



ISSN : 1344-865X

高知県環境研究センター所報

第 27 号

平成22年度

高知県環境研究センター

はじめに

震災後、私たちの誰もが日常の安全について改めて考えさせられている状況だと思います。リスクの定義に画一的なものはないようですが、最も簡潔な表現によりますと、危険が生じた場合の影響度Dと発生確率pを乗じたリスク $R = D \times p$ の尺度で重大性を評価し、Rが大きいほどその回避措置の優先度は高まるといわれます。これに従えば、地震や原子力災害ではDが極めて大きくなるため、たとえpが小さかったり不確実であってもリスク回避のための対策は優先されるはずですが。

私たちが関係する環境分野でも同じように影響度が圧倒的に大きい現象として、温暖化や難分解性物質の海洋拡散などの地球規模の問題があります。やはり、このような問題は影響の重大さと後戻り困難な現象であることを踏まえ、優先的な取組みを協調して進めることが重要だと思われまます。

また、私たちの周辺にも目に見えにくい潜在的リスクがあり、有害物質による影響の多くがこれに該当すると思います。この場合は、 $R = \text{有害性} \times \text{暴露量}$ ととらえ、閾値のない有害物質では健康被害を受ける生涯確率を $p = 10^{-5} \sim 10^{-6}$ として環境基準等が示されていることはご承知のとおりです。これに暴露人口のファクターを加えると個人リスクから社会リスクへと対象が拡がり、例えば地下水汚染などでは利用形態に応じた地域問題としての対応が求められます。

さらに、事業場等からの汚染物質の排出も地域社会に悪影響をもたらす危険性があります。この危険性を未然に抑制する措置として、関係法令での排出基準の設定や立入検査などが実施されていることとなります。

このように考えますと、環境行政分野の業務の多くがリスクマネジメントの考え方で構成されていることに改めて気付かされます。

今回掲載した報文もこの観点から分類いたしますと、環境課題の特徴でもある健康リスク・生態系リスク・経済リスクなどが複合的に絡み合った事象に対して、現状の評価や対応策等の調査研究成果を整理した一面があると思います。

今後とも、このような地域社会の環境関連リスクの評価と対策という社会的要請を受けている側面を重視し、地方環境研究機関としての役割を果たすよう努めて参りたいと思いますので、多くのみなさまのご教示やご意見をお願い申し上げます。

平成23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23年度予算（歳出見込）	3
7. 主要備品	4

II 業務概要

1. 平成22年度決算（歳出）	5
2. 学会・会議及び研修への参加（平成22年度）	5
3. 各担当業務概要	7
企画担当	7
大気担当	11
水質担当	13

III 調査研究報告

1. 一般廃棄物焼却灰中のPb低減対策	17
2. 安芸市内の河川におけるへい死魚調査事例（2010年度）	29
3. 大気移動測定車データから見た県域レベルでの光化学オキシダント濃度分布の推定	33
4. 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2）	45

IV 資 料

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（追加調査報告）	57
2. 木質ペレットボイラーにおける灰塊及びクリンカー生成の要因調査結果	61
3. 飛来性付着物の原因調査（異物解析技術を応用した苦情処理の一例）	69

V 所報投稿規定	77
----------	----

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

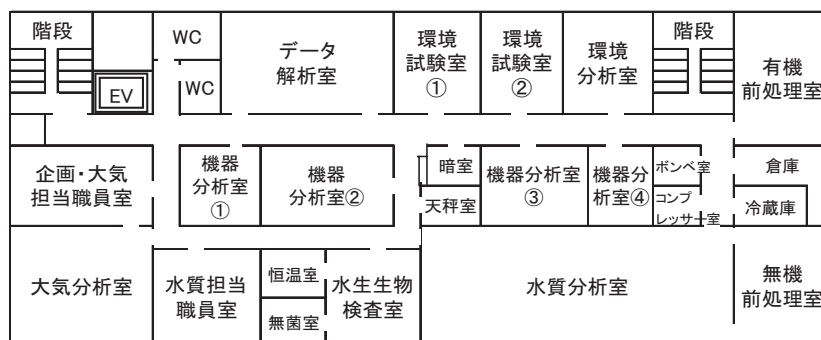
〒780-8010 高知市棧橋通6丁目7-43
 電話 088(833)6688 (総務事務室)
 6689 (企画・大気担当職員室)
 6690 (水質担当職員室)
 FAX 088(833)8311
 E-mail 030802@ken.pref.kochi.lg.jp
 敷地面積：2,187m² 建築面積：1,163m²
 規模構造：鉄筋コンクリート造5階建 4, 5階分 延床面積：1,239m²
 別棟(車庫, 倉庫)：124m²

(2) 配置図

< 4階 >

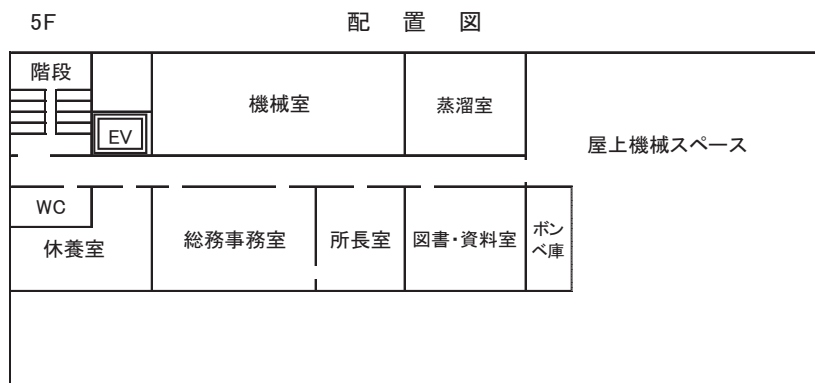
企画・大気担当職員室	34.8m ²	恒温室	10.0m ²	機器分析室④	15.9m ²
大気分析室	56.2	無菌室	10.0	暗室	5.6
データ解析室	51.5	水生生物検査室	30.0	天秤室	10.7
環境試験室①	31.0	有機前処理室	50.8	倉庫	28.8
環境試験室②	20.4	無機前処理室	52.4	冷蔵庫	6.0
環境分析室	34.7	機器分析室①	20.1	ポンベ室	3.4
水質担当職員室	31.8	機器分析室②	39.2	コンプレッサー室	3.8
水質分析室	133.5	機器分析室③	35.4		

4F 配置図

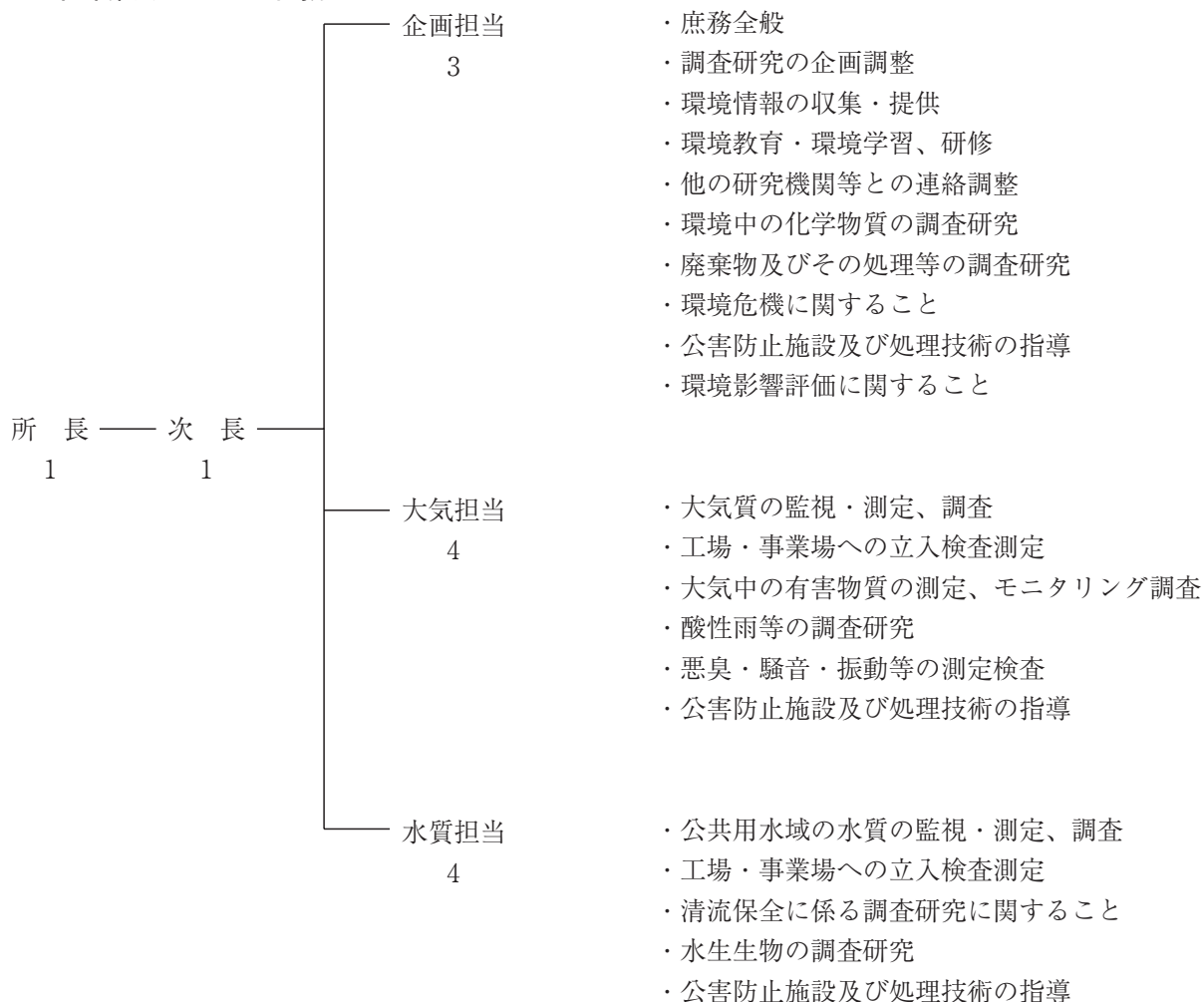


< 5 階 >

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23年4月1日現在

職名	氏名
所長	藤村茂夫
次長	山崎靖久
チーフ(企画担当)	山村貞雄
主任研究員	桑尾房子
主任	鍋島佐知
チーフ(大気担当)	西孝仁
主任研究員	佐藤祐二
主任研究員	武市佳子
研究員	富田健介
チーフ(水質担当)	樋口美和
主任研究員	西山泰彦
研究員	武市梨沙
専門員	山中律

5. 人事異動

(平成23年4月1日付)

(転出者・退職者)		
職名	氏名	転出先
チーフ(水質担当)	山中律	退職(再任用)
研究員	十川紘一	林業振興・環境部 環境対策課 技師
研究員	貞岡秀俊	中央東福祉保健所 技師
(転入者・新採者)		
職名	氏名	前所属
チーフ(水質担当)	樋口美和	安芸福祉保健所 衛生環境課チーフ (医事感染症担当)
研究員	武市梨沙	新採
専門員	山中律	再任用 (環境研究センター)

6. 平成23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		合計
報酬					
共済費					
報償費	18				18
旅費	1,250	157			1,407
需用費	24,696	967	265		25,928
役務費	344				344
委託料	24,707				24,707
使用料	42				42
工事請負費					
原材料費					
備品購入費					
負担金補助	90				90
公課費	90				90
計	51,237	1,124	265		52,626

* 変更の可能性有り (11月以降追加令達)

7. 主要備品

平成23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	DIONEX ICS-90 SRSシステム オート 2ch	1
高速液体クロマトグラフ	島津 LC-VP CLASS-LC10	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スキヤニング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-14APEE	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装置	HP 5973MSD	1
ガスクロマトグラフ質量分析装置	日電 JMS-K9	1
ガスクロマトグラフ質量分析装置	日本電子 Agilent7890A/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-AM II -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	パーキンエルマーAAnalyst 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-1	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WA-3	1
落射蛍光顕微鏡	日本光学 XF-EFD2	1
紫外可視分光光度計	日立 U-3010、島津UV-160A	2
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 TOC-VCPH	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型	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-72A	1
大気汚染測定データ管理システム	電気化学計器 ローカルコンバーターDNS-308	1
オキシダント自動校正装置	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・酸素自動計測器	アナテック・ヤナコ ECL-88A0 Lite	1
デジタル測風経緯儀(TD-3&TD-105)	タマヤ計測システム	2
レブコ超低温槽(超低温フリーザー)	ULT-1786-3型	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 swAAt	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 ECLIPSE 80i	1
ICP質量分析装置	Agilent 7500ce	1
全自動器具洗浄装置	SANYO MJW-9020	1

II 業 務 概 要

Ⅱ 平成22年度業務概要

1. 平成22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					
旅費	1,077	157			1,234
需用費	27,243	1,150	640		29,033
役務費	372				372
委託料	24,819				24,819
使用料	6,239				6,239
工事請負費					
備品購入費					
負担金補助	80				80
公課費	8				8
計	59,838	1,307	640		61,785

2. 学会・会議及び研修への参加（平成22年度）

期 間	用 務	開催地	出席者
学会等			
22. 9. 8～10	第51回大気環境学会年会	大阪府	西
22.11. 4～ 6	第21回廃棄物資源循環学会研究発表会	石川県	山村
22.11.15～16	第37回環境保全・公害防止研究発表会	埼玉県	富田
23. 1.26～27	第32回全国都市清掃研究・事例発表会	岡山県	十川
23. 2.16～17	第26回全国環境研究所交流シンポジウム	茨城県	富田
会議			
22. 5.13	平成22年度全国環境研協議会中国四国支部会議	香川県	山崎
22. 5.13～14	第64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22年度全国環境研協議会中国四国支部会議	香川県	藤村、山中

期 間	用 務	開催地	出席者
22. 5.13～14	C型共同研究（PM2.5と光化学オキシダント）平成22年度第1回全体研究会	茨城県	西
22. 5.27～28	C型研究「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」	神奈川県	西山
22. 7. 8	平成21年度環境測定分析統一制度管理調査結果説明会	岡山県	西山
22. 7.22	平成22年度環境放射線等モニタリング調査説明会	千葉県	西
22. 9.21～22	C型研究「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」第2回全体会合	愛知県	十川
22.10.28	平成22年度第1回全環研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会	東京都	武市
22.11.25～26	C型共同研究（PM2.5と光化学オキシダント）平成22年度研究グループ会議（合同開催）	東京都	西
22.12.10	平成22年度GEMS/Water国内担当者会議及びエコプロダクツ2010	東京都	山村
23. 1.13～14	平成22年度化学物質環境実態調査環境化学セミナー	東京都	貞岡
23. 1.17～18	平成22年度酸性雨広域大気汚染調査研究部会	茨城県	武市
23. 2. 1～ 2	第39回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	東京都	山崎
23. 2.10	平成22年度国設酸性雨・大気環境測定所担当者会議	東京都	西
23. 3.14～15	木文化プロジェクト平成22年度打合せ及び報告会	京都府	山中、富田
研修			
22. 4.12～16	平成22年度課題分析研修2	埼玉県	西山
22. 5.31 ～ 6. 1	平成22年度自治体酸性雨担当者講習会	新潟県	十川
22. 6. 1～ 4	平成22年度水環境研修	埼玉県	貞岡
22. 6.24 ～ 7. 9	平成22年度機器分析研修	埼玉県	十川
22. 7.15～16	平成22年度第1回音環境セミナー	東京都	西
22.10.20～22	平成22年度第2回音環境セミナー	大阪府	武市
23. 2.28 ～ 3.11	平成22年度大気分析研修	埼玉県	武市
23. 2. 8	平成22年度低周波音測定評価方法講習会	大阪府	十川

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民間企業や他の研究機関と連携した環境ビジネスの推進、④環境中化学物質の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22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親子かんきょう学習会等の環境学習の実施、③環境教育リーダー初心者研修会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、高知県の大气、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ている。

今年度は、測定分析データの更新と用語解説の追加をおこなった。

また、県民参加型の情報提供として、ブログ形式のページを開設した。

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22年度	9	5	4	10	11
平成21年度	8	0	3	4	15

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
鏡川水質調査	身近な河川の水質調査等を通じて、環境問題を考えるきっかけを作る。	8月7日	鏡川河川敷	11組31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した。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2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7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、第3回の実習に際しては、前回(第1次)研修会修了者のフォローアップ研修をかねて実施した。その概要は表4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
高知県の環境	将来、県を代表するアスリートとして活躍するであろう子供たちに、高知県の環境の特徴について、水環境を重点に講義した。	10月9日	高知県青少年体育館(いの町)	児童及び保護者26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
高須浄化センター見学(修了者のフォローアップ研修)	高須浄化センター見学講師実習準備	6月19日	高須浄化センター	10名
環境教育の目指すもの	環境教育の基本学習講師実習準備	7月24日	自由民権記念館研修室	5名
鏡川水質調査	環境学習の講師実習	8月7日	鏡川河川敷	5名

1-2 業務機能・研究成果の県民共有化

環境情報の発信に伴い、学校その他の団体から当センターの業務や研究についての問い合わせや、施設訪問の要望が寄せられ、22年度は①インターンシップの受け入れ、②施設見学、③環境学習出前授業、④調査研究成果等発表会を実施した。

- (1) インターンシップの受け入れ
高知工科大学の要請に応じ、学生をインターンシップとして受け入れた。その概要は表5のとおり。

表5 インターンシップの概要

	平成22年度	平成21年度
学生数	2名	2名
日数	3日	3日
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・酸性雨採取 ・廃棄物の分析 ・河川水の分析 	<ul style="list-style-type: none"> ・河川水採取 ・大気環境測定及びデータ解析 ・廃棄物の分析

(2) 施設見学及び研修

ホームページを見た学校や民間団体から、センターの施設見学や研修の希望があり、平成22年度は中学、高校各1校の希望に対応した。その概要は表6のとおり。

(3) 環境学習出前授業

施設見学を実施した学校から、併せて、より高度な水質問題に関する授業の要望があ

り、学校に訪問して授業を実施した。その概要は表7のとおり。

(4) 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8のとおり。

表6 施設見学の概要

団体名等	日時	人員等	概要
土佐塾中学校	2月7日	3年生43名 教員3名	・業務概要説明 ・検査室見学 ・水生生物による水質調査体験
南 高 校	3月14日	1年生24名 教員2名	・業務概要説明 ・検査室見学

表7 環境学習出前授業の概要

団体名等	日時	人員等	概要
土佐塾中学校	2月9日	3年生22名 教員1名	・水質検査の概要 ・BOD検査とCODバックテストの実習

表8 調査研究成果等発表会の概要

開催年月日	平成23年1月25日(火)
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32名
発表テーマ	・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 ・航空機騒音に関する並行測定の結果について ・押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について ・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 ・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 ・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

1-3 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を行った。

(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、鉛を低減するための発生源対策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。

1-4 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(POP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。その概要は表9のとおり。

表9 化学物質環境汚染実態調査の概要

事業名	平成22年度	平成21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

1-5 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10のとおり。

表10 行政依頼検査の概要

調査内容	調査項目	平成22年度		平成21年度	
		件数	検体	件数	検体
魚のへい死等(生物質, 水質)	農薬類	4	8	1	2
水質汚染物質測定	有害化学物質等	1	18	1	48
木質燃焼炭	Cr ⁶⁺ 等重金属類	0	0	1	1
埋立用シート保護砂の分析	成分組成及び溶出試験(金属, イオン成分等)	1	1	0	0

(2) 石綿(アスベスト)検査測定

県関係機関の依頼に基づく公共施設の吹付け材(建材)に関するアスベスト含有検査は、表11のとおり分析依頼はなかった。

表11 アスベストの検査測定状況

検査測定項目		平成22年度	平成21年度
含有検査	吹付け材	0件	19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12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、安芸市1回（4月、5月）、須崎市1回（6月、7月）、室戸市1回（2月、3月）の測定を実施した。

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

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	PM2.5	風向風速	日射放射収支量	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22年度		平成21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	30件	36件	36件
ベンゾ [a] ピレン	6件	5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	
	H22	H21	H22	H21	H22	H21
年 度	0	1	5	2	0	1
件 数	0	1	5	2	0	1
施設	焼成炉	0	1	1		0
	その他		1	4	1	1
不適合		0	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（国設梶原測定所）

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22年度	平成21年度
調査地点	梶原町太郎川	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
	気象	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 県単独酸性雨測定所の調査概要

事 項	調査地点	検 体 数	項 目	延項目数
平成22年度	香美市香北町永瀬	湿性降下物 26	pH等 13項目	338
		乾性降下物(FP) 26	Na, K等 17項目	442
		乾性降下物 (O-passive) 12	O ₃ , NO _x 等 4項目	48
平成21年度	同 上	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

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22年度	平成21年度
調査地点	春期5地点 秋期4地点	5地点
調査時期	春・秋期の年2回 (春期5地点, 秋期4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 59~66	年w値 56~67

*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22年度		平成21年度	
	件数	地点	件数	地点
大気	0件	0地点	0件	0地点
悪臭	0件	0検体	0件	0検体
騒音・振動	2件	4地点	2件	4地点
その他	0件	0検体	0件	0検体

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22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が7件であった。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22年度	平成21年度
立入事業場数	58	60
排水測定検体数	268	258
不適合事業場数	7	0

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22年度	平成21年度
		検体数	検体数
水質	生活環境項目	98	90
	健康項目	498	480
	特殊項目	0	0
	その他の項目	8	3
	要監視項目	630	630
地下水	健康項目	67	60
	その他の項目	0	0
	要監視項目	36	30
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、流域住民等の依頼検査に対応した。モニタリング調査結果は、表3のとおり。

- (1) モニタリング調査
調査地点と調査回数：12地点、年2回
(夏季1回、冬季1回)

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
全窒素・全りん依頼検査数：1件

表3 四万十川清流基準モニタリング調査

河川名	調査地点	清流度 (m)			水生生物 (水質階級)			T-N (mg/L)			T-P (mg/L)		
		基準値	夏季	冬季	基準値	夏季	冬季	基準値	夏季	冬季	基準値	夏季	冬季
四万十川	鍛冶屋瀬橋	7以上	5.6	7.0	1	4	1	0.3	0.33	0.29	0.01	0.012	0.005
	大正流観 橋	7以上	4.2	6.4	1	3	2	0.3	0.15	0.12	0.01	0.012	0.004
		6以上	4.2	10.1	1	2	1	0.3	0.12	0.15	0.01	0.012	0.002
	具同	5以上	2.9	7.9	1	2	1	0.3	0.12	0.14	0.01	0.004	0.001
仁井田川	根々崎橋	4以上	3.8	2.6	2	3	3	1.0	0.49	0.90	0.04	0.042	0.033
吉見川	吉見川橋	3以上	3.9	1.9	4	5	5	0.8	0.41	1.02	0.06	0.141	0.144
梶原川	田野々大橋	8以上	4.8	5.9	1	2	1	0.3	0.19	0.14	0.01	0.001	0.004
広見川	川崎橋	4以上	2.5	4.0	1	2	1	0.3	0.25	0.26	0.01	0.019	0.006
目黒川	津野川橋	10以上	6.8	18.0	1	2	1	0.3	0.31	0.14	0.01	0.001	0.001
黒尊川	黒尊川流入前	14以上	10.5	13.8	1	3	1	0.3	0.21	0.11	0.01	0.001	0.002
	後川橋	3以上	2.0	2.8				0.3	0.31	0.28	0.03	0.033	0.046
中筋川	秋田橋				1	4	1						
	坂本橋	2以上	0.9	2.4				0.5	0.59	1.46	0.05	0.081	0.082
	江ノ村大橋				3	4	5						

<補足調査>

黒尊川清流基準等調査

本年度も最上流域から下流域までの6地点で調査を行った。現在のところ昨年度とほぼ同様で大きな変化はなく、概ね清流度13m, TOC 0.30mg/L, 全窒素0.25mg/L, 全リン0.01mg/L, 水生生物種類数11, ASPT値7.9で清流が保たれている。

調査地点と調査回数：6地点，年4回

(春，夏，秋，冬)

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。本年度から「人の感覚に近い評価指標」を確立するために，これまでの調査項目に新たに水生生物を加えて調査を行った。

これまでの調査では，濁度やSSが夏にやや高い値を示したが，全体的に昨年の8月を除いた時期とほとんど同じであった。また水生生物は上流では春や冬に，下流では秋や冬に種類数が多くなった。

調査地点と調査回数：9地点，4回/年

(5月，7月，11月，2月)

調査項目：水生生物，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，昨年度から有機成分と無機成分に分別して評価する手法に取り組んでいる。本年度は光触媒処理による有機物分解処理を検討した。その結果，光触媒に酸化剤を加えることで有機物や緑藻等は数時間でほぼ分解され，粘土鉱物のカオリンやベントナイト，炭酸カルシウムや酸化鉄などにはほとんど影響を与えないことが明らかとなった。今後は実際の河川水を用いて濁りを評価するとともに他の利用法についても検討する予定である。

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，京都大学と共同で平成21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。付着藻類のクロロフィル量は地点、季節で大きく変化し $20.8\sim 0.33\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であった。季節ごとの変化を見ると8月は低く、1月は高かった。河川水クロロフィルは5月が高く、その他の時期は $1.0\mu\text{g}/\text{L}$ を超えることが少なかった。水生生物は種類数が4～14と昨年の調査とほとんど同じであったが、個体数にはかなりのばらつきがあった。なお、それぞれの調査項目において一定の傾向は認められなかった。

調査地点と調査回数：上流域6地点

4回/年

(5月、8月、11月、1月)

調査項目：気温、水温、pH、EC、
河川水クロロフィル、
付着藻類クロロフィル、
水生生物相

(2) 清流保全計画関連調査

清流保全計画の見直しと「人の感覚に近い評価指標」を確立するために、本年度は水生生物と清流度を中心に9地点で調査を行った。その結果、清流度は春～夏にかけて低下し、秋～冬にかけて上昇した。なお秋の値が冬の値よりも高い地点があるが、これは1月に降水量がほとんどなく、付着藻類の繁茂が影響しているのではないかと考えられた。水生生物については多くの地点でASPT値7.0以上であったが、種類数が少ない地点が多かった。T-Nについては大森、土居川、大崎の3地点の濃度が高い値を示すことが多かった。8月の調査ではSSの値が大きいが、この時期は河原での水遊び等もあり、これらの影響もあったものと思われる。

調査地点と調査回数：9地点（清流度、
水生生物は8地点）

4回/年

(6月、8月、11月、2月)

調査項目：気温、水温、pH、EC、T-N、T-P、
SS、透視度、濁度、
河川水クロロフィル、
水生生物相、清流度

3-6 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、土壌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で推移している。平成22年度の調査件数等は以下のとおり。

- ・調査井戸：212井戸（のべ2304井戸）
- ・分析項目：六価クロム（一部で全クロム）、その他
- ・これまでに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）

3-7 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22年度の調査件数は6件（平成21年度は11件）で、その概要は表4のとおり。

表 4 行政依頼検査実施状況

調査内容	調査項目	概要
鉄鋼スラグ埋設地の水質検査	重金属, フッ素等	5月, 6月, 3月実施 (平成21年度から継続)
排水口周辺に析出した無機物質の同定及び水質検査	析出物の成分組成, 水中のイオン成分等	析出物はアラゴナイト型炭酸カルシウム, 水からはマグネシウム, カルシウム等検出
公衆トイレの浄化槽処理水水質検査	pH, BOD, SS等	清掃前後3回実施, 清掃後処理水質改善
浄化槽排水の水質影響調査	BOD, TOC, T-N, T-P, 排水対策方法検討等	浄化槽の放流先の公共用水域への水質影響を軽減するため, 負荷量を減少させる対策を検討中 (平成21年度から継続)
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調査を実施 (平成21年度から継続)
地下水の六価クロム分析	六価クロム, pH, EC等	33検体, すべて基準値未満

3-8 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したもので, 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。

昨年度に続き, 高知県近海域の定点測定地点 (28地点) から代表的な5地点を重点的解析対象地点として選定し, 過去のデータを解析した。その結果, 昭和52年度から平成18年度の間については全ての地点で海水温が上昇傾向にあると考えられた。

Ⅲ 調查研究報告

1. 一般廃棄物焼却灰中のPb低減対策

山村貞雄・十川絃一*

The measure against Pb reduction in municipal solid waste incineration ashes

Sadao Yamamura・Kouichi Sogawa

【要旨】 一般廃棄物焼却施設から発生する焼却灰は埋立処分場逼迫の原因であるが、一方ではゼオライトの原料として有望な資材でもある。当センターでは焼却灰（主灰）のゼオライト化のネックとなっている焼却灰中のPb濃度を低減するため、県下5施設における焼却灰中Pbの季節変動、Pb混入の経路、灰への混入防止対策の調査検討をおこなった。

Key words：一般廃棄物，焼却灰，Pb，ゼオライト

1. 背景

一般廃棄物の多くは市町村等の運営する焼却施設において処理されており、その焼却量は県全体で年間約22万tとなっており、発生する焼却残渣は約5800t¹⁾となっている。(高知市の処理方法が変更になったため、2010年には1万t程度の増加が見込まれる。)

一方、県下の一般廃棄物最終処分場は残余容量が少なく、新たな建設も難しい状況にある。

高知県工業技術センターでは、2005年度から焼却灰（主灰）のゼオライト化に取り組んでおり、製造技術は既に実用化の段階にあったが、焼却灰中のPb濃度が高く、製品段階での目標である150mg/kgを達成できない状況であった²⁾。

このため、環境研究センターでは工業技術センターと協同でPb低減に取り組むこととし、工業技術センターはゼオライト製造段階でのPb低減対策をさらに進め、当センターではおもに、焼却灰中Pbの季節変動、Pb混入の経路、灰への混入防止対策の検討を行うこととした。

2. 調査方法

2.1 調査対象施設及び試料採取

焼却灰（主灰）の発生のある、県下5施設（表1）を調査の対象とした。高知市清掃工場は調査開始当時灰の熔融処理を行っていたため対象外とした。

採取は2009年11月から2010年11月までの奇数月に行い、炉床から排出され、水冷された直後の主灰をサンプルとした。

また、2010年12月に年末の大掃除ごみの状況を調査するため、年末最後の焼却灰をサンプリングした。

2.2 聞き取り調査

施設の状況や収集の状況を調べるため、聞き取り調査を実施した。

2.3 分析検査

2.3.1 熱灼減量

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、試料を600±25℃で3時間加熱した時の減量分とした。

