



ISSN : 1344-865X

# 高知県環境研究センター所報

第 25 号

平成20年度

高知県環境研究センター

## はじめに

9月の政権交代以来、地球温暖化問題に関する動きが急である。

同月22日の国連気候変動首脳会合で、鳩山首相は「1990年比で2020年までに温室効果ガスの25%削減を目指す」と演説した。11月13日のオバマ大統領との会談では、2050年までに80%削減することに合意した。環境税（地球温暖化対策税）も導入が検討されている。

人間社会は貨幣経済という便利なものを生み出したが、環境の価値があらかじめ組み込まれていないのが欠陥である。公害、廃棄物の各問題が深刻な時々であっても、その対策の内部経済化が重要であった。地球温暖化問題も同様であるが、国際的にその仕組みをつくらねばならないので、困難度が大きい。

本年のノーベル経済学賞は、コモンズ(共有資源)の地域住民による自主管理・持続的利用についての実証的研究により、米国のE.オストロム氏に授与される。

本所報に掲載されている汚染のあった「地下水」もコモンズであろうが、地球温暖化と同様、目に見えないし、誰にも管理されていない。ダメージを受けて初めて、その恵み—まさに天地の恵み—の大きさが分かったのである。

地球温暖化の影響も予想以上に種々現われているという。後世にもデータが利用できる適切な科学的モニタリングを地方公共団体が行っていくことの重要性を再認識したいものである。

このたび平成20年度所報をとりまとめた。当センターの取組について、関係者や県民の方々にご関心を持って頂き、ご意見などをお寄せ頂けたら、幸いである。

平成21年11月

高知県環境研究センター

所長 小田 孝

# 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. 組織及び所掌事務	2
4. 職員一覧	3
5. 人事異動	3
6. 平成21年度予算（歳出見込）	3
7. 主要備品	4

## II 業務概要

1. 平成20年度決算（歳出）	5
2. 学会・会議及び研修への参加（平成20年度）	5
3. 各担当の業務概要	7
企画担当	7
大気担当	9
水質担当	11

## III 調査研究報告

1. 高知県に発生した地下水の六価クロム汚染とその対策	17
2. 波介川流域における水田農薬の河川流出状況（H19-20年）	37
3. 押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について	49

## IV 投 稿

1. 高知県におけるヤンバルトサカヤスデ確認事例とその定着の可能性について	67
---------------------------------------	----

V 所報投稿規定	73
----------	----

# 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担当チーム制に変更

## 2. 施設の概況

### (1) 所在地

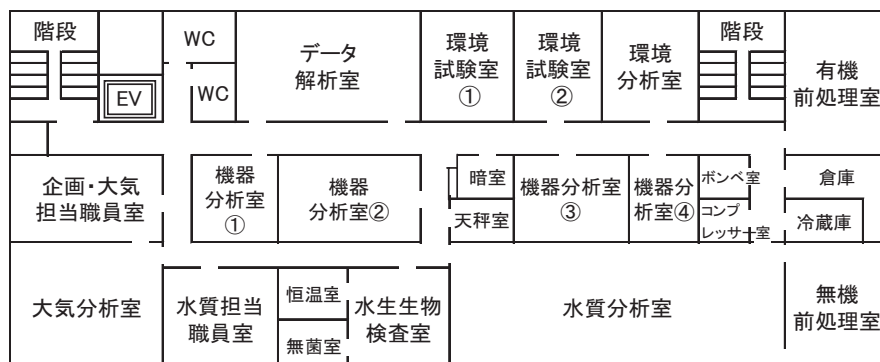
〒780-8010 高知市棧橋通6丁目7-43  
 電話 088(833)6688 (総務事務室)  
           6689 (企画・大気担当職員室)  
           6690 (水質担当職員室)  
 FAX 088(833)8311  
 E-mail 030802@ken.pref.kochi.lg.jp  
 敷地面積：2,187m<sup>2</sup>      建築面積：1,163m<sup>2</sup>  
 規模構造：鉄筋コンクリート造5階建 4，5階分      延床面積：1,239m<sup>2</sup>  
 別棟(車庫，倉庫)：124m<sup>2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

### (2) 配置図

<4階>

企画・大気担当職員室	34.8m <sup>2</sup>	恒温室	10.0m <sup>2</sup>	機器分析室④	15.9m <sup>2</sup>
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	ボンベ室	3.4
水質担当職員室	31.8	機器分析室②	39.2	コンプレッサー室	3.8
水質分析室	133.5	機器分析室③	35.4		

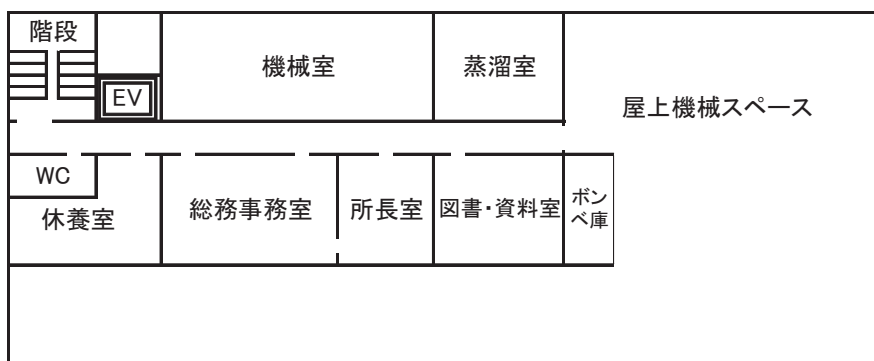
4F 配置図



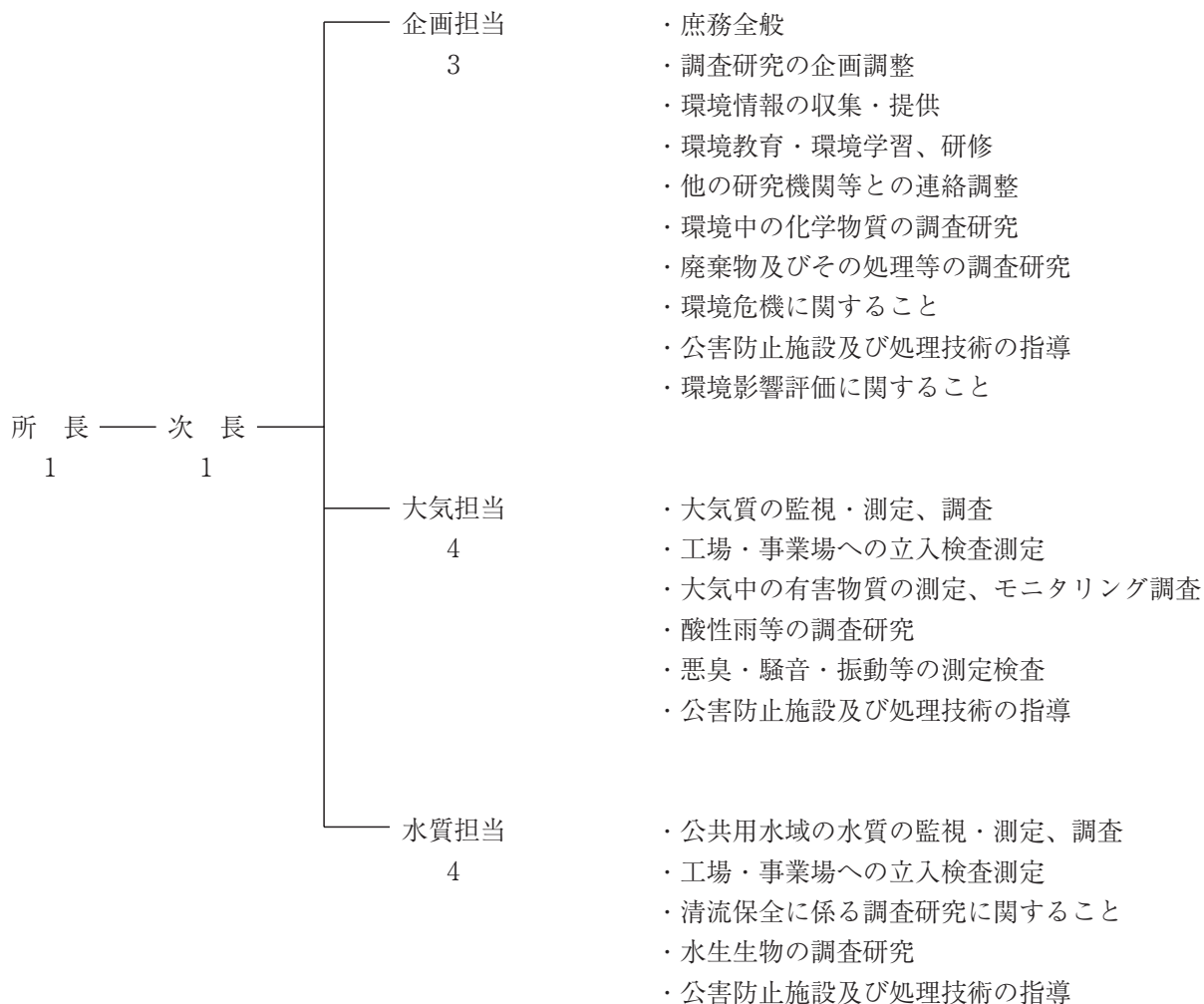
< 5 階 >

所長室	18.4m <sup>2</sup>	蒸溜室	36.3m <sup>2</sup>
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		

5F 配 置 図



3. 組織及び所掌事務



#### 4. 職員一覧

平成21年4月16日現在

職名	氏名	職名	氏名
所長	小田 孝	主任研究員	武市 佳子
次長	藤村 茂夫	主任	鍋島 佐知
チーフ(企画担当)	山村 貞雄	主任研究員	西山 泰彦
チーフ(大気担当)	西 孝仁	主任研究員	大森 真貴子
チーフ(水質担当)	山中 律	研究員	十川 紘一
主任研究員	桑尾 房子	研究員	貞岡 秀俊
主任研究員	佐藤 祐二		

#### 5. 人事異動 (平成21年4月1日付)

(転出者・退職者)			(転入者・新採者)		
職名	氏名	転出先	職名	氏名	前所属
次長	西岡 克郎	退職	次長	藤村 茂夫	環境対策課課長補佐
チーフ(企画担当)	邑岡 和昭	退職	主任研究員	西山 泰彦	幡多福祉保健所主任
主任研究員	行弘 恵	安芸農業振興センター			

\*上記以外に、所内異動として山村貞雄及び西孝仁の異動があった。

#### 人事異動 (平成21年4月16日付)

(転出者・退職者)			(転入者・新採者)		
職名	氏名	転出先	職名	氏名	前所属
			研究員	貞岡 秀俊	新採

#### 6. 平成21年度予算 (歳出見込)

(千円)

	環境対策費	環境共生費	県有施設 管理費		計
報酬					
共済費					
報償費					0
旅費	1,177	157			1,334
需用費	25,241	443	588		26,272
役務費	719				719
委託料	22,127				22,127
使用料	7,679				7,679
工事請負費					
原材料費					
備品購入費					
負担金補助	81				81
公課費	114				114
計	57,138	600	588		58,326

\* 変更の可能性有り (11月以降追加令達)

## 7. 主要備品

平成21年3月31日現在

品名	規格・型式等	数量
軽自動車 高知 40を 4939	三菱	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45ち2643	トヨタ	1
特殊用途車(大気環境測定車) 高知88す4018	日野KC-FC2JGAA	1
イオンクロマトグラフ	DIONEX2000I/SP	1
イオンクロマトグラフ	DIONEX1SC-90	1
高速液体クロマトグラフ	トライローターⅢ型	1
高速液体クロマトグラフ	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-14A	1
ガスクロマトグラフ	島津GC-14B	1
ガスクロマトグラフ質量分析計	HP 5973MSD	1
ガスクロマトグラフ質量分析計	日電 JMS-K9	1
大気中有害物質測定用ガスクロマトグラフ質量分析装置	日電 JMS-MAⅡ-15	1
大気中有害物質測定用加熱導入装置	ジーエルサイエンス	1
原子吸光分析装置	AA ANalyst 800	1
原子吸光分析装置(土壌・水質Hg用)	日本インスツルメンツマーキュリーRA-1S	1
水銀分析装置(大気Hg用)	日本インスツルメンツマーキュリーMD-1	1
落射蛍光顕微鏡	日本光学 XF-DFD2	1
紫外可視分光光度計	日立U-3010	1
フーリエ変換赤外分光光度計	日本分光FT/IR-480Plus	1
濁度測定装置	日本電色工業 Water Analyzer-2000	1
全有機炭素測定装置	島津-TOCVCPH	1
低温灰化装置	ヤナコ分析工業LTA-104	1
高速冷却遠心機	久保田製作所MODEL-6700	1
固相抽出装置	ザイマーク社 オートトレースE	1
抽出用定流量ポンプ	日本ウォーターズSep-PakコンセントレーターPlus	1
航空機用自動演算騒音計	リオンNA-33(2台) リオンNA-36	3
航空機騒音観察装置	リオンNA-37	2
1/3実時間周波数分析器	リオンSA-25	1
騒音振動レベル処理装置	リオンSV-72	1
大気汚染測定データ管理システム	電気化学計器ローカルコンバーターDNS-308	1
オキシダント計動的校正装置	オゾン濃度計MODEL1150	1
等速吸引装置	岡野製作所ESA-302CT-20N	1
煙道用窒素酸化物測定装置	柳本製作所ELC-77A	1
デジタル測風経緯儀(TD-3&TD-105)	マミヤ計測システム	2
レブコ超低温槽(超低温フリーザー)	ULT-1786-3	1
X線回折装置	RIGAKU MultiFlex	1
位相差分散顕微鏡	ニコン顕微鏡 ECLIPSE80i	1
ICP質量分析装置	Agilent 7500ce	1



## II 業 務 概 要

## Ⅱ 平成20年度業務概要

### 1. 平成20年度決算（歳出）

(千円)

	清流環境費	県有施設管理費		計
報酬				
共済費				
賃金				
報償費	18			18
旅費	1,310			1,310
需用費	28,677	599		29,276
役務費	503			503
委託料	20,894			20,894
使用料	7,679			7,679
工事請負費				
備品購入費				
負担金補助	72			72
公課費	18			18
計	59,171	599		59,770

### 2. 学会・会議及び研修への参加（平成20年度）

期 間	名 称	開催地	出席者
学会等			
20. 9. 16～19	第17回全国酸性雨対策連絡会議及び第49回大気環境学会年会	石川県金沢市	山村
20. 11. 19～21	第19回廃棄物学会研究発表会	京都市	山村
21. 3. 16～18	第43回日本水環境学会	山口市	大森
会議			
20. 4. 25	平成20年度全国環境研協議会第1回理事会	東京都	山村
20. 5. 15～16	平成20年度全国環境研協議会中国四国支部会議	広島市	小田・邑岡・山村・山中
20. 5. 22～23	平成20年度C型共同研究中四国ブロック部会（in愛媛）	愛媛県松山市	西
20. 6. 6～7	C型共同研究衛星データ活用勉強会	奈良市	西
20. 6. 30～7. 1	C型共同研究「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」打合せ	東京都	行弘・十川

期 間	名 称	開催地	出席者
20. 7. 9	平成20年度環境測定分析統一精度管理ブロック会議	愛媛県松山市	山村
20. 7. 31	平成20年度環境放射線等モニタリング調査委託業務説明会	千葉市	西
20. 9. 16～17	第17回全国酸性雨対策連絡会議	石川県金沢市	小田
20.10. 6～ 7	平成20年度C型共同研究第1回全体研究会	東京都	西
20.10.23	平成20年度第1回全国環境研協議会酸性雨調査研究部会	東京都	小田・山村・武市
20.11.18	京都大学フィールド研連携融合事業キックオフミーティング	京都市	山中・大森
20.11.18～19	第35回環境保全・公害防止研究発表会	広島市	十川
20.11.21～22	平成20年度全国環境研協議会第2回理事会	宮城県仙台市	小田
20.12.16～17	京都大学フィールド研連携事業キックオフミーティング 仁淀川プロジェクト	京都市	山中
21. 1. 28～29	平成20年度第2回C型共同研究中国四国グループ会議	愛媛県松山市	西
21. 1. 29～30	平成20年度化学物質環境実態調査環境科学セミナー	東京都	桑尾
21. 1. 29～30	平成20年度第2回全国環境研協議会酸性雨調査研究部会	茨城県つくば市	小田・山村・十川
21. 2. 9	平成20年度C型共同研究Ox測定法に関する勉強会	東京都	西
21. 2. 9～10	C型共同研究「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」打合せ	大阪市	行弘
21. 2. 10	平成20年度国設酸性雨担当者会議	東京都	西
21. 2. 12～13	平成20年度国立環境研究所環境情報ネットワーク研究会	茨城県つくば市	十川
21. 2. 18～19	第24回全国環境研究所交流シンポジウム	茨城県つくば市	西
21. 2. 24～26	酸性雨対策検討会、全国環境研協議会総会及び地方公共団体環境試験研究機関等所長会議等	東京都	小田
21. 3. 5～ 6	平成20年度第2回C型共同研究会全体研究会	東京都	西
21. 3. 26	全国環境研協議会酸性雨調査研究部会事務協議	名古屋市	山村
<b>研修</b>			
20. 5. 21～24	平成20年度国設酸性雨測定所管理運営業務担当者講習会	新潟市	桑尾
20.6.15～7.1	機器分析研修	埼玉県所沢市	西
20.10.19～31	廃棄物分析研修	埼玉県所沢市	行弘
20.10.27～30	平成20年度環境教育研修	埼玉県所沢市	西

