

ISSN : 1344-865X

高知県環境研究センター所報

第 26 号

平成21年度

高知県環境研究センター

はじめに

当所は、法条例等に基づく各種の環境測定や工場立入検査等を基本業務としながら、次の重点課題を設定して調査研究等に取り組んでいます。

- ① 大気環境、地球温暖化及び越境汚染に関する調査研究
- ② 水環境の保全・再生に関する調査研究
- ③ 循環型・低炭素型の地域社会の形成、環境ビジネス振興に関する調査研究
- ④ 環境中化学物質に関する調査研究、環境汚染に係る危機管理対応
- ⑤ 環境情報啓発、業務技術の継承

本報では、これらの業務活動の中から、①大気環境関連3題、②水環境関連2題、③循環型・低炭素関連1題、計6題の報文をとりまとめました。

上記のとおり、当所の業務は地域環境の把握と保全に関する調査研究が中心であり、農林水産工業など経済分野を対象にした研究機関とはやや異なる側面があります。

例えば、当所が日常取り組んでいる各種の「測定データ」は、多くの要素から構成された環境事象を測定項目という切り口で抽出したものです。これらのデータは、私たちの生活圏の中で刻々に変化する生身の環境をとらえた記録情報であり、再現性を前提とする「実験データ」とは異なり、それ自体が固有の情報価値を有しています。このため、実験データを基に利便性や効率性を追求する研究機関と比べると、当所のスタンスは自ずと測定データの継続性や精度管理等を重視する地味な性格を帯びることになります。

とはいえ、個々のデータはあくまで限られた点情報です。それらを集約し現象機構の解明、影響評価、将来予測などより有用な情報へまとめあげることが重要であり、このような公益価値の高い情報を提供し活用することが当所の基本的役割と認識しています。

また、これらの測定業務は環境分野の専門知識と機器等を基に実施されています。そのソフト・ハードの資源を環境ビジネス分野の振興に役立てることも、地域活性に貢献すべき公的機関として重要な課題であると認識されます。環境ビジネスの重要性が増す今日、この役割は今後ますます高まるものと予想され、当分野への取組の強化が必要と考えています。

この所報も、このような当所の業務性格と新しい課題方向への試行錯誤が反映されたものになっていると思います。今後も地方公設の環境研究機関として有益な役割を果たしていくためにも、多数のご意見やご教示をお待ち申し上げます。

平成22年12月

高知県環境研究センター

所 長 藤 村 茂 夫

目 次

I 環境研究センターの概要

1. 沿 革	1
2. 施設の概況	1
3. 組織及び主な業務	2
4. 職員一覧	3
5. 人事異動	3
6. 平成22年度予算（歳出見込）	3
7. 主要備品	4

II 業務概要

1. 平成21年度決算（歳出）	5
2. 学会・会議及び研修への参加（平成21年度）	5
3. 各担当業務概要	7
企画担当	7
大気担当	10
水質担当	12

III 調査研究報告

1. 木質ペレット燃焼灰を適正かつ安全に有効利用するための調査研究	17
2. 押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について（2）	25
3. 高知県における大気中揮発性有機化合物（VOC）およびフロン類濃度（平成9年～21年度）	37
4. 航空機騒音に関する並行測定の結果について	49
5. 仁淀川河口域における微量金属等の動向調査結果について（2007～2009年度）	61
6. 水質汚濁防止法第17条の規定に基づく「公共用水域及び地下水の水質測定結果」の 利用に関する試み・高知県沿岸海域の水温経年変化について（その1）	67

IV 所報投稿規定	79
-----------------	----

I 環境研究センターの概要

I 環境研究センターの概要

1. 沿革

昭和46年4月1日	衛生研究所に公害部設置
昭和48年4月1日	機構改革により、公害防止センター発足
昭和61年3月20日	高知県公害防止センター・高知県赤十字血液センター・(財)高知県総合保健協会との合同施設「高知県保健環境センター」完成
昭和61年4月14日	新庁舎に移転、業務開始
平成9年4月1日	機構改革により、企画情報科・総合環境科・大気科・水質科の4科制となり名称を「高知県環境研究センター」に変更
平成19年4月1日	機構改革により、4科制を企画担当、大気担当、水質担当の3担当チーフ制に変更

2. 施設の概況

(1) 所在地

〒780-8010 高知市棧橋通6丁目7-43

電話 088(833)6688 (総務事務室)
6689 (企画・大気担当職員室)
6690 (水質担当職員室)

FAX 088(833)8311

E-mail 030802@ken.pref.kochi.lg.jp

敷地面積：2,187m² 建築面積：1,163m²

規模構造：鉄筋コンクリート造5階建 4, 5階分 延床面積：1,239m²
別棟(車庫, 倉庫)：124m²

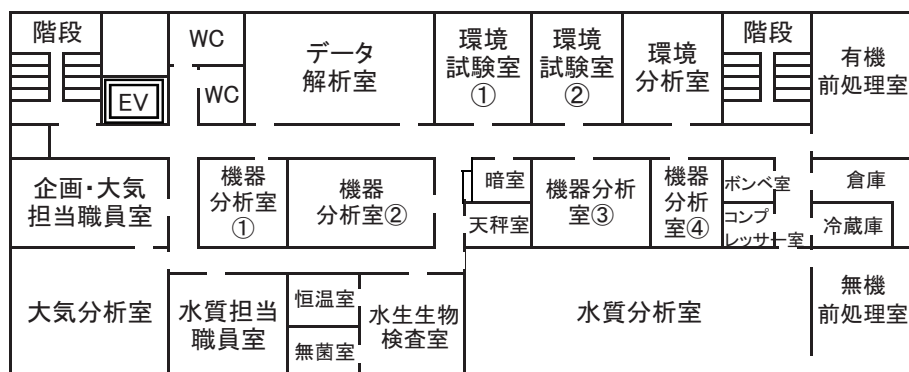
(2) 配置図

< 4 階 >

企画・大気担当職員室	34.8m ²	恒温室	10.0m ²	機器分析室④	15.9m ²
大気分析室	56.2	無菌室	10.0	暗室	5.6
データ解析室	51.5	水生生物検査室	30.0	天秤室	10.7
環境試験室	31.0	有機前処理室	50.8	倉庫	28.8
企画担当職員室	20.4	無機前処理室	52.4	冷蔵庫	6.0
環境分析室	34.7	機器分析室①	20.1	ボンベ室	3.4
水質担当職員室	31.8	機器分析室②	39.2	コンプレッサー室	3.8
水質分析室	133.5	機器分析室③	35.4		

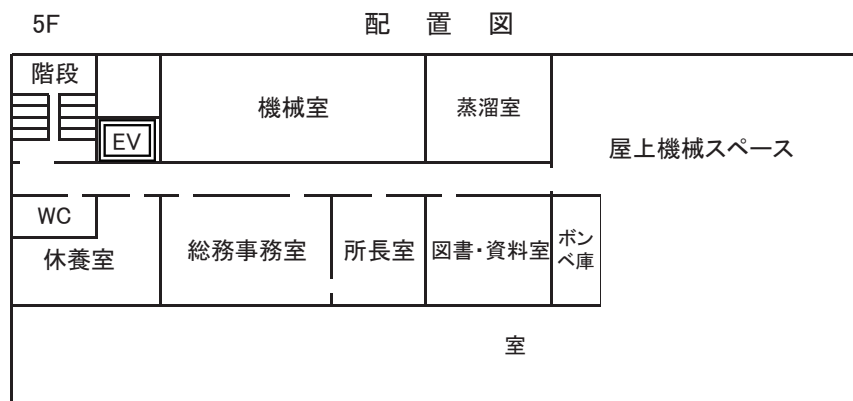
4F

配置図

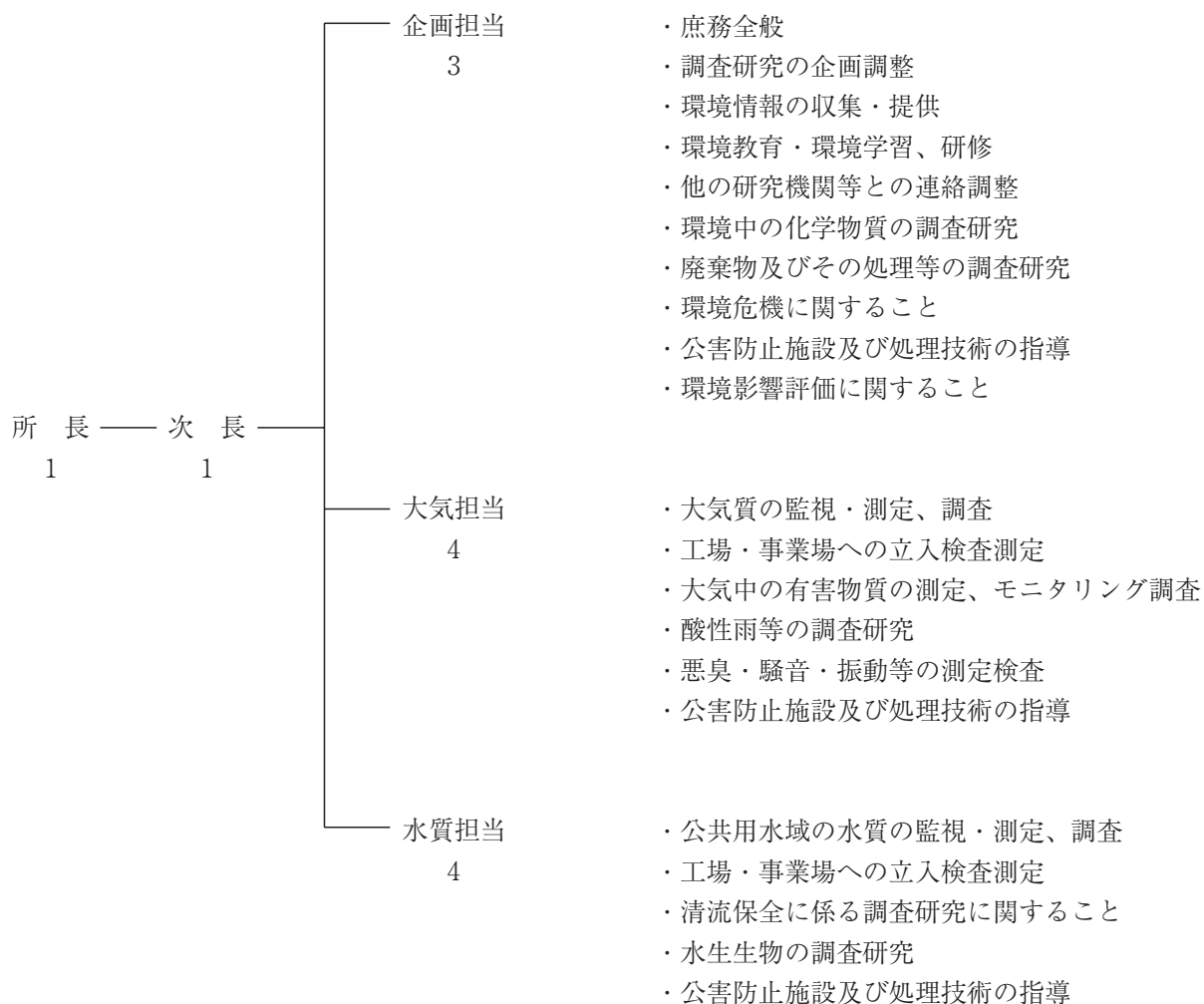


< 5 階 >

所長室	18.4m ²	蒸溜室	36.3m ²
総務事務室	30.5	機械室	60.7
図書・資料室	34.6	ボンベ庫	5.6
休養室	30.6		



3. 組織及び主な業務



4. 職員一覧

平成22年4月1日現在

職 名	氏 名	職 名	氏 名
所 長	藤 村 茂 夫	主 任 研 究 員	武 市 佳 子
次 長	山 崎 靖 久	主 任	鍋 島 佐 知
チーフ（企画担当）	山 村 貞 雄	主 任 研 究 員	西 山 泰 彦
チーフ（大気担当）	西 孝 仁	研 究 員	十 川 紘 一
チーフ（水質担当）	山 中 律	研 究 員	貞 岡 秀 俊
主 任 研 究 員	桑 尾 房 子	研 究 員	富 田 健 介
主 任 研 究 員	佐 藤 祐 二		

5. 人事異動（平成22年4月1日付）

（転出者・退職者）			（転入者・新採者）		
職 名	氏 名	転 出 先	職 名	氏 名	前 所 属
次 長	小 田 孝	退 職	次 長	山 崎 靖 久	中央西福祉保健所
			研 究 員	富 田 健 介	新 採

*上記以外に、所内異動として藤村茂夫の異動があった。

6. 平成22年度予算（歳出見込）

（千円）

	環 境 対 策 費	環 境 共 生 費	県 有 施 設 管 理 費		計
報 酬					
共 済 費					
報 償 費					0
旅 費	1,034	157			1,191
需 用 費	25,634	1,150	455		27,239
役 務 費	450				450
委 託 料	25,232				25,232
使 用 料	6,239				6,239
工 事 請 負 費					0
原 材 料 費					
備 品 購 入 費					
負 担 金 補 助	81				81
公 課 費	9				9
計	58,679	1,307	455	0	60,441

* 変更の可能性有り（11月以降追加令達）

7. 主要備品

平成22年3月31日現在

品 名	規 格 ・ 型 式 等	数量
軽自動車 高知 480か 1044	スバル	1
軽自動車 高知 41き 5929	スズキ エブリイ	1
小型自動車(四輪貨物自動車) 高知400す 9658	ニッサン	1
特殊用途車(大気環境測定車) 高知88す4018	日野KC-FC2JGAA	1
イオンクロマトグラフ	DIONEX2000I/SP	1
イオンクロマトグラフ	DIONEXICS-90	1
高速液体クロマトグラフ	トライローターⅢ型	1
高速液体クロマトグラフ	島津 LC-10	1
高速液体クロマトグラフ	ウォーターズ 616LC	1
高速液体クロマトグラフ用蛍光検出器	ウォーターズ 474スキャニング47400	1
高速液体クロマトグラフポストカラム反応システム	ウォーターズ (送液・反応・分離・データ処理部)	1
ガスクロマトグラフ	島津GC-14A	1
ガスクロマトグラフ	島津GC-14B	1
ガスクロマトグラフ質量分析計	H P 5973MSD	1
ガスクロマトグラフ質量分析計	日電 JMS-K9	1
ガスクロマトグラフ質量分析装置	日本電子 Agilent7890/Jms-Q1000GCMK II	1
大気中有害物質測定用ガスクロマトグラフ質量分析装置	日電 JMS-MAⅡ-15	1
大気中有害物質測定用加熱導入装置	ジーエルサイエンス	1
原子吸光分析装置	AA ANalyst 800	1
原子吸光分析装置(土壌・水質Hg用)	日本インスツルメンツマーキュリーRA-1S	1
水銀分析装置(大気Hg用)	日本インスツルメンツマーキュリーMD-1	1
落射蛍光顕微鏡	日本光学 XF-DFD2	1
紫外可視分光光度計	日立U-3010	1
フーリエ変換赤外分光光度計	日本分光FT/IR-480Plus	1
濁度・色度測定器	日本電色工業 WA6000	1
全有機炭素測定装置	島津-TOCVCPH	1
低温灰化装置	ヤナコ分析工業LTA-104	1
高速冷却遠心機	久保田製作所MODEL-6700	1
固相抽出装置	ザイマーク社 オートトレースE	1
抽出用定流量ポンプ	日本ウォーターズSep-PakコンセントレーターPlus	1
航空機用自動演算騒音計	リオンNA-33(2台) リオンNA-36	3
航空機騒音観察装置	リオンNA-37	2
1/3実時間周波数分析器	リオンSA-25	1
騒音振動レベル処理装置	リオンSV-72	1
大気汚染測定データ管理システム	電気化学計器ローカルコンバーダーDNS-308	1
オキシダント計動的校正装置	オゾン濃度計MODEL1150	1
等速吸引装置	岡野製作所ESA-302CT-20N	1
煙道用窒素酸化物測定装置	アナテック・ヤナコ ECL-88A0	1
デジタル測風経緯儀(TD-3&TD-105)	マミヤ計測システム	2
レブコ超低温槽(超低温フリーザー)	ULT-1786-3	1
自動化学分析装置	ビーエルテックオートアナライザーswA A t	1
X 線回折装置	RIGAKU MultiFlex	1
エネルギー分散型蛍光X 線分析装置	日本電子 JSX-3220	1
生物顕微鏡	オリンパス BHSU323、BHSU322	2
ビデオマイクロスコープ装置	モリテックス MS-803	1
位相差分散顕微鏡	ニコン顕微鏡 ECLIPSE80i	1
ICP質量分析装置	Agilent 7500ce	1

Ⅱ 業 務 概 要

Ⅱ 平成21年度業務概要

1. 平成21年度決算（歳出）

（千円）

	環境対策費	環境共生費	県有施設 管理費		計
報酬					
共済費					
賃金					
報償費					0
旅費	1,134	157			1,291
需用費	26,637	443	780		27,860
役務費	492				492
委託料	21,506				21,506
使用料	7,679				7,679
工事請負費					0
備品購入費	397				397
負担金補助	81				81
公課費	106				106
計	58,032	600	780		59,412

2. 学会・会議及び研修への参加（平成21年度）

期 間	用 務	開催地	出席者
学会等			
21. 9. 15～19	全国酸性雨対策連絡会議と大気環境学会	東京都・神奈川県	西
21. 9. 16～18	第20回廃棄物資源循環学会研究発表会	愛知県	山村
22. 3. 14～17	第44回水環境学会	福岡市	西山
会議			
21. 6. 23	平成21年度酸性雨モニタリング（土壌・植生）調査委託業務担当者会議	東京都	山中
21. 7. 9	平成21年度環境放射線等モニタリング調査説明会	千葉県	西
21. 8. 4～ 5	全国環境研協議会中国四国支部会議	鳥取県	小田・西
21. 8. 4～ 5	第63回地方衛生研究所全国協議会中国四国支部会議及び平成21年度全国環境研協議会中国四国支部会議	鳥取県	山中
21. 8. 5	平成21年度環境測定分析統一制度管理ブロック会議	岡山県	大森

期 間	用 務	開催地	出 席 者
21. 8.25～26	平成21年度C型共同研究・第1回中国四国・九州拡大グループ会議	福岡市	西
21.10. 5	平成21年度第1回全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会	東京都	武市
21.10. 7～ 9	「地球温暖化がもたらす日本沿岸域の水質変化とその適応策に関する研究」打ち合わせ	仙台市	西山
21.12. 1	平成21年度GEMS/Water 国内担当者会議	東京都	桑尾
21.12.17～18	平成21年度 C型共同研究・第2回中国四国・九州拡大グループ会議	福岡市	西
22. 1.26～27	平成21年度 酸性雨広域大気汚染調査研究会議	つくば市	武市
22. 2.10	平成21年度国設酸性雨・大気環境測定所担当者会議	東京都	桑尾
22. 2.17～18	第25回全国環境研究所交流シンポジウム、施設見学	茨城県	西
22. 2.25～26	全国環境研協議会総会及び地方公共団体環境試験研究機関等所長会議等	東京都	小田
22. 3. 1～ 2	2009年度木文化プロジェクト報告会	京都市	山中・大森（1日）
22. 3. 3	平成21年度PM2.5モニタリング試行事業自治体担当者会議	東京都	西
22. 3. 8	平成21年度酸性雨モニタリング（土壌・植生）調査結果ヒアリング	東京都	山中
22. 3.10	循環型社会推進科学研究に関する意見交換会	岡山県	山村・十川
22. 3.11～12	C型共同研究「光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究」第1回全体研究会	岡山県	西
研修			
21. 5.19～22	平成21年度国設酸性雨測定所管理運営業務担当者講習会	新潟県	西
21.6.23～7.9	機器分析研修	埼玉県	武市
21. 7.16～17	平成21年度第1回音環境セミナー	東京都	武市
21.7.26～8.7	環境汚染有機化学物質分析研修	埼玉県	西山
21. 8. 6～ 7	平成21年度石綿含有建材の石綿含有率測定に係る講義講習会	広島県	十川
21.10.18～30	廃棄物分析研修	埼玉県	十川
22. 1. 9～20	平成21年度化学物質環境実態調査環境科学セミナー	東京都	十川
22. 2. 3	平成21年度低周波音測定評価方法講習会	東京都	武市
22. 3.16	光化学オキシダント自動計測器の校正に係る研修	松山市	佐藤

3. 各担当の業務概要

1 企 画 担 当

企画担当は、①予算の編成執行管理や物品購入管理事務等の庶務一般業務、②環境に関する情報の収集提供等の環境情報普及啓発業務、③環境中化学物質や廃棄物に関する調査研究及び環境汚染事故等に対する危機管理に関することを主な業務としている。

1-1 環境情報普及啓発業務

平成21年度は、環境情報普及啓発事業（アウトソーシング業務）として、①ホームページによる環境情報発信、②環境学習等の啓発資材等の作成、③親子かんきょう学習会等の環境学習の実施等を民間に委託して実施した。

(1) ホームページによる環境情報の発信

センターのホームページを充実し、業務や研究の概要、環境学習支援・こどもコー

ナー、高知県の大気、水質及び酸性雨などの状況について、県民によりわかりやすく加工して情報提供を行った。

ホームページアドレス <http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030802/>

(2) 環境学習支援・研修

学校、市町村教育委員会等環境関連団体に対し、水生生物調査セットや環境パネルなどの環境学習用資材の貸出及び学習ガイドブック等の提供を行った。その概要は表1のとおり。

(3) 「親子かんきょう学習会」の開催

親子で楽しむ環境学習会の概要は表2のとおり。

表1 環境学習資材の貸出し状況

	水生生物 調査セット (件数)	簡易水質 調査キット (件数)	環境パネル (件数)	書籍資器材 (件数)	学習資材提供 (件数)
平成21年度	8	0	3	4	15
平成20年度	7	2	3	10	13

表2 親子かんきょう学習会開催概要

テ ー マ	目 的	実施月日	開催場所	参加人員
仁淀川水質調査	身近な河川の水質調査を通じて、環境問題を考えるきっかけを作る。	8月1日	仁 淀 川 河 川 敷	6組17人

- (4) 「学校教育活動支援出張講座」の開催
学校では行われていないテーマや実験等を出張講座として高知県教育委員会の後援を受け実施。その概要は表3のとおり。

- (5) 「環境教育リーダー初心者研修会」の開催
将来的に地域で環境教育活動の指導者として活躍できる人材の裾野を広げるため、県内在住の一般県民を公募し、環境教育に関する理念、技術等を学んでもらった。第1次研修会の全5回講座のうち後半の3回

を実施した。8月1日の研修は、表2の親子かんきょう学習会に講師として参加した。

また、3月からは第2次の研修会を開始し、全5回講座のうち、前半の2回を実施した。その概要は表4のとおり。

- (6) 調査研究成果等発表会
当センターが実施した調査研究の中から最近取りまとめたテーマについて調査研究成果等発表会を実施した。その概要は表5のとおり。

表3 学校教育活動支援出張講座開催概要

テ ー マ	目 的	実施月日	開催場所	参加人員
酸性雨について調べよう	酸性雨の原因を学び、自動車の排気ガスを調査	6月7日	野市小学校理科室 (香美市)	児童 21名 保護者 15名 教職員 1名
川と私たちの暮らし	水質調査、水生生物調査、清流度などを通して川について考える	6月9日	西ヶ方小学校 (四万十市)	児童 16名 保護者 4名 教職員 6名

表4 環境教育リーダー初心者研修会開催概要

テ ー マ	目 的	実施月日	開催場所	参加人員
環境教育の目指すもの	環境教育の基本の学習、講師実習準備	6月27日	牧野植物園アトリエ実習室	10名
環境教育NPOの紹介	講師実習準備	7月18日	自由民権記念館研修室	10名
仁淀川水質調査	環境学習の講師実習	8月1日	仁淀川河川敷	10名
環境指標生物としての水生昆虫	水生昆虫の採集法と観察及び講義	3月6日	鏡川上流河川敷	6名
閉鎖性海域における水質と沿岸の生き物	閉鎖性海域の特性と水質の諸問題 水質浄化の仕組み	3月13日	浦ノ内湾干潟	7名

表5 調査研究成果等発表会の概要

開催年月日	平成22年1月29日(金)
開催場所	高知県総合保健協会3階研修室
出席者	行政・大学・民間研究機関等33名
発表テーマ	・高知県に発生した地下水の六価クロム汚染とその対策 ・波介川流域における水田農薬の河川流出状況 ・押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について ・高知県における光化学オキシダントの状況について ・HPアクセスログ解析結果から見た環境情報需要について

1-2 廃棄物に関する調査研究業務

焼却灰の有効利用に関する次の2テーマについて調査研究した。

(1) 木質ペレット燃焼灰の適正かつ安全有効な資源化研究

二酸化炭素の削減や森林間伐材の利用促進のため、木質ペレットを燃料とするボイラーなどの導入が進んでいる。一方で、これらの設備から発生する燃焼灰のほとんどは産業廃棄物となるため、その適正な処理が課題となっている。

そのため、木質ペレット燃焼灰の適正かつ安全有効な資源化に向けての予備的な調査を実施した。

(2) 一般廃棄物焼却施設の焼却灰の有効利用を目的とした重金属除去技術の開発

埋立処分場の逼迫や、無害化処理による経費の圧迫などにより、一般廃棄物焼却灰の有効利用は、従前から様々な取り組みがされてきている。工業技術センターでは焼却灰のゼオライト化技術を確立しているが、灰由来の鉛成分の除去が問題点として残っており、当センターとの共同研究として資源化利用を目指している。

当センターでは、鉛を除去するための予備的研究として県内の一般廃棄物焼却施設5施設を対象に焼却灰の実態調査等を実施した。

1-3 化学物質環境汚染実態調査（環境省委託）

環境省委託を受け、四万十川河口部を対象に、化学物質（POPs等27物質群32物質）の環境残留性及び生物蓄積量について継続調査を行った。概要は表6のとおり。

表6 化学物質環境汚染実態調査の概要

事業名	平成21年度	平成20年度
モニタリング調査	水質1地点 底質3地点 生物（スズキ） 5検体	水質1地点 底質3地点 生物（スズキ） 5検体

注）環境研究センターは試料採取と前処理のみ実施

1-4 行政依頼検査と危機管理

(1) 一般行政依頼

化学物質による環境汚染事故や公害苦情等に関し、福祉保健所及び市町村等の関係行政機関からの依頼に基づき、主として危機管理の観点から、原因の究明や汚染の拡大防止、環境の改善を図るための試験検査を実施した。行政依頼検査の実施状況は表7のとおり。

表7 行政依頼検査の概要

調査対象	調査項目	平成21年度		平成20年度	
		件数	検体	件数	検体
魚のへい死等 (生物質, 水質, 底質)	農薬類	1	2	—	—
水質汚染物質測定	有害化学物質等	1	36	1	48
木質燃焼炭	Cr ⁶⁺ 等 重金属類	1	1	1	1

(2) 石綿（アスベスト）検査測定

県関係機関の依頼に基づき、公共施設の吹付け材（建材）に関するアスベスト含有検査を実施した。その概要は表8のとおり。

表8 アスベストの検査測定状況

検査測定項目		平成21年度	平成20年度
含有検査	吹付け材	19件	100件
	不法投棄物	0件	0件

2 大 気 担 当

大気担当は、①県内の大気環境の監視測定、②酸性雨調査、③騒音・振動・悪臭調査等に関することを主な業務としている。

2-1 大気環境の監視測定調査

(1) 大気常時監視

南国市、須崎市、いの町における常時監視局5局において、自動測定機11台で大気環境の監視と気象の観測を行っている。

各測定局の設置場所と測定項目は、表1のとおり。

なお、移動測定車は常時監視局による測定体制を補完するため、須崎市で1回、佐川町で1回の測定を実施している。

このうち、環境基準項目の測定結果については光化学オキシダントを除いて基準を達成していた。

表1 測定局別測定項目一覧表

(平成22年3月31日現在)

測定局 \ 測定項目	二酸化硫黄	窒素酸化物	一酸化炭素	光化学オキシダント	浮遊粒子状物質	風速	向風	日射量	放射線量	温度湿度	炭化水素
1 南国市 稲生					○						
2 南国市 大篠				○				○			
3 須崎福祉保健所	○				○	○					
4 須崎市押岡公園	○	○									
5 伊野合同庁舎	○				○	○					
6 移動測定車	○	○	○	○	○	○		○		○	○

(2) 有害大気汚染物質の測定

大気汚染防止法に基づき、継続的に摂取した場合に人の健康を損なうおそれのある物質のうち、特に健康リスクの高い物質の調査を行っている。調査場所、項目及び件

数は表2のとおり。

このうち、環境基準や指針値が設定されている項目については全て基準等を達成していた。

表2 有害大気汚染物質の測定状況

調査項目 \ 年度 場所	平成21年度		平成20年度	
	須崎福祉保健所	伊野合同庁舎	須崎福祉保健所	伊野合同庁舎
V O C (9物質)	108件	108件	99件	99件
アルデヒド類(2ヶ)	24件	24件	24件	24件
有害金属(6ヶ)	36件	36件	36件	36件
ベンゾ[a]ピレン	6件	6件	6件	6件

- (3) 工場・事業場の立入検査（ばい煙等測定）
大気汚染防止法に基づくばい煙発生施設の立入検査の実施状況は表3のとおり。

表3 ばい煙等測定実施状況

事 項		硫黄酸化物		窒素酸化物		塩化水素	
年 度		H21	H20	H21	H20	H21	H20
件 数		1	0	1	0	1	0
施設	焼成炉	0		0		0	
	その他	1		1		1	
不適合		0		0		0	

- (4) 光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究

光化学オキシダントについて、広域的な挙動を解明するため、平成18年度から国立環境研究所及び全国の地方環境研究所との共同研究（C型共同研究）に参加し、データ解析等を実施している。

今年度は大気環境学会年会において共同発表を行った。

2-2 酸性雨調査

- (1) 環境省委託事業（国設椿原測定所）

国の酸性雨調査計画に基づき、国設酸性雨測定所の管理委託を受けて調査を行っている。

その概要は表4のとおり。

表4 国設酸性雨測定所の調査概要

事 項		平成21年度	平成20年度
調査地点		椿原町太郎川	同 左
調査期間		4月1日～3月31日	4月1日～3月31日
調査項目	酸性雨	pH, 硫酸イオン, 硝酸イオン, アンモニウムイオン, ナトリウム等11項目	pH, 硫酸イオン, 硝酸イオン, アンモニウムイオン, ナトリウムイオン等11項目
	大気濃度	二酸化硫黄, 窒素酸化物, オゾン, 浮遊粒子状物質	二酸化硫黄, 窒素酸化物, オゾン, 浮遊粒子状物質
	気象	風向, 風速, 気温, 湿度, 日射量, 降水量	風向, 風速, 気温, 湿度, 日射量, 降水量

<環境放射線調査>

酸性雨調査とあわせて、環境放射線モニタリング調査の委託を受けて、空間線量率（環境γ線）、放射性ダスト（α線、β線）の調査を行っている。

- (2) 県単独調査（香北測定所）

雨水や大気由来沈着物の成分を分析し、酸性雨の発生機構解明や沈着物の成分実態に関する基礎資料を得ることを目的として調査を行っている。

その概要は表5のとおり。

表5 酸性雨調査の概要

事項	調査地点	検 体 数	項 目	延項目数
平成21年度	香美市香北町永瀬	湿性降下物 26	pH等 11項目	286
		乾性降下物(FP) 26	Na, K等 17項目	442
		乾性降下物(N-passive) 9	SO ₄ , NO ₂ 等 14項目	126
		乾性降下物(O-passive) 12	O ₃ , NO _x 等 4項目	48
平成20年度	同上	湿性降下物 26	pH等 11項目	286
		乾性降下物(FP) 25	Na, K等 8項目	225
		乾性降下物(N-passive) 12	SO ₄ , NO ₂ 等 14項目	168

2-3 航空機騒音調査

高知空港周辺における航空機騒音の環境基準達成状況の監視測定を行っている。
その概要は表6のとおり。

表6 航空機騒音調査の概要

	平成21年度	平成20年度
調査地点	5地点	5地点
調査時期	春・秋期の年2回（5地点）	春・秋期の年2回（5地点）
調査内容	7日間連続測定/1回	7日間連続測定/1回
調査結果	年w値 56～67	年w値 57～64

*環境基準値（単位：WECPNL）…地域類型Ⅰ：70以下，
地域類型Ⅱ：75以下

2-4 行政依頼検査

大気、悪臭及び騒音・振動等に関して行政機関からの依頼を受け、調査を行った。その概要は表7のとおり。

表7 公害苦情等に関する依頼調査の概要

		平成21年度		平成20年度	
		件数	地点	件数	地点
大気	臭	0	0	0	0
悪臭	臭	0	0	0	0
騒音・振動		2	4	2	4
その他		0	0	0	0

3 水 質 担 当

水質担当は、①県内の水質環境の監視測定、②清流保全関連調査、③水環境保全に関する各種調査研究等を主な業務としている。

3-1 公共用水域・地下水監視測定調査

水質汚濁防止法の規定に基づき、県は国、高知市とともに公共用水域における水質、底質及び地下水水質の監視調査を行っている。平成21年度に県（当センター）が実施したものは37河川44地点、3海域3地点、地下水4地点の合計51地点、底質は1海域1地点について調査・分析を行った。当センターにおける調査項目と検体数は表1のとおり。

3-2 工場・事業場の立入検査（排水監視測定）

排水基準の遵守状況を把握するため、水質汚濁防止法が適用される特定事業場について立入検査を実施した。その結果、本年度は不適合事業場はなかった。その概要は表2のとおり。

表2 工場、事業場排水監視測定調査

事 項	平成21年度	平成20年度
立入事業場数	60	61
排水測定検体数	258	238
不適合事業場数	0	2

表1 公共用水域・地下水監視測定調査の項目（センター実施分）等

調 査 項 目		平成21年度	平成20年度
		検 体 数	検 体 数
水 質	生活環境項目	90	98
	健康項目	480	490
	特殊項目	0	0
	その他の項目	3	3
	要監視項目	630	630
地下水	健康項目	60	67
	その他の項目	0	0
	要監視項目	30	36
底 質	一般性状	4	4
	健康項目	0	0
	特殊項目	0	0

3-3 四万十川清流基準モニタリング調査

清流基準の達成状況を把握するためのモニタリング調査を実施するとともに、流域住民等の調査活動に対する技術支援を行った。モニタリング調査結果は次のとおりであった。

清流度について、本川は平年並で基準値を達成していた。支川では平年並の値を示した地点が多かったが、根々崎橋（仁井田川）が5.3m（基準値4m）、後川橋（後川）が6.6m（基準値3m）、坂本橋（中筋川）が2.9m（基準値2m）を示し、昨年に比べ改善傾向がみられるが、鍛冶屋瀬橋は5.3m（基準値7m）とやや低下した。

水生生物については、本年度は昨年以上に生物数が少なく、ASPT値は高かったものの水質階級は地点によってはやや下降した。

全窒素は0.3mg/L、全リンは0.01mg/L

附近を示す所が多かったが、根々崎橋や吉見川橋では全窒素で1.0mg/L、全リンで0.03mg/Lを超えていた。

(1) モニタリング調査

調査地点と調査回数：12地点，
2回（2回/年）
調査項目：清流度，全窒素，全りん，
水生生物

(2) 流域住民等に対する調査指導

技術指導件数：15件（しゃえんじり*，四万十高校，川崎小学校，中村高校西土佐分校，幡多農業高校）
全窒素・全りん依頼検査数：15件
*地域づくりの会

<補足調査>

黒尊川清流基準等調査

昨年度から人的影響が最も少ない最上流域で調査地点を1箇所追加し，6箇所で開催を行った。現在のところ昨年度と比べて大きな変化はなく，概ね清流度15m，TOC 0.3mg/L，全窒素0.2mg/L，全りん0.01mg/L，水生生物種類数12，ASPT値8.0で清流が保たれている。

調査地点と調査回数：6地点，
4回（4回/年）
調査項目：清流度，全窒素，全りん，
水生生物，TOC

3-4 物部川清流保全計画関連調査

物部川清流保全計画は平成20年4月に国との協議を経て，7月に策定された。今後は県として具体的な実行計画を策定する必要がある，そのための基礎資料として水質調査を行っている。平成21年度はこれまでの結果をもとに，TOC，クロロフィルを新たに加えて調査を行った。

本年度のこれまでの調査では，濁度やSS，クロロフィル等が8月に全体的に高い値を示したが，それ以外の時期は昨年とほとんど同じであった。また全窒素，全りんは全ての地点で昨年とほぼ同等であった。

調査地点と調査回数：9地点6回（6回/年）
調査項目：T-N，T-P，クロロフィル，TOC，濁度，SS

<調査研究>

物部川で問題となっている濁りについて，本年度から有機成分と無機成分に分別して評価する手法を開発するために，過酸化水素による影響を検討した。その結果，有機物やプランクトン，緑藻等は過酸化水素処理によって完全に分解されるが，粘土鉱物のカオリンやベントナイトなどにはあまり影響は見られなかったものの，炭酸カルシウムや酸化鉄などには影響を与えることが分かった。今後は無機物質には影響を与えず，有機物質のみを分解すると考えられる光触媒利用などを検討する。