2.3.2 主要成分含有量

灰の主な成分の分析は蛍光X線（JEOL製JSX-3220）により行った。

* 現環境対策課

2. 3. 3 微量成分含有量

微量成分の含有量は、サンプルに硝酸及びフッ酸を加え、マルチウェーブサンプル分解装置により前処理をしたものを、ICP-MS装置（Agilent製 ICP-MS 7500ce）により分析した。

3. 結果及び考察

3. 1 施設及び収集状況

3. 1. 1 施設

施設の状況及び収集・処理の状況を表1及び表2に示す。

対象とした5施設のうち3施設は中規模の連続炉、他の2施設は小規模のバッチ炉であり、焼却方法はすべてストーカー方式である。

焼却炉は施設イは一基でその他は二基である。

完全休止を行うことが難しい施設イでは、全面改修工事が行われておらず、主灰の量が多い一因と考えられる。

3. 1. 2 収集・分別等

施設ウと施設オでは持込ごみの割合が大きくなっている。

収集ごみに比べ、持込ごみは混入物の確認が難しく、灰の性状悪化の要因と考えられる。

粗大ごみは、施設アを除く4施設で、破碎後に破碎された物の大きさ等で分別し一部を焼却している。破碎後に一定の大きさ以上の物は可燃物という考え方であり、家電製品の基板等が混入する可能性が指摘されている³⁾⁴⁾。

施設イは当初から、施設オは2007年度末から家電製品は手選別により分別し、すべてリサイクルに回す対策を取っている。

鈴木ら⁵⁾によって、焼却灰中の鉛の変動には自動車用鉛蓄電池が大きく寄与していることが報告されている。そのため、各市町村等のごみ収集制度における蓄電池の扱いについて聞き取りをした。

施設エでは、焼却場に持込のあった廃蓄電池を受け付け、一定量が溜まったところでリサイクル業者に出している。その他の施設では受入はしておらず、販売店又はリサイクル業者に持ち込むよう指導しているが、HPやパンフレット、広報誌などでの積極的な業者の紹介は行っていない。

持込ごみのチェックについては、投入時に立会

表1 焼却施設の概要

施設	竣工	焼却方法	種別	焼却能力 (t/日)	粗大ごみ処理能力 (t/日)	収集量(t/月)		持込量(t/月)		排ガス処理	助剤
						可燃	不燃	可燃	不燃		
ア	H4.2.28	ストーカー	連続	160		2035		104		電気集塵機	消石灰
イ	H8.3.20	ストーカー	バッチ	17.5	6	206	31	48	6.4	バグフィルター	消石灰
ウ	H5.9.30	ストーカー	連続	120	10	431	35	206	3.6	バグフィルター	消石灰
エ	H10.3.31	ストーカー	連続	120	10	1173		264		バグフィルター	消+活
オ	H15.2.28	ストーカー	バッチ	25	(6)	297	4.4	125.2	0.9	バグフィルター	消+活

表2 収集及び処理の状況

施設	家電製品処理	バッテリー収集	バッテリー処理の指導	持込ごみの検査	主灰発生量 (t/月)	主灰発生率 (%)
ア	なし	なし	リサイクルを推奨	初回時に立会	210	9.82
イ	手選別	なし	販売店に引取	投入時立会	30	11.81
ウ	破碎分別一部焼却	なし	販売店に引取	投入時立会	58.3	9.15
エ	破碎分別一部焼却	持込受付	廃棄物処理業者	口頭で確認	112	7.79
オ	手選別	なし	販売店に引取	投入時立会	26.6	6.30

をする施設が多いが、抜き打ちでの展開調査などは実施していない。

鉛蓄電池などの混入の可能性については、全施設で、「ごみに混ぜて投入されればわからない」との回答であった。

3. 2 焼却灰の分析結果

3. 2. 1 主要成分含有量

2009年11月に採取した焼却灰の主要成分含有量を表3に示す。

成分の構成は概ね同様の傾向を示しており、CaO, SiO₂, Al₂O₃が特に多くこの3成分で全体の約75%を占めている。施設間での大きな差は見られないが、施設アのCuOが低い値を示し、施設イのPbOおよび施設ウのZnOが高い値を示している。

3. 2. 2 微量成分含有量

微量成分含有量を表4及び表7-1-1以下に示す。

なお、これらの表では定量下限値以下の値を統計処理の都合上0として示している。

3. 2. 2. 1 Pb

Pbは初回（2009年11月）の値が各施設とも高く、そのあと減少し、安定した値を示している。

特に、施設イと施設ウでは初回の濃度が大変高い値を示している。

一般廃棄物焼却施設の焼却灰中のPb濃度については、値が大きく変化することが知られている。鈴木ら⁵⁾は22回の測定の内、大部分は1000mg/kg前後であるが、5000mg/kgを超える値を2回測定していると報告している。この報告でのPbの平均値は1694mg/kgである。

また、本県でも、2430mg/kgの値が報告されている²⁾。

これらから、初回時の施設イの値は先行文献に比べて高い値となっているが、施設ウの値は通常

範囲内にあると言える。

一方、第2回以降は、年末の大掃除ごみの影響を受ける12月を除き、高くても700mg/kg程度の値にとどまっており、平均は349mg/kgとなっている。

各施設ごとのPb含有量の変化は表5のとおりであり、変動の大きな3施設では中央値と最大値の差は1000mg/kgを超えている。測定値がサンプリングした日の平均的な濃度であると仮定すると、各施設において、大きく変動した日に必要なPbの量（中央値に追加して）は、それぞれ表5のとおりとなる。

Pbの利用状況は³⁾、

- 1) 鉛蓄電池（自動車用、産業用、民生用）：90.0%
 - 2) 無機薬品（ガラス製品、塩化ビニル安定剤、塗料）：4.0%
 - 3) 鉛管板・はんだ（板金用、配線用）：3.7%
 - 4) その他（おもり、放射線防護）：2.3%
- となっている。

これらの中で、ごみに一度に5～8kgも混入してPb濃度を押し上げるものは、鉛蓄電池と一部のガラス製品が考えられる。ガラスは対象となったすべての施設で分別収集しており、可燃ごみに混入する可能性は低いものと考えられる。一方、鉛蓄電池は分別収集しておらず、一施設で持込を受付しているのみである。

また、塩化ビニルの中には数%程度のPbを含有するものがある。一般の家庭ごみでは数十kg単位の廃棄は考えにくいだが、パイプや建材が一度に排出された場合は、Pb濃度に影響を及ぼす可能性がある。

なお、農業ハウス用塩化ビニルにはPb含有安定剤は使用されていない。

（塩ビ工業・環境協会電話聞き取り調査）

表3 焼却灰中の主要成分

施設	wt(%)																
	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	SO3	Cl	K2O	CaO	TiO2	V2O5	Cr2O3	MnO	Fe2O3	CuO	ZnO	PbO
ア	4.97	2.08	15.39	21.40	4.92	1.07	2.14	1.80	39.89	1.88	0.02	0.12	0.16	3.73	0.09	0.34	
イ	5.56	2.53	11.95	26.54	4.29	1.26	3.25	2.17	33.66	2.41	0.05		0.17	4.32	0.39	0.73	0.72
ウ	5.22	2.40	11.75	28.44	3.92	1.70	2.48	1.97	33.49	1.85	0.03	0.10	0.17	4.72	0.17	1.59	
エ	4.96	2.58	13.49	24.16	4.77	2.09	2.25	2.00	36.56	1.89	0.02	0.10	0.15	4.01	0.45	0.50	

表4 一般廃棄物焼却灰中の微量成分

		mg/kg													
採取月	施設	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb		
H 2 1 年度	11月11日	ア	3046	237	568	12036	40	431	1383	0	0	0	66	769	
	11月11日	イ	3908	128	624	12858	50	3600	2293	2	0	0	141	5478	
	11月17日	ウ	2698	146	644	15085	98	1481	16641	1	0	0	104	1709	
	11月17日	エ	3142	139	599	13703	87	4152	1979	2	0	70	120	573	
		オ													
	1月12日	ア	2149	229	649	40057	80	2432	2338	2	0	14	47	248	
	1月12日	イ	2009	183	1166	26902	46	1693	3787	2	0	24	99	482	
	1月13日	ウ	2251	200	500	31260	80	1257	2123	4	0	0	76	438	
	1月13日	エ	2015	145	618	23420	60	981	1611	4	0	18	95	291	
		オ													
	3月29日	ア	1668	167	867	27580	51	2333	2492	1	8	2	56	199	
	3月29日	イ	1346	141	815	22746	109	542	3785	1	6	3	85	278	
	3月29日	ウ	2308	173	611	35976	76	2206	2511	2	8	1	73	212	
	3月30日	エ	3224	79	566	19843	53	300	1705	2	6	2	59	271	
	3月30日	オ	1948	141	480	20358	91	1581	3317	5	5	12	79	439	
H 2 2 年度	5月20日	ア	2946	177	389	11088	61	770	9580	5	0	0	43	319	
	5月20日	イ	2526	263	304	12940	42	992	0	5	0	0	158	359	
	5月20日	ウ	3727	197	470	24268	281	1742	4052	4	0	0	99	391	
	5月18日	エ	3160	101	471	17608	0	879	1960	6	0	0	73	583	
	5月18日	オ	3177	183	381	20128	36	1048	397	12	0	0	65	572	
	7月14日	ア	2533	155	427	30300	167	579	2558	4	0	0	38	108	
	7月14日	イ	1988	183	304	10928	2543	729	818	3	16	0	88	236	
	7月14日	ウ	2550	155	249	9800	175	912	3250	4	32	0	92	246	
	7月15日	エ	3928	178	317	11356	0	368	1634	10	4	0	57	242	
	7月15日	オ	2917	221	357	17372	12	1695	8928	6	13	0	52	557	
	9月8日	ア	604	133	592	10715	52	1270	17617	1	3	3	50	470	
	9月8日	イ	544	119	307	7331	50	1028	86	0	0	0	52	251	
	9月8日	ウ	990	101	832	9683	50	1039	3079	0	0	4	162	596	
	9月7日	エ	392	113	463	9735	33	325	1257	2	0	2	83	378	
	9月7日	オ	870	260	402	13999	190	721	430	4	11	1	40	261	
	11月18日	ア	1373	172	298	24340	34	92	0	0	0	0	38	321	
	11月18日	イ	1374	136	743	22904	946	1183	2626	0	0	29	50	135	
	11月18日	ウ	1258	387	537	32248	227	1725	1634	0	0	0	132	673	
	11月17日	エ	1323	87	332	35128	0	0	0	0	0	0	33	71	
	11月17日	オ	1434	1451	447	28932	102	1670	3029	0	0	0	58	489	
	12月30日	ア	1698	320	817	37368	75	1469	0	0	0	0	71	1471	
	12月29日	イ	1968	288	547	58560	0	15	0	0	0	0	82	178	
	12月30日	ウ	1867	203	424	46760	0	4940	6064	0	0	4	153	1207	
	12月30日	エ	1578	91	335	23040	2370	237	0	0	0	31	55	49	
12月30日	オ	1809	256	675	31744	0	606	0	0	0	0	64	219		

相関係数

	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
B	1.000											
Cr	-0.119	1.000										
Mn	-0.126	-0.050	1.000									
Fe	-0.104	0.214	0.221	1.000								
Ni	-0.113	-0.075	-0.206	-0.124	1.000							
Cu	0.208	0.081	0.238	0.167	-0.167	1.000						
Zn	0.035	-0.047	0.124	-0.215	-0.149	0.208	1.000					
As	0.582	-0.159	-0.359	-0.329	-0.125	-0.075	0.023	1.000				
Se	0.065	-0.075	-0.291	-0.294	0.188	-0.087	0.018	0.229	1.000			
Cd	0.023	-0.140	0.259	-0.051	0.233	0.363	-0.072	-0.132	-0.176	1.000		
Sb	0.143	-0.049	0.201	-0.053	-0.069	0.504	0.023	-0.078	-0.005	0.121	1.000	
Pb	0.339	-0.018	0.162	-0.113	-0.138	0.479	0.142	-0.042	-0.159	-0.099	0.431	1.000

有意差検定(独立変数である可能性:両側)

	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
B												
Cr	47.533%											
Mn	45.208%	76.470%										
Fe	53.458%	19.714%	18.272%									
Ni	49.927%	65.286%	21.450%	45.860%								
Cu	20.960%	62.832%	15.007%	31.492%	31.606%							
Zn	83.696%	77.973%	45.833%	19.455%	37.342%	21.006%						
As	0.013%	34.161%	2.692%	4.355%	45.623%	65.592%	89.187%					
Se	69.860%	65.401%	7.590%	7.322%	25.784%	60.402%	91.251%	16.684%				
Cd	88.973%	40.251%	11.683%	75.972%	15.974%	2.529%	66.942%	43.121%	28.925%			
Sb	39.209%	76.868%	22.634%	75.210%	68.056%	0.126%	89.020%	64.223%	97.533%	47.060%		
Pb	3.736%	91.375%	33.128%	50.091%	40.810%	0.237%	39.578%	80.163%	34.145%	55.292%	0.693%	

表5 灰中のPb含有量及び変動に必要なPbの量

施設	H21年度			H22年度					中央値	最大値との差 (mg/kg)	灰発生量 (t/日)	Pb 必要量 (kg)
	11月	1月	3月	5月	7月	9月	11月	12月				
ア	769	248	199	319	108	470	321	1471	320	1151	7.5	8.63
イ	5478	482	278	359	238	251	135	178	264	5214	1.4	7.11
ウ	1709	438	212	391	246	596	673	1207	517	1192	4.1	4.86
エ	573	291	271	583	242	378	71	49	281	302	5.1	1.54
オ			439	572	557	261	489	219	464	108	1.2	0.13

3. 2. 2. 2 Pbと他の微量成分との相関

Pbは相関係数は低いもののSb及びCuと1%有意な相関関係にある(表4)。

Sbは鉛蓄電池の電極に使用されているが、近年Sbを含まない製品が増えてきている。また、使用量全体から見た場合、電極での使用は約7%⁶⁾で、難燃助剤や塗料・顔料などが多くを占めている。

後者は一度に大量に投入されるといった極端な変動はないと考えられるが、小規模な施設では影響が大きい可能性もある。

PbとSbは施設別に見ると、施設ア、施設エなど規模の大きな施設で強い相関が見られる。

Cuは多様な電気機械製品に含まれている。Pbとの関連では基板回路などが疑われるが、データからは明確な関係は見いだせなかった。

3. 2. 3 各施設の検討

3. 2. 3. 1 施設ア(表7-1-1, -2, -3)

Pb濃度は200~300mg/kg程度が多い。焼却量が比較的多く、これは2kg程度のPbが入っていることを意味する。

Pbの大きな値としては、1471mg/kgと769mg/kgがある。1471mg/kgは中央値に比べて1151mg/kg多くこの差は約8.6kgのPbに相当し、ほぼ自動車用蓄電池1個のPbにあたる。

また、769mg/kgは中央値に比べて449mg/kg多く、これは約3.3kgのPbに相当する。

既に述べたように、蓄電池以外で大量の鉛を含む物としては一部のガラス製品がある。ガラスは用途によって、数%~30%程度の鉛を含む物があ

表6 バッテリーのPb含有量

製 品	自動車用 バッテリー	二輪車用 バッテリー	家庭用 シール電池
重 量	8.5kg	1.3kg	0.5kg

文献5) から作成

り、クリスタルガラスなど高級な物ほど多く鉛を含む傾向がある。このような物が10~30kg程度投入されれば769mg/kg程度の濃度となるが、この施設ではガラスは分別収集されており、これほどの重量物を可燃物に混入させることは考えにくい。電子基板に含まれるPbはノートパソコン1台あたり5g程度⁴⁾、また、塗料や塩じなどの場合も大量に投入することが必要となり現実的でない。

なお、古い電気製品では内蔵のシール型鉛蓄電池の可能性があるが、施設アでは不燃物の破碎施設が併設されておらず、可燃ごみへ混入された場合のみ影響を受ける。

他の微量成分との関係については、Pb-Sb, Pb-Crについて、有意な相関を示している。Sbについては既に述べたように、鉛蓄電池の電極に使用されており、その影響が考えられるが、Sbの使用量は難燃助剤などへ利用が大半を占めており、断定するにはさらなる調査が必要である。

Crは用途の大半がステンレスであるが、その他に顔料、メッキ原料、耐火物などがある。Pbとの関係では、ペンキなどに使われるPb系黄色顔料の一部にCrが使用されている。ペンキの動向についても今後検討の必要がある。

表7-1-1 施設アにおける焼却灰中の微量成分

採取月	施設	mg/kg											
		B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
11月11日	ア	3046	237	568	12036	40	431	1383	0	0	0	66	769
1月12日	ア	2149	229	649	40057	80	2432	2338	2	0	14	47	248
3月29日	ア	1668	167	867	27580	51	2333	2492	1	8	2	56	199
5月20日	ア	2946	177	389	11088	61	770	9580	5	0	0	43	319
7月14日	ア	2533	155	427	30300	167	579	2558	4	0	0	38	108
9月8日	ア	604	133	592	10715	52	1270	17617	1	3	3	50	470
11月18日	ア	1373	172	298	24340	34	92	0	0	0	0	38	321
12月30日	ア	1698	320	817	37368	75	1469	0	0	0	0	71	1471

表7-1-2 施設アにおける相関係数

	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
B	1.000											
Cr	0.239	1.000										
Mn	-0.231	0.458	1.000									
Fe	-0.085	0.483	0.403	1.000								
Ni	0.270	-0.083	-0.109	0.417	1.000							
Cu	-0.241	0.181	0.797	0.517	-0.012	1.000						
Zn	-0.374	-0.557	-0.117	-0.632	-0.118	0.031	1.000					
As	0.438	-0.432	-0.359	-0.120	0.570	0.004	0.338	1.000				
Se	-0.383	-0.356	0.591	-0.035	-0.241	0.552	0.152	-0.114	1.000			
Cd	-0.114	0.071	0.254	0.466	0.027	0.700	0.036	0.067	0.007	1.000		
Sb	0.043	0.740	0.744	0.062	-0.329	0.282	-0.194	-0.578	0.149	-0.113	1.000	
Pb	-0.067	0.838	0.427	0.132	-0.221	-0.031	-0.200	-0.558	-0.266	-0.270	0.823	1.000

表7-1-3 施設アにおける有意差検定 (独立変数である可能性：両側)

	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
B												
Cr	56.93%											
Mn	58.23%	25.42%										
Fe	84.06%	22.53%	32.18%									
Ni	51.83%	84.58%	79.63%	30.37%								
Cu	56.47%	66.84%	1.78%	18.97%	97.73%							
Zn	36.15%	15.15%	78.22%	9.30%	78.10%	94.10%						
As	27.73%	28.51%	38.21%	77.71%	14.03%	99.26%	41.27%					
Se	34.85%	38.63%	12.26%	93.37%	56.61%	15.60%	71.88%	78.86%				
Cd	78.89%	86.77%	54.31%	24.42%	94.98%	5.30%	93.18%	87.52%	98.76%			
Sb	91.97%	3.57%	3.43%	88.37%	42.67%	49.84%	64.55%	13.34%	72.49%	79.01%		
Pb	87.44%	0.95%	29.19%	75.55%	59.91%	94.25%	63.43%	15.03%	52.37%	51.79%	1.20%	

3. 2. 3. 2 施設イ (表7-2-1, -2, -3)

Pb濃度は200mg/kg前後の概ね低い値で推移しているが、初回に5478mg/kgという大変高い値を示した。この値は、中央値 (表5) より5214mg/kg高い値となっており、これは約7kgのPbに相当し、ほぼ自動車用蓄電池1個のPbにあたる。

他の原因として考えられるガラス製品で、7kgものPbを供給するためには、50kg程度のガラスが必要であるが、十分な分別が行われているこの施設では、これほどの重量物を可燃物に混入させることは考えにくい。

また、電子基板や古い電気製品などの内蔵シール型鉛蓄電池の可能性については、施設イでは可燃物や粗大ごみを場内で手分別し、電気製品等の

解体も実施しており、粗大ごみなどからの混入は考えにくい。

さらに、塗料や塩じなどの場合も100kgを超える量を投入することが必要となり現実的でない。

Pbと他の微量成分との関係では、Pb-Cuの相関が高くなっているが、分布図を確認した結果、関連性は見いだされなかった。

その他ではZn-Mnで強い相関が見られた。ZnとMnはともに乾電池で使用されているが、ここではZnの濃度変化がMnに比べて大変大きいので、他の要因が関係していると思われる。Znはメッキをはじめとした電気機器、電子部品や塗料、タイヤ、乾電池などが主な用途で、多量に焼却される可能性としては塗料やタイヤなどが考えられる。

表7-2-1 施設イにおける焼却灰中の微量成分

採取月	施設	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
11月11日	イ	3908	128	624	12858	50	3600	2293	2	0	0	141	5478
1月12日	イ	2009	183	1166	26902	46	1693	3787	2	0	24	99	482
3月29日	イ	1346	141	815	22746	109	542	3785	1	6	3	85	278
5月20日	イ	2526	263	304	12940	42	992	0	5	8	0	158	359
7月14日	イ	1988	183	304	10928	2543	729	818	3	16	0	88	238
9月8日	イ	544	119	307	7331	50	1028	86	0	0	0	52	251
11月18日	イ	1374	136	743	22904	946	1183	2626	0	0	29	50	135
12月29日	イ	1968	288	547	58560	0	15	0	0	0	0	82	178

表7-2-2 施設イにおける相関係数

	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
B	1.000											
Cr	0.188	1.000										
Mn	0.046	-0.201	1.000									
Fe	-0.026	0.616	0.320	1.000								
Ni	-0.079	-0.102	-0.314	-0.276	1.000							
Cu	0.699	-0.485	0.220	-0.436	-0.185	1.000						
Zn	0.063	-0.508	0.880	-0.033	-0.104	0.332	1.000					
As	0.592	0.328	-0.310	-0.444	0.162	0.257	-0.191	1.000				
Se	0.028	0.176	-0.457	-0.358	0.736	-0.316	-0.200	0.591	1.000			
Cd	-0.211	-0.245	0.704	0.108	0.030	0.088	0.601	-0.324	-0.387	1.000		
Sb	0.824	0.375	-0.105	-0.182	-0.230	0.460	-0.083	0.869	0.222	-0.367	1.000	
Pb	0.809	-0.325	0.054	-0.236	-0.210	0.906	0.170	0.225	-0.257	-0.227	0.520	1.000

表7-2-3 施設イにおける有意差検定 (独立変数である可能性: 両側)

	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
B												
Cr	65.57%											
Mn	91.42%	63.39%										
Fe	95.12%	10.39%	43.98%									
Ni	85.17%	81.05%	44.88%	50.85%								
Cu	5.36%	22.28%	60.04%	27.99%	66.08%							
Zn	88.21%	19.92%	0.39%	93.91%	80.72%	42.21%						
As	12.22%	42.80%	45.45%	27.02%	70.08%	53.93%	65.09%					
Se	94.71%	67.67%	25.44%	38.43%	3.72%	44.65%	63.42%	12.27%				
Cd	61.67%	55.91%	5.13%	79.92%	94.29%	83.49%	11.53%	43.30%	34.42%			
Sb	1.19%	36.06%	80.49%	66.57%	58.30%	25.12%	84.52%	0.51%	59.69%	37.16%		
Pb	1.51%	43.25%	89.83%	57.37%	61.83%	0.20%	68.72%	59.17%	53.81%	58.93%	18.68%	

3. 2. 3. 3 施設ウ (表7-3-1, -2, -3)

Pb濃度の中央値は(表5) 5施設で最も高く517 mg/kgとなっている。また、初回と最後に1000mg/kgを超える値を示すなど変動も大きい。中央値と最高値の差は1192mg/kgであり、これは約5kgのPbに相当し、小型の蓄電池1個程度のPbにあたる。

この報告では、Pb濃度の通常値として中央値を用いているが、表5のとおり、施設ウでは低い値でもばらつきが大きく、複数の原因が複合的に作用してPb濃度を押し上げている可能性がある。

他の原因として考えられるガラス製品で、5kgものPbを供給するためには、30kg程度のガラスが必要であるが、この施設ではガラスは分別収集されており、可燃物に混入させることは考えにくい。

同様に、電子基板や塗料、塩ビなどの場合も大量を投入することが必要となり、1000mg/kgを超える値を説明するのは困難である。

この施設では、粗大・不燃ごみを破碎し、細かく粉碎されなかった物を可燃ごみとして焼却している。基板に含まれる鉛の他、古い電気製品には、一部にシール型鉛バッテリーを内蔵している物があり、これらは可燃物のラインに入ってしまう可能性がある。塗料や塩ビ、電気基板は大きな変動を説明するのは難しいが、小さな変動の原因となっている可能性は大きい。

他の微量成分との関係については、Pb-Znが有意な相関を示しているが分布図ではあまり明確な関連ではない。Znはメッキをはじめとした電気機器、電子部品や塗料、タイヤ、乾電池などが主な用途で、Pbとは電機部品や塗料の関係が考えられる。なお、乾電池にも一部Pbが含まれているが、Mnの変動を考えれば、Pb-Znの相関が電池由来とは考えられない。

表7-3-1 施設ウにおける焼却灰中の微量成分

採取月	施設	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
11月17日	ウ	2698	146	644	15085	98	1481	16641	1	0	0	104	1709
1月13日	ウ	2251	200	500	31260	80	1257	2123	4	0	0	76	438
3月29日	ウ	2308	173	611	35976	76	2206	2511	2	8	1	73	212
5月20日	ウ	3727	197	470	24268	281	1742	4052	4	0	0	99	391
7月14日	ウ	2550	155	249	9800	175	912	3250	4	32	0	92	246
9月8日	ウ	990	101	832	9683	50	1039	3079	0	0	4	162	596
11月18日	ウ	1258	387	537	32248	227	1725	1634	0	0	0	132	673
12月30日	ウ	1867	203	424	46760	0	4940	6064	0	0	4	153	1207

表7-3-2 施設ウにおける相関係数

	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
B	1.000											
Cr	-0.212	1.000										
Mn	-0.448	-0.237	1.000									
Fe	-0.068	0.490	-0.189	1.000								
Ni	0.472	0.463	-0.329	-0.252	1.000							
Cu	-0.077	0.157	-0.195	0.800	-0.442	1.000						
Zn	0.285	-0.315	0.178	-0.228	-0.191	0.080	1.000					
As	0.754	-0.247	-0.506	-0.236	0.418	-0.446	-0.168	1.000				
Se	0.174	-0.220	-0.629	-0.406	0.171	-0.292	-0.186	0.436	1.000			
Cd	-0.584	-0.364	0.430	0.107	-0.669	0.469	-0.089	-0.628	-0.262	1.000		
Sb	-0.632	0.067	0.348	0.007	-0.271	0.378	0.032	-0.804	-0.343	0.790	1.000	
Pb	-0.067	-0.045	0.233	0.054	-0.347	0.368	0.871	-0.525	-0.432	0.179	0.396	1.000

表7-3-3 施設ウにおける有意差検定 (独立変数である可能性: 両側)

	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
B												
Cr	61.41%											
Mn	26.53%	57.12%										
Fe	87.33%	21.80%	65.34%									
Ni	23.71%	24.84%	42.57%	54.79%								
Cu	85.58%	71.10%	64.44%	1.71%	27.28%							
Zn	49.33%	44.73%	67.35%	58.75%	65.08%	85.03%						
As	3.08%	55.59%	20.10%	57.38%	30.33%	26.79%	69.03%					
Se	68.02%	60.09%	9.45%	31.87%	68.64%	48.29%	65.98%	28.01%				
Cd	12.84%	37.54%	28.81%	80.05%	6.96%	24.09%	83.44%	9.55%	53.06%			
Sb	9.24%	87.49%	39.83%	98.74%	51.68%	35.61%	93.96%	1.61%	40.49%	1.96%		
Pb	87.42%	91.59%	57.95%	89.82%	39.92%	37.00%	0.49%	18.18%	28.56%	67.10%	33.18%	

3. 2. 3. 4 施設工 (表7-4-1, -2, -3)

Pb濃度は比較的低い濃度で安定して推移しているが、2010年11月、12月と突然低い値を示している。これらは、期間内の全施設で最も低い値であり、原因について施設管理者に問い合わせたが特に変更した事柄はないとのことであった。

この施設は、持込の蓄電池について別途受付けており、自動車用蓄電池等が可燃物に混入されることはほとんどないと考えられ、これが低濃度で安定したPb濃度の要因であると思われる。

Pb濃度の変動は少ない施設であるが、中央値(表5)より300mg/kg程度高濃度の値が見られる。これは約1.5kgのPbに相当する。

既に述べたように、ガラス製品や塗料、塩びなどでは大量に投入することが必要となり、十分な

分別収集を行っているこの施設では現実的ではない。

一方、粗大・不燃ごみについては施設ウと同様に、破碎・選別の後、細かく粉碎されなかった物を可燃ごみとして焼却している。基板に含まれる鉛の他、シール型鉛蓄電池を内蔵している物ではこれらが可燃物のラインに入ってしまう可能性がある。

他の微量成分との関係については、Pb-Znが有意な相関を示している。Znはメッキをはじめとした電気機器、電子部品や塗料、タイヤ、乾電池などが主な用途で、Pbとは電機部品や塗料の関係が考えられる。なお、乾電池にも一部Pbが含まれているが、Mnの変動を考えれば、Pb-Znの相関が電池由来とは考えられない。

表7-4-1 施設工における焼却灰中の微量成分

採取月	施設	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
11月17日	工	3142	139	599	13703	87	4152	1979	2	0	70	120	573
1月13日	工	2015	145	618	23420	60	981	1611	4	0	18	95	291
3月30日	工	3224	79	566	19843	53	300	1705	2	6	2	59	271
5月18日	工	3160	101	471	17608	0	879	1960	6	0	0	73	583
7月15日	工	3928	178	317	11356	0	368	1634	10	4	0	57	242
9月7日	工	392	113	463	9735	33	325	1257	2	0	2	83	378
11月17日	工	1323	87	332	35128	0	0	0	0	0	0	33	71
12月30日	工	1578	91	335	23040	2370	237	0	0	0	31	55	49