### 3. 各担当の業務概要

#### 1 企画担当

##### 1-1 企画調整

企画担当は、①予算の編成執行管理や物品購入管理事務等の庶務一般業務、②環境に関する情報の収集提供等の環境情報普及啓発業務、③環境中化学物質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) ホームページによる環境情報の発信  
センターのホームページを充実し、業務や研究の概要、環境学習支援・こどもコーナー、高知県の大気、水質及び酸性雨などの状況について、県民によりわかりやすく加工して情報提供を行った。

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

- (2) 環境学習支援・研修

学校、市町村教育委員会等環境関連団体に対し、水生生物調査セットや環境パネルなどの環境学習用資材の貸出及び学習ガイドブック等の提供を行った。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を表2に示す。

##### 1-2 環境情報普及啓発業務

平成20年度は、環境情報普及啓発事業（アウトソーシング業務）として、①ホームページによる環境情報発信、②環境学習等の啓発資材等の作成、③親子かんきょう学習会等の環境学習の実施等を民間に委託して実施した。

表1 環境学習資材の貸出し状況

(平成21年3月31日現在)

	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20年度	7	2	3	10	13
平成19年度	14	3	8	4	-

表2 親子かんきょう学習会開催概要

(平成21年3月31日現在)

テーマ	目的	実施月日	開催場所	参加人員
大気汚れと酸性雨	酸性雨のできる仕組みと植物影響を実験により学習する	8月2日	芸西村 琴ヶ浜	6組17人

(4) 「学校教育活動支援出張講座」の開催  
学校では行われていないテーマや実験等  
を出張講座として実施。高知県教育委員会  
の後援を受けた。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。全  
5回講座のうち2回を実施。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

(平成21年3月31日現在)

テーマ	目的	実施月日	開催場所	参加人員
大気の汚れの調べ方	マツの葉を用いた大気の汚れ調べを行った。	3月12日	野市小学校理科室	児童 16名 教職員 4名

表4 環境教育リーダー初心者研修会開催概要

(平成21年3月31日現在)

テーマ	目的	実施月日	開催場所	参加人員
河川環境と水生昆虫	河川水質の調査法、水生昆虫の同定法の習得	2月28日	行川（鏡川支川）及び高知大学理学部	14名
沿岸海域環境 ～閉鎖性海域～	閉鎖性海域の現状、干潟による水質浄化のメカニズムを学んだ	3月14日	浦ノ内湾及び明德義塾高校	14名

### 1-3 行政依頼検査と危機管理

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5のとおり。

表5 行政依頼検査の概要

(平成21年3月31日現在)

調査内容	調査項目	平成20年		平成19年度	
		件数	検体	件数	検体
魚のへい死等 (生物質、水質、底質)	農薬類	—	—	6	13
水質汚染物質測定	有害化学物質等	1	48	—	—
燃料試験 (オイルコークス)	発熱量、炭素量 水素量、水分	—	—	1	1
物部川水位変動の把握	水位と流速の測定	1	1	1	2
ボイラーの燃え殻	As, Cr <sup>+6</sup> 等	1	1	—	—

## 2 大 気 担 当

### 2-1 大気環境の監視測定調査

#### (1) 大気常時監視

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

各測定局の設置場所と測定項目は，表1のとおり。

この他，移動測定車による大気測定を宿毛市で2回，佐川町で1回実施している。

表1 測定局別測定項目一覧表

(平成21年3月31日現在)

測定局 \ 測定項目	二酸化硫黄	窒素酸化物	一酸化炭素	光化学オキシダント	浮遊粒子状物質	風向風速	日放射量	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。

表2 有害大気汚染物質の測定状況

(平成21年3月31日現在)

調査項目 \ 年度 場所	平成20年度		平成19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)	99件	99件	99件	99件
アルデヒド類 (2ヶ)	24	24	24	24
有害金属 (6ヶ)	36	31	36	36
ベンゾ [a] ピレン	6	5	6	6

- (3) 工場・事業場の立入検査（ばい煙測定）  
 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  
 (平成21年3月31日現在)

事項	ばいじん		窒素酸化物		塩化水素	
	H20	H19	H20	H19	H20	H19
件数	0	1	0	1	0	1
(施設)						
焼成炉		1		1		1
その他		0		0		0
不適合	0	0	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（国設栲原測定所）

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  
 (平成21年3月31日現在)

事項	平成20年度	平成19年度
調査地点	栲原町太郎川	同 左
調査期間	4月1日～3月31日	同 左
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	pH, 硫酸イオン, 硝酸イオン, アンモニウムイオン, ナトリウムイオン等11項目
	大気濃度 二酸化硫黄, 窒素酸化物, オゾン, 浮遊粒子状物質	二酸化硫黄, 窒素酸化物, オゾン, 浮遊粒子状物質
	気象 風向, 風速, 気温, 湿度, 日射量, 降水量	風向, 風速, 気温, 湿度, 日射量, 降水量
	pH	4.68 (速報値)

## <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）

雨水の成分を分析し、酸性雨の発生機構解明の基礎資料を得ることを目的として調査を行っている。

その概要は、表5のとおり。

表5 酸性雨調査の概要  
 (平成21年3月31日現在)

事項	調査地点	検体数	項目	延項目数	pH
平成20年度	香美市香北町永瀬	湿性降下物 26	pH等 11項目	286	4.63
		乾性降下物(I) 25	Na, K等 9項目	225	
		乾性降下物(II) 12	SO <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> 等 14項目	168	
平成19年度	同上	湿性降下物 27	pH等 11項目	297	4.64
		乾性降下物(I) 29	Na, K等 8項目	232	
		乾性降下物(II) 12	SO <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> 等 14項目	168	

## 2-3 航空機騒音調査

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

表6 航空機騒音調査の概要  
 (平成21年3月31日現在)

事項	平成20年度	平成19年度
調査地点	7地点（*）	7地点（*）
調査時期	春・秋期の年2回（5地点）	春・秋期の年2回（5地点）
調査内容	7日間/1回	7日間/1回
調査結果	年w値 57～68	年w値 57～64

\* 2地点は交通政策課からの依頼

## 2-4 行政依頼検査

### (1) 石綿（アスベスト）検査測定

県関係機関の依頼に基づき、公共施設の吹付け材等（建材）に関するアスベスト含有検査、屋内における空气中アスベスト濃度及び解体・除去工事に伴う事業場周辺における大気中アスベスト濃度の測定を行っている。その概要は表7のとおり。

表7 アスベストの検査測定状況

(平成21年3月31日現在)

検査測定項目		平成20年度	平成19年度
含有検査	吹付け材	100件	25件
	不法投棄物	0件	0件
屋内飛散濃度測定		0件	0件
大気環境測定		0件	0件
敷地境界飛散濃度測定		0件	4件

### (2) その他の行政依頼検査

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8のとおり。

表8 公害苦情等に関する依頼調査の概要

(平成21年3月31日現在)

調査項目	平成20年度		平成19年度	
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	1件	2地点
その他	0件	0検体	0件	0検体

## 3 水質担当

### 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20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。

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

(平成21年3月31日現在)

調査項目		平成20年度 検体数	平成19年度 検体数
水質	生活環境項目	122	77
	健康項目	492	504
	特殊項目	0	0
	その他の項目	3	3
	要監視項目	630	648
地下水	健康項目	67	45
	その他の項目	0	0
	要監視項目	36	24
底質	一般性状	4	4
	健康項目	5	0
	特殊項目	5	0

### 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。本年度は製紙工場2件の不適合があり、環境対策課において改善指導がなされた。概要は表2のとおり。

表2 工場、事業場排水監視測定調査

(平成21年3月31日現在)

事項	平成20年度	平成19年度
立入事業場数	61	56
排水測定検体数	238	219
不適合事業場数	2	0

### 3-3 精度管理

県内の分析機関を対象に、分析試料を作成・配布し、精度管理を行った。平成20年度の参加機関数、調査項目は表3のとおり。



表3 県内分析機関対象精度管理実施状況

(平成21年3月31日現在)

事 項	平成20年度	平成19年度
参加機関数	5*	11**
調査項目	SS, COD, BOD	BOD, COD, 重金属 (Pb, Cd, AS, Se, Zn)

\*福祉保健所4, 環境研究センター

\*\*福祉保健所4, 民間分析機関5, 高知市, 環境研究センター

### 3-4 化学物質環境汚染実態調査 (環境省委託)

環境省の委託を受け、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、四万十川河口部を対象に調査を行った。概要は表4のとおり。

表4 化学物質環境汚染実態調査の概要

(平成21年3月31日現在)

事業名	平成20年度	平成19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

### 3-5 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、流域住民の調査活動を技術支援するために全窒素・全りん検査等を行った。

清流度\*については、本川は平年並で基準値以上であった。支川では平年並の値を示した地点が多かったが、根々崎橋 (仁井田川) が4.3m (基準値4m)、後川橋 (後川) が6.4m (基準値3m)、坂本橋 (中筋川) が1.85m (基準値2m) を示し、数値の向上が見られた。

水生生物については、本年度は生物数が少なく水質階級が下降した地点が2箇所 (鍛冶屋瀬橋, 大正流量観測所) あった。

全窒素, 全りんはいずれも平年並みであった。

\*清流度: 河川の透明性を評価する指標として、河川水中で水平方向に見通せる距離を「清流度」と定義

### (1) モニタリング調査

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

### (2) 学校等に対する調査指導

技術指導件数: 5件 (窪川高校, 四万十高校, 川崎小学校, 中村高校西土佐分校, 幡多農業高校)

全窒素・全りん依頼検査数: 27件

### <補足調査>

#### 黒尊川清流基準等調査

本年度は人的影響が最も少ない最上流域で調査地点を1箇所追加し、6箇所で行った。従来からの地点5箇所について昨年度と比較すると、現在のところ大きな変化はなく、概ね清流度15m, TOC0.2mg/L, 全窒素0.3mg/L, 全りん0.01mg/L, 水生生物種類数12, ASPT値8.0で、清流が保たれている。

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

### 3-6 物部川清流保全計画関連調査

物部川清流保全計画は平成20年4月に国との協議を経て、7月に策定された。今後は県として具体的な実行計画を策定する必要があり、そのための基礎資料として水質調査を行っている。平成20年度は7地点で全窒素, 全りん, にごり調査を行った。

物部川で問題となるにごりについて、本年度のこれまでの調査では別府峡は濁度計数値で0.2を示し、昨年の値 (1.2) に比べてにごりが低下したが、他の地点では昨年とほとんど同じであった。また全窒素, 全りんは全ての地点で昨年とほとんど同じであった。

調査地点: 7地点  
調査回数: 全窒素, 全りん, にごり調査: 7回  
調査項目: 全窒素, 全りん, にごり調査 (SS, 濁度)

### 3-7 仁淀川清流保全計画関連調査

現行の清流保全計画の見直しのための基礎資料として、本年度は水量の多い支川（5河川）の合流地点を加え、昨年に引き続き重金属と水生生物の調査を行った。

これまでの調査では、重金属では、雨の少ない時期は支川が流れる地域の地質由来と思われるSr（ストロンチウム）の本川への流入が顕著にみられ、雨の多い時期はFe（鉄）の流入がみられた。水生生物では生物の種類や生物数に大きな変化はみられず、また全窒素、全りんも昨年とほとんど同じで、それぞれ0.4mg/L、0.01mg/Lであった。

調査地点：12地点（水生生物は4地点）  
調査項目と調査回数  
全窒素、全りん、重金属（Zn, Fe, Co, Sr等）：4回  
水生生物：1回

### 3-8 仁淀川流域における森・川・海の関連調査（共同研究）

森の役割を、河川から海域への栄養塩類や必須微量元素元素の供給量とアユの稚魚や青ノリ等の生育状況との関連でとらえ、汽水域の生態系保全に資するために、仁淀川汽水域を対象に、昨年度から水産試験場と共同でモニタリング手法等について調査を行っている。

青ノリの生育に大きな影響を及ぼす生育初期（11月）の養分濃度をみると、本年度は昨年度に比べて表層水中のB（ホウ素）濃度がやや低く、その一方で昨年は検出されなかったFe（鉄）が検出された。青ノリの生育は昨年に比べて良好であった。このことから、昨年に比べて本年度は海水の流入が少なく、河川水中の

Fe（鉄）が溶存状態のまま汽水域まで到達したものと考えられた。従って、青ノリの生育には水温等の他に河川水の流量と海水の流入のバランスも大きな影響を及ぼしているものと推測される。

調査地点と調査回数：汽水域5地点、  
1～2回/月  
調査項目：pH, EC, 色度, 濁度, TOC, 重金属等（Fe, Co, B）

### 3-9 地下水の六価クロム汚染対策

平成19年7月に実施された水質汚濁防止法に基づく地下水概況調査において環境基準を超える六価クロムが検出された。汚染範囲と汚染源の特定、住民の健康被害防止のために関係機関と連携をとり、地区内の地下水を対象に六価クロムを分析したところ、汚染はメッキ工場からの漏洩であることが明らかとなった。このため工場側に対しては行政指導が行われ、土壤汚染対策法に基づいた処置・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。また観測井戸1箇所、定点井戸10箇所を設定し、衛生研究所の協力も得てモニタリング調査を継続中であるが、平成20年10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ている。

なお、本件の詳細については本報「Ⅲ 調査研究報告」に示す。

### 3-10 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20年度の調査件数は5件（平成19年度は1件）で、その概要は表5のとおり。

表5 行政依頼検査実施状況

(平成21年3月31日現在)

依 頼 内 容	主な調査項目	概 要
浦戸湾の海水及び底質調査	pH, COD, 溶存酸素(DO), 全窒素, 全りん, 外観, 色相, 臭気	港湾事業を推進するために現状把握の調査を行った。その結果, 生活環境に係わる環境基準について, 海水中の全りん濃度がやや高い以外は特に問題はみられなかった。
浦戸湾の海水及びアサリの鉛調査	鉛	高知市が担当している公共用水域監視業務で鉛の環境基準値超過が生じたことから, 既存分析試料の検証とともに海水や魚介類を対象に再調査を行った。その結果, 既存分析試料からは0.009~0.020mg/Lの鉛が検出されたが, 再調査した海水や魚介類(アサリ)からは検出されなかった。
久礼漁港内の魚の斃死対応	DO及び硫化物イオン	久礼漁港内でウグイが大量死したため調査を行った。その結果, 漁港に流入する排水路に設置されているポンプ場の貯留水に0.90mg/Lという高濃度の硫化水素が検出された。魚の大量死は1回/月排出されるポンプ場からの排水が原因と推測された。
廃油中のPCB分析	PCB	PCB含有の疑いのある廃油が不適正に処理されたため, PCB含有の有無を確認するために分析を行った。その結果, 13検体いずれもPCBは検出されなかった。
白川川に流入する水路の水及び周辺地下水等の水質分析	pH, カルシウム, 重金属	白川川と流入する水路に白い沈着物があり, また近くに鉍滓を埋め立て処理した可能性のある農地があるということで水質分析を行った。その結果, 水及び鉍滓からの溶出水はいずれもアルカリ性を示したが, 重金属類には特に問題はみられなかった。水の高pHや白い沈物は鉍滓の主成分のカルシウム化合物によるものと推測された。

### 3-11 内分泌攪乱作用に係わる化学物質(環境ホルモン)の汚染実態調査

県下の海域における有機スズの残留実態を明らかにするために, 船舶や魚網の防汚塗料等に使用されたトリブチルスズ(TBT)とトリフェニルスズ(TPT)を対象に, 浦の内湾1箇所(St-11), 奈半利

港1箇所(St-4)で水質調査を行った。調査概要は表6のとおり。

トリブチルスズ(TBT)は本年度も浦の内湾及び奈半利港で微量が検出されたが, トリフェニルスズ(TPT)は昨年度と同様に浦の内湾及び奈半利港いずれも報告下限値(0.003 $\mu$ g/L)以下であった。

表6 汚染実態調査の概要  
(平成21年3月31日現在)

事 項	平成20年度	平成19年度
物 質 数	2物質*	2物質*
媒 体	水質	水質
場 所	2 海域 (2 地点)	6 海域 (10地点)
調 査 頻 度	4 回	2 ~ 4回

\*トリブチルスズ (TBT), トリフェニルスズ (TPT)