3-5 仁淀川清流関連調査

(1) 森里海関連調査（共同研究）

森林の皆伐や間伐，林道開設などの施業を行うことによる河川生態系や水質への影響を明らかにするために，京都大学と共同で本年度から調査を開始した。当センターは上流域における水生生物とクロロフィルを中心とした調査を受け持っているが，河川水のクロロフィル量は全ての地点で0.5μg/L未満であったのに対し，付着藻類のクロロフィル量は地点，季節で大きく変化し，9.88～0.35μg/Lであった。水生生物は種類数が5～15と少ない地点もあったが，個体数がかなり多いので，森の変化の指標にはなりえると思われる。

調査地点と調査回数：上流域6地点
(10月，1月)
中流域12地点
(8月，11月，2月)

調査項目：pH，EC，濁度，河川水クロロフィル，
付着藻類クロロフィル（上流域のみ），
水生生物相（上流域のみ）

(2) 清流保全計画関連調査

現行の清流保全計画の見直しのための基礎資料として，昨年度から水量の多い支川（5河川）の合流地点を加え，12地点で重金属を中心に調査を行った。その結果，本年度も上流域では地質由来と思われるSr（ストロンチウム）の溶出が顕著にみられ，春季，秋季にはFe（鉄），Mn（マンガン），Al（アルミニウム）等の溶出もみられた。生物由来か人為的なものか不明であるが，これらの成分は下流域まで流下していた。

調査地点：12地点（水生生物は4地点）
調査項目と調査回数
重金属（Zn, Fe, Co, Sr等）：5回（5回/年）

3-6 仁淀川河口域の水質調査（共同研究）

森の役割を河川から海域への栄養塩類や必須微量元素の供給量とアユの稚魚や青ノリ等の生育状況との関連でとらえ、汽水域の生態系保全に資するために、仁淀川汽水域を対象に、水産試験場と共同で調査を行った。

本年度は8月の大雨以降、河口の土砂が除かれたことで海水の流入が増え、塩分濃度の上昇が顕著に認められるとともに、河口域において他の金属（ストロンチウム等）の流入と川から供給される溶存Fe（鉄）の濃度が低くなった。本年度の青のりは全般的に生育不良であったが、このような塩分濃度や無機成分の変化も生育不良の原因のひとつではないかと推測された。

調査地点と調査回数：汽水域5地点、
1回/月（2月まで）
調査項目：pH, EC, 濁度、
重金属等（Fe, B, Sr, Cr等）

3-7 南国市篠原地区の地下水中の六価クロム汚染対策

平成19年7月に南国市篠原地区の地下水中から環境基準を超える六価クロムが検出された。調査の結果、汚染原因はメッ

キ工場からのサージェント溶液の漏出であることが判明し、同工場に対しては行政指導が行われ、土壤汚染防止法に基づいた処置・対策（工場内の汚染土壌の撤去や水注入と井戸からの汲み上げによる六価クロムの回収等）がとられている。地区内の住民に対しては地下水を対象に六価クロムの分析を行うとともに、観測井戸1箇所、定点井戸10箇所を設定し、モニタリング調査を現在も継続して実施している。平成20年11月以降は定点井戸、観測井戸いずれも環境基準値以下で推移し、最近は検出下限値（0.02mg/L）附近の井戸が数件みられる程度にまで濃度が低下している。2月28日現在までの調査件数等は以下のとおり。

調査井戸：211井戸（のべ2045井戸）
分析項目：六価クロム（一部で全クロム）、
その他
汚染が確認された井戸：
51井戸（観測井を除く）
うち基準値（0.05mg/L）を超過した井戸：
32井戸（観測井を除く）

3-8 行政依頼検査

関係行政機関から苦情等に伴う調査依頼を受けて実施した。平成21年度の調査件数は11件（平成20年度は5件）で、その概要は表3のとおり。

表 3 行政依頼検査実施状況

(平成22年 3 月31日現在)

依 頼 内 容	主な調査項目	概 要
ダム湖で発生した淡水赤潮の原因究明	光学顕微鏡によるプランクトンの同定	ダム湖で淡水赤潮が発生したため、調査したところ、原因プランクトンは <i>Peridinium</i> 属と同定した。
仁淀川沖の海水からの鉛の調査	底質及び海水中のPbの定量	公共用水域の定点調査において仁淀川沖の海水中から鉛が検出されたため、再調査及び継続監視調査を行ったが検出されなかった。原因は明らかではないが、一時的な外部要因による可能性が高いと考えられた。
旧廃棄物処分場跡地の水質調査	pH, Ca, Pb, F	昨年度に引き続き水質調査を行ったが、pHが高い以外は環境基準値以下であった。
鉄鋼スラグ埋立地の水質とスラグ成分の分析	場内ため池及び地下水 Cr ⁶⁺ , B, Se, Pb, その他重金属 スラグ F, Mg, AL, Si, P, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe	水質についてはいずれも環境基準以下であった。また鉄鋼スラグの主成分はケイ素、カルシウム、鉄であった。
製紙排水処理施設の排水水質検査	BOD, SS	製紙排水処理施設で破損事故が発生したため、この施設からの排水と流入水について調査したところ、いずれも排水基準値以下であった。
河川への畜産排水流出に伴う水質調査	pH, EC, T-N, T-P, 塩素イオン, DO	畜産業者の排水処理施設の排水が河川に流出した。調査の結果、地点によっては基準値以上のT-N, T-Pが検出された。
農業用水路における魚類へい死の原因究明調査	GC/MSによる残留農薬	農業用水路で魚類斃死事故があったため、農薬類を中心に調査を行ったが、有害物質の同定には至らなかった。
ため池の水に発生した沈殿物の調査	蛍光エックス線に基づく元素分析及びエックス線回折法による結晶構造解析	スラグ埋立地のため池の水に白色沈殿物が生成したため、同定を行った。その結果、沈殿物の主成分は炭酸カルシウムであった。
浄化槽排水の水質影響調査	BOD, TOC, T-N, T-P, 排水経路調査等	浄化槽の放流先の公共用水域への水質影響を把握するため、浄化槽からの排水量や成分、流出経路等について調査を行い、BOD, TOC, T-N, T-Pの負荷量を推定するとともに他の流入水等との比較検討を行った。
堆肥処理施設による水質影響調査	pH, EC, Cl, T-N, T-P, NO ₃ , NO ₂ 等	堆肥処理施設による水質影響を把握するために附近の地下水の水質調査を行ったが、いずれも環境基準値以下であった。
砂防堰堤にかかる水質調査	pH, EC, BOD, TOC, T-N, T-P, 濁度等	砂防堰堤の河川水質への影響を把握するために調査を実施している（現在調査中である）。

3-9 セルロース系アニオン吸着材のリン酸吸着特性(共同研究)

セルロース系アニオン吸着材は工業技術センターがセルロースにアミノ基を附加させて開発した新しいタイプのイオン吸着材で、幅広いpH領域(3~8)でリン酸やクロム酸等のアニオンを吸着し、比較的簡単な操作でそれらを回収することもできる。

当センターでは実用化が見込まれる河川や畜産廃液等からのリン酸吸着を前提に、それらに含まれると考えられる硫酸や懸濁物質(粘土、プランクトン等)、着色物質などの影響や耐久性、繰り返し使用などについて基礎的調査を行った。その結果、リン酸に比べて硫酸の方がより吸着されやすく、また着色物質や懸濁物質も種類や濃度によっては吸着量が低下すること、さらに再生処理の際にアミノ基が離脱し、吸着能の低下をきたすこと等の製品化に向けた知見や課題が明らかとなった。

3-10 地球温暖化がもたらす日本沿岸域の水質変化とその適応策に関する研究(C型共同研究)

本研究は平成20年度~22年度にかけて国環研と地方研究機関が共同で実施するもので、地方研究機関が長年蓄積してきた公共用水域の水質測定データを統一的に収集解析し、水環境からみた全国的な温暖化の影響を検証するとともに、今後の予測と適応策を構築するものである。

昨年度、高知県近海域の定点測定地点(28地点)から代表的な8地点を重点的解析対象地点として選定し、過去のデータ(水温、pH、COD、塩素イオン等)をデータベース化した。その結果、1977~2006年の間に外洋部で夏季の水温がやや上昇する傾向がみられた。本年度はアメダスデータと比較検討を行ったところ、外気温、水温ともに上昇傾向が認められた。

Ⅲ 調 査 研 究 報 告

1. 木質ペレット燃焼灰を適正かつ安全に有効利用するための調査研究

十川 紘一・山村 貞雄

Surveillance study to recycle wood pellet combustion ash properly and safely

Kouichi Sogawa・Sadao Yamamura

【要旨】 近年、カーボンニュートラルな木質バイオマス燃料として注目されている木質ペレットの利用を促進する上で、発生する燃焼灰の有効利用が重要な課題となっているが、灰中の Cr^{6+} 等の有害成分が有効利用の障害となっている。

本研究では、木質ペレット燃焼灰を有効利用するために、同一のペレットを燃料とする県内5施設から発生した燃焼灰について、化学組成や有害成分の溶出試験を行った。

2施設において、 Cr^{6+} の溶出液中濃度が1.5mg/l以上の高濃度が検出された。両施設共に炉内に破損が見られ、破損部分のステンレスに直接接触していない灰は Cr^{6+} の濃度が低く、修繕の終わった施設では濃度が低下していることが確認された。このことから、高濃度の Cr^{6+} の原因は、燃焼炉内のステンレス等由来であることが考えられた。木質ペレット燃焼炉内部は高温と灰による強いアルカリにさらされるため、破損や劣化の可能性があるため、炉の定期的な点検が必要である。

ステンレスの直接接触がない正常な炉であれば、木質ペレット燃焼灰中の Cr^{6+} 等の有害成分濃度は、肥料資源として用いるうえで、問題のない範囲であることが確認された。

Key words：木質バイオマス、木質ペレット、燃焼灰、 Cr^{6+}

1. はじめに

近年、木質バイオマスは原油価格の上昇や温暖化対策等に向けたエネルギー資源として利用拡大が求められ、特に木質ペレット燃料は現段階で最も実用性の高い利用手段として普及段階にある。木質ペレット燃料はカーボンニュートラルな再生可能なエネルギーであるばかりでなく、主原料である間伐材の利用促進が森林の生産性や水源かん養機能を高め、過疎化がすすむ中山間地域へ経済効果をもたらすなど多くの利点を持っている。木質ペレットの利用拡大には、間伐材の搬出経費まで含む全体コストを化石燃料と競合可能にすることが重要であり、多方面でのコスト対策が要請される。特に環境部門としては、ペレット利用後の燃焼灰を廃棄物扱いとしてコスト増加及び環境への負荷要因とせず、安全な有価資源として有効活

用する方向でのコスト削減の取り組みが求められる。

一方、木質ペレットの利用拡大に伴い、燃焼灰の増加も見込まれる。これは第一義的には事業活動等による廃棄物と解釈されるが、植物中の必須ミネラル分が濃縮した肥料資源としても有望である¹⁾。しかし、灰中に Cr^{6+} 等の有害成分を高濃度に含む事例が確認されており、資源化の障害となっている。

このため、本研究では、肥料資源としての成分価値をもちながら Cr^{6+} 等の問題によって有効利用が進んでいない当該燃焼灰について、安全かつ適正な循環資源として有効利用するために、県内の事業所から発生した燃焼灰について、化学組成や有害物質の溶出試験を検討し、本県を含む多くの自治体での木質ペレット燃料利用を支援する知見獲得を目的に実施した。

2. 法的側面

木質ペレット燃焼灰を肥料資源として、有効利用する方法として、①灰そのものを肥料とする②灰をその他肥料に混ぜ込んで肥料とする方法の2通りが考えられる。

どちらの方法を使用するにしても、事業活動等による廃棄物とみなされ、ペレット燃焼灰を安全に有効利用するためには以下の法律において、基準をクリアする必要がある。

第一に、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」では、ペレット燃焼灰は、燃え殻・ばいじんにあたり、該当施設ではないため、特別管理産業廃棄物にはならない。しかし、廃棄物のままでは、不法投棄となるので、一定の加工を行い、有価物となることが前提となる。

次に、「肥料取締法」では、ペレット燃焼灰は、特殊肥料（草木灰）、または、普通肥料として分類され、①灰自体をそのまま肥料とする場合は、特殊肥料（草木灰）となり、有害成分の基準はない。しかし、②成分調整等のために、堆肥等に混ぜて使用した場合は、原料も「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準」を満たす必要がある。

本研究では、木質ペレット燃焼灰はP、K等のミネラル成分を含むことから、成分調整として堆肥等に混ぜ込んで使用することを前提に、原料となる木質燃焼灰が法的に問題なく有効利用できるか、産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準及び肥料取締法の下水汚泥肥料の原料基準（以下、基準と示す）により判定を行った。

3. 実験方法

3. 1 試料

高知県梶原町地区で生産された木質ペレット（全木ペレット）を燃料として利用しているボイラー等から発生する燃焼灰を試料とした。施設は県内の5施設を対象に行った。

燃焼灰は、炉下及び炉床の灰を主灰、風で飛ばされたものやサイクロン等により集められたものを飛灰とした。

Cr⁶⁺濃度が高い施設について、燃焼部分の材質をペレットボイラー製造メーカー及び事業所からの聞き取りにより調査・再サンプリングを行った。

3. 2 実験方法

3. 2. 1 木質ペレット燃焼灰の成分分析

水分は底質調査法、熱灼減量は平成2年環第22号環境整備課長通知に準拠して測定した。

水分は試料を105±5℃で2時間乾燥させた時の減量分。

熱灼減量は試料を600±25℃で3時間加熱した時の減量分。

灰の主な成分の分析は蛍光X線（JEOL製JSX-3220）により行った。

3. 2. 2 溶出試験

2項で述べた法的側面により、燃焼灰を安全に利用するために「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準」を定める総理府令の別表第一の基準に適合するかの判定を行った。

溶出方法と分析方法は環境庁告示第13号及びJIS K 0102（2008）：工場排水試験方法に準拠した。

Cr⁶⁺の分析は、ジフェニルカルバジド吸光度法で行った。

その他の微量重金属の分析は、ICP-MS装置（Agilent製ICP-MS 7500ce）により行った。

4. 結果及び考察

4. 1 木質ペレット燃焼灰の性状

木質ペレット燃焼灰の水分及び熱灼減量を表1に示す。

表－1 施設ごとの水分及び熱灼減量

採取日	施設番号		水分(%)	熱灼減量(%)
2009年5月	1	飛灰	2.2	5.5
2009年8月	1	飛灰	0.1	—
2009年8月	1	主灰	0.4	5.0
2009年8月	1	飛灰	0.6	7.9
2009年10月	1	主灰	1.0	—
2009年10月	1	飛灰	1.9	—
2010年3月	1	主灰	0.1	5.3
2009年8月	2	飛灰	0.1	—
2009年8月	2	主灰	0.2	4.1
2009年8月	2	飛灰	3.1	30.5
2009年10月	2	主灰	1.0	7.4
2009年10月	2	飛灰	1.6	13.0
2009年5月	3	飛灰	0.6	4.1
2009年8月	3	飛灰	0.1	—
2010年3月	3	主灰	0.0	5.0
2009年5月	4	灰箱	0.4	0.0
2009年8月	4	灰箱	0.7	—
2009年10月	4	灰箱	0.9	—
2009年10月	4	ステンレス部分未接触	0.3	—
2010年3月	4	炉床	0.0	0.0
2010年3月	4	ステンレス部分未接触	0.0	—
2010年3月	5	主灰	0.4	34.7
2010年3月	5	飛灰	1.5	7.8

* 表中の「—」は未測定

一般的に、廃棄物の焼却における完全燃焼されているかどうかの基準は熱灼減量において10%以下であるとされており、ほとんどの施設で燃焼が十分されていることが確認された。

熱灼減量について、施設2の飛灰、施設5の主灰で高く、30%以上の試料もあった。主灰については、未燃分が多く残っている場合があり、排出量が少ないため、サンプリングによる誤差も大きくなることが考えられる。飛灰については、灰粒子が黒色で非常に細かく、低酸素雰囲気での未燃炭素が含まれていたと考えられた。

4. 2 木質ペレット燃焼灰の主成分の分析

木質ペレット燃焼灰の化学組成の分析結果を表2に示す。

蛍光X線による各成分の濃度計算は、バルクFP法で行った。

全てのサンプルにおいて、K、Caが主たる成分であり、灰のアルカリの要因になっていると考えられる。次いでFe、Mg、Siが数%ずつ検出された。

肥料資源としての評価としては、肥料の栄養分として重要なK、Ca、P、Mn、Mg、Siの各成分が数%ずつ含まれ、栄養成分に関しては肥料として利用可能と考えられた。

施設4について、2009年10月に採取した試料でCrと共にNiも検出され、ステンレス由来の可能性が示唆された。

また、蛍光X線において、Crが検出された試料については、溶出試験の結果でも高い値を示していたことから、溶出試験を行う前の有害成分の一次スクリーニングとしても有効であると考えられた。

4. 3 木質ペレット燃焼灰の溶出試験結果

4. 3. 1 溶出液の性状

木質ペレット燃焼灰の溶出試験結果を表3に示す。

木質ペレット燃焼灰溶出液は全てpH12以上の強アルカリであり、様々な着色が見られた。

4. 3. 2 溶出液中の重金属類

基準値が設定されている金属類は表3に示しているCr⁶⁺、As、Se、Cd、Pbの5物質であるが、基準値を超過したものはCr⁶⁺だけであった。

その他の金属類では、対象となる5施設中で、施設4でB、Alが特に低い傾向が見られた。また、施設4においてMn、Cuの検出頻度が少なかった。また、溶出液では、様々な着色が見られたが、特に、施設2の飛灰で溶出液に強い着色が多く見られた。

着色があった場合、ジフェニルカルバジド吸光度法でのCr⁶⁺測定に妨害となる。そのため、T-Crから推測できるかをCr⁶⁺とT-Crの相関を確認した。(図1及び表4)結果、T-CrとCr⁶⁺の間に非常に高い相関があった。

表-2 木質ペレット燃焼灰の化学組成

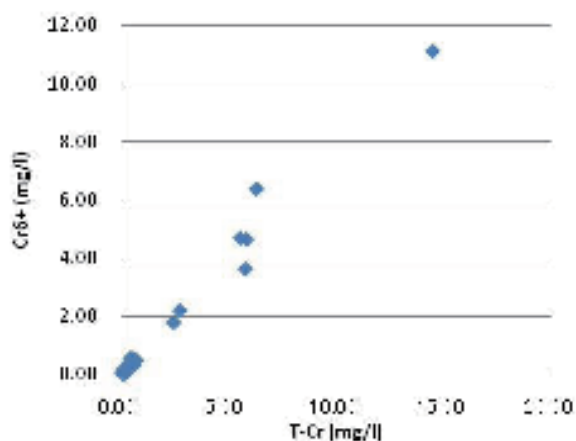
採取日	施設番号		Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Sr	Ba	total (%)
2010年3月	1	主 灰	1.5		1.3	1.0	0.1	29.2	60.1	0.2		0.9	4.3		0.6	0.9	100
2010年3月	3	主 灰	1.4	0.4	1.1	1.0	0.1	38.3	52.5	0.1		0.6	3.4		0.5	0.6	100
2009年10月	4	灰 箱	3.9	0.8	2.6	3.0		3.9	74.7	0.2	0.4	1.2	7.3	0.3	0.9	0.9	100
2009年10月	4	ステンレス 部分未接触	3.7	0.7	2.8	3.0		3.4	77.1	0.4		1.2	6.7		1.0		100
2010年9月	4	ステンレス 部分除去後	2.2	0.2	3.3	3.2		15.9	63.2	0.7		1.1	9.0		1.1		100

表-3 木質ペレット燃焼灰溶出試験結果 (重金属濃度の単位は全てmg/l)

採取日	施設番号	pH	B	Al	T-Cr	Cr6+	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Pb
2009年5月	1	13.3	20.18	481.7	5.78	3.64	0.01	<0.4	<0.003	0.03	0.63	<0.009	0.04	<0.001	0.06
2009年8月	1	13.2	4.67	609.5	2.44	1.80	0.01	<0.4	<0.003	1.14	1.90	<0.009	0.02	<0.001	0.17
2009年8月	1	12.9	14.30	409.8	5.82	4.65	0.05	<0.4	0.005	0.02	<0.05	<0.009	0.01	<0.001	<0.002
2009年8月	1	12.9	4.78	666.3	2.73	2.21	0.01	<0.4	<0.003	1.24	2.03	<0.009	0.02	<0.001	0.20
2009年10月	1	13.1	13.62	759.0	0.11	0.09	0.03	<0.4	<0.003	<0.009	0.52	0.03	<0.01	<0.001	0.04
2009年10月	1	12.8	15.68	431.6	0.07	0.12	0.85	<0.4	<0.003	0.06	1.43	0.02	0.01	<0.001	0.12
2010年3月	1	13.1	10.26	325.6	0.71	0.50	0.04	<0.4	<0.003	<0.009	0.62	0.04	0.06	<0.001	<0.002
2009年8月	2	13.3	13.22	1275.0	0.19	0.14	0.04	<0.4	<0.003	0.02	<0.05	0.01	<0.01	<0.001	0.00
2009年8月	2	13.0	17.90	1485.0	0.21	0.07	0.06	<0.4	0.003	0.04	<0.05	0.02	<0.01	<0.001	0.01
2009年8月	2	12.4	12.72	1.0	<0.02	着色のため測定不可		1.62	<0.4	0.005	<0.05	<0.009	0.01	<0.001	0.03
2009年10月	2	13.1	14.74	310.8	0.17	0.06	0.06	<0.4	<0.003	0.02	2.20	0.04	0.04	<0.001	<0.002
2009年10月	2	13.1	9.85	125.2	0.59	0.34	0.03	<0.4	<0.003	0.07	1.49	0.01	0.05	<0.001	0.07
2009年5月	3	13.3	18.90	661.8	0.05	0.05	0.05	<0.4	<0.003	0.01	0.19	<0.009	0.01	<0.001	0.01
2009年8月	3	13.0	15.26	439.8	0.19	着色のため測定不可		0.34	<0.4	<0.003	<0.05	0.01	0.01	<0.001	0.01
2010年3月	3	13.2	13.61	315.1	0.33	0.20	0.06	0.54	<0.003	<0.009	<0.05	0.05	0.07	0.01	0.00
2009年5月	4	13.2	0.39	0.5	5.54	4.69	<0.008	<0.4	0.003	<0.009	<0.05	<0.009	<0.01	<0.001	0.00
2009年8月	4	13.1	2.68	4.4	14.47	1.10	<0.008	<0.4	0.007	<0.009	0.67	<0.009	0.02	<0.001	<0.002
2009年10月	4	13.0	1.07	442.2	6.29	6.38	0.04	<0.4	<0.003	<0.009	0.24	<0.009	<0.01	<0.001	<0.002
2009年10月	4	13.0	0.16	0.3	0.37	0.40	<0.008	<0.4	0.012	0.01	1.98	<0.009	<0.01	<0.001	0.00
2010年3月	4	12.8	0.28	0.6	0.56	0.57	<0.008	<0.4	<0.003	<0.009	<0.05	<0.009	0.04	<0.001	<0.002
2010年3月	4	12.7	0.19	0.3	0.11	0.19	<0.008	<0.4	<0.003	<0.009	<0.05	<0.009	0.05	<0.001	<0.002
2010年9月	4	12.2	1.99	121.0	0.79	0.56	<0.008	<0.4	<0.003	<0.009	<0.05	<0.009	0.01	<0.001	<0.002
2010年3月	5	13.1	14.13	170.0	0.61	0.48	0.05	<0.4	<0.003	<0.009	<0.05	0.04	0.07	<0.001	<0.002
2010年3月	5	13.3	1.56	1.6	0.43	0.58	0.01	<0.4	<0.003	0.01	1.14	<0.009	0.09	<0.001	0.02
肥料取締法の下汚泥肥料の原料基準															
<1.5															
<0.3															

表-4 各成分との相関係数 (平成21年度分)

施設番号	施設番号	水分	熱灼減量	pH	B	Al	T-Cr	Cr6+	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Pb
1	-0.228	1															
水分	0.196	0.460	1														
熱灼減量	0.076	-0.330	-0.387	1													
pH	-0.531	0.268	0.207	0.143	1												
B	-0.508	-0.212	-0.263	0.282	0.534	1											
Al	0.109	0.026	-0.313	0.101	-0.273	-0.192	1										
T-Cr	0.161	0.091	-0.254	-0.017	-0.314	-0.238	0.990	1									
Cr6+	-0.201	0.675	0.594	-0.676	0.260	-0.142	-0.219	-0.181	1								
Mn	-0.264	-0.023	0.092	0.114	0.515	0.116	-0.366	-0.412	0.092	1							
Fe	0.163	0.033	0.188	-0.243	-0.363	-0.214	0.290	0.323	0.135	-0.344	1						
Ni	-0.394	-0.064	0.065	-0.051	-0.166	0.187	0.007	0.010	0.021	-0.172	0.128	1					
Cu	-0.282	0.168	-0.083	0.103	-0.182	-0.099	-0.053	-0.124	0.135	0.142	0.273	0.500	1				
Zn	-0.161	-0.155	0.164	0.180	0.422	0.111	-0.355	-0.414	-0.112	0.909	-0.347	-0.253	-0.002	1			
As	0.260	-0.002	0.167	0.205	-0.085	-0.391	-0.212	-0.287	-0.217	0.339	-0.392	-0.087	0.076	0.421	1		
Se	-0.050	-0.302	-0.184	0.212	0.049	0.256	-0.066	-0.085	-0.133	0.336	-0.133	0.235	-0.063	0.351	0.186	1	
Cd	-0.552	0.213	0.019	-0.042	-0.003	0.203	-0.038	-0.080	0.109	-0.070	0.009	0.858	0.611	-0.174	-0.060	0.131	1

図-1 T-CrとCr⁶⁺の相関

また、Cr⁶⁺が非常に水に溶けやすいため、平均してT-Crの8割程度がCr⁶⁺として溶出していることが確認された。

これらのことから、溶出液の着色によりジフェニルカルバジド法での測定が困難な場合でもT-Crから推測することが可能であると考えられた。

4. 2において、蛍光X線により検出されたステンレス由来と思われるCrとNiについて、溶出液におけるT-CrとNiでの相関をとったが、高い相関は得られなかった。(図2及び表4)

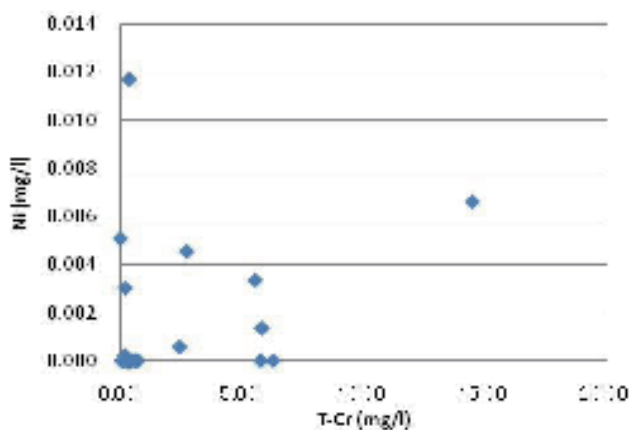
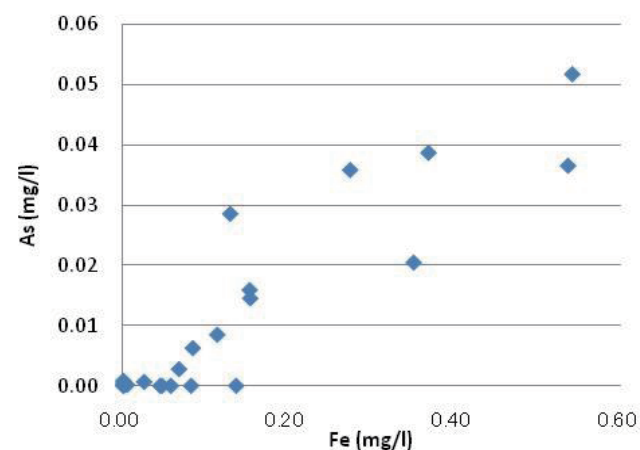
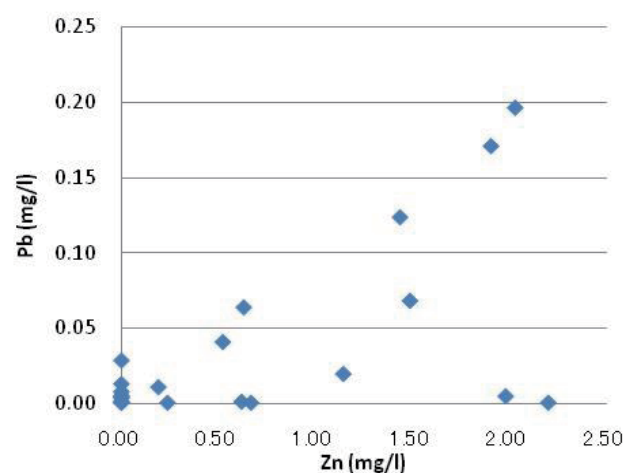
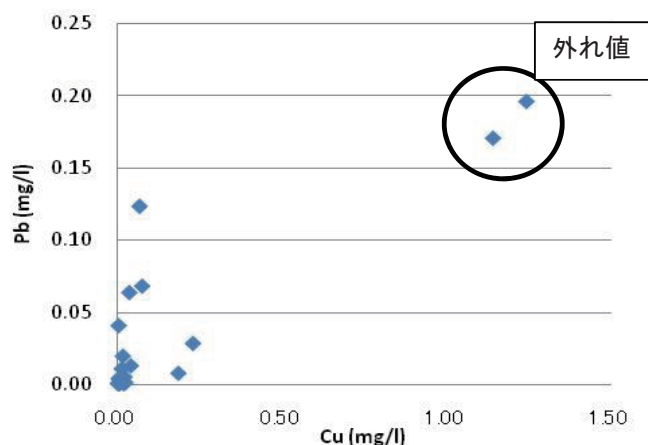


図-2 T-CrとNiの相関

その他の金属についても、相関係数を解析したところ、PbとCu、PbとZn、FeとAsにおいて高い相関があった。Pb、Zn、Cuについては、真ちゅう等で使用されていることから金属部からの混入の可能性が考えられた。しかし、PbとCuについては、図3に示すとおり、高濃度の外れ値の影響を受けており、これを除くと、相関係数は元の数値の3割程度になった。

図-3 各成分相関
(上から) PbとCu、PbとZn、FeとAs

4. 3. 3 Cr⁶⁺について

溶出液中の重金属類において、設定した基準値以上の濃度を示したものはCr⁶⁺だけであったため、その原因を考察した。

図4に施設ごとのCr⁶⁺の濃度分布を示す。

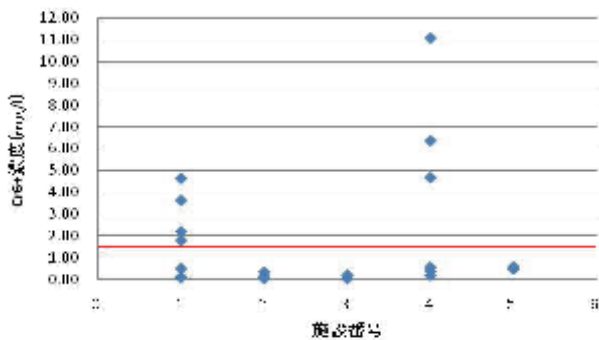


図-4 施設ごとのCr⁶⁺濃度分布

基準値1.5mg/lより高い濃度でCr⁶⁺が検出された2施設では、両施設共に炉内に破損が見られた。破損状況は以下に示す。

施設1では、燃焼炉内の側面をコーティングしていた耐火材の割れと剥離が起こり、ステンレス部分が露出していた。また、灰の一部を掻き落とす部分での部材摩耗により、真ちゅう製部品の成分が混入していた可能性が示唆され、Cu, Pb, Znで高い値を示していた。対応として、メーカー側で燃焼筒の交換を行うとともに、非ステンレス材料への材質変更や構造改善等の劣化防止対策が取られることになった。

施設4では、炉内の灰を掻き出す部分にパイプ状のステンレス材を使用しており、ヒビや破損が見られ、炉内壁の耐火材の一部が剥離していた。対応として、ステンレスの掻き出し部を全て除去した。

両施設のCr⁶⁺濃度の変遷を下図5, 6に示す。

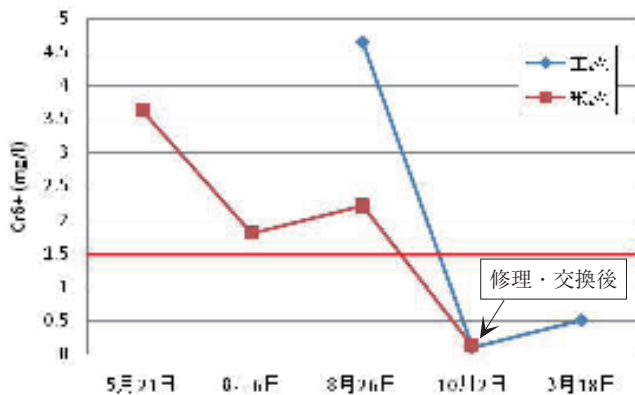


図-5 施設1のCr⁶⁺濃度変遷

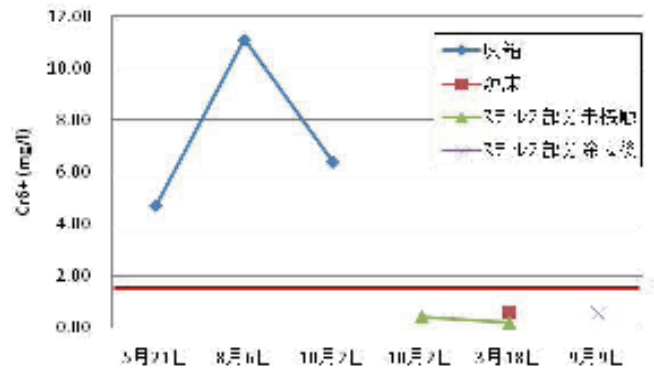


図-6 施設4のCr⁶⁺濃度変遷

これらの結果から破損部分に直接接触していない灰はCr⁶⁺の濃度が低濃度で、修繕の終わった施設では濃度が低下していることが確認された。

先行文献^{1),2)}から、木質ペレット燃焼灰中のCr⁶⁺の発生要因として、①樹木由来のCrの酸化②製造工程由来のCrの酸化③燃焼炉内のステンレス等由来であることが示されている。

本研究の試料は、全て同一地域の樹木を利用したペレット製造会社の全木ペレットを使用していること、正常な施設では、Cr⁶⁺の濃度は概ね1mg/l以下であり、破損などによりステンレスがさらされると、基準値以上の高濃度になること、T-CrもCr⁶⁺と同様の傾向を示すことから③が原因であることが考えられた。

ステンレスの直接接触がない正常な炉であれば、木質ペレット燃焼灰はCr⁶⁺等の有害成分の基準を超えないことがわかった。また、Cr⁶⁺は酸性雰囲気下で非常に不安定で、土壤中の菌や有機物により容易に還元され三価のCrになることもわかっており³⁾、肥料資源として用いるうえで、安全に使用できると考えられる。

本報告では、一部地域のための調査結果であり、県内の他施設については、平成22年度から調査を行っている。ペレットの種類による差や燃焼機の種類等による差、Cr⁶⁺の簡易検査による燃焼機の破損チェックについても検討を行う予定である。

5. まとめ

木質ペレット燃焼灰を有効利用するために、ボイラー等5施設から発生した燃焼灰について、化学組成や有害成分の溶出試験を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) 木質ペレット燃焼灰の水分・熱灼減量については、ほとんどの施設で燃焼が十分されていた。熱灼減量では、2施設において30%以上の試料があった。サンプリングによる誤差や未燃物の影響が考えられた。
- (2) 化学組成の蛍光X線測定では、K, Caが灰の主たる成分であった。その他の成分として、P, Mn, Mg, Siが数%ずつ含まれ、栄養成分に関しては肥料として利用可能と考えられた。また、施設4のみCrとNiが検出され、ステンレス由来の可能性が示唆された。
- (3) 溶出試験の結果、溶出液は全てpH12以上の強アルカリであった。施設2の飛灰で溶出液に強い着色が多く見られた。

T-CrとCr⁶⁺の間に非常に高い相関があり、平均してT-Crの8割程度がCr⁶⁺として溶出していることが確認された。これらのことから、溶出液の着色によりジフェニルカルバジド法での測定が困難な場合でもT-Crから推測することが可能であると考えられた。

また、PbとCu, PbとZn, FeとAsにおいて高い相関があった。Pb, Zn, Cuについては、真ちゅう等で使用されていることから金属部からの混入の可能性が考えられた。

Cr⁶⁺について、2施設において、基準値1.5mg/l以上の高濃度が検出された。両施設共に炉内に破損が見られ、破損部分に直接接触していない灰はCr⁶⁺の濃度が低濃度で、修繕の終わった施設では濃度が低下していることが確認された。

- (4) 高濃度のCr⁶⁺発生要因として、全て同じ会社の全木ペレットを使用していること、正常な施設では、Cr⁶⁺の濃度は概ね1mg/l以下であり、破損などによりステンレスがさらされると、基準値以上の高濃度になること、T-CrもCr⁶⁺と同様の傾向を示すことから、燃焼炉内のステンレス等が主たる由来であることが考えられた。
- (5) 研究の対象とした5施設は、比較的管理状態の良い施設であるが、その内2施設に不具合が発見された。

一般的に、木質ペレット燃焼炉は高温と灰の強いアルカリにさらされるため、破損や劣化の可能性があり、炉の定期的な点検が必要である。

6. 参考文献

- 1) 北海道立工業試験場報告 No.307「木質バイオマス燃焼灰の安全性評価および有効利用」
- 2) 岩手県農林水産部報告書「木質ペレットの燃焼灰について」(2005)
- 3) 大嶺聖・安福規之・小林泰三・田村和也「微生物の代謝による六価クロム汚染土の浄化効果」(2009)

