半導体検出器を用いた核種分析結果

検体名	採取年月日	採取場所	採取量(g)	測定重量(g)	測定時間(sec)	測定年月日	<sup>131</sup> I (mBq/m <sup>3</sup> )			<sup>137</sup> Cs (mBq/m <sup>3</sup> )		
							ND	±	ND	ND	±	ND
浮遊じん	2003/9/29~30	モンゴル村	0.0274	3.1255	70000	2003/10/3	ND	±	ND	ND	±	ND
	2004/2/19~20	モンゴル村	0.1379	3.6114	70000	2004/2/23	ND	±	ND	ND	±	ND

表5 陸水(蛇口水、原水)のGe半導体検出器を用いた核種分析結果

検体名	採取年月日	採取場所	気温(°C)	水温(°C)	採取量(L)	蒸発残留物(mg/L)	測定時間(sec)	測定年月日	<sup>131</sup> I (mBq/L)			<sup>137</sup> Cs (mBq/L)		
									ND	±	ND	ND	±	ND
蛇口水	2003/10/23	阿翁浦漁協	17.0	20.6	40	101.6	70000	2003/11/12	ND	±	ND	ND	±	ND
原水	2003/10/23	鷹島ダム	15.0	19.5	20	102.0	70000	2003/11/12	ND	±	ND	ND	±	ND

表6 土壌のGe半導体検出器を用いた核種分析結果

採取年月日	採取場所	場所の状況	深さ(cm)	採取面積(cm <sup>2</sup> )	採取量(g)	乾燥細土<2mm(g)	測定重量(g)	測定時間(sec)	測定年月日	<sup>131</sup> I (mBq/kg)			<sup>137</sup> Cs (mBq/kg)		
										ND	±	ND	920	±	280
2003/9/29	モンゴル村	芝生	0~5	465	2,465	1,362	116.8	70000	2003/10/8	ND	±	ND	920	±	280

表7 精米のGe半導体検出器を用いた核種分析結果

検体名	採取年月日	採取場所	測定試料の重量(kg)	測定時間(sec)	測定年月日	<sup>131</sup> I (Bq/kg生)			<sup>137</sup> Cs (Bq/kg生)		
						ND	±	ND	ND	±	ND
穀類(精米)	2003/10/23	鷹島町里免	1.983	70000	2003/12/11	ND	±	ND	ND	±	ND

表8 水産生物(魚貝藻類)のGe半導体検出器を用いた核種分析結果

検体名	採取年月日	採取場所	除去部位	測定供試料重量(g)	灰分(%)	測定時間(sec)	測定年月日	<sup>131</sup> I (Bq/kg生)			<sup>137</sup> Cs (Bq/kg生)		
								ND	±	ND	11.9	±	1.63
トラフグ	2004/1/27	阿翁浦漁協	頭・骨・内臓 エラ・ヒレ・ウロコ	15.6848	1.13	70000	2004/2/24	ND	±	ND	11.9	±	1.63
カジメ	2004/2/24	阿翁浦漁協	根・茎	56.6627	5.54	70000	2004/3/8	ND	±	ND	ND	±	ND

# 熔融スラグの化学的安全性試験について(第2報)

竹野 大志・赤澤 貴光・香月 幸一郎

## Analysis of Molten Slag(Report No.2)

Taiji TAKENO, Takamitsu AKAZAWA and Koichiro KATSUKI

Key Words: 熔融スラグ, 重金属類, 暴露試験

キーワード: molten slag, heavy metal, exposure test

### はじめに

最終処分物の減容化,ダイオキシン類の発生抑制,再資源化等を目的として,一般廃棄物焼却施設の再編と熔融施設の整備が全国的に行われている。

当県においても,一般廃棄物処理の広域化に伴い,焼却施設が新設され,熔融スラグの発生量が増加しつつある。これを機に熔融スラグは,土木建築資材としての利用やコンクリート二次製品の骨材としての活用等の取り組みがなされている。

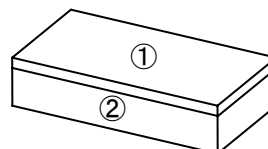
前報告では,熔融スラグそのものの様々な溶出試験を行い,その安全性を確認したが,今回はその追試験として,熔融スラグと県内企業で開発された熔融スラグが配合されたインターロッキングブロック(以下ブロックと記す)を1年間環境中に暴露して,その雨水浸透水を分析することにより安全性についての調査を行ったので報告する。