表7-4-2 施設工における相関係数

	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
B	1.000											
Cr	0.404	1.000										
Mn	0.149	0.055	1.000									
Fe	-0.285	-0.520	-0.206	1.000								
Ni	-0.256	-0.301	-0.383	0.180	1.000							
Cu	0.327	0.339	0.573	-0.324	-0.172	1.000						
Zn	0.623	0.467	0.671	-0.666	-0.615	0.500	1.000					
As	0.657	0.728	-0.117	-0.553	-0.409	-0.017	0.604	1.000				
Se	0.592	0.070	-0.005	-0.218	-0.216	-0.259	0.303	0.360	1.000			
Cd	0.110	0.193	0.398	-0.150	0.289	0.873	0.120	-0.304	-0.347	1.000		
Sb	0.126	0.436	0.771	-0.546	-0.225	0.834	0.665	0.084	-0.306	0.690	1.000	
Pb	0.361	0.250	0.607	-0.603	-0.509	0.664	0.843	0.361	-0.146	0.297	0.753	1.000

表7-4-3 施設工における有意差検定 (独立変数である可能性：両側)

	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
B												
Cr	32.06%											
Mn	72.51%	89.67%										
Fe	49.43%	18.64%	62.44%									
Ni	53.98%	46.89%	34.85%	67.05%								
Cu	42.90%	41.14%	13.79%	43.35%	68.36%							
Zn	9.91%	24.32%	6.85%	7.15%	10.43%	20.71%						
As	7.70%	4.06%	78.32%	15.55%	31.48%	96.90%	11.27%					
Se	12.23%	86.83%	99.12%	60.47%	60.74%	53.60%	46.49%	38.06%				
Cd	79.45%	64.77%	32.90%	72.29%	48.69%	0.46%	77.64%	46.46%	40.01%			
Sb	76.57%	28.08%	2.50%	16.14%	59.20%	1.01%	7.20%	84.38%	46.12%	5.85%		
Pb	37.96%	55.08%	11.05%	11.38%	19.80%	7.27%	0.86%	38.02%	72.98%	47.55%	3.09%	

3. 2. 3. 5 施設オ (表7-5-1, -2, -3)

Pb濃度は200~600mg/kgで、他の施設に比べサンプル数は少ないものの、濃度は低く最も安定している。しかし、2005年の工業技術センターの測定では2000mg/kgを超える値が報告されており²⁾、何らかの原因で濃度が低下したものと考えられる。

聞き取り調査によれば、2007年度末から家電製品について場内で別途に分別しており、これによる効果が考えられる。

中央値は464mg/kgであるが、200mg/kg台と400mg/kg以上に分かれている。最大値は572mg/kgで

あり、中央値からは100mg/kg程度を押し上げる何らかの要因が働いている可能性がある。この値は0.1kg程度のPbに相当する。この程度の変動についてはサンプリング誤差をはじめ、塗料や金属部品など様々な要因が考えられるが、鉛蓄電池の混入はなかったと思われる。

他の微量成分との関係については、サンプル数が少ないため統計的に有意な相関は得られなかった。グラフを検討した結果、Cu及びZnとの関係が疑われたが、原因を突き止めるためにはさらなるデータ収集が必要である。

表7-5-1 施設オにおける焼却灰中の微量成分

採取月	施設	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
3月30日	オ	1948	141	480	20358	91	1581	3317	5	5	12	79	439
5月18日	オ	3177	183	381	20128	36	1048	397	12	0	0	65	572
7月15日	オ	2917	221	357	17372	12	1695	8928	6	13	0	52	557
9月7日	オ	870	260	402	13999	190	721	430	4	11	1	40	261
11月17日	オ	1434	1451	447	28932	102	1670	3029	0	0	0	58	489
12月30日	オ	1809	256	675	31744	0	606	0	0	0	0	64	219

表7-5-2 施設オにおける相関係数

	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
B	1.000											
Cr	-0.366	1.000										
Mn	-0.306	-0.019	1.000									
Fe	-0.104	0.498	0.774	1.000								
Ni	-0.751	0.217	-0.326	-0.462	1.000							
Cu	0.296	0.392	-0.480	-0.079	-0.096	1.000						
Zn	0.396	0.033	-0.462	-0.271	-0.287	0.783	1.000					
As	0.741	-0.535	-0.638	-0.614	-0.158	0.074	0.095	1.000				
Se	-0.084	-0.384	-0.521	-0.794	0.322	0.155	0.573	0.146	1.000			
Cd	-0.115	-0.289	0.074	-0.189	0.221	0.310	0.058	0.036	0.088	1.000		
Sb	0.360	-0.136	0.376	0.403	-0.444	0.270	-0.068	0.112	-0.562	0.647	1.000	
Pb	0.731	0.161	-0.697	-0.226	-0.290	0.756	0.568	0.622	-0.010	-0.005	0.229	1.000

表7-5-3 施設オにおける有意差検定 (独立変数である可能性：両側)

	B	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Sb	Pb
B												
Cr	47.52%											
Mn	55.49%	97.14%										
Fe	84.49%	31.53%	7.10%									
Ni	8.50%	68.03%	52.88%	35.65%								
Cu	56.94%	44.16%	33.57%	88.19%	85.69%							
Zn	43.76%	95.08%	35.64%	60.30%	58.19%	6.55%						
As	9.22%	27.41%	17.27%	19.43%	76.46%	88.94%	85.72%					
Se	87.46%	45.22%	28.88%	5.92%	53.33%	76.91%	23.48%	78.21%				
Cd	82.86%	57.86%	88.97%	71.98%	67.36%	54.94%	91.36%	94.57%	86.89%			
Sb	48.34%	79.74%	46.24%	42.88%	37.82%	60.44%	89.76%	83.31%	24.57%	16.46%		
Pb	9.90%	75.99%	12.41%	66.74%	57.78%	8.22%	23.93%	18.75%	98.47%	99.29%	66.22%	

4. まとめ

焼却灰（主灰）のゼオライト化にむけて、焼却灰中のPb濃度を低減するため、県下5施設における焼却灰中Pbの季節変動、Pb混入の経路、灰への混入防止対策の調査検討をおこなった。

4.1 Pb混入の可能性

Pbの混入原因についてマテリアルフローから見ると、鉛蓄電池（数kg/個）、ガラス製品（～30%）、塩ビ安定剤（数%）、塗料（数%）、金属部品、はんだ（電子基板（数g/個））等が考えられる。

このうち、ガラス製品、金属部品はすべての施設で別途収集しており、焼却施設への混入は少ないと考えられる。

塗料、蓄電池はどの施設も収集していないが、一施設だけ持込の蓄電池を受け付けている。

電子基板は粗大ごみである電気製品として収集されるが、破碎し、一部焼却される施設が二カ所、分別しリサイクル等に回す施設が二カ所、受け入れてない施設が一カ所であった。

塩ビ製品は粗大ごみあるいは可燃ごみとして収集しており、すべての施設で焼却される可能性が

ある。

持込廃棄物のチェックは、一定実施しているが、混入している物を十分確認できるほどではなかった。

4.2 焼却灰分析結果

焼却灰の主要な成分としては、CaO, SiO₂, Al₂O₃が特に多くこの3成分で全体の約75%を占めている。

Pbは初回（2009年11月）の値が各施設とも高く、そのあと減少し、安定した値を示した。

先行文献²⁾⁵⁾では2000mg/kg前後の値が報告されているが、今回は大半が1000mg/kgを下回る低い値であった。

いくつかの施設では、比較的大きなPb濃度の変動があり、これらの変動は数kgのPbが投入されたことに相当するものであった。

数kgのPb投入は、施設の状況等を考え合わせれば鉛蓄電池の可能性が高いと思われる。

Pb濃度の中央値が最も低かった施設イは、不燃物や粗大ごみ等を場内ですべて手分別しており、家電製品も基板や金属部品等に解体しリサイクルをおこなっている。このため、不燃物等からの混

入はほとんどないと考えられるが、規模が小さいため、可燃物に混入した少量のPb含有物で測定値が大きく変動していると考えられる。

鉛蓄電池の持込を受け付けている施設エは、Pb濃度の中央値が5施設中二番目に低い値を示し、標準偏差も二番目に低い値であった。

Pb濃度が最も安定していた施設オは、2005年の調査ではPb濃度が2000mg/kgを超えており、今回の測定値は約20%まで低下していた。

この施設では、2007年度末から場内において電気製品を分別し、破碎系統から除外する方法をとっている。基板からのPbだけではこれほどの減少は説明できないので、その他の要因があるものと考えられるが、特定に至らなかった。

Pbと他の微量成分の関係では明確な知見は得られなかった。これは、ごみ性状の変動が大きいこと、施設ごとの条件が大きく異なっていること等が影響していると考えられる。

各施設ごとのデータで相関を検討した結果、Pb-Sb及びPb-Znについて、それぞれ2施設で有意な相関が得られた。

PbとSbは鉛蓄電池に合金として使用されており、その影響が考えられるが、Sbの使用量は難燃助剤などへ利用が大半を占めており、断定するにはさらなる調査が必要である。

Znはメッキをはじめとした電気機器、電子部品や塗料、乾電池などが主な用途で、Pbとは電機部品や塗料の関係が考えられる。

4. 3 Pb濃度低減対策

Pbの利用状況から混入原因は鉛蓄電池、ガラス製品、塩化ビニル（安定剤）、塗料、鉛管板、はんだ（電機部品）、おもりなどが考えられる。

このうち、塩ビ以外は分別収集によって、本来燃焼工程には入らないはずのものであるが、分析結果から、相当量の混入がうかがわれる。

ガラス製品、鉛管板、おもりは分別収集の周知徹底で除去することは容易である。

一方、鉛蓄電池、塗料は市町村では収集しておらず、処分は住民任せの状態にある。

持込による鉛蓄電池を受け入れている施設エでは、Pb濃度も安定しており、現状では処分費も特別な対策も必要ないとのことであり、鉛蓄電池の収集は容易に出来て効果の高い対策として速やか

に実施することが望ましい。

電機製品は本来焼却しないごみであるが、近年の埋立処分場の逼迫から、多くの施設では粗大ごみや不燃物中の可燃部分を破碎分別し焼却している。

この破碎物の分別は、磁力、風力、渦電流によるアルミ（金属）の分別を経て、粒径の大きな物を可燃物としており、電子基板等に付着した部品や回路は可燃物として処理される場合が多い。そこで、電気製品の処理方法に着目してPb濃度を見てみると、電気製品を破碎せず、分別・リサイクルを実施している2施設ではPb濃度が比較的lowく、特に施設エでは3年でPb濃度が80%低下した要因のひとつになっていると思われる。

電気製品の分別・解体・リサイクルは多くの人手が必要であり、実施にはある程度の負担が考えられるが、電気基板等にはPb以外にも多くの有害・有用金属が含まれており⁴⁾、これらの除去は今後取り組むべき対策である。

塩化ビニルは、安定剤としてPb, Ba, Zn, Ca, Snなど様々な金属が使われており、Pb系安定剤は近年減少しているが、依然30%以上を占めている¹⁰⁾。

Pb系安定剤の用途は大口径パイプ、建材などおもに硬質のものであり、これらが大量に焼却されれば焼却灰中のPb濃度に影響を及ぼす可能性がある。

焼却灰の有効利用を考えるうえで、塩化ビニル廃棄物の処理は今後検討すべき課題である。

4. 4 焼却灰ゼオライト化

ゼオライト化工程におけるPb低減策として、工業技術センターでは、従来、NaOH水溶液によるアルカリ処理を行ってきたが、材料である焼却灰中のPb濃度が高く(2000mg/kg程度)、溶解平衡のため、目標とするPb濃度(150mg/kg)を下回ることが出来なかった。

今回、

- ①焼却灰中のPb濃度が500mg/kg前後と低下した。
- ②アルカリ処理時に電析処理を行うことにより、目標とするPb濃度を達成し、現在工業技術センターではゼオライトの農業用資材としての性能試験を実施している⁷⁾⁸⁾。

今回調査したPbでは、平均的な濃度を押し上げ

る要因と考えられる。塩ビ安定剤、塗料、ハンダについては、近年、Pbを含まない製品への変更が進んでいる。また、Pbをはじめとする金属資源の価格が上昇しており、資源として回収されるPbも増加しているものと考えられる。

このような事情から、全体的な傾向として、焼却灰中のPb濃度は低下の方向に進むものと予想される。しかし、鉛蓄電池などの混入による突発的な高濃度の防止や有用金属の回収のためにも、ここで述べた対策は今後ますます重要になってくると考えられる。

最後に、調査研究に御協力いただいた各施設及び工業技術センターに感謝申し上げます。

引用文献, 出典

- 1) 高知県一般廃棄物処理事業の概況（平成20年度）・高知県
- 2) 河野敏夫ら：焼却灰の無害化・有用物製造・一体化システムの開発，高知県工業技術センター研究報告No38（2007）57-61
- 3) 小口正弘ら：使用済み電気・電子製品の破碎選別における資源性・有害性金属の分配挙動とフロー解析．第21回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集．169-170（2010）
- 4) 川口光夫，貴田晶子：廃電気電子製品（ノートPC，プリンター，TV）の基板中の金属量調査．第21回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集．175-176（2009）
- 5) 鈴木靖文ら：焼却灰の鉛濃度分布を用いた鉛の由来推定．第5回廃棄物学会研究発表会講演論文集．525-527（1994）
- 6) 鉱物資源マテリアルレフロー21年度調査レポート，独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
- 7) 河野敏夫ら：重金属除去による廃棄物のリサイクルプラン設立 電析処理による重金属回収技術の開発，高知県工業技術センター2010年研究開発&企業支援成果報告書No6 56-57
- 8) 河野敏夫ら：焼却灰の無害化・有用物製造・一体化システムの開発（第3報）焼却灰ゼオライトの用途開発 高知県工業技術センター研究報告No40（2009）59-63
- 9) 平井 康宏，酒井 伸一：自動車用鉛蓄電池のリサイクル・廃棄フロー推定，環境経済・政策学会 2005年大会 報告論文
- 10) 塩ビ工業・環境協会HP
(http://www.vec.gr.jp/lib/lib2_6.html#bb)

2. 安芸市内の河川におけるへい死魚調査事例（2010年度）

十川絃一*, 山村貞雄, 桑尾房子, 西山泰彦, 山崎靖久

Cause Investigation of Dead Fishes in the river in Aki city

Kouichi Sogawa, Sadao Yamamura, Fusako Kuwao, Yasuhiko Nishiyama, Yasuhisa Yamasaki

【要旨】 2010年度には4件の魚類のへい死事故の検査依頼があり、そのうち安芸市江ノ川水系で発生したへい死事故において、GC/MS法により魚毒性の高いトルフェンピラド等の農薬が検出された。

毎年周辺河川において同時期に起きている事案であったため、一部に農薬の取扱い方法に不十分な実態があることが示唆された。今後、同様なへい死事案の発生を防止するためにも、改めて農薬の取扱いを注意するよう県下の農協などに啓発紙を配布した。

Key words：農薬，魚類，へい死，トルフェンピラド

1. はじめに

高知県内において、人為的あるいは自然的要因により、魚類のへい死事故が毎年数件程度発生している。2010年度に当センターで取扱った事例は4件あり、そのうち安芸市江ノ川水系で発生した魚類へい死事故において、魚毒性の高い農薬が検出された。

そこで、上記魚類へい死事故の概況及び調査結果についてまとめたので報告する。

2. 概況

2010年度は4件の魚類へい死事故による検査依頼があり、それら事例を含む2009-2010年度のへい死事故事例を表1に示す。そのうち、農薬が検出されたのは、1件だけであった。

2010年11月26日に発生したへい死事故は、安芸市江ノ川水系の帯谷川で、ハヤ、コイ、ウナギ等約500匹のへい死が発見された。へい死事故発生現場の上流部にも死魚が見られ、その周辺にはハウス農園が広がっており、農薬による可能性が示唆された。また、帯谷川の支川には製紙工場があったため、工場排水の流入後の水についても採水を行った。なお、支川には死魚は発見されなかった。

試料の採取は、発見現場である江ノ川から上流

部の帯谷川の図1に示す箇所において、安芸福祉保健所職員により水試料2検体及び生物検体としてコイ3匹を採取した。採取後は、水試料は冷蔵保存し、コイは冷凍保存し、3日後検査を行った。

分析に用いたコイは、全て体長30cm以上、体重1.36~1.76kgと大きく、死後すぐに冷凍保存していたため非常に新鮮な状態であった。外傷、エラの出血等は見られなかった。



図1 水試料，へい死魚採取地点 縮尺：1/10000
(この背景地図データは、国土地理院の電子国土Webシステムから配信されたものである)

*環境対策課

表1 2009-2010年度に高知県下で発生した魚へい死事故（検査依頼分）

発生年月日	市町村	河川名	魚種	農薬等の検出
2009年10月5日	安芸市	僧津川	ハヤ	
2010年6月13日	高知市	前田川	コイ	クレゾール
2010年8月19日	香美市	物部川	アユ, オイカワ	
2010年9月7日	北川村	奈半利川	アユ, オイカワ	
2010年11月26日	安芸市	江ノ川	コイ, ハヤ, ウナギ	トルフェンピラド

3. 分析

水試料及び生物試料を図2, 3に示す分析フローで前処理を行い, GC/MSフルスキャン法により分析を行った. GC/MS条件は, 表2に示す.

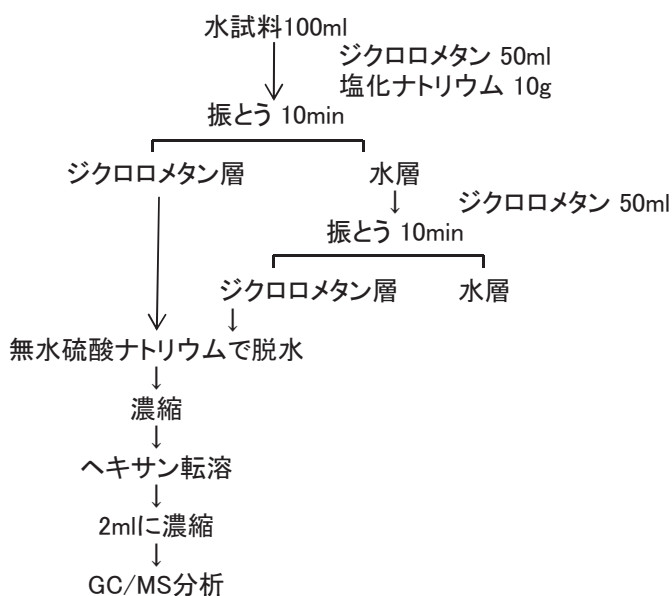


図2 水試料の農薬分析フロー

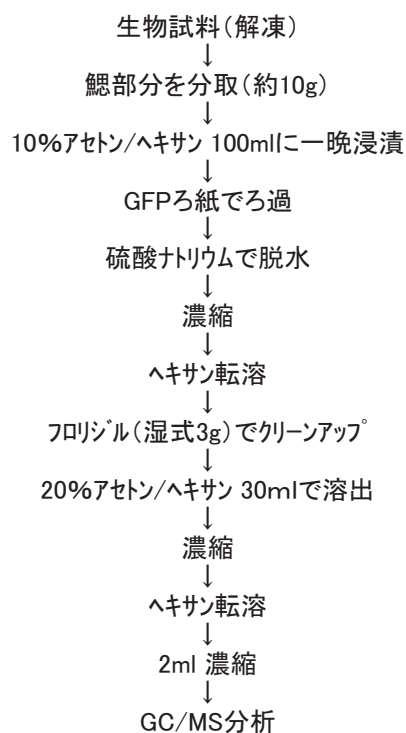


図3 生物試料の農薬分析フロー

表2 GC/MS条件

検査機器
GC/MS(JEOL 製): Agilent GC6890N(GC) / JMS-K9(MS)
カラム(Agilent 製): DB-5MS(30m,0.25mm,0.25 μ m,60°C~325°C(350°C))
昇温条件①:一斉分析
50°C(2min),25°C/min(to 125°C),4°C/min(to 133°C),25°C/min(to 158°C), 2°C/min(to 184°C),15°C/min(to 280°C),280°C(2min)
昇温条件②:トルフェンピラド
80°C(1min),20°C/min(to 180°C),15°C/min(to 300°C),300°C(5min)

表3 定量値, 推定値

検体 \ 検出物質	定量値(ppb)			推定値
	プロシミドン	トルフェンピラド	ナフタレン	メチルナフタレン
水1(帯谷川)	6.3	5.5	1.0	4.4
水2(支川)	ND	ND	ND	ND
コイ1(鰓)	15.1	4.8	7.5	26.2
コイ2(鰓)	18.9	20.2	12.1	62.8
コイ3(鰓)	18.9	22.2	14.7	58.4
魚毒性	A	C	C	B
LC50(ppb)	* ¹ 1.8 × 10 ⁵	2.9 ¹⁾	110	* ² 3.7 × 10 ³

*¹ LC50の値は, 製品での半数致死濃度

*² 1-, 2- メチルナフタレンの平均値

魚毒性A:LC50>10ppm, 魚毒性B:0.5ppm<LC50≤10ppm, 魚毒性C:LC50≤0.5ppm

水試料①からプロシミドン6.3 μg/L, トルフェンピラド5.5 μg/L, ナフタレン1.0 μg/Lが検出された。へい死魚のエラからはプロシミドン15.1~18.9 μg/kg, トルフェンピラド4.8~22.2 μg/kg, ナフタレン7.5~14.5 μg/kgが検出された(表3)。

なお, 検出された農薬から, 製品を特定するため, 有効成分以外にその他の成分として, メチルナフタレン(ジメチルナフタレン等のナフタレン類 この部分削除)について, 検出したナフタレンとのピーク強度比から濃度を推定した(表3)。

検出された有害成分の定量値と半数致死濃度から, へい死の主たる原因はトルフェンピラドであると考えられた。

次に, 原因となった農薬製品の調査は,

- ①安芸地域で使用されている可能性のある検出物質を含む農薬製品をリストアップ
- ②そのうち有効成分にトルフェンピラドを含む。
- ③その他の物質としてナフタレン類を含んだ製品として絞り込んだ結果, 殺虫剤ハチハチ乳剤の可能性が示唆された。

検出されたトルフェンピラドは, 比較的最近製品化された製品であり, 高知県内の使用量は増加傾向²⁾にあるが(図4), 魚毒性の強さがC類と高く, 公共用水域周辺での施用や使用資材や残物の取り扱いに十分注意する必要がある。

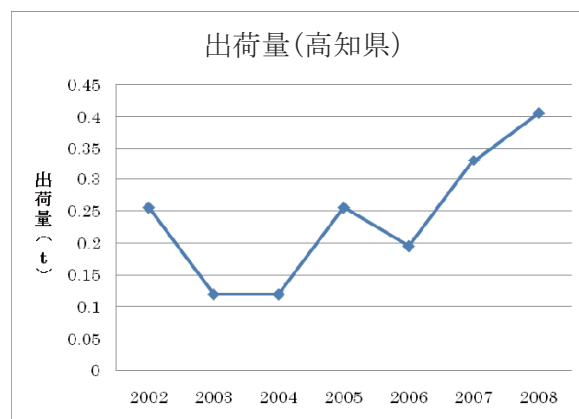


図4 高知県内におけるトルフェンピラドの出荷量

4. まとめ

2010年度は4件の魚類へい死事故による検査依頼があり, そのうち, 農薬が検出されたのは, 1件だけであった。

2010年11月26日に発生したへい死事故は, 安芸市江ノ川水系で, ハヤ, コイ, ウナギ等約500匹のへい死魚が発見された。調査した結果, 水試料からプロシミドン6.3 μg/L, トルフェンピラド5.5 μg/L, ナフタレン1.0 μg/Lが検出され, へい死魚のエラからはプロシミドン15.1~18.9 μg/kg, トルフェンピラド4.8~22.2 μg/kg, ナフタレン7.5~14.5 μg/kgが検出された。安芸地域で使用されている可能性のある検出物質を含む農薬製品から, 殺虫剤ハチハチ乳剤がへい死事故原因である可能性が高いことが推察された。

河川での魚類へい死事故において, 水試料, 魚類からともに農薬成分が検出できた要因は, 事故発生後迅速に試料採取がなされたことが大きく,

初動対応の重要性を再認識させられた。

今回、殺虫剤トルフェンピラドの他に、殺菌剤成分（プロシミドン）も同時に検出されており、一部に農薬の取扱い方法に不十分な実態があることが示唆された。

このため、同様なへい死事案の発生を防止するため、啓発紙を作成し、改めて農薬の取扱いを注意するよう県下の農協などに呼びかけを行った。

5. 参考文献

- 1) 日本農薬株式会社：農薬抄録「トルフェンピラド」
- 2) 化学物質データベースWebKis-Plus検索サイト

3. 大気移動測定車データから見た県域レベルでの 光化学オキシダント濃度分布の推定

西 孝仁

Presumption of photochemical-oxidants concentration distribution on the prefecture community level seen from move measurement vehicle data

Takahito Nishi

【要旨】 県域全体の光化学オキシダントの濃度実態を確認するため県内各地で実施した大気移動測定車による測定結果と常時監視局の測定結果を2007年度～2010年度測定データについて比較検討したところ、光化学オキシダント濃度実態は概ね類似することが確認された。この結果、県中央部を指定対象としている現状の注意報発令体制を、常時監視局の測定値と関連情報を基に予測精度の向上を図ることにより、県域レベルでの発令に向けた情報提供が可能になると考えられる。

Key words：移動測定車、光化学オキシダント、経月変化、経日変化、経時変化、風向、風速、紫外線強度、大気移流

1. はじめに

近年、我が国における光化学オキシダントの濃度レベルは上昇傾向にあり、その大気汚染注意報の発令地域も広域化している。

光化学オキシダントの年平均値はこの20年間(1985～2004年度)に全国平均値で約5 ppb上昇(光化学オキシダント・対流圏オゾン検討会 2007年12月)するとともに、2009年には山形県、鹿児島県で初めて注意報が発令され、同年の注意報発令地域は28都府県で過去最多となった。

光化学オキシダントの90%以上の成分はオゾンであるとされているが、対流圏オゾン濃度も、北緯20度～60度において半球規模で高くなっている。

光化学オキシダント及び対流圏オゾンの濃度が、近年上昇している要因としては、大陸間や大陸内における輸送、前駆物質の排出量の変化、気象状況の影響等が指摘されているが、それらの寄与は明確にされていない。

このように光化学オキシダントは局所要因と広域要因が影響する複雑な現象であり、現象の把握には一定の測定網が必要となる。本県は常時監視局の数が少なく移動測定車を活用することにより測定網を補っている。

今回、大気移動測定車データから高知県にお

る県域レベルでの光化学オキシダントの濃度分布について取りまとめたのでここに報告する。

なお、今回のとりまとめは県域レベルでの実態整理を主目的としており、光化学オキシダントの前駆物質である揮発性有機化合物や窒素酸化物による光化学オキシダント生成への影響実態については対象外とした。

2. 方法

2.1 調査地点及び調査期間

表1 調査地点及び調査期間

区分	調査場所	調査地点名	調査期間
移動測定車	四万十町仁井田	仁井田町民会館	2007年11月1日～12月3日
	宿毛市宿毛	宿毛排水場	2008年9月27日～11月11日 2008年12月13日～2009年2月11日
	佐川町上郷	佐川町上郷	2009年2月14日～5月28日
	須崎市浦ノ内	浦ノ内西分	2009年10月16日～12月15日 2010年6月1日～7月29日
	安芸市港町	浄化センター	2010年3月3日～5月27日
	室戸市領家	室戸領家	2011年2月15日～3月31日
常時監視局	南国市大篠	南国大篠測定局	2007年11月1日～2011年3月31日
	高知市大津	大津測定局	2007年11月1日～2009年5月31日
	高知市介良	介良測定局	2007年11月1日～2009年5月31日
	高知市南新田町	南新田町測定局	2007年11月1日～2011年3月31日

2. 2 各調査地点の位置(図1)・地勢・交通等

仁井田町民会館 (A)：高知県西部標高約230mの台地に位置し周辺は山林と農地が広がっている。約100m東方に国道56号線があり、12時間交通量約8,800台である。

宿毛排水場 (B)：高知県西部に位置し宿毛湾に面している。近辺は開発され商業施設などが集中している。約100m北方に国道56号線があり、12時間交通量約11,000台である。

佐川町上郷 (C)：高知県中西部の内陸部にある盆地に位置している。約200m北方に国道33号線があり、12時間交通量約11,000台である。

浦ノ内西分 (D)：高知県中西部の土佐湾から内湾沿いに約2km入った場所に位置している。近辺に交通量の多い道路はない。

浄化センター (E)：高知県中東部の土佐湾に面した場所に位置し安芸市街地に隣接している。約300m北方に国道55号線があり、12時

間交通量約13,000台である。

室戸領家 (F)：高知県東部の土佐湾に面し内陸へ約800m入った場所に位置し室戸市街地に隣接している。約100m北方に県道202号線があり、12時間交通量約8,700台である。

南国大篠測定局 (G)：高知県中部に立地し国道195号線から焼く600m南に位置し周囲は学校、住宅街、田園地帯である。

大津測定局 (H)：高知県中部に位置し約200m北に通勤交通量の多い県道374号線が走り、県道北にはメッキ工場と食品団地がある。周囲は住宅と飲食店が混在した市街地である。

介良測定局 (J)：高知県中部に位置し総合運動公園の中にある。周りは田園地帯で、東には石灰工場がある。

南新田町測定局 (I)：高知県中部に位置し東に鏡川が流れ、すぐに高知港がある。また周囲には下水処理場、化学、窯業工場などがあり、約700m西を国道56号が走っている。