2. 押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について (2)

佐藤祐二・鍋島佐知

Concentration of nitrogen oxide at Osioka-Koen (2)

Yuji Sato・Sachi Nabeshima

【要旨】 2009年秋の須崎市押岡公園大気監視常時測定局と須崎市浦ノ内西分の一酸化窒素濃度の測定結果を取りまとめた。浦ノ内西分でも押岡公園と同程度の高濃度一酸化窒素が観測された。浦ノ内西分，須崎アメダスの風向風速データなどを基に高濃度一酸化窒素が出現する過程を推察してみた。

Key words：本質：大気測定局，窒素酸化物，一酸化窒素，高濃度

1. はじめに

須崎市押岡公園測定局では，一酸化窒素は夜間から朝にかけて高濃度になる傾向が見られ，9～11時にピークが出現する傾向にあった。季節的には，11月，12月に高濃度の出現が多くみられた。過去の移動測定車での測定結果などでは，周辺地域では押岡公園測定局程度の高濃度の一酸化窒素は現れていなかった¹⁾。今回，2009年10月から約2ヶ月間押岡公園測定局の東北方に位置する須崎市浦ノ内西分に移動測定車を設置し大気環境測定を行った。その一酸化窒素濃度の測定結果を須崎市押岡公園測定局（以下「押岡局」という）の測定結果とあわせて取りまとめたので報告する。

2. 押岡局及び移動大気環境測定車の設置場所の位置，周辺の状況など

押岡局は，高知県中西部の須崎市に位置し，周辺地形はリアス式海岸である。西方の須崎湾に面した谷あいであり，西約2.5kmにセメント工場が立地している。今回押岡局から標高100m足らずの山を挟んだ東北に約3Km離れた，東に浦ノ内湾に面した谷あいにある浦ノ内西分に移動大気環境測定車を設置した。



図－1 須崎市域における押岡局の位置図

3. 押岡局での測定項目及び移動大気環境測定車での測定項目及び測定期間

押岡局

測定項目：硫黄酸化物（溶液伝導率法），窒素酸化物（吸光光度法）

移動大気環境測定車

測定項目：硫黄酸化物（溶液伝導率法），窒素酸化物（吸光光度法），浮遊粒子状物質（ β 線法），光化学オキシダント（吸光光度法），風向風速

測定期間：2009年10月16日～12月15日（測定車を設置した日と回収した日を除く）

表－１ 一酸化窒素測定結果

一酸化窒素 (NO)	浦ノ内西分					押岡局				
	有効測定 日数	測定時間	期間平 均値	1時間値 の最高値	日平均値 の98%値	有効測定 日数	測定時間	期間平 均値	1時間値 の最高 値	日平均値 の98%値
	(日)	(時間)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(日)	(時間)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
	55	1338	0.007	0.539	0.036	53	1283	0.032	0.577	0.104

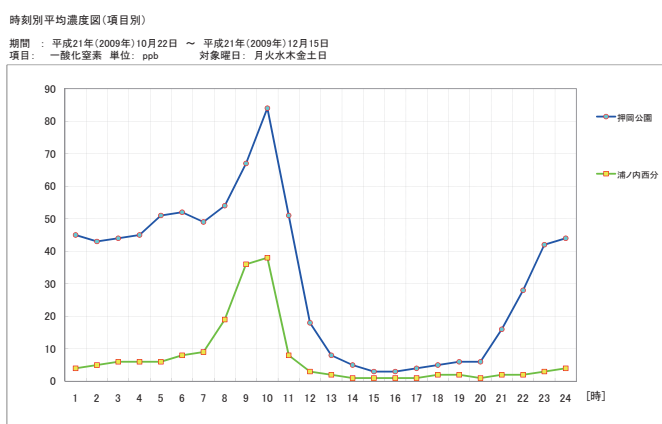
測定期間：2009年10月22日～12月15日

４．一酸化窒素測定結果

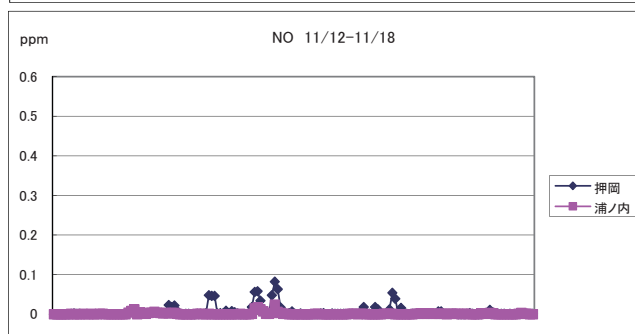
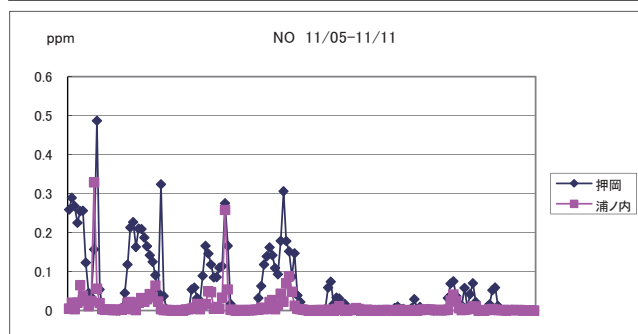
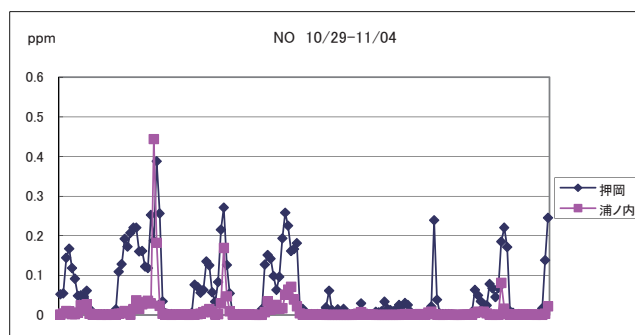
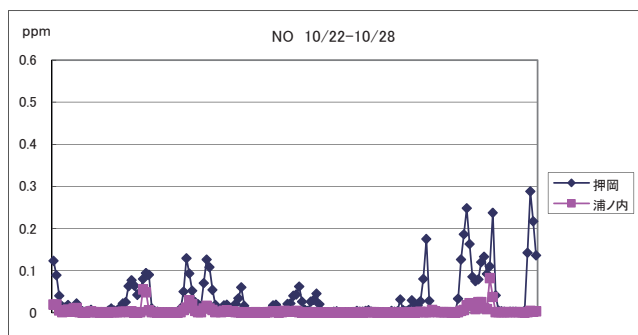
大気測定車での窒素酸化物測定は10月21日16時まで欠測であったので、10月22日～12月15日の間を対象とした。

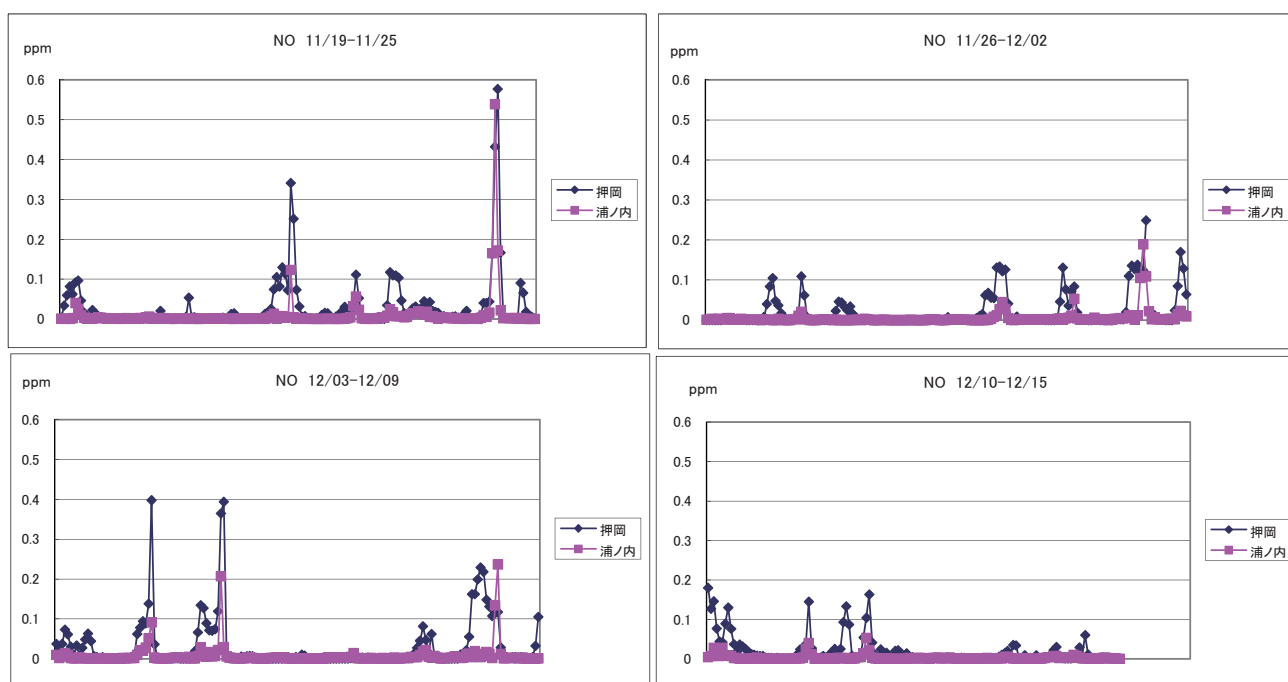
測定期間内の一酸化窒素測定結果は表１のとおりであった。平均値、1時間値の最高値及び日平均値の98%値は押岡局が高かったが、1時間値の最高値は浦ノ内が0.539ppm、押岡が0.577ppmと両者とも0.5ppmを超えていた。一酸化窒素の時刻別平均濃度を図２に示す。すべての時刻で押岡局の方が高いが、特に夕方から夜間、朝の時間帯で押岡局の濃度が高いのが際立っている。この時間帯の濃度差により期間平均値、日平均値の違いが生じていると思われる。

両測定局の一週間ごとのNO濃度経時変化を図３に示す。



図－２ 一酸化窒素の時刻別平均濃度





図－3 NO濃度経時変化

押岡局はNO濃度が0.1ppmを超えるピークがしばしばあらわれ、0.3ppmを超えるピークも見られる。浦ノ内西分についても高濃度のピークがみられ、0.5ppmを超える濃度ピークも出現し、押岡局に匹敵する高濃度となっている。

以前に押岡周辺で測定したNO濃度測定結果では、押岡局に匹敵する0.5ppm程度の濃度が出現する地点はなかった¹⁾。

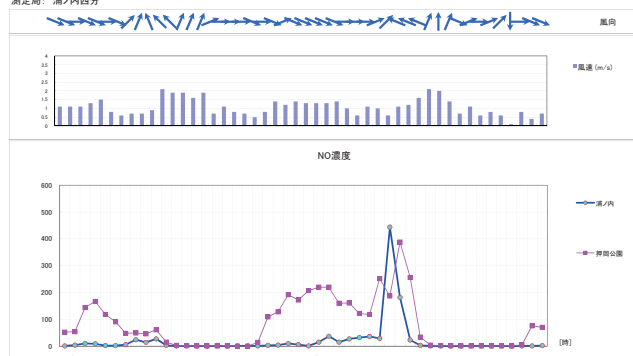
押岡局では夕方から夜間に0.1ppmを超える時間帯がしばしば出現していたが、浦ノ内西分では夜間に0.1ppmを超えるほどの高濃度は見られなかった。

浦ノ内西分でNO高濃度が出現した日の濃度経時変化を図4に示す。9時又は10時に高濃度のピークとなっている。押岡局のピークは11月7日は浦ノ内西分と同時刻に現れ、12月9日はピークが出

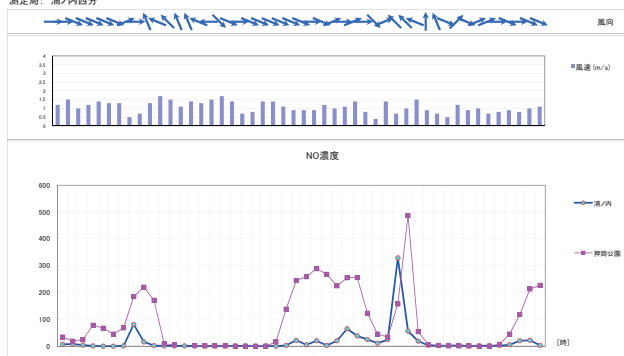
ていない。その他の日は、浦ノ内西分の1時間後に現れている。11月7日についても、記録紙の濃度勾配で見ると浦ノ内の濃度ピークが押岡局より早く現れていた。また、押岡局に見られる夕方から夜間早朝にかけてのなだらかな山型の高濃度は、浦ノ内西分には現れていない。浦ノ内西分では夜間西よりの風が吹いているが、高濃度ピークが現れる時刻頃に風向きが南よりに変わってきている。

押岡局で濃度が高くなっても必ずしも浦ノ内でも濃度が高くなるということではなく、11月3日は、押岡局では高濃度になっているにもかかわらず浦ノ内西分で低濃度であった。また、11月4日のように浦ノ内西分の濃度の上昇が押岡局に比べ小さい日もあった。(図5)

期間：平成21年(2009年)10月29日 1時～平成21年(2009年)10月30日 24時
測定局：浦ノ内西分

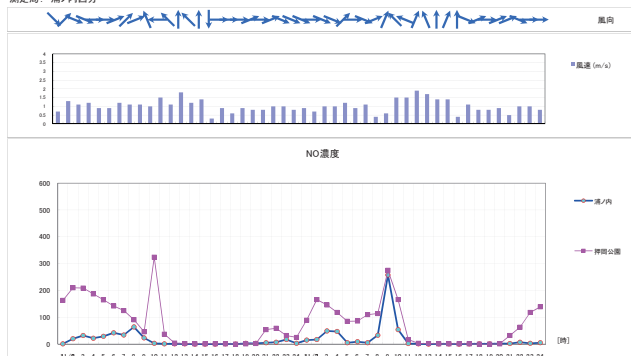


期間：平成21年(2009年)11月4日 1時～平成21年(2009年)11月5日 24時
測定局：浦ノ内西分

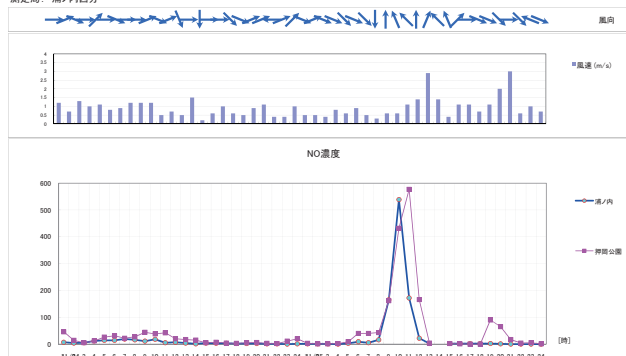


押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について（２） 26, 2009

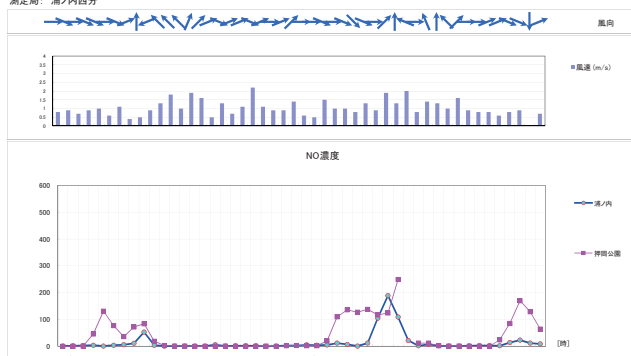
期間：平成21年(2009年)11月6日 1時 ～ 平成21年(2009年)11月7日 24時
測定局：浦ノ内西分



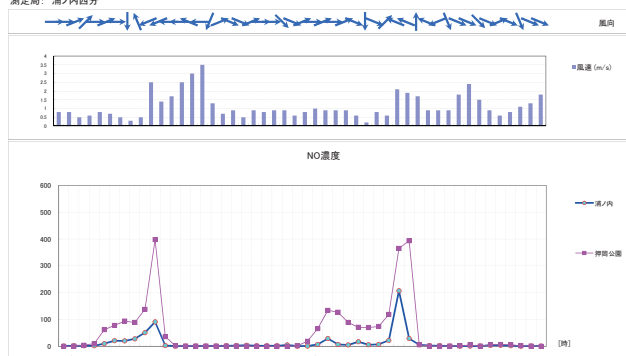
期間：平成21年(2009年)11月24日 1時 ～ 平成21年(2009年)11月25日 24時
測定局：浦ノ内西分



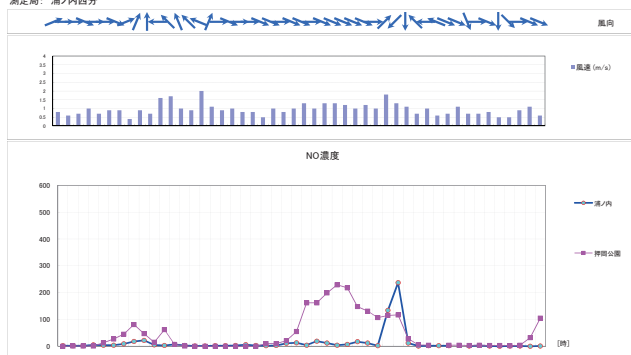
期間：平成21年(2009年)12月1日 1時 ～ 平成21年(2009年)12月2日 24時
測定局：浦ノ内西分



期間：平成21年(2009年)12月4日 1時 ～ 平成21年(2009年)12月5日 24時
測定局：浦ノ内西分

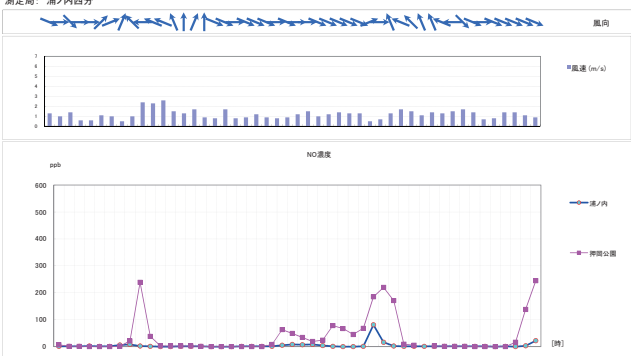


期間：平成21年(2009年)12月8日 1時 ～ 平成21年(2009年)12月9日 24時
測定局：浦ノ内西分

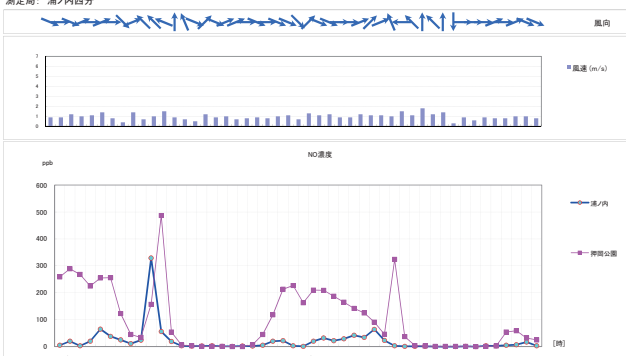


図－４ 浦ノ内西分でNO高濃度が出現した日の濃度経時変化

期間：平成21年(2009年)11月3日 1時 ～ 平成21年(2009年)11月4日 24時
測定局：浦ノ内西分



期間：平成21年(2009年)11月5日 1時 ～ 平成21年(2009年)11月6日 24時
測定局：浦ノ内西分



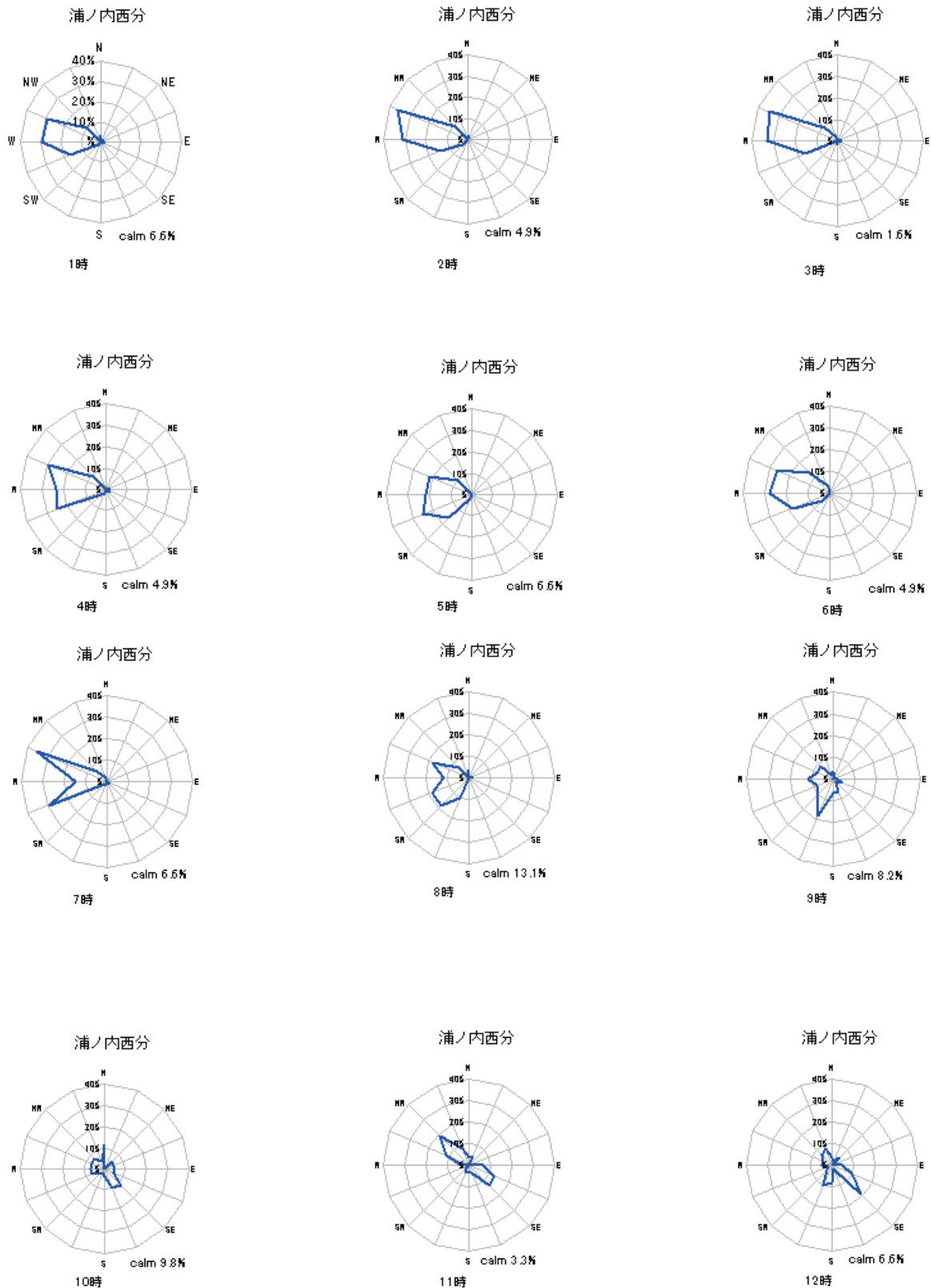
図－５ 一酸化窒素濃度経時変化

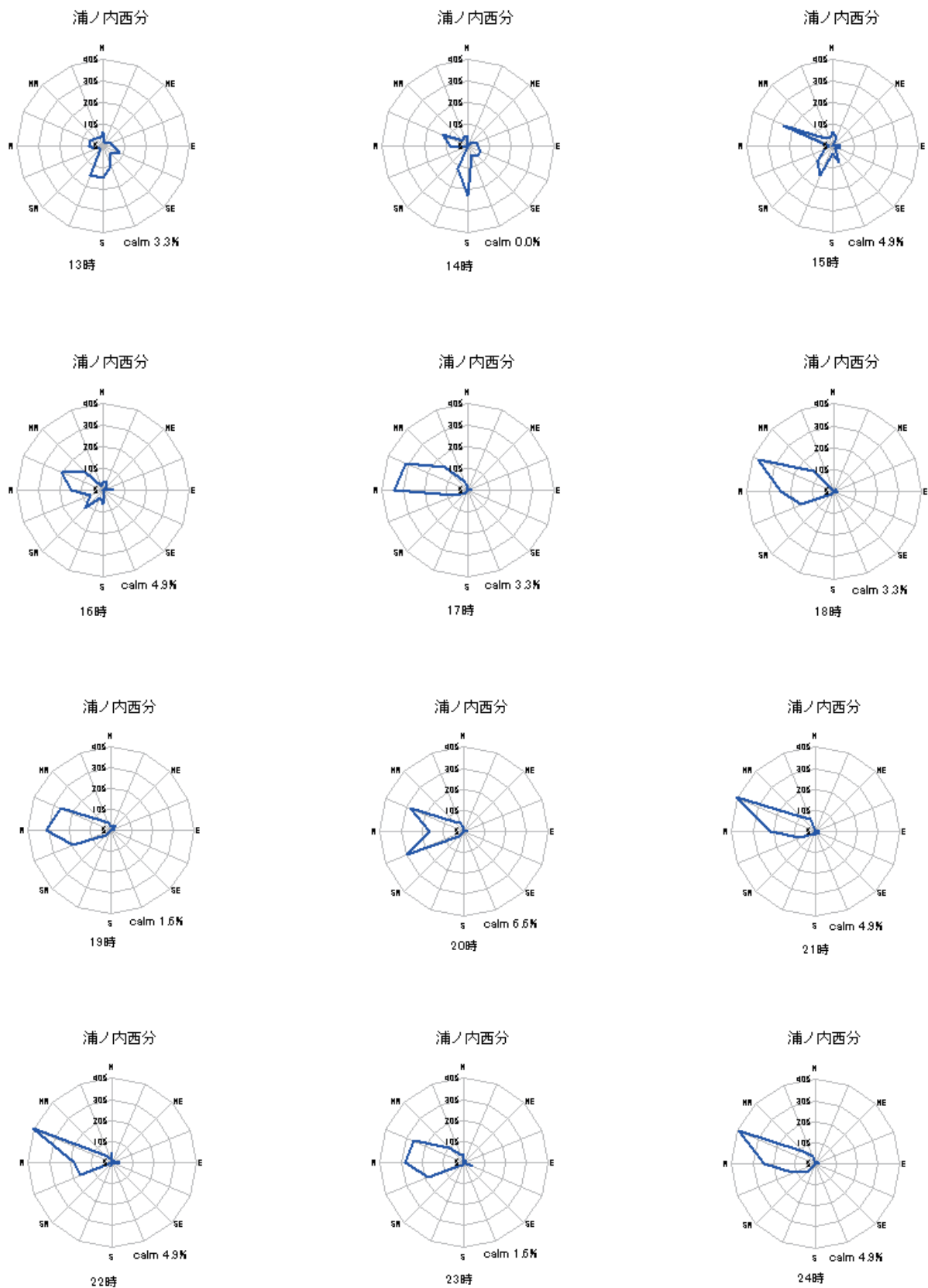
5. 浦ノ内西分及び押岡局の風向風速の状況

10月16日～12月15日の間の浦ノ内西分での時刻別風配図を図6に示す。夜間は西よりの風が占め

ているが、8時から9時にかけて南西の風に変わっている。

期 間：平成21年(2009年)10月16日 ～ 平成21年(2009年)12月15日(時間帯:1時～24時)



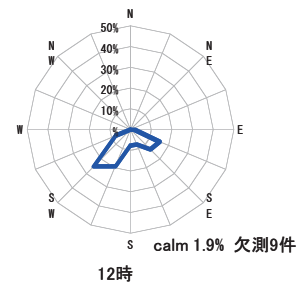
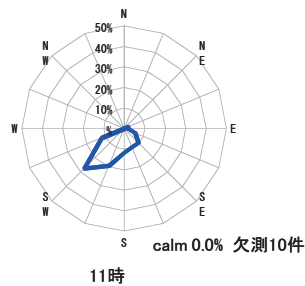
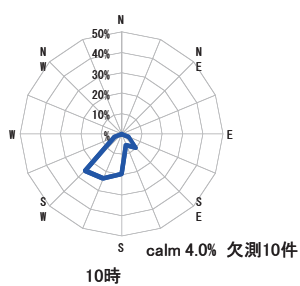
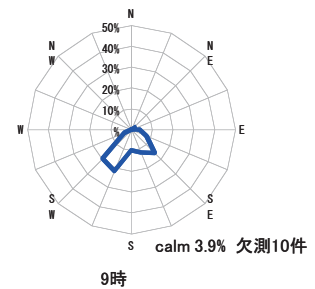
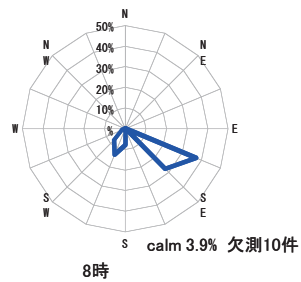
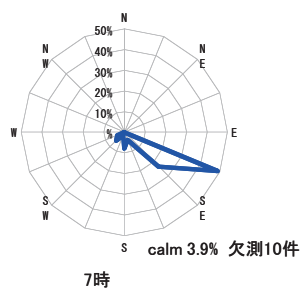
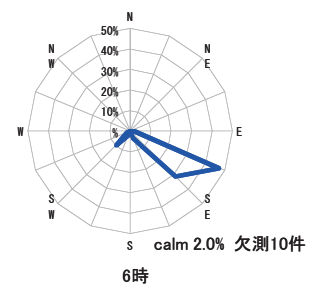
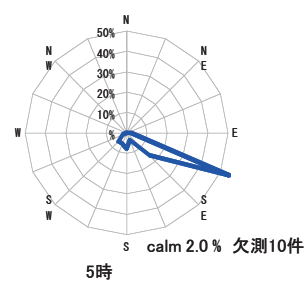
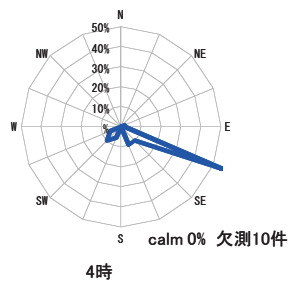
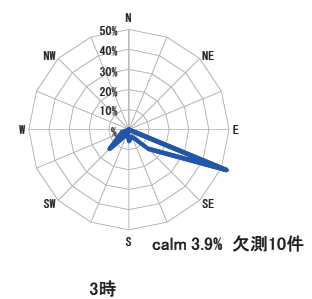
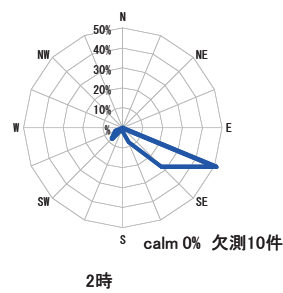
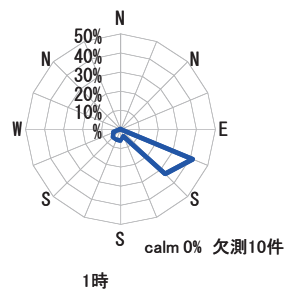


図－6 浦ノ内西分時刻別風配図

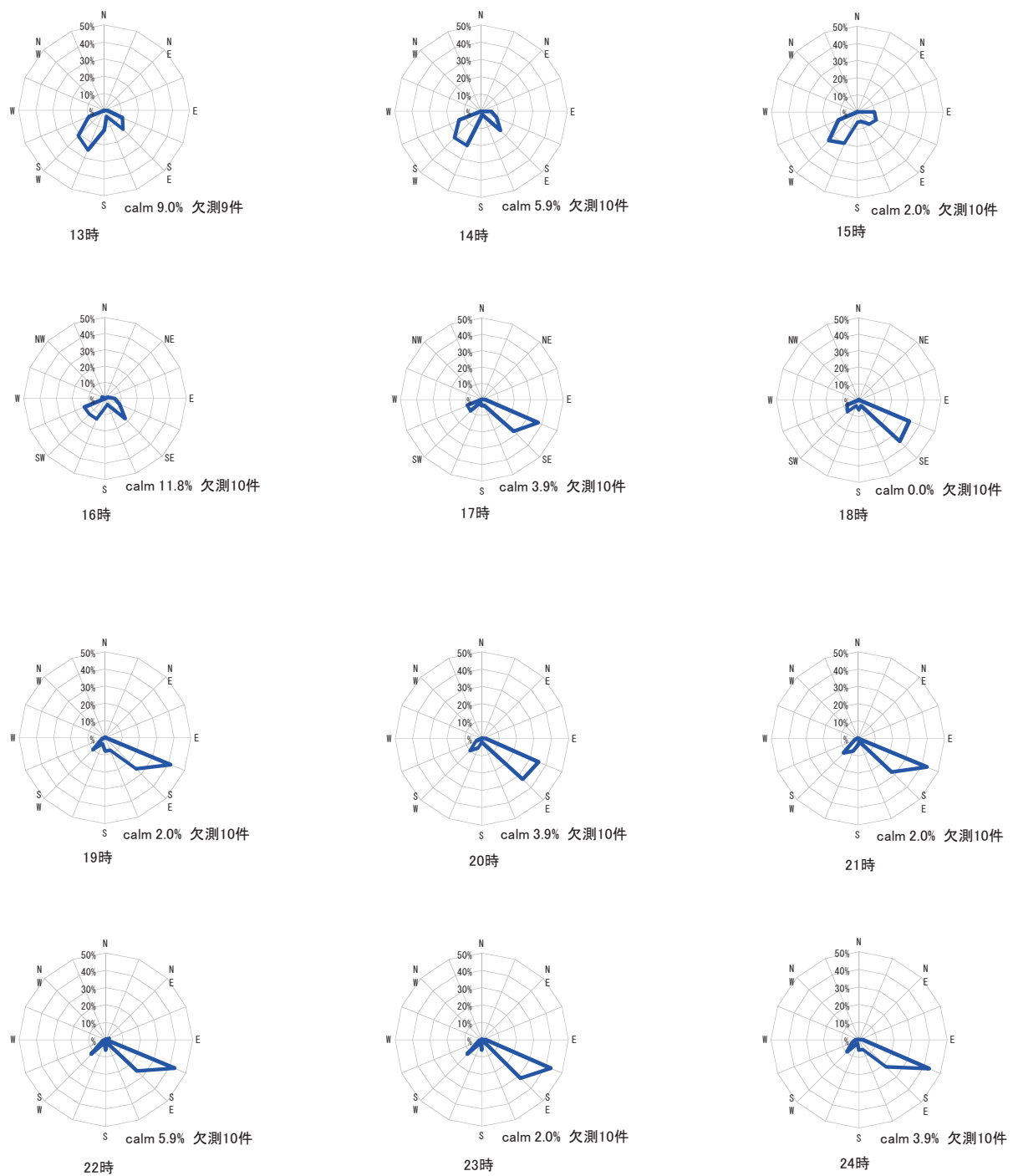
押岡局は現在風向風速を測定していないので、1987年10月16日～12月15日の間の時刻別風配図を図7に示す。押岡局では夜間は東南東の風が主であるが、9時頃から南西の風に変わってきている。

両地点とも夜間の風向から朝9時ごろに風向に変化が起こるころにN0が高濃度になる現象が現れている。

期 間：昭和62年(1987年)10月16日 ～ 昭和62年(1987年)12月15日(時間帯:1時～24時)



押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について（2） 26, 2009



図－7 押岡時刻別風配図

6. 浦ノ内で高濃度出現時の状況

2009年11月25日10時に浦ノ内西分でNO濃度1時間値0.539ppmと今回測定した最高の1時間値となった。NO濃度は8時頃から急激に上昇し1時間値は9時には0.166ppm, 10時に0.539ppm, となった。そして10時半頃から濃度が低下し始め11時に0.172ppm 12時に0.022ppm, 13時には0.002ppmと急激に低下していた。風向は7時40分頃までは主に西北西であったが、その後西南西→南に変化していた。そして10時頃から南南東に向きを変えている。風向が西北西から西南西→南に変化したときにNO濃度が急激に上昇し始め、風向が東南に変わるころからNO濃度が急激に低下し始めている。NOが高濃度になった他の日においてもこれと同様な風向の変化がみられ、風向が西南西→南に変化したときにNO濃度が急激に上昇し始め、風向が他の向きに変わるころからNO濃度が急激に低下し始める傾向がみられた。

夜間に内陸から海へと向けて吹いていた風が弱まるころに、西南西→南の風が吹くと思われる。千葉らによると、11月頃に須崎市周辺に海風が流入してくるのは11時ごろとされており²⁾、この西南西→南の風は海風の流入によるものではないと考えられる。同日7時から12時までの須崎アメダス³⁾と須崎福祉保健所局の風向風速を表2に示す。須崎アメダス観測所は新莊川河口近くにあり、須崎福祉保健所局はそこから東北に約900m離れた市街地にある。須崎アメダスでは、前々日の23日16時30分から吹き続けていた北北西→北西の風が10時20分まで吹き、その後南南東→南東の風向に変わっている。NO濃度は浦ノ内で10時に日最高値0.539ppm, 押岡公園で11時に日最高値0.577ppmを記録している。一方須崎福祉保健所局では7～10時は静穏、11時に南南東12時に南南西の風向となっていて、10時半頃に進入してきた海風で風向が変わったと思われる。須崎福祉保健所局では無風状態であったが須崎アメダスでは北北西→北西の風が吹いていたのは、新莊川上流から河口に向けて吹く風の影響を受けているものと思われる。そしてこの新莊川上流からの風が押岡南の山（海蔵寺山→八坂峰→法印山、以下「法印山」という）北斜面に沿って東進し浦ノ内まで達し、内陸からの