### 試験検体

スラグの試験サンプルは,前報と同じく一般廃棄物焼却施設の諫早市環境センターと南高南部衛生福祉組合,下水道汚泥焼却施設である佐世保市下水処理場の3カ所で製造されたスラグを用いた。スラグは各事業所のストックヤードからサンプリングした。以下,諫早スラグ,南高スラグ,佐世保スラグと記す。

インターロッキングブロックとは,ブロックの側面に隣接するブロックと噛み合う凸凹があり,相互の強い噛み合いによって,路面にかかる交通荷重を分散して路盤に伝達する構造的機能を有する舗装材である。製品は,図1のように基層と表層の二層で構成されており,厚さは通常60mmのものが製造されている。

今回試験に供したインターロッキングブロックの骨材組成について表1に示す。県内の企業で開発されているリサイクルブロックは,砂の代替として熔融スラグを用いているものや廃陶器片を配合し,廃棄物を有効利用したものがあ



- ① 表層部で層厚約1cmの耐摩耗性に優れたモルタル
- ② 基層部で細粒の粗骨材を用いたコンクリートであり表層と一体となっている

図1 インターロッキングブロックの構造

ブロックAは,熔融スラグや廃陶器片のリサイクル材を用いていない製品である。試験の対照区として設定した。

ブロックBは,表層にスラグと廃陶器片を配合した製品で,骨材全体に占めるスラグの割合は8%である。

ブロックCは,表層の骨材配合割合は,ブロックBと同じであるが,基層の40%に廃陶器片を用いている。ブロックBとCのスラグは,共に佐世保スラグを用いている。

ブロックDとEは,基層骨材の20%にスラグを用いている製品である。ブロックDには諫早スラグを用い,ブロックEは南高スラグを用いて製造されたものである。

ブロックFは,基層骨材を全てリサイクル材に置き換えて試作したものであり佐世保スラグと廃ガラス片を用いたものである。

### 試験方法

試験は,62cm<sup>W</sup>×41cm<sup>L</sup>×22cm<sup>D</sup>のポリエチレンラックにスラグをそれぞれ30kgとブロックを12個敷き詰めて行った。スラグの対照として海砂を敷き詰めた区を設け,フィールドブランクとして何も敷き詰めない区も設けた。ブロックの大きさは,それぞれ20cm<sup>W</sup>×10cm<sup>L</sup>×6cm<sup>D</sup>であり,図2の様に隙間無く敷き詰めた。

試験期間は2002年8月から2003年7月までの1年間で,当研究所屋上において,スラグやブロックを通過した雨水を1ヶ月毎に採取した。

表1 インターロッキングブロックの骨材組成

	基層骨材(配合体積割合%)						表層骨材(配合体積割合%)				骨材全体に対する体積割合(%)			
	粗骨材		細骨材		リサイクル材		珪砂		リサイクル材		リサイクル材		使用スラグ	
	6号	7号	海砂	スラグ	廃陶器片	廃ガラス	3mm	細砂	スラグ	廃陶器片	スラグ	廃陶器片		廃ガラス
ブロックA	33	22	45				95	5			0	0	0	なし
ブロックB	33	22	45				18		45	37	8	6	0	佐世保
ブロックC	35	25			40		18		45	37	8	40	0	佐世保
ブロックD	32	48		20			95	5			17	0	0	諫早
ブロックE	32	48		20			95	5			17	0	0	南高
ブロックF				50		50	95	5			42	0	42	佐世保

\*使用骨材に対する体積割合

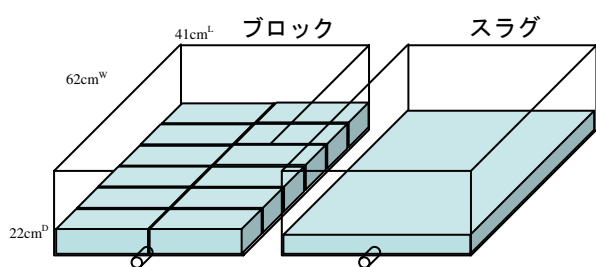


図2 試験区の概略図

試料はろ過後に pH,電気伝導度(EC),イオン成分,カドミウム,鉛,六価クロム,砒素,総水銀,セレンの6項目の重金属について分析を行った。pH,ECはガラス電極法,イオン成分はイオンクロマトグラフ,重金属類については,ICP/MSを用いて測定を行った。