### 3-12 セルロース系アニオン吸着材のリン酸吸着特性に関する事前調査

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

平成21年度からは工業技術センターと連携して実用化に向けた研究を行う予定であり、平成20年度は吸着に及ぼす吸着材の形状、共存イオン、懸濁物質等の影響について事前調査を行った。

### 3-13 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型研究)

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

本年度は高知県近海域の定点測定地点(28地点)から代表的な8地点を重点的解析対象地点として選定し、過去のデータ(水温、pH、COD、塩素イオン等)をデータベース化した。その結果、1977~2006年の間に外洋部で夏季の水温がやや上昇する傾向がみられた。

### 3-14 水稲用農薬の環境への流出状況調査

平成19年度に環境省委託農薬残留対策総合調査事業により水田農薬(除草剤、殺虫剤、殺菌剤)を対象に、仁淀川及び波介川において河川水や底質中の残留農薬を調査した。本年度は補足調査として除草剤を対象に、降雨による河川水への流出状況や農薬の吸着と溶出に及ぼす土壌の影響等について詳細な調査を行った。

なお、本件の詳細については本報「Ⅲ調査研究報告」に示す。

## Ⅲ 調查研究報告

# 1. 高知県に発生した地下水の六価クロム汚染とその対策

山中 律・大森真貴子・西森一誠\*・仙波伸治\*\*

## The Groundwater pollution by hexavalent chromium and the Countermeasure in Kochi Prefecture

Ritsu YAMANAKA・Makiko OOMORI・Kazuo NISHIMORI\*・Shinji SENBA\*\*

**【要旨】** 平成19年7月に、水質汚濁防止法に基づく地下水概況調査の対象井戸から、水質環境基準値（0.05 mg/L）を超過する六価クロムが検出された。汚染井戸の周辺調査の結果、メッキ工場から漏出した無水クロム酸と硫酸によるサージェント溶液が原因であることが判明し、汚染範囲は地下水の流向方向に幅120m、延長1,200m程度と推定された。平成19年8月から観測井を含む11井戸を対象に、環境研究センターと衛生研究所によって週1回のモニタリング調査と希望者の水質調査が行われた。その結果、平成21年9月現在までに調査された211井戸（延べ1954井戸）のうち52井戸に汚染が認められ、そのうち33井戸が基準値を超過し、最高濃度は1.13mg/Lであった。汚染源対策により、観測井を除く10井戸は平成20年8月以降、観測井は11月以降基準値以下となったが、現在もモニタリング調査は環境研究センターによって継続されている。

Key words：六価クロム，地下水汚染，汚染範囲，モニタリング調査，汚染源対策

### はじめに

水質汚濁防止法第15条に基づき、公共用水域や地下水は県の環境担当部局において常時監視が行われている。地下水では概況調査や定期モニタリング調査等が行われるが、県下全体の地下水水質の把握を目的とした概況調査では、対象地域を移動させながら毎年20井戸程度を新たに選定し、調査を行っている。

平成19年7月3日に行われたこの概況調査で、A市内B地区の飲用井戸から、地下水の水質環境基準値（0.05mg/L：水道水質基準と同じ）を超える六価クロム0.12mg/Lが検出された。直ちに県環境担当課、水道担当課及びA市の関係各課で協議が行われ、所管の福祉保健所と環境研究センターによって水質調査が行われた結果、複数の井戸で六価クロムによる汚染が確認された。県と市では、報道機関や市の広報を通じて市民への周知徹底を

図るとともに、汚染範囲の特定と汚染原因の究明が進められた。

本事例は後述するように、メッキ工場から六価クロムを含むサージェント溶液が漏出したことによる広範囲な地下水汚染事故であり、行政や地元住民、発生源となった企業との連携や研究機関の協力など関係者の総力を挙げての対応となった。その結果、発見からおおよそ1年7ヶ月を経過した平成21年2月以降、地下水から六価クロムはほとんど検出されなくなった。しかし9月現在も地下水のモニタリング調査は続けられており、六価クロム汚染事故はまだ完全に終息したものではないが、筆者らはこれまでの取り組みを時系列で整理するとともに若干の考察を加えて報告することとした。なお取りまとめに際しては環境研究センターと衛生研究所が共同で水質調査を行っているため、同一内容ではあるが、それぞれの機関の報告書へ共同執筆で報告している。

\* 高知県衛生研究所

\*\* 応用地質株式会社四国支社高知支店

## 1. 地下水汚染の発見と初期対応

### 1. 1 地域の概況

A市は高知県のほぼ中央部に位置し、隣接するC市との間には北の四国山地から南の太平洋に直線的に流れ込む一級河川D川が流れている。六価クロムによる地下水汚染が発生したB地区は市の中心地の南西部にあたり、世帯数は約1070戸（平成19年度）である。地区の北部は主に住宅地や商業地で北東端部にメッキ工場があり、南部は水田地帯である。

この地区では多くの井戸が3m程度の掘削で地下水が得られることから、多くの住宅や事業場では打ち込み井戸を飲用や生活用水等に利用している。また水量が豊富なことからA市の上水道の水源としても利用されており、帯水層は地元の水道工事業者等によれば地下20m程度まで及ぶといわれている。

### 1. 2 汚染の確認

高知県では、地下水の水質概況調査は1市町村あたり5カ所程度の井戸を選定し、5年で県内を一巡する計画で、高水位期と低水位期の年2回、民間検査機関に委託して実施されている。平成19年度はA市に5カ所、そのうちの1カ所がB地区に選定された。

平成19年7月10日、委託先の民間検査機関から県の環境担当課（清流・環境課、以後清流・環境課という）に「7月3日に採水したA市B地区の井戸（井戸-1）から0.12mg/Lの六価クロムが検出された」との報告があった。翌11日、所管の福祉保健所と環境研究センターによって当該井戸の再調査が行われ、0.20mg/Lの六価クロムが検出された。

この報告を受けて、13日までに汚染井戸の直近及び周辺12井戸の調査が行われた。しかし異常は認められず、台風接近のため調査を一時中断し、17日に改めて汚染井戸を含む周辺4井戸の調査が行われた。その結果、井戸-1の南西方向に新たな汚染井戸が2カ所（井戸-15：0.07mg/L、井戸-18：痕跡）見つかった。また井戸-1の濃度が0.27mg/Lに上昇していた。

清流・環境課では翌18日に住民への周知のためこの状況をA市に伝えるとともに、新たに13井戸の調査が行われた。その結果0.87mg/Lの汚染井戸（井戸-9）が見つかった。さらに19日に12井戸の調査が行われたところ、新たな汚染井戸（井戸-28：0.02mg/L）がみつかるとともに、井戸-1の濃度が1.13mg/Lに急上昇していた。

これらのことから六価クロムによる地下水汚染と判断され、公表と汚染源並びに汚染範囲の特定に向けて準備が進められた。7月3日から19日までに調査された29井戸（延べ43井戸）の結果を図-1に示す。

### 1. 3 汚染の公表

六価クロムによる地下水汚染が明らかになったため、翌20日に清流・環境課は飲用井戸を所管する食品・衛生課と合同で報道機関への公表（新聞報道は7月21日）を行った。A市は汚染井戸周辺の重点区域を対象にチラシ配布等を行い、周知徹底と理解・協力を呼びかけた。また住民からの相談にはA市と所管の福祉保健所が対応するとともに井戸水を飲用利用している世帯に対しては水道水への切替え指導が行われた。一方、状況把握のための水質調査が進められ、20～22日までの間に住民からの持ち込みや継続調査を含めて57井戸の水質調査が行われた。その結果、これまでに調査された井戸のうち基準値を超えたものは11井戸、基準値以下ではあるが検出されたものは5井戸となり、汚染源と汚染範囲の特定が急務となった。

### 1. 4 汚染源と汚染範囲の特定

#### 1. 4. 1 汚染源の特定

A市のB地区にはメッキ工場が北東端部に存在することを既に述べた。このメッキ工場は昭和30年代から現地で営業しており、平成2年に新工場を建築した際、薬液の漏出防止策として各処理槽に厚さ35cmのコンクリート壁でプール状のピットを順次設け、この中に処理槽を設置して六面監視ができる構造とし、ピットの周りには洗浄水等の排水路を設けている。

7月17日までの調査で六価クロムによる地下水汚染が濃厚となったため、翌18日と20日に清流・環境課と所管の福祉保健所がこの工場を訪問し、

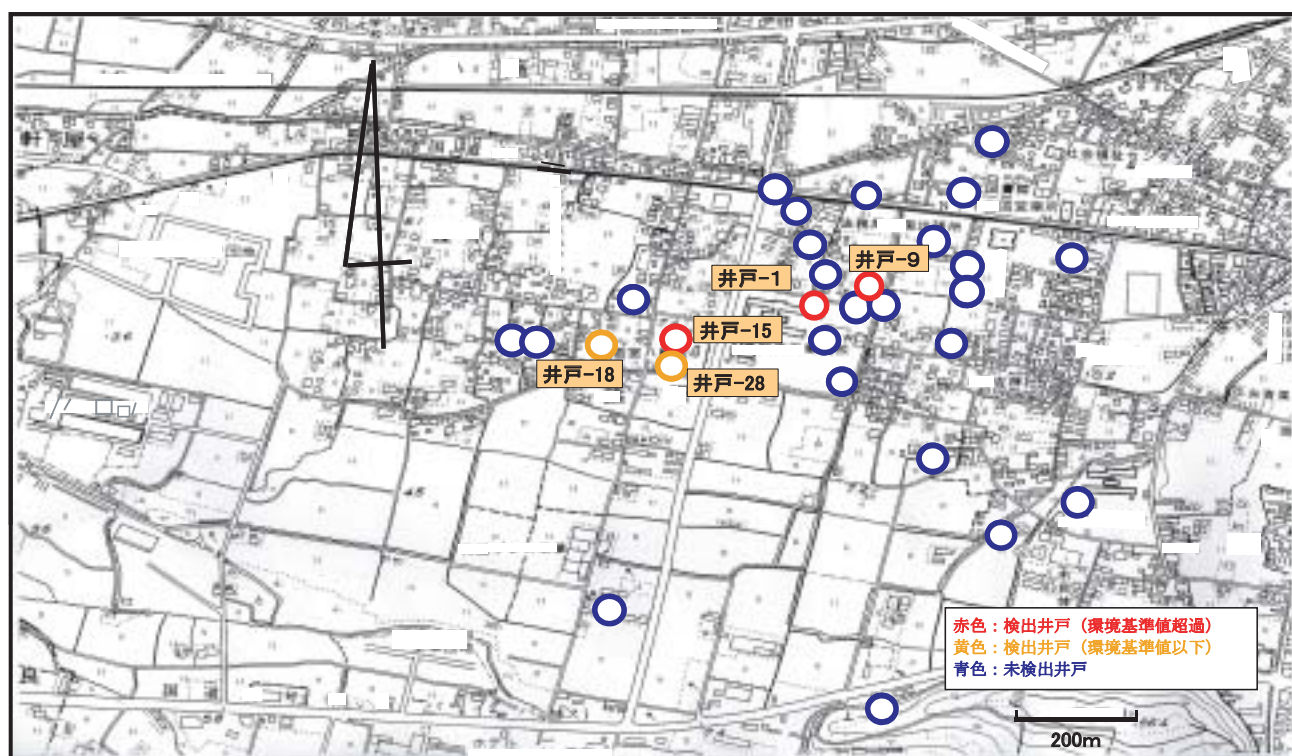


図-1 六価クロムによる初期の汚染井戸  
注) 調査期間：平成19年7月3日～19日 (n=29)

管理記録等の確認と工場設備の点検，工場敷地内の土壌・地下水の調査等を要請した．この時の行政及び自社による目視調査等では異常が見られなかったが，7月20日の県による報道機関への汚染公表を受け，工場側は操業を中断し，地元の民間分析機関に委託して調査を開始した．22日に事務棟内にある処理槽（6千リットル，鉄製）の漏出防止ピット部分（長さ3.24m，幅2.60m，深さ2.30m）をボーリング調査したところ，コンクリート裏面が黄色く変色し，薬液の漏出が認められた．また直下の土壌分析結果では国の基準値（250mg/kg）を大幅に超える5,500mg/kgの六価クロムが検出された．

以上の結果から，地下水の六価クロム汚染はメッキ工場の処理槽からのサージェント溶液の漏出が原因と判断され，工場側から県や市に状況報告が行われるとともに，7月31日に報道機関（新聞報道は8月1日）に公表された．なお工場敷地内の一部は平成20年2月19日に土壌汚染対策法に基づく指定区域に指定された．

#### 1.4.2 汚染範囲の特定

汚染範囲を特定するために，7月23～30日にかけてメッキ工場から南西方向下流を中心に継続調査も含めて173井戸が調査された．7月3日からの調査井戸数は134井戸（述べ273井戸）となり，汚染源周辺の大部分の井戸が調査された．この時点で基準値を超えたものは18井戸，基準値以下ではあるが六価クロムが検出されたものは16井戸となり，増加の傾向がみられた．しかし，図-2及び図-3に示したように，六価クロムが検出された井戸はメッキ工場から南西方向に向かってほぼ1本のライン上に乗っており，増加傾向があるにしても汚染は限定的で周辺地域への汚染拡大の懸念はないものと判断され，汚染範囲は汚染源を中心に南西方向に向かって概ね幅120～200m，延長1200mと特定された．なお上水道設備のない汚染井戸利用者22戸に対しては，工場側により水道敷設等の応急措置がとられることとなった．



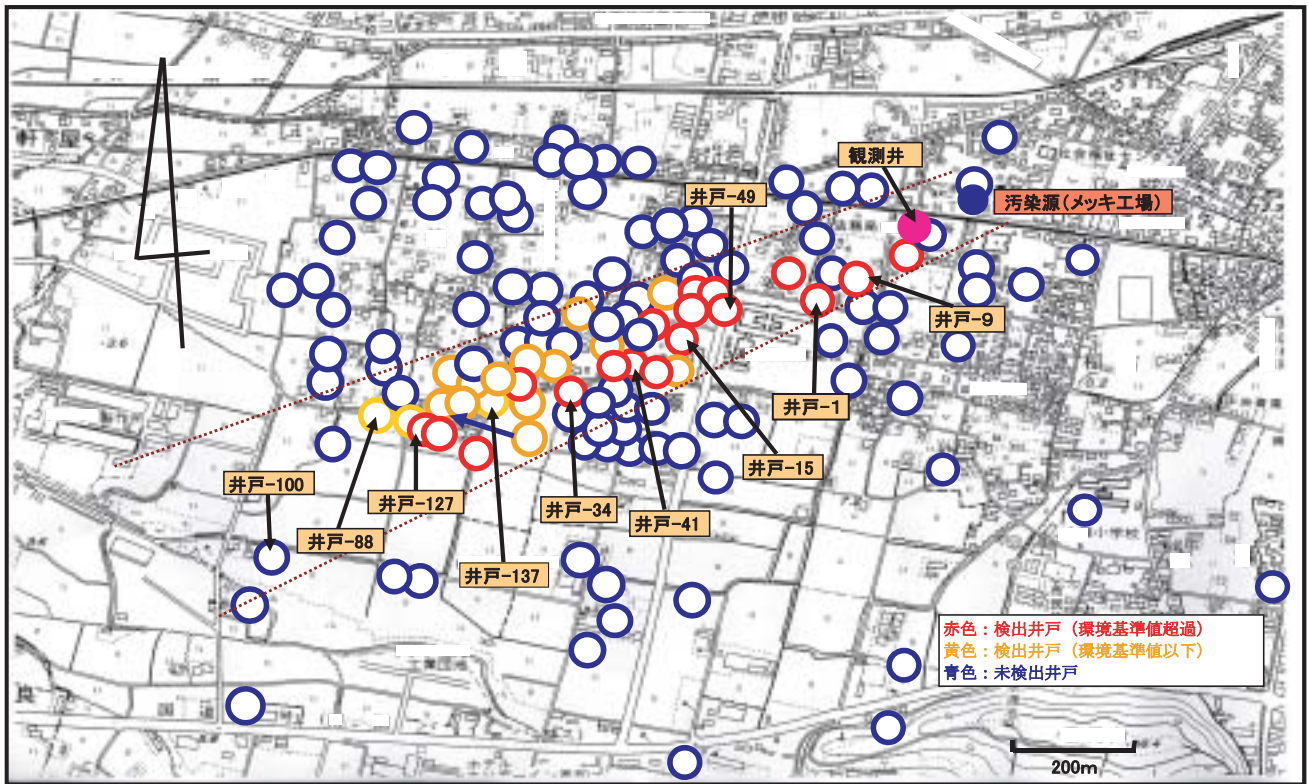


図-2 7月30日までの調査井戸 (n=134)と推定汚染範囲、モニタリング井戸  
注) 観測井は平成19年8月27日に設置

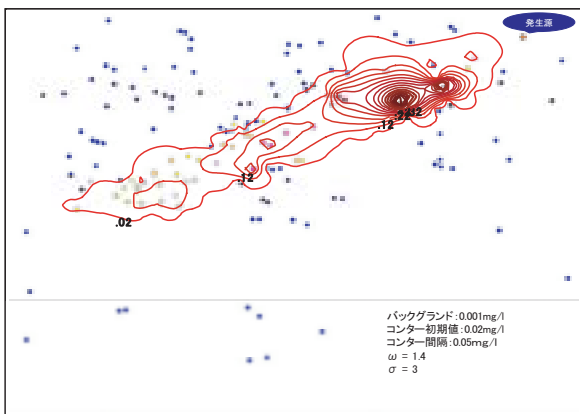


図-3 六価クロム濃度コンター図 (n=134)  
注) 青色は未検出井戸である。

## 1. 5 関係機関や地元住民等との連携

### 1. 5. 1 関係機関等との連携

7月30日までの調査で汚染源と汚染範囲が特定されたことや、メッキ工場でも早急に対策工事に着手することになったことから、8月からは汚染井戸や周辺井戸のモニタリング、汚染拡大等の緊急事態に備えた関係機関との連携や連絡体制の構