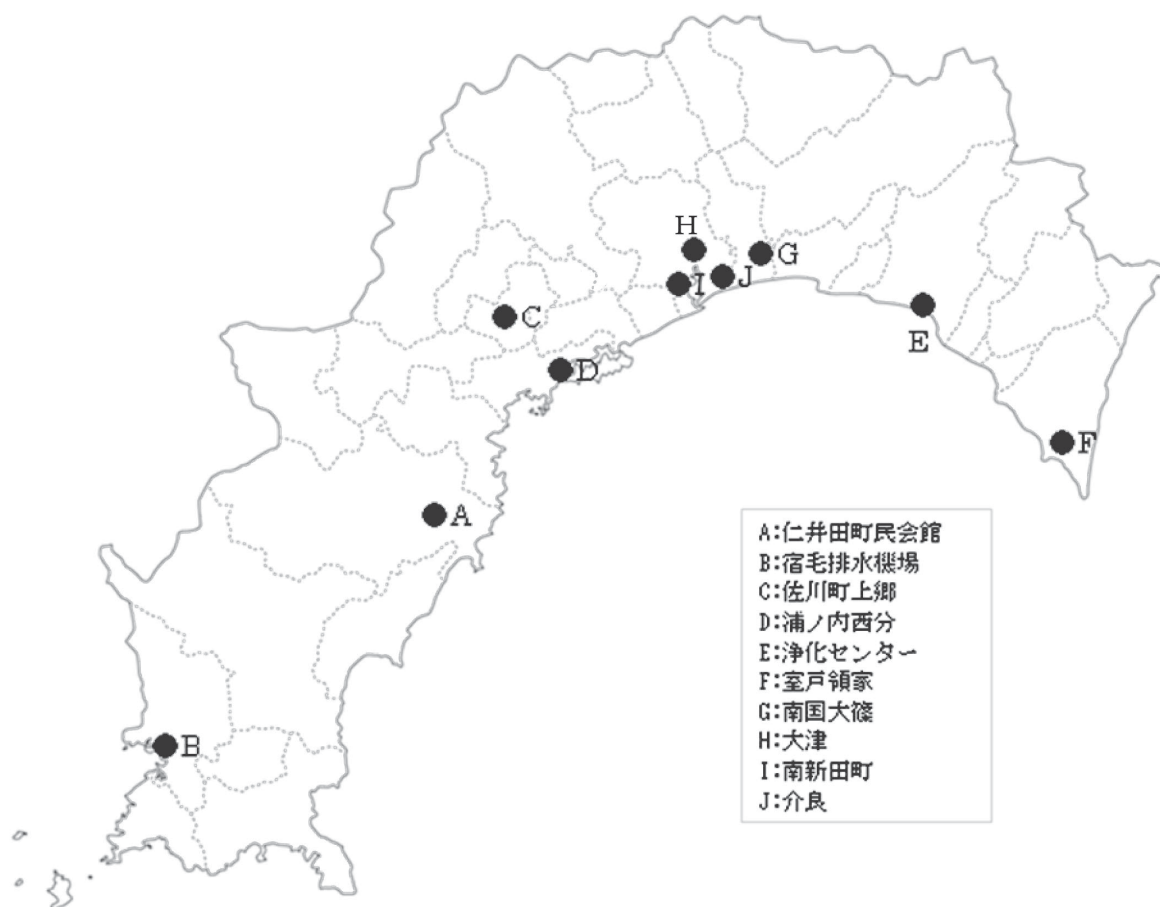


図1 調査地点

3. 調査項目及び調査方法

表2 調査項目及び調査方法

	二酸化硫黄	窒素酸化物	一酸化窒素	光化学オキシダント	浮遊粒子状物質	風向風速	日射放射収支	温度湿度	炭化水素
南国大篠				○			○		
大津	○	○		○	○	○			
介良	○	○		○	○	○			
南新田町	○	○		○	○	○			
移動測定車	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(注) 光化学オキシダント測定法
 大津, 南新田町測定局は吸光光度法 (湿式),
 介良測定局は紫外線吸収法 (乾式)
 大津測定局は2009年5月まで, 介良測定局は
 2009年6月から測定

4. 調査結果

4.1 月最高値の経月変化

常時監視局の月最高値の経月変化を移動測定車調査期間中示した。

2008年度前期は概ね他の測定局に比べ大篠局は高く大津局は低い傾向を示した。介良局は2010年度高い傾向を示した。その他の調査期間中は概ね一致した。

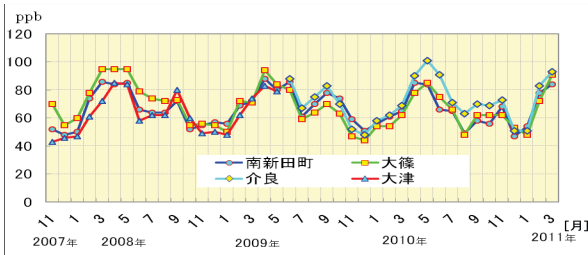


図2 月最高値の経月変化

4.2 日最高値の経日変化

仁井田町民会館；調査期間中の常時監視局と仁井田町民会館の日最高値の経日変化は概ね同様な傾向を示した。大津局は調査期間中低い傾向を示した。大気移動測定車は11月28, 29

日を除き南新田町, 大篠局と概ね日最高値が一致した。

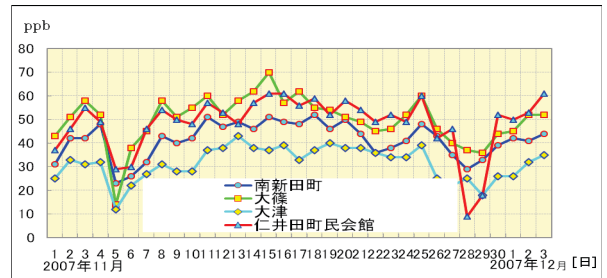


図3 仁井田町民会館

宿毛排水場；測定期間中 (2回) の常時監視局と宿毛排水場の日最高値の経日変化は概ね同様な傾向を示した。1回目の調査期間中大気移動測定車は常時監視局に比べ高い傾向を示した。2回目の後半の調査期間中全測定地において概ね一致した。

移動測定車の2回目は測定機器の不調により2008年12月13日の調査開始日から2009年2月3日まで欠測扱いとした。

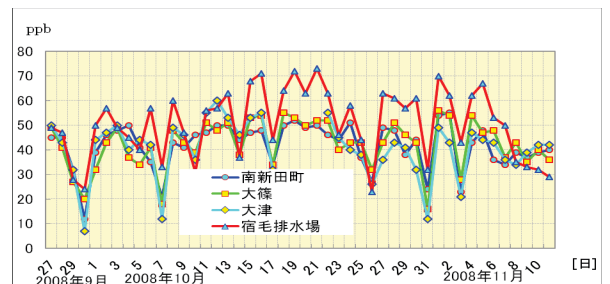


図4 宿毛排水場1

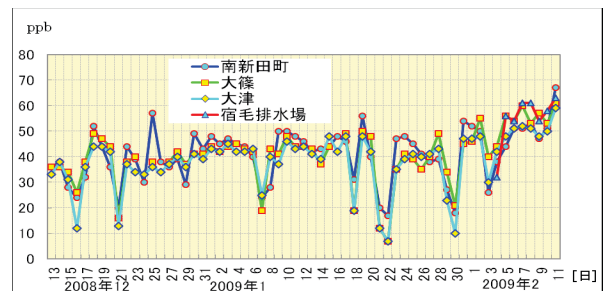


図5 宿毛排水場2

佐川町上郷；調査期間中 (2回) の常時監視局と佐川町上郷の日最高値の経日変化は概ね同様な傾向を示した。しかし, 大気移動測定車の3月8日から10日, 27日から31日, また, 大津局の4月10日から15日は他の測定局と乖離が認められた。

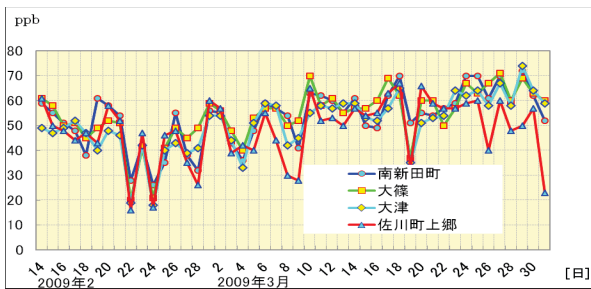


図6 佐川町上郷1

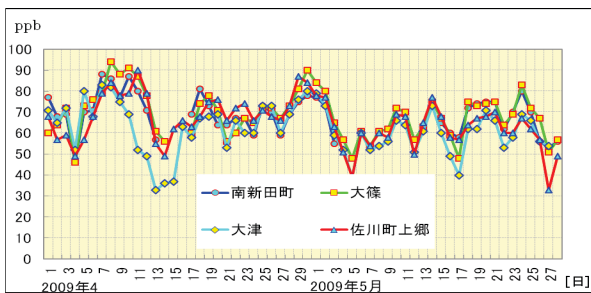


図7 佐川町上郷2

浦ノ内西分；測定期間中（2回）の常時監視局と浦ノ内西分の日最高値の経日変化は概ね同様な傾向を示した。1回目の調査期間中全測定地において概ね一致した。2回目の測定期間中、介良測定局は6月11日から17日、6日から11日の期間高い傾向を示した。他の測定局は概ね一致した。

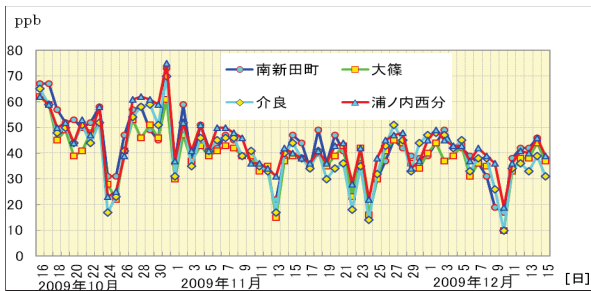


図8 浦ノ内西分1

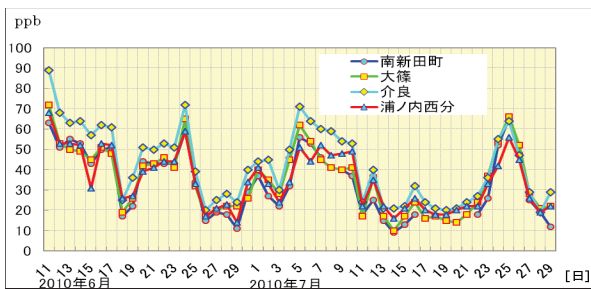


図9 浦ノ内西分2

浄化センター；測定期間中（2回）の常時監視局と浄化センターの日最高値の経日変化は、3月5日から9日を除き、概ね同様な傾向を示した。大気移動測定車の3月5日から9日、3月27日から4月1日、また、介良局の3月25日から4月19日を除き全測定地において概ね一致した。

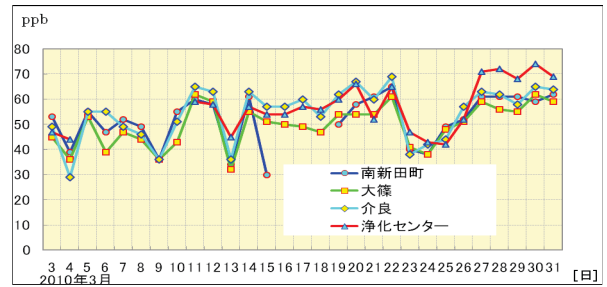


図10 浄化センター1

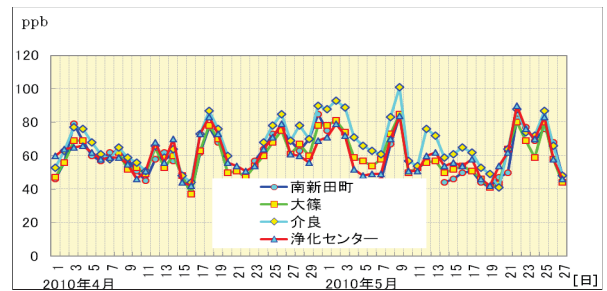


図11 浄化センター2

室戸領家；調査期間中の常時監視局と室戸領家の日最高値の経日変化は概ね同様な傾向を示した。

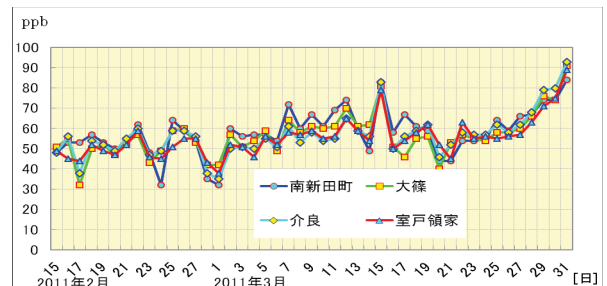


図12 室戸領家

4. 3 時刻別期間内変化

仁井田町民会館；常時監視局と仁井田町民会館の時間別の濃度変化は概ね同様な傾向を示した。大津、南新田町測定局は昼間低い傾向を示した。南新田町の21時以降低下しないのは地域特性が考えられる。

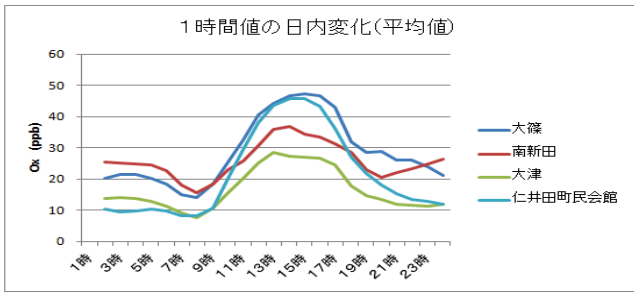


図13 仁井田町民会館

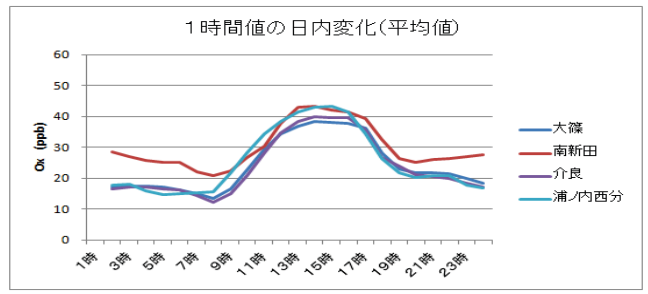


図16 浦ノ内西分

宿毛排水場；宿毛排水場の時間別の濃度変化は常時監視局3局に比べ全時間帯で高い傾向を示した。常時監視局3局は概ね光一致した。移動測定車の2回目の測定値は、測定機器の不調により2008年12月13日の測定開始日から2009年3月3日まで欠測扱いとした。

浄化センター；常時監視局と浄化センターの時間別の濃度変化は、12時以降介良が他の局に比べ高い傾向を示したが、それ以外は概ね一致した。

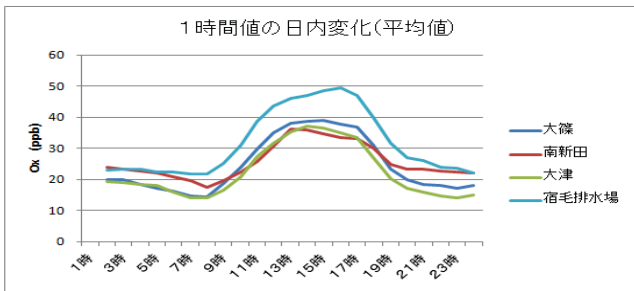


図14 宿毛排水場

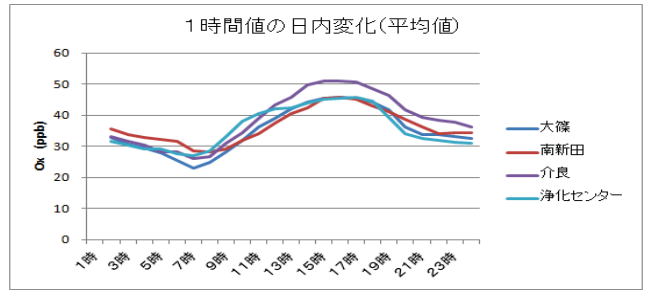


図17 浄化センター

佐川町上郷；佐川町上郷の時間別の濃度変化は常時監視局に比べ全時間帯で低い傾向を示した。特に日没後から日の出までの時間帯にその傾向が見られた。

室戸領家；常時監視局と室戸領家の時間別の濃度変化は概ね同様な傾向を示した。室戸領家は濃度変化の差が少ない傾向がある。南新田町は夜間に高い傾向がある。

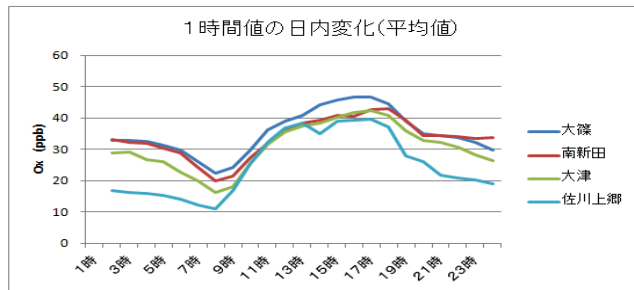


図15 佐川町上郷

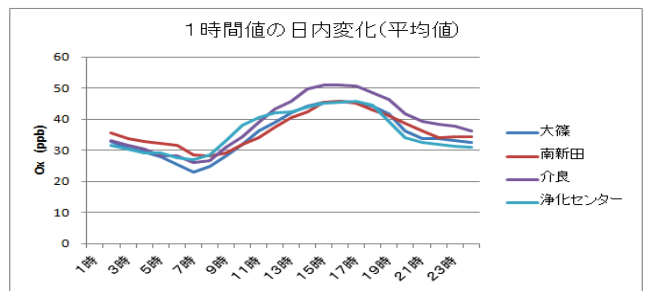


図18 室戸領家

浦ノ内西分；常時監視局と浦ノ内西分の時間別の濃度変化は南新田町の夜間帯を除き概ね一致した。

4. 4 1時間値の経時変化

移動測定車の各測定地での調査期間中、1時間値の最高日の経時変化を示した。

仁井田町民会館；2007年11月25日の常時監視局と仁井田町民会館の経時変化は概ね同様な傾向を示した。大津測定局の光化学オキシダント濃度は常時監視局中では低濃度傾向を示した。仁井田町民会館は10時から上昇し、13時

前後に1日の最高濃度を示し、その後低下する傾向を示した。濃度曲線は南国大篠局と概ね一致したが、南国大篠局は19時から21時にかけて再上昇した。

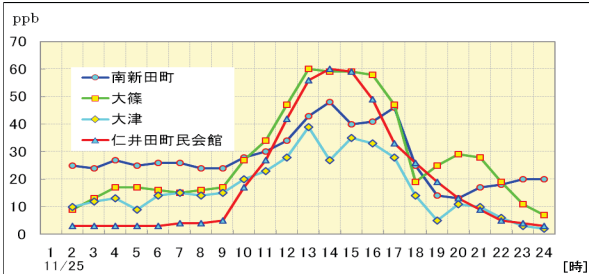


図19 仁井田町民会館

宿毛排水場；2008年10月17日の常時監視局と宿毛排水場の経時変化は常時監視局が概ね同様な傾向を示したのに対し、宿毛排水場は、11時～17時の間他の3局に比べ高い傾向を示した。

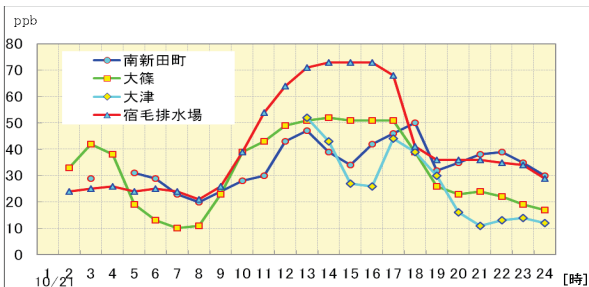


図20 宿毛排水場

佐川町上郷；2009年4月11日の常時監視局と佐川町上郷の経時変化は概ね同様な傾向を示した。大津局の11時以降は他の測定局に比べ低い傾向を示した。

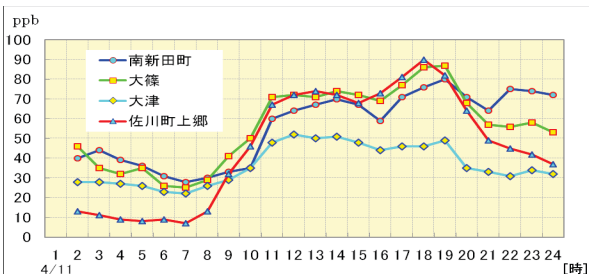


図21 佐川町上郷

浦ノ内西分；2009年10月31日の常時監視局と浦ノ内西分の経時変化は概ね同様な傾向を示した。

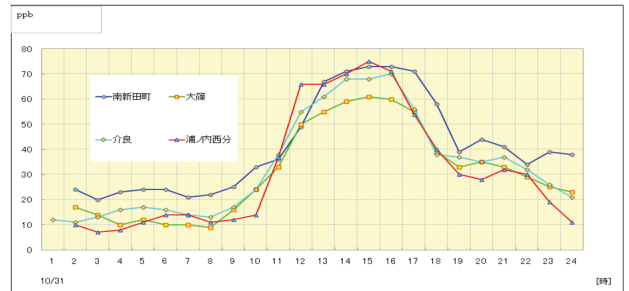


図22 浦ノ内西分

浄化センター；2010年5月9日の常時監視局と浄化センターの経時変化は概ね同様な傾向を示した。各測定局は通常より遅い17時前後に1日の最高濃度を示した。南新田町は10時から11時にかけて低下した。

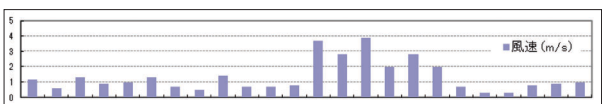
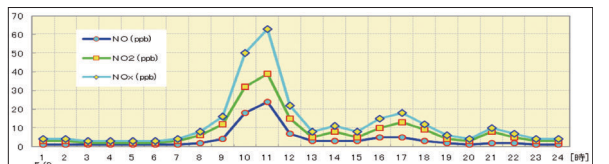
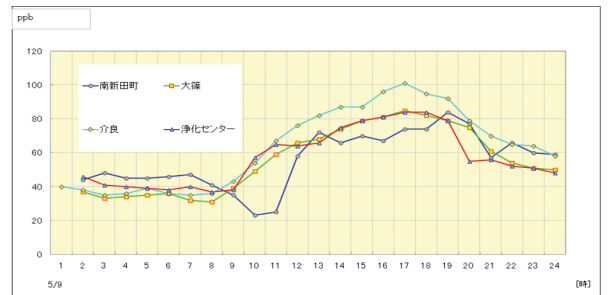


図23 浄化センター

室戸領家；2011年3月31日の常時監視局と室戸領家の経時変化は概ね同様な傾向を示した。

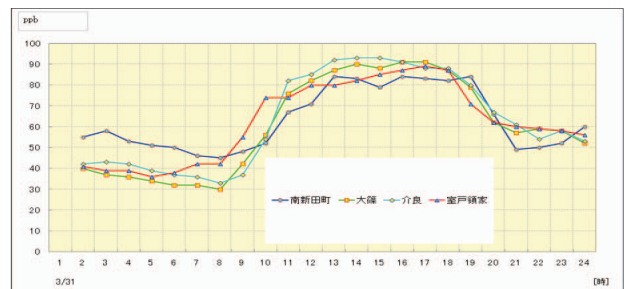


図24 室戸領家

5. 風向・風速

仁井田町民会館；調査期間中の仁井田町民会館の風向は、図25に示すように北西方向が多い。風速（平均）は小さい。（図25）

宿毛排水場；調査期間中の宿毛排水場の風向は、図26、図27に示すように東北東から東方向が多い。風速（平均）は1.7~2.4m/sである。（図26、図27）

佐川町上郷；調査期間中の佐川町上郷の風向は、図28、図29に示すように特徴は見られない。風速（平均）は西方向が強く（2.3~3.1m/s）吹く。（図28、図29）

浦ノ内西分；調査期間中の浦ノ内西分の風向は、夏季（1回目）から秋・冬季（2回目）にかけ西北西・東南東から西北西に変わった。風速（平均）は0.7~1.4m/sである。（図30、図31）

浄化センター；調査期間中の浄化センターの風向は、図32、図33に示すように北方向が多い。風速（平均）は1.5~1.9m/sである。（図32、図33）

室戸領家；調査期間中の室戸領家の風向は、図34に示すように東または西方向が多い。風速（平均）は1.4~2.2m/sである。（図34）

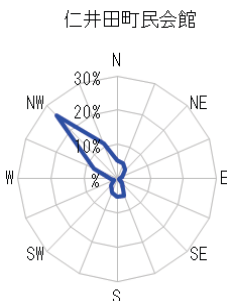


図25

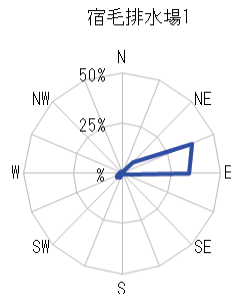


図26

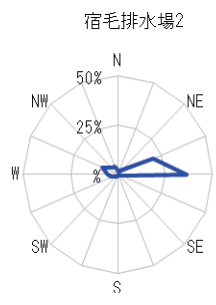


図27

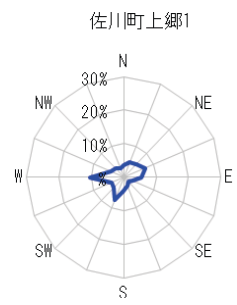


図28

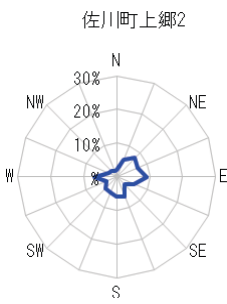


図29

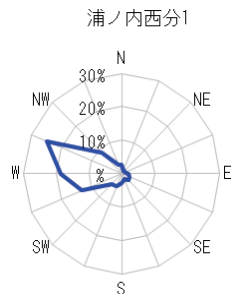


図30

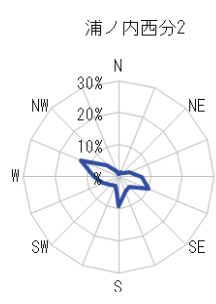


図31

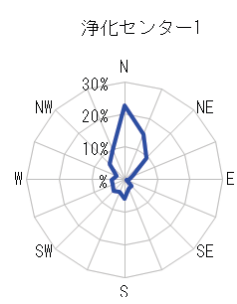


図32

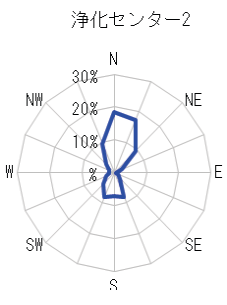


図33

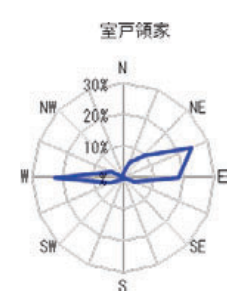


図34

6. 考 察

6. 1 移動測定車と常時監視局の光化学オキシダント濃度

移動測定車と常時監視局の光化学オキシダント濃度について、月最高値の経月変化、日最高値の経日変化、1時間値の経時変化、風配図、相関係数をもとに考察を行った。

6. 1. 1 常時監視局 (図2)

調査期間中の常時監視局の月最高値は同様の傾向を示した。また、この間の1時間値は表3のとおり強い相関を示している。この結果から、高知市及び南国市の光化学オキシダント濃度は同じ集団に属すると考えられる。

6. 1. 2 日最高値の経日変化 (図3～図12)

日最高値は宿毛排水場の9月2日から11月8日を除き、概ね常時監視局と同様の傾向を示した。宿毛排水場でも2月4日の機器調整後は常時監視局と同様の傾向を示したので、機器の不調が原因であったと考えられる。

6. 1. 3 1時間値の平均の推移 (図13～図18)

調査期間中の時間別平均値の推移は各測定局とも概ね常時監視局と同様の傾向を示した。

宿毛排水場の高濃度傾向は既に述べた機器の不調による影響を受けている。また、南新田町が夜間に高い値を示すのは地域特性によるものと考えられる。

6. 1. 4 1時間値の相関

各調査期間における1時間値の相関を表3～表9に示す。

常時監視局3局は強い相関を示しているが、南新田町がやや低い傾向を示しているのは周辺の地域特性によるものと考えられる。

各移動調査地点も良い相関を示しているが、中央部からの距離が大きくなるに従って相関係数が低下する傾向が見られる。また、浄化センターでやや低めの値となっているのは、周辺の川風の影響が考えられるが、今回詳細な調査は実施できなかった。

なお、全ての相関係数は危険率0.01%以下で有意となっている。

6. 1. 5 最高濃度事例の経時変化 (図19～図24)

各調査期間における最高濃度日の経時変化でも移動測定地点と常時監視局は同様の傾向を見せている。なお、2010年5月9日の南新田局において、10～11時の間、濃度低下が見られるのは周辺工場から排出されたNO上昇 (図23) によるものと考えられる。その時間帯は風速も弱く、風速の上昇とともにNO濃度の低下が見られ、あわせて光化学オキシダント濃度も上昇している。

以上の考察から、光化学オキシダント濃度は、移動測定車の各測定地点と常時監視局との間に大きな差は見られず、月間、日間、時間のいずれの濃度パターンも類似した傾向が確認され、本県では県内各地の局所的な影響に比べ県域レベルを超えたより広域的な影響が大きいことが示唆された。このことから、常時監視局において測定された光化学オキシダント濃度は、概ね県域レベルの濃度であると推察された。以上のことから、光化学オキシダント注意報発令は常時監視局3局の光化学オキシダント濃度を参考に、全県に発令することが可能ではないかと推察された。

相関係数

表3 常時監視局

	南国大篠	南新田町	大津	介良
南国大篠	1.000			
南新田町	0.850	1.000		
大津	0.918	0.877	1.000	
介良	0.930	0.867		1.000

表4 仁井田町民会館

	南新田町	南国大篠	大津	仁井田町民会館
南新田町	1.000			
南国大篠	0.723	1.000		
大津	0.782	0.875	1.000	
仁井田町民会館	0.597	0.639	0.657	1.000
サンプル数	757	757	754	756

表5 宿毛排水場

	南新田町	南国大篠	大津	宿毛排水場
南新田町	1.000			
南国大篠	0.772	1.000		
大津	0.810	0.913	1.000	
宿毛排水場	0.568	0.637	0.582	1.000
サンプル数	2450	2428	2378	1242