ただし,ブロックFの2から4月の試料と海砂,ブロックA,ブロックBの3月と4月の試料は,ラックの転倒等でサンプリングできなかつた。

### 調査結果

#### (1) pH

図3に調査期間におけるフィールドブランク,海砂,諫早スラグ,南高スラグ,佐世保スラグの浸透水のpHと参考として雨水の平均pH値を示した。

諫早スラグ,南高スラグ,佐世保スラグの試料は,弱アルカリ性~アルカリ性の範囲で推移した。

ブロックA~Fの浸透水のpHの測定結果を図4に示した。ブロック試験区での浸透水のpHは,7.9~11.0のアルカリ性から強アルカリ性の範囲で推移した。いずれの試験区においても,雨水の平均pH値を上回っていた。

#### (2) EC

溶融スラグからの浸透水のEC測定結果を図5示す。いずれの試験区も,試験開始時が高い値となっており,概ね時間の経過とともに低下した。イオン分析を併せて行ったところ,塩素イオン濃度が高かつたことから,海砂においては海水塩分の影響であると推測された。また,

スラグについては,3種のスラグは水砕方式で冷却されていることから冷却水にある塩素イオンが溶出したものと考えられた。最も高かつたのは,開始時の8月の諫早スラグの410 $\mu$ s/cmであつた。

図6にはブロック浸透水のEC測定結果を示す。スラグの場合と同じように試験開始後から時間の経過と共に低下している。最も高かつた値は,8月のブロックAで550 $\mu$ s/cmであつた。この高いEC値の原因は,イオン分析の結果から,カルシウムイオンが突出して高い濃度であつたことからセメントに含まれるカルシウムが溶出したものと考えられた。

#### (3) 重金属類

重金属類は,旧厚生省から通知されている有効利用に関する指針値にあるカドミウム,鉛,六価クロム,砒素,総水銀,セレンの6項目について,浸透水の分析を毎月に行つたが,定量下限値以上検出されたのは,8月から11月まで,海砂の試験区において砒素が最大0.004ppm検出されたのみで,他は全て定量下限値以下であつた。

### まとめ

一般環境中へのスラグからの溶出を想定した今回の試験では,スラグとインターロッキングブロック共に無機塩類の溶出のため,暴露後数ヶ月の浸透水は高いpHとECで推移することが判つた。

しかしながら,重金属類の値は1年間に渡る酸性雨の暴露があつたのにも関わらず指針値を下回っていたことから,一般環境中においてもスラグは安全であることが確認できた。また,ブロックに含有されるスラグの配合割合による差も見られなかつた。