表－2 NO濃度と風向風速

2009年11月25日									
時刻	浦ノ内			押岡			須崎アメダス		須崎福祉保健所
	NO 濃度	風速	風向	NO 濃度	風速	風向	風速	風向	
7:00	5	0.5	NW	40	3.1	NW		0.2	CLM
10		0.7	WNW		2.7	NNW			
20		0.8	WNW		2.8	NNW			
30		0.5	W		3.2	NNW			
40		0.6	W		3.3	NNW			
50		1.3	SW		2.7	NNW			
8:00	16	0.3	Calm	43	2.5	NW		0.1	CLM
		0.3	Calm		2.3	NNW			
		0.7	SW		2	NNW			
		0.6	SSW		2.5	NNW			
		0.4	SSW		2.6	NNW			
		0.4	S		2.5	NNW			
9:00	165	0.6	S	162	2.6	NW		0.2	CLM
		0.8	SW		2.6	NW			
		0.9	SW		2.1	NW			
		1.2	SSW		1.3	NW			
		0.8	SSW		1.9	WNW			
		0.7	SSE		1.5	NW			
10:00	539	0.6	SSE	432	1.1	NW		0.2	CLM
		1.3	SE		1.1	WNW			
		1.2	ESE		1.1	WNW			
		0.8	SE		0.7	SW			
		1	SSE		0.6	SSE			
		0.9	SE		0.7	SE			
11:00	172	1.1	SE	577	0.9	SE		0.5	SSE
		1.6	SSE		1.1	SSE			
		1.5	SE		1.7	SSE			
		2.2	SE		2.3	SSE			
		1.4	S		2.5	SSE			
		1.3	S		2.6	SSE			
12:00	22	1.4	S	166	2.4	SSE		2.6	SSW

風が弱まった8時20分頃から浦ノ内の風向が南西→南南西の風向となったと考えられた。

須崎アメダスでの北西風の風速が弱まりだし始めた10時頃から浦ノ内では南南東→南東に風向がかわっていた。

夕方から夜間にかけて押岡公園ではなだらかな山形にNO濃度が高くなる現象が見られた。浦ノ内では顕著な濃度の上昇は見られなかったが、比較的濃度の上昇が見られた11月7日の径時変化を見ると、2時から4時にかけてNO濃度が上昇し、西南西の風向が出現しているのが見られた。

7. まとめと考察

浦ノ内西分で約2ヶ月間窒素酸化物濃度を測定した結果、

- (1) 浦ノ内西分でも押岡公園に匹敵する高濃度の一酸化窒素が観測された。この時のNO濃度変化は、押岡局で見られる濃度変化とほぼ同様であり、朝8時頃から10時頃にかけて急激にNO濃度が上昇し、その後急速に濃度が下降する現象であった。

濃度のピークは浦ノ内西分の方が押岡局よりやや早い時刻に達していた。

この時間帯の濃度上昇は、押岡局では上昇するが浦ノ内西分では濃度がさほど上昇しない日もあった。

- (2) 押岡局で夜間出現する0.1~0.3ppm程度のなだらかな山形にNO濃度が高くなる現象は浦ノ内西分では見られなかった。浦ノ内西分ではせいぜい0.05ppm程度の濃度が散見された程度であった。
- (3) 浦ノ内西分でNO濃度が高くなるときは、南西—南南西の風向の風であった。この風は、須崎アメダスの観測データからすると新莊川上流から河口に向けて吹く風が法印山の北斜面に沿って東進し浦ノ内西分まで侵入してきたと考えられた。

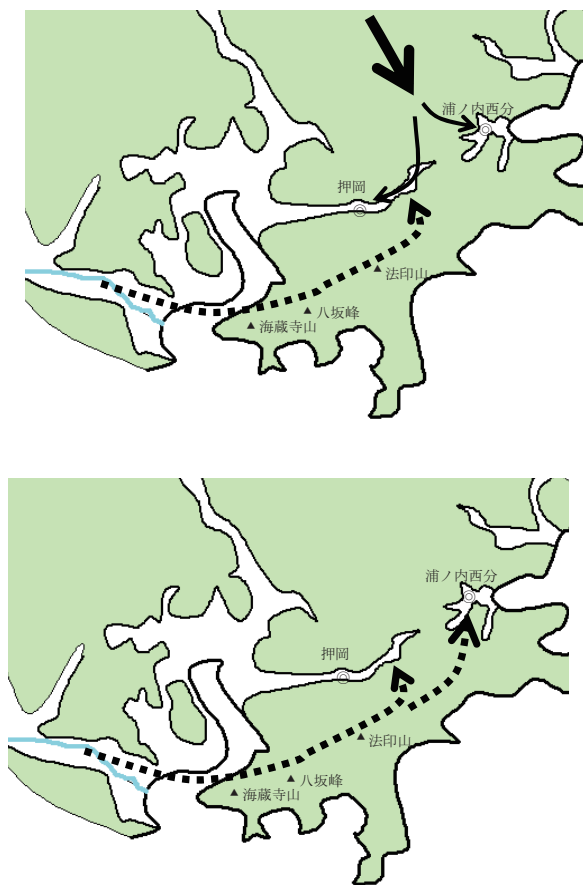
これらの測定結果から、浦ノ内西分及び押岡局で高濃度なNOが出現する過程を以下のとおり推測してみた。

夜間、内陸から土佐湾に向けて吹く風の一部は浦ノ内西分の谷に沿って浦ノ内湾へ流れていき、押岡では谷沿いに須崎港の方へ流れていく。一方、新莊川から須崎湾へ流出する風は法印山北側の斜面に沿って東進し、一部は斜面に沿って流下し押岡の谷に流入する。夜間は内陸からの風が卓越しているので新莊川からの風は浦ノ内西分の谷にはほとんど到達していない。この時、押岡上空の大気が安定な状態であれば高濃度な一酸化窒素はあまり拡散されない状態で存在していて、その一部が新莊川からの風によって押岡に流入し、NO濃度が上昇する。夜間内陸から谷に沿って須崎港に向かって吹く風によって希釈されるのでNO濃度は0.1~0.3ppm程度となりその状態が数時間続く。一方、浦ノ内西分までは新莊川からの風はほとんど達し

ていないので、顕著なNO濃度上昇は見られない。

新莊川上流からの風の状況についてみる。新莊川は流路延長約25Km⁴⁾と比較的大きな河川であり、河口上流約1kmのところで両側から山がせり出してきていて、山と山の間の幅はおよそ700mに狭まっている。この地形の形状により上流からの風は河口部周辺須崎アメダスにおいて北西—西北西の風向で2m/sを超える風速がしばしば観測されていると考えられる。そして通常その風は夕方から吹き始め、夜間から翌11時頃まで吹き続けている。押岡、浦ノ内西分では8時頃から内陸からの風が弱まってくるが、新莊川からの風はその後2、3時間吹き続けている。内陸からの風が弱まったことで新莊川からの風は浦ノ内西分まで到達しうることになり、同時に押岡へも斜面を下って到達する。この時内陸からの風が弱まっているのでNOが希釈される割合が少なくなり、NOは急激に上昇し高濃度となる。そしておよそ2時間後には海風が内陸に向けて吹き込んでくるので新莊からの風の流入が抑えられ、また大気の安定な状態が解消されることも考えられ、一般大気中のNO濃度(数ppb程度)の空気が流入して、NO濃度は急激に低下し一般環境中の濃度にまで低下する。浦ノ内西分の濃度ピークが押岡よりも時間的に早く現れるのは、浦ノ内西分へは新莊の風は法院山斜面に沿ってそのまま流れ込むが、押岡へは方向を変えてその斜面沿いに流下することによる時間差ではないかと思われる。

押岡、浦ノ内西分でNOが高濃度になる条件の一つに上空の大気が安定な状態であることが必要と考えられる。押岡での1981年からの測定結果で、NO濃度1時間値が0.5ppm以上となった時間を月別にみると、月ごとの多少はあるが年間を通じて出現していた。地形的には須崎港周辺であり、地表面の放射冷却によって安定な状態になることは頻繁には起こりえないと思われる。そこで、新莊川上流からの風について再度みる。須崎アメダスのデータでは、西北西—北西の風向の風が夕方から吹き始め夜間を通して翌日の昼前ぐらいまで観測されているのが年間を通して見られる。この風は2m/sを超える風速であることもまれではなく、河口から海上を渡り対岸の押岡方面まで吹いていると考えられる。この‘風の流れ’は新莊川



図－8 風の流れ概略

の河口付近の川幅からして数十mはあると思われる。そしてこの‘風の流れ’が須崎港から須崎湾への出口付近に存在することで、夜間内陸部から須崎港へ吹き込んでくる冷たい空気が須崎港から須崎湾へ出て行くのを‘風の流れ’によって妨げ

られ、須崎港周辺に‘冷たい空気のたまり’が生じる。‘冷たい空気のたまり’が生じれば大気の安定な状態が生じやすくなるであろう。この安定な状態が生じる過程は年間を通じて起こりうるので押岡においてNO濃度が急激に高くなる現象は四季を問わず年間を通じて見られることになる。

須崎港周辺で冬季早朝に接地逆転層が出来ているのがしばしば見られるのは、この‘冷たい空気のたまり’によるものではないかと考えられる。

また、過去の移動測定車での測定結果等では、押岡局以外の須崎市街地周辺では押岡局で見られるほどの高濃度のNOは観測されていなかった¹⁾。

これは、押岡局で西方須崎港方向にむかう風が‘冷たい空気のたまり’に遮られ市街地方面にはほとんど到達していないためと考えられる。

謝 辞

本稿の執筆にあたり、元高知大学大学院教授千葉修先生にご助言・ご教授を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 佐藤祐二，鍋島佐知：押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について，高知県環境研究センター所報25，2008
- 2) 千葉修，金堂由起，川村学史：高知県における海風の特徴，1993，天気，40，2，109-117
- 3) 気象庁，アメダスデータ
- 4) 高知県土木部河川課，河川調書

3. 高知県における大気中揮発性有機化合物（VOC）およびフロン類濃度（平成9年～21年度）

桑尾房子*・山下 浩**・佐藤祐二*・西 孝仁*

Monitoring Results of Volatile Organic Compounds (VOC) and Freon in Kochi Prefecture (1997- 2009)

Fusako KUWAO*・Hiroshi YAMASHITA**・Yuji SATO*・Takahito NISHI*

【要旨】 大気中には揮発性有機化合物（VOC）として人の健康に有害な影響を与えるもの（有害大気汚染物質）や光化学オキシダントの生成，あるいは浮遊粒子状物質（SPM）の生成に関与する物質が，またVOCではないがオゾン層を破壊するフロン等の特定物質が存在する．平成9年～21年度にかけて須崎，伊野，安芸の3地点でモニタリング調査として測定してきたこれらの物質について解析した．

Key words: VOC, フロン, 最優先取扱物質, 光化学オキシダント, SPM

1. はじめに

平成9年4月大気汚染防止法が改正され，大気中揮発性有機化合物（VOC）の内ベンゼン等4物質は継続的に摂取される場合には人の健康を損なうおそれがある物質として環境基準値が，クロロエタン等5物質は健康リスクの低減を図るための指針値が設定された．また浮遊粒子状物質（SPM）及び光化学オキシダントによる大気汚染を防止するため，その原因物質の一つであるVOCの排出および飛散の抑制を図ることを目的に平成16年5月大気汚染防止法が一部改正された．

さらに大気中のフロン等はオゾン層破壊物質としてモントリオール議定書に基づいて規制されている．

このような大気中のVOCおよびフロン等の消長を把握することは健全な環境を保持するために重要である．

高知県ではこれらの物質についてモニタリング調査を平成9年より1回/月実施してきた．今回，これらの結果について解析を加えたので報告する．

2. 調査地点と調査物質および調査期間

2. 1 調査地点

調査地点は須崎市（須崎），いの町（伊野），安芸市（安芸）の3地点（図1）で，都市計画法第8条に定める地域の用途区分では須崎と安芸が未指定又は無指定区域で，伊野が住居専用地域である．表1に3地点周辺の主な事業所の数を示した．



図1 須崎，伊野，安芸の測定地点

表-1 測定地点から1km範囲の事業所数（H22年）

地点	印刷業	塗装業	ガソリンスタンド	車修理	製紙業	クリーニング
須崎	2	0	4	4	0	4
伊野	3	0	1	6	15	3
安芸	2	4	4	3	0	5

* 高知県環境研究センター

** 幡多福祉保健所

2. 1. 1 須崎

県中西部の須崎市市街地の5階建てビル2階ベランダである。海岸線から北へ約400mに位置する。例年11月～2月はほとんどが北西、西北西の新莊川に沿った山風であるが、春に向かい少しずつ南からの海風が吹きはじめ、6月～8月では南、南南東からの海風が多くなり、冬に向かってまた山風が主流となっていく。そのため北東に位置するセメント工場や須崎港方向からの風は年間をとおして少ない。

2. 1. 2 伊野

県中央部に位置する「いの町」市街地の駐車場の一角である。伊野は海岸線から北へ約12km、仁淀川の左岸に位置している。冬季の仁淀川に沿って吹く山風は西北西から、夏の海風は南南西が主流風になる。仁淀川を挟んで製紙が盛んで、いずれの風向きにしても、いくつかの製紙工場が風上になる。

2. 1. 3 安芸

県中東部の農業の盛んな安芸市市街地の海岸線から約600mに位置する3階建てビルの屋上である。11月～2月は安芸川に沿った山からの北風が主流で、春に向かい少しずつ南からの海風が多くなり、6月～8月で山風、海風が拮抗し、やがて冬に向かって山風が主流となる。

2. 2 測定に用いた標準ガスおよび測定期間

標準ガスはHAPs-J-9（9物質）、T0-14（43物質）、HAPs-J-17（17物質）、HAPs-J-44（44物質）を用い、測定したVOC数は測定時期によって異なる。最も多い時は表2に示した様に44物質であるが、環境基準値と指針値が設定されている優先取組物質の9物質については全期間を通して測定した。

測定は平成9年度から21年度の期間であるが、安芸のみ17年度までである。

3. 測定方法および機器

測定は24時間の大気を採取し、「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」に準拠した。測定値が検出下限値未満のものは、検出下限値の1/2値として解析した。

濃縮装置とGCMSにはH21年12月まではAutoCan

(GLサイエンス)、Auto mass system II (JEOL) をその後はAeroTower (GLサイエンス)、Jms-Q1000GC Mk II (JEOL) を用いた。

4. 結果および考察

4. 1 環境基準値、指針値が設定されている優先取組物質

有害大気汚染物質の内、優先取組物質について図2にその推移を示す。

近年Benzeneは基準値の1/3レベルに減少した。平成12年1月からのガソリン中Benzene含有率上限値を5 vol %から1 vol %に引き下げる規制による効果で減少を続けている。

殆どの由来が車の排気ガス（特にディーゼル車）である1,3-Butadiene¹⁾も指針値の1/25レベルに減少した。

その他は微増、微減が見られたが、いずれも環境基準値、指針値からかなり低いレベルで推移している。

4. 2 光化学オキシダントの原因物質としてのVOC

ほとんど全てのVOCは大気中の窒素酸化物NO_x (NO+NO₂) と混在した状態で紫外線の照射により刺激性のある光化学オキシダント（オゾン、PAN、アルデヒド等の酸化性物質）を生成する^{2,3)}。VOCの各成分ではこのオキシダント生成能が異なり、その生成能の指標としてSAPRC-99のボックスモデル⁴⁾により、日本国内におけるオゾン高濃度日が出現した環境条件・気象条件を用いて求めた日本（関東・関西平均）の最大増加反応MIR (Maximum Incremental Reactivity, MIR = 光化学オキシダント増加量 (mg) ÷ VOC増加量 (mg))^{4,5,6)} が報告されている。

表2に示した44種のVOCのなかで、MIR値の高い1,3,5-Trimethylbenzene (MIR:12.54), m-, p-Xylene (7.88), o-Xylene (7.45), Toluene (4.66) の4 VOCs合計の総検出量に対する比率は須崎、伊野、安芸で35%, 60%, 35%を占め、光化学オキシダント生成の主体となっている。これら4種VOC濃度の推移と各濃度にそれぞれのMIR値を掛けて求めたVOCのオキシダント生成に寄与する4種類全体に対する比率を図3に示した。

表-2 測定したVOCおよびオゾン保護法に係る特定物質（物質によって調査期間が異なる）

物質名	適応法令			化審法 ^{*2} (化管法)	オゾン層保護法 ^{*3}
	大気汚染防止法		VOCとして測定される可能性が有る物質 ^{*1}		
	有害大気汚染物質				
	優先取組物質 ◎環境基準値 ●指針値	1年平均値 (μg/m3)			
Freon 12					特定物質
Freon 114					特定物質
Chloromethane	○		○	第二監視	
Chloroethene	●	10≧	○	第二監視	
1,3-Butadiene	●	2.5≧	○	第二監視	
Bromomethane			○		特定物質
Chloroethane	○		○	第二監視	
Freon 11					特定物質
Freon 113					特定物質
1,1-Dichloroethylene	○		○	第二監視	
Allyl chloride			○		
Dichloromethane	◎	150≧	○	第二監視	
Acrylonitrile	●	2≧	○		
1,1-Dichloroethane	○				
cis-1,2-Dichloroethylene	○		○	第二監視	
Chloroform	●	18≧	○	第二監視	
1,1,1-Trichloroethane	○		○		特定物質
Tetrachloromethane	○		○	第二監視	特定物質
1,2-Dichloroethane	●	1.6≧	○	第二監視	
Benzene	◎	3≧	○		
Trichloroethylene	◎	200≧	○	第二特定	
1,2-Dichloropropane	○		○	第二監視	
cis-1,3-Dichloropropene				第二監視	
Toluene	○		○		
trans-1,3-Dichloropropene				第二監視	
1,1,2-Trichloroethane	○		○	第二監視	
Tetrachloroethene	◎	200≧	○	第二特定	
1,2-Dibromoethane	○				
Chlorobenzene	○		○		
Ethylbenzene	○		○		
m,p-Xylene	○		○		
o-Xylene	○		○		
Styrene	○		○		
1,1,2,2-Tetrachloroethane	○				
4-Ethyltoluene			○		
1,3,5-Trimethylbenzene	○		○		
1,2,4-Trimethylbenzene	○		○	(第一指定)	
m-Dichlorobenzene					
p-Dichlorobenzene	○		○	第二監視, 第三監視	
Benzyl chloride			○		
o-Dichlorobenzene	○		○	第二監視, 第三監視	
1,2,4-Trichlorobenzene	○				
Hexachlorobutadiene					

*1 化学物質ファクトシート(2007年版環境省 環境保健部環境保全課)に記載されていた物質に○を記した。

平成16年改正後の大気汚染防止法では規制対象のVOCとは、大気中に排出され、又は飛散した時に気体である有機化合物で、浮遊粒子状物質及びダイオキシンの生成の原因と成らない物質としてメタンと7種のフロン類を除外物質としている。

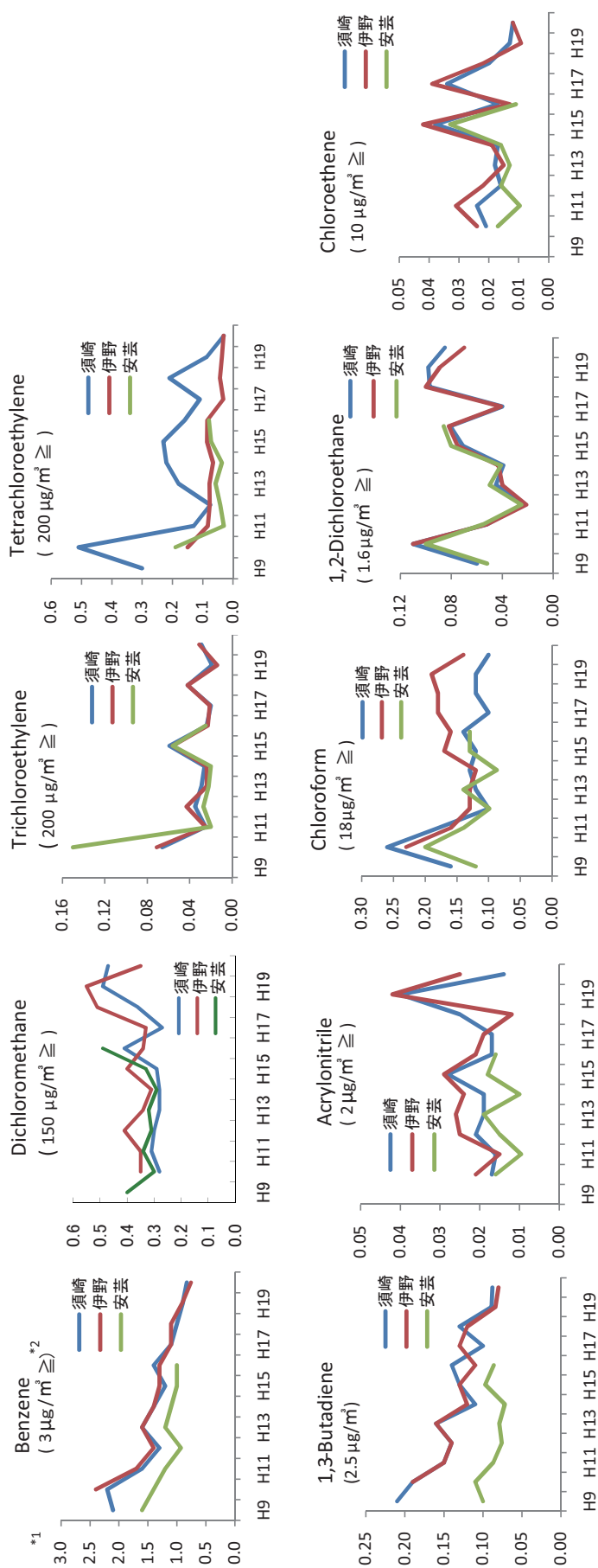
*2 第二監視：第二種監視化学物質

第三監視：第三種監視化学物質

第二特定：第二種特定化学物質

(第一指定)：化管法での第一種指定化学物質

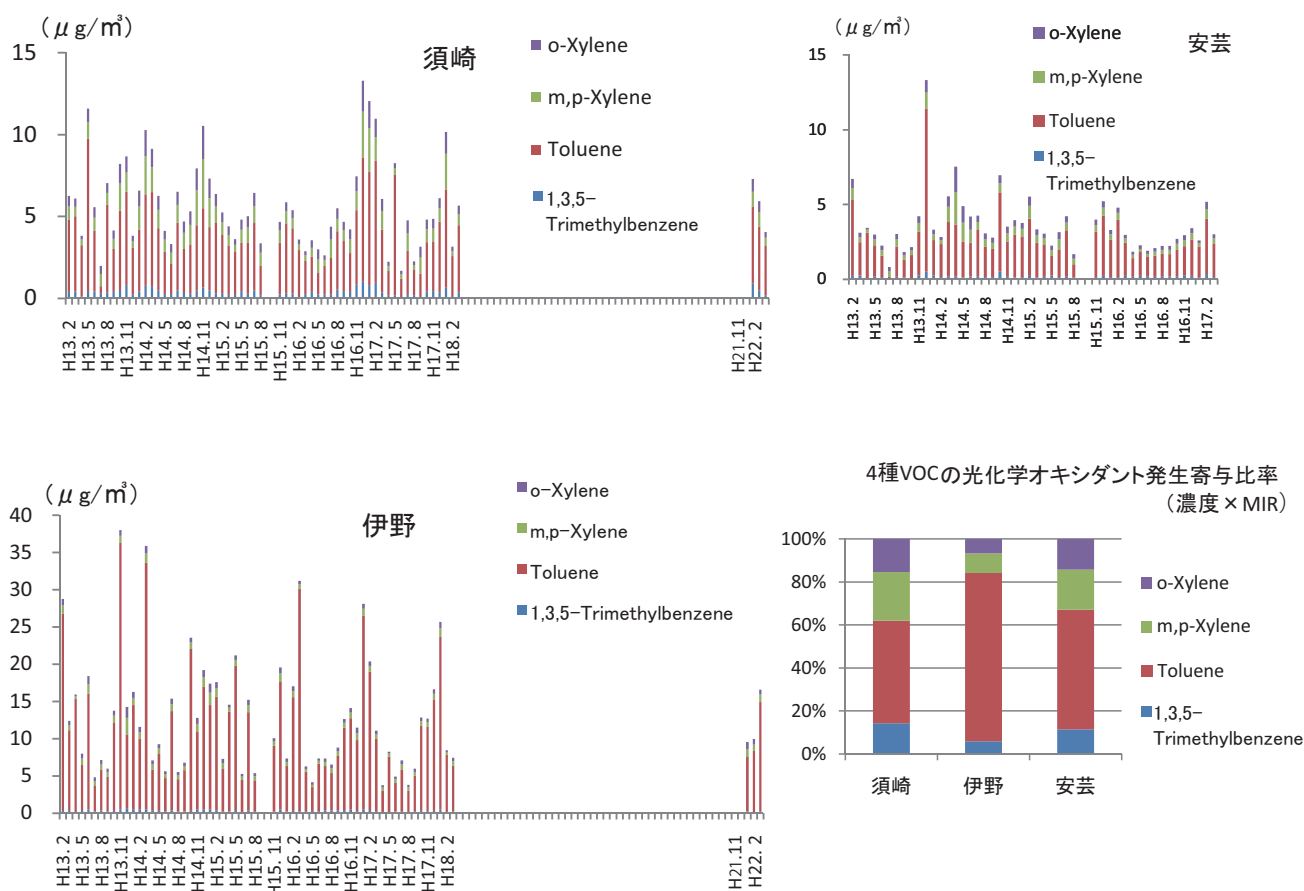
*3 オゾン層保護法：特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律



* 1: 縦軸は $\mu\text{g}/\text{m}^3$

* 2: () 内の数字は環境基準値あるいは指針値

図一 2 優先取組物質の推移（上段：環境基準値が設定，下段：指針値が設定）



図－3 光化学オキシダントの主な原因となるVOCの濃度推移と寄与比率

光化学オキシダントに強く寄与するVOCの濃度は冬期に高濃度を示した。冬期では混合層高度が低く大気の安定度が増し、紫外線が弱くVOC分解レベルが低いと思われる。またオキシダント生成に寄与するVOCの比率にも地域性がみられた。

光化学オキシダント発生は、今回調査した様なトルエン等の芳香族炭化水素だけが原因になるのではない。東京都の住宅地ではアルコール・エステル類、アルデヒド、アルケン・ピネン、アルカン等も関与しており、芳香族炭化水素はこれら全体の30%程度にすぎない事が報告されている⁷⁾。

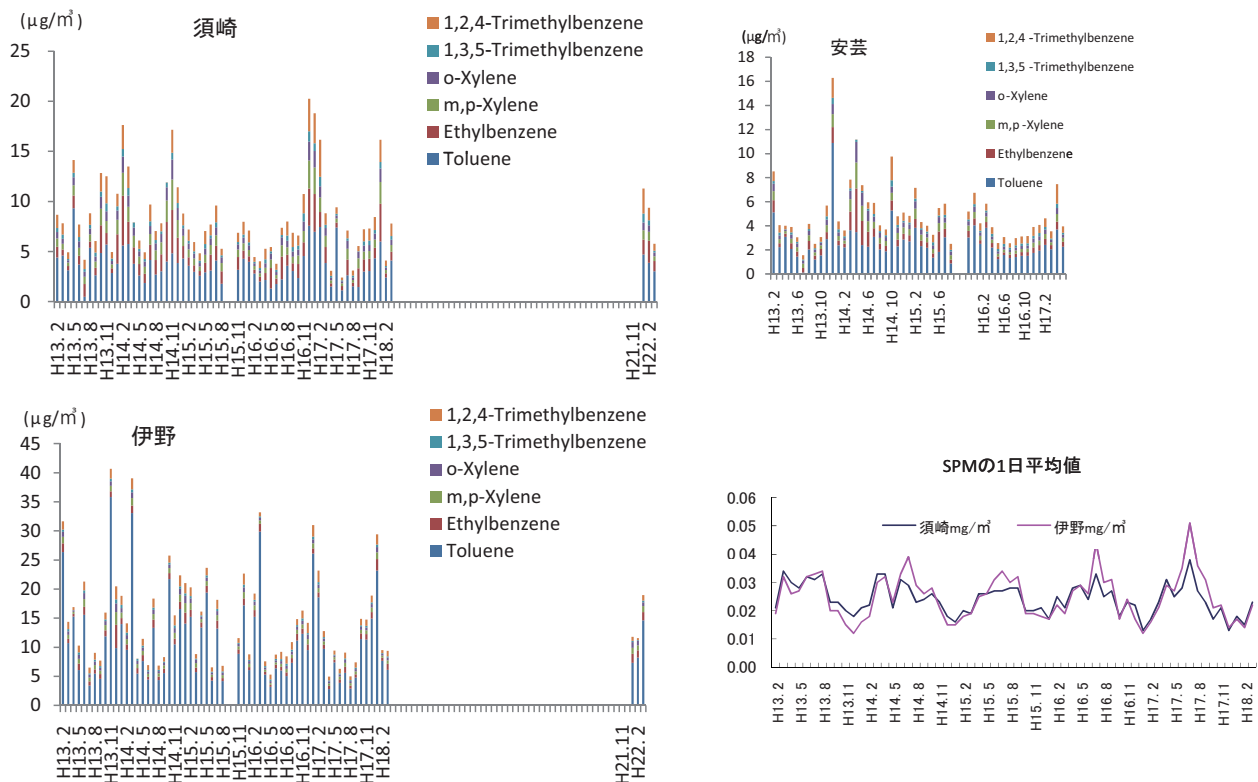
高知県の他の地区での光化学オキシダントの環境基準値を越える時期は越境大気汚染の影響を受ける3月から5月と、気温が上昇し紫外線量が増加する7月から9月である⁸⁾。今回調査の3地点では光化学オキシダントの測定はしていないが、夏期ではオキシダント発生の寄与が大きい上記4種のVOCが低値を示すことから大気上昇による拡散以外にオキシダント発生への関与が推測される。

高知県において光化学オキシダントの注意報

(1時間値0.12ppm以上)を発令したことは一度もないが、環境基準(1時間値0.06ppm)は未達成のまま推移しており、今後光化学オキシダントの測定地点におけるVOCの関与について検証する必要があると考えられる。

4.3 浮遊粒子状物質SPM (Suspended particulate matter) の原因物質としてのVOC

大気中のVOC(主に炭素数6以上)は大気中でOHラジカル、オゾン等と化学反応を起こし半揮発性有機化合物(COC: condensable organic compounds)を生成し、それらが自ら又は大気中にある既存の微小粒子上に凝縮して二次生成粒子(SOA: Secondary organic aerosol)を形成して揮発性の低いSPMを生成する^{9,10)}。竹川¹⁰⁾は生成したSOA濃度が高いほど、また気温が低いほどSOA生成収率は高く、Toluene, m-Xylene, 1,2,4-Trimethylbenzeneではこの順にSOA生成収率が高いと報告している。生成収率の高いVOCは主に芳香族炭化水素であり、今回測定したToluene, m-Xylene, 1,2,4-Trimethylbenzene, 1,3,5-Trimethylbenzene, Ethylbenzene,



図－４ 浮遊粒子状物質の原因となるVOCの推移（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）と須崎，伊野の浮遊粒子状物質の1日平均値（ mg/m^3 ）

o-Xylene, p-Xyleneの濃度の推移を図4に示した。冬期に高く，春から夏にかけて低い傾向であった。須崎とTolueneの多い伊野で同時に測定しているSPMの月別変動では，6，7月が最も高く，冬期には低値を示しており，VOCによるSPMへの関与が推定される。SPMの環境基準（1時間の1日平均値が $0.10\text{mg}/\text{m}^3 \geq$ かつ1時間値が $0.20\text{mg}/\text{m}^3 \geq$ ）は達成されていた。

4. 4 オゾン層保護法に係る特定物質について

毒性は低いがオゾン層破壊の原因となりオゾン層保護法に係る特定物質であるフロン（Freon）12，フロン11，フロン113，フロン114と有害大気汚染物質でもあるTetrachloromethaneと1,1,1-Trichloroethaneの濃度の推移を図5に示す。これらの6物質は1996年以降では原則製造が禁止されている。同様に2005年に原則製造禁止になった特定物質であるBromomethaneの推移を図6に示す。

4. 4. 1 フロン12

3地点ともカーエアコンの冷媒などとして使用されているフロン12（オゾン破壊係数：1）が最も濃度が高い。安芸における平成13年2月から平成17年3月にかけての4年間のフロン12の結果では緩やかであるが減少の傾向が見られていた。同

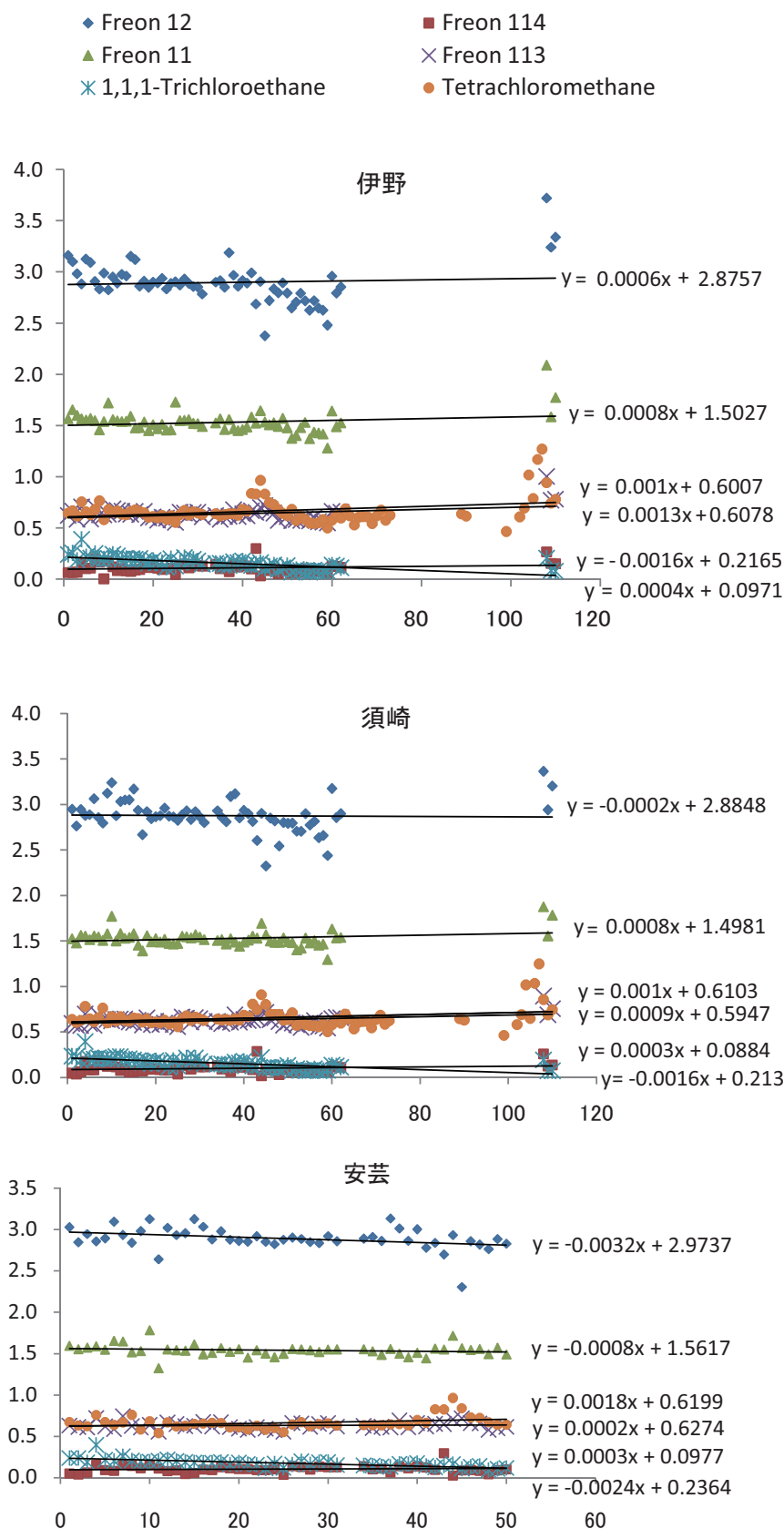
様に伊野と須崎でも同時期では近似直線の傾きは -0.004 で，3地域での濃度の推移はほぼ同じであった。しかしより長期に測定した須崎と伊野の結果はH22年の1～3月の結果が高いこともあり近似直線はほぼ横ばいを示した。3年間の測定ブランクがあり，近年上昇傾向を示しているかは不明である。測定期間での須崎，伊野，安芸の平均値（CV%）は $2.88\mu\text{g}/\text{m}^3$ （6.1）， $2.90\mu\text{g}/\text{m}^3$ （6.8）， $2.89\mu\text{g}/\text{m}^3$ （4.6）であった。

4. 4. 2 フロン11

ビルの空調機などの冷媒に使われるフロン11（オゾン破壊係数：1）は3地点ともほぼ横ばい状態で，同様の推移を示した。測定期間での須崎，伊野，安芸の平均値（CV%）は $1.53\mu\text{g}/\text{m}^3$ （5.6）， $1.53\mu\text{g}/\text{m}^3$ （7.2）， $1.54\mu\text{g}/\text{m}^3$ （4.5）であった。