表6 佐川町上郷

	南新田町	南国大篠	大津	佐川町上郷
南新田町	1.000			
南国大篠	0.833	1.000		
大津	0.856	0.899	1.000	
佐川町上郷	0.680	0.735	0.687	1.000
サンプル数	2082	2355	2370	2387

表7 浦ノ内西分

	南新田町	南国大篠	介良	浦ノ内西分
南新田町	1.000			
南国大篠	0.841	1.000		
介良	0.819	0.928	1.000	
浦ノ内西分	0.769	0.802	0.772	1.000
サンプル数	2505	2738	2863	2535

表8 浄化センター

	南新田町	南国大篠	介良	浄化センター
南新田町	1.000			
南国大篠	0.816	1.000		
介良	0.846	0.940	1.000	
浄化センター	0.665	0.773	0.733	1.000
サンプル数	1571	1800	1872	1857

表9 室戸領家

	南新田町	南国大篠	介良	室戸領家
南新田町	1.000			
南国大篠	0.822	1.000		
介良	0.878	0.936	1.000	
室戸領家	0.660	0.711	0.759	1.000
サンプル数	1033	1032	1073	1032

6. 2 紫外線強度及び大気移流の影響

光化学オキシダントの生成には、二酸化窒素 (NO₂) を光解離させオゾン生成反応の起点となる

*UVインデックス

地上での波長別のUV強度に人体への波長別影響係数を乗じて波長250~400nmの間で積分した値(紅斑紫外線)を25 mW/m²で割って指標化したもの。したがって、光化学オキシダント生成とは異なる視点のインデックスであるが、ここでは全般的なUV強度を示す指標値として利用した。

紫外線 (UV) と、この反応の逆反応を抑えて反応継続に作用する揮発性有機物質 (VOC) が関与しているといわれる。このうちUVは季節や天候等に影響される自然要因であり、日々のUV強度の変化が光化学オキシダント濃度にも作用することが考えられる。

これを確認するため、本県の光化学オキシダント上昇期に各地で移動測定を実施した2009年2月~5月、2010年3月~5月、2011年2月~3月の期間について、気象庁が発表した日最大UVインデックス(推定値)*と光化学オキシダントの日最大濃度の相関を図35~図37に示した。これによると、各地点とも必ずしも明確な相関は認められず、この理由として相関からはずれるケースが散在することが考えられた。

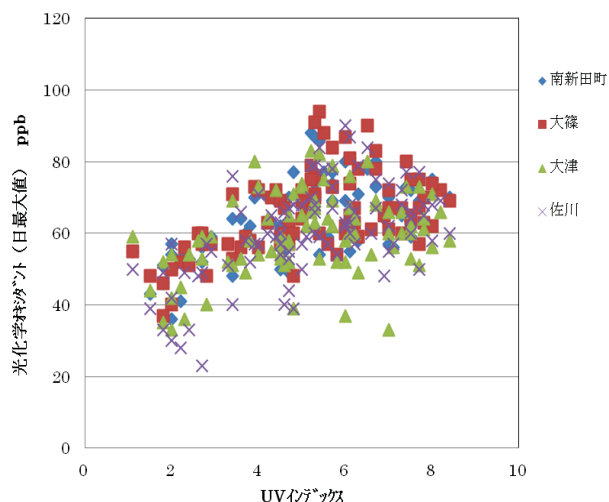


図35 佐川

表10 佐川

	UVインデックス	南新田町	南国大篠	大津	佐川
UVインデックス	1.000				
南新田町	0.555	1.000			
南国大篠	0.540	0.891	1.000		
大津	0.368	0.847	0.846	1.000	
佐川	0.563	0.828	0.840	0.725	1.000

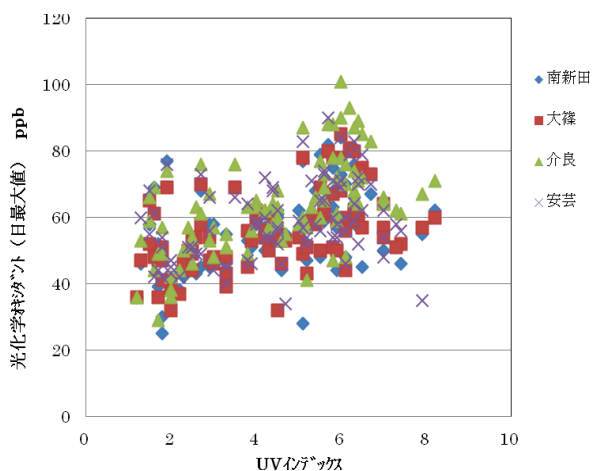


図36 安芸

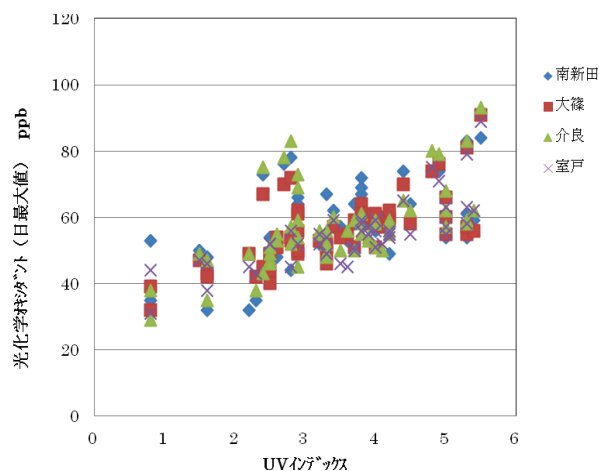


図37 室戸

表11 安芸

	UVインデックス	南新田町	南国大篠	介良	安芸
UVインデックス	1.000				
南新田町	0.444	1.000			
南国大篠	0.499	0.818	1.000		
介良	0.570	0.832	0.917	1.000	
安芸	0.336	0.723	0.791	0.790	1.000

表12 室戸

	UVインデックス	南新田町	南国大篠	介良	室戸
UVインデックス	1.000				
南新田町	0.588	1.000			
南国大篠	0.678	0.844	1.000		
介良	0.581	0.871	0.925	1.000	
室戸	0.775	0.846	0.890	0.949	1.000

このはずれたケースの中から代表的な事例について、その前後数日間の後方流跡線を図38～図40に示した。これによると、高濃度側の光化学オキシダントが続く期間は流跡線が大陸方面からの東向きが優勢である場合が多く、相関から低濃度側へはずれる時期は流跡線が別方向になっているケースが見られた。一方、この期間中のUVインデックス値はほぼ同レベルで推移していることが示されている。このため、大気の流れ方向の変化に伴い

UV以外のオキシダント生成要因に変化がもたらされたことが推察され、大陸や国内の工業地帯からのVOC等の流入など広域の影響を県域レベルで受けている可能性が考えられた。

今回は県域レベルでの光化学オキシダント実態を整理することを主目的としたが、今後はさらにVOC等との関係についても詳細な検討が必要と考えられた。

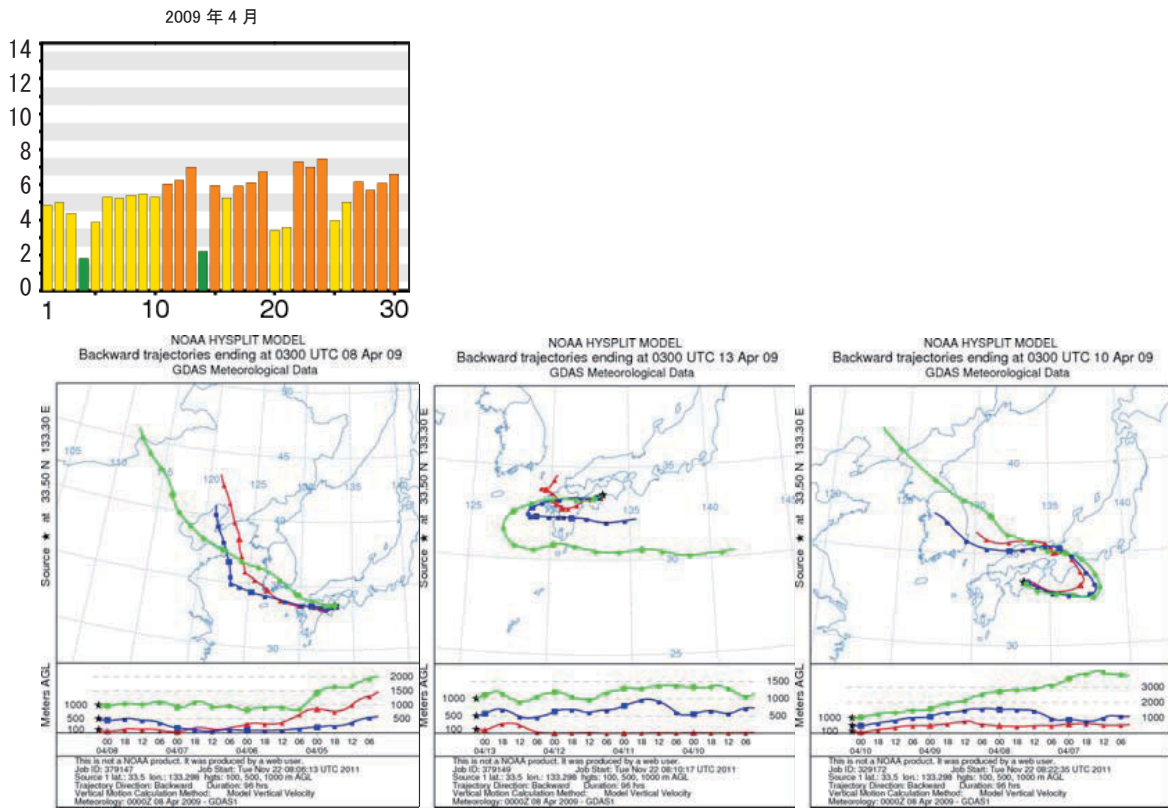


図38 佐川

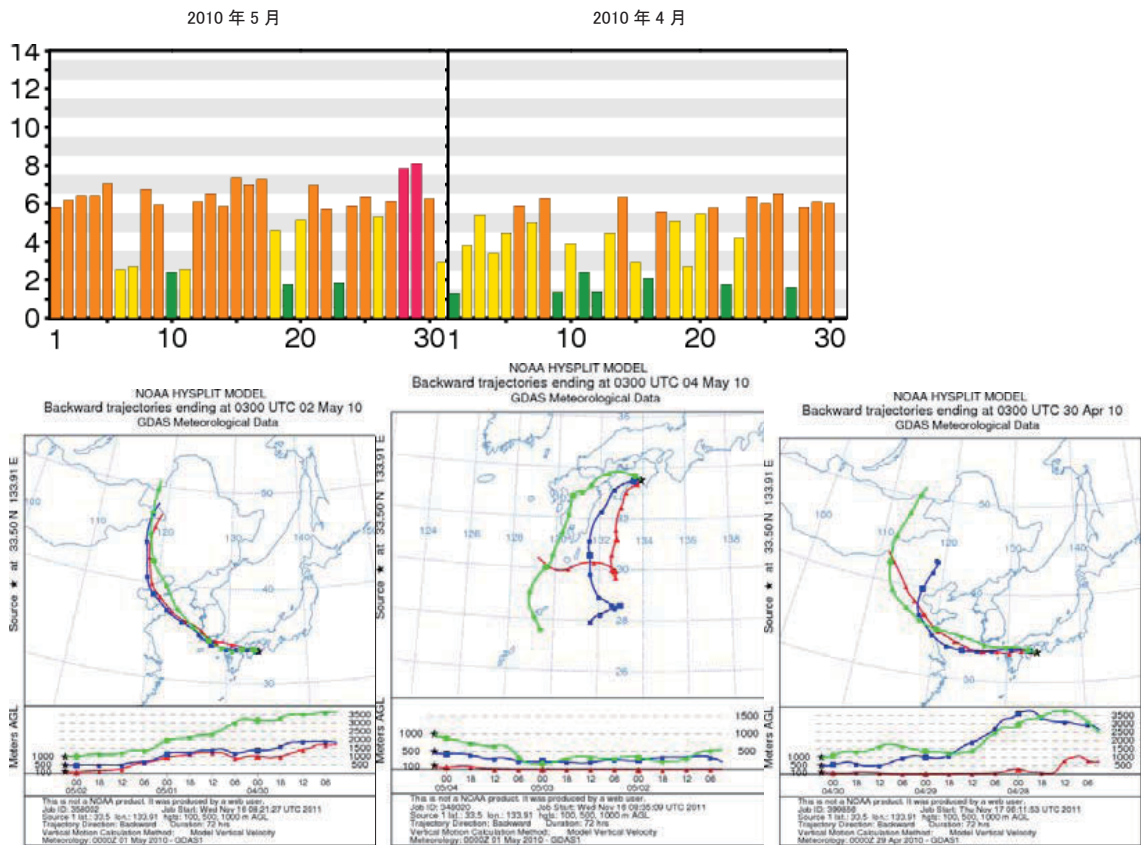


図39 安芸

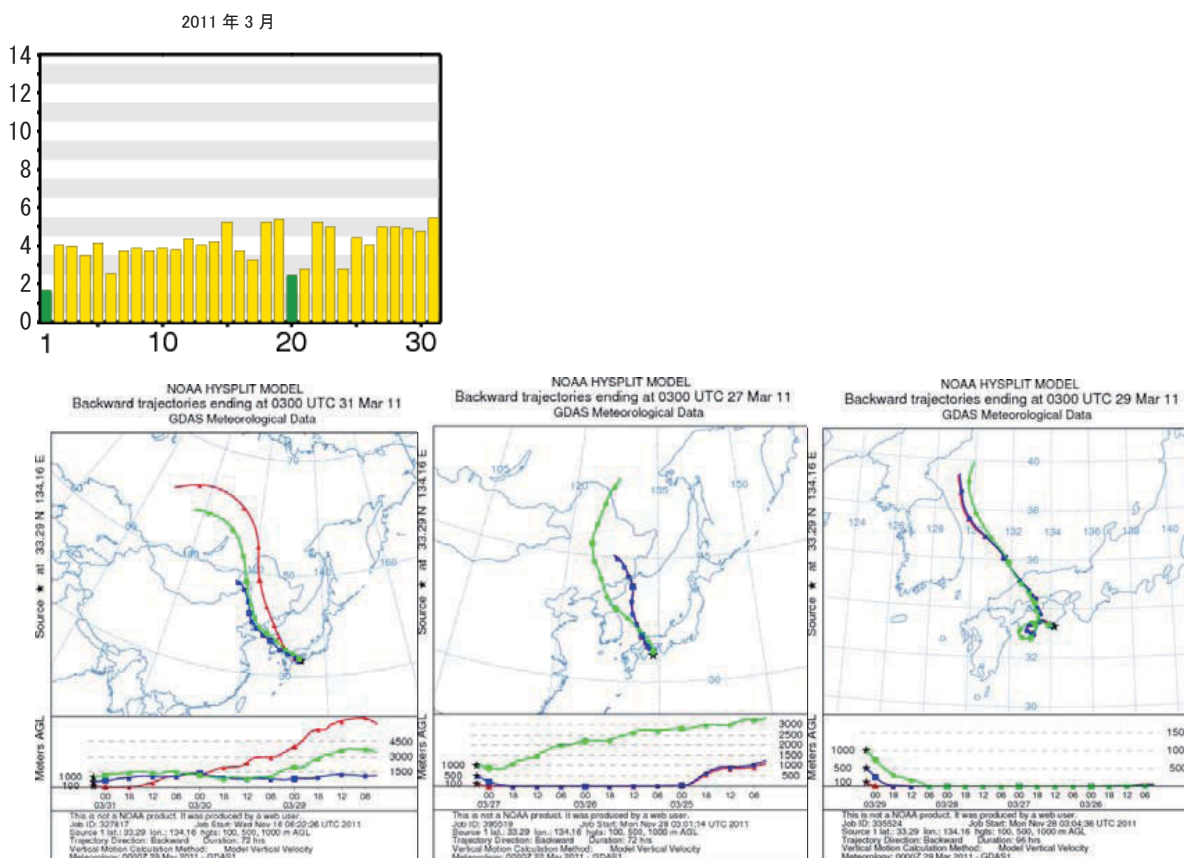


図40 室戸

おわりに

本県における光化学オキシダントは、常時監視を行った全ての局において環境基準非達成の状況が続いており、その原因を究明することが課題である。2010年度まで光化学オキシダント注意報を発令した事例はなく、健康被害も確認されていない。しかし、全国的に光化学オキシダントの上昇傾向がある中、幸いにも本県の場合特に上昇傾向はみられないが、今後は注意していく必要があると思われる。

また、当所は2006年度より、国立環境研究所と地方自治体との共同研究（C型）により「日本における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と粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究」、「PM_{2.5}と光化学オキシダントの実態解明と発生源寄与評価に関する研究」を課題として光化学オキシダントの汚染状況を全国の自治体（2010年度55自治体）と研究している。

4. 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2）

西山泰彦・十川絏一*

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 (2) –

Yasuhiko Nishiyama・Kouichi Sogawa

【要旨】 水質汚濁防止法に基づく公共用水域監視結果を用い、海水温の経年変化を明らかにすることを試みた。県下全域の沿岸海域から代表的な5地点を選び、昭和52年度以降約30年間の監視結果から表層に近い海水温の経年変化を調べた。単回帰法、重回帰法のいずれの手法でも沿岸域の海水温上昇傾向が確認できた。上昇温度は、単回帰法では30年間換算で0.4～1.4℃、重回帰法では0.5～1.3℃と算出された。

Key words: 沿岸海域, 表層, 海水温, 重回帰, 単回帰, 上昇傾向, 水質汚濁防止法

1. はじめに

前報²⁾では、これまで蓄積された約30年間の公共用水域監視結果を解析し、沿岸海域の水温経年変化を明らかにできないか試みた。その結果、表1に示した5地点全てで海水温の上昇傾向が見られることがわかった。しかし、単回帰を使った単純な解析方法であったため、本報では季節変動を考慮に入れることが出来る重回帰分析手法を試みることとした。

2. 測定法・解析地点について

県でおこなう試料は表層(0.5m)、中層(2m)、下層(10m)の3層の海水を等量混合したものを分析しており、前報に引き続きこの方法を基に解析をおこなった。また、解析地点は、前報と同じく県内全域から5地点を選んだ。解析対象測定地点を表1に示した。

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	水深
宿毛湾水域	宿毛湾	宿毛湾St-4	39-607-03	A	1976(S51).7	約60m
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	約30m
		松尾地先St-2	39-609-02	A	1977(S52).2	約80m
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	約30m
室戸阿南海岸国定公園水域	芸東海域	三津地先St-1	39-610-01	A	1977(S52).7	約35m

* 現高知県環境対策課

表2 重回帰の目的変数と説明変数とダミー変数の設定方法の一例

測定年月	目的変数		説明変数											
	水温実測値 (T_j)	経過月数	季節効果(ダミー変数: A_k)											
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
S52年4月	T_1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S52年5月	T_2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S52年6月	T_3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S52年7月	T_4	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S52年8月	T_5	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
S52年9月	T_6	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
S52年10月	T_7	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
S52年11月	T_8	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S52年12月	T_9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
S53年1月	T_{10}	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
S53年2月	T_{11}	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
S53年3月	T_{12}	12	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

3. 監視結果のクリーンアップ手法について

解析を行うにあたり、測定結果のクリーンアップを行った。クリーンアップ手法は前報²⁾と同じ手法を用いた。各地点とも水深が10mを超えているため採水時に3層混合していない水温測定結果は解析から除外した。なお、今回も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。

4. 解析手法

海水温は外気温の影響を受けるため夏期は高く、冬期は低く推移すると考えられる。このため、季節変動を反映するため名目変数であるダミー変数(A_k)を表2のように設定し、各月毎のファクターを説明変数として設定した。ダミー変数は名目変数であるため単年度の和が0となるようにその年度の最後の月のダミー変数として-1を設定した。また、今回の解析では1977(S52)年4月を基点とし、その時の説明変数 $M_j = 1$ となるように設定し算出した。

このモデルを使うと、海水温を表す目的変数 T_j は全データに対する傾きと各月毎の効果に分離することができる。このため傾き効果と季節による気温変動の周期性に該当するファクター部分に分離することができ、より詳細な解析が期待できる。

目的変数である海水温実測値 T_j は次に示した

式1で説明できる。

$$T_j = \text{傾き効果} \times M_j + \text{定数項} + C_i \times A_k \dots (\text{式1})$$

T_j : 海水温

M_j : S52年4月を1とした経過月数

C_i ($i = 1 \sim 12$): 各月の偏回帰係数

A_k ($k = 1, 2, 4 \sim 12$): 各月のダミー変数

(ただし $k = i$ のとき $A_k = 1$, $k \neq i$ のとき $A_k = 0$)

また、単回帰分析には通常の方法とは違い丸めの誤差を確認するために全てのダミー変数を0と設定して算出してみることにした。解析にはマイクロソフト社のExcelにオプション付属している統計ツールを使用した。

5. 解析結果

5.1 宿毛湾St-4

宿毛湾St-4は、陸地から約3.5km離れており、水深は約60mである。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152日、除外は11日であった。重回帰解析結果を表3に単回帰解析結果を表4に示した。また、算出された重回帰モデルを使い、実測水温と算出水温を図1に示した。

表3 宿毛湾St-4 重回帰解析結果

回帰統計	
重相関 r	0.960
重決定 r ²	0.921
補正 r ²	0.914
標準誤差	1.204
観測数	152

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	2345.146	195.429	134.917	2.861E-70
残差	139	201.343	1.449		
合計	151	2546.489			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.2997	0.205	104.030	1.004E-133 ***	20.895	21.705	20.765	21.834
傾き効果	0.0013	0.001	1.262	0.209	-0.001	0.003	-0.001	0.004
4月	-2.7772	0.377	-7.375	1.346E-11 ***	-3.522	-2.033	-3.761	-1.794
5月	-1.5804	0.512	-3.087	2.440E-03 **	-2.593	-0.568	-2.917	-0.243
6月	2.0648	0.273	7.550	5.215E-12 ***	1.524	2.605	1.351	2.779
7月	4.5337	0.394	11.517	5.733E-22 ***	3.755	5.312	3.506	5.562
8月	6.1584	0.326	18.886	3.332E-40 ***	5.514	6.803	5.307	7.010
9月	5.2303	0.337	15.500	4.287E-32 ***	4.563	5.897	4.349	6.112
10月	2.7227	0.318	8.552	1.973E-14 ***	2.093	3.352	1.891	3.554
11月	-0.1670	0.516	-0.324	0.746	-1.186	0.852	-1.513	1.179
12月	-2.0774	0.273	-7.603	3.910E-12 ***	-2.618	-1.537	-2.791	-1.364
1月	-4.1440	1.114	-3.721	2.868E-04 ***	-6.346	-1.942	-7.052	-1.236
2月	-5.1847	0.280	-18.549	2.009E-39 ***	-5.737	-4.632	-5.915	-4.455

* : 危険率 5 % で有意, ** : 危険率 1 % で有意, *** : 危険率 0.1 % で有意

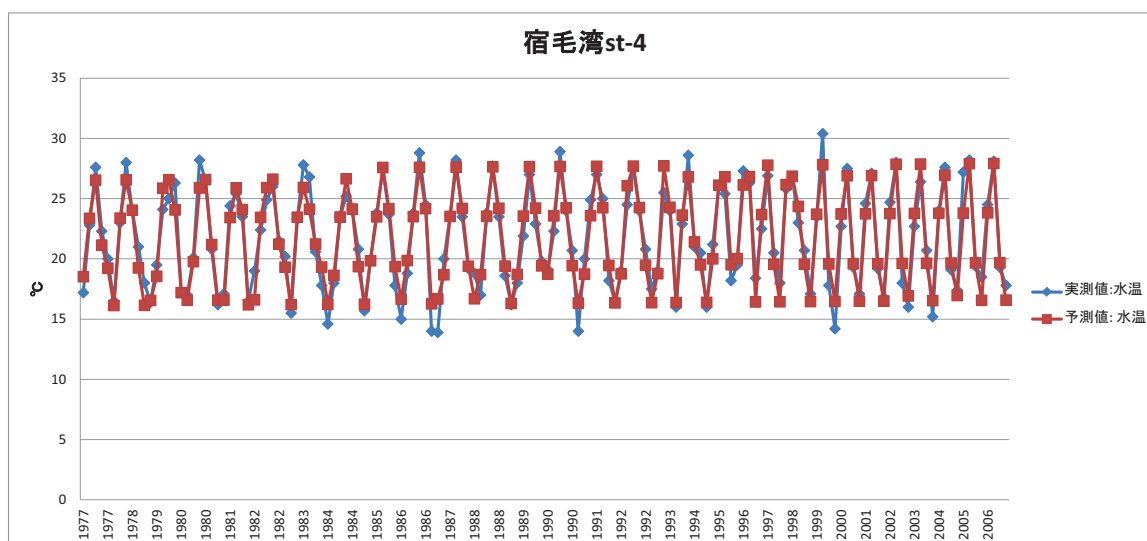


図1 宿毛湾St-4 水温経年変化 (実測値と予測値)

表4 宿毛湾St-4 単回帰解析結果*

回帰統計	
重相関 r	0.048
重決定 r ²	0.002
補正 r ²	-0.078
標準誤差	4.116
観測数	152

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	5.778	0.481	0.341	0.980
残差	150	2540.711	16.938		
合計	162	2546.489			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.443	0.636	33.732	6.412E-72	20.187	22.699	19.784	23.101
傾き効果	0.002	0.003	0.584	0.560	-0.005	0.008	-0.007	0.010

*すべてのダミー変数を0として算出

5. 2 足摺海域 叶岬沖St-4

叶岬沖St-4は、陸地から約1.4km離れており、水深は約30mとなっている。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9日であった。重回帰解析結果を表5に、単回帰解析結果を表6に示した。また、算出された重回帰モデルを使い、実測水温と算出水温を図2に示した。

表5 叶岬沖St-4 重回帰分析結果

回帰統計	
重相関 r	0.950
重決定 r ²	0.903
補正 r ²	0.888
標準誤差	1.246
観測数	151

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	2012.543	167.712	117.927	2.93E-66
残差	139	215.653	1.551		
合計	151	2228.196			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.4547	0.239	89.716	6.412E-125 ***	20.982	21.928	20.830	22.079
傾き効果	0.0024	0.001	2.246	2.626E-02 *	0.000	0.004	0.000	0.005
4月	0.0000	0.000	65535.000	***	0.000	0.000	0.000	0.000
5月	-0.4443	0.276	-1.610	1.096E-01	-0.990	0.101	-1.165	0.276
6月	1.3579	0.525	2.587	1.070E-02 *	0.320	2.396	-0.013	2.728
7月	4.0279	0.329	12.246	7.592E-24 ***	3.378	4.678	3.169	4.887
8月	4.9010	0.582	8.419	4.183E-14 ***	3.750	6.052	3.381	6.421
9月	5.1218	0.287	17.871	7.810E-38 ***	4.555	5.688	4.373	5.870
10月	2.3854	0.424	5.629	9.629E-08 ***	1.548	3.223	1.279	3.492
11月	-0.0401	0.265	-0.151	8.800E-01	-0.564	0.483	-0.732	0.652
12月	-2.4728	0.583	-4.243	4.000E-05 ***	-3.625	-1.321	-3.995	-0.951
1月	-4.7502	0.328	-14.494	1.393E-29 ***	-5.398	-4.102	-5.606	-3.894
2月	-5.3172	0.819	-6.489	1.414E-09 ***	-6.937	-3.697	-7.457	-3.177

*：危険率5%で有意，**：危険率1%で有意，***：危険率0.1%で有意

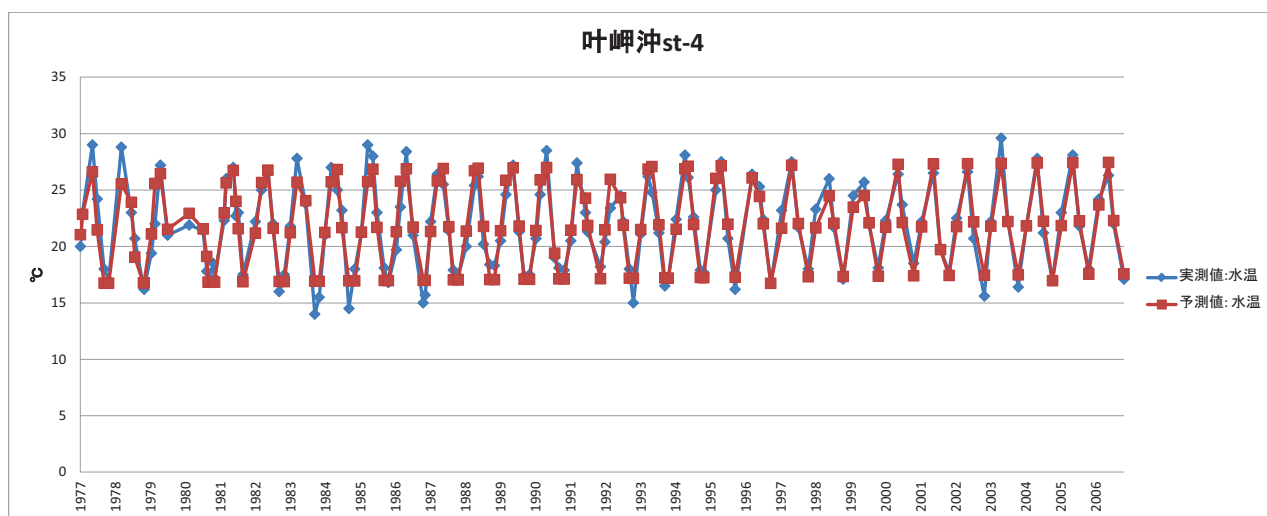


図2 叶岬沖St-4 水温経年変化 (実測値と予測値)

表6 叶岬沖St-4 単回帰解析結果*

回帰統計	
重相関 r	0.067
重決定 r^2	0.005
補正 r^2	-0.076
標準誤差	3.858
観測数	151

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	10.127	0.844	0.680	0.768
残差	149	2218.068	14.886		
合計	161	2228.196			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.2648	0.645	32.952	2.633E-70	19.990	22.540	19.581	22.949
傾き効果	0.0026	0.003	0.825	0.411	-0.004	0.009	-0.006	0.011