長崎県においては,平成15年12月に「長崎県溶融スラグ有効利用指針」が定められたことから,今後,溶融スラグの土木建築資材としての利活用が進むことに期待したい。

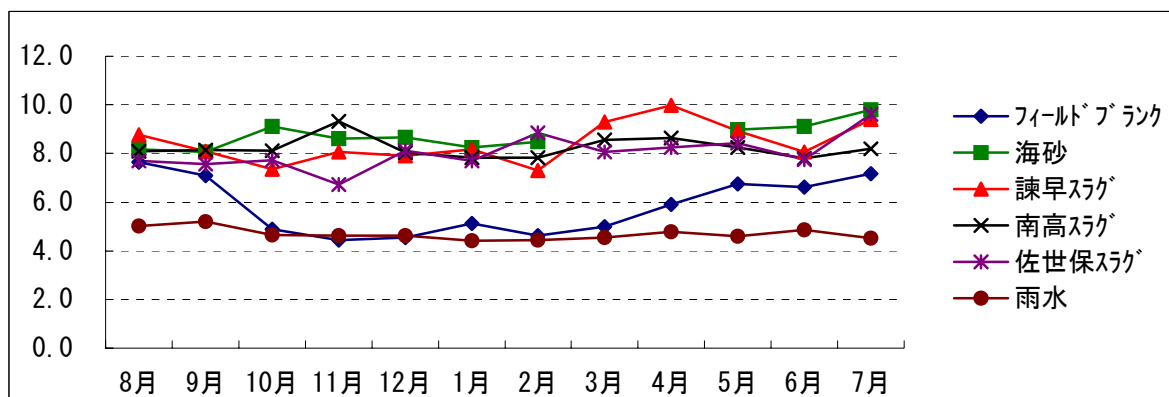


図3 溶融スラグからの浸透水のpH測定結果

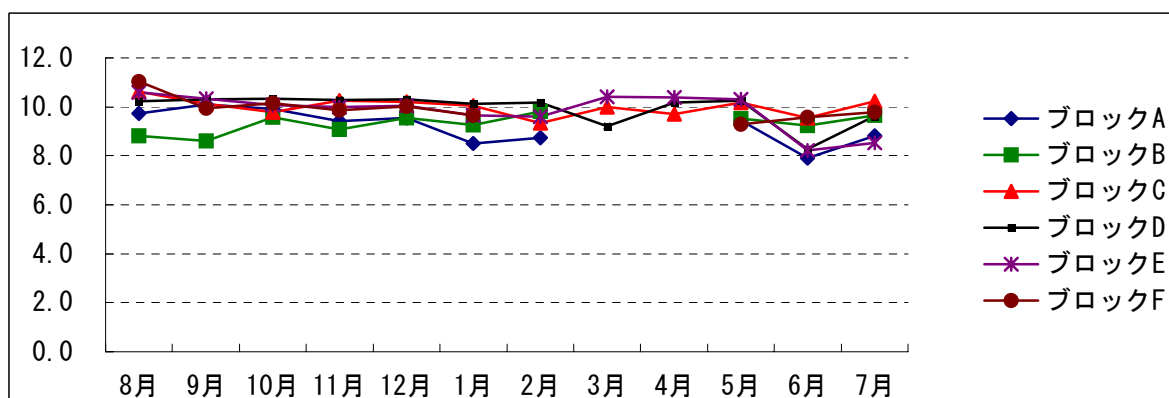


図4 インターロッキングブロックからの浸透水のpH測定結果

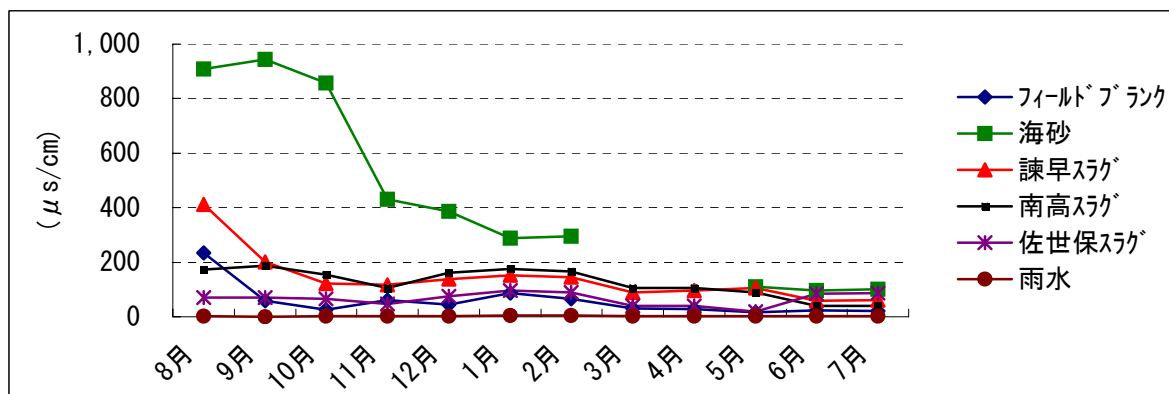


図5 溶融スラグからの浸透水のEC測定結果

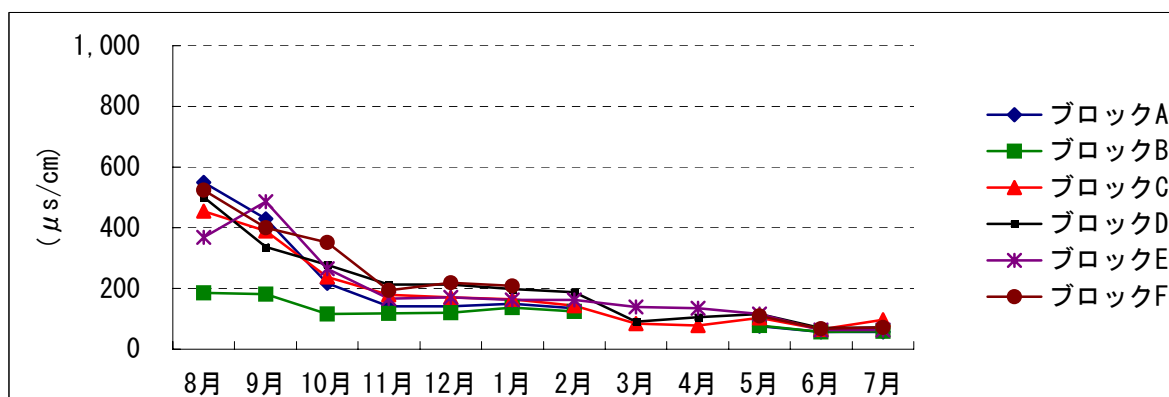


図6 インターロッキングブロックからの浸透水のEC測定結果



# 大村湾の水質調査結果（2003年度）

石原 崇雄・濱邊 聖・八並 誠

## Water Quality of Omura-Bay (2003)

Takao ISHIHARA, Masashi HAMABE, and Makoto YATUNAMI

Key Words: Omura-Bay, COD, DO, T-N, T-P

キーワード: 大村湾, 化学的酸素要求量, 溶存酸素, 総窒素, 総磷

### はじめに

長崎県では 1971 (昭和 46) 年に水質調査を開始し、大村湾については 1974 (昭和 49) 年に、環境基準の類型指定がなされ、以後継続的に水質調査を行っている。

2003 (平成 15) 年度に実施した大村湾の水質測定結果について報告する。



図1 大村湾調査地点