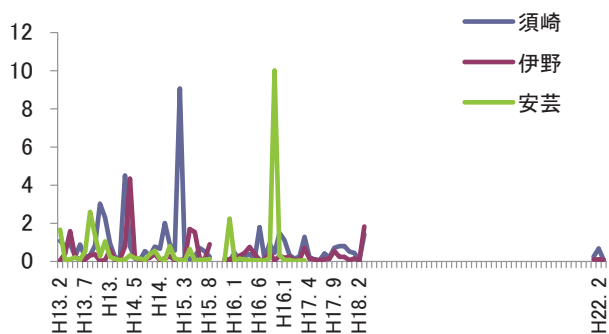
4. 4. 3 フロン113

電子機器や精密機器の洗浄剤等で使われるフロン113（オゾン破壊係数：0.8）は3地点ともほぼ横ばい状態で，同様の推移を示した。測定期間での須崎，伊野，安芸の平均値（CV%）は $0.627\mu\text{g}/\text{m}^3$ （8.8）， $0.636\mu\text{g}/\text{m}^3$ （11）， $0.632\mu\text{g}/\text{m}^3$ （6.6）であった。



*縦軸の単位は $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 横軸の数字はH13年2月からH21年3月までの月数

図-5 オゾン層保護法に係る特定物質の推移



図－6 Bromomethaneの推移

4. 4. 4 Tetrachloromethane

Tetrachloromethane（オゾン破壊係数:1.1）は試験研究や分析用などの特別の用途，あるいは化学物質の原料としての製造が認められている．3地点とも濃度はフロン113と殆ど同じであったが，近似直線では僅かに増加していた．測定期間での須崎，伊野，安芸の平均値（CV%）は $0.659 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （17）， $0.667 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （19）， $0.664 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （12）であった．

4. 4. 5 1,1,1-Trichloroethane

1,1,1-Trichloroethane（オゾン破壊係数:0.1）はTetrachloromethaneと同様の用途での製造が認められているが，3地点においてTetrachloromethaneが微増しているのに対し，近似直線は僅かであるが減少を示した．これはTetrachloromethaneの大気中の寿命が26年と長いのに対して1,1,1-Trichloroethaneは5年と短いと思われる．測定期間での須崎，伊野，安芸の平均値（CV%）は $0.157 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （37）， $0.159 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （36）， $0.175 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （28）であった．

4. 4. 6 フロン114

スプレー噴射剤や化学物質の原料として使われるフロン114（オゾン破壊係数:1）は3地点とも濃度は1,1,1-Trichloroethaneと殆ど同じであったが，横ばいに推移した．解析期間での須崎，伊野，安芸の平均値（CV%）は $0.100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （46）， $0.110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （44）， $0.105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （42）であった．

以上の6物質において3地点の差は殆ど見られず，高知県の平均的な値だと思われる．しかしながら北海道（2008年1月）¹¹⁾のFreon12（554pptv），Freone11（241pptv），Freone113（77.1pptv），Freone114（14.9pptv），1,1,1-Trichloroethane

（14.5pptv），Tetrachloromethane（95.6pptv）や川崎市（2007年3月～2008年2月の中央値）の調査¹¹⁾のFreon12（0.59ppbv），Freone11（0.31ppbv），2005年3月～2006年2月（中央値）の調査のFreone113（0.8ppbv），1,1,1-Trichloroethane（0.02ppbv），Tetrachloromethane（0.1ppbv）と高知県での解析期間の濃度の平均値と比較すると，減少傾向が見られる1,1,1-Trichloroethane以外では高知県の濃度は北海道の0.82～0.96倍，川崎市の0.74～0.89倍であった．また1,1,1-Trichloroethaneは測定時期を概ね揃えると北海道の0.86倍，川崎市の0.63倍であった．広域でみると高知県のこれらの特定物質の濃度はより低い地域であると言える．

4. 4. 7 Bromomethane（臭化メチル）

同じく特定物質であるBromomethane（オゾン破壊係数:0.6）は土壌消毒の燻蒸剤，輸入農作物の検疫用として使用されていたが，2005年から原則使用禁止とされた．しかし検疫用と高知の主要農産物の一つで，日本一の生産量をほこるショウガの根茎腐敗病の防除など代替えが困難である場合の使用が2013年末全廃まで認められており，現在も一部で使用されている．

Bromomethaneは空気よりも重く，拡散されにくいことから，図5に示した様に濃度変化は大きく，周辺に田園地帯を擁する3地点での地域性は見られなかった．測定時にその周辺でBromomethaneが土壌消毒剤として使用された場合に高濃度で検出されたと思われる．解析期間での最大値（平均値）は須崎で $9.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （ $0.805 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ），伊野で $4.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （ $0.376 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ），安芸で $10.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （ $0.542 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）で平均値は須崎が最も高かった．なお三宅¹²⁾は須崎港での検疫によるBromomethane使用は測定地点での測定値に影響を及ぼさないと報告している．

原則使用禁止以前である2003年度の化学物質環境実態調査（高知県は不参加）では検出数は10/12検体で最大濃度は $0.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と報告されている．須崎で当該最大値を超した月数は調査月63ヶ月中30ヶ月であり，伊野は11ヶ月，安芸では48ヶ月中10ヶ月であった．なお環境省の「化学物質の環境リスク初期評価」では無毒性量等を $280 \mu\text{g}/\text{m}^3$ としている．

4. 5 観測地点でのVOCの発生源の推察

検出されたVOC15物質間の相関係数、期間最高値、最低値、平均値および変動係数（CV%）を表3に、またこれら平均値の3地点の比較を図7に示す。

4. 5. 1 発生源が同一と考えられるVOC

須崎、伊野、安芸の3地点において構造異性体であるEthylbenzeneとm-, p-Xyleneおよびo-Xyleneはお互い強く相関し、この3者が混在した状態で同時に排出されていると考えられる。それぞれの濃度比は須崎が46:31:23、伊野が42:33:26、安芸が41:32:26で地域差が見られず、溶剤として用いられる分解系キシレン（40~65:24~56:6~25）が多く、燃料ガソリンとして用いられる改質系キシレン¹³⁾（4~18:57~75:16~29）由来は少な

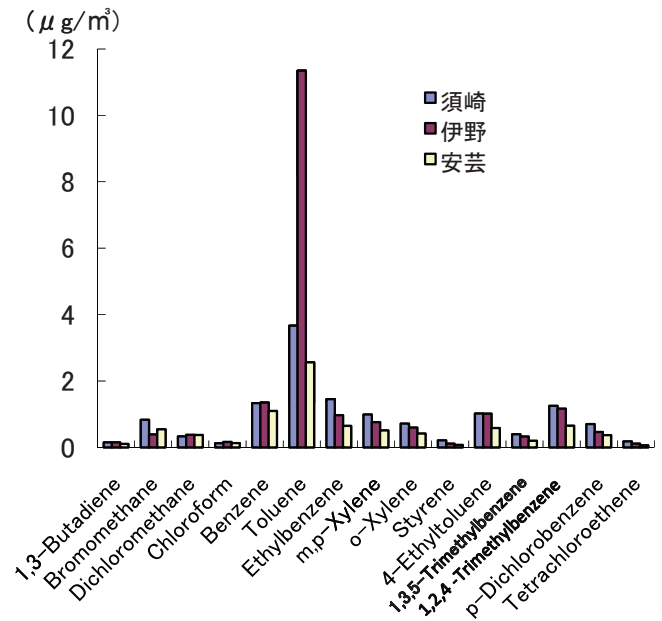


図-7 3地点において検出されたVOCs濃度の平均値（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

表-3 各VOCによる相関係数と最高値、最低値、平均値、変動係数

相関性(須崎)															Max	Min	Mean	CV%
1,3-Butadiene															0.327	0.023	0.148	51
0.22	Bromomethane														9.074	0.053	0.828	161
0.26	-0.01	Dichloromethane													1.556	0.001	0.328	71
0.21	-0.28	0.49	Chloroform												0.243	0.035	0.122	34
0.73	0.26	0.26	0.19	Benzene											2.375	0.015	1.332	42
0.70	0.10	0.27	0.36	0.59	Toluene										9.330	0.473	3.666	48
0.56	0.04	0.04	0.11	0.46	0.40	Ethylbenzene									4.966	0.330	1.451	74
0.67	0.10	0.09	0.13	0.54	0.55	0.95	m,p-Xylene								3.027	0.274	0.988	63
0.72	0.12	0.15	0.17	0.56	0.59	0.92	0.99	o-Xylene							2.003	0.213	0.716	55
0.30	0.08	0.08	0.07	0.16	0.16	0.29	0.34	0.37	Styrene						1.019	0.006	0.209	75
0.87	0.16	0.25	0.31	0.69	0.76	0.64	0.79	0.84	0.36	4-Ethyltoluene					2.549	0.232	1.018	53
0.84	0.15	0.37	0.34	0.63	0.69	0.59	0.73	0.79	0.40	0.96	1,3,5-Trimethylbenzene				1.022	0.053	0.391	54
0.85	0.15	0.28	0.34	0.68	0.74	0.61	0.77	0.81	0.34	0.99	0.95	1,2,4-Trimethylbenzene			3.691	0.284	1.251	56
-0.18	-0.10	0.05	0.19	-0.36	-0.17	0.01	-0.02	0.02	0.29	-0.05	0.01	-0.06	p-Dichlorobenzene		2.070	0.067	0.701	69
0.39	0.14	0.28	0.15	0.41	0.25	0.34	0.41	0.42	-0.02	0.39	0.37	0.42	-0.19	Tetrachloroethene	0.703	0.001	0.149	109
相関性(伊野)															0.35	0.02	0.15	46
1,3-Butadiene															4.35	0.03	0.39	171
-0.09	Bromomethane														0.87	0.00	0.38	45
0.25	-0.05	Dichloromethane													0.29	0.05	0.16	33
0.01	0.08	0.51	Chloroform												2.41	0.00	1.35	38
0.62	0.00	0.43	0.13	Benzene											35.80	2.83	11.35	67
0.59	-0.06	0.32	0.01	0.61	Toluene										3.97	0.36	0.97	54
0.62	-0.01	0.35	0.18	0.43	0.38	Ethylbenzene									2.21	0.31	0.76	44
0.78	-0.09	0.28	0.02	0.54	0.46	0.89	m,p-Xylene								1.49	0.23	0.59	41
0.81	-0.11	0.30	0.02	0.56	0.48	0.84	0.99	o-Xylene							0.42	0.00	0.11	62
0.54	-0.15	0.12	0.00	0.31	0.26	0.52	0.60	0.61	Styrene						1.93	0.44	1.02	35
0.85	-0.15	0.23	0.04	0.60	0.55	0.68	0.86	0.90	0.61	4-Ethyltoluene					0.69	0.07	0.32	36
0.83	-0.11	0.27	0.01	0.52	0.50	0.67	0.80	0.84	0.68	0.92	1,3,5-Trimethylbenzene				2.23	0.51	1.18	36
0.82	-0.16	0.23	0.04	0.58	0.53	0.64	0.82	0.86	0.60	0.98	0.91	1,2,4-Trimethylbenzene			1.56	0.01	0.46	70
-0.21	-0.07	0.04	0.12	-0.43	-0.34	-0.05	-0.06	-0.05	0.05	-0.09	-0.04	-0.12	p-Dichlorobenzene		0.15	0.00	0.03	105
0.04	-0.05	0.41	0.54	0.18	0.13	0.39	0.17	0.15	0.01	0.05	0.01	0.05	0.02	Tetrachloroethene	0.15	0.00	0.03	105
相関性(安芸)															0.287	0.001	0.102	53
1,3-Butadiene															10.020	0.024	0.542	277
-0.23	Bromomethane														1.410	0.005	0.374	62
0.30	-0.04	Dichloromethane													0.278	0.031	0.128	36
-0.14	0.13	0.08	Chloroform												2.068	0.174	1.094	36
0.55	0.11	0.20	-0.08	Benzene											10.886	0.124	2.560	62
0.69	-0.06	0.07	0.01	0.54	Toluene										3.626	0.220	0.645	91
0.14	-0.07	-0.03	0.03	0.12	0.35	Ethylbenzene									2.149	0.203	0.507	66
0.25	-0.07	-0.01	-0.09	0.21	0.47	0.96	m,p-Xylene								1.708	0.131	0.413	65
0.21	-0.07	0.01	-0.08	0.14	0.44	0.94	0.99	o-Xylene							0.182	0.001	0.072	52
0.57	0.02	0.48	0.06	0.24	0.31	0.14	0.14	0.12	Styrene						1.655	0.277	0.583	45
0.65	-0.03	0.26	-0.11	0.52	0.77	0.16	0.29	0.28	0.48	4-Ethyltoluene					0.527	0.022	0.197	46
0.52	-0.04	0.30	-0.12	0.39	0.67	0.14	0.24	0.27	0.48	0.90	1,3,5-Trimethylbenzene				1.960	0.002	0.650	52
0.65	-0.03	0.34	-0.08	0.50	0.68	-0.02	0.09	0.09	0.51	0.96	0.85	1,2,4-Trimethylbenzene			1.273	0.013	0.366	77
-0.23	0.02	0.09	0.47	-0.51	-0.31	0.15	0.08	0.14	0.09	-0.18	-0.12	-0.06	p-Dichlorobenzene		0.287	0.001	0.061	85
0.10	0.11	0.37	0.26	0.20	0.12	0.03	0.00	0.01	0.14	0.07	0.25	-0.07	-0.16	Tetrachloroethene	0.287	0.001	0.061	85

と思われる。

同様に構造異性体である4-Ethyltoluene, 1,3,5-Trimethylbenzene, 1,2,4-Trimethylbenzene間でも3地点でお互い強く相関し、その須崎、伊野、安芸の濃度の比率が39:15:46, 40:13:47, 41:14:45で殆ど同じであった。由来を明らかに出来なかったが混在しての同時排出と考えられた。

4. 5. 2 単一物質として排出されるVOC

3地点において他のVOCと相関が無く、単体排出と考えられるVOCはBromomethane, p-Dichlorobenzene, Chloroform, Tetrachloroetheneであった。

Bromomethaneは土壤消毒剤として、p-Dichlorobenzeneは衣類の防虫剤やトイレの防臭剤として家庭から、Tetrachloroetheneは主にクリーニング業からの排出と思われる。Chloroformは非意図的生成によるものと思われる。

4. 5. 3 混合状態で排出されるVOC

表3から単一物質として排出されるVOCを除外した相関表を表4に示す。

村上ら¹⁾の自動車排ガス中のVOC排出実態の報文（2004年）から今回検出されたVOCについて、ディーゼル車とガソリン車のそれぞれの排出係数（mg/km）および半減期を表5に抜粋した。両者の排出係数には大きな違いが見られる。また3地点近傍の国道におけるディーゼル車とガソリン車の平日24時間通行量を平成17年の国土交通省「道路交通センサス」から、須崎ではガソリン車（乗用車、小型貨物車）は15,486台、ディーゼル車は（バス、普通貨物車、大型車類）5,172台が、同様に伊野では23,214台、3,758台が、安芸14,822台、3,680台が通行していると推測した。

大気中Benzeneの殆どが車排気ガス由来であること、半減期が7～10日と安定していることから、ガソリン車やディーゼル車の排出係数にそれぞれの車の通行台数を掛けて求めた各VOCの値を、同様に求めたBenzeneの値で割ったものを車排気ガス中の予測Benzene比とした（表4右から3列目）。そのBenzene比にBenzene測定平均濃度（例：須崎

表－4 排気ガス由来、その他由来のVOC濃度の推定値

		測定 平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	車排気ガス中の 予測Benzene比 ^{*1}	車排気ガス由来 の予測値 ^{*2} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	その他由来の 予測値 ^{*3} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1,3-Butadiene		0.15	1.17	1.56	-1.42
0.73 Benzene		1.33	1.00	1.33	0.00
0.70 0.59 Toluene		3.67	1.08	1.44	2.23
0.56 0.46 0.40 Ethylbenzene		1.45	0.15	0.20	1.25
0.67 0.54 0.55 0.95 m,p-Xylene		0.99	0.20	0.27	0.72
0.72 0.56 0.59 0.92 0.99 o-Xylene		0.72	0.19	0.25	0.46
0.30 0.16 0.16 0.29 0.34 0.37 Styrene		0.21	0.07	0.09	0.12
0.87 0.69 0.76 0.64 0.79 0.84 0.36 4-Ethyltoluene		1.02	0.00	0.00	1.02
0.84 0.63 0.69 0.59 0.73 0.40 0.96 1,3,5-Trimethylbenzene		0.39	0.26	0.35	0.04
0.85 0.68 0.74 0.61 0.77 0.81 0.34 0.99 0.95 1,2,4-Trimethylbenzen		1.25	0.23	0.31	0.94
1,3-Butadiene		0.15	0.79	1.06	-0.92
0.62 Benzene		1.35	1.00	1.35	0.00
0.59 0.61 Toluene		11.35	1.11	1.49	9.85
0.62 0.43 0.38 Ethylbenzene		0.97	0.12	0.16	0.81
0.78 0.54 0.46 0.89 m,p-Xylene		0.76	0.17	0.23	0.53
0.81 0.56 0.48 0.84 0.99 o-Xylene		0.59	0.16	0.22	0.37
0.54 0.31 0.26 0.52 0.60 0.61 Styrene		0.11	0.05	0.06	0.05
0.85 0.60 0.55 0.68 0.86 0.90 0.61 4-Ethyltoluene		1.02	0.00	0.00	1.02
0.83 0.52 0.50 0.67 0.80 0.84 0.68 0.92 1,3,5-Trimethylbenzene		0.32	0.21	0.28	0.04
0.82 0.58 0.53 0.64 0.82 0.86 0.60 0.98 0.91 1,2,4-Trimethylbenzen		1.18	0.19	0.26	0.93
1,3-Butadiene		0.10	1.01	1.11	-1.00
0.55 Benzene		1.09	1.00	1.09	0.00
0.69 0.54 Toluene		2.56	1.09	1.19	1.37
0.14 0.12 0.35 Ethylbenzene		0.64	0.13	0.15	0.50
0.25 0.21 0.47 0.96 m,p-Xylene		0.51	0.19	0.20	0.30
0.21 0.14 0.44 0.94 0.99 o-Xylene		0.41	0.18	0.20	0.22
0.57 0.24 0.31 0.14 0.14 0.12 Styrene		0.07	0.06	0.07	0.01
0.65 0.52 0.77 0.16 0.29 0.28 0.48 4-Ethyltoluene		0.58	0.00	0.00	0.58
0.52 0.39 0.67 0.14 0.24 0.27 0.48 0.90 1,3,5-Trimethylbenzene		0.20	0.24	0.26	-0.06
0.65 0.50 0.68 -0.02 0.09 0.09 0.51 0.96 0.85 1,2,4-Trimethylbenzen		0.65	0.22	0.24	0.41

*1：車排気ガス中の予測Benzene比＝各VOCにおける(ガソリン車の排出係数×ガソリン車通行台数+ディーゼル車の排出係数×ディーゼル車通行台数)÷Benzeneにおける(ガソリンの排出係数×ガソリン車通行台数+ディーゼルの排出係数×ディーゼル車通行台数)

*2：車排気ガス由来の予測値($\mu\text{g}/\text{m}^3$)＝車排気ガスの予測Benzene比×Benzeneの平均値1.33($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

*3：その他由来の予測値($\mu\text{g}/\text{m}^3$)＝VOCの平均値($\mu\text{g}/\text{m}^3$)－車排気ガス由来の予測値($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

表一 5 自動車排出ガス中のVOC排出係数¹⁾と半減期

VOC	排出係数(mg/km)		半減期
	ディーゼル車	ガソリン車	
1,3-Butadiene	13.2	0.1	3-6時間
Benzene	5.8	1.9	7-10日
Toluene	5.8	2.2	1-3日
Ethylbenzene	1.4	0.1	1-2日
m-,p-Xylene	1.7	0.2	0.6-1.2日
o-Xylene	1.6	0.2	0.6-1.2日
Styrene	0.8	-	4-7時間
1,3,5-Trimethylbenzene	2.4	0.2	1.1-11時間
1,2,4-Trimethylbenzene	2.1	0.2	2-20時間

では $1.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を掛けて各VOCの車排気ガス由来の予測値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (表4 右から2列目) と推定した。またVOCの平均値より排気ガス由来の予測値を引いた値を、その他の予測値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (表4 右端列) と推定した。その結果1,3-Butadieneでは、3地点において測定平均値よりも車排気ガス由来の予測値が10倍前後高い値を示した。

この排出係数はシャシーダイナモメータで排気直後に測定した値から求められている。一方今回の測定値は採気容器のキャニスターで24時間採取し、測定まで24時間近く経過している。そのため大気中半減期が3～6時間と短く、燃焼過程で発生し排気ガスに含まれる1,3-Butadieneは、Ye, Y.¹⁴⁾の報告の様にキャニスターの集気容器内に保管されてる時間も含めて、測定までの間に分解が進んでいると考えられる。伏見ら¹⁵⁾は1,3-Butadieneの速やかな分解は (1,3-Butadieneの濃度)²×混在するNO₂濃度に依存することを報告しているが、3地点ではNO₂を測定していないため、その関与の程度は把握出来なかった。

半減期が短いstyrene, 1,3,5-Trimethylbenzene, 1,2,4-Trimethylbenzeneも同様の減衰が推測されるが、排出係数が低く、排気ガスに占める率が1,3-Butadieneほど大きくないため安芸の1,3,5-Trimethylbenzeneを除いて予測値が実測値を超えなかった。

Toluene, Ethylbenzene, Xylene, 1,2,4-Trimethylbenzeneは排気ガス以外の油性のペイント、ペイント薄め液、ラッカー、ラッカー薄め液、ニス、ワックス、防腐剤のクレオソートなどに由来するものが多いと思われる。伊野ではTolueneが他の2地点より多いが、車排気由来はほぼ同じで、排

気ガス以外によるものが主流であった。

また4.5.1でキシレンでは排気ガス由来は少なく、分解系キシレンが主流と推定したが、3地点でのその他由来のキシレンの Ethylbenzene, m-p-Xylene, o-Xyleneの比率は47-51: 30-31: 19-22で分解系キシレンの比率を示し、車排気ガス以外の由来が主流であった。

5. まとめ

- 1 環境基準値、指針値が設定されている優先取り組み物質のBenzeneは近年基準値の1/3に、1,3-Butadieneは指針値の1/25レベルに減少し、その他は変動も少なく環境基準値、指針値からかなり低いレベルで推移していた。
- 2 光化学オキシダントの原因物質としてのVOC成分のうちMIR値の高い1,3,5-Trimethylbenzene, m-,p-Xylene, o-Xylene, Tolueneの3物質の合計が須崎、伊野、安芸では44物質の総検出量の35%, 60%, 35%を占めた。冬期に高濃度、夏期には低濃度を示すことから光化学オキシダント発生への一部関与が推測された。
- 3 浮遊粒子状物質SPM (Suspended particulate matter) の原因物質としてのToluene, m-Xylene, 1,2,4-Trimethylbenzene, 1,3,5-Trimethylbenzene, Ethylbenzeneの濃度の推移では冬に高く、春から夏に低い傾向を示した。SMP値は春～夏に高くVOCの関与が推察された。
- 4 オゾン層保護法に係る特定物質であるフロン(Freon) 12, フロン11, フロン113, フロン114と有害大気汚染物質でもあるTetrachloromethaneと1,1,1-Trichloroethaneの6物質では3地点間の差や測定期間中の変動は殆ど見られなかった。フロン12の3地点の平均値(CV%)は2.88～2.90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (4.6～6.1), フロン11は1.53～1.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (4.5～7.2), フロン113は0.627～0.636 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (6.6～11), Tetrachloromethaneは0.659～0.667 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (12～19), 1,1,1-Trichloroethaneは0.157～0.175 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (28～37), フロン114は0.100～0.110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (42～46) であった。

一方、一部で使用されている特定物質のBromomethaneは使用時にピーク状に上昇しその最大値(平均値)は須崎で9.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.805 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 伊野で4.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.376 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 安

芸で $10.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.542 \mu\text{g}/\text{m}^3$) であった。

- 5) 構造異性体であるEthylbenzeneとm-, p-Xyleneおよびo-Xyleneはお互い強く相関し発生源が同一と考えられ、溶剤として用いられる分解系キシレンが多かった。同様に構造異性体である4-Ethyltoluene, 1,3,5-Trimethylbenzene, 1,2,4-Trimethylbenzene間でも強く相関し、発生源が同一と考えられた。

一方Bromomethane, p-Dichlorobenzene, Chloroform, Tetrachloroetheneは他のVOCとの相関が無く、単体排出と考えられた。

- 6) 自動車排ガス中のVOCとそれ以外に由来すると思われるVOCを推定した。半減期の短い1,3-Butadieneは速やかに分解されていること、Toluene, Ethylbenzene, Xylene, 1,2,4-Trimethylbenzeneは排ガス由来より多く油性のペイント等に由来すると推定された。

文 献

- 1) 村上雅彦ら：自動車排出ガス中の揮発性有機化合物（VOC）の排出実態。東京都環境科学研究所年報。49- 56, 2004.
- 2) Kley, D. et al: Photochemical oxidants; State of science. Environ Pollut.100 (1-3), 19-42, 1999.
- 3) Jenkin, M.E. et al: Ozone and other secondary photochemical pollutants; Chemical processes governing their formation in the planetary boundary layer. Atmos Environ. 34 (16), 2499-2527, 2000.
- 4) Carter W.P.L.: Chemical mechanism for VOC reactivity assessment. California Air Resources Board SAPRC-99 (2000) .
- 5) Carter W.P.L.: Update maximum incremental reactivity scale and hydrocarbon bin reactivities for regulatory applications. California Air Resources Board Contract 07-339. 2010.
- 6) 中央環境審議会大気環境部会：揮発性有機化合物測定方法専門委員会第4回会議録。2005.
- 7) 星 純也ら：大気中VOCの成分組成の経年変化とオゾン生成への寄与について。東京都環境科学研究所年報。10-17 (2008) .
- 8) 西 孝仁, 山村貞雄：高知県における光化学オキシダントの状況について。高知県環境研究センター所報 (24). 15- 23, 2007.
- 9) Pandis, S.N. et al: Secondary organic aerosol formation and transport. Atmos. Environ 26A, 2269- 2282, 1992.
- 10) 竹川秀人：芳香族炭化水素の光化学反応による二次有機エアロゾル生成。R&D Review of Toyota CRDL38 (1) , 57-62, 2003.
- 11) 環境省「平成19年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書第2部参考資料」
- 12) 三宅教資：県内の大気中におけるオゾン層破壊物質について。高知県環境研究センター所報 (18). 15- 18, 2001.
- 13) 田中敏之：環境大気中のベンゼンの発生源を識別できるか？. 化学物質と環境, 21, 4-6, 1997.
- 14) Ye. Y. et al: Emission of 1,3-butadiene from petrol driven motor vehicles. Atmos. Environ. 31 (8) , 1157-1165, 1997.
- 15) 伏見暁洋ら.:自動車排出ガス測定における高反応性揮発性有機化合物の消失。環境科学18 (1) , 51-64, 2008.

4. 航空機騒音に関する並行測定の結果について

武市佳子

Yoshiko TAKECHI

1. はじめに

1. 1 目的

2007年12月17日に、「航空機騒音に係る環境基準」が一部改正され、評価指標は現行の加重等価平均感覚騒音レベルWECPNLから時間帯補正等価騒音レベルLdenに変更された。

高知空港周辺において、当所では1988年から航空機騒音の測定を実施している。2013年4月1日の施行に向け、従来より使用している測定装置（以下「旧機種」）と、新基準に対応するため導入された新しい測定装置（以下「新機種」）の並行試験を実施し、両機種の測定結果の比較およびLdenの試算を行った。

1. 2 高知空港の概要

高知空港は、南国市物部にあり、1944年8月旧海軍高知航空隊基地として建設された。1954年10月高知～大阪線開設以降、路線は拡張整備され、現在では4路線1日46便が定期的に運航している。

滑走路は、長さ2,500m、幅45mで、南東端は土佐湾に臨んでいる。

2. 測定方法

2. 1 測定方法

環境庁告示第154号（昭和48年12月27日付け）および環境省告示第114号（平成19年12月17日付け）「航空機騒音に係る環境基準について」に基づいて測定した。

2. 2 測定地点

高知空港周辺の、次の3地点で測定を行った

（図1）。全ての地点が環境基準の地域の類型Ⅱにあてはめられている。

里組	南国市前浜
田村東部	南国市田村乙
西野々	南国市大埴字西野々

里組と田村東部は、滑走路の側面で、飛行場の敷地から約150mのところにある。両地点は、滑走路をはさんで反対側に位置するが、誘導路は田村東部の側にある。西野々は、滑走路の延長上の飛行経路の下にあり、平地から約10m上がったところで測定している。

2. 3 測定期間

里組	2009年11月7日から11月13日まで
田村東部	2009年11月18日から11月24日まで
西野々	2009年11月26日から12月2日まで

2. 4 使用機器

2. 4. 1 旧機種

環境騒音観測装置NA-33 リオン株式会社製
（以下「NA-33」）

普通騒音計NA-11

航空機騒音処理プログラムパックEF-21B

2. 4. 2 新機種

環境騒音観測装置NA-37 リオン株式会社製
（以下「NA-37」）

精密騒音計NA-83

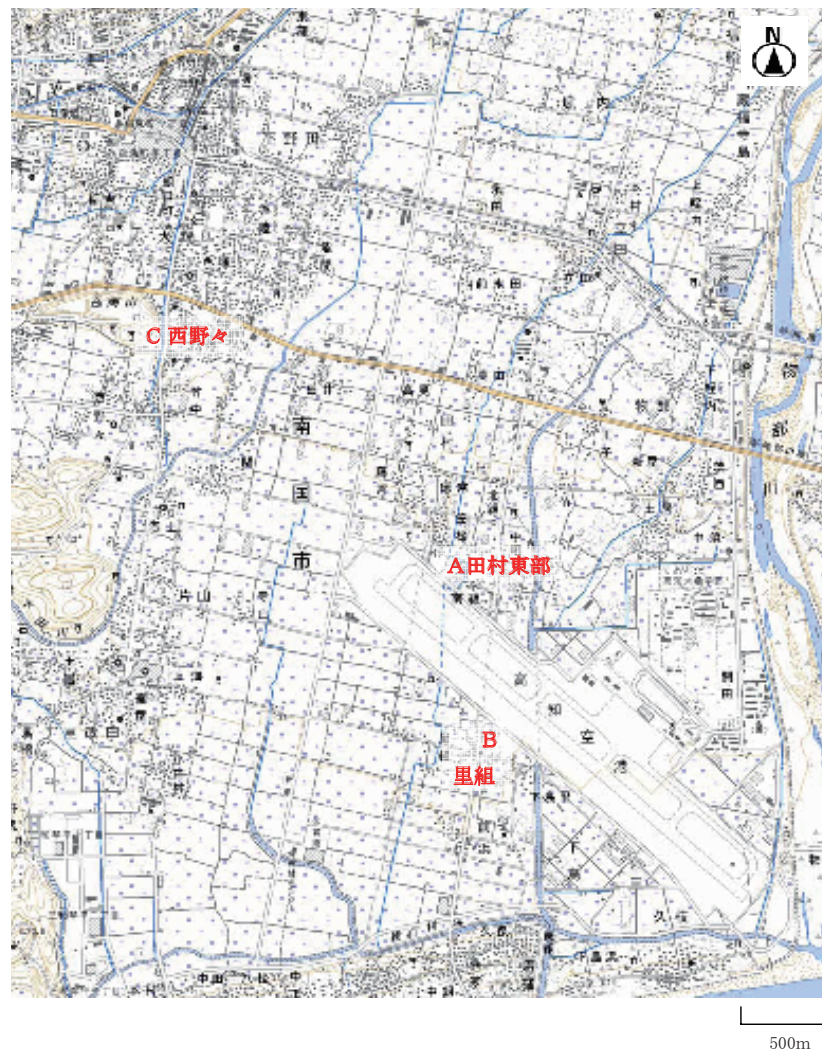
航空機騒音識別装置AN-37R

航空機騒音処理プログラムNX-37B

航空機騒音データ処理ソフトウェアAS-50PA1

2. 5 測定条件

表1のとおり。



図－1 測定地点位置図

(この図は、国土地理院の2万5千分の1の地図を基に作成)

表－1 観測装置の測定条件

	NA-33	NA-37
サンプリング周期	0.5sec	0.1sec
暗騒音	直前10分間のL90 60dB	直前10分間のL90 60dB
プリセットレベル	ピークレベルがプリセットレベルを10dB以上超えたとき、データ取り込み	暗騒音より10dB以上高く、ピークレベルがプリセットレベルを超えたとき、データ取り込み
継続時間	5sec ピークレベルから10dB低くなるまでの時間	5sec ピークレベルから10dB低くなるまでの時間。ただし、ピークレベルと暗騒音レベルの差が13dB未満の場合、7dB低くなるまでの時間
BGN COMPARISON	ピークレベルが暗騒音より10dB以上高く、設定した継続時間以上るとき、データ取り込み	
低レベルピークの場合	ピークレベルがプリセットレベルを10dB以上超えなくても、継続時間を越えたとき、データ取り込み	
録音開始時間	55dB (普通騒音計NL-22を使用)	
実音録音時間		5sec ピークレベルから終了または録音時間まで
録音トリトリガ時間		5sec 録音開始から遡って録音。録音時間に含められる

3. 測定結果

3. 1 航空機騒音の数

得られた航空機騒音データの内訳を、地点ごと、機種ごとに表2～表4に示す。

航空機騒音の判別は、次のような方法で行った。NA-33では、記録されたピークの時刻と運航管制記録の時刻を照合し、航空機騒音のピークであるかどうかを判別した。また、騒音録音記録（普通騒音計NL-22を使用）のある時間帯については、録音記録を参考にした。

NA-37では、AS-50PA1により航空機騒音と自動判定されたデータ（以下「自動データ」）は、ピークの時刻、音響式識別データと運航管制記録の照合および録音記録から航空機騒音であることを確認した。さらに、自動データ以外のデータの中から、同じ方法で航空機騒音を判別した（以下「手動データ」）。

里組（表2）は、NA-33とNA-37の観測機数の差

が49と、3地点の中で最も大きかった。メインピーク¹⁾の着陸でNA-37の方が20多く、すべて手動データによるもので、メインピーク以外²⁾でもNA-37の方が30多く、自動データによるものが多かった。NA-37のメインピークの識別割合は、離陸の55%が自動データであったが、着陸は99%が手動データであった。

田村東部（表3）は、観測機数の差はメインピークでNA-37の方が7、メインピーク以外ではNA-33の方が10多かった。NA-37で、タキシング音が12確認できた。NA-37の観測機数に自動データによるものは1つもなかった。

西野々（表4）は、観測機数の差はNA-33の方がメインピークで9、メインピーク以外で4多かった。NA-37の識別割合は、離陸で100%、着陸で75%が自動データで、メインピーク以外でも96%が自動データであった。

表-2 【里組】取得データの内訳

年 月日				2009 11/7	2009 11/8	2009 11/9	2009 11/10	2009 11/11	2009 11/12	2009 11/13	集計値
運航記録	離着陸機数	離陸	海側へ	6	8	4	13	0	0	6	37
			陸側へ	13	13	19	7	20	21	14	107
			計	19	21	23	20	20	21	20	144
		着陸	海側から	19	17	20	16	20	21	20	133
			陸側から	0	4	0	4	0	0	0	8
			計	19	21	20	20	20	21	20	141
		合計	38	42	43	40	40	42	40	285	
NA33	観測機数	メインピーク	離陸	18	18	22	20	20	21	19	138
			着陸	13	11	11	14	16	17	5	87
			計	31	29	33	34	36	38	24	225
		メインピーク以外	2	5	7	0	0	1	2	17	
合計	33	34	40	34	36	39	26	242			
NA37	観測機数	メインピーク	離陸	5	9	12	2	18	21	8	75
				13	10	10	17	2	0	10	62
			着陸	1	0	0	0	0	0	0	1
				14	16	15	15	18	19	9	106
			離陸計	18	19	22	19	20	21	18	137
		着陸計	15	16	15	15	18	19	9	107	
		合計	33	35	37	34	38	40	27	244	
		メインピーク以外	サブピーク	0	4	0	1	3	4	3	15
				2	0	2	0	0	0	2	6
			タキシング	0	0	0	0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0	0	0	0
			ログ外	3	5	6	1	1	3	1	20
				3	2	1	0	0	0	0	6
			計	3	9	6	2	4	7	4	35
				5	2	3	0	0	0	2	12
		合計	8	11	9	2	4	7	6	47	
		合計	41	46	46	36	42	47	33	291	

NA-37の下線は自動データ数

NA-37の斜体は手動データ数

- 1) メインピーク：運航管制記録に記載されている航空機が、離着陸時または上空を飛行する時に観測される最大ピークレベルのデータ。
- 2) メインピーク以外：メインピークの前後に観測されるメインピークより小さいレベルのデータ、またはタキシング音などの地上音、または運航管制記録に記載されていない航空機による騒音。