*すべてのダミー変数を0として算出

5.3 足摺海域 松尾St-2

松尾地先St-2は陸地から約1.5km離れており、水深は約80mとなっている。昭和52年度以降の3層混合監視結果を解析した。解析に使用した監視

結果は151日、除外は10日であった。重回帰解析結果を表7に、単回帰解析結果を表8に示した。また、算出された重回帰モデルを使い、実測水温と算出水温を図3に示した。

表7 松尾地先St-2 重回帰分析結果

回帰統計	
重相関 r	0.950
重決定 r ²	0.903
補正 r ²	0.888
標準誤差	1.187
観測数	151

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	1828.030	152.336	117.919	2.94E-66
残差	139	195.894	1.409		
合計	151	2023.924			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.7656	0.204	106.899	2.396E-135 ***	21.363	22.168	21.234	22.297
傾き効果	0.0032	0.001	2.835	5.271E-03 **	0.001	0.005	0.000	0.006
4月	0.0000	0.000	65535.000	*** ***	0.000	0.000	0.000	0.000
5月	-0.6067	0.262	-2.318	2.189E-02 *	-1.124	-0.089	-1.290	0.077
6月	1.2636	0.289	4.367	2.445E-05 ***	0.691	1.836	0.508	2.019
7月	3.7009	0.432	8.574	1.739E-14 ***	2.847	4.554	2.574	4.828
8月	5.0906	0.274	18.579	1.708E-39 ***	4.549	5.632	4.375	5.806
9月	4.8863	0.345	14.155	1.001E-28 ***	4.204	5.569	3.985	5.788
10月	2.3975	0.345	6.946	1.326E-10 ***	1.715	3.080	1.496	3.299
11月	-0.2613	0.304	-0.861	0.391	-0.862	0.339	-1.054	0.532
12月	-1.9988	0.300	-6.672	5.538E-10 ***	-2.591	-1.406	-2.781	-1.216
1月	-4.7589	0.455	-10.462	2.972E-19 ***	-5.658	-3.860	-5.947	-3.571
2月	-4.7094	0.258	-18.226	1.139E-38 ***	-5.220	-4.199	-5.384	-4.035

*：危険率5%で有意，**：危険率1%で有意，***：危険率0.1%で有意

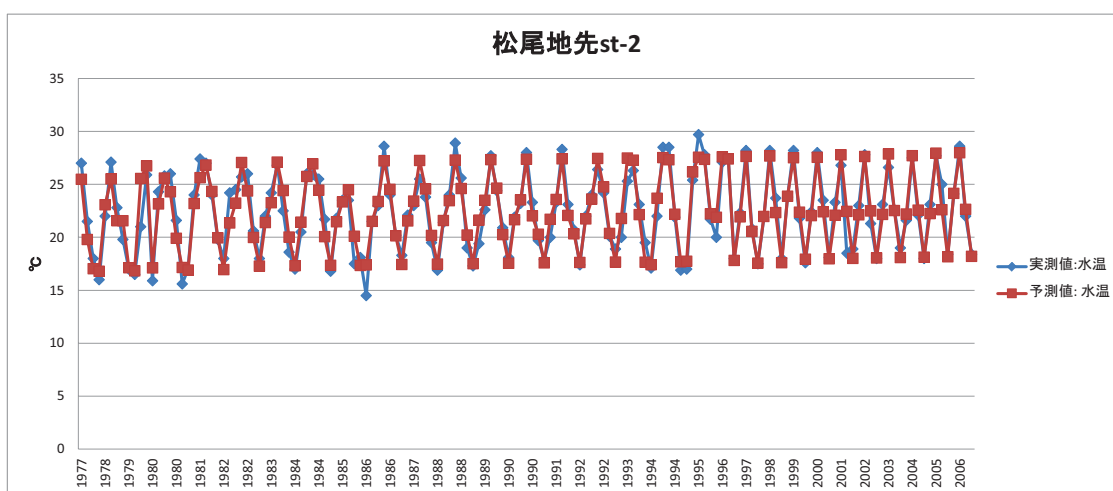


図3 松尾地先St-2 水溫経年変化（実測値と予測値）

表8 松尾地先 St-2 回帰解析結果*

回帰統計	
重相関 r	0.103
重決定 r^2	0.011
補正 r^2	-0.070
標準誤差	3.666
観測数	151

分散分析表					
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	21.676	1.806	1.613	0.095
残差	149	2002.248	13.438		
合計	161	2023.924			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.7165	0.591	36.728	0.000	20.548	22.885	20.174	23.259
傾き効果	0.0038	0.003	1.270	0.206	-0.002	0.010	-0.004	0.012

*すべてのダミー変数を0として算出

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。佐賀地先St-5は、陸地から1.2km程度離れており、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。解析に使用した監視結果は152日、除外は7日であった。重回帰解析結果を表9に、単回帰解析結果を表10に示した。また、算出された重回帰モデルを使い、実測水温と算出水温を図4に示した。

表9 佐賀地先St-5 重回帰分析結果

回帰統計	
重相関 r	0.955
重決定 r^2	0.912
補正 r^2	0.905
標準誤差	1.296
観測数	152

分散分析表					
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	2426.713	202.226	120.308	4.04E-67
残差	139	233.646	1.681		
合計	151	2660.3589			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.1065	0.211	100.242	1.628E-131 ***	20.690	21.523	20.557	21.656
連番	0.0022	0.001	1.897	0.05988	0.000	0.005	-0.001	0.005
4月	-3.4506	0.619	-5.573	1.259E-07 ***	-4.675	-2.226	-5.068	-1.833
5月	-0.9079	0.312	-2.905	4.271E-03 ***	-1.526	-0.290	-1.724	-0.092
6月	2.3030	0.393	5.867	3.093E-08 ***	1.527	3.079	1.278	3.328
7月	4.4670	0.330	13.520	4.109E-27 ***	3.814	5.120	3.604	5.330
8月	6.6912	0.549	12.197	1.013E-23 ***	5.607	7.776	5.258	8.124
9月	5.1986	0.295	17.601	3.402E-37 ***	4.615	5.783	4.427	5.970
10月	3.6954	0.466	7.928	6.538E-13 ***	2.774	4.617	2.478	4.913
11月	-0.6755	0.321	-2.105	3.706E-02 **	-1.310	-0.041	-1.513	0.162
12月	-2.1833	0.340	-6.418	2.028E-09 ***	-2.856	-1.511	-3.072	-1.295
1月	-4.6815	0.351	-13.329	1.262E-26 ***	-5.376	-3.987	-5.599	-3.764
2月	-5.2635	0.546	-9.633	3.877E-17 ***	-6.344	-4.183	-6.691	-3.837

*: 危険率5%で有意, **: 危険率1%で有意, ***: 危険率0.1%で有意

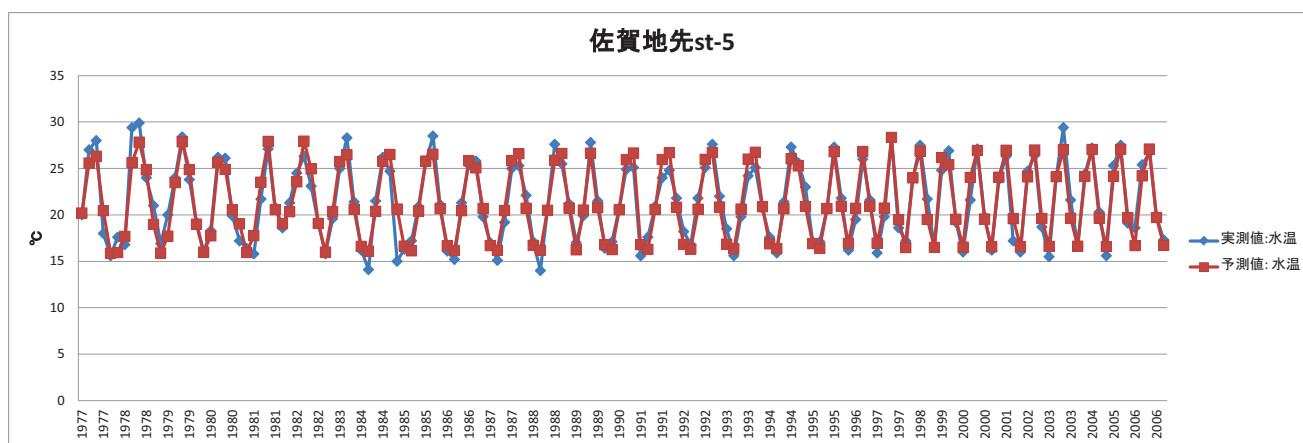


図4 佐賀地先St-5 水溫経年変化（実測値と予測値）

表10 佐賀地先St-5 単回帰解析結果*

回帰統計	
重相関 r	0.028
重決定 r^2	0.001
補正 r^2	-0.079
標準誤差	4.210
観測数	152

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	2.079	0.173	0.117	1.000
残差	150	2658.280	17.722		
合計	162	2660.359			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.1628	0.651	32.514	8.243E-70	19.877	22.449	19.465	22.861
傾き効果	0.0011	0.003	0.343	0.732	-0.005	0.008	-0.008	0.010

*すべてのダミー変数を0として算出

5.5 三津地先 St-1

三津地先St-1は、室戸岬の東側にあたり陸地から約0.6km離れており、水深は約35m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溫測定が十分おこなわれていなかったと考えられ、解析する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140日、除外は11日であった。重回帰解析結果を表11に単回帰解析結果を、表12に示した。また、算出された重回帰モデルを使い、実測水溫と算出水溫を図5に示した。

表11 三津地先St-1 重回帰分析結果

回帰統計	
重相関 r	0.942
重決定 r ²	0.888
補正 r ²	0.877
標準誤差	1.460
観測数	140

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	2140.951	178.413	83.705	2.92E-54
残差	127	270.694	2.131		
合計	139	2411.645			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	20.8163	0.259	80.326	9.784E-111 ***	20.3035	21.3291	20.1386	21.4940
傾き効果	0.0036	0.001	2.723	0.0074 ***	0.0010	0.0062	0.0001	0.0071
4月	-3.4615	0.620	-5.581	1.382E-07 ***	-4.6888	-2.2341	-5.0835	-1.8395
5月	-0.4798	0.318	-1.506	0.134	-1.1100	0.1504	-1.3126	0.3531
6月	1.4948	0.799	1.871	0.064	-0.0865	3.0760	-0.5949	3.5845
7月	4.6776	0.328	14.245	4.215E-28 ***	4.0279	5.3274	3.8189	5.5363
8月	5.3848	0.470	11.456	2.639E-21 ***	4.4546	6.3149	4.1556	6.6140
9月	5.7748	0.450	12.841	1.051E-24 ***	4.8848	6.6647	4.5987	6.9508
10月	2.5691	0.401	6.409	2.611E-09 ***	1.7759	3.3623	1.5209	3.6173
11月	0.6416	0.402	1.595	0.113	-0.1545	1.4377	-0.4104	1.6936
12月	-1.5804	0.616	-2.566	0.011 *	-2.7994	-0.3614	-3.1914	0.0305
1月	-4.6120	0.327	-14.092	9.823E-28 ***	-5.2597	-3.9644	-5.4679	-3.7562
2月	-4.6814	0.684	-6.846	2.898E-10 ***	-6.0345	-3.3283	-6.4696	-2.8933

* : 危険率 5 % で有意, ** : 危険率 1 % で有意, *** : 危険率 0.1 % で有意

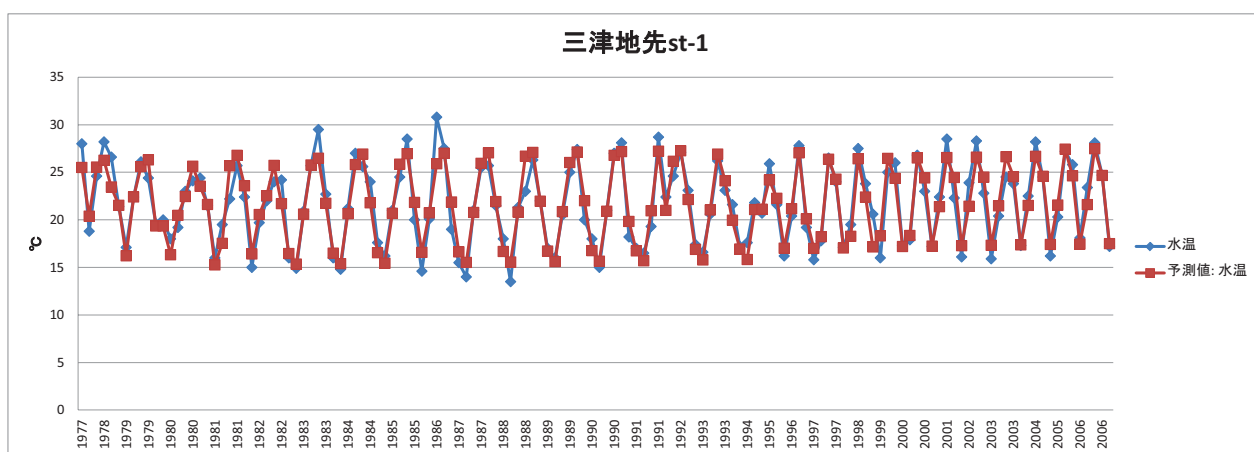


図5 三津地先St-1 水温経年変化 (実測値と予測値)

表12 三津地先St-1 単回帰解析結果*

回帰統計	
重相関 r	0.036
重決定 r ²	0.001
補正 r ²	-0.086
標準誤差	4.178
観測数	140

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	3.084	0.257	0.177	0.999
残差	138	2408.562	17.453		
合計	150	2411.645			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.4193	0.689	31.098	3.291E-64	20.057	22.781	19.620	23.218
傾き効果	0.0015	0.004	0.420	0.675	-0.005	0.008	-0.008	0.011

*すべてのダミー変数を0として算出

6. 考察

単回帰式とダミー変数を用いた重回帰式の比較から以下のことが考えられた。

ここでTとT_jは観測された海水温、MとM_jは昭和52年4月を1とした場合の経過月数である。

宿毛湾St-4、佐賀地先St-5の重回帰式の傾き（説明変数M_jの偏回帰係数）は5%の危険率で有意でないと判断されたため、参考値とし、傾きに（☆）と表記した。

表13 単回帰式、重回帰式の比較（昭和52年4月基準）

地点名	①単回帰	②重回帰	重回帰傾き効果 p 値
宿毛湾 St-4	T = 0.0019M + 21.4	T _j = 0.0013 ^(☆) M _j + 21.3 + C _{1j} *A _k	0.209
叶岬沖 St-4	T = 0.0026M + 21.3	T _j = 0.0024M _j + 21.5 + C _{2j} *A _k	0.026*
松尾地先 St-2	T = 0.0038M + 21.7	T _j = 0.0032M _j + 21.8 + C _{3j} *A _k	0.0053**
佐賀地先 St-5	T = 0.0010M + 21.3	T _j = 0.0022 ^(☆) M _j + 21.1 + C _{4j} *A _k	0.06
三津地先 St-1	Y = 0.0015M + 20.4	T _j = 0.0036M _j + 20.8 + C _{5j} *A _k	0.007**

i = kの時A_k = 1, i ≠ kの時A_k = 0 (C_i: 各月毎の回帰係数, A_k: 各月毎のダミー変数)

(☆) 危険率5%を超えたため参考値

*: 危険率5%で有意, **: 危険率1%で有意, ***: 危険率0.1%で有意

表14 単回帰式、重回帰式の定数項の比較

地点名	①単回帰 (°C)	②重回帰 (°C) 切片(各月ファクター)	切片 p 値
宿毛湾 St-4	21.4	21.3 (-5.18~+6.16)	1.004X10 ⁻¹³³
叶岬沖 St-4	21.3	21.5 (-5.32~+5.12)	6.400X10 ⁻¹²⁵
松尾地先 St-2	21.7	21.8 (-4.76~+5.09)	2.240X10 ⁻¹³⁵
佐賀地先 St-5	21.3	21.1 (-5.26~+6.69)	1.628X10 ⁻¹³¹
三津地先 St-1	20.4	20.8 (-4.68~+5.77)	9.784X10 ⁻¹¹¹

表13, 14の回帰式の傾きから30年（解析対象期間）での水温の上昇率の推定値を表15, 16に示した。これによると, ①単回帰式からは, 約0.4~1.4℃/30年, ②重回帰式からは, 約0.5~1.3℃/30年とほぼ同じ傾向にあり, すべての解析対象地点で上昇傾向を示していた。

地点別にみると, 宿毛湾, 松尾地先では重回帰の上昇率が低く, 佐賀地先, 三津地先では重回帰

の上昇率が2倍程度大きかった。叶岬沖では両者はほぼ同じであった。

特に, 松尾地先と三津地先の重回帰では, 危険率0.1%で1.2~1.3℃/30年の有意な温度上昇が示された。

表17に解析対象期間における測定地点の採水日数を示した。

表15 30年換算における水温の変化率

地点名	①単回帰	②重回帰
宿毛湾 St-4	0.7 °C / 30年	0.5 °C / 30年
叶岬沖 St-4	0.9 °C / 30年	0.9 °C / 30年*
松尾地先 St-2	1.4 °C / 30年	1.2 °C / 30年**
佐賀地先 St-5	0.4 °C / 30年	0.8 °C / 30年
三津地先 St-1	0.5 °C / 30年	1.3 °C / 30年**

*危険率5%で有意, **危険率1%で有意, ***危険率0.1%で有意

表16 重回帰式による30年換算における水温変化率 (95%信頼限界)

地点名	下方 95%信頼限界	上方 95%信頼限界
宿毛湾 St-4	-0.27 °C / 30年	1.20 °C / 30年
叶岬沖 St-4	0.10 °C / 30年*	1.61 °C / 30年*
松尾地先 St-2	0.31 °C / 30年**	1.54 °C / 30年**
佐賀地先 St-5	-0.03 °C / 30年	1.64 °C / 30年
三津地先 St-1	0.36 °C / 30年**	2.25 °C / 30年**

*危険率5%で有意, **危険率1%で有意, ***危険率0.1%で有意

表17 解析対象期間における測定地点の採水日数 (クリーンアップ後) (月ごと合計)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計(日)
宿毛湾 St-4	10	5	23	9	15	13	15	6	24	1	22	9	152
叶岬沖 St-4	0	23	5	15	4	21	8	26	4	15	2	28	151
松尾地先 St-2	0	21	16	7	19	11	11	16	15	6	22	7	151
佐賀地先 St-5	4	17	11	15	5	21	7	16	15	13	5	23	152
三津地先 St-1	5	23	3	21	9	10	14	13	5	22	4	11	140

7. まとめ

水質汚濁防止法に基づく過去約30年間の測定結果の解析から以下のことが確認できた。

1. 今回解析した5地点では、全て水深が10mを超えており3層を等量混合した試料で水質測定を行ってきた。約30年間の監視結果を見ると、季節効果を考慮した重回帰分析で解析した沿岸海域海水温は、全ての環境基準点で上昇傾向が見られ、地点によりその傾きに差があった。

単回帰式と比較したところ、3地点ではほぼ同じ傾向であったが、佐賀地先、三津地先では、重回帰式の方が2倍以上大きかった。ただ宿毛湾、佐賀地先の上昇率については危険率が5%を超えたため参考値として扱うのが妥当と考えられる。

2. 解析結果から全ての環境基準点で水温の上昇傾向がみられ、その上昇率は単回帰で約0.4~1.4℃/30年、重回帰で0.5~1.3℃/30年であった。

誤差の要因として、温度計の精密度、採水層や採水時間、採水頻度の影響、除外されたデータに由来するものなどが考えられる。ただ、解析をおこなった5地点中3地点が統計的に有意であることから、県沿岸海域の表層海水温はここ30年間上昇傾向にあると結論づけられるのではないかと考えられた。

なお、この研究は国立環境研究所と地方公共団体環境研究機関等でおこなってきた共同C型研究「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」の一部をとりまとめたものである。

解析にあたり様々な助言をいただいた国立環境研究所牧秀明氏、平成20-23年度統括代表者の皆様、その他助力頂いた各専門家・地方公共団体環境研究所・部門の皆様に感謝申し上げます。

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ます。

8. 参考文献

- 1) 高知県：公共用水域（及び地下水）の水質測定結果（1971-）
- 2) 西山泰彦・十川絃一・行弘恵：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・高知県沿岸域の経年変化について（その1）、高知県環境研究センター所報、26、67-78、2009
- 3) 二宮勝幸・柏木宣久：単回帰分析による季節時系列のトレンド推定の問題点、横浜市環境科学研究所報、34、43-45、2010
- 4) 二宮勝幸ほか：東京湾西部海域における表層水温のトレンドーダミー変数を用いた重回帰による推定一、横浜市環境科学研究所報、34、46-51、2010

IV 資 料

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（追加調査報告）

山村貞雄・十川絃一*

Sadao Yamamura・Kouichi Sogawa

1. はじめに

木質ペレット燃焼灰を有効利用するための調査は所報第26号（H21年度）¹⁾で報告したが、その後も新たなメーカーによるボイラーやペレットの新規参入があり、木質ペレットの利用がさらに拡大した。

今回、これらの施設の燃焼灰について溶出試験を追加実施し、調査結果を補強したので今後の木質バイオマス活用のための基礎資料として報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

高知県各地域で実際に使用された木質ペレットの燃焼灰。

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は、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。

2.2 実験方法

2.2.1 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。

2.2.2 溶出試験

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。

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。

3. 結果及び考察

3.1 木質ペレット燃焼灰の性状

木質ペレット燃焼灰の溶出試験結果及び相関表を表1に示す。

なお、相関関係を求めるため、定量下限値以下を0で表した。

灰の発生量は樹種や燃焼方法にもよるが、1%未満と言われており、当センターの20年度の調査でも0.6%程度であった。

熱灼減量の値から、多くのサンプルで燃焼が十分されていることが確認されたが、いくつかの施設では熱灼減量の値が高く、20%以上の試料もあった。主灰については、構造上主灰の発生量が少ない施設があり、未燃分が残っている場合には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る。

2つの施設でクリンカ状の燃焼残渣が発生している。燃焼残渣からは特に変わった成分は検出されなかったが、これらの施設は同じ燃焼炉とペレットの組み合わせであり、今後の追跡調査が必要と考えられる。

* 現環境対策課

3. 2. 2 溶出液中の重金属類 (表 1)

基準値が設定されている金属類はCr⁶⁺, As, Se, Cd, Pbの5物質であるが, 基準値を超過したものはPbが1検体, その他はCr⁶⁺だけであった。

施設Aでは鉛が多い灰は, 多くの場合亜鉛と銅の検出量が多く見られることから, 真鍮からの溶出が疑われた。メーカーに問い合わせた結果, 部品の摩耗が確認された。

しかし, 施設Iの鉛が基準を超えた灰は亜鉛が検出されず, セレンが多く検出されていることから, 他のサンプルとは異なる原因があると思われる。ボイラーメーカーにも問い合わせたが原因は確定できなかった。

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Cr⁶⁺を推測する方法として, Cr⁶⁺とT-Crの相関を確認した(表1)。その結果, T-CrとCr⁶⁺の間に非常に強い相関が認められた。

前報¹⁾で報告したとおり, 高濃度のCr⁶⁺を含むサンプルが採取された施設A及び施設Dではボイラー内部の破損が確認されており, 修理完了後及びその他の施設ではCr⁶⁺は1 mg/Lを下回った。そこで, 通常の管理状態を念頭にCr⁶⁺ 1 mg/L以下のサンプルについてプロットすると, 図1のとおりT-Crの80%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Cr⁶⁺を推測することが可能であると考えられた。

NiとZnにも強い相関が見られたが, これはNi, Znともにほとんどが定量下限値以下であり, 唯一大きな値を取っているサンプルの影響を受けたもので, これを除いた他のサンプルでは相関は全く見られなかった。また, メーカー別でも強い相関が見られているが, これはnd以外のサンプルが極端に少ないためであり, 実質的な相関関係はなかった。

また, As-Fe, Sb-B, As-Sbにも一定の相関が見られた。(図2, 3, 4)

Sb-B, As-Sbは有効なデータの組が少なく, 詳細な分類では明確な傾向が見られなかったが, As-Feはボイラーメーカー別でも一定の関係が見られた。

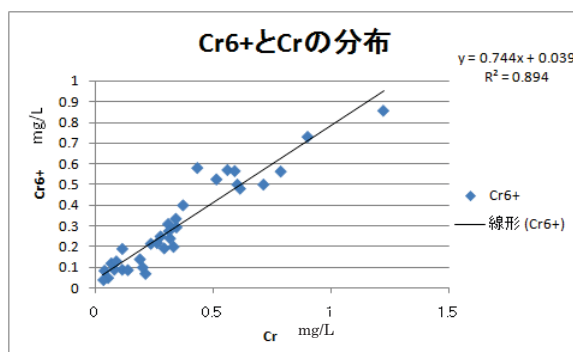


図1 T-CrとCr⁶⁺の分布

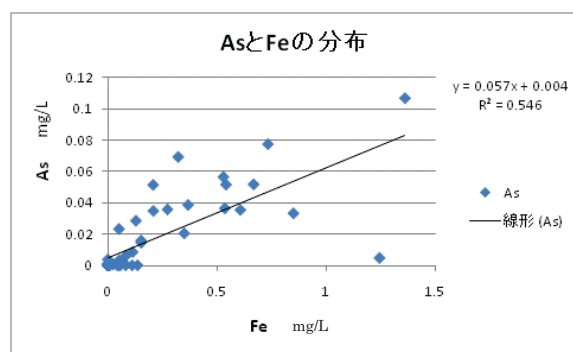


図2 AsとFeの分布

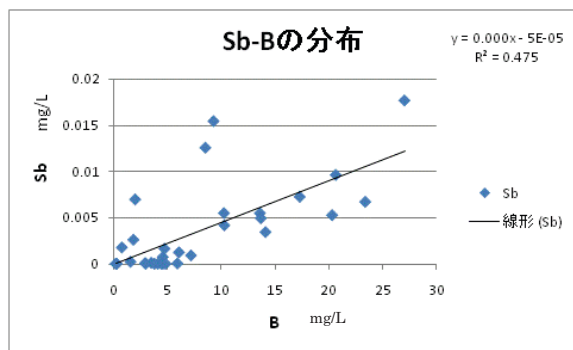


図3 SbとBの分布

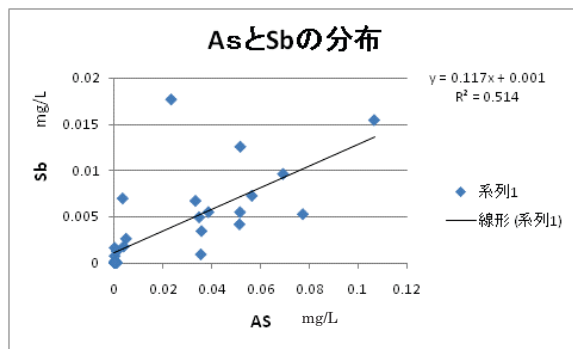


図4 AsとSbの分布

4. まとめ

木質ペレット燃焼灰を有効利用するために、第1報とあわせるとボイラー等27施設から発生した燃焼灰48サンプルについて、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、6施設において20%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) 溶出試験の結果、溶出液の多くはpH12以上の強アルカリであった。施設BとCの飛灰で溶出液にたびたび強い着色が見られた。

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, Cu, Znがたびたび検出される施設について、確認を行った結果、部品である真鍮の摩耗が見つかった。

また、FeとAsにおいて高い相関があった。

Cr⁶⁺について、2施設において、基準値1.5 mg/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。

(3) 高濃度のCr⁶⁺発生原因として、先行文献²⁾³⁾

では、樹木由来のCrの酸化、製造工程由来のCrの酸化（ステンレス部品の摩耗）、燃焼炉内のステンレス等が示されているが、

①同じ会社の全木ペレットを使用している6施設でも高い値は2施設のみであること。

②正常な施設では、Cr⁶⁺の濃度は概ね1 mg/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

③T-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。

(4) 正常な燃焼炉からの燃焼灰はCr⁶⁺の基準を超えることはなく、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。

(5) 研究の対象とした27施設中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。

5. 参考文献

1) 高知県環境研究センター所報第26号 (H21年度) p17-23

2) 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」

3) 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)

4) 大嶺聖ら：「微生物の代謝による六価クロム汚染土の浄化効果」(2009)

2. 木質ペレットボイラーにおける灰塊及びクリンカー生成の要因調査結果

桑尾房子・十川絃一・山村貞雄

A Study about Formation of Hard Ash and Clinker in Woody Pellet Boiler

Fusako Kuwao・Kouichi Sogawa・Sadao Yamamura

【要旨】 森林保全のための間伐材や製材で生じる端材等を利用する木質ペレットは石油燃料に代わる再生可能なエネルギー源として利用が拡大されているが、クリンカーが発生し、燃焼の立ち消えなど連続運転に支障を来す事例がある。そこでクリンカーやクリンカーに準ずる灰塊がどのような条件下で生成されるか検討を行い次のような結果を得た。

1. 燃焼灰の成分としてCaO（約75%）やK₂O（約10%）が主体となるホワイトペレットはクリンカーや灰塊が形成されにくい。
2. 燃焼灰の成分としてCaO（約57%）、K₂O（約26%）、SiO₂（約2.4%）、Fe₂O₃（約3.6%）とホワイトペレットに比べK₂O、SiO₂、Fe₂O₃が多く含まれ、さらに成分元素の種類が多いブラウンペレット（全木ペレット）ではクリンカーや灰塊を形成する可能性がある。
3. K₂O、SiO₂、Fe₂O₃の添加加熱試験によりクリンカーや灰塊の生成には塊粒子を作りさらにそれらの集合体を形成する一連の過程があり、その促進には熔融温度が低く融着作用をもたらすガラス様成分として燃焼灰中のSiO₂とK₂Oが主要な因子になると考えられた。さらにFe₂O₃の存在がクリンカーの生成や強度に影響を与える可能性が考えられた。