### 調査結果

#### 1 気象概況

##### 1. 降水量

平成 15 年度の降水量は、総雨量で 1,710mm を記録した。これは平年値(1,959mm)の約 87 % の降水量であり、昨年度(1,584mm)よりやや多い降水量であった。月別では、平年値と比べると、4 月が平年の倍近くあり、5 月から 7 月は逆に少なくなった。(図 2)

\*平年値は、長崎海洋気象台発表の値を用いた。(1971 ~ 2000 の 30 年の統計)

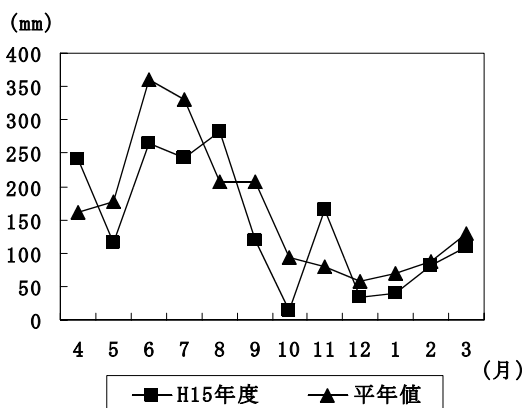


図2 降水量の月別変化

##### 2. 日照時間

平成 15 年度の日照時間は、1831 時間(平年値 1868 時間)で月平均 152.6 時間(平年値 155.7 時間)と平年並みの日照時間であった。月別で比較してみると、特に 7,8 月の日照時間が短く、9,10 月が長かった。(図 3)

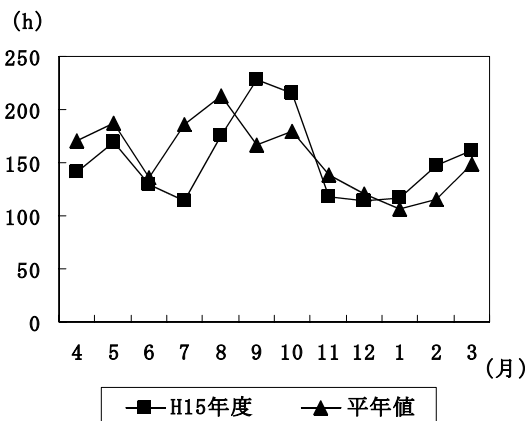


図3 日照時間の月別変化

##### 3. 気温

平成 15 年度の気温は、月平均 17.5 °C で平年値(16.9 °C)と比べるとやや高かったが、月別に見ると大きな変動は見られなかった。

## 2 水質概況

### 1. 水温

平成 15 年度の表層の平均水温は、19.1℃で過去の平均値(18.8℃)と同程度であった。また、底層の水温を測定している中央 3 地点(中央中、中央南、堂崎沖)の表層及び底層の水温の月別変化は図 4 のとおりで、例年では成層が強い 6,7 月の温度差が 15 年度は小さく、風等の影響により成層の形成、攪拌が繰り返された可能性がある。