表-3 【田村東部】取得データの内訳

年 月日				2009 11/18	2009 11/19	2009 11/20	2009 11/21	2009 11/22	2009 11/23	2009 11/24	集計値
運航記録	離着陸機数	離陸	海側へ	1	1	10	0	7	7	0	26
			陸側へ	19	19	12	21	13	14	20	118
			計	20	20	22	21	20	21	20	144
		着陸	海側から	20	20	20	20	20	16	20	136
			陸側から	0	0	1	0	0	4	0	5
			計	20	20	21	20	20	20	20	141
		合計		40	40	43	41	40	41	40	285
NA33	観測機数	メインピーク	離陸	18	19	17	21	17	19	20	131
			着陸	3	0	2	0	0	1	2	8
			計	21	19	19	21	17	20	22	139
		メインピーク以外		16	12	33	5	14	13	2	95
		合計		37	31	52	26	31	33	24	234
NA37	観測機数	メインピーク	離陸	0	0	0	0	0	0	0	0
			着陸	20	19	18	21	17	20	20	135
			計	0	0	0	0	0	0	0	0
			離陸計	3	0	4	0	0	2	2	11
		メインピーク以外	サブピーク	20	19	18	21	17	20	20	135
			タキシング	3	0	4	0	0	2	2	11
			ログ外	23	19	22	21	17	22	22	146
			計	0	0	0	0	0	0	0	0
		メインピーク以外	サブピーク	6	0	3	2	3	1	0	15
			タキシング	0	0	0	0	0	0	0	0
			ログ外	7	0	3	0	3	5	0	12
			計	0	0	0	0	0	0	0	0
		合計		15	7	32	3	16	12	0	85
		合計		38	26	54	24	33	34	22	231

NA-37の下線は自動データ数

NA-37の斜体は手動データ数

表-4 【西野々】取得データの内訳

年 月日				2009 11/26	2009 11/27	2009 11/28	2009 11/29	2009 11/30	2009 12/1	2009 12/2	集計値
運航記録	離着陸機数	離陸	海側へ	9	12	0	0	3	6	11	41
			陸側へ	12	8	20	20	18	15	10	103
			計	21	20	20	20	21	21	21	144
		着陸	海側から	16	17	20	20	20	20	15	128
			陸側から	4	3	0	0	0	1	6	14
			計	20	20	20	20	20	21	21	142
		合計		41	40	40	40	41	42	42	286
NA33	観測機数	メインピーク	離陸	8	9	20	19	16	15	8	95
			着陸	8	4	0	0	0	2	7	21
			計	16	13	20	19	16	17	15	116
		メインピーク以外		13	2	2	5	9	4	15	50
		合計		29	15	22	24	25	21	30	166
NA37	観測機数	メインピーク	離陸	8	7	20	19	16	15	6	91
			着陸	0	0	0	0	0	0	0	0
			計	4	2	0	0	0	1	5	12
			離陸計	4	0	0	0	0	0	0	4
		メインピーク以外	サブピーク	8	7	20	19	16	15	6	91
			タキシング	8	2	0	0	0	1	5	16
			ログ外	16	9	20	19	16	16	11	107
			計	1	0	0	0	0	0	0	1
		メインピーク以外	サブピーク	0	0	0	0	0	0	0	0
			タキシング	0	0	0	0	0	0	0	0
			ログ外	0	0	0	0	0	0	0	0
			計	12	5	0	3	9	4	18	51
		合計		0	0	0	1	0	1	0	2
		合計		13	5	0	4	9	5	18	54
		合計		29	14	20	23	25	21	29	161

NA-37の下線は自動データ数

NA-37の斜体は手動データ数

3. 2 NA-37での航空機騒音識別

NA-37の航空機騒音識別に関する設定は、表5のとおりである。これにより航空機騒音と識別された自動データについて、地点ごと、離着陸別に、表6～表9と図2～図3にまとめた。また、手動データについても同様に表10～表15と図4～図5にまとめた。

里組は、自動データのメインピークで、平均法線ベクトル³⁾の方向が160～210度に多く分布しており、これに90度加えた250～300度(W～WNW)の陸側への離陸を表している(図2)。手動データの中に、SSR識別のあるデータがメインピークで28(表10)、メインピーク以外で6(表11)あるが、航空機識別判定の設定を、SSR識別のみあるデータは航空機と判定しない、としているため、

自動データにならなかった。

田村東部は、手動データの平均法線ベクトルの方向の分布が全体にばらついていて(図5)。原因は、識別マイクロホンとAN-37Rをつなぐ延長コードの接続不良と考えられた。

西野々は、自動データのメインピークで、平均法線ベクトルの方向の分布が、離陸で63～129度、進行方向は90度加えた153～219度(SSE～SSW)、着陸で234～242度、進行方向は90度加えた324～332度(NNW)を示し、実際の方角と反対であった(図3)。また、自動データのベクトル識別に関する識別も離着陸が逆の結果となっていた(表8)。これらのことから、識別マイクロホンを180°反対方向に設置していたことがわかった。

表ー5 NA-37の航空機識別に関する設定

項目	設定	内容
仰角閾値	5度	ベクトルの鉛直方向の角度の閾値
仰角割合	30%	仰角閾値を越えているベクトル数の、全ベクトルに対する割合
方位角オフセット	140度	方向識別マイクロホンのX軸の設置方位角
ベクトル識別	XYZ	音の到来方向の仰角と方位角を使用して識別する
SSR識別	行う	SSR(二次監視レーダー)を用いて識別する
航空機識別判定	WV	ベクトルとSSR両方識別ありの場合とベクトルのみ識別ありの場合、航空機騒音とする

表ー6 【里組】自動データの識別(メインピーク)

	データ数	ベクトル識別		SSR識別		総合識別	
離陸	75	離陸	74	あり	51	離陸	74
		着陸	1	なし	24	着陸	1
着陸	1	離陸	0	あり	0	離陸	0
		着陸	1	なし	1	着陸	1

表ー7 【里組】自動データの識別(メインピーク以外)

	データ数	ベクトル識別		SSR識別		総合識別	
離陸	14	離陸	14	あり	6	離陸	14
		着陸	0	なし	8	着陸	0
着陸	21	離陸	0	あり	6	離陸	0
		着陸	21	なし	15	着陸	21

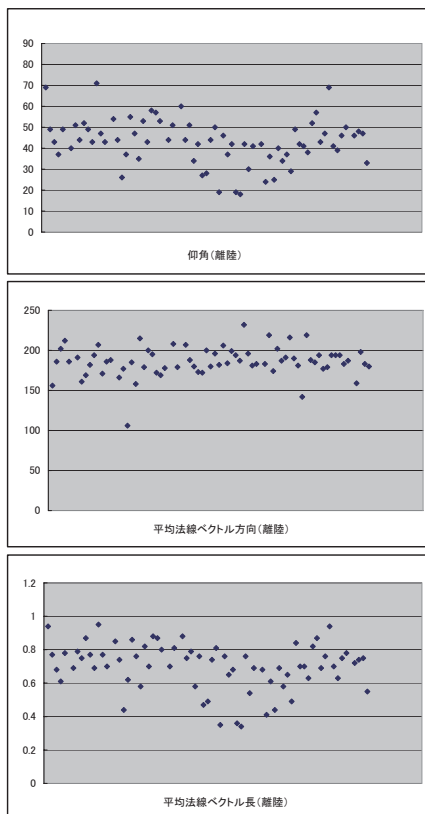
3) 平均法線ベクトル：騒音イベント区間の音の到来方向ベクトルから、一定サンプル間隔でベクトル積(法線ベクトル)を算出する。これを繰り返し計算した法線ベクトルを正規化し、ベクトル平均したもの。

表－8 【西野々】自動データの識別（メインピーク）

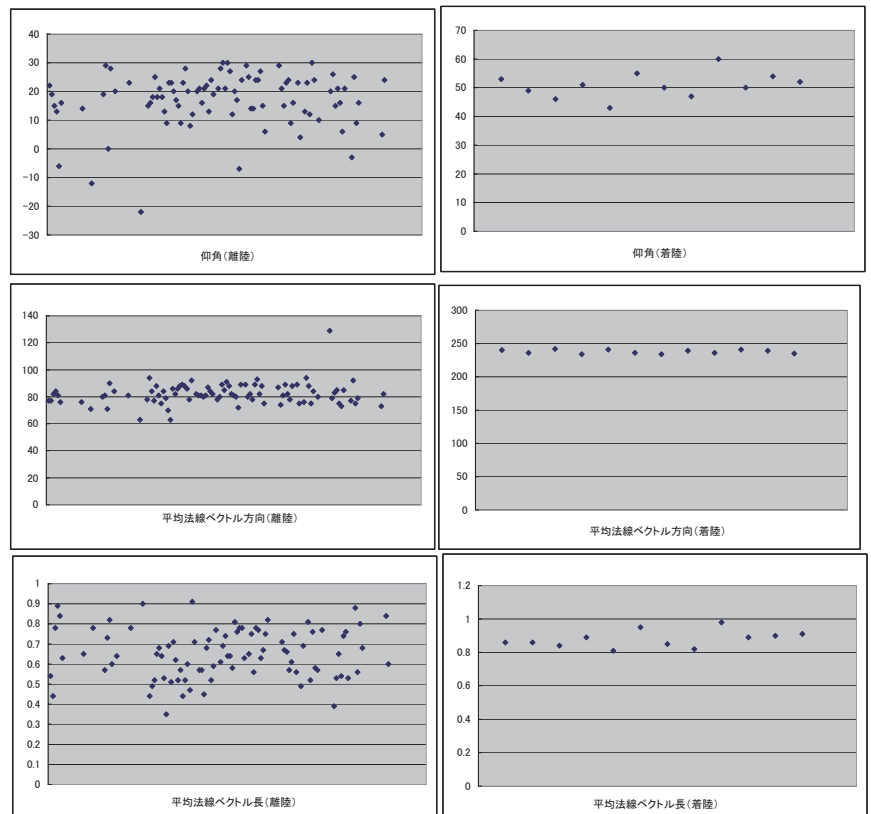
	データ数	ベクトル識別		SSR識別		総合識別	
離陸	91	離陸	0	あり	28	離陸	0
		着陸	91	なし	63	着陸	91
着陸	12	離陸	12	あり	3	離陸	12
		着陸	0	なし	9	着陸	0

表－9 【西野々】自動データの識別（メインピーク以外）

	データ数	ベクトル識別		SSR識別		総合識別	
離陸	32	離陸	0	あり	9	離陸	0
		着陸	32	なし	23	着陸	32
着陸	20	離陸	20	あり	9	離陸	20
		着陸	0	なし	11	着陸	0



図－2 【里組】自動データの分布（メインピーク）



図－3 【西野々】自動データの分布（メインピーク）

表-10 【里組】手動データの識別（メインピーク）

	データ数	ベクトル識別		SSR識別		総合識別	
離陸	62	不明	62	あり	24	不明	62
				なし	38		
着陸	106	不明	106	あり	4	不明	106
				なし	102		

表-11 【里組】手動データの識別（メインピーク以外）

	データ数	ベクトル識別		SSR識別		総合識別	
	12	不明	12	あり	6	不明	12
				なし	6		

表-12 【田村東部】手動データの識別（メインピーク）

	データ数	ベクトル識別		SSR識別		総合識別	
離陸	135	不明	135	あり	77	不明	135
				なし	58		
着陸	11	不明	11	あり	0	不明	11
				なし	11		

表-13 【田村東部】手動データの識別（メインピーク以外）

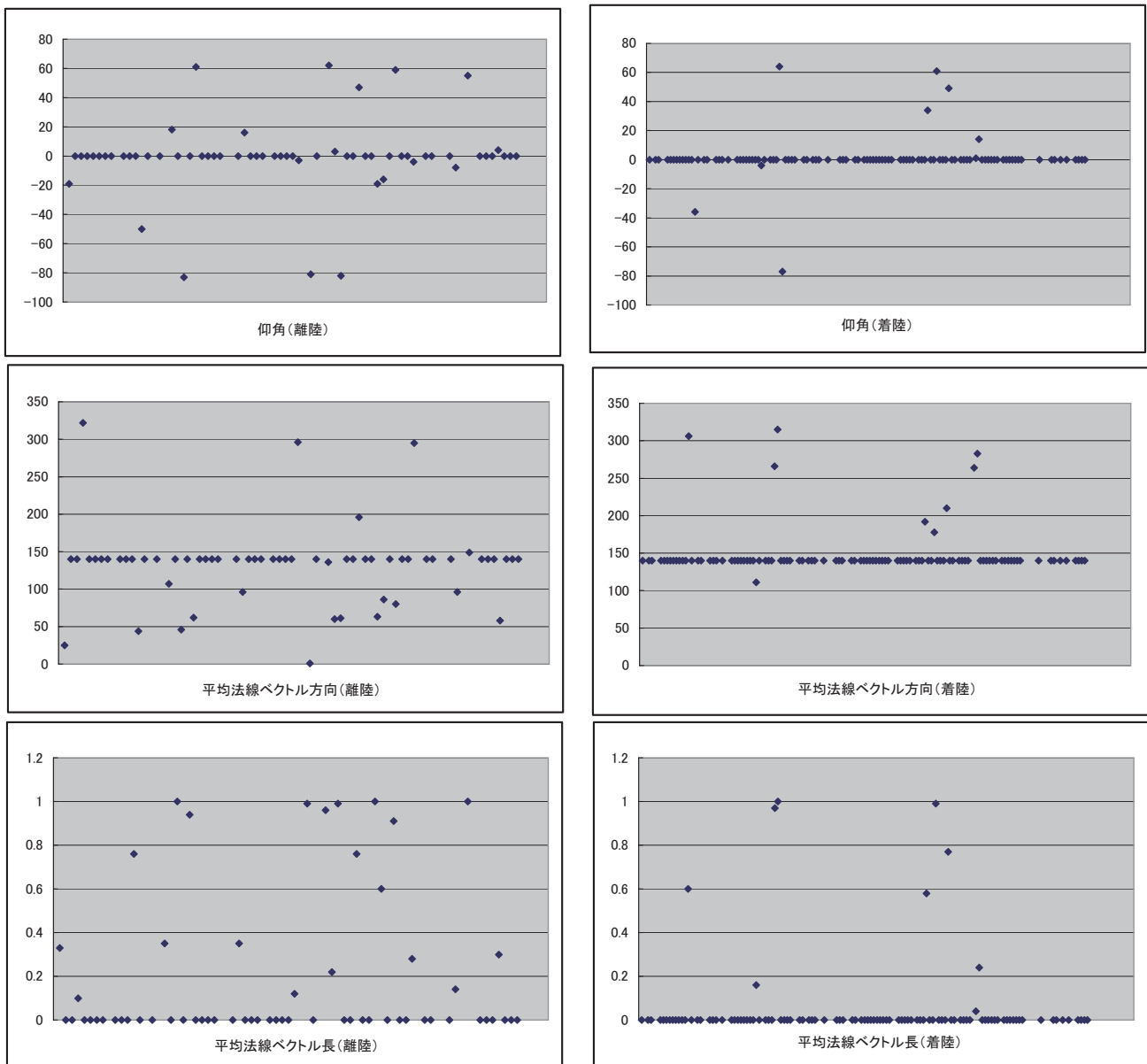
	データ数	ベクトル識別		SSR識別		総合識別	
	85	不明	85	あり	31	不明	85
				なし	54		

表-14 【西野々】手動データの識別（メインピーク）

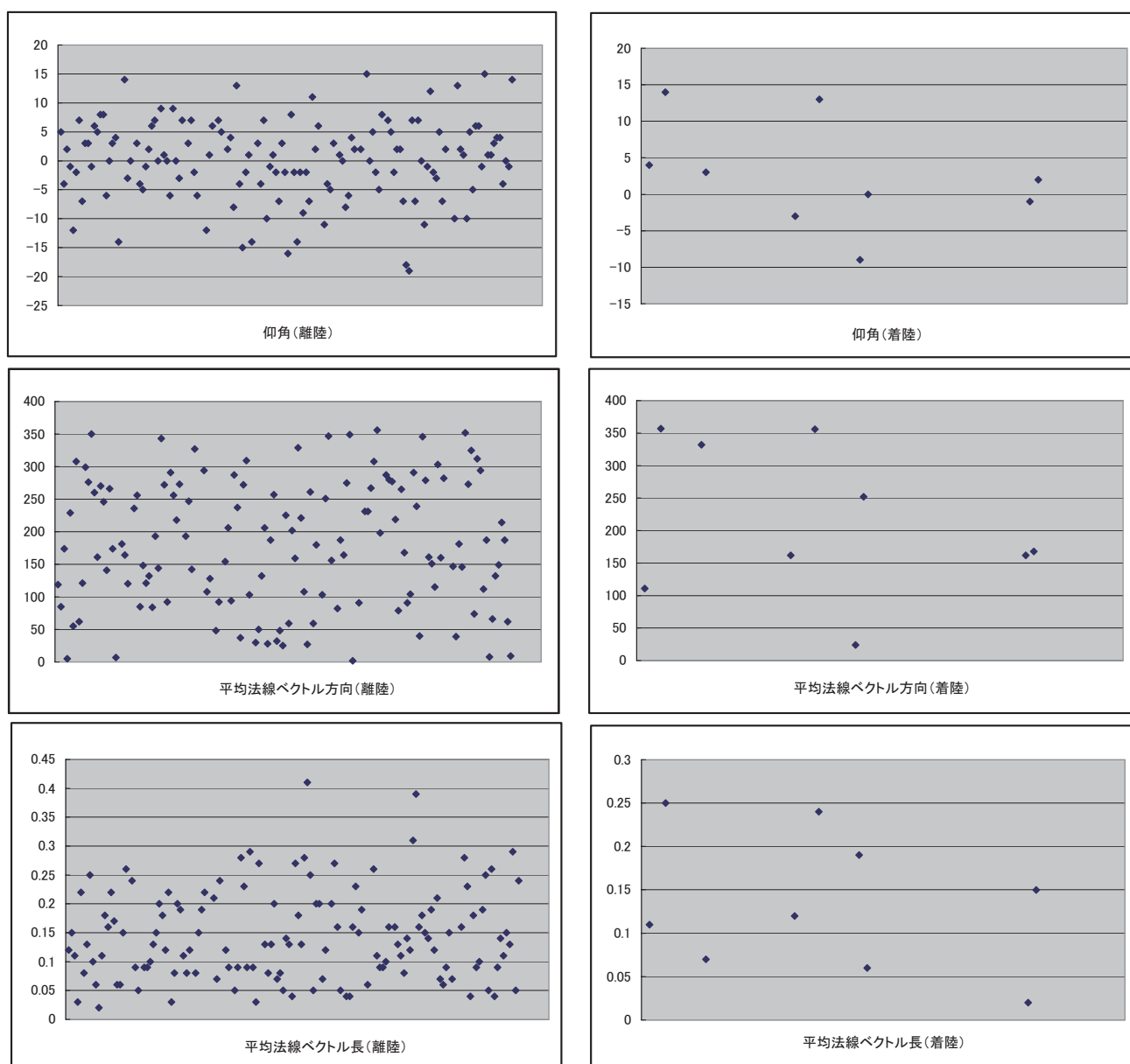
	データ数	ベクトル識別		SSR識別		総合識別	
着陸	4	不明	4	あり	0	不明	4
				なし	4		

表-15 【西野々】手動データの識別（メインピーク以外）

	データ数	ベクトル識別		SSR識別		総合識別	
	2	不明	2	あり	1	不明	2
				なし	1		



図－4 【里組】手動データの分布（メインピーク）



図－5 【田村東部】 手動データの分布（メインピーク）

3. 3 WECPNLの比較

NA-33とNA-37で測定した航空機騒音のデータから、1日ごとのWECPNLと期間WECPNLを算出し、その値を表16に示した。

里組は、NA-37について、手動データを加えることで期間WECPNLが3.8増加し、NA-33での期間WECPNLと比較し2.6大きかった。

田村東部は、識別に関係するコードの接続不良のため、NA-37の自動データがない。手動データによる期間WECPNLは、NA-33での期間WECPNLより

0.3大きかった。

西野々は、NA-37について手動データを加えると期間WECPNLは0.1増加し、NA-33での期間WECPNLと比較すると0.8大きかった。

3. 4 Ldenの試算

NA-37で得られた航空機騒音のデータから、1日ごとのLdenと期間Ldenを試算し表17に示した。

里組は、手動データを加えることで期間Ldenが3.9増加し、西野々は、96%が自動データのため、手動データを加えても期間Ldenは変わらなかった。

表-16 WECPNLの比較

地点	月日	NA-33 (A)	NA-37		差 (C)-(A)
			自動データのみ (B)	自動データ+ 手動データ (C)	
里組	11月7日	61.7	60.3	65.7	5.4
	11月8日	65.8	65.2	67.3	2.1
	11月9日	67.2	67.1	68.8	1.7
	11月10日	67.5	56.0	69.0	13.0
	11月11日	69.6	69.8	72.6	2.8
	11月12日	67.8	68.3	70.7	2.4
	11月13日	67.4	61.8	71.0	9.2
	期間	67.2	66.0	69.8	3.8
田村東部	11月18日	65.6	-	66.9	-
	11月19日	68.1	38.1	68.6	30.5
	11月20日	67.0	-	67.4	-
	11月21日	68.4	-	68.7	-
	11月22日	67.7	-	68.1	-
	11月23日	68.2	-	68.0	-
	11月24日	69.4	-	69.1	-
	期間	67.9	-	68.2	-
西野々	11月26日	62.2	62.5	63.0	0.5
	11月27日	58.3	58.6	58.6	0.0
	11月28日	60.8	61.4	61.4	0.0
	11月29日	62.7	63.7	63.6	-0.1
	11月30日	62.6	63.0	63.0	0.0
	12月1日	60.1	60.9	60.9	0.0
	12月2日	60.0	61.4	61.4	0.0
	期間	61.2	61.9	62.0	0.1

表-17 Ldenの試算

地点	月日	NA-37		差 (B)-(A)
		自動データのみ (A)	自動データ+ 手動データ (B)	
里組	11月7日	46.0	51.6	5.6
	11月8日	50.4	53.0	2.6
	11月9日	52.1	53.7	1.6
	11月10日	43.5	56.2	12.7
	11月11日	56.3	57.6	1.3
	11月12日	52.8	55.7	2.9
	11月13日	45.9	57.0	11.1
	期間	51.5	55.4	3.9
田村東部	11月18日	-	53.4	-
	11月19日	20.2	54.1	33.9
	11月20日	-	53.2	-
	11月21日	-	54.0	-
	11月22日	-	54.0	-
	11月23日	-	54.0	-
	11月24日	-	54.9	-
	期間	-	54.0	-
西野々	11月26日	48.3	48.5	0.2
	11月27日	45.4	45.4	0.0
	11月28日	48.5	48.5	0.0
	11月29日	51.3	51.4	0.1
	11月30日	49.5	49.5	0.0
	12月1日	47.4	47.5	0.1
	12月2日	47.1	47.1	0.0
	期間	48.6	48.6	0.0

3. 5 WECPNLとLdenの差

3. 3と3. 4で得られたWECPNLとLdenの値から、両者の差を求め表18に示した。WECPNLとLdenは、NA-37により測定され、自動データに手動データを加えて算出した値を用いた。

里組の期間Ldenは、期間WECPNLとの差が14.4であった。田村東部では、その差が14.2、西野々では、その差が13.4であった。

表-18 WECPNLとLdenの比較

地点	月日	NA-37		差 (A)-(B)
		WECPNL (A)	Lden (B)	
里組	11月7日	65.7	51.6	14.1
	11月8日	67.3	53.0	14.3
	11月9日	68.8	53.7	15.1
	11月10日	69.0	56.2	12.8
	11月11日	72.6	57.6	15.0
	11月12日	70.7	55.7	15.0
	11月13日	71.0	57.0	14.0
	期間	69.8	55.4	14.4
田村東部	11月18日	66.9	53.4	13.5
	11月19日	68.6	54.1	14.5
	11月20日	67.4	53.2	14.2
	11月21日	68.7	54.0	14.7
	11月22日	68.1	54.0	14.1
	11月23日	68.0	54.0	14.0
	11月24日	69.1	54.9	14.2
	期間	68.2	54.0	14.2
西野々	11月26日	63.0	48.5	14.5
	11月27日	58.6	45.4	13.2
	11月28日	61.4	48.5	12.9
	11月29日	63.6	51.4	12.2
	11月30日	63.0	49.5	13.5
	12月1日	60.9	47.5	13.4
	12月2日	61.4	47.1	14.3
	期間	62.0	48.6	13.4

4. 考 察

4. 1 地点ごとの比較

4. 1. 1 里組

NA-33とNA-37の観測機数の差が、3地点の中で最も大きかった。その原因を検討したところ、ピークレベルが大きくない、またはバッテリー交換などの理由でNA-33にデータ自体がない場合もあるが、NA-37ではSSR識別やデータ処理ソフトなど特有の方法で航空機と判別できたデータがある。

また、NA-33とNA-37による期間WECPNLの差も、3地点の中で最も大きかった。原因が、観測機数の差によるものではないか、と考え、NA-33のデータに、実際はNA-33にもデータはあるが抽出できず、後から実音などで航空機と判別したデータ(n=19)を加えてWECPNLを再計算したが、加える前と期間WECPNLの値は変わらなかった。また、NA-33のデータからNA-33のみで航空機と判別した

データ (n=8) を除いてWECPNLを再計算しても、NA-37のデータからNA-37のみで航空機と判別したデータ (n=57) を除いても、除く前と期間WECPNLの値は変わらなかった (表19, 表20)。

従って、WECPNLの算式から、両機種のWECPNLの差は1機ごとのピークレベルの差であり、ピークレベルの差はマイクロホンの高さに関係していると考えられる。測定時のNA-33のマイクロホンの高さは約1.5m, NA-37は約4mであった。滑走路は平地より高いところに造られており、マイクロホンの位置が低い方が音がさえぎられやすく、離陸より着陸の方がピークレベルの差が大きくなる。

次に、航空機騒音識別について、陸側への離陸以外ほとんど自動判定されていない。これは、測

定地点が滑走路の側面の中央寄りに位置し、着陸時はほとんど水平に侵入するため仰角閾値に達しないと考えられる。また、海側へ離陸する場合も、あまり仰角が上がらないまま遠ざかるため、手動データとなることが多い。今後は仰角割合を下げ、水平方向の領域指定を利用した識別設定を考慮すべきである。

4. 1. 2 田村東部

誘導路の側方で陸側に近いため、NA-37によりタキシング音が12観測された。いずれも海側への離陸で、半数が大型ジェット機であった。今回は、海側への離陸割合が低かったが、季節により海側への割合が高くなった場合、タキシング音の寄与が増えると予測される。

表-19 NA-33のデータ数とWECPNLの関係

測定年 月日			2009 11/7	2009 11/8	2009 11/9	2009 11/10	2009 11/11	2009 11/12	2009 11/13	集計値
NA-33の データ	観測機数		33	34	40	34	36	39	26	242
	ピーク	最大	80.4	84.9	84.7	89	85.9	83.9	89.2	89.2
		最小	62.2	62.3	61.5	61.3	61.5	63	64.1	61.3
	パワー平均		71.9	76.0	77.0	77.7	79.4	77.4	78.2	77.3
	WECPNL		61.7	65.8	67.2	67.5	69.6	67.8	67.4	67.2
NA-33の データ に、後か ら追加	観測機数		38	36	43	36	40	41	27	261
	ピーク	最大	80.4	84.9	84.7	89.0	85.9	83.9	89.2	89.2
		最小	61.6	62.3	61.5	61.3	61.5	62.7	61.6	61.3
	パワー平均		71.8	75.7	76.8	77.6	79.0	77.2	78.0	77.0
	WECPNL		62.2	65.7	67.2	67.7	69.6	67.7	67.3	67.2
NA-33の データか らNA-33 のみの データを 削除	観測機数		32	32	38	33	36	38	25	234
	ピーク	最大	80.4	84.9	84.7	89.0	85.9	83.9	89.2	89.2
		最小	62.2	62.3	61.5	61.3	61.5	63.0	64.1	61.3
	パワー平均		72.0	76.2	77.2	77.8	79.4	77.5	77.8	77.3
	WECPNL		61.7	65.6	67.0	67.5	69.6	67.8	66.9	67.1

表-20 NA-37のデータ数とWECPNLの変化

測定年 月日			2009 11/7	2009 11/8	2009 11/9	2009 11/10	2009 11/11	2009 11/12	2009 11/13	集計値
NA-37の データ	観測機数		41	46	46	36	42	47	33	291
	ピーク	最大	83.2	85.4	88.0	88.4	92.2	88.8	94.1	94.1
		最小	61.8	60.2	62.7	60.7	62.8	62.0	61.8	60.2
	パワー平均		75.1	76.7	78.3	78.8	81.8	79.4	80.9	79.2
	WECPNL		65.7	67.3	68.8	69.0	72.6	70.7	71.0	69.8
NA-37の データか らNA-37 のみの データを 削除	観測機数		32	32	38	33	36	38	25	234
	ピーク	最大	83.2	85.4	88.0	88.4	92.2	88.8	94.1	94.1
		最小	65.1	65.5	64.4	64.2	65.8	66.4	65.1	64.2
	パワー平均		75.9	78.2	79.0	79.1	82.4	80.3	82.1	80.1
	WECPNL		65.6	67.6	68.9	68.8	72.6	70.6	71.2	69.8

4. 1. 3 西野々

他の2地点に比べ空港から離れており、航空機は高度を保ったまま飛行する。そのため、現在の仰角による識別設定で、自動判定できているものと考えられる。

4. 2 WECPNLとLdenの差

今回、「航空機騒音に係る環境基準」の改正に

より新たに評価指標となったLdenを、初めて試算した。従来の評価指標WECPNLとLdenの差は、理論的に約13になると言われている。今回測定した結果、その差は13.4（西野々）～14.4（里組）で、13よりやや大きく、地点により異なった。今後も両者の差を比較し、測定地点の特徴とあわせて検討することとする。

5. 仁淀川河口域における微量金属等の動向調査結果について (2007－2009年度)

大森真貴子*・山村貞雄

The survey results of essential micro metals trends about Niyodo River estuary

Oomori Makiko*・Sadao Yamamura

【要旨】 高知県においては、河川を環境資源ととらえ、流域の保全と振興を図るため、清流保全計画の策定などの対策が進められている。また、全国的にも森の再生事業が進んでいる。

そこで、仁淀川物質輸送と海水の流入状況からの微量金属等の動向を知ることを目的に、仁淀川の河口域で調査を行った。

汽水域では、Fe等の海水には存在しない微量金属類を河川水から補うことにより、豊富な生態系が形成されている。しかし、仁淀川上流からの金属等の輸送は、河口域までには多くは到達しておらず、下流近くの支川からの物質供給が大きく影響している。また、海水の流入状況も大きく影響しており、砂州等による河口の閉鎖状況も関係していることが分かった。

Key word：仁淀川，重金属，河口域，海水流入

1. はじめに

仁淀川は四国の最高峰である石鎚山に源流を有し、愛媛県から高知県へと流れる一級河川で、流域面積1560km²流路延長124km⁴⁾、高知県高知市と土佐市の間を太平洋へと注ぎこんでいる。

仁淀川の河口域は、海と川を移動するアユやウナギの稚魚の育成や、青ノリの生産など水産資源の豊富な場所となっている。

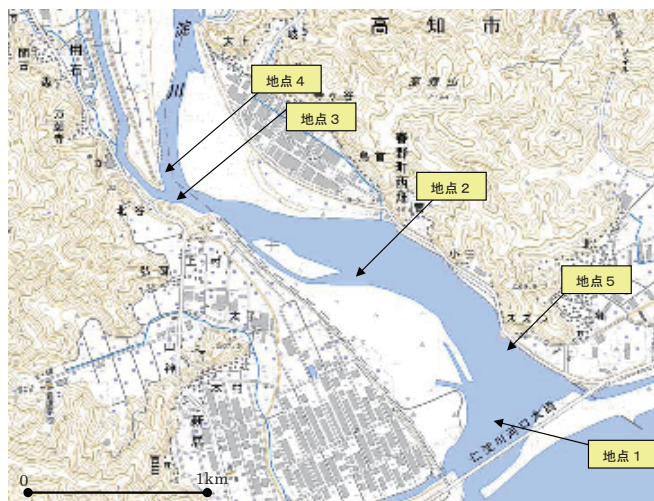
そこで、汽水域独特の生態系が必要としている必須微量金属の動向を知るために、2007年10月から2010年2月まで調査を行ったので報告する。

2. 調査方法

2. 1 調査地点

調査地点は図1のとおりで、仁淀川河口の汽水域5地点（地点5は2008年7月から追加）である。

地点1：仁淀川河口大橋（海岸線に架かる橋）より約200m上流の流心



図－1 仁淀川河口域の調査地点

この地図は国土地理院2万5千分の1の地図を基に作成した

地点2：中州下流の右岸側

仁淀川河口大橋より約1500m上流

地点3：波介川合流点下流

仁淀川河口大橋より約2600m上流

地点4：波介川合流点上流

仁淀川河口大橋より約2700m上流

地点5：深さ約6mあり魚の豊富な地点

* 現高知県医療業務課

2. 2 調査時期

2007年10月から2010年2月まで毎月1回採水し調査した。なお、2007年12月から2008年3月までは、月2回採水し調査した。

2. 3 採水方法

2007年10月から2009年4月までは、上層（公共用水域採水法による表層と同じ）のみを採水し、2009年5月から2010年2月まで上層及び底層（底から約30cm上）の採水を行った。

2. 4 調査項目

水温、pH、濁度、全有機炭素（TOC）、EC、金属類（Fe、Ni、Sr、Bなど14項目）

2. 5 調査方法

水温、pH、ECは現場で、TOCは持ち帰り後直ちに測定した。金属測定については、1%硝酸酸性にし保存後、ICP質量分析法にて測定した。日本工業規格K0102に定める方法でICP質量分析法が規定されていない金属についても、一律ICP質量分析法で行った。また、塩分濃度の高いと考えられる検体は希釈して測定した。

2. 6 分析機器

使用した主な分析機器はつぎのとおり。

TOC：全有機炭素測定器 島津－TOCVCPH

重金属類：ICP質量分析装置 Agilent7500ce

3. 調査結果及び考察

3. 1 水 温

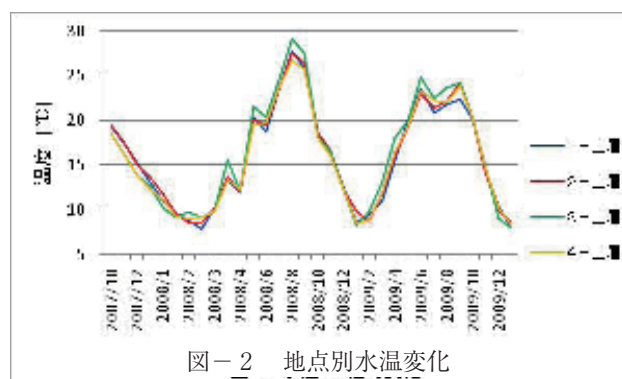
水温の経時変化について、図2に示す。調査期間を通し、全測定地点で同様の挙動を示している。

一方、夏場の水温は年度での違いがみられた。2008年では、8月の波介川合流点下流で29.1℃の最高水温を示し、7、8、9月の各地点で約25℃を、その前後の月では20℃以下と言う急激な温度変化がみられた。一方、2009年については25℃を超える地点はなく、6から9月にかけて約23℃を示し、その前後も緩やかな温度変化がみられた。

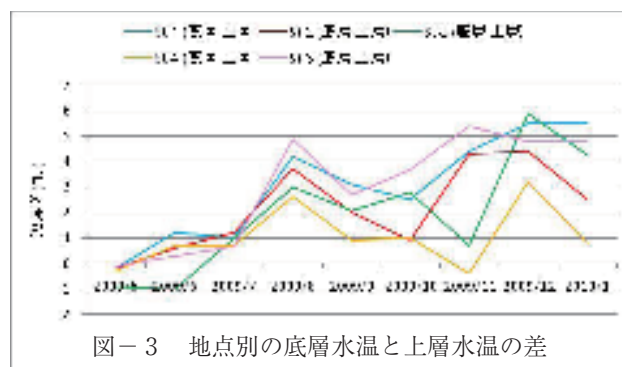
最低水温については、いずれの年も1、2月頃10℃以下を示し、年度による大きな変化はなかった。

また、2009年5月から2010年2月の間の底層と上層の温度差を図3に示す。多くの場合、底層が上層より高温となっており、特に2009年8月以降その差が大きくなっている。これは、増水により

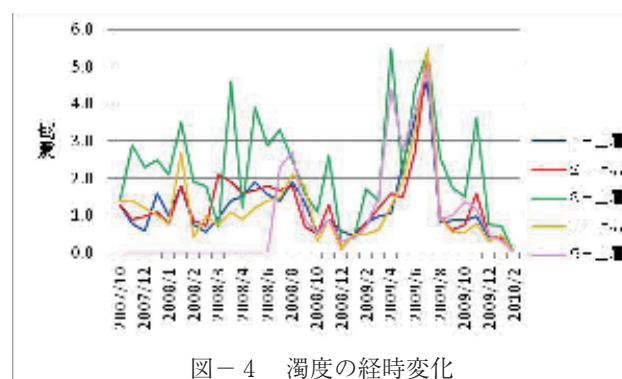
河口が大きく開いた時期と一致しており、海水の流入による影響と考えられる。（以下「2009年8月以降」を「開放期」という。）