Key words：クリンカー，木質ペレット，代替エネルギー

1. はじめに

高知県は県土の84%が森林であり、林業活性、環境保全、災害防止等の様々な公益性の観点から森林環境税等を活用して間伐が進められている。こうした間伐材は切り捨てるのではなくバイオマスとしてチップやペレットの形で利用拡大が図られている。木質ペレットは石油燃料に代わる再生可能な代替エネルギーとして利用拡大が求められるが、一部でボイラー燃焼部においてクリンカーが発生し、燃焼の立ち消えなど連続運転に支障を来す事例があり技術相談が寄せられた。

クリンカーの生成を防ぎバイオマスとしての利用安定性を向上するために、ペレット燃焼灰の特性を明らかにし、クリンカー発生を考察したので報告する。

2. 方法

2.1 調査対象

平成21年5月から平成22年12月にかけて、16施設の17のボイラーからペレット燃焼灰36検体を採取した。その内訳を表1に示す。

表1 調査に用いた木質ペレット灰

ボイラーメーカー	ペレットメーカー	ペレットの種類*	灰の種類	灰の件数	備考
BA社	PA社	ホワイト	飛灰	2	
BB社	PA社	ホワイト	飛灰	1	
			主灰、飛灰	1x2=2	
BC社	PA社	ホワイト	飛灰	1	
			主灰、飛灰	2x2=4	
	PD社	ホワイト+ブラウン	飛灰	2	
	PA社+PC社	ホワイト+ブラウン**	主灰	1	クリンカー形成
BD社	PB社	ブラウン	主灰、飛灰	1x2=2	主灰でクリンカー形成
			主灰	2	
BE社	PB社	ブラウン	飛灰	3	
			主灰、飛灰	2x2=4	
			主灰	1	
			飛灰	1	
			主灰、飛灰	5x2=10	

* ペレットメーカーPD社製のホワイトペレットのみ広葉樹、他は針葉樹

** ホワイトペレットとブラウンペレットの混合物がブラウンペレットのみか明確でない。含有成分からはブラウンペレット

ペレットメーカーはホワイトペレットを生産するPA社（10灰検体）、ブラウンペレット（全木ペレット）を生産するPB社（21灰検体）とPC社（3灰検体）、ホワイトとブラウンの混在するPD社（2灰検体）の4社である。

ボイラーメーカーはBA社（2灰検体）、BB社（3灰検体）、BC社（10灰検体）、BD社（9灰検体）、BE社（12灰検体）の5社である。

採取した灰は主灰のみ3件、飛灰のみ11件、主灰と飛灰の両方採取は11施設22件である。またこの他にクリンカー発生の相談案件として持ち込まれた試料1検体である。なお、主灰とは炉下・炉床の灰、飛灰とは風圧で飛ばされたりサイクロン等で捕捉された灰である。

2. 2 調査方法

2. 2. 1 灰とクリンカーの成分分析法

灰とクリンカーの成分分析は蛍光X線分析装置JEOL製JSX3220を用い、電圧30kV、電流0.3mA、ライプタイム600sec、真空状態下、コリメータ2mmの条件においてバルクFP法を用い、エネルギー校正基準試料でエネルギー校正後に定量した。

MYLAR X-RAY FILM (CHEMPLEX INDUSTRIES, INC.)を用いて灰とクリンカー試料を支持し、無作為に3ヶ所を測定して、3ヶ所ともに検出できた成分のみ含有されるとした。またその含有組成比率(weight%)は3ヶ所の平均値とした。さらに一部の灰についてはX線回折を行った。

2. 2. 2 クリンカー生成確認試験（燃焼灰の加熱試験及び試薬添加による加熱試験）

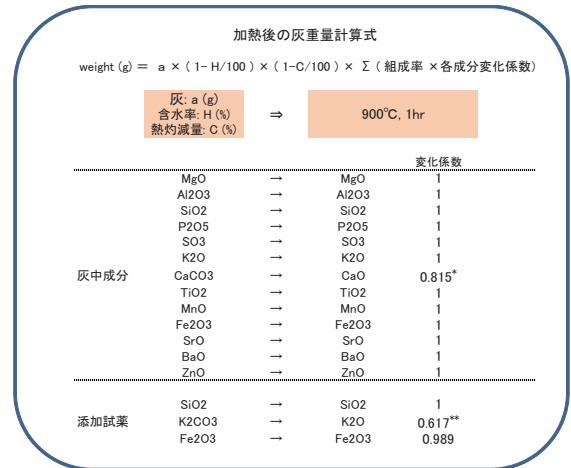
2. 2. 2. 1 加熱試験

灰塊やクリンカーの生成状況を確認するための加熱条件を900℃、1時間に設定し、熱処理には34φ×37mm 15mlのアルミナるつぼを用い、灰は約1gを使用した。電気マuffle炉はADVANTEC製KM-420（最高制御温度1150℃、内容積17.5リットル。空気の供給なし）を用い、900℃まで1時間で昇温、1時間保持させた後自然放冷した。

2. 2. 2. 2 試薬添加による加熱試験

(1) 添加試薬

クリンカー生成試験には二酸化ケイ素（ナカライ特級）と無水炭酸カリウム（和光特級）及び酸化第二鉄（石津）を用いた。



*: 放置した灰はCaOがCaCO₃に変化しているが、900°C, 1hrで一部がCaOに変化すると考えられ、実験値として0.815を用いた。但し、クリンカーではCaOの形で存在
 **: K₂CO₃の含水率9.2%とK₂Oへの変換係数0.681(K₂O/K₂CO₃)から求めた

図1 添加試験における900℃、1時間加熱後の灰重量の計算方法

(2) 加熱前後の灰成分の変化係数

添加加熱試験後の灰の各成分構成比率を推測するために用いた変化係数を図1に示す。

ペレット燃焼灰は900℃、1時間の加熱により灰の水分と残存する有機物（熱灼減量分600℃、3時間）が除去され、また各成分の重量の変化係数はCa化合物以外では変化がなく“1”とした。試料とした灰の一部はCaCO₃になっており、熱処理によるCaOへの重量変化は実験値として0.815を用いた。

添加するK₂CO₃は試薬の含水率9.2%を考慮し、また900℃、1時間で全てK₂Oに変化すると計算し0.617とした。添加Fe₂O₃は水分除去等により0.989倍に減量されるとし、SiO₂は減量なしとして計算した。

重量は0.1mgまで測定した。一方、図1に示した係数と式を用いて900℃、1時間の熱処理後の灰重量を計算した。この計算値と実測値の比は平均0.98（max:1.10, min:0.87, n=38）である。

2. 2. 3 クリンカー及び灰塊の定義

クリンカーの定義は堅固な塊が安定して持続することとした。灰を900℃、1時間の加熱処理直後には堅く固まり数日間室温放置すると変質し容易に壊せる場合があるが、この様な場合はクリンカーとしなかった。

また高温の火格子上で灰が固まり流動性が悪く

なると灰の堆積を招いて立ち消えの原因になると思われるため、加熱処理後に灰分が塊状を呈するものを灰塊と定義した。なお灰塊には指の力で壊れる程度のものからハンマー打撃が必要なもので様々な堅さが見られた。

3. 結果及び考察

3.1 灰及びクリンカーの成分組成と形状

36灰検体のペレット、主灰、飛灰の種類別とクリンカーにおける成分含有組成比率 (weight%) を図2に示す。なお本文での成分の含有組成比率はweight%である。またクリンカーの形状を写真1に示す。

ホワイトペレットの燃焼灰ではクリンカーの形成は見られていなかった。その成分組成比率は主灰、飛灰で差は少なく (図2左から1, 2列目)、全体としてCaOが平均75% (min: 66%~max: 80%), SiO₂は0.32% (0.2%~0.8%), K₂Oが10% (7%~16%), Fe₂O₃が0.7% (0%~3.3%), MnOが7% (5%~11%) であった。

同様にクリンカー形成の見られていないブラウ

ンペレットの主灰と飛灰 (4, 5列目) では、飛灰のみに2% (0.4%~3.4%) で検出されたSO₃以外は差がなく、全体としてCaOが57% (38%~68%), K₂Oが26% (16%~37%), SiO₂は2.4% (1.4%~3.3%), Fe₂O₃は3.6% (1.6%~5.1%), MgO 2.3% (1.6%~2.9%), P₂O₅は1.9% (1.7%~2.3%), MnOが0.6% (0.4%~0.9%), であった。含有成分の種類はホワイトペレット灰に比べ多かった。

またホワイトとブラウンの混合ペレット灰 (3列目) ではMnOがホワイトペレット灰より少なく、Fe₂O₃やSiO₂がホワイトペレット灰より多いなどホワイトペレット灰とブラウンペレット灰の混合された含有組成比率を示した。

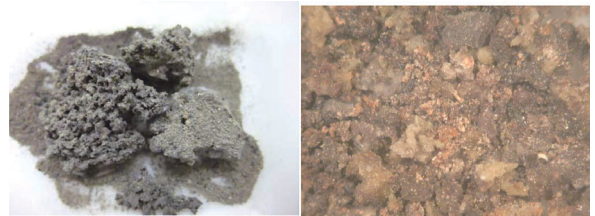


写真1 クリンカー (右×20)

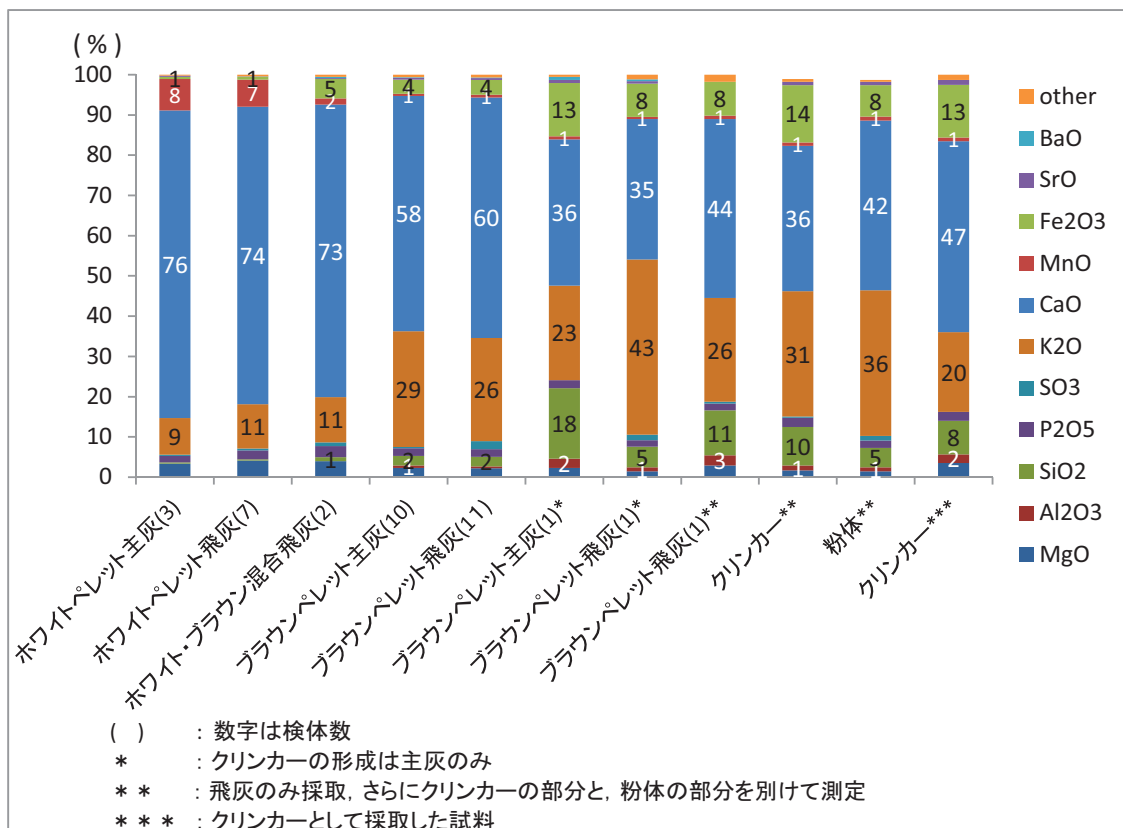


図2 ペレット灰およびクリンカーの成分含有比率 (weight%)

この様に含有組成比率はペレットの種類により明確に異なっていた。なお使用ボイラーによる違いは見られなかった。

一方、クリンカーが形成されていたのは2例であった。

1例目はブラウンペレットの主灰中（6列目）に見られ、クリンカーの生成の見られないブラウンペレット灰に比べCaOやK₂Oが減少し、Fe₂O₃が13%、SiO₂が18%、Al₂O₃が2%に増加していた。またクリンカー以外の粉末部分も小さな固まりが有りざらついていた。飛灰（7列目）も同様にざらついた粉体でクリンカー程ではないがFe₂O₃が8%、SiO₂が5%、Al₂O₃が1%に増加していた。

2例目は飛灰（8列目）しか採取できなかったが、クリンカー部分（9列目、写真1）ではFe₂O₃が14%、SiO₂が10%、Al₂O₃が1%で、ざらついた粉体部分（10列目）ではFe₂O₃が8%、SiO₂が5%、Al₂O₃が1%であった。この2例はペレットとボイラーが同じメーカーであった。

さらに相談案件として持ち込まれたクリンカー本体（11列目）ではFe₂O₃が13%、SiO₂が8%、Al₂O₃が2%であった。これら3件のクリンカー成分の共通の特徴からFe₂O₃、SiO₂、Al₂O₃等は強固なクリンカーの形成に關与する成分でないかと考えられた。

3. 2 クリンカー表面の成分組成の偏り

クリンカー形成のないホワイトペレット灰、ブラウンペレット灰では検出された多くの成分で、1検体3カ所の測定値による変動係数は10%以下であった。しかしクリンカーでは図3に示す様にCaO以外の成分で変動係数が大きく、これらの成分はクリンカーの固まりを形成する過程で偏在していくためと思われる。

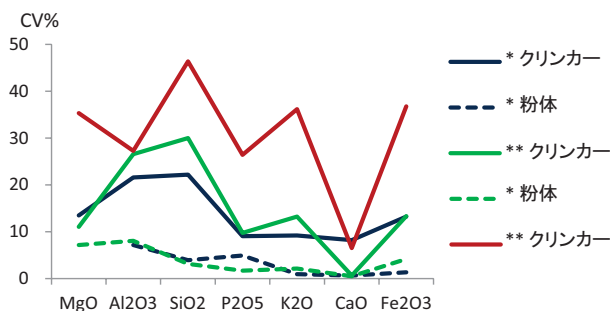


図3 クリンカーとクリンカー形成灰における測定値の変動係数 (CV%)

3. 3 クリンカー及び灰塊の生成確認試験

電気炉及び試薬添加によるクリンカー生成試験結果を次に示す。試薬添加試験では灰よりもクリンカーに多い成分として確認されたSiO₂、Fe₂O₃と灰の主要成分であるK₂Oについて検討した。

3. 3. 1 クリンカーの形成されていない灰の900℃、1時間加熱による変化

ペレットボイラーは通常800℃以上の火力で燃焼させている¹⁾。そこでクリンカーの形成されていない灰を900℃、1時間電気炉で加熱し、クリンカー様の堅い固まりが生成されるのか検討した。

ホワイトペレット灰ではいずれもサラサラ状で固形化しなかった (写真2, 図4-white ash)。



写真2 900℃、1時間加熱後のホワイトペレット灰



写真3 900℃、1時間加熱処理後のブラウンペレット灰 (右×20)



写真4 900℃、1時間加熱処理後のブラウンペレット灰 (右×63)

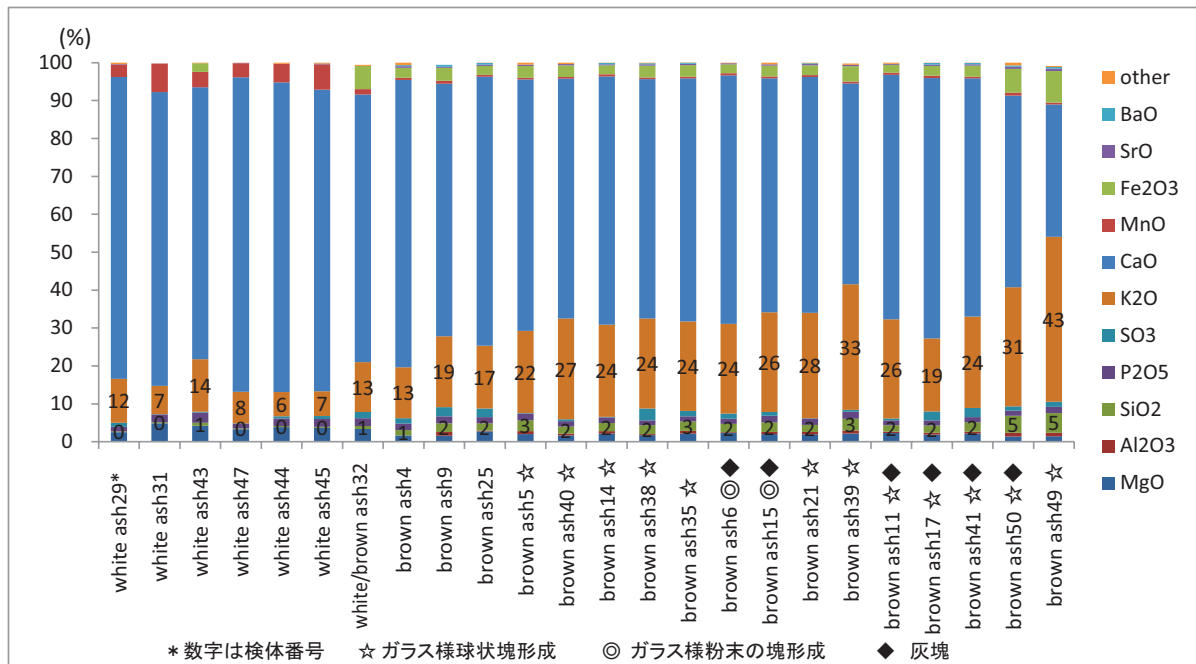


図4 900℃, 1時間加熱による灰の形状変化

一方、ブラウンペレット灰では一部の灰で固化したが、指で壊することができる灰塊であった(図4 -brown ash, ◆). またSiO₂の比率が1.7%以上, K₂Oが19%以上含有する灰ではクリンカーで観察される溶融したガラス様塊に似た小型球形粒子や粉末状のガラス様物質が互いに接着し形成されたと思われる小さな塊が顕微鏡下で散見された(図4, ☆, ◎). 写真3にガラス様物質が粉末様に覆われた灰塊例, 写真4にガラス様球状塊の出現した灰塊例を示す. 灰塊を形成した例では全てこの様なガラス様粒子が出現していた. こうしたことから灰塊やクリンカー形成にはガラスの素材になるSiO₂とK₂Oの関与が考えられた.

3. 3. 2 ホワイトペレット灰へのSiO₂, K₂CO₃, Fe₂O₃添加試験

クリンカーの形成促進条件を明らかにするため, クリンカーの形成されないホワイトペレット灰に, 関与が推察されるK₂CO₃ (融点891℃), SiO₂, Fe₂O₃を添加して900℃, 1時間加熱処理しクリンカーの生成を調べた. 用いた灰の成分はSiO₂ 0.28%, K₂O 6.6%, CaO 79.6%, MnO 6.7%, MgO 3.7%, P₂O₅ 2.1%, SO₃ 0.8%である(図5, 左から1列目).

なお, 900℃, 1時間加熱でK₂CO₃はK₂Oに変化するため, 添加K₂CO₃量はK₂O量に換算して以下K₂O

と表示した. また図5の横軸の試験結果の性状の項で*が付いたものは灰の成分比率と添加試薬の添加量から図1で示した方法で計算して求めた比率の計算値, 付いてないのは900℃, 1時間加熱後の実測値を示す.

図5左から2, 4-7列に示した様に, 約20%のSiO₂添加に加え, K₂O濃度を16%から34%に増加させると灰塊が形成され, K₂O濃度が高くなるに従い灰はより強く固まった.

また9-12列に示した様に, 約40%のK₂O添加に加え, SiO₂濃度を7%から17%に増加した場合, SiO₂濃度が高いほど灰は強く収縮し, 壊れ難い濃青緑色のクリンカー様固まりが形成された(写真5). このことからSiO₂が多くてもK₂Oが一定の濃度以上存在しないとクリンカーは形成されない. 即ちK₂Oが40%近く存在するとSiO₂が7%程度でもクリンカー形成に充分であった.

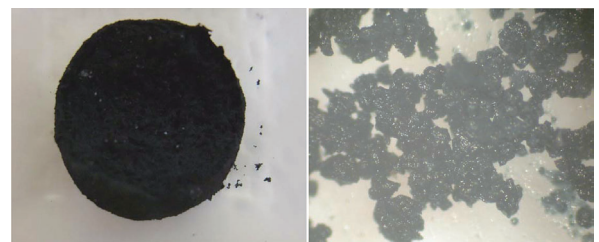


写真5 ホワイトペレット灰添加試験での生成クリンカー(右×63)

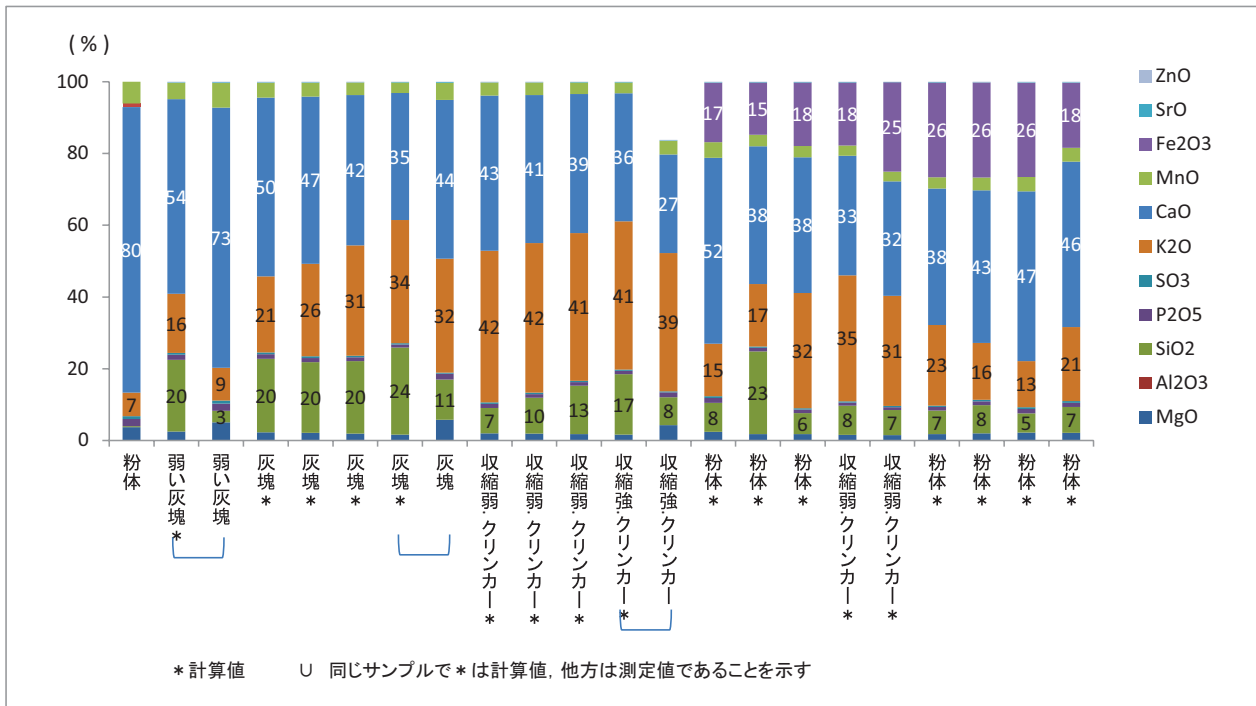


図5 ホワイトペレット灰の炭酸カリウム, 二酸化ケイ素, 酸化第二鉄添加によるクリンカー形成試験

また3列目は2列目の, 8列目は7列目の計算値に対する実測値である. この様に加熱により一部に塊形成が起るとSiO₂とK₂Oの比率は減少し, MnO, MgOの少量成分やCaOの比率が相対的に増加した. これは塊形成による成分の偏在化や蛍光X線分析での測定深度による表面と内部の成分差を示唆すると考えられた.

さらにFe₂O₃を添加すると(14-22列目), 黄褐色のクリンカーがSiO₂, K₂O, Fe₂O₃のそれぞれの比率が8%, 35%, 18%と7%, 31%, 25%の時形成された. SiO₂が7%程度あればFe₂O₃の存在によりK₂Oの必要量が低下した.

3. 3. 3 ブラウンペレット灰へのSiO₂, K₂CO₃ 添加試験

用いた灰の成分はSiO₂ 2.6%, K₂O 25%, Fe₂O₃ 2.6%, CaO 65%, MgO 1.8%, P₂O₅ 1.5%, SO₃ 0.3%, MnO 0.3%である(図6の左から1列目無添加非加熱). この灰を900℃, 1時間加熱すると顕微鏡下ではガラス様球状の小型粒子が散見されたが(2列目), 非加熱灰とのあいだで元素成分に大きな変化はなかった.

SiO₂のみ添加して濃度を15%から24%に増加させるとK₂O 22%~24%の状態ですべて弱い灰塊が形成された(3-5列目). またSiO₂濃度が24%の場合

の実測値では計算値に対してSiO₂の減とMgO, Fe₂O₃の増加が見られた(5, 6列目). こうした成分の増減はクリンカー形成時に見られる特徴であり, また顕微鏡下では無添加灰に比べガラス様球状粒子の大型化と増加が見られた.

一方K₂Oのみ添加して濃度を40%にした時SiO₂濃度2%でもクリンカーが生成した(7, 8列, 写真6). この時MgOやFe₂O₃は増加してないが, クリンカー形成による金属成分の偏在が起るためか変動係数は大きかった. 添加したK₂CO₃の融点が高いことから灰のガラス様球状粒子の固化促進に作用したと思われる.