\*平均値は平成元年から14年度までの測定結果の平均を用いた。

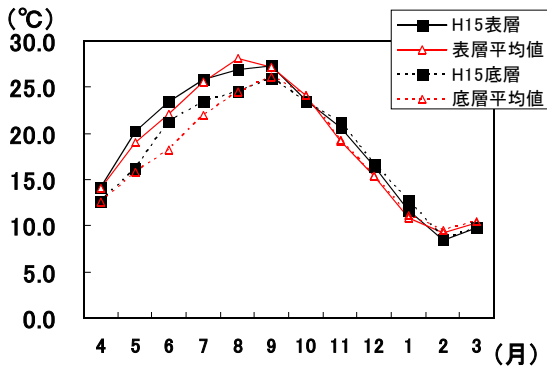


図4 水温鉛直分布

### 2. 透明度

平成 15 年度の平均透明度は、4.1m で前年度(4.0m)と同程度であり、過去の平均値(4.9m)より 0.8m 低い値であった。特に、6,7 月が非常に低く、後述する COD 等と同じような傾向であった。(図 5)

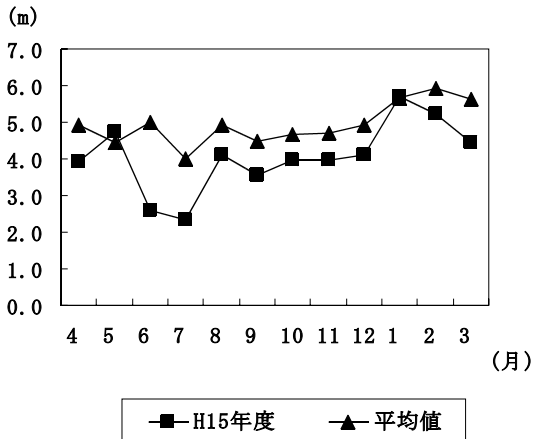


図5 透明度の月別変化

### 3. 溶存酸素

平成 15 年度の表層の平均溶存酸素は、8.2mg/l であり、過去の平均値(8.3mg/l)と同程度の値であった。また、底層の溶存酸素を測定している中央 3 地点(中央中、中央南、堂崎沖)の底層の溶存酸素は全体的に過去の平均値を上回る傾向であった。

大村湾では例年夏場に底層の貧酸素化現象が

見られていたが、15 年度もほぼ同様の傾向を示しているが、6 月に前月より高い値になっており、一度形成された成層が攪拌された可能性を示している。(図 6,7)

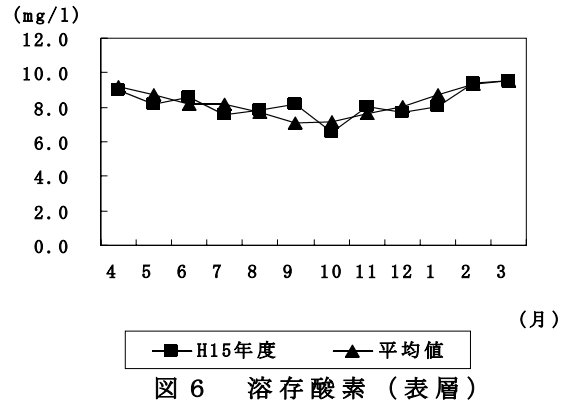


図6 溶存酸素(表層)

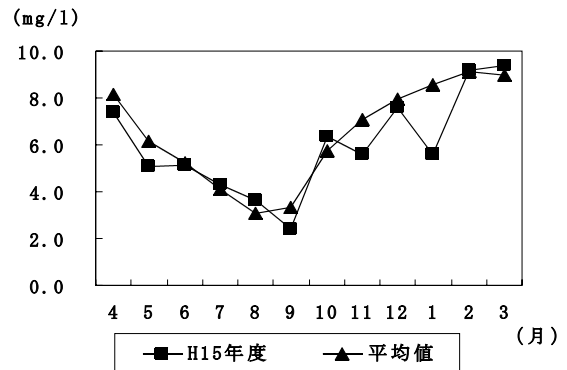


図7 溶存酸素(底層)