築が重要となった。

清流・環境課は地下水汚染が判明した直後から、関係各課やA市、環境研究センター、衛生研究所等とともに「六価クロム対策連絡会議」を立ち上げ、状況に応じて情報交換と協議の場を設けてきた。8月以降、この会議は意思決定の場として状況に応じて随時開催され、情報交換のほか緊急時における配布資料の内容や役割分担等もこの場で協議・決定された(付表-1参照)。

一方、汚染対策を円滑に進めるためには原因企業と情報を共有するとともに、調査結果や対策方法については学識経験者からの助言も必要とされた。このため環境審議会水質部会委員等の専門家3名をアドバイザーにコンサルタント会社を加えた県、市による「地下水汚染対策アドバイザー会議」が「六価クロム対策連絡会議」と連動する形で9月から設置された。この会議では主に技術的な面で意見交換や討議が行われた(付表-2参照)。

### 1. 5. 2 地元住民との連携

六価クロムによる地下水汚染が発見された当初

から、地元ではメッキ工場や県・市の対応に大きな関心を示し、平成19年7月20日に地元自治会に「六価クロム対策委員会」が結成された。県・市は地元住民への情報提供や理解と協力を求めるために、以後はこの委員会組織と連携をとりながら地元説明会や緊急時の一斉分析等の対応にあたった。この地元との協議は汚染が発見された当初は頻繁に行われたが、これによって地元住民と汚染源であるメッキ工場や県・市との意思疎通が十分図られ、平成21年9月現在まで大きなトラブルはみられなかった（付表-3参照）。

## 2. 汚染源の六価クロム対策

### 2.1 工場敷地内における汚染範囲の特定

汚染源対策はメッキ工場の委託を受けたコンサルタント会社（以後〇社と呼ぶ）によって行われた。汚染範囲や工場敷地内の土質等を把握するためのボーリング調査や土壌溶出試験等は9月から開始され、10月中旬には概ねその範囲が特定された。

ボーリング調査は汚染範囲を特定するため薬液の漏出が認められた処理槽を中心に工場内6ヶ所、事務棟と南側の国道との間に4ヶ所、敷地内2ヶ所（合計12ヶ所）で行われた。この結果、工場附近の地盤は大部分が砂礫層で一部には粘土層も分布しているが連続性に乏しいこと、汚染源と考えられる処理槽直下には地表面下12m附近に粘土層が存在すること、また浅層部の砂礫層は礫と砂が大部分で透水性が高い（ $8.4 \times 10^{-2} \text{cm/S}$ ）が、8m以下の深層部は粘土等を含み、透水性が上層よりも低い（ $7.0 \times 10^{-4} \text{cm/S}$ ）こと等が明らかとなった。さらに工場附近の地下水位は地表面下約6m（平成19年10月中旬）であるが、北東側が高く南西側は低いことから、地下水は北東から南西方向に向かって流れ、水位差は約10cm、動水勾配は1/500程度と推定された。

土壌溶出試験の結果によれば、漏出が認められた処理槽直下では概略400~500mg/kgの高濃度の六価クロムが検出され、地表面下8m附近にまで汚染が進んでいることが判明した。また汚染は南

西方向に向かって進んでおり、敷地境界線附近でも地表面下5~7mの深さまで汚染が確認された。これらの結果から、汚染範囲の延長は概ね六価クロムが漏出した処理槽から北東方向に約4m、南西方向に向かって約23m、幅は処理槽を中心に約8m、深さは約7mで最深部は8m程度と推定された。図-4に処理槽を中心とした工場敷地内のボーリング位置と推定汚染範囲を、図-5に北東から南西方向に向かっての土質と土壤汚染の範囲を示す。

### 2.2 除去対策

〇社ではこれらの結果をもとに、処理槽のある事務棟の解体作業は行わずに対策を講じることとなり、緊急対策、応急対策、恒久対策の工事が行われた。それぞれの内容と実施期間を表-1に示す。

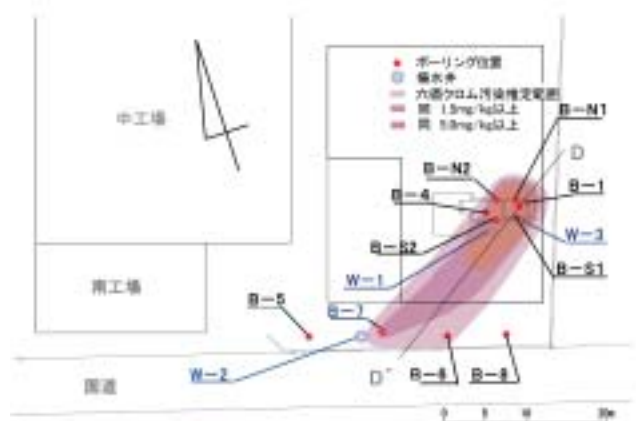


図-4 工場敷地内のボーリング位置と推定汚染範囲  
注) ボーリング時期は平成19年9~10月、揚水井は平成19年12月及び平成20年4月に設置

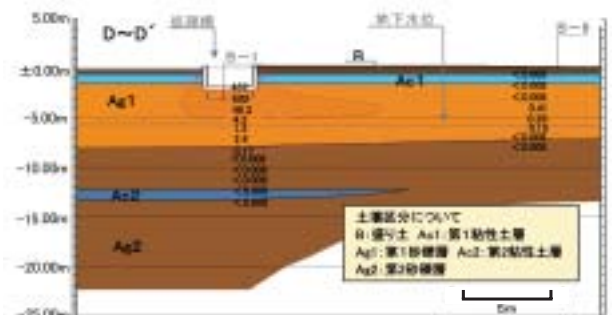


図-5 南西方向の土壤汚染状態  
注) 図中の数値は土壌溶出試験における六価クロム濃度 (mg/kg) である。

表-1 汚染源対策の内容と実施期間

対策区分	内 容	平成19年					平成20年												平成21年									
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
緊急	処理槽直下の土壌除去		■																									
応急	ボーリング調査		■	■																								
	処理槽周辺の土壌除去				■																							
	補強工事・追加掘削・土壌除去																											
	土壌還元処理																											
	通水洗浄（散水処理） 〃（湛水処理）																											
恒久	揚水井設置																											
	地下水の汲み上げ																											
	地下水モニタリング																											

注) 地下水モニタリングは敷地内での地下水位や六価クロム濃度等の測定である。

緊急対策は高濃度汚染が確認された処理槽直下1mの汚染土壌の除去である。この作業は前述のボーリング調査とほぼ並行して行われ、9月末までにおよそ6m<sup>3</sup>の汚染土壌が撤去された。応急対策はさらなる汚染土壌の除去で、11月から12月中旬にかけて約13m×8mの範囲の土壌が地表面から約2.7m下（最深部3.7m）まで掘削・撤去された。土壌除去量は約260m<sup>3</sup>に達した。この汚染土壌の除去は平成20年4月にも行われ、掘削に伴う補強工事も同時に実施された。

恒久対策は残った土壌中の六価クロムの除去で、12月に揚水井2ヶ所が設置され、平成20年1～2月にかけて薬剤による土壌還元法が一部で試験的に実施された。しかし目立った効果が得られなかったため、土質が砂礫質で透水係数が高いことから通水洗浄法が採用され、平成20年4月に新たな揚水井1ヶ所が追加設置された。洗浄作業は5月27日から開始され、当初は散水方式で行われたが11月14日以降は湛水方式に切り替えられた。また平成20年1月からボーリング孔4ヶ所を利用して六価クロム濃度のモニタリングと揚水井からの地下水の汲み上げが開始され、通水洗浄が始まった6月からは3本の揚水井で汲み上げが行われた。これまでの通水量は散水方式で概略0.5～4m<sup>3</sup>/日、湛水方式では25～80m<sup>3</sup>/日、揚水井の地下水汲み上げ量はおよそ80～140m<sup>3</sup>/井戸/日となった。

なお平成21年9月現在も通水洗浄や敷地内での地下水モニタリングは行われているが、ボーリング調査は状況に応じて追加され、平成21年9月現在までに敷地内15ヶ所で行われた。

### 3. 地下水モニタリングによる監視

#### 3.1 モニタリング井戸の選定と試験研究機関の連携

7月30日までの結果をもとに、8月7日に開催された「六価クロム対策連絡会議」において、図-2に示したようにメッキ工場から南西方向のラインに乗る10井戸がモニタリング井戸に選定され、13日から調査が開始された。また、地下水位や層位別の六価クロム濃度を観測するための観測井（深さ10m）が8月27日にメッキ工場から南西方向約120mの地点に設置された。これらの井戸の調査頻度は1回/週、観測井を除く10井戸が環境研究センターと衛生研究所によって共同調査された。さらに補足調査として周辺6井戸が選定され、1回/月住民によって採水が行われた。

以上のような体制で地下水の六価クロムを監視することとなったが、六価クロム濃度が上昇する可能性がある梅雨期等は一斉分析の必要性も検討され、緊急時は環境研究センターと衛生研究所が分担して調査にあたることになった。この共同調査は平成21年1月まで続けられ、一斉分析は4回実施された。モニタリング井戸の六価クロム濃度の推移については後述するが、2月以降は汚染源の対策状況や濃度推移からみて基準値を超える恐れはないと判断され、1回/月環境研究センターによって平成21年9月現在も調査が継続されている。

平成19年7月3日の発見からこれまでの調査井戸数は、観測井や一斉分析も含めると211井戸（延べ1954井戸）となり、そのうち基準値を超え

たものは33井戸、基準値未満ではあるが検出されたものは19井戸となった（付表-4参照）。平成20年8月以降は新たな汚染井戸は発生していない。

### 3. 2 調査項目と調査方法

汚染が発見された当初、六価クロム汚染は土木工事に由来するセメント（井戸-1の北側道路は改修工事が行われている）や六価クロムを含む化合物の影響等が考えられた。しかし、表-2に示したように随伴イオンをみると汚染井戸と非汚染井戸との間には差が認められず、地下水中の六価クロムは重クロム酸やクロム酸由来ではないかと推測された（7月22日のメッキ工場の調査で、サージェント溶液に含まれる無水クロム酸であることが判明）。そこでモニタリングの対象物質は六価クロムに限定し、水温、pH、電気伝導度、酸化還元電位等は現地で行った。また観測井については、長さ1mの井戸用採水器を用いて上層（地表面下3～5m）、中層（5～8m）、下層（8～10m）の層位別に採水するとともに地下水位の測定を行った。

六価クロムの分析は多数の試料を扱うことからジフェニルカルバジド吸光度法（JIS K 0102）をスケールダウンして実施した。すなわち目盛り付試験管に供試液10mLを採取し、（1+9）硫酸0.5mL、ジフェニルカルバジド溶液0.2mLを加えて発色させ、15分以内に波長540nmで吸光度を測定した。定量下限値は0.02mg/L、有効数値以下は切り捨てとしたが、本報では定量下限値未満でもわずかに着色がみられる場合は痕跡とし、検出として取り扱った。

## 4. 結果及び考察

平成19年7月3日に発見された六価クロム汚染事故は、汚染源対策の進展等により平成20年11月以降は観測井、モニタリング井戸ともに基準値以下となった。

ここでは、まず汚染が発見された初期に福祉保健所等によって行われた聞き取りや一斉分析時のアンケート調査（井戸の深さ、利用形態等）と水温、pH等の測定結果から、地区内の井戸や地下水の特徴を明らかにするとともに、地下水位に及ぼす河川水量や降雨量の影響、地下水の流速、pHや電気伝導度に及ぼす六価クロムの影響、汚染源対策と地下水中の六価クロム濃度の関係等について考察する。

### 4. 1 井戸の利用形態と深さ、水質

#### 4. 1. 1 井戸の利用形態と深さ

前述したようにこれまでの調査井戸数は211井戸であるが、観測井と水源利用4井戸を除く206井戸のうち、聞き取りやアンケートで利用形態が判明したものは199井戸であった。内訳を見ると飲用利用されているものは192井戸（うち上水道との併用39井戸）、プールや農業利用等が7井戸で、ほとんどが飲用に利用されており、地下水への依存度が高いことが伺われた。

井戸の深さについて回答のあったものは88井戸（42.7%）で、このうち5mまでが9井戸（10.2%）、5～10mまでが37井戸（42.0%）、10～15mまでが24井戸（27.3%）、15～20mまでが11井戸（12.5%）、20mを超えたものは7井戸（8.0%）であった。

表-2 六価クロム汚染に関係する各種イオン濃度

関連物質	化合物	イオン	汚染井戸 (mg/L)			非汚染井戸 (mg/L)
			井戸-9	井戸-1	井戸-15	平均 (n=3)
六価クロム含有薬品	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	K <sup>+</sup>	1.40	1.29	0.89	1.21
	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>					
	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Na <sup>+</sup>	6.3	6.7	6.6	6.4
六価クロム含有顔料	PbCrO <sub>4</sub>	Pb <sup>2+</sup>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	ZnCrO <sub>4</sub>	Zn <sup>2+</sup>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	SrCrO <sub>4</sub>	Sr <sup>2+</sup>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
関連薬品	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	13.6	13.7	12.2	13.0
セメント	CaCO <sub>3</sub>	Ca <sup>2+</sup>	28.5	26.2	20.9	25.4
製造関連物質	CaF <sub>2</sub>	F <sup>-</sup>	0.058	0.050	0.039	0.047
蛇紋岩		Mg <sup>2+</sup>	2.62	2.35	2.90	2.55

注-1) 分析はICP/MS及びバイオクロマト法による。

-2) 井戸-9、井戸-1、井戸-15の六価クロム濃度は0.88、1.13、0.08mg/Lである。

図-6は平成20年4月～9月までの観測井とモニタリング井戸の水温変化である。一般に地下水の水温は流動が遅く、その深度の地中温度と平衡状態にある<sup>1)</sup>といわれ、深い井戸ほど外気温の影響を受けにくく、水温は安定していると考えられる。観測井の水温をみると概ね18～22℃、モニタリング井戸は16～24℃の範囲で変化している。変動幅をみると観測井は上層ほど大きく、モニタリング井戸は変動幅の大きいものから比較的小さいものまで概ね3つのグループに分かれる。観測井の層位ごとの水温変動からモニタリング井戸の深さを推定すると、井戸-1、井戸-34が5m未満、井戸-49、井戸-15、井戸-100が10m以上、井戸-9、井戸-41、井戸-127、井戸-88はその中間に位置するのではないと思われる(聞き取り等では井戸-49が30m、井戸-100が14m、井戸-41が10m、井戸-88が8m)。

井戸の深さについては自己申告であり、また88井戸とやや少ないが、回答値とモニタリング井戸の推定深度が比較的合致することからその信頼性はかなり高いと考えられる。最も多かったのは5～15mまでの井戸で69.3%を占めていることや、