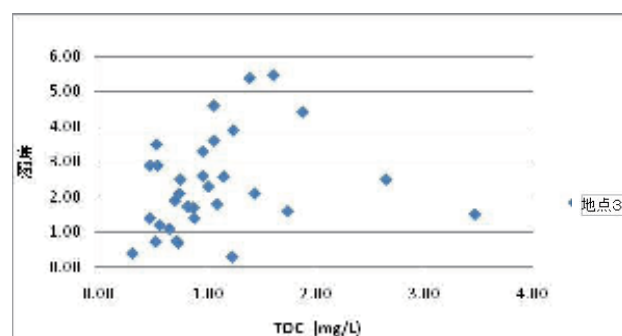
図－2 地点別水温変化



図－3 地点別の底層水温と上層水温の差



図－4 濁度の経時変化



図－5 地点3における濁度とTOCの相関

3. 2 濁 度

濁度の変化を図4に示す。

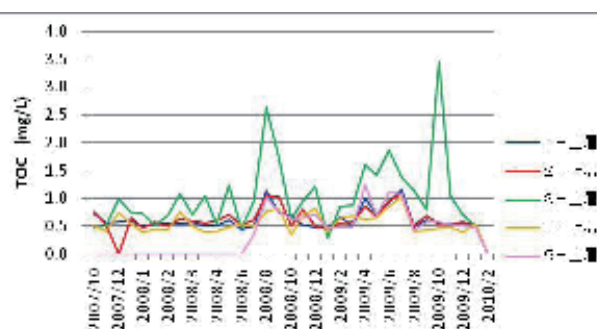
地点3の濁度が大きく変動しているが、各地点間の濁度の相関(表1)によれば、下流地点の濁度はどちらかと言えば地点4の仁淀川本川の影響を受けており、地点3の影響は少ない。他の地点では、濁度はおおむね2度以下の値を示した。ただし、2009年6、7月の調査日は前日が大雨のため、各地点で高い値を示していた。また、地点3の濁度とTOCには相関がなく、無機物による濁りが主であると考えられた。(図5)

表－1 各地点間の濁度の相関

	1－上層	2－上層	3－上層	4－上層
1－上層	1			
2－上層	0.889	1		
3－上層	0.634	0.699	1	
4－上層	0.920	0.875	0.656	1

3. 3 TOC (全有機炭素)

TOCの変化を図6に示す。2008年8月と2009年10月の地点3で2.64および、3.46mg/Lの値を示したが、その他は全地点で2.0mg/L以下の値であった。有機物についても、波介川から(地点3)の濃度が高いが、他の地点との相関はほとんどなく(表2)、上流からの河川水に希釈され、下流への影響は及んでいないと考えられた。



図－6 TOCの経時変化

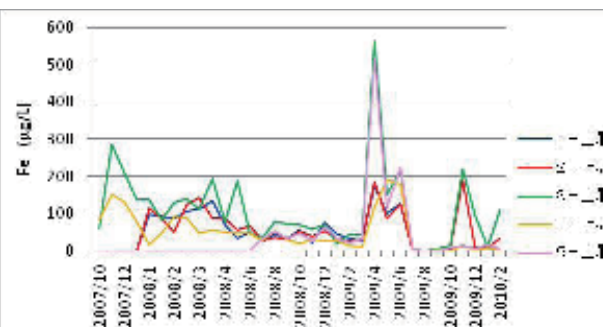
表－2 各地点間のTOCの相関

	1－上層	2－上層	3－上層	4－上層
1－上層	1			
2－上層	0.861	1		
3－上層	0.494	0.483	1	
4－上層	0.605	0.725	0.398	1

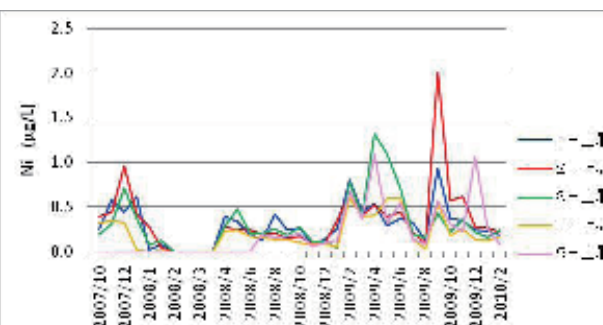
欠測のあった場合は、その回のデータすべてを除いて計算した。

3. 4 金属等

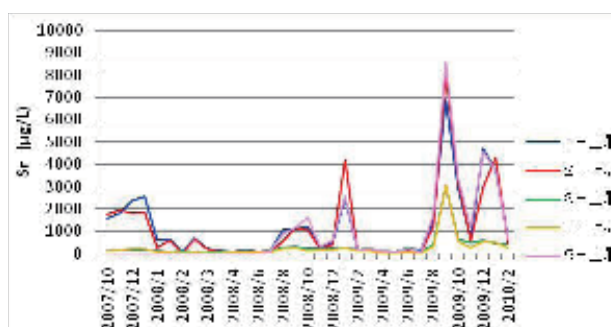
主な金属類及びECの推移について図7～図12に示す。



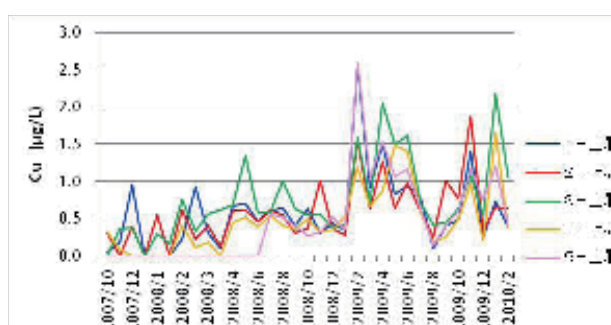
図－7 Feの経時変化



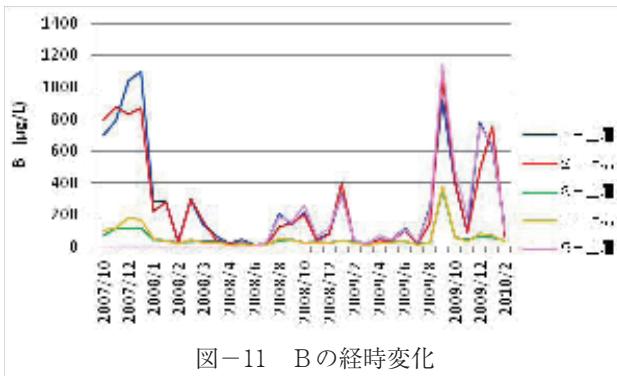
図－8 Niの経時変化



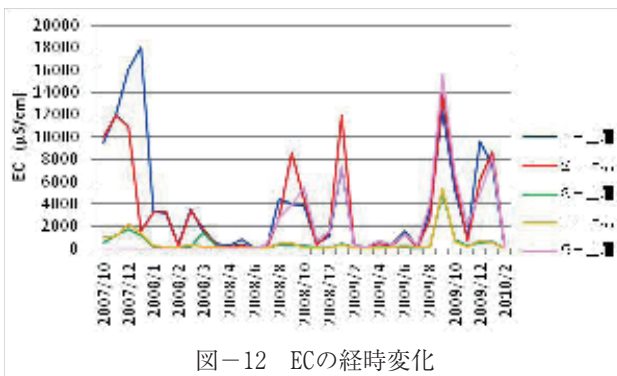
図－9 Srの経時変化



図－10 Cuの経時変化



図－11 Bの経時変化



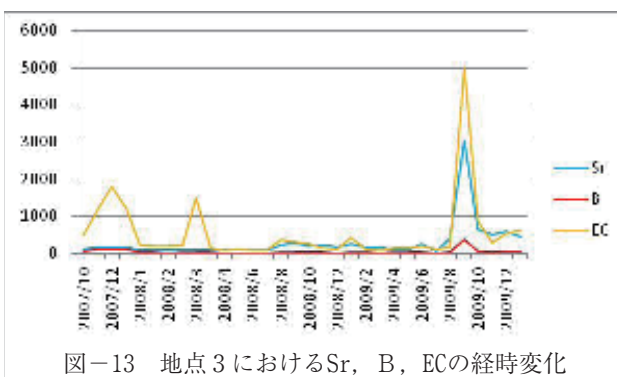
図－12 ECの経時変化

3. 4. 1 海水関連金属等

Sr（ストロンチウム）、B（ホウ素）及びEC（電気伝導度）は、比較的上流の地点3においても互いに大変高い相関を示している（表3）。また、河口部が大きく開いた開放期に高い値を示している（図13）。これらの項目は海水中の値が高いことが知られており、海水の流入に影響を受けているものと考えられる。

表－3 地点3におけるSr, B, ECの相関

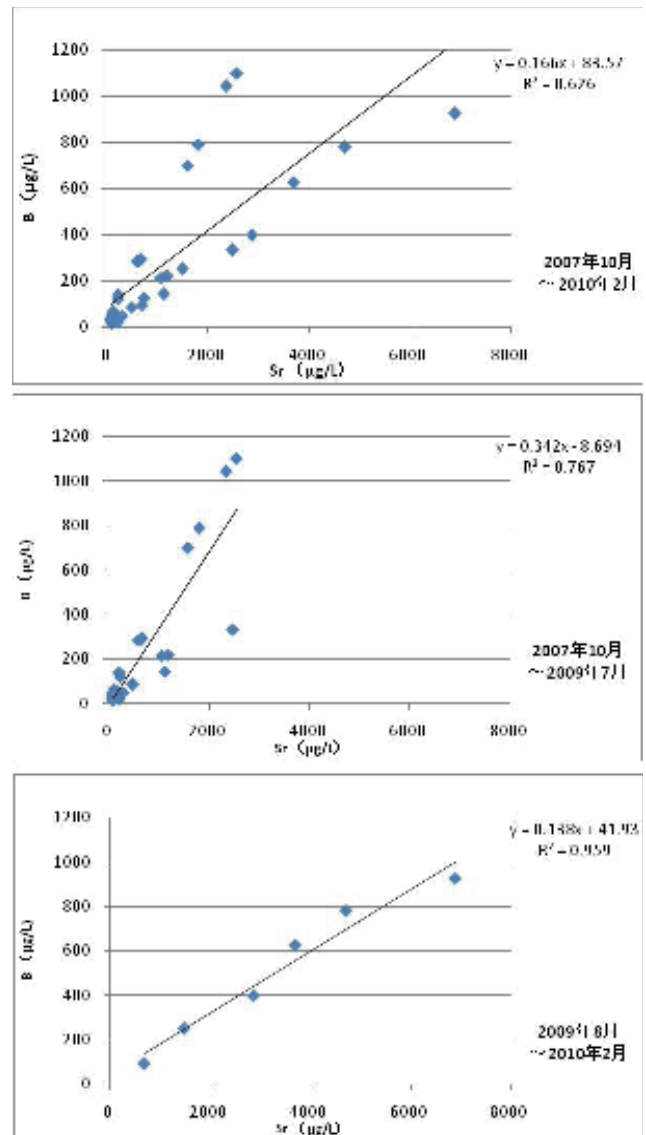
	Sr	B	EC
Sr	1		
B	0.882	1	
EC	0.862	0.956	1



図－13 地点3におけるSr, B, ECの経時変化

海水の流入がこれらの金属等の濃度にどのように影響しているかについて、BとSrの存在比（B/Sr）を基に検討してみた。

地点1におけるBとSrの分布と相関を図14に示す。



図－14 地点1におけるBとSrの分布と相関

全期間における寄与率は0.626であるが、分布図からは2本の系列が混在しているように見える。開放期の図から、全期間の図の傾きの小さい系列は、開放期のものであることが分かる。また、この期間の寄与率は0.959と大変高い値を示している。

2009年7月以前の分布には何点か開放期の系列と同様な比率を示すものがあり、これらを除いたものが海水の影響を受けていない場合のサンプル

と考えられる。

海水の影響で高濃度となったと考えられる開放期のB/Srは、図14より、約0.14であるが、土佐湾の海水中のB/Srは約0.58であり⁵⁾、大きく異なる。

この河口域のB/Srが海水に比べて低い状況は、河口域においてBの濃度低下又はSrの濃度上昇のいずれかが生じたことを意味するが、図14のとおりSrの濃度は大きく上昇しているが、それに比べBの濃度の上昇は少ない。

Sr濃度の上昇要因の一つに底質の巻き上げが考えられる。地殻上部のB/Srは約0.04であり、存在比の低下も説明できるが、現地周辺の底質のSr濃度（約120mg/kg）⁶⁾を前提にすると、単純な巻き上げでは、検水は泥水の状態でなければならなくなり、実態と異なる。

このようなことから、河口域では、海水の流入、海水と河川水の単純混合、底質の巻き上げだけでは説明のつかない作用（成分ごとに異なる沈殿、コロイド化、再溶出等）が関与している可能性が考えられた。

今後は、今回測定できなかった溶存態の金属やその結合状態を調査し、濃度変化の原因を検討したい。

また、その他の金属類に関しても、2009年8月の大雨の影響により、海との境の河口が大きく開き、海水の出入が容易になって以来、濃度の変動が大きくなっている。

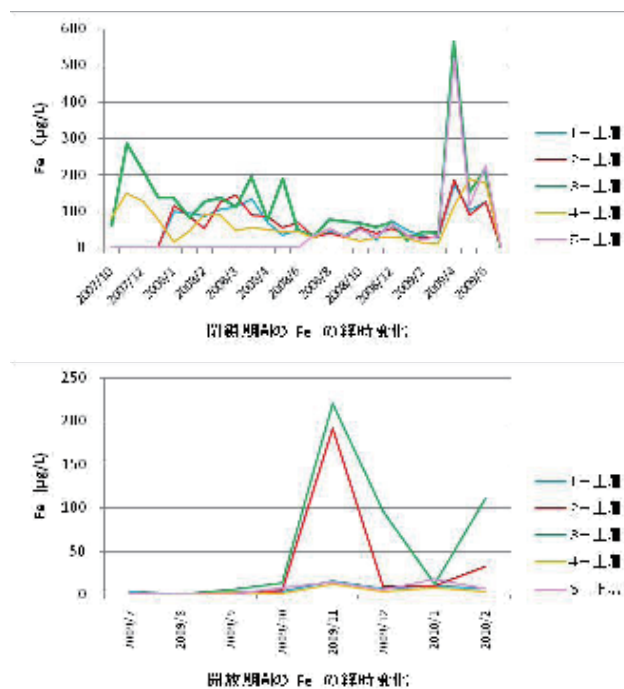
これらに関しても海水の影響のみでは説明が難しいものがあり、今後の検討課題である。

3. 4. 2 Fe

生態系の必須金属と言われているFeについて、日本工業規格の方法ではないが、他の金属類と併せてICP質量分析法で分析を行った（図15）。

その結果、上流からのFeの供給は比較的少なく、波介川（地点3）からの影響が下流の地点でも確認できた。

河口域では支川からのFe供給が大きなウェイトを占めているが、それも減少傾向にあり、鉄供給における課題は上流のみではなく、下流の支川の対策も必要となってきている。



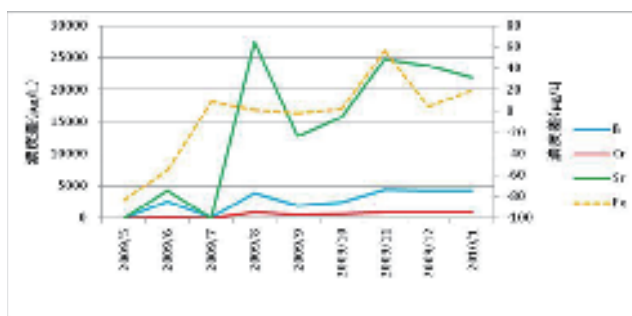
図－15 河口閉鎖期及び開放期における地点別Fe濃度

3. 4. 3 上層と底層の差

2009年5月から2010年2月に行った上層と底層との比較結果を図16に示す。

開放期には海水中に多く含まれるBやSrが底層に多いことから、3.1で述べた水温の考察と併せて、上流から流下する河川水の下層を海水が流入していることが確認された。

Feは、図15のとおり、開放期に濃度が低下しているが、地点1における上層と底層の比較では表層より底層に多く存在している。生態系の消費も考えられるが、ほとんどは沈降していると考えられる。



図－16 地点1における底層と上層の温度差（低層－上層）

4. おわりに

仁淀川河口域における調査を行ったところ、次のような知見を得た。

水温については、年によって季節変動に差がみられた。2008年度には夏季の表層水温の急激な上昇が見られ、生態系に影響していることも考えられる。

期間中に河口部の閉鎖状況に大きな変化があり、その前後で金属類を始めとする測定項目で大きな変化が見られた。解析の結果、海水の河川への流入状況が、金属等の輸送に大きく影響していることが分かった。

BやSrなど一部の金属はその動態に不明な点が多く、今後の検討課題である。

波介川からのFeの供給が確認されたが、その量には減少傾向が見られる。

また、上流からの鉄等微量金属等の供給は少なく、河口域への金属等の供給は下流部の支川からの影響が大きいことが分かった。そのため、河口部及び沿岸部への必須金属の供給には、上流域の整備と共に下流部の支川の整備も重要と考えられ

る。また、河口域では、海水流入も多く見られるため、河川流量の確保も必要になってくる。

謝 辞

今回の調査にあたり、ご協力いただいた水産試験場及び仁淀川漁業協同組合、また分析データをご提供いただいた海洋深層水研究所の皆様に感謝いたします。

文献等

- 1) 西岡純：北太平洋における鉄の存在状態と鉄が生物生産におよぼす影響に関する研究，2006
- 2) 宗林由樹：海水中微量金属と生物生産，2007
- 3) 桑尾房子：波介川流域における水田農業の河川流出状況（H19－20年），高知県環境研究センター所報，25，37－48，2008
- 4) 一級河川の河川延長等調：国土交通省
- 5) 海洋深層水研究所分析データより算出
- 6) 日本の地球化学図：産業総合研究所地質調査総合センター

6. 水質汚濁防止法第17条の規定に基づく「公共用水域及び地下水の水質測定結果」の利用に関する試み・高知県沿岸海域の水溫経年変化について（その1）

西山 泰彦・十川 紘一・行弘 恵*

The continuous monitoring of the conditions of the costal seas in Kochi Prefecture pursuant to the Water Pollution Control Act -Annual trend of sea-surface temperatures in Kochi- (1)

Yasuhiko Nishiyama・Kouichi Sogawa・Megumi Yukihiro*

1. はじめに

水質汚濁防止法（以下法という）は昭和45年に成立し、昭和46年から施行されている水質分野の中心的な法律であるが、時代背景もあり当初は工場及び事業場の汚水及び廃液に関して人の健康への被害を防止するという点に主眼が置かれていた。

また、法第15条では法の目的を達成するため「都道府県知事は、公共用水域（及び地下水）の水質の汚濁の状況を常時監視しなければならない。」とされ、法第16条では測定計画が、法第17条では「都道府県知事は、当該都道府県の区域に属する公共用水域（及び当該区域にある地下水の水質）の汚濁の状況を公表しなければならない。」と公表の義務が定められている。

県では、法の施行を受け、昭和46年度から公共用水域の監視業務をおこなっており、その監視結果の蓄積は陸水においては約40年となっている。また、海域については、当初中央部浦戸湾水域のみの監視体制であったが、昭和50年初頭から全県的な監視体制が整い県中央部では約40年、それ以外では約30年の監視実績がある。このようなことから、これまで蓄積された監視結果を利用し、県沿岸海域の経年変化の解析を試みたので報告する。

2. 測定法について

公共用水域の測定については、環境庁（当時）

が昭和46年9月30日付け環水管30号で示した「水質調査方法」に基づいて調査をおこなっている。

その中で海域については次のような規定が存在する。

ウ 採水方法としては、

原則として表層および中層から採水する。表層とは、海面下0.5m、中層とは海面2mの水位置とする。水深が5m以浅の地点では表層のみから採水する。ただし、水深10mをこえる地点では、必要に応じ下層（海面下10m）からも採水する。

採水時は、昼間の干潮時を含める。なお、採水にあたっては、一斉採水が望ましい。

また、各層の試料を別々に採水分析するのを原則とするが、環境水監視調査にあつては、各層から等量ずつ採取した試料を混合し、分析してもよい。

このため、県下の調査については昭和46年の監視当初は表層のみの測定であったが、昭和47年からは各層の試料を中層採水器で採取・等量混合し、分析をおこなってきている。この結果、水深が10mを超える測定点では表層（0.5m）、中層（2m）、下層（10m）の3層を等量混合した試料のものであり、この監視結果を基に解析をおこなった。

* 現安芸農業振興センター

採水時の気温については、サンプリング地点の船上で棒状温度計を用い測定しており、水温については、等量混合した試料に棒状温度計を浸漬し測定をおこなってきた。

3. 解析対象測定点の選定について

高知県は、東西に広く、扇状に広がった地形を持つため海岸線が非常に長く、測定地点も愛媛県と接する県西部の宿毛市から徳島県と接する県東部の東洋町まで広い範囲に分布している。また、太平洋に面しているため沿岸海域に関しても黒潮の影響も大きいのではないかと考えられる。このため今年度の解析では、県内沿岸海域全体の大きな変化を捉えることができないかという点に主眼を置くこととし、次の基準で解析地点を選定することとした。

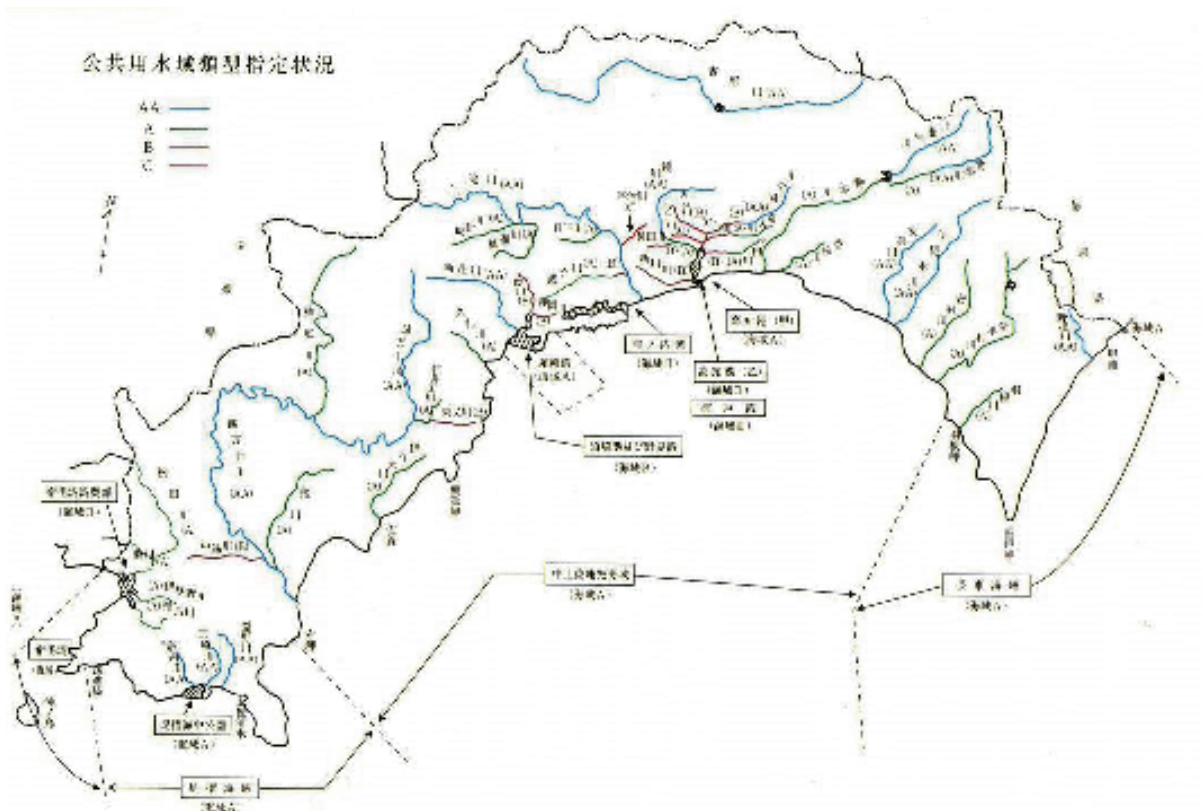
1. 県の海域測定地点のうち、環境基準点から選出する。
 2. 内湾、湾内など陸水の影響が大きいと考えられる地点は除外する。
 3. 県下全域からそれぞれの海域（宿毛湾、足摺海域、中土佐地先海域、芸東海域）から解析地点を選出する。
 4. 大きな河川（主として一級河川）の河口沖では河川水温・水質の影響があることも考えられるため、今回の解析地点からは除外する。

この結果、昭和51～52年度以降継続的に測定している環境基準点の中から表1に示した5地点を選んだ。

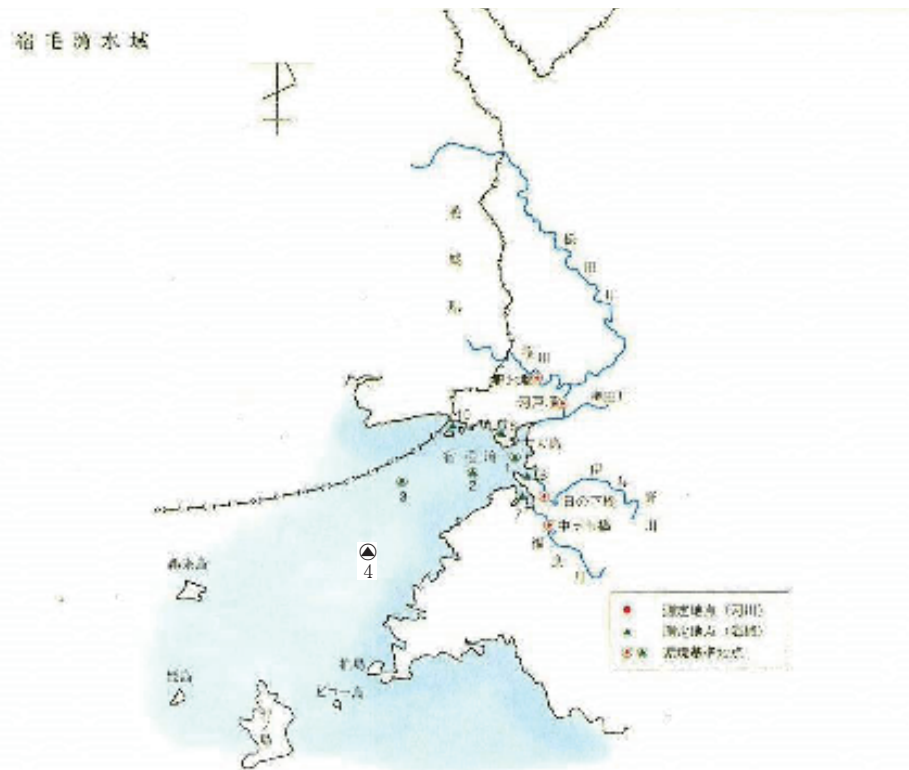
図1に県下全体の公共用水域類型指定状況、図2～図5に、宿毛湾水域、足摺宇和海国立公園水域、中土佐地先海域関連水域、室戸阿南海岸国立公園水域の測定地点の位置図を示した。

表－1 解析対象測定地点一覧

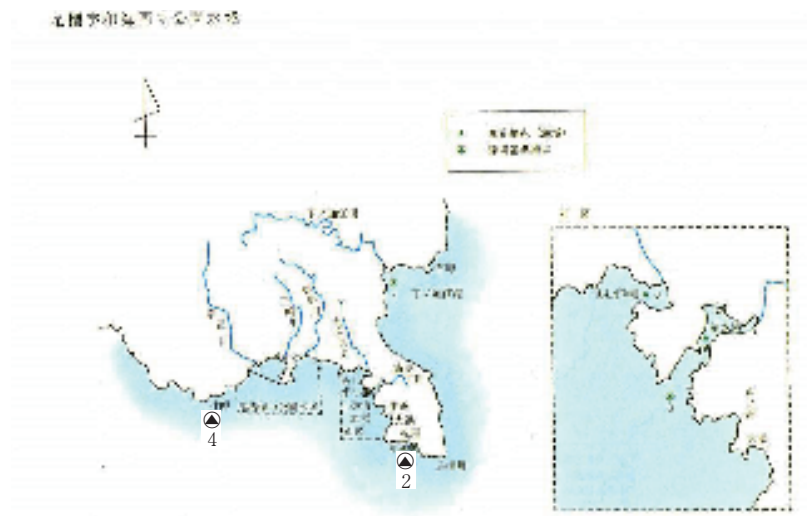
水域名	海域名	地点名	統一地点番号	類型	監視開始年月
宿毛湾水域	宿毛湾	宿毛湾 St-4	39-607-03	A	1976(S51).7
足摺宇和海国立公園水域	足摺海域	叶岬沖 St-4	39-609-04	A	1976(S51).5
		松尾地先St-2	39-609-02	A	1977(S52).2
中土佐地先海域関連水域	中土佐地先海域	佐賀地先 St-5	39-608-05	A	1977(S52).5
室戸阿南海岸国立公園水域	芸東海域	三津地先 St-1	39-610-01	A	1977(S52).7



図－1 高知県公共用水域類型指定状況



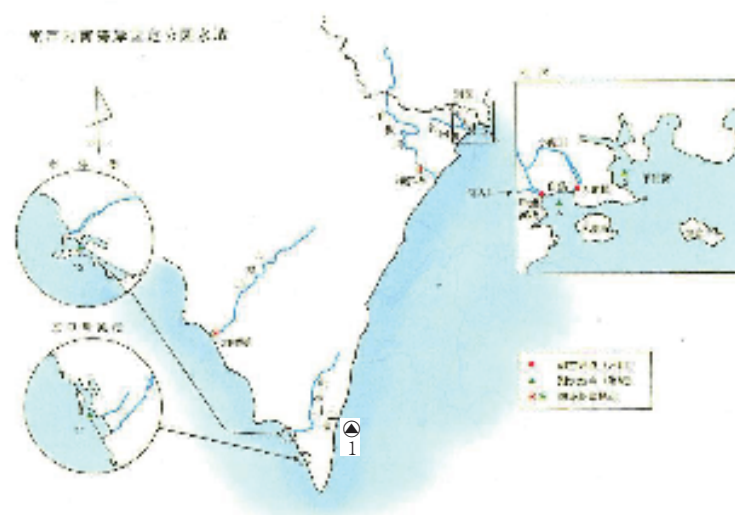
図－2 宿毛湾水域・宿毛湾 (St-4)



図－3 足摺宇和海国立公園水域・叶岬沖 (St-4)，松尾地先 (St-2)



図－4 中土佐地先関連水域 佐賀地先 (St-5)



図－5 室戸阿南海岸国定公園水域・三津沖 (St-1)

4. 監視結果のクリーンアップ手法について

統計解析をおこなうにあたり、監視結果のクリーンアップをおこなった。すなわち規定に定められた通り3層混合していない試料の水温監視結果については、統計に与える影響が大きいと考えられるため解析からは除外した。また、水温が35度を超え、気温よりも数度高い監視結果が確認されたため、異常値として今回の解析からは除外した。採水はすべて昼間におこなっているが、採水時刻による気温、水温の日間変動については考慮しなかった。また、今回の解析では監視結果として確定している平成18年度までのものを使用した。

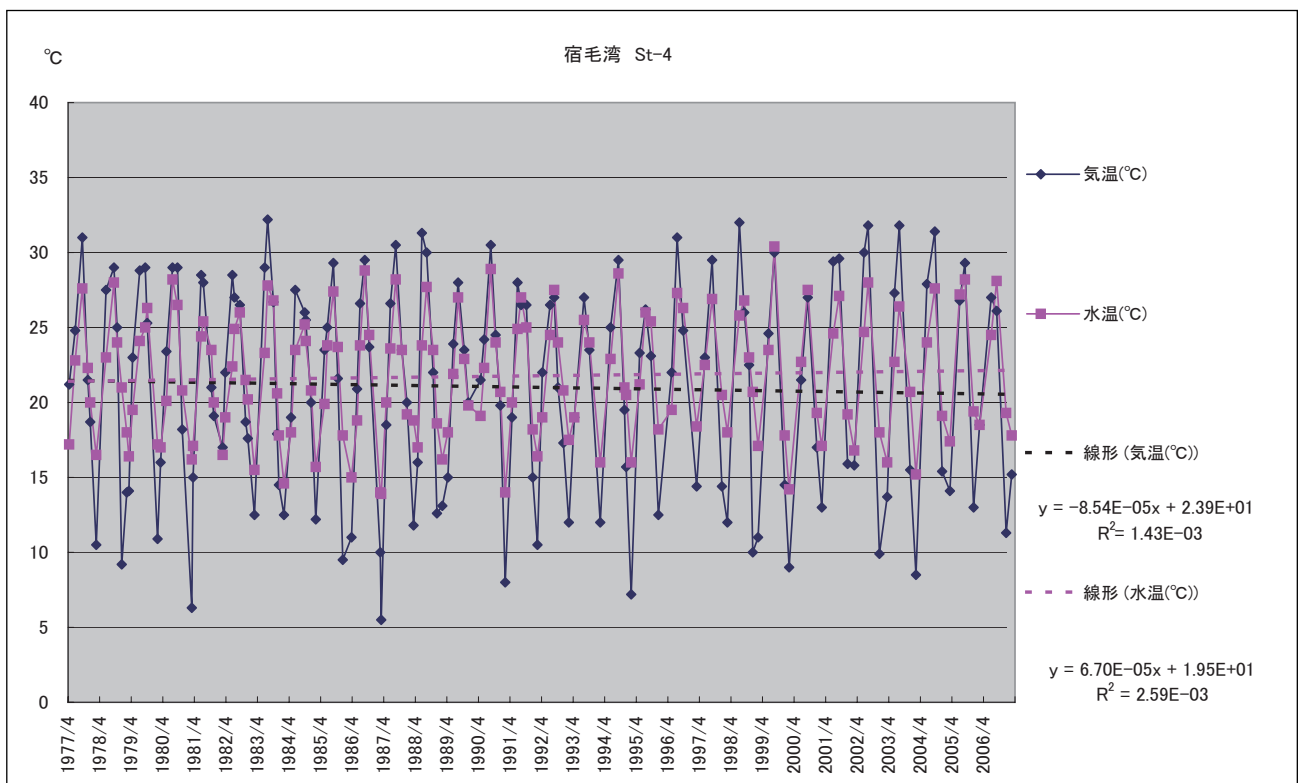
5. 各地点の水温経年変化

5. 1 宿毛湾St-4

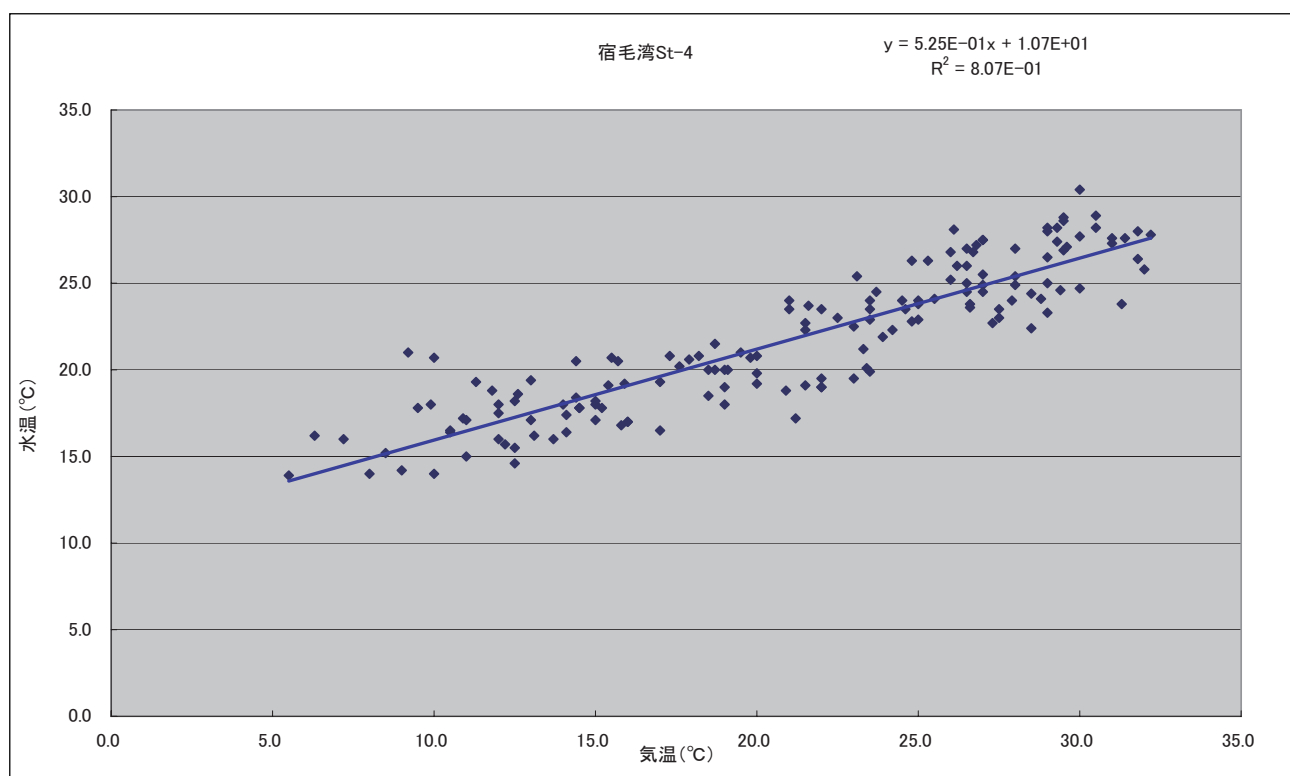
宿毛湾St-4は、陸地から3.5km程度離れており、

ほぼ外洋と言って良い状態である。水深は60m程度であり、陸水の影響はないと考えられる。昭和51年度年2回の測定が開始され、翌年からは年6回の測定となった。平成8年度からは、財政的な問題のため年4回の測定となり、現在に至っている。昭和51年度の試料は、3層混合でないことが確認されたため、今回の解析では昭和52年度以降の監視結果を用いた。解析に使用した監視結果は153日、除外は4日であった。