### 4. COD

平成 15 年度に測定した 17 地点での平均 COD 値は、2.9mg/l(75%値の平均は 3.2mg/l)で前年度(17 地点平均値 2.6mg/l)より 0.3mg/l 高くなっている。月別で見ると、ほぼ毎月平均より高めに推移しており、特に 6 月～ 9 月の値が高めである。(図 8)

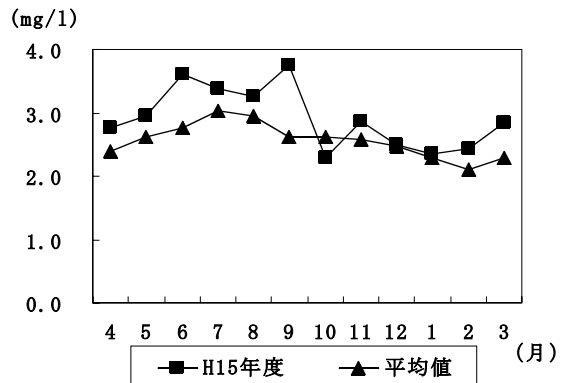


図8 COD月別変化

環境基準を評価する 75 % 値を地点別に見ると大村湾における環境基準(COD2.0mg/l)を満足する地点はなく、過去 5 年間(平成 10 年～ 15 年)の平均と比較してみると、例年低めに推移している湾奥

部及び湾北部の 75 % 値が高くなっているのが特徴的である。(図 9)

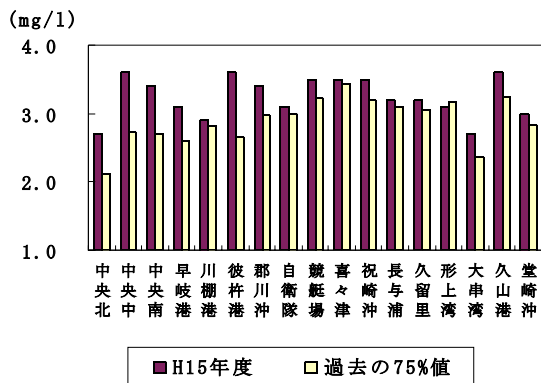


図 9 地点別 COD75% 値

### 5. 栄養塩類

平成 15 年度の T-N 及び T-P の平均値は 0.26mg/l、21  $\mu$ g/l で過去の平均値(0.23mg/l、19  $\mu$ g/l)より高めの結果であった。月別では、T-N、T-P ともに 6 月と 7 月に例年と違う大きなピークが見られ、これは後述するクロロフィルaのピークとも一致している。(図 10,11)

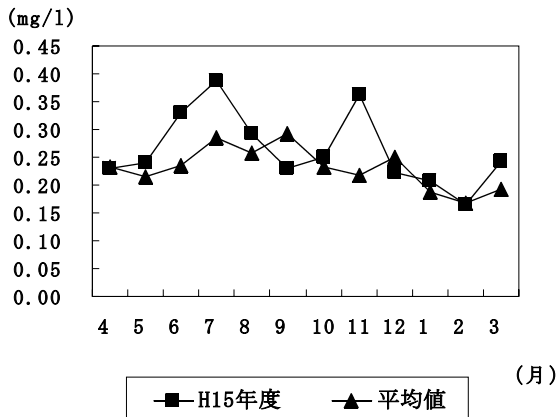


図 10 総窒素の月別変化

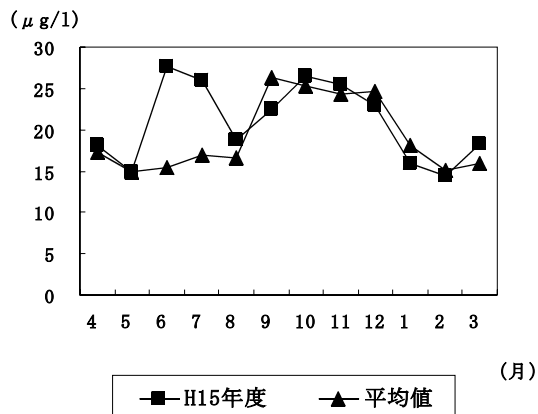


図 11 総リンの月別変化

### 6. 塩素イオン(表層)

平成 15 年度の平均値は、17,500mg/l で過去の平均値(17,400mg/l)と同程度であったが、月別でみると、5,6,7 月の値が低めで採水当日に降雨の影響があったものと思われる。(図 12)