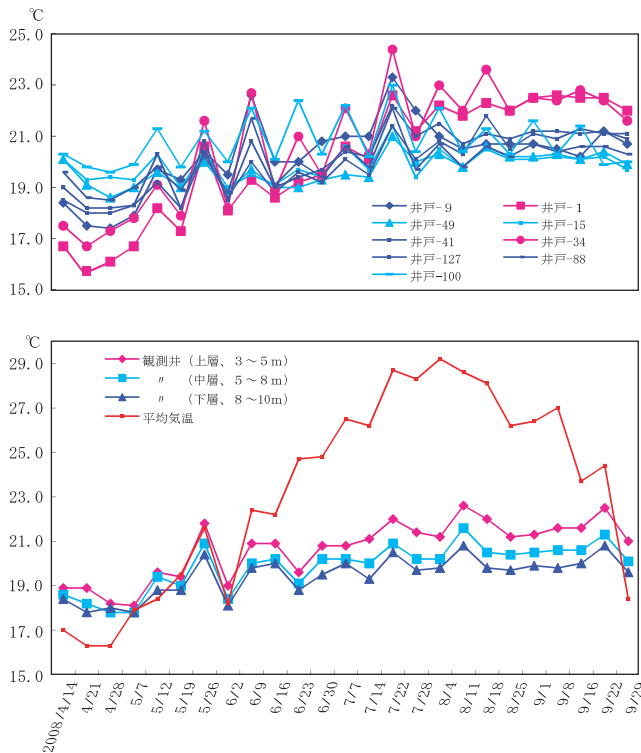


図-6 観測井とモニタリング井戸の水温変化

- 注-1) 平均気温はアメダスデータによる。
- 注-2) 井戸-137は採水できない場合もあって割愛した。

浅い井戸が多いという地元住民の見解等を加味するとB地区の井戸は相当数が5～10m程度の浅層井戸と推測される。

#### 4. 1. 2 地下水の水質と六価クロムの影響

地下水の水質については、まず六価クロムが検出されなかった159井戸のうち、環境研究センターで調査された147井戸を対象にpHと電気伝導度について検討した。ここでは集計に際して繰り返し調査を行っている場合は初回調査時の測定値を用い、算術平均値を求めたが、これによれば平均pH 6.6 (SD: 0.2), 平均電気伝導度176  $\mu$ S/cm (SD: 16)であった。

県下全域の地下水水質調査結果<sup>2)</sup>では三宝山亜帯(沖積層)(B地区はこの層に属する)の地下水は平均pH6.7, 平均電気伝導度146  $\mu$ S/cmと報告されている。また金田ら<sup>3)</sup>によればD川流域11井戸(7～20m, 砂礫層)の地下水水質は平均pH 6.6 (SD: 0.1), 平均電気伝導度150  $\mu$ S/cm (SD: 16.8)である。これらに比べるとB地区の地下水は同じ地質で同じD川流域であるにしてもやや電

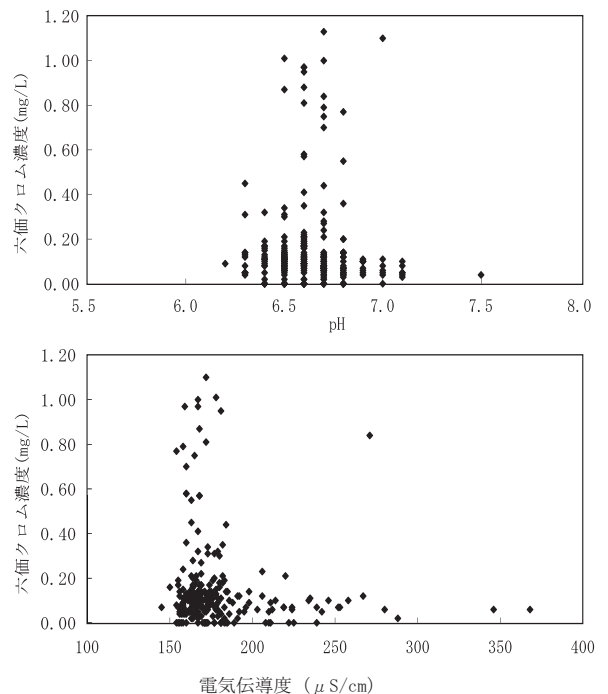


図-7 観測井及びモニタリング井戸のpH, 電気伝導度と六価クロム濃度の関係 (n=251)

注) 環境研究センター調査分(調査時期:平成19年7月17日～平成20年1月28日)

気伝導度が高い傾向が認められる。この点については調査時期による影響も考えられるが、その原因については今後詳細な調査が必要と思われる。

六価クロムの影響については、観測井とモニタリング井戸を対象に、大部分の井戸で地下水中に六価クロムが認められた汚染発見からおよそ6ヶ月間のデータでpH、電気伝導度との関係を検討した。これによれば、図-7に示したように大部分のpHは6.5~6.8、電気伝導度は150~190 $\mu$ S/cmの範囲内にあり、六価クロムの影響は認められなかった。

#### 4. 2 地下水位に及ぼす降雨量、河川水量の影響と地下水の流速

##### 4. 2. 1 地下水位に及ぼす降雨量と河川水位の影響

観測井が設置されてから約1年間の地下水位と降雨量、D川の河川水位を図-8に示した。まず地下水位をみると9月下旬頃からしだいに低下し

始め、最も低くなるのは3月上旬頃に地表面下6m程度にまで低下している。しかし3月下旬から急速に水位が上昇し、6月~7月にはピークを迎えて地表面下3m程度にまで上昇している。このような地下水位の動きから、B地区の水位変動は年間3m程度と推定される。

降雨量と河川水位との関係を見ると、降雨量が多くても河川水位が上昇しない時期がみられる。平成19年11月から平成20年1月にかけて20mm以上の降雨は12月28日に48mm、1月12日及び20日にそれぞれ22mm、29mmが観測されているが、この時期、河川水位は-0.90m付近でありあまり変化がみられない。D川には上流部に3つのダムがあり、降雨量が多くてもダムの貯水量が少ない渇水期は放流されない場合がある。降雨量と河川の水位変化が必ずしも平行でない原因は、このダムによる貯水が関係しているものと思われる。

地下水位をみると、その動きは降雨量よりもD

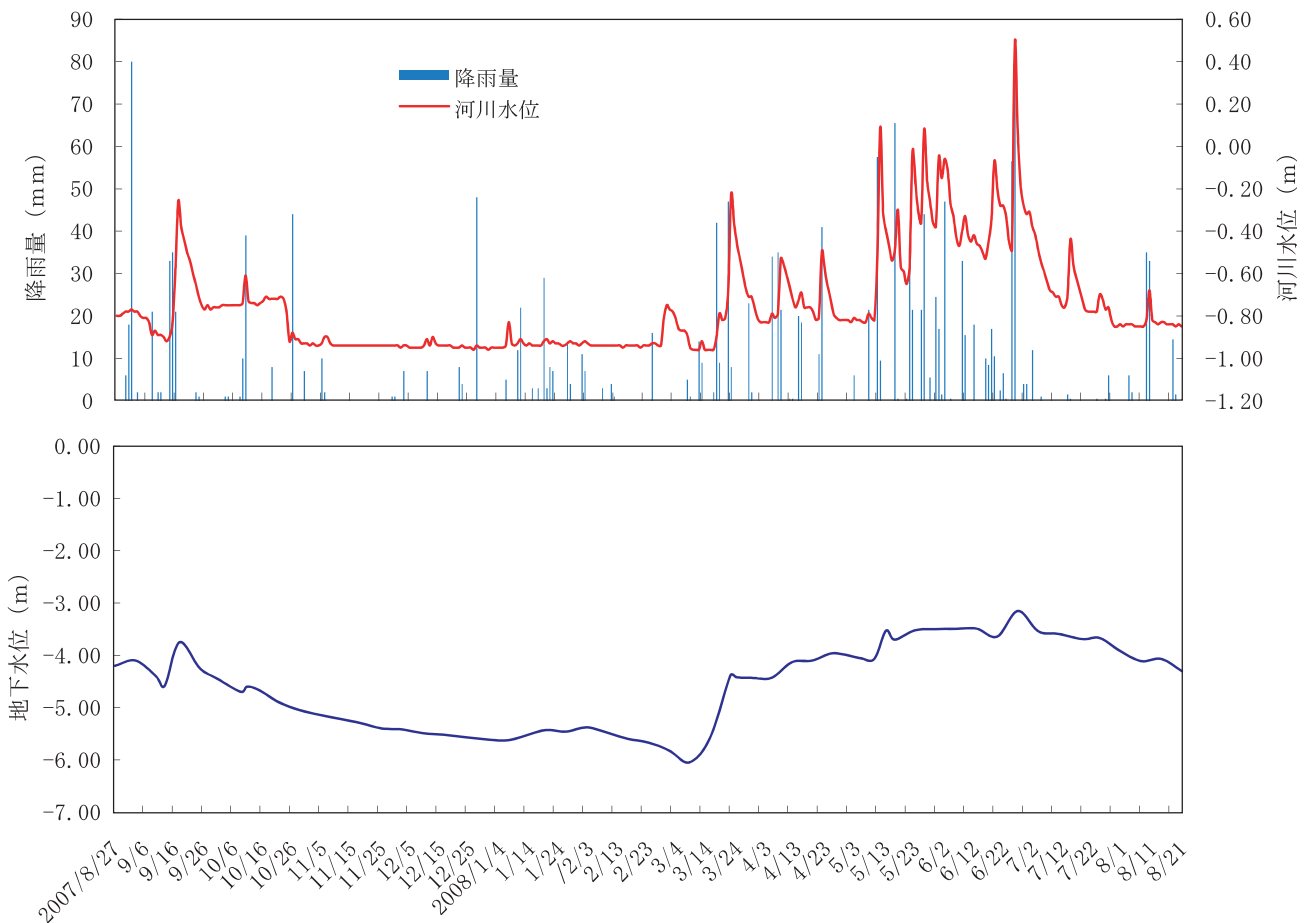


図-8 降雨量とD川の河川水位、観測井の地下水位の推移

注) 降雨量はアメダスデータ、河川水位は日平均で国土交通省の定点観測による。

川の水位とよく連動している。D川の下流は縦長10km, 集水域面積200km<sup>2</sup>以上の流域に形成された扇状地<sup>4)</sup>で、扇端部には河川の伏流水による湧き水が多いといわれている。地形図<sup>5)</sup>をみるとB地区はこの扇状地のほぼ扇端部に位置している。前述したように地元住民の見解や5~10m程度の浅層井戸が多いこと等からこの地区の地下水はD川の伏流水と考えられ、ダムの影響もあって降雨量よりも河川水量の影響をより強く受けているものと思われる。

#### 4. 2. 2 地下水の流速

地下水の流速は汚染範囲を予測する意味でも重要であるが、今回の六価クロム汚染事故は住宅地で発生したため、トレーサー法等で流速を実測することができなかった。

地下水の流速については透水係数、動水勾配、間隙率によってダルシーの式で求めることができるが、流速が緩やかな層流に限られる<sup>6)</sup>。扇状地の地下水流速について山本ら<sup>7)</sup>は10~11m/日、佐々木ら<sup>8)</sup>は15~21m/日、山中ら<sup>9)</sup>は15m/日であることを報告しており、地下水の平均流速1m/日<sup>10)</sup>に比べると大変速い。ちなみにO社による敷地内の土壌調査結果(砂礫層の透水係数:  $8.4 \times 10^{-2}$  cm/S, 動水勾配: 1/500)からダルシー則に基づき、間隙率を30% (粗粒砂)と仮定して流速を計算すると0.48m/日となり、ダルシー則による計算式は適用できないと思われる。

地下水の流速については六価クロム濃度の推移から求める方法が考えられる。しかしイオンの地下水中の移動は必ずしも地下水の流速とは一致せず、一般に重金属の場合は地下水中の拡散が小

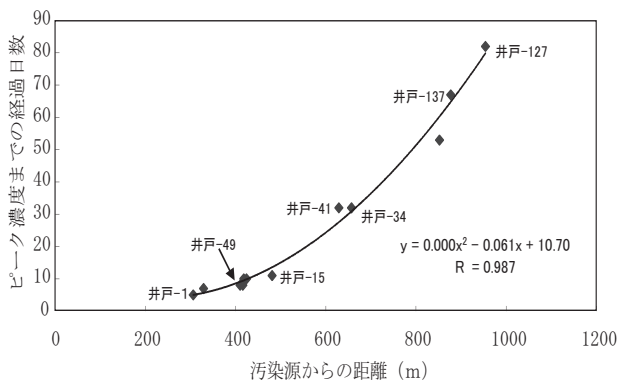


図-9 六価クロムの移動速度

注) 調査期間: 平成19年7月17日~10月31日

さく流速に比べて著しく遅れる<sup>6)</sup>といわれている。図-9に六価クロムの濃度ピークが認められた12井戸を対象に、メッキ工場からの距離とピークに達するまでの日数を示した。これによれば距離が離れるほどピークに達するまでの日数が長くなり、その関係は直線ではなく二次曲線に回帰する。このことは本事例でも六価クロムの移動速度と地下水の流速が一致せず、距離が離れるほど遅くなっていることを示唆する。しかし汚染源に近い概略500m以内では比較的直線関係が認められ、流速の推定も可能と考えられることから、ここでは汚染源に近い5井戸で検討する。

図-10に汚染が発見された7月3日から8月13日までの各井戸の六価クロム濃度の推移とメッキ工場からの距離、降雨量を示した。これによればメッキ工場から距離が遠い井戸ほど濃度ピークが遅れて現われ、ピーク高も低く形状はよりフラットになっている。下流側の井戸-41は発見から40日以上経過した8月13日でもまだピークがみられない。7月は14日に227mmの降雨が観測されており、これによって六価クロムが南西方向へ流され、下流側の井戸で順次ピークが出現するとともに土壌による吸着や拡散等によって濃度が低下しているものと考えられる。

工場に最も近い井戸-9のピーク時は判然とし

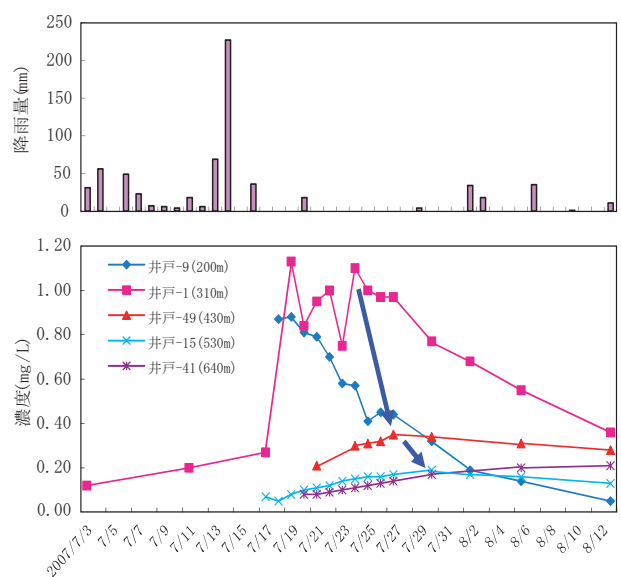


図-10 汚染井戸の六価クロム濃度の推移と降雨量

- 注-1) 降雨量はアメダスデータによる。
- 注-2) カッコ内数字はメッキ工場からの距離を示す。
- 注-3) 矢印は濃度ピークの推移を示す。

ないが、次に近い井戸-1のピークが現れたのは7月19日と24日、この井戸から120m離れた井戸-49のピークが現れたのは7月27~28日で、井戸-1の2回目のピークから3~4日経過している。メッキ工場では処理槽のボーリングが22日に行われており、井戸-1の2回目のピーク(24日)はこの影響があったのではないかと思われる。さらに井戸-15のピークがみられたのは7月30~31日である。このように濃度ピークがみられた3井戸でピークの遅れ(日数)と井戸間の距離から流速を計算すると、この地区の地下水の流速は概ね30~50m/日となる。前述した地下水の流速10~21m/日に比べるとかなり速いが、扇状地でも地下水の流速には5m, 48m, 136m/日<sup>6)</sup>とかなり差があることから、この推定値は妥当なものではないかと思われる。

#### 4. 3 モニタリング井戸の六価クロム濃度の推移と汚染源対策及び六価クロムの土壌吸着と地下水の酸化還元電位

##### 4. 3. 1 六価クロム濃度の推移と汚染源対策

図-11に観測井とモニタリング井戸それぞれの六価クロム濃度の推移を地下水位の動きと併せて示す。

まず観測井の六価クロム濃度の推移をみると概ね濃度は上層>中層>下層の傾向を示した。また地下水位の上昇に伴って濃度も上昇しており、上層ほどその傾向が著しい。平成20年4月頃までは地下水位の上昇に伴って濃度が急上昇する時期(平成19年9月18日、平成20年3月26日等)もみられ、下層でも基準値以上の六価クロムが検出されている。汚染源対策をみると、表-1に示したように平成20年4月25日頃まではまだ抜本的な対策ではなく、汚染土壌の除去や土壌還元処理の検討時期である。この時期の六価クロム濃度の急上昇は、土壌中に留まっていた六価クロムが地下水位の上昇によって洗い出された結果と考えられる。

5月に入ると上層と中層ではまだ基準値を超えているが下層ではほとんど検出されなくなり、11月以降は上層、中層、下層いずれもほとんど基準値以下で推移している。通水洗浄は平成20年5月27日から開始され、10月末までは散水方式で、11月14日からは湛水方式に切り替えられている。前述した5月以降の濃度低下はこの通水洗浄の効果