また、採水時に現地の船上で気温と水温を測定しているため、気温、水温経年変化を図6に、その相関について図7に示した。ただ、実務上船上で日陰を見つけるのは難しく、気温測定値は日光や放射熱の影響を受け通常の意味の気温よりも高めの値が出ている可能性が大きい。



図－6 宿毛湾St-4気温・水温経年変化



図－7 宿毛湾St-4気温・水温相関

5. 2 足摺海域 叶岬沖St-4

叶岬沖St-4は、陸地から1.4km程度離れており、陸水の影響はないと考えられる。水深は30m程度となっている。昭和51年度、年2回の測定が開始され、翌年からは年6回の測定となった。その後

の経緯は、宿毛湾St-4と同じである。昭和51年度試料は3層混合ではないため今回の解析からは除外し、昭和52年度以降の3層混合試料のみで解析をおこなった。解析に使用した監視結果は151日、除外は3日であった。

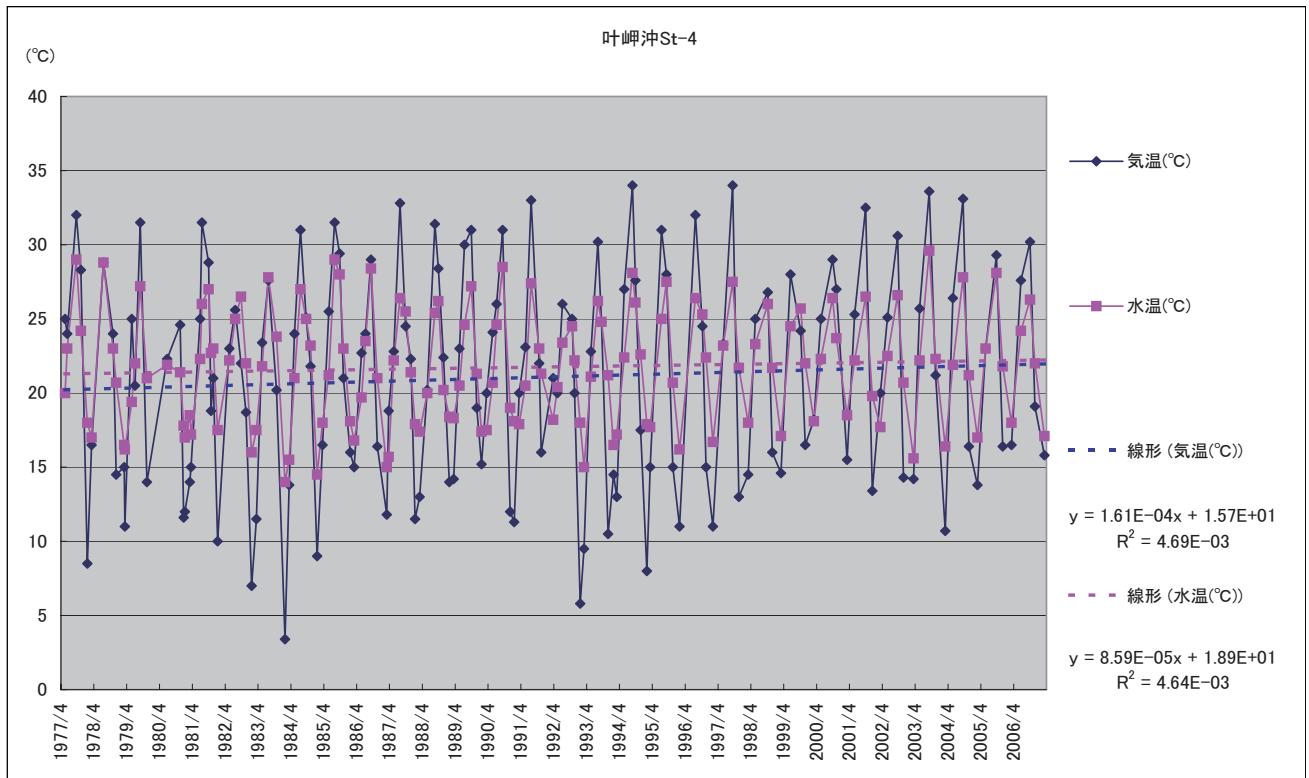


図-8 叶岬沖St-4 気温・水温経年変化

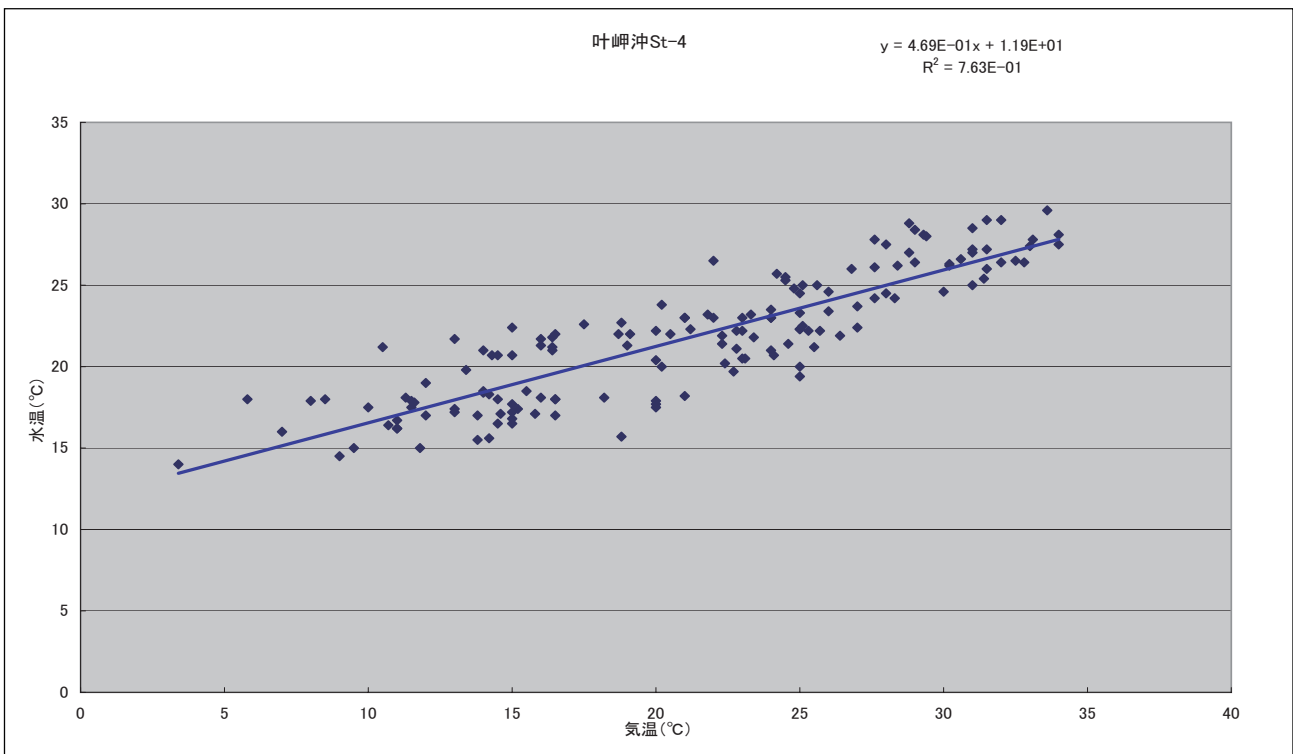


図-9 叶岬沖 St-4気温・水温相関

5. 3 足摺海域 松尾St-2

松尾地先St-2は陸地から1.5km程度離れており、陸水の影響はないと考えられる。水深は80m程度となっている。昭和51年度、年1回の測定が開始され、翌年からは年6回の測定となった。昭和51

年度の試料は3層混合でなかったため、今回の解析から除外し昭和52年度以降の3層混合監視結果を解析した。その後の経緯は、他の解析地点と同じである。解析に使用した監視結果は151日、除外は5日であった。

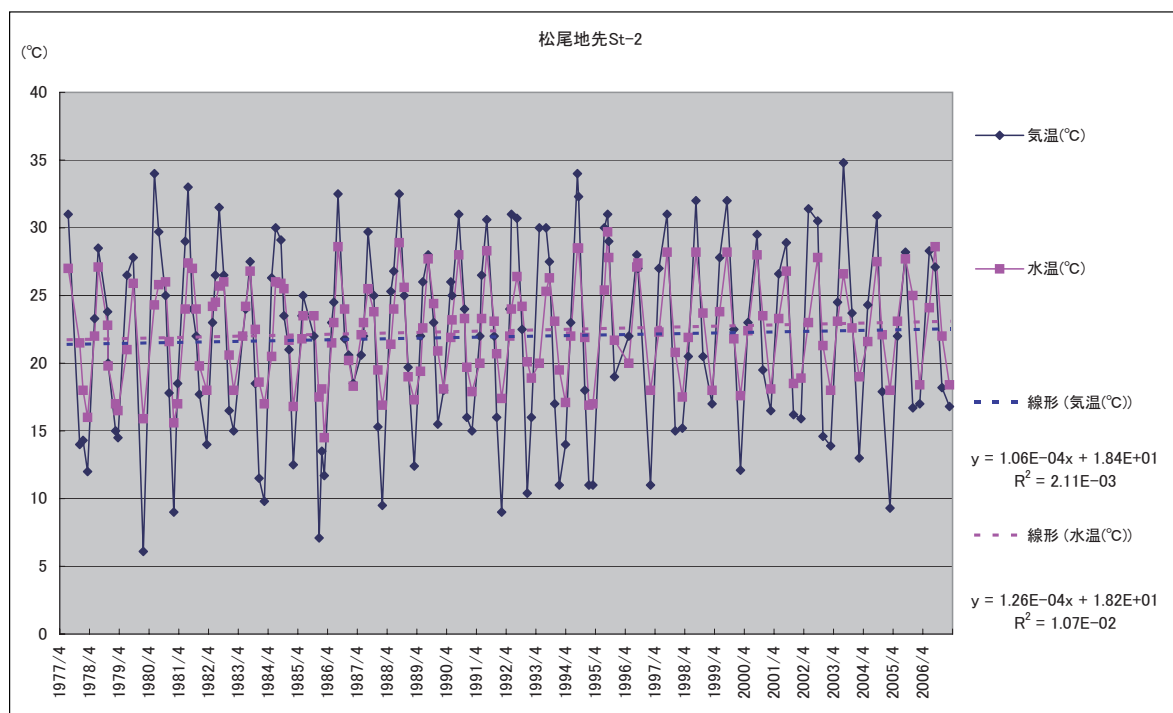


図-10 松尾地先St-2 気温・水温経年変化

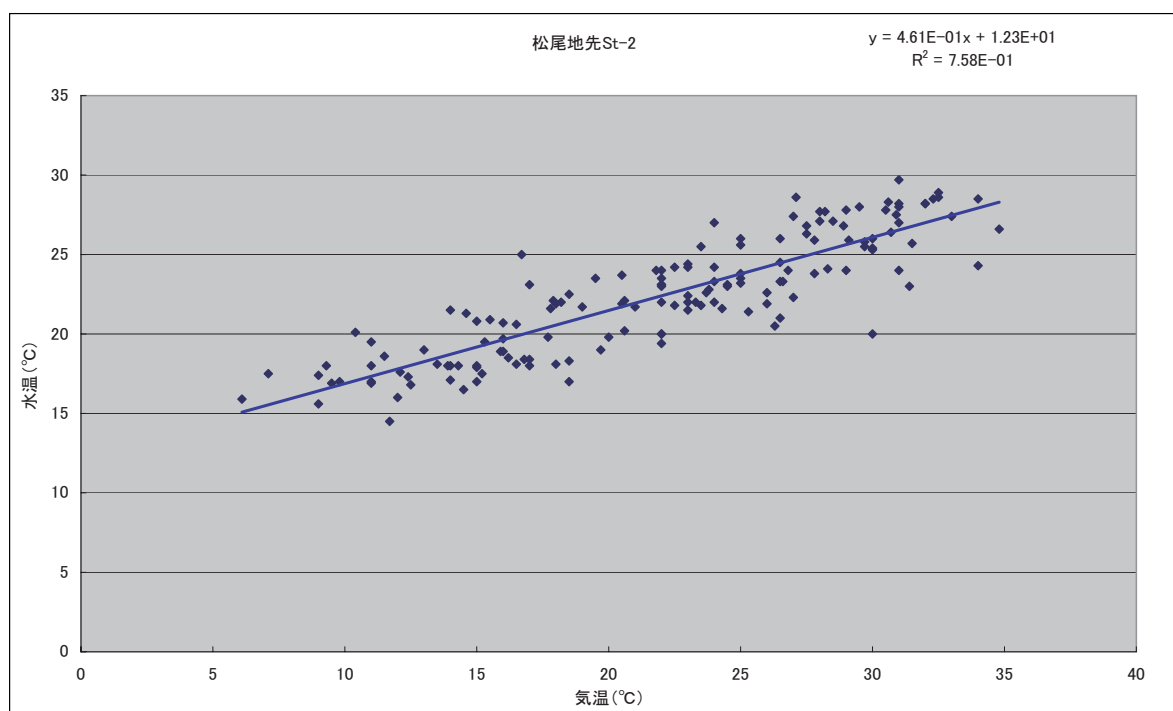


図-11 松尾地先St-2 気温・水温相関

5. 4 佐賀地先 St-5

佐賀地先St-5は昭和52年度，年6回の測定が開始された．その後の経緯は，他の解析地点と同じである．佐賀地先St-5は，陸地から1.2km程度離れており，陸水からの影響は少ないと考えられる．二級河川伊与喜川の河口沖に当たるため，海水温に影響があるかについては検討の余地があると考

えられる．水深は，30m程度であった．また，3層混合の水温が35℃を超え，気温よりも高い事例が見つかったため，異常値として今回の解析からは除外した．また，3層混合以外の試料監視結果についても解析から除外している．解析に使用した監視結果は152日，除外は3日であった．

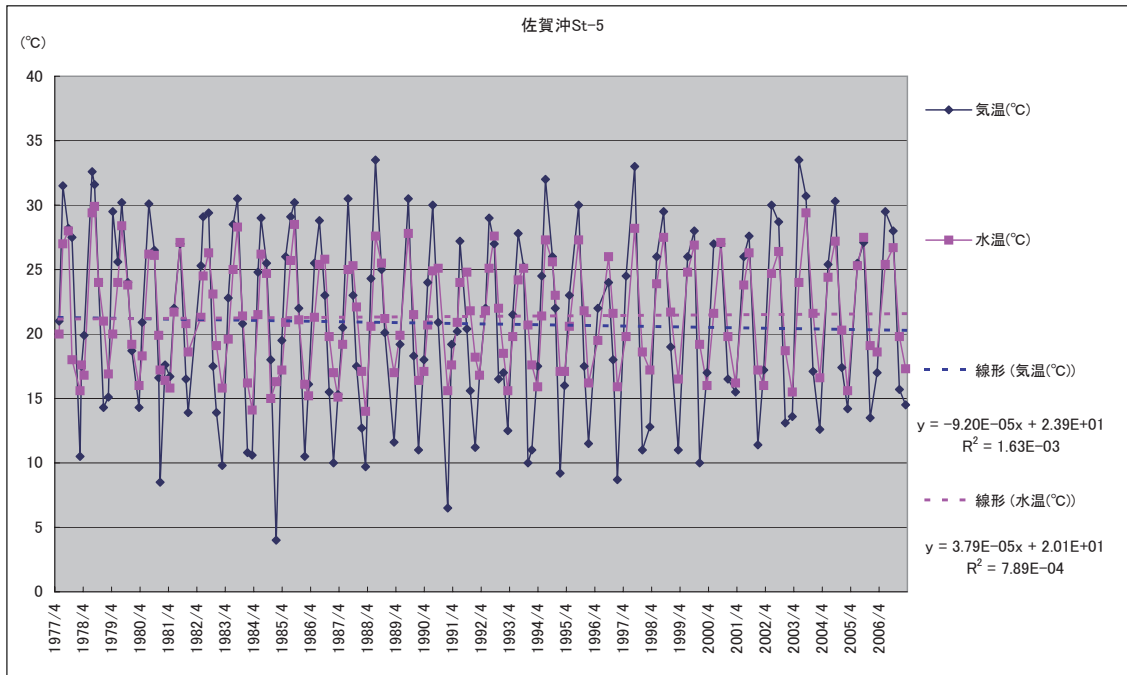


図-12 佐賀地先St-5 気温・水温経年変化

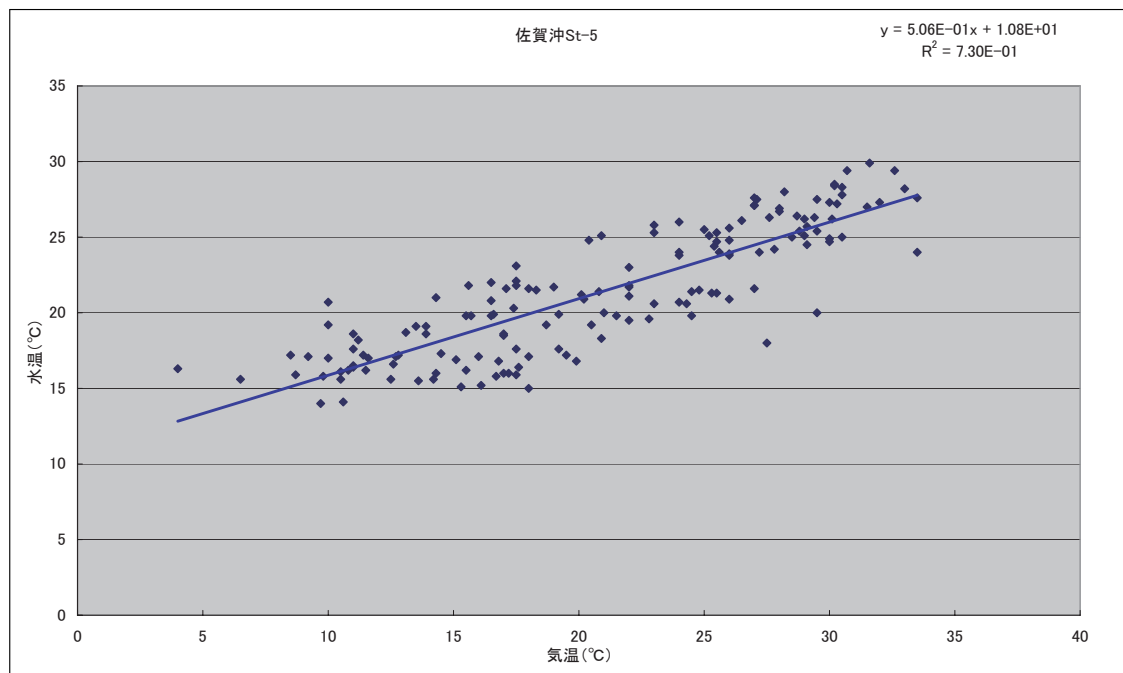


図-13 環境基準点 佐賀地先St-5 気温・水温相関

5. 5 三津地先 St-1

三津地先St-1では、昭和52年度年1回の測定が開始され、翌年からは年6回の測定となった。その後の経緯は、他の解析地点と同じである。三津地先St-1は、室戸岬の東側にあたり陸地から0.6km程度離れている。周辺に河川はないことから陸水の影響はないと考えられる。水深は35m程度で

あった。

また、平成6年度（1994年）については3層混合試料による水温測定が十分おこなわれていなかったと考えられ、解析の上では除外せざるを得なかった。解析に使用した監視結果は139日、除外は11日であった。

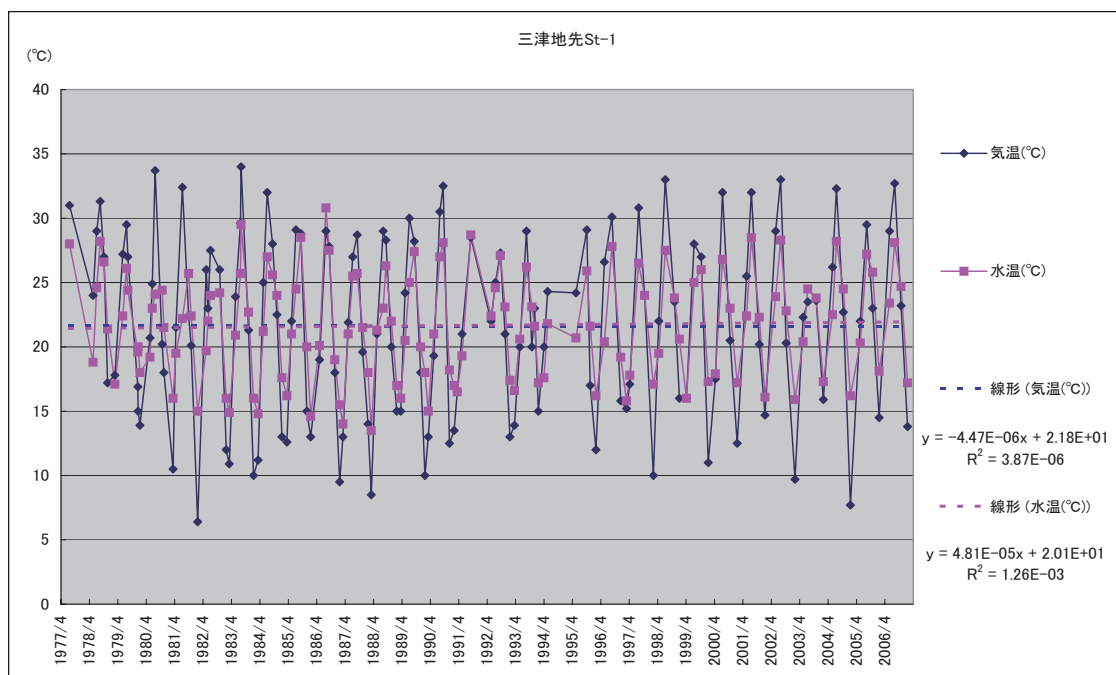


図-14 三津地先St-1 気温・水温経年変化

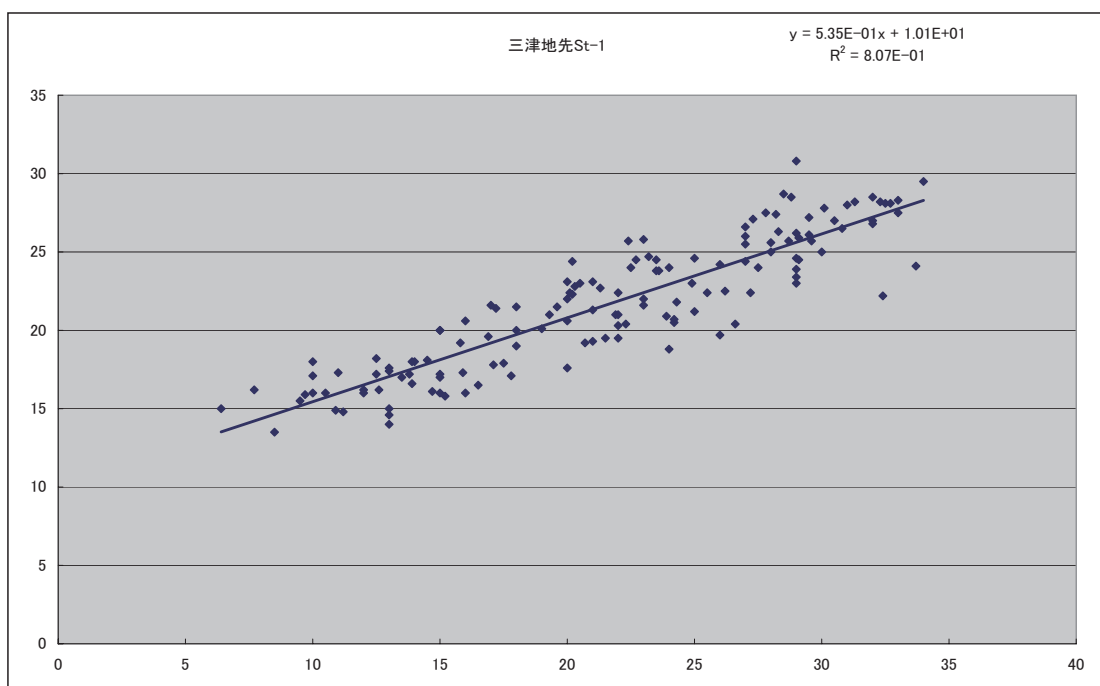


図-15 三津地先St-1 気温・水温相関

6. 解析結果

今回の解析では、単純な回帰モデルを適用した。回帰式の妥当性については次報以降で検討する予定であるが、結果を表2にまとめた。ここでYは、現場気温または3層混合水温であり、Xの単位は日である。Xは1900年1月1日を1とした場合の経過日数であり、例えば1977（S52）年4月1日であれば26390日と算出されることとなる。

表-2 解析環境基準点における経年変化単回帰（S52-H18年度）

地点名	気温回帰式	水温回帰式
宿毛湾 St-4	$Y = -0.0000854X + 23.9$	$Y = 0.0000670X + 19.5$
叶岬沖 St-4	$Y = 0.000161X + 15.7$	$Y = 0.0000859X + 18.9$
松尾地先 St-2	$Y = 0.000106X + 18.4$	$Y = 0.000126 X + 18.2$
佐賀地先 St-5	$Y = -0.0000920X + 23.9$	$Y = 0.0000379X + 20.1$
三津地先 St-1	$Y = -0.00000447X + 21.8$	$Y = 0.0000481X + 20.1$

また、現地気温と3層混合試料水温の解析結果を表3に示した。ここで、Aは現場気温、Bは、3層混合試料の海水温である。

表-3 解析環境基準点における気温・水温単回帰（S52-H18年度）

地点名	気温・水温回帰式	決定係数
宿毛湾 St-4	$B = 0.525A + 10.7$	$R^2 = 0.807$
叶岬沖 St-4	$B = 0.469A + 11.9$	$R^2 = 0.764$
松尾地先 St-2	$B = 0.461A + 12.3$	$R^2 = 0.758$
佐賀地先 St-5	$B = 0.506A + 10.8$	$R^2 = 0.730$
三津地先 St-1	$B = 0.535A + 10.1$	$R^2 = 0.807$

7. まとめ

水質汚濁防止法に基づく過去約30年間の監視結果を解析すると次の点が推定された。

1. 今回解析した5地点では、全て水深が10mを超え3層を等量混合した試料で水質測定をおこなってきた。今回、現場気温と水温の相関をみると、図7、9、11、13、15に示したとおり強い相関があり、3層混合した海水温は外気温の影響が大きいと考えられる。
2. 測定結果を見ると外気温は夏場35℃前後、冬場5℃前後と大きな季節変動があるが、3層を等量混合した試料海水温では、夏場で30℃程度、冬場で15℃前後と変動は小さい。相関係数の強さから判断すると混合試料についても外気温の変動と同じような季節変動があるものと考えられる。
3. 約30年間の監視結果を見ると、解析した高知

県沿岸海域の環境基準点の海水温は全ての基準点で上昇傾向が見られた。地点によりその傾きに差があり、単回帰式を適用したところ、佐賀地先では傾きがやや小さく、叶岬沖、松尾地先ではやや大きい傾向がみられた。傾きの大きさは、松尾地先、叶岬沖、宿毛湾、三津地先、佐賀地先の順であった。この差に伊与喜川等の陸水の影響や黒潮の影響等があるのか現時点では不明である。

4. 監視結果に単純に単回帰式を適用すると全ての環境基準点で水温の上昇傾向がみられ、その上昇率は0.4～1.4℃/30年と大きなばらつきがあった。ただ、気温や水温のように季節変動がある観測結果に単純に単回帰式を適用してよいのか、また年度により測定回数が違う監視結果を単純に解析してよいのかという統計的な疑問が存在する。見積られた値が、これまでの報告に比べて大きすぎるのではないかと考えられるため、次年度の解析では、季節変動も考慮に入れることができる重回帰分析等、現在有効ではないかと考えられる統計解析方法を試み、結果に有意性があるのか解析する予定としている。
5. 気温の単回帰式では、上昇する地点、下降する地点等様々であるが、単回帰式の傾きが通常の報告に比べ差異があると考えられる。実務では測定地点周辺の港で小さな漁船、渡船を借り上げ、サンプリング、測定をおこなうことが通常である。小さな船上では、気温を正確に測定することは困難であり、測定時刻の補正をおこなっていないことも結果に影響しているのではないかと考えられる。

8. 最後に

高知県では昭和46年からの水質汚濁防止法に基づく公共用水域の監視結果が蓄積されてきた。測定地点については、増減はあるが、沿岸海域では昭和50年度初頭から全県的監視体制が整い、地道な監視が続けられている。また、平成8年度からは財政的な問題もあり監視体制の縮減がはかれることとなった。

公共用水域監視結果は、陸水では約40年間、海域でも約30年間蓄積されており、今後も継続的に監視されることとなっている。このようなことか

ら、これまで蓄積された監視結果を有効利用し、県下の環境変化について解析を試みた。

蓄積されてきた監視結果は膨大であるが、今年度については、海域環境基準点の中から代表的な数ヶ所を選び、単純な探索的解析をおこなった。高知県は、太平洋に面し、海水温は黒潮の影響を

受けるのではないかと考えられるが、沿岸海域に関しても地点による特徴があると考えられる。

最後に、これまで地道に県下公共用水域の監視、測定、分析、整理されてきた諸先輩、同僚の皆様に感謝したい。

IV 所 報 投 稿 規 定

Ⅳ 高知県環境研究センター所報投稿規定

1. 所報の内容

(1) 環境研究センターの概要（当該年度）

- 1) 沿革 2) 施設の概要
3) 組織及び所掌事務 4) 職員一覧
5) 人事異動 6) 予算 7) 主要備品

(2) 業務概要（前年度）

- 1) 前年度決算 2) 学会・会議及び研修
3) 研究発表（要旨） 4) 環境教育・学習
及び研修等 5) 各担当の業務概要

2. 投稿規定

(1) 投稿者の資格

投稿者は原則として当所職員あるいは当所職員との共同研究者及び編集委員会が認めた場合には、会員以外からの寄稿を受け付ける場合がある。

(2) 原稿の種類

原稿は研究論文、資料及び投稿文等とする。研究論文は独創性に富み、新知見に基づく内容の論文とする。資料は実験、調査研究の結果及び研究過程でまとめた成果等記録すべき内容の論文。投稿文は環境研究センター内外を問わず投稿が出来るが、その内容は研究職員の示唆に富み資質向上に寄与するものとする。

(3) 原稿の執筆

原稿の執筆はワードプロセッサを用い、A4用紙1頁43行とし、1行は22文字とする。詳細は、原稿執筆要領に従う。

(4) 原稿の提出と編集

原稿は所属担当チーフを経て編集委員会に提出する。編集委員会で編集された原稿は所長がこれを校閲する。

(5) 校正

原稿は3校までをもつて校了とする。初校は著者が行い、再校以降は編集委員会が行う。

(6) 編集委員会

所報編集委員会は、各担当より一名参加するものとし、編集委員長は次長をもって充てる。所長はアドバイザーとして編集委員会に適宜参加する。編集委員会では、提出された原稿の査読を行い、内容に問題のある場合は、著者に修正を求める場合がある。

(7) 原稿

原稿は6月末までに編集委員会に提出するものとする。

(8) その他の事項

その他必要な事項は編集委員会で協議する。

原 稿 執 筆 要 領

1. 文体

原稿は原則として当用漢字、現代かなづかいとする。

2. 表題、著者名

研究論文、資料共に表題及び著者名をつける。

3. 本文

- (1) 研究論文については、要旨、キーワード、はじめに、実験、調査（材料と方法）、結果、考察、おわりに（謝辞）、文献の順序とし、表題及び要旨には英文訳をつける。謝辞については節をたてず、一行あけて書く。

- (2) 資料については「要旨」、「はじめに」の文章は省略して書き始め、「実験、結果、考察」

についてもそれらの文字に下線を引いた上、
改行しないでそれぞれの内容を書く。

(3) 番号の付け方は原則として下記のようにする。

- 1.
- 2.
- 3.
3. 1
3. 2
3. 3
3. 3. 1
3. 3. 2
3. 3. 3

(4) 句読点 (.,), (.), (「」) には一区画をあ
たえる。ただし、これらの記号が行の頭に出
る場合は、前の行の右欄外に書く。

(5) 英、数字は一区画 2 文字とし、数字は原則
としてアラビア数字を用いる。

(6) 書体はそれぞれ文字の下に次の記号を入れ
る。

ゴシック体 ~~~~~
イタリック体 _____
小キャピタル =====
大キャピタル マルで囲む

(7) 使用する単位は S I 単位系にしたがって表
記することを原則とする。ただし容量単位は、
リットル (L), 立法メートル (m) 或いは

ノルマル立方メートル (Nm³) を用いることを
原則とする。

(8) 生物名は和名の場合カタカナを用い、学名
はイタリック体とする。

4. 表と図

(1) 表と図は本文とは別に A 4 の大きさの用紙
に書き、表では表の上部に、図では図の下部
に番号と表題を表示する。注釈は表では下部
に、図の場合は別紙に記載する。

(2) 表や図の本文中への挿入位置は原稿用紙の
右欄外に ← 表 1 のように赤字で明示する。

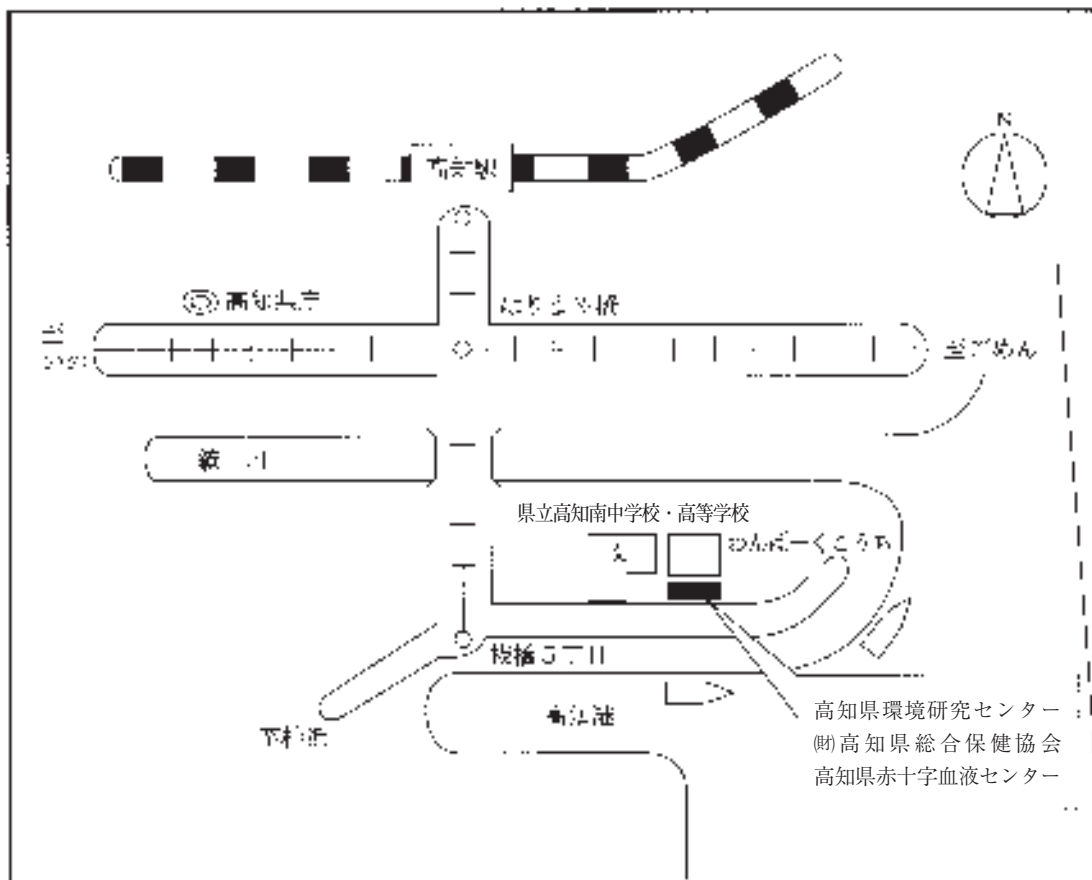
5. 文献

(1) 文献は本文の引用箇所の右肩に 1), 2),
3), 4 - 6) のように通し番号で示す。記
載方法は一文献ごとに行を改める。

(2) 雑誌の引用は、著者名：雑誌名、巻 (号),
頁、発行年 (西暦) の順に記載する。

(3) 共著の場合は、3 名以内は全員を記載し、
4 名以上の場合は第 1 著者のみを記載し、そ
の後に「ら」と記す。

(4) 文献の略名は邦文誌は日本自然科学学術雑
誌総覧、欧文誌は Chemical Abstracts に従っ
て記載する。



高知県環境研究センター所報

第二十六号

平成21年度

編集発行：高知県環境研究センター

〒780-8010 高知市棧橋通 6 丁目 7 番 43 号

電話 088-833-6688 (代)

FAX 088-833-8311

E-mail 030802@ken.pref.kochi.lg.jp

ホームページ <http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030802/>

印刷所：西 富 膳 写 堂

〒780-8037 高知市城山町36

電話 088-831-6820 (代)

ANNUAL REPORT
OF
KOCHI PREFECTURAL ENVIRONMENTAL
RESEARCH CENTER
No.26, 2009



古紙配合率100%再生紙を使用しています
白色度は70%です