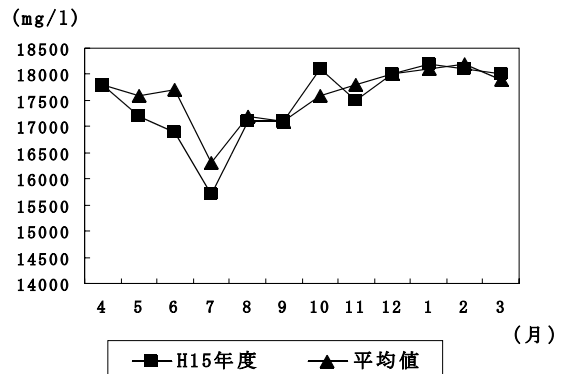


図 12 塩素イオンの月別変化

### 7. クロロフィルa

平成 15 年度のクロロフィルaは、図 13 のとおり 6 月、7 月に非常に大きいピークを示し、T-N,T-P と同じ推移をしており、8 月、9 月の結果も含めて、この間の COD の値の上昇がプランクトンの増殖によるものと見られる。

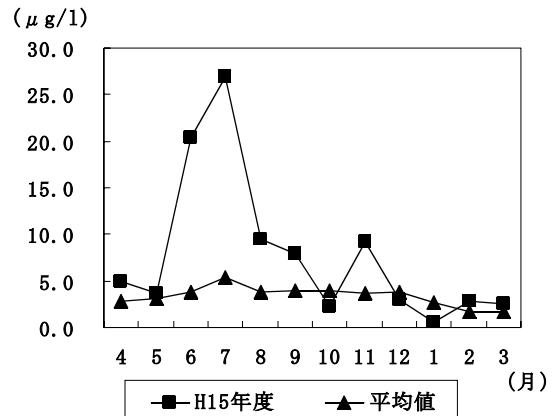


図 13 クロロフィルaの月別変化

## 3 まとめ

平成 15 年度の COD75 % 値の全湾平均値は 3.2mg/l と昨年度(2.8mg/l)と比べ 0.4mg/l 高い値であり、水質の改善は進んでなく、悪化傾向にある。

また、COD の年間平均値についても 2.9mg/l と昨年度(2.6mg/l)と比べ高めであり、ここ数年でみても、平成 5 年度の平均値 3.1mg/l に次ぐ値であった。(図 14)

地点別に見てみると、例年高めに推移している湾奥部だけでなく、湾中央部の COD75%値も高くなっており(図 9)、このことが平均値の上昇に繋がっている。これは、平成 15 年度の COD 増加が陸域

からの負荷ばかりでなく、底質からの窒素・リンの溶出も大きな要因であった可能性が考えられる。

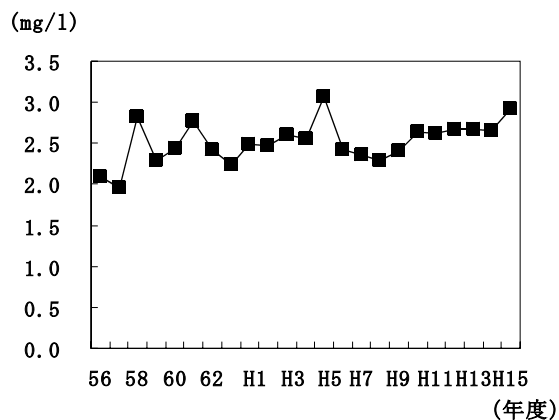


図 1 4 COD平均値年度別変化

今後、この水質悪化の傾向を改善していくためには、陸域からの負荷削減対策として、下水道の普及促進、下水処理の高度化(窒素・リンの削減)等の対策の推進が必要と思われる。

また、併せて湾内での直接浄化や自然生態系を活用した浄化能向上手法の導入、底質の浄化等の検討が必要と思われる。