と考えられる。

一方、モニタリング井戸の六価クロム濃度の推移をみると、平成20年1月頃までは急激な低下を示す井戸(井戸-1, 井戸-49, 井戸-34等)から比較的緩やかに低下する井戸(井戸-137, 井戸-88等)まで様々であるが、多くの井戸が基準値(0.05mg/L)以上で、中には0.10mg/Lを超える井戸もかなりみられる。また初期は観測井と同様に、地下水位の上昇に伴って濃度が高くなる傾向を示す井戸(井戸-88, 井戸-137等)もみられたが、2月以降はかなりの井戸が0.05~0.10mg/Lの範囲に入るようになり、0.05mg/L未満の井戸もいくつかみられる。8月以降は全ての井戸が0.05mg/L以下となり、平成21年2月以降は検出下限値(0.02mg/L)附近もしくは検出されない状態が9月現在まで続いている。なお汚染源から最も遠い井戸-100はこれまで全く検出されていない。

観測井とモニタリング井戸の六価クロム濃度の推移をみると、観測井では六価クロム濃度と地下水位が比較的連動しているが、モニタリング井戸では初期にいくつかの井戸でそのような傾向がみられたものの、全体を通してみると地下水位に関係なく、濃度はしだいに低下している。

図-12に図-9で示した12井戸に1井戸を加え、六価クロムのピーク濃度及び最高濃度を距離との関係で示した。これによればメッキ工場から400m以上離れた10井戸は概ね0.1~0.3mg/Lの範囲内にあり、この中で緩やかな濃度低下の傾向を示しているが、それより近い3井戸では0.10mg/Lもあれば1.13mg/L(井戸-1)やピーク濃度ではないものの0.88mg/L(井戸-9)という高濃度の六価クロムが検出されている。このように汚染源から400m程度離れた場所を境に濃度ピークに大きな違いがみられるが、この附近には工場もなく地下水の汲み上げによる濃度低下とは考えられない。井戸の深さをみると、400m以上離れた10井戸のうち4井戸が10m(2井戸)、13m, 30mで地区内ではやや深い。400m以内の3井戸のうち2井戸(井戸-1, 井戸-9)は既に推定したように深さが5m未満及び5~10mで前者に比べるとやや浅い。

O社による敷地内のボーリング調査では、大部分が砂礫層であるが部分的に粘土層が混入するこ



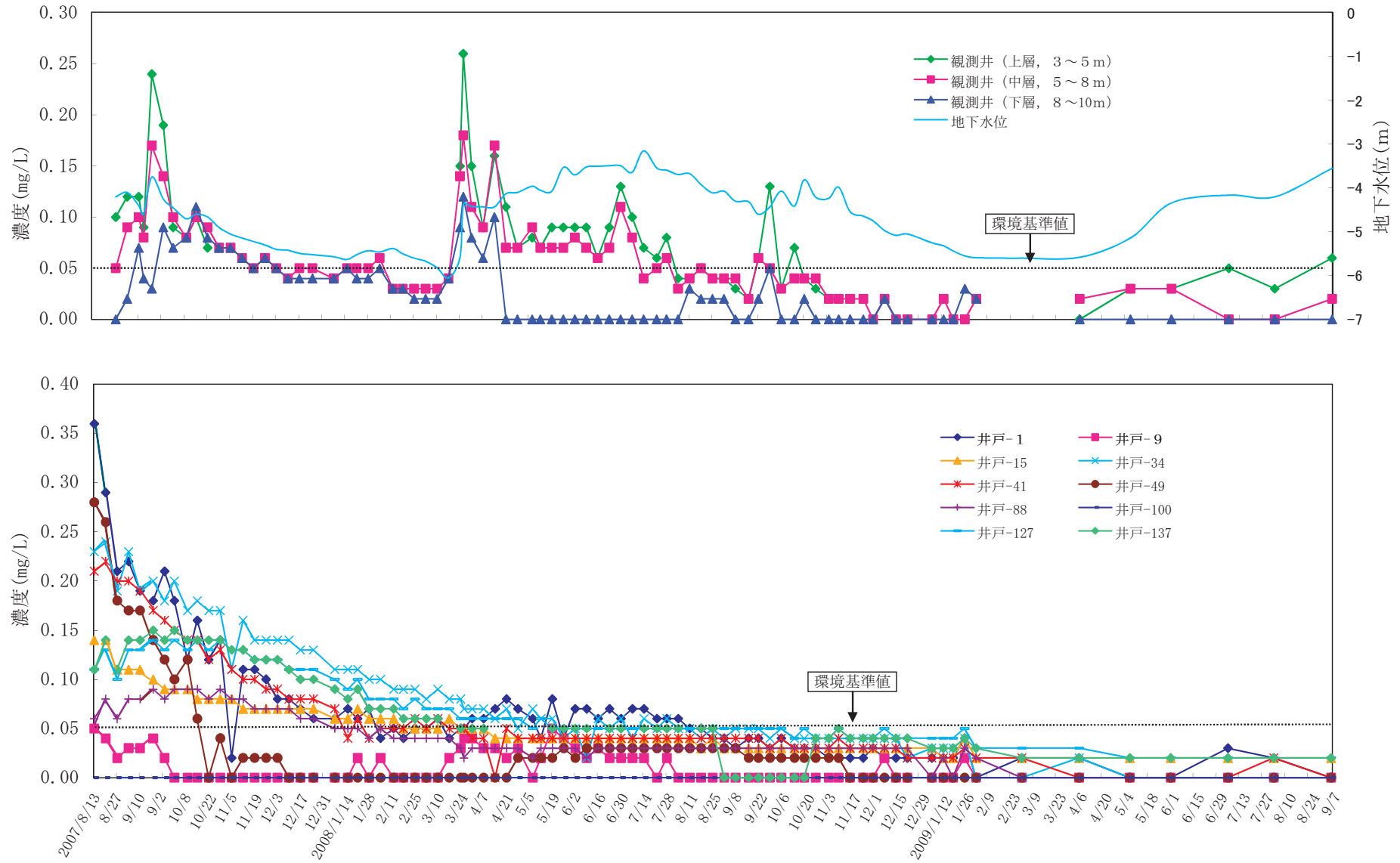


図-11 観測井とモニタリング井戸の六価クロム濃度の推移

注) 観測井の2009年3月は異物混入のため採水できず.

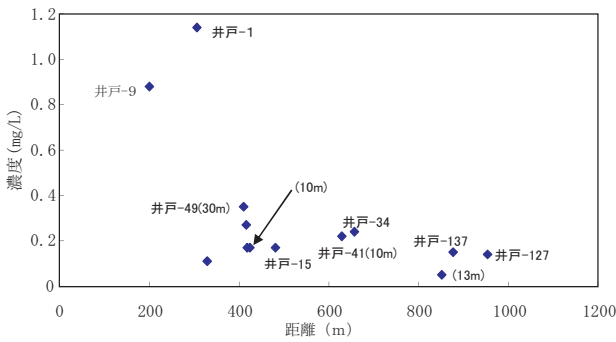


図-12 メッキ工場からの距離と六価クロムのピーク時濃度

- 注-1) 調査期間：平成19年7月17日～10月31日
- 2) 井戸-9はピークが判然とせず調査期間中の最高濃度である。
- 3) 括弧内は聞き取り等による井戸の深さである。

と、8 m以下は粘土を含み、浅層部に比べるとやや透水性が低いとされている。井戸の深さが判明しているものが少なく、また敷地外の土質が明らかでないため若干の問題はあるが、この粘土を含んだ層に高濃度の六価クロムがある程度吸着され、残ったものが下流域にある10m以上のやや深い井戸で、0.1～0.3mg/Lという低濃度で検出されているのではないかとと思われる。

観測井とモニタリング井戸について、汚染源からの距離をみると、観測井と井戸-1、井戸-9以外は全て400m以上離れている。モニタリング井戸が全体的に地下水位の影響をあまり受けずに緩やかな濃度低下を示しているのは、8井戸の地下水ではこの吸着後のクロムを測定していた可能性もあり、土質以外に井戸の深さ等も関係しているのではないかと推測される。

#### 4. 3. 2 六価クロムの土壌吸着と地下水の酸化還元電位

千葉県11)の六価クロム汚染事故では1983年に地下水汚染が発見され、揚水井による汲み出し等の対策がとられたが、5年経過してもまだ地下水から検出されている。本事例でも通水洗浄等の対策がとられているが、2年2ヶ月を経過した現在でも地下水中に微量の六価クロムが検出されており、六価クロムは長期間土壌に留まることが予想される。

六価クロムの土壌による吸着と溶脱を古川ら14)の実験データで推定すると、酸化還元電位234mVの赤土ではpH6附近では約1.2mg/gの六価クロムが吸着され、水での抽出割合は25%程度とかなり

表-3 地下水（観測井，モニタリング井戸）の酸化還元電位

井戸	酸化還元電位(mV)	SD	n
観測井（上層）	216	44	34
〃（中層）	205	37	52
〃（下層）	203	51	52
井戸-9	199	42	25
井戸-1	142	34	25
井戸-49	200	45	25
井戸-15	196	45	25
井戸-41	183	46	25
井戸-34	176	44	25
井戸-127	198	57	25
井戸-137	189	45	17
井戸-88	197	56	25
井戸-100	695	36	25

- 注-1) 調査期間：平成19年9月13日～平成20年9月16日
- 2) 酸化還元電位は算術平均値である。
- 3) 観測井の上層は3～5m、中層は5～8m、下層は8～10mである。

少ない。六価クロムはpH6以上では $CrO_4^{2-}$ で存在し、土壌中の水酸化鉄や酸化鉄等に吸着され、炭酸水素イオン等のオキソ酸イオンの影響を受ける<sup>12)</sup>といわれている。観測井やモニタリング井戸の地下水の酸化還元電位をみると、表-3に示したように井戸-1がやや低く、井戸-100がかなり高い以外はいずれも平均値は200mV前後で井戸間の差は認められない。鉄においては酸化還元電位が200mVの場合、pH7では $Fe(OH)_3$ の形態をとるが、pH6は $Fe^{2+}$ と $Fe(OH)_3$ の境界領域<sup>13)</sup>とされている。地下水のpHは前述したように大部分が6.5～6.8であり、酸化還元電位は井戸-100を除いて概ね各井戸とも150～250mVの範囲にあるため、滞水層中の六価クロムは $CrO_4^{2-}$ の形態で、条件によって $Fe(OH)_3$ 等の水和酸化物に吸着あるいは溶存状態で下流域に流れるとともに、地表附近の土層中では三価鉄を含むゲータイト等の粘土鉱物に吸着されて留まっていると思われる。

大橋ら<sup>15)</sup>によれば土壌の種類によって六価クロムの吸着量は異なり、pHに關係する $OH^-$ が吸着の際の競争的アニオンになるという。このことは地下浸透においては六価クロムを含む溶液のpHや土壌の種類が吸着量に大きな影響を及ぼすとともに、滞水層中では鉄化合物の存在形態、地下水のpH、酸化還元電位、共存イオン等が吸着と溶出に關係していると思われるが、土壌中での移動と吸着等

に関しては今後更なる研究が待たれる。なお井戸-100は酸化還元電位が700mV附近にあり、他の井戸とは水脈が異なる可能性がある。

#### 4. 4 滞水層へのサージェント溶液の到達時期

今回の六価クロム汚染事故は漏出したサージェント溶液が地下浸透して滞水層に到達し、その中に含まれる六価クロムが地下水の流れに乗って拡散したものである。当初は六価クロム濃度も低いが、漏出が止まらない限り供給が続けられるため、地下水中の濃度は次第に高くなる。図-10において井戸-1の濃度が7月3日から次第に上昇しているのはこれが原因と思われる。

処理槽から漏出したサージェント溶液が滞水層に達したのはいつ頃であろうか。ここでは漏出した最初のサージェント溶液中の六価クロムが地下水の流れに乗って井戸-1に到達し、汚染の兆候が現われた時期を検出下限値(0.02mg/L)の濃度を示す時期とする。図-13に井戸-1の六価クロム濃度の動きを示したが、この濃度推移から遡って推定すると、その時期は6月23~25日頃と思われる。この地区の推定流速は既に述べたように30~50m/日、汚染源から井戸-1までの距離は310mである。この流速と距離から計算すると、処理槽から漏出した最初のサージェント溶液が滞水層に達した時期は6月15~20日頃ではないかと推測される。

処理槽を囲む漏出防止ピットから漏出が始まった時期については判然としない。しかし、処理槽を囲っているピットの掘削除去を行っていく中で、平成7年に追加設置したピットと排水路の間隙から地下に薬液が漏出した痕跡が見つかっている。この時の工事が不十分であった可能性もあり、漏

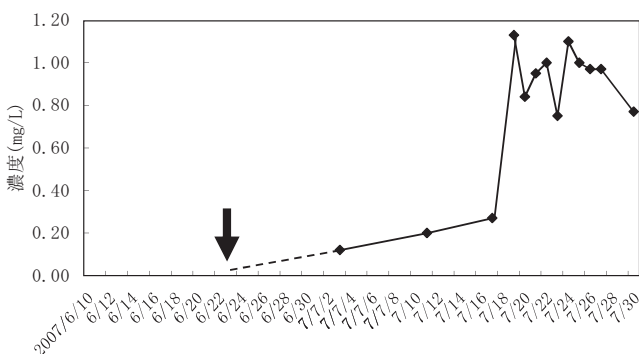


図-13 井戸-1が六価クロムの検出下限値(0.02mg/L)を示した推定時期

出そのものはかなり以前から始まっていたのではないかと考えられた。

#### 要 約

平成19年7月3日に高知県内のA市B地区で六価クロムによる広範囲な汚染事故が発見された。以下に取り組み経緯と得られた結果について概要を述べる。

1. 汚染源は地区内にあるメッキ工場の有害物質漏出防止ピットの亀裂が原因と判断され、平成21年9月までに汚染源周辺211井戸が調査された。六価クロムが検出されたのは52井戸で、環境基準値を超えた井戸は33井戸、最高濃度は1.13mg/Lであった。また汚染の範囲は汚染源から南西方向に向かって延長約1200m、幅120~200mと推定された。
2. メッキ工場敷地内における汚染範囲は処理槽を中心に北東方向に約4m、南西方向に約23m、幅は約8m、深さは7m程度と推定され、平成19年9月からコンサルタント会社によって汚染土壌の除去、揚水井戸の設置、通水洗浄等の対策がとられた。また平成19年8月から周辺10井戸がモニタリング井戸として選定されるとともに観測井が設置され、共に1回/週の定期的な調査が行われた。
3. 汚染源対策が進むに従ってモニタリング井戸や観測井の六価クロム濃度はしだいに低下し、モニタリング井戸は平成20年8月から、観測井は11月から環境基準値(0.05mg/L)以下となった。しかし平成21年9月現在でもわずかに検出されており、モニタリング調査は継続して行われている。
4. 地区内の地下水は四国山地から県中央部を流れる一級河川D川の伏流水で、井戸は5~10m前後の浅層井戸が多く、その流速はおよそ30~50m/日と推定された。また地下水は北東から南西方向に流下しており、六価クロムはこの流れに乗って下流に拡散したものと考えられた。
5. 地区内の地下水は平均pH6.6、電気伝導度176 $\mu$ S/cmで、既に報告されているD川流域や同じ地層の地下水と比べると電気伝導度がやや高い傾向が認められた。また本事例ではpHや電気伝導度に対する六価クロムの影響は認められなかった。

## 謝 辞

本調査においては多くの関係各部署や環境研究センターの水質担当諸氏、民間の方々から多くの御協力を得た。ここに記して感謝いたします。

## 文 献

- 1) 山本 莊毅：建築実務に役立つ地下水の話, p 214, 1994, 建築技術
- 2) 桑尾 房子：高知県における地下水質, 高知県環境研究センター所報, 20, 51-66, 2003
- 3) 金田 妙子ら：香南地域における地下水水質の類型化, 高知県衛生研究所報, 49, 55-60, 2003
- 4) 斉藤 亨治：日本の扇状地, p266, 1998, 古今書院
- 5) 5万分の1地形図(高知), 2000, 国土地理院
- 6) 高橋 一三：土壌の汚染と浄化作用, 257-260, 1974, 産業用水調査会
- 7) 山本 博ら：土器川流域における湧水利用の変化, 日本土壌肥科学雑誌, 79, 478-485, 2008
- 8) 佐々木実・鯉坂富夫・岡本 昭：那須野原の地質と地下水, 地学雑誌, 67, 59-73, 1958
- 9) 山中 勤ら：栃木県那須扇状地における地下水と河川水の交流, 筑波大学陸域環境研究センター報告, 4, 51-59, 2003
- 10) 日本地下水学会・井田 徹治：見えない巨大水脈 地下水の科学, p106, 2009, 講談社
- 11) 佐藤賢司・稲生義彦・楡井 久：地下水汚染の現場から, URBAN KUBOTA, 27, 58-60, 1988
- 12) 日本地下水学界：地下水・土壌汚染の基礎から応用, 131-132, 2006, 理工図書
- 13) 日本化学会編：季刊化学総説 土の化学：p 73, 1989, 学会出版センター
- 14) 古川 真ら：6価クロムの汚泥, 土壌への吸着後の存在形態, 第39回日本水環境学会年会講演集, p605, 2005
- 15) 大橋優子ら：各地の土壌におけるヒ素, セレン, クロムの吸着保持量とその共存物質影響, 第42回日本水環境学会年会講演集, p364, 2008