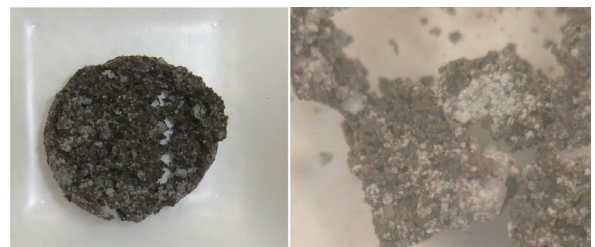


写真6 ブラウンペレット灰添加試験での生成クリンカー(右×10)

さらにK₂Oを50%に増やした場合(9, 10列目)では加熱後塊になって坩堝に強固に付着して剥がすことができなく強靱なクリンカーであると思え

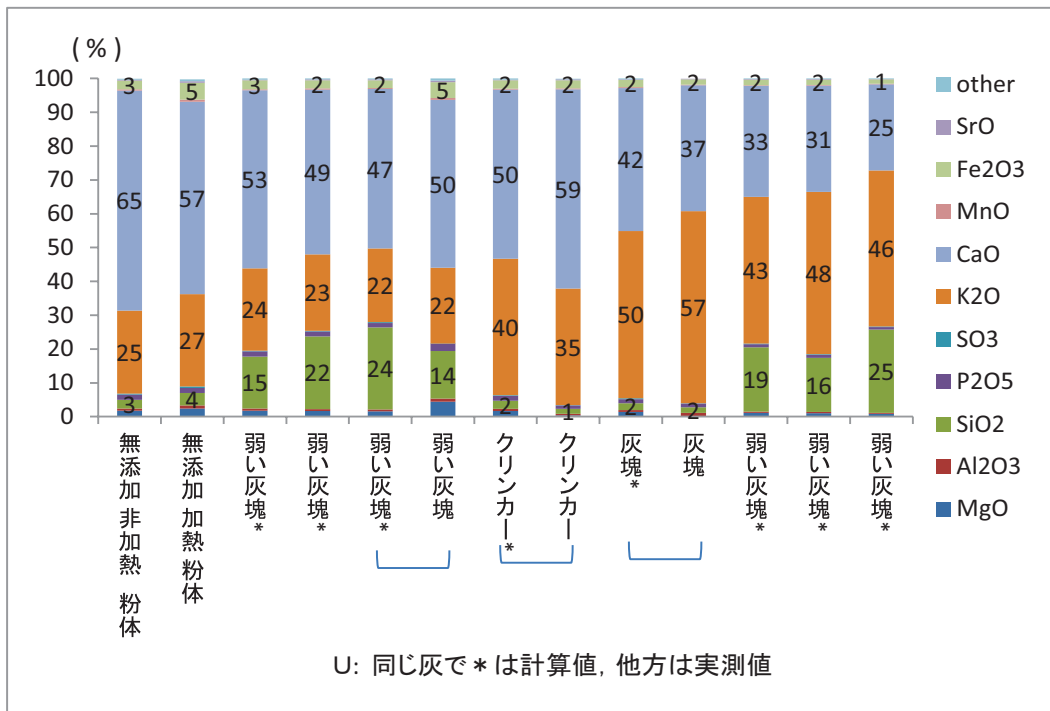


図6 ブラウンペレット灰の炭酸カリウム，二酸化ケイ素添加によるクリンカー形成試験

たが、1日室温放置して置くと膨潤して壊れた。これは他の成分と化合物を作らなかった余分のK₂Oが再度CO₂を吸収したためと推察された。

SiO₂を19~25%，K₂Oを43~48%にした場合(11-13列)は弱い灰塊が形成されたがクリンカーは形成されなかった。

4. まとめ

1. ホワイトペレットの燃焼灰の加熱試験では灰塊やクリンカーの形成が見られなかった。その成分組成比率は主灰，飛灰で差は少なく，全体としてCaOが平均75% (min: 66%~max: 80%)を占め，K₂Oが10% (7%~16%)，SiO₂は0.32% (0.2%~0.8%)であった。ホワイトペレットとして特徴的にMnOが7% (5%~11%)と多く含まれていた。
2. ブラウンペレット灰の加熱試験では一部で灰塊や微小なガラス様球形粒子が形成された。その組成はCaOが57% (min: 38%~max: 68%)，K₂Oは26% (16%~37%)，SiO₂は2.4% (1.4%~3.3%)，Fe₂O₃は3.6% (1.6%~5.1%)とホワイトペレットに比べK₂O，SiO₂，Fe₂O₃が多く含まれていた。

3. ペレットの燃焼灰に対する添加試験ではK₂O，SiO₂，Fe₂O₃の添加加熱により，灰塊やクリンカーが形成されやすくなることが確認された。灰塊やクリンカーの生成には，塊粒子を作りさらにそれらの集合体を形成する一連の過程があり，その促進には熔融温度が低く融着作用をもたらすガラス様成分として燃焼灰中のSiO₂とK₂Oが主要な因子になると考えられた。さらにFe₂O₃の存在がクリンカーの生成や強度に影響を与える可能性が考えられた。
4. 灰塊やクリンカーの出現は灰の流動性を低下させ，火格子上での灰の蓄積を招き燃焼の立ち消えの一因になると考えられ，ブラウンペレットはホワイトペレットに比べ灰の蓄積を防止するソフト(灰の定期的なかき出し等)あるいはハード(火格子の傾斜化，エアブロー措置等)の対策に留意する必要があると考えられた。

文献

- 1) 鈴木保志ら：ビニールハウスにおける木質チップボイラーの燃焼実験と加温作物への効果。高知大学成果報告書

3. 飛来性付着物の原因調査（異物解析技術を応用した苦情処理の一例）

西山泰彦・客野建一*・清岡有紀*・所谷壽美*

A case of falling dust around a bark compost factory and honey bee droppings Foreign matter analysis by optical microscope, FT-IR and fluorescent Xray spectroscopy for residents consultation

Yasuhiko Nishiyama・Kenichi Kyakuno・Yuki Kiyooka・Toshimi Tokorodani

【要旨】 バーク堆肥化工場周辺地区から飛散粉じんの相談が福祉保健所に持ち込まれたが、原因を特定することができなかった。このため環境研究センターに持ち込まれた付着物に様々な解析手法を試みた。付着物中から花粉が見つかったことから、ミツバチの糞公害が原因であることが確認され、相談者側の納得も得られた。

Key words：バーク，飛散，粉じん，異物，ミツバチ，糞公害，花粉，機器分析

1. はじめに

工場・事業場は設置者が十分な施設管理を怠ると周辺からの苦情が起きることがある。今回、苦情解決の過程で興味深い事例を経験したので報告する。

2. 事案の概要

平成22年4月にバーク（樹皮）堆肥を製造している事業場からバークなどのホコリが飛来し、大変迷惑しているという相談が福祉保健所などがあった。発生源とみられる事業場に立入調査を実施したが、事業場は比較的整理されており一時的な強風が原因ではないかと考えられたが原因不明だった。

平成23年2月初頭には、道路施設管理者から「洗車したばかりの従業員の車にホコリが付いてしまう。」という相談があった（図1）。

また、駐車場を利用した観光客から「車から降りてベンチで休んでいたら服にシミがついてとれない。なんとかして欲しい。」との苦情相談も寄せられた（図2）。

このため、環境研究センターに対し苦情先で採取した付着物（図4 a）を解析して何か情報が得られないかとの相談があった。このことから機器分析技術を応用した異物解析を試みた。

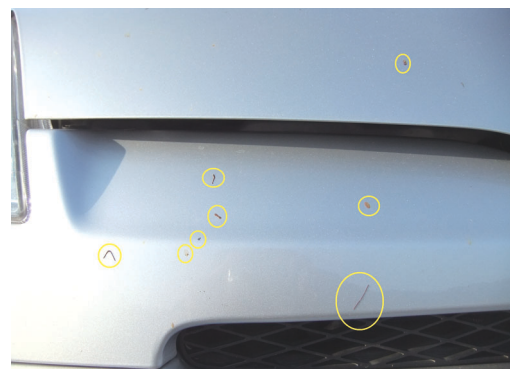


図1 被害に遭った車両

* 高知県中央西福祉保健所



図2 苦情があったベンチ

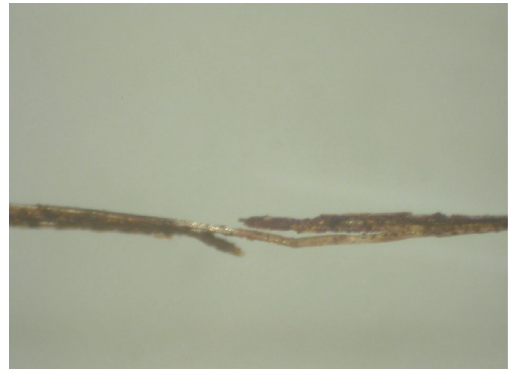


図3 c バーク繊維 (63倍)

3. 実体顕微鏡による両者の比較

付着物がバークである可能性があるため、事業場からバーク試料の提供を受け、苦情のあった付着物と比較してみることにした（図3 a～3 c，図4 a～4 d）。

検鏡にはニコン社製実体顕微鏡SMZ-2T，撮影にはニコンインステック社製COOLPIX4500を用いた。



図4 a 付着物 (1)



図3 a 提供されたバーク試料（一目盛り1mm）



図4 b 付着物 (2)



図3 b 提供されたバーク試料 (60倍)

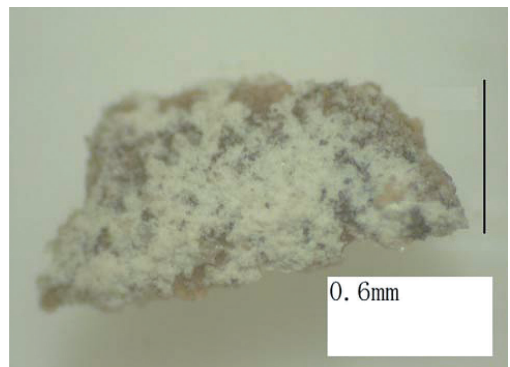


図4 c 付着物 (60倍)

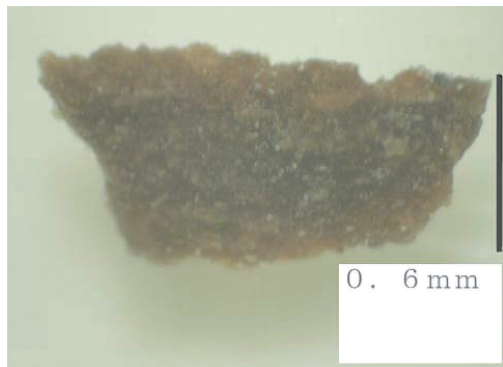


図4 d 付着物反対面 (60倍)

図3 a, 4 aに示したとおり両者とも褐色から黄色をしており苦情者側から同一発生源との印象を持たれることがあるのではないかと考えられた。

両者を詳細に比較してみると、バークは肉眼でも繊維が確認できるのに対し、付着物は繊維状のものは確認できず、全体的にのっぺりとした感じであった。また、通常バークには粘着性はなく自動車やベンチに落下することはあっても付着することは考えづらい。

バークを拡大したものを図3 b, 3 c, 付着物を拡大したものを4 c, 4 dに示した。

図3 b, 3 cに示したとおり、バークには明らかな繊維が認められるが、相談のあった付着物は、表と裏で状態が違い、一面には表面に白い粉状のものが認められるが、裏面は褐色であり干物に似たような印象を受けた(図4 c, 4 d)。

この結果を道路施設管理者に示し、原因がバークによるものではないことは納得してもらえたが、発生源はなお不明であり、図4 a～4 dが何なのか全く手掛かりがなかった。

4. 付着物の機器分析による解析

4. 1 FT-IR (フーリエ変換赤外分光法) による解析

物質は特定の赤外線を吸収し、物質組成によりスペクトルに違いが出る。付着物の外観から有機物主体であると考えられたため、赤外線吸収スペクトルの測定を試みることにした。

測定には日本分光社製FT/IR-480PLUSを使用し4000 cm^{-1} ～780 cm^{-1} について全反射法で測定をおこなった。分解能は8 cm^{-1} とし64回積算測定した。全反射法にはPIKE社製MIRacle Ge結晶を使用した。

Ge結晶を使うと付着物表面約1 μm 以浅のスペクトルを得ることが出来る。

得られたスペクトルを図5に示した。異物の面の違いで1050 cm^{-1} 付近の吸収の大きさに違いがあるが基本的なパターンは同じと考えられた。

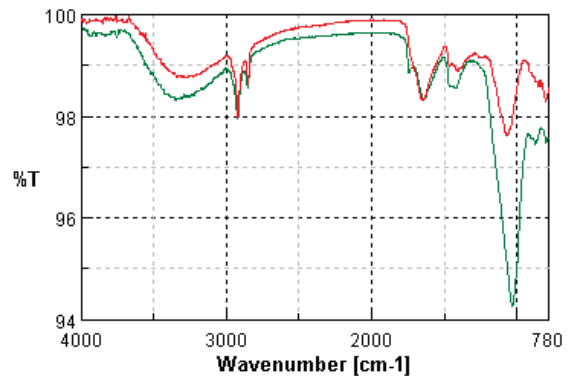


図5 付着物FT-IR測定結果 (緑: 図4 c, 赤: 図4 d)

付着物は1050 cm^{-1} 付近に最大の吸収がみられ、これはアルコールなどのC-O伸縮振動に帰属される可能性も考えられた。また3400～3200 cm^{-1} の広い吸収はO-H基に、1420-1410 cm^{-1} はC-H基に、1648-1638 cm^{-1} はC=C基に帰属され二重結合をもった化合物の存在も推定される。

2936-2916 cm^{-1} と2863-2843 cm^{-1} の特徴的な吸収はC-H基の振動に帰属された。

これらのことから付着物表面にはアルコールなどが含まれる可能性もあるのではないかと考えられた。

また、付着物とバークとの赤外吸収スペクトルを比較すると2350 cm^{-1} , 2830～3500 cm^{-1} 付近では大きな差があり両者は別の特性を持っていると考えられた(図6)。バークで見られた2350 cm^{-1} の吸収は波数から二酸化炭素由来と考えられ、バーク繊維間などに残った二酸化炭素が測定されているもので、バーク本体からのピークではないと考えられる。

付着物は採取した当初は無臭であったが、数日間実験室で室温放置すると微かなにおいが発生しアルコールに似ているのではないかと印象もあった。異物の場合、FT-IRだけでは具体的な化学物質の確認は難しいことが多いが、GC-MSでは詳細な確認ができる可能性もあり今後の課題である。

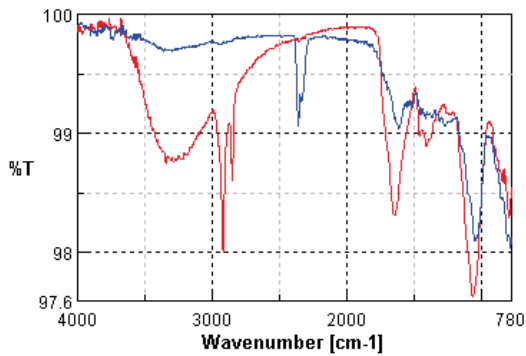


図6 バークと付着物スペクトル
(赤：付着物（図4 d），青：バーク）

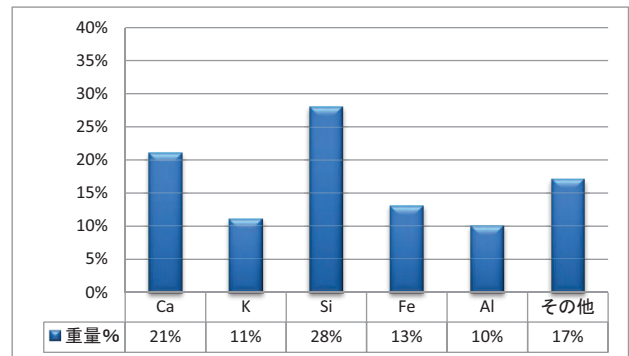


図7 バーク元素別重量組成
(炭素・酸素・窒素・水素対象外)

4. 2 蛍光エックス線による元素分析

蛍光エックス線は、無機元素に関する有力な情報を与え、付着物の構成元素を確認することができる。

測定には日本電子社製JSX3220を使用し、真空下で測定した。測定条件は、管電圧30kV、管電流0.3mA、ライブタイム600秒とした。

持ち込み試料が少量であったためアクリルピン先端に試料を張り付ける手法を用いた。また、JSX3220はエネルギー分散型蛍光エックス線のため、ふっ素より軽い元素を検出することができず、主成分と想定される炭素、酸素、窒素、水素については検出できない。このため常法では試料を燃焼させ有機物を除外し無機系元素だけを測定し、炭素、酸素、窒素、水素については別法を用い分析することになるが、今回は試料が微量だったことと迅速な概算値が必要であったため用いることにした。

結果を図7、8に示した。バークと付着物の元素組成を比較すると大きく異なっており、両者は明確に違う物であろうと考えられた。

図7に示したとおりバークにはケイ素、カルシウム、鉄が多量に含まれているが、付着物は図8に示したとおりカルシウム、カリウム、りん、硫黄、マグネシウムが多量に含まれていた。元素組成から付着物にはなんらかの生物が関係しているのではないかと疑いを持った。

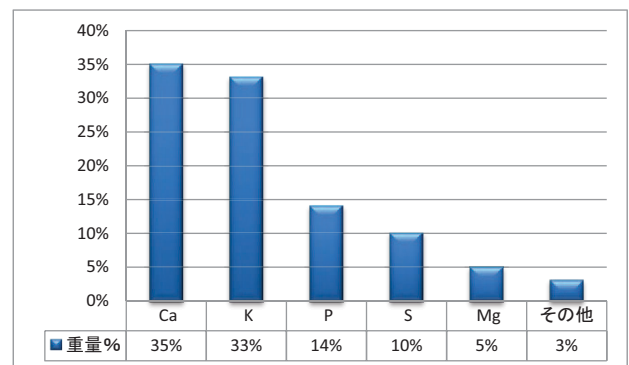


図8 付着物元素別重量組成
(炭素・酸素・窒素・水素対象外)

4. 3 光学顕微鏡による解析

4. 3. 1 光学顕微鏡と蛍光顕微鏡による予備解析

付着物を少量の超純水に溶解し、検鏡することとした。その結果を図9～10に示した。

顕微鏡はオリンパス社製BHSU（位相差）、撮影はソニー社製DSC-P8を使用し、コリメート法を用いた。

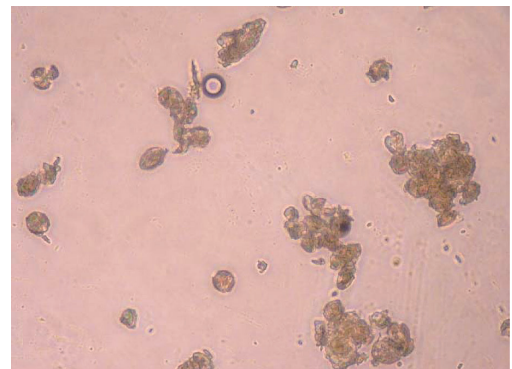


図9 付着物（100倍）

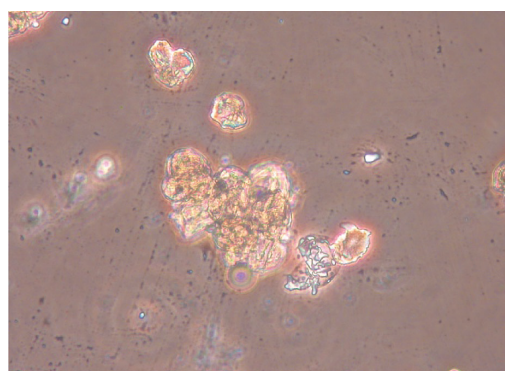


図10 付着物 (400倍)

検鏡すると薄黄色の粒状物質が集まっていることは確認できたが、何なのか不明であった。

また、落射蛍光顕微鏡で検鏡したところ黄色の蛍光が確認された。蛍光顕微鏡はニコン社製OPTI-SHOT, B-2Aフィルターを使用した。このフィルターは510nm以上の波長を透過するため、付着物は黄色く見える波長の蛍光を発生していると考えられた。ただ、この方法ではこれ以上の情報は得られなかった(図11)。

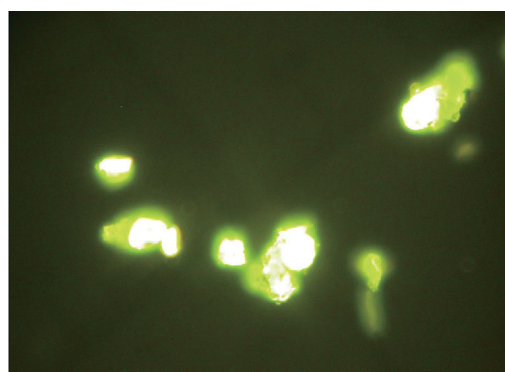


図11 付着物 (落射蛍光顕微鏡100倍)

4. 3. 2 染色手法を活用した解析

付着物の染色を試みた結果が図12, 13である。染色をおこなうと粒子の形状が観察しやすくなった。形状から花粉と考えられ、花粉に関する生物由来である可能性が出てきた。

文献調査をおこなったところ文献1)ではミツバチが原因とされ、花粉が簡単に確認できると記述されていたが、今回の事例では染色をおこなわないと確認が難しかった。また、付着物には夾雑

物が多く、詳細な観察には前処理⁵⁾をおこない花粉殻を抽出する手法が必要であった。

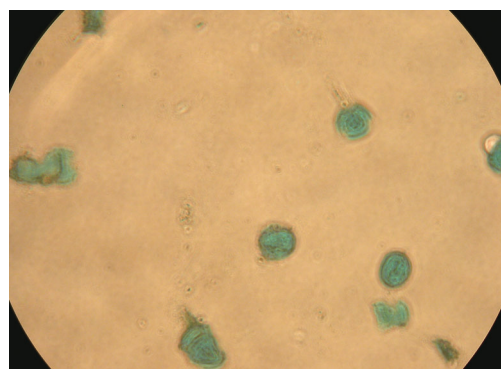


図12 染色を試みた付着物内粒子 (100倍)

4. 3. 3 花粉同定の試み

付着物内から検出できた花粉の同定を試みた。特徴からネコヤナギ³⁾⁴⁾に由来するのではないかと考えられた(図13)。また、フサアカシア(ミモザ)³⁾に由来するものではないかと考えられる特徴的な花粉も検出された(図14)。

相談があった駐車場およびベンチ周辺の樹木、草花から花粉を採取する手法も試み一部について同定することができた(図15~17)。花粉の形、大きさからベンチ横に植えられていたコブシの花粉と同定して問題ないと考えられた。

ネコヤナギの開花時期は3-4月、フサアカシア(ミモザ)は2-4月、コブシは3-5月とされていることから付着物と花の開花時期³⁾に矛盾は生じなかった。

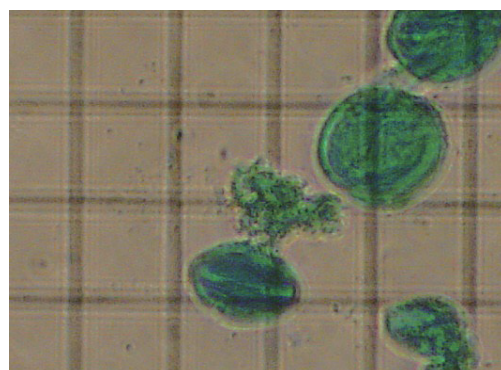


図13 染色を試みた付着物内粒子 (200倍)
1目盛り25μm

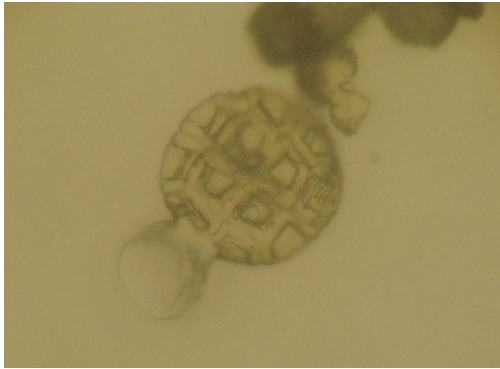


図14 フサアカシアと考えられる花粉

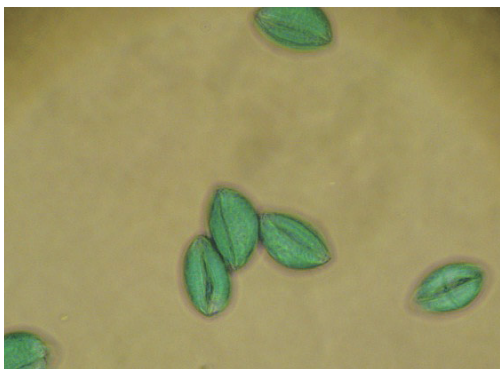


図15 ベンチ横で咲いていたコブシの花粉（染色済み）（200倍）

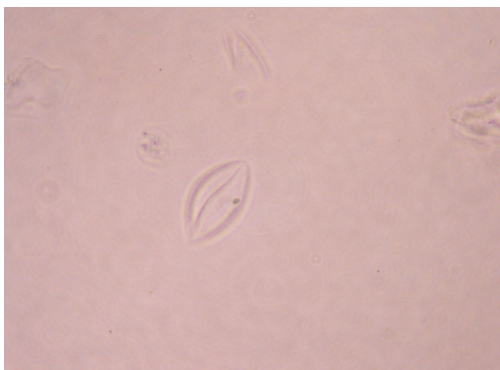


図16 付着物から検出された花粉殻（200倍）

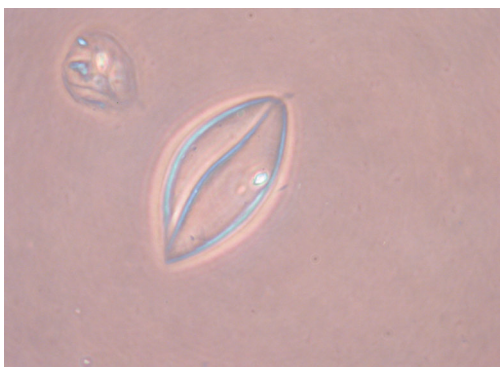


図17 付着物から検出された花粉殻（400倍）

5. 現場での再調査

道路施設管理者に周辺の再調査をお願いすると、ベンチや駐車場のある場所からは死角になってまったく見ることができない窪地に図18のようなミツバチの巣箱が大量に発見され、原因はセイヨウミツバチの糞と考えて良さそうであった（図19）。

被害が報告されたベンチや駐車場は、巣箱から真北に20～30mしか離れておらず、セイヨウミツバチが一斉に飛び出し脱糞する場所に運悪く当たってしまったと考えられる。このような事例はミツバチの糞公害⁴⁾として知られた現象と思われる。

ミツバチは一部の昆虫と違い冬眠する習性がなく、冬季においても巣の中で活動しており、日中外気温が10℃を超えるようになると巣の外で活動する場合があるとのことであった。

駐車場、事業場、ミツバチ巣箱の位置関係を図20に示した。

苦情処理の過程で、一時期昆虫も疑ったが現場でまったく昆虫が確認できなかったことと、苦情が発生した時期が2月初頭の寒い時期であり、外気温が昼間でも10℃前後の時期に昆虫は活動していないのではないかと考えがあり早期発見に至らなかった。

巣箱を設置していたのは周辺の養蜂業者であったが、苦情が出ていることを承知しておらず、巣箱を直ちに移動することを約束してもらい、翌日には撤去が完了し、今後は苦情の出ない場所に巣箱を設置することで解決することとなった。

道路施設管理者が巣箱を発見してくれたため事実関係についても納得が得られ、苦情については円満に解決することができた。

貝原益軒の大和本草卷之十四の「蜂蜜」の項には「伊勢紀州熊野尾張土佐其外諸國ヨリ出ツ土佐ヨリ出ルヲ好品トス」²⁾との記述が確認でき、江戸時代蜂蜜は土佐藩の名産品として全国的に知られていたと考えられる。当時のミツバチはニホンミツバチであろうが高知県の養蜂には長い伝統がある。

現代は、江戸時代と違って人口密度も高く、観光客も多く訪れることから生活環境に関する苦情が発生しやすい。養蜂は苦情が発生しない場所で適切に行うことが求められる。



図18 確認されたミツバチ巣箱

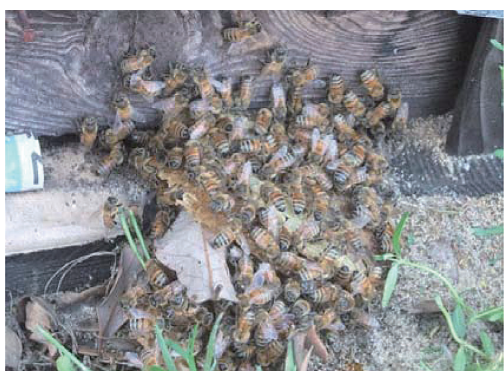


図19 確認されたセイヨウミツバチ

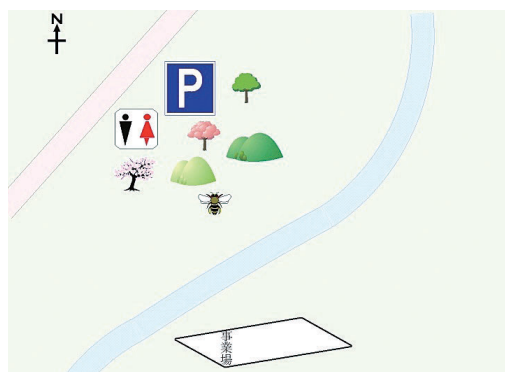


図20 全体位置関係図

6. まとめ

今回の事案は、発生源が事業場ではないかと考えられたが、2年以上原因不明であった。

平成23年2月末頃当所に原因究明の相談があり、採取された付着物を解析してみるとともに、周辺の再調査もおこなうことにより、予想外の発生源を確認することとなった。

異物解析は、多面的な手法の組み合わせであり、技法的にも色々工夫する必要がある。

原因が判明してしまうとあつけないものではあったが誤認が生じやすいことも経験した。

今回の経験から、今後異物解析に関する技術研鑽や機器整備、利用法を工夫しておくことは行政サービス向上の点からも有効ではないかと考えられた。

最後に調査に際し、養蜂業とハチ類の生態について、所管する立場からそれぞれ有意義な助言をいただきました中央家畜保健衛生所太田衛生課長、農業技術センター山間試験室児玉主任研究員、農業技術センター西内研究企画課チーフに感謝いたします。

参考文献

- 1) 梶勝次：空からの黄害とその原因，光珠内季報，17，13-16（1973）
- 2) 貝原益軒：大和本草卷之十四（1709）
- 3) 三好教夫・藤木利之・木村裕子：日本産花粉図鑑（北海道大学出版会）（2011）
- 4) 日本花粉学会：花粉学事典（朝倉書店）（1994）
- 5) 松下まり子：花粉分析と考古学（同成社）（2004）

V 所報投稿規定

V 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) 組織及び主な業務 4) 職員の一覧
 - 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用紙を用い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校までをもって校了とする。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^3) 或いは

ノルマル立方メートル (Nm^3) 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。

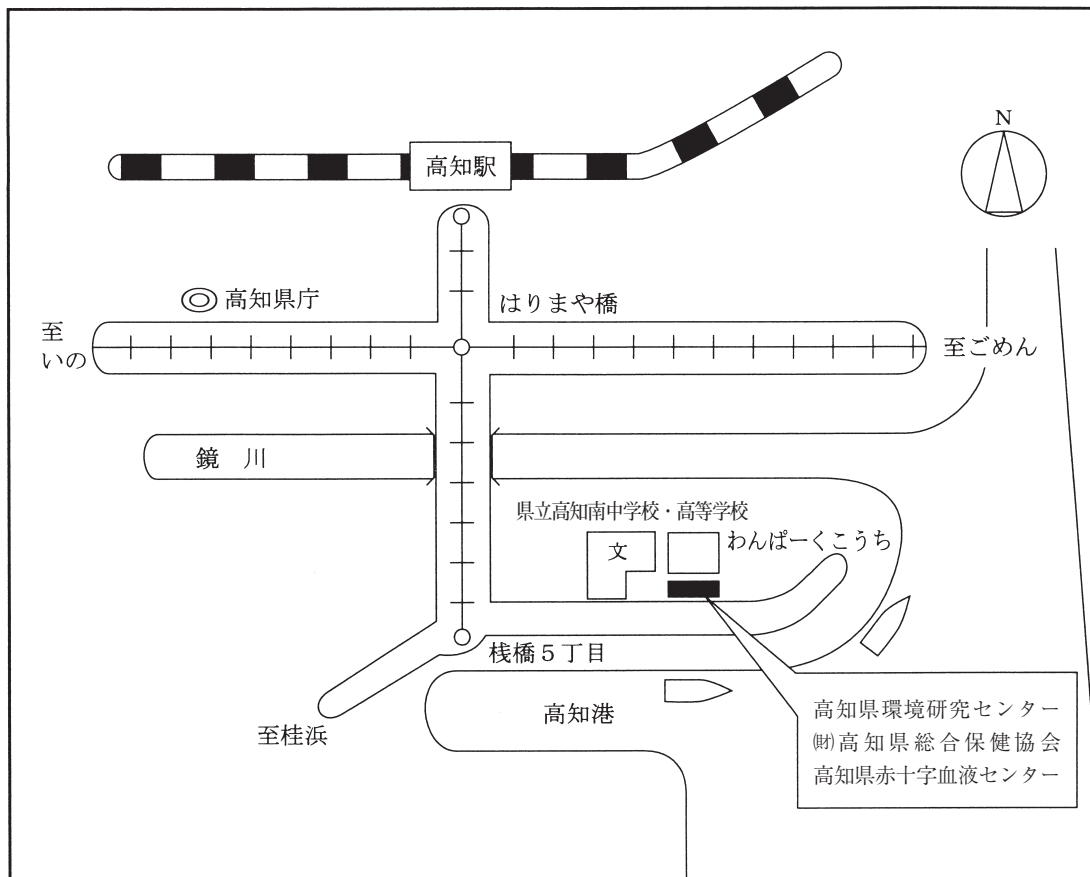
5. 文献

(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「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

第二十七号

平成22年度

編集発行：高知県環境研究センター

〒780-8010 高知市栈橋通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.27, 2010



古紙配合率100%再生紙を使用しています
白色度は70%です