付表-1 六価クロム対策連絡会議

開催時期	主な協議・報告事項	決定事項等	参加機関
2007/7/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>農作物等への影響</li> <li>記者発表</li> <li>汚染源の特定と今後の調査計画</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>公表は7月20日</li> </ul>	清流・環境課、食品衛生課、環境研究センター 衛生研究所、福祉保健所、市環境課
2007/7/23	<ul style="list-style-type: none"> <li>汚染範囲と汚染源の特定</li> <li>汚染井戸の継続調査</li> <li>観測井の設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>汚染源の特定</li> <li>観測井の深さは10m</li> </ul>	〃
2007/7/30	<ul style="list-style-type: none"> <li>記者発表</li> <li>汚染範囲と今後の調査計画</li> <li>汚染源に対する指導</li> <li>基準値超過井戸への対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>汚染範囲の特定</li> <li>公表は7月31日</li> </ul>	清流・環境課、食品衛生課、廃棄物処理推進課 環境研究センター、衛生研究所、福祉保健所、 市環境課、上下水道局
2007/8/7	<ul style="list-style-type: none"> <li>基準値超過井戸への対応</li> <li>住民からの依頼分析対応</li> <li>モニタリング井戸の選定と今後の調査計画</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>モニタリング頻度は1回/週、観測井を含む11井戸を選定</li> <li>研究機関が共同で調査</li> </ul>	〃
2007/8/30	<ul style="list-style-type: none"> <li>汚染源の対策状況</li> <li>モニタリングの状況</li> <li>基準値超過井戸への対応</li> </ul>	〃	〃
2007/10/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>アドバイザリー会議の結果</li> <li>一斉分析への対応</li> <li>六価クロム対策委員会との連携</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一斉分析は10月29日と11月5日に実施</li> </ul>	清流・環境課、食品衛生課、環境研究センター 衛生研究所、福祉保健所、市環境課
2007/11/27	<ul style="list-style-type: none"> <li>アドバイザリー会議の結果</li> <li>一斉分析結果と今後の調査計画</li> <li>地元対応の状況</li> </ul>	〃	清流・環境課、食品衛生課、廃棄物処理推進課 環境研究センター、衛生研究所、福祉保健所 市環境課
2008/2/21	<ul style="list-style-type: none"> <li>アドバイザリー会議の結果</li> <li>汚染源に対する法的措置</li> <li>*土壌汚染対策法による指定区域に指定（高知県公報、2008.2.19）</li> <li>雨期の対応</li> </ul>	〃	清流・環境課、食品衛生課、廃棄物処理推進課 環境研究センター、衛生研究所、福祉保健所 市環境課
2008/3/27	<ul style="list-style-type: none"> <li>汚染源対策の進捗状況</li> <li>雨期の対応</li> <li>地元説明会</li> </ul>	〃	〃
2008/7/4	<ul style="list-style-type: none"> <li>汚染源対策の進捗状況</li> <li>一斉分析への対応</li> <li>六価クロム対策委員会の動き</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一斉分析は7日と14日に実施</li> </ul>	環境対策課、環境研究センター、衛生研究所 市環境課
2009/1/26	<ul style="list-style-type: none"> <li>モニタリング頻度の見直し</li> <li>最近の地下水分析結果</li> <li>汚染源対策の進捗状況</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2月からモニタリング頻度は1回/月に変更</li> <li>調査は環境研究センターが継続</li> </ul>	〃
2009/7/23	<ul style="list-style-type: none"> <li>最近の地下水分析結果</li> <li>汚染源対策の進捗状況</li> <li>今後の対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>モニタリング頻度は1回/月を継続</li> </ul>	〃

注) 2008年4月1日から清流・環境課は環境対策課に組織変更

付表-2 地下水汚染対策アドバイザー会議

開催時期	主な協議・報告事項	意見・アドバイス等	参加機関
2007/9/14	・工場敷地内のボーリング調査結果 ・今後の汚染源対策 ・地区内の汚染状況	・汚染拡大への対応	清流・環境課、環境研究センター、市環境課、応用地質（株）、メッキ工場、アドバイザー3名
2007/10/18	・敷地内の土壌汚染状況 ・応急対策の工法 ・今後の汚染源対策	・土質と掘削量、補強工事	清流・環境課、環境研究センター、応用地質（株）、アドバイザー3名
2007/11/19	・応急及び恒久対策の工法 ・土壌還元処理法 ・地区内の汚染状況 ・現地見学	・揚水井増設の必要性	清流・環境課、環境研究センター、市環境課、応用地質（株）、メッキ工場、アドバイザー3名
2008/2/6	・土壌還元処理法 ・今後の汚染源対策 ・最近の地下水水質	・通水洗浄法を検討	清流・環境課、環境研究センター、応用地質（株）、アドバイザー3名
2008/9/10	・最近の地下水水質 ・汚染源対策の進捗状況 ・モニタリング頻度	・モニタリング頻度は当面は現状維持	環境対策課、環境研究センター、応用地質（株）、アドバイザー3名

注) 2008年4月1日から清流・環境課は環境対策課に組織変更

付表-3 地元との協議

時期	主な協議・報告事項	出席機関	備考
2007/7/20	・汚染状況の報告と今後の取り組み ・チラシ配布について	市環境課、上下水道局	地元自治会に六価クロム対策委員会が結成される。
2007/8/17	・経過報告と汚染源への対応 ・上水道への切り替えについて	県清流・環境課、市環境課	
2007/9/10	・汚染事故に対する要望書について	県清流・環境課、市環境課 メッキ工場	県・市・メッキ工場に要望書が提出される。
2007/10/10	・上水道への切り替えの費用負担について ・水質検査の継続について	メッキ工場、市環境課	
2007/10/15	・経過報告と汚染源対策	メッキ工場、応用地質（株） 市環境課	
2007/10/23	・一斉分析について	市環境課	10月29日と11月5日に実施
2007/11/14	・上水道料金の負担について ・基準値以下の井戸への対応 ・覚書について	市環境課	11月30日に市長立会いで、メッキ工場と地元自治会の間で覚書が取り交わされる。
2007/12/6	・経過報告と今後の取り組み	県清流・環境課、市環境課、メッキ工場、応用地質（株）	
2008/4/30	・経過報告と今後の取り組み ・雨期の対応と一斉分析について	県環境対策課、市環境課、メッキ工場、応用地質（株）	7月7日、14日に一斉分析を実施
2008/12/25	・経過報告と今後の取り組み ・モニタリング頻度について	県環境対策課、市環境課	
2009/1/12	・経過報告と今後の取り組み ・モニタリング頻度について	県環境対策課、市環境課、メッキ工場、応用地質（株）	2月からモニタリング頻度を1回/月に変更

注) 2008年4月1日から清流・環境課は環境対策課に組織変更

付表-4 調査井戸の使用状況、井戸の深さ、六価クロムの最高濃度

井戸 NO	使用状況	井戸深 (m)	使用 人数	最高濃度 (mg/L)	井戸 NO	使用状況	井戸深 (m)	使用 人数	最高濃度 (mg/L)
1	上水道と併用		3	1.13	55	飲用	5		<0.02
2	上水道と併用			<0.02	56	飲用	10		<0.02
3	上水道と併用			<0.02	57	飲用	20		<0.02
4	上水道と併用			<0.02	58	飲用			<0.02
5				<0.02	59	上水道と併用		3	0.07
6	上水道と併用			<0.02	60	飲用	6	3	0.11
7				<0.02	61	飲用	5	2	<0.02
8	農業用水			<0.02	62	上水道と併用	10	5	<0.02
9	上水道と併用			0.88	63	飲用		6	<0.02
10	農業用水			<0.02	64	飲用			<0.02
11	農業用水			<0.02	65	飲用	22	1	<0.02
12	上水道と併用	14		<0.02	66	飲用			0.02
13	飲用	11.5		<0.02	67	飲用	13	2	0.05
14	飲用	10~12	2	<0.02	68	上水道と併用		2	<0.02
15	飲用			0.17	69	飲用		1	<0.02
16	上水道と併用			<0.02	70	飲用	12		<0.02
17	上水道と併用			<0.02	71	飲用	13	15	<0.02
18	飲用		2	0.07	72	飲用	11	2	<0.02
19	上水道と併用			<0.02	73	上水道と併用		5	<0.02
20	上水道と併用	7		<0.02	74	飲用	8	5	<0.02
21	飲用	20		<0.02	75	飲用	16~18	40	<0.02
22	水源地			<0.02	76	飲用		1	<0.02(痕)
23	プールで使用			<0.02	77	飲用			<0.02
24	水源地			<0.02	78	飲用		1	0.03
25	飲用	15	4	<0.02	79	飲用		2	<0.02
26	飲用		2	<0.02	80	飲用		4	<0.02
27	農業用水	10		<0.02	80	飲用		4	<0.02
28	飲用	23		0.03	81	飲用		2	<0.02
29				<0.02	82	飲用	15	3	<0.02(痕)
30	上水道と併用			0.11	83	上水道と併用		2	<0.02
31	飲用	5~6		<0.02	84	飲用		4~5	<0.02
32	飲用	13		<0.02	85	飲用		5	<0.02
33	飲用			0.11	86	飲用		5	0.08
34	飲用		2	0.24	87	飲用	8	1	<0.02
35	上水道と併用		3	<0.02	88	飲用	8		0.09
36	飲用		2~3	<0.02	89	上水道と併用		6	<0.02
37	飲用	10	2	<0.02	90	上水道と併用		2	<0.02
38	飲用			<0.02	91	飲用	8	4	<0.02
39	飲用			0.02	92	飲用		5	0.07
40	飲用			0.18	93	飲用		6	<0.02
41	飲用	10		0.22	94	飲用			0.07
42	飲用			0.13	95	飲用			0.06
43				<0.02	96	上水道と併用			0.10
44	飲用			0.08	97	飲用		3	0.17
45	飲用		2	0.04	98	飲用			0.04
46	飲用	18	6~7	<0.02	99	上水道と併用			<0.02
47	飲用	10	2	<0.02(痕)	100	飲用	14	2	<0.02
48	飲用	18	7	<0.02	101	飲用	8		<0.02
49	飲用	30	2	0.35	102	飲用			<0.02
50	飲用		2	0.27	103	飲用		3	<0.02
51	飲用			<0.02	104	上水道と併用	15	5	<0.02
52	飲用			<0.02	105	上水道と併用	10	2	0.17
53	飲用	4		<0.02	106	飲用		3	<0.02
54	飲用	5		<0.02	107	飲用	10~15	5	<0.02

井戸 NO	使用状況	井戸深 (m)	使用 人数	最高濃度 (mg/L)
108	上水道と併用	4~5	2	<0.02
109	飲用		3	<0.02
110	飲用		3	<0.02
<b>111</b>	<b>飲用</b>		<b>5</b>	<b>0.06</b>
<b>112</b>	<b>飲用</b>			<b>0.04</b>
113	飲用		4	<0.02
114	飲用	10	2	<0.02
115	上水道と併用	15	3	<0.02
116	上水道と併用	7	2	<0.02
<b>117</b>	<b>飲用</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>0.03</b>
118	飲用		4	<0.02
119	上水道と併用		3	<0.02
120	飲用			<0.02
121	飲用	3		<0.02
122	飲用	8	4	<0.02
123	飲用			<0.02
124	上水道と併用	10	3	<0.02
125	飲用	6~7	2	<0.02
<b>126</b>	<b>飲用</b>		<b>1</b>	<b>0.02</b>
<b>127</b>	<b>飲用</b>			<b>0.14</b>
<b>128</b>	<b>飲用</b>	<b>8~10</b>		<b>0.07</b>
<b>129</b>	<b>飲用</b>		<b>3</b>	<b>&lt;0.02(痕)</b>
<b>130</b>	<b>上水道と併用</b>	<b>23</b>	<b>4</b>	<b>0.06</b>
131	飲用	10	5	<0.02
132	飲用	15	5	<0.02
133	飲用	4	6	<0.02
134	上水道と併用	~10	3	<0.02
<b>135</b>	<b>飲用</b>	<b>16~17</b>		<b>0.02</b>
<b>136</b>	<b>飲用</b>	<b>20</b>		<b>0.08</b>
<b>137</b>	<b>上水道と併用</b>			<b>0.15</b>
<b>138</b>	<b>飲用</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>0.04</b>
139	飲用		1	<0.02
140	飲用		6	<0.02
141	飲用		5	<0.02
142	飲用		2	<0.02
143	水源地			<0.02
144	水源地			<0.02
145	飲用		1	<0.02
146	飲用		10	<0.02
147	上水道と併用			<0.02
148	上水道と併用		5	<0.02
149	飲用		3	<0.02
150	上水道と併用	20	5	<0.02
<b>151</b>	<b>飲用</b>		<b>3</b>	<b>0.03</b>
<b>152</b>	<b>飲用</b>		<b>1</b>	<b>0.03</b>
153	飲用	12	2	<0.02
154	飲用		14	<0.02
155	飲用	5~7	3	<0.02
156	飲用	5~7	8	<0.02
157	飲用	5~7	10	<0.02
158	飲用	15~18	3	<0.02
159	飲用		4	<0.02
160	飲用	7	5	<0.02

井戸 NO	使用状況	井戸深 (m)	使用 人数	最高濃度 (mg/L)
<b>161</b>	<b>飲用</b>	<b>21</b>	<b>4~5</b>	<b>0.05</b>
162	飲用		1	<0.02
163	飲用		3	<0.02
164	飲用	10	4	<0.02
165	飲用		1	<0.02
166	飲用		5	<0.02
167	飲用		2	<0.02
<b>168</b>	<b>飲用</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>&lt;0.02(痕)</b>
169	飲用		2	<0.02
170	飲用	14		<0.02
171	飲用		7	<0.02
172	上水道と併用	12	5	<0.02
173	飲用		1~10	<0.02
174	飲用			<0.02
175	飲用	20		<0.02
176	飲用	13	1	<0.02
177	飲用	15		<0.02
178	上水道と併用	3	2	<0.02
179	飲用	14	4	<0.02
180	飲用	8	1	<0.02
181	飲用	8	4	<0.02
182	農業用水	7		<0.02
183	飲用			<0.02
184	上水道と併用		6	<0.02
185	飲用	18	6	<0.02
186	飲用		1	<0.02
187	飲用		3	<0.02
188	飲用		3	<0.02
189	飲用		3	<0.02
190		5~6		<0.02
191	飲用			<0.02
192	飲用			<0.02
193	上水道と併用			<0.02
194				<0.02
195	飲用	8~10		<0.02
196	飲用			<0.02
197	飲用	12		<0.02
<b>198</b>	<b>飲用</b>			<b>0.36</b>
199	飲用	7		<0.02
200	飲用	6~8		<0.02
201	飲用	6		<0.02
202	飲用			<0.02
203		4		<0.02
204	飲用	13		<0.02
205	飲用	8		<0.02
206	飲用		2	<0.02
<b>207</b>	<b>飲用・生活用</b>			<b>0.03</b>
208	飲用・生活用			<0.02
209	飲用			<0.02
210	生活用		3	<0.02
<b>211</b>	<b>観測井(上層)</b>	<b>3~5</b>		<b>0.26</b>
	<b>"(中層)</b>	<b>5~8</b>		<b>0.18</b>
	<b>"(下層)</b>	<b>8~10</b>		<b>0.12</b>

注)   はモニタリング井戸、  は補足調査井戸で、ゴシックは六価クロムが検出された井戸である。





## 2. 波介川流域における水田農薬の河川流出状況 (H19-20年)

桑尾房子

### Estimation of agricultural chemicals released from paddy fields of Hagegawa river basin (2007-2008)

Fusako KUWAO

**【要旨】** 波介川流域の水稲栽培で主に使用されたアゾキシストロビン、エトフェンプロックス、ジノテフラン、ベンスルフロンメチル、プロモブチド、クロメプロップ、プレチラクロール、カフェンストロール、ダイムロン、シハロホップブチル、ピラズレート、メフェナセット、フェントラザミドの13農薬とプロモブチドとクロメプロップの分解物プロモブチド脱臭素体とクロメプロップ酸について公共用水域への流出について調査した。

公共用水域へは主に除草剤が4月から6月にかけて流出したが、除草剤の流出には、散布時期の集中度や流域水田土壌に対する吸着性および降雨量が関与した。土壌吸着性の弱いプロモブチド等では40mm/dayを越す降雨でピーク状に流出し、吸着性が強くなるに従って流出ピークは小さくなり、80%以上の吸着性を示すシハロホップブチルでの流出はみられなかった。なおカフェンストロール、プレチラクロール等の一部除草剤については水生生物への影響の観点から今後も継続した調査が必要と思われた。

Key words：水田，水稲農薬，除草剤，流出

#### 1. はじめに

波介川は北側の虚空蔵山系と南側の横瀬山山系に挟まれ、土佐市を東へ流れて、四国第3位の大川・仁淀川にその河口から上流約2.2kmで合流する、流域面積73.3km<sup>2</sup>、流路延長19.0kmの中河川である。

流域の水田ではコシヒカリの早期栽培が盛んで、四月の代掻き時期には波介川は乳白緑色に濁り、仁淀川に流入している。

一方、仁淀川では鮎やウナギの遡上がみられ、河口域での高品質な青のりの収穫など水産資源の豊潤な河川でもある。

そこで近年農薬登録され使用が拡大した水田農薬について、その環境中の挙動を把握するため、高知県中央部の波介川流域をフィールドとして平成19年から20年にかけて調査を行ったので報告する。

#### 2. 調査方法

##### 2.1 調査地区の概要と調査地点

波介川流域は地図1に示したように、土佐市か

ら宇佐・新居地区を除いた地域である。

河川の採水は19年には波介川の上流域の鷹ノ巣、下流域の小野橋および仁淀川との合流前の地点(以下合流前)、仁淀川では波介川との合流前の八田堰および合流後の地点となる汽水域の上流点と下流点で実施した。また20年は小野橋で追加調査を行った。

河床の底質は19年に仁淀川の汽水域の上流点および下流点で採取した。

また農薬の土壌吸着試験に用いた水田土壌は氾濫原性低地の小野橋北西(★1)、出間(★4)、岩戸(★5)と、半山層の三角州性低地の波介川支川・塚地川水系の中腹地(★2)、同じく支川・大谷川水系の中腹地(★3)の五ヶ所で採取した。なお出間、岩戸は基盤整備された水田である。

雨量は、流域の代表値として、鷹ノ巣から1.3km下流の家後での高知河川国道事務所による測定値を用いた。

##### 2.2 調査農薬と使用時期および田水の管理状況

調査農薬は表1に示したように、19年は殺菌剤

のアゾキシストロビン，殺虫剤のエトフェンプロックス，ジノテフランと除草剤のベンスルフロンメチル，プロモブチド（分解産物のプロモブチド脱臭素体を含む），クロメプロップ（分解産物のクロメプロップ酸を含む），20年は19年に調査したプロモブチド，クロメプロップに加え，19年に使

用量の多かった除草剤のプレチラクロール，カフェンストール，ダイムロン，シハロホップブチル，ピラズレート，メフェナセット，フェントラザミドである。

これら農薬の性状と魚毒性（fish toxicity）を表2に示す。



表1 平成19年と20年に調査した農薬とその農薬を含有する商品名および農薬含有率（%）

水稲栽培に使用される農薬	H19年度調査					H20年度調査							
	アゾキシストロビン	エトフェンプロックス	ジノテフラン	ベンスルフロンメチル	プロモブチド	クロメプロップ	プレチラクロール	カフェンストール	ダイムロン	シハロホップブチル	ピラズレート	メフェナセット	フェントラザミド
殺菌殺虫剤													
アミスターエイトフロアブル500	8.0												
アミスタートレボンSE 500	8.0	10.0											
カスラブレボン水和剤500G		10.0											
トレボン粉剤DL 3K		0.5											
トレボン乳剤 500CC		20.0											
バダントレボン粒剤L 3K		1.0											
ブラシントレバリダ水和剤400G		5.0											
スタークル顆粒水溶性100g			20.0										
スタークル顆粒水溶性500G			20.0										
ホクコスタークル顆粒水溶性			20.0										
除草剤													
イノーバDX 1kg 5l				0.51	7.5				4.5				2.0
イノーバ粒剤 1kg 5l				0.51					4.5				2.0
MRホームランフロアブル 500				1.4		7.0							
クサトリエースLジャンボ 300g				1.7				7.0	15.0				
バトル粒剤 3kg								5.0					
MRホームラン L ジャンボ 500				1.02		7.0					3.5		
MRホームランジャンボ 500				1.5		7.0							
ワンオール粒剤3k								1.5					
アピロファインDジャンボ								15.0					
クサホープ D 粒剤 3kg								1.5		6.0			
ホクト粒剤 1kg								4.5					
リードゾン粒剤 3kg					4.0					1.8	4.0	3.5	
エリジャン乳剤 500cc								12.0					
ユニハーブフロアブル 500								5.0					
リーディングSジャンボ													7.5
ダブルスター SB 粒1kg													3.0
ダブルスター SB ジャンボ													6.7

\* 平成20年にエスプロカルブ，ピイエノックスも調査したが，これらの農薬を含むモーダウン粒剤 とフジグラス粒剤は散布されず表示していない。  
\* 高知県中央西農業振興センター調べ

表2 調査農薬の性状と魚毒性<sup>13)</sup>

Pesticides	molecular formula	Water Solubility (mg/l)		log <sub>10</sub> Pow (octanol-water)	vapor pressure mmHg	fish toxicity*1
Ethofenprox	C25H28O3	0.001	(25°C)	7.05	6.79 E-9	B
Azoxystrobin	C22H17N3O5	6.000	(20°C)	2.50	8.25 E-13	B
Dinotefuran	C7H14N4O3	40000.000	(20°C)	-0.549	1.28 E-8	A
methyl	C16H18N4O7S	120.000	(25°C)	1.80	2.1 E-14	A
Bromobutide	C15H22BrNO	3.540	(25°C)	3.47	6.25 E-7	A
Clomeprop	C16H15Cl2NO2	0.032	(25°C)	4.80	6.27 E-9	A
Pretilachlor	C17H26ClNO2	50.000	(20°C)	4.08	9.97 E-7	B
Cafenstrol	C16H22N4O3S	2.500	(20°C)	3.21	2.24 E-11	B
Dymron	C17H20N2O	1.200	(20°C)	2.70	3.39 E-9	A
Cyhalofop butyl	C20H20FNO4	0.700	(20°C)	3.31	8.8 E-9	B
Pyrazolate	C19H16Cl2N2O4S	0.056	(25°C)	3.90	6.86 E-12	B
Mefenacet	C16H14N2O2S	4.000	(20°C)	3.23	4.8 E-9	B
Fentrazamide	C16H20ClN5O2	2.300	(20°C)	6.51	3.75 E-10	B
Esprocarb	C15H23NOS	4.900	(20°C)	4.60	7.58 E-6	B
Bifenox	C14H9Cl2NO5	0.398	(25°C)	4.48	1 E-7	B

\* 1: A: コイLC50 (48時間) >10ppm ミジンコのLC50 (3時間) > 0.5ppm  
 B: コイLC50 (48時間) ≤10ppm ~ >0.5ppm ミジンコのLC50 (3時間) ≤0.5ppm

波介川流域の田植えは4月23日には約9割が終わり、中作、後作と続いて5月7日ではほぼ終了していた。

農薬使用時期は図1に示したように、除草剤は移植(田植え)が始まる4月上旬から5月中旬まで、殺菌剤、殺虫剤は6月中旬の幼穂形成期後から8月上・中旬の収穫前までの害虫の発生時である。

なお、代掻きによる波介川の乳白緑色化は20年では4月15日頃まで続き、小野橋での川底の石表面にはこの期間から4月23日頃まで付着藻類の生育が全く見られなかった。

2. 3 波介川流域での属地水稲栽培面積の推定

波介川流域の水稲栽培の属地面積は報告されていないが、土佐市の属地面積は399ha<sup>1)</sup>、属人面積は306ha<sup>2)</sup>(その内波介川流域は93%の284ha)と

報告されている。そのため399haの93%に当たる371haを波介川流域の属地面積と、またこの371haと属人面積284haの差87haを土佐市以外からの入り作による栽培面積と推定した。

2. 4 波介川流域での水稲栽培における農薬使用量の推定

除草剤の初期剤と一発処理剤は全ての水田に1回だけ使用するためこれらの使用量から使用対象面積が推定される。「JAとさし」の3月から6月までの除草剤販売量から求めた使用対象面積は19年が325ha、20年が354haであった。土佐市の農家は出作を行わず、農薬は「JAとさし」から購入しているため、その購入は土佐市の属人面積306haに使用するためとすると、購入量の約94%(306:325)と86%(306:354)が各年に使用された(平均使用率90%)と推定される。

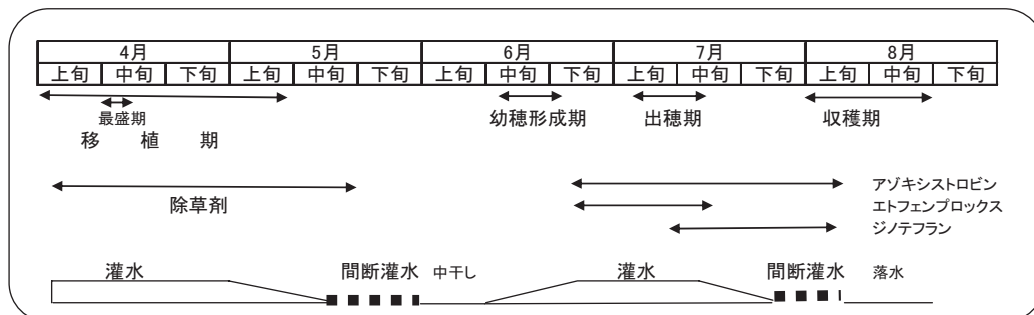


図1 波介川流域におけるコシヒカリの稲作栽培暦(早生栽培)と除草剤、殺虫剤、殺菌剤の使用期間



2. 6. 2 底質土の農薬分析法

図4に示した様に、底質土はアセトンで抽出し多孔性ケイソウ土カラムを用いて液液分配を行い、グラファイト・カーボンカラム(GC)でクリンアップをした後、図5に示したようにGCMS用と、HPLC用に分けて前処理を行い、各分析に供した。

2. 6. 3 農薬と分解物の検出下限値(MDL)と定量下限値(MQL)

GCMSによる10農薬と2分解物、およびHPLCによる5農薬のMDL(Method Detection Limit)とMQL(Method Quantification Limit)を表3に

示す。

2. 7 除草剤の土壤吸着試験

2. 7. 1 土壌の土性分析法

土壌の粒径は篩によって区別し、米国務省(USDA)の分類法に即して、0.04mmの篩を通過したものを粘土(clay)とシルト(silt)とし、通過しないものをsandとして、さらにvery fine sand(0.04~0.105mm), fine+medium sand(0.105~0.425mm), coarse+very coarse sand(0.425~2mm)に分類した。なお泥分率(%)は粘土、シルトにvery fine sandを加えたものとした。

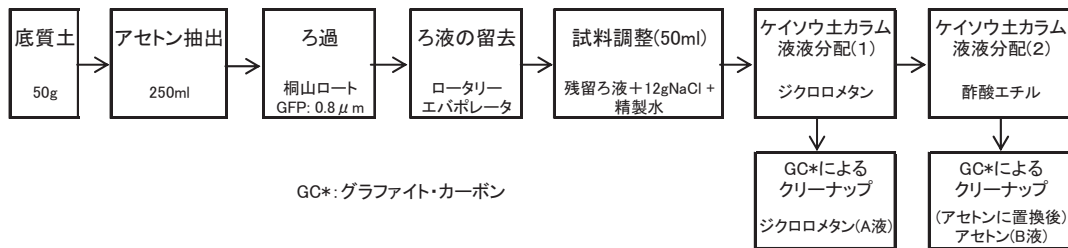


図4 底質土試料の前処理フローチャート-1 (GCMSとHPLC分析用の一括前処理)

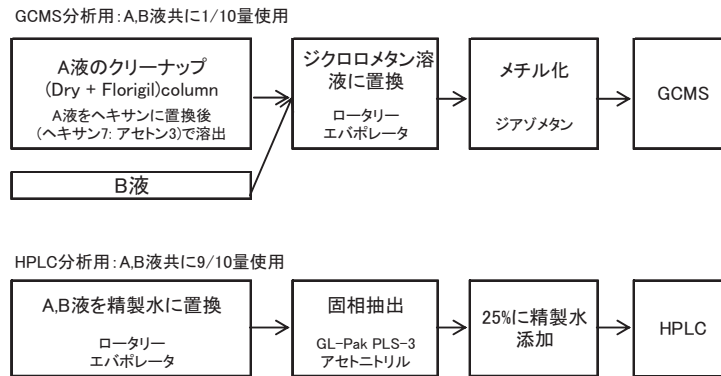


図5 底質土試料の前処理フローチャート-2 (GCMSとHPLC分析用)

表3 15種農薬、2種分解産物のMDL (method detection limit)\*1 とMQL (method quantification limit)\*2

マトリックス	感度の評価法	GC/MS											HPLC					
		プロモ ブチド 脱臭 素体	フロモ ブチド	クロメ プロッ ブ	クロメ プロッ ブ酸	エト フェン プロッ クス	アゾキ シスト ロビン	エスプ ロカル ブ	プレチ ラク ロール	ピフェ ノック ス	メフェ ナセッ ト	シハロ ホップ ブチル	カフェ インスタ ロール	ベン ジノテ フラン	ルフロ ンメル	ダイム ロン	フェン トラザ ミド	ピラゾ レイト
河川水試料	MDL (μg/l)	0.07	0.06	0.04	0.01	0.06	0.04	0.06	0.12	0.07	0.16	0.23	0.12	0.02	0.09	0.06	0.06	0.09
	MQL (μg/l)	0.19	0.17	0.12	0.02	0.15	0.10	0.17	0.35	0.20	0.49	0.70	0.36	0.04	0.28	0.17	0.18	0.27
底質試料	MDL (μg/kg dry)	2.0	1.1	3.6	1.3	3.2	2.6							6.5	7.5			
	MQL (μg/kg dry)	6.1	3.3	10.9	4.0	9.5	7.8							20	23			

\*1 MDL = 2 × t(0.05, n-1) × (1 + 1/n)^(1/2) × SD

t(0.05, n-1): Studentのt分布における危険率5%(片側)のt値. n: 繰り返し回数. SD: 標準偏差. (1 + 1/n)^(1/2): 真値と平均値の誤差の上限を考慮したもの

\*2 MQL = MDL × 3

強熱減量は、107℃で重量に変化がなくなるまで乾燥させた土壌を、600℃、2時間処理して求めた。

pHは土壌10gに0.01M CaCl<sub>2</sub>を10ml加え良く混和した後測定した。

### 2. 7. 2 土壌吸着試験に用いた除草剤の濃度および方法<sup>3)</sup>

メーカーの推奨する使用条件から想定される水田の湛水中除草剤濃度は、図6に示す様に除草剤の種類で大きな差がある。そのため吸着試験に用いる除草剤は概ねこの濃度に沿って調整し、主に使われるメフェナセット、ダイムロン、プロモブチド、プレチラクロール、クロメプロップ酸、フェントラザミド、シハロホップブチルの7種を用いた。なお、クロメプロップは水中で速やかに加水分解してオーキシンの活性を有するクロメプロップ

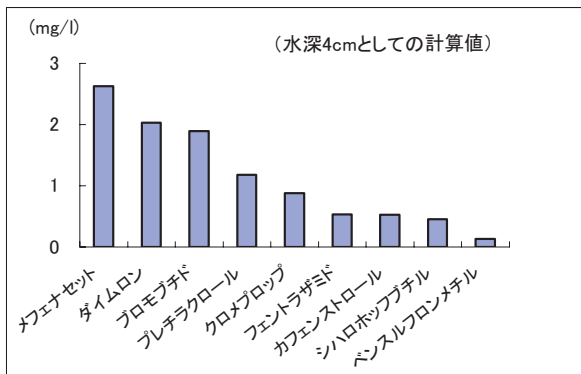


図6 使用条件に従った湛水中の農薬濃度 (mg/l)

酸になり除草効果を示す<sup>4)</sup>ためクロメプロップ酸を用いた。

共栓付きガラス遠心管に土壌5gと0.01M CaCl<sub>2</sub> 40mlを加えて充分振とうした後、除草剤のアセトン溶液を添加して、さらに2時間振とうした。その後約18時間室温で静置後1500G、20min遠心して上澄を採取し、この上澄中の除草剤の濃度をGCMSとHPLCで測定した。また0.01M CaCl<sub>2</sub>液に農薬を添加して同様の操作を同時に行い、この場合の回収農薬量をもって土壌吸着率0%とした。

### 2. 8 小野橋での流量 (m<sup>3</sup>/hour) と農薬の流出量 (g/day) の算出法

小野橋の推定流量 (時間値) は水位とH-Q曲線式 (高知河川国道事務所が測定) を用いて求めた。ただH-Q曲線式の適用範囲外の水位 (over側が主) も若干あったが、同様に適用して計算した。

検出された農薬濃度は採水時の1時間値の濃度として扱い、採水してない期間の濃度はその前後の測定値から比例的に増減すると仮定して求めた。農薬の流出量は濃度と流量の積から求め、24時間の合計値を1日の流出量 (g/day) とした。

## 3. 調査結果および考察

### 3. 1 H19年の波介川及び仁淀川における農薬の検出

19年に測定した6農薬の波介川最上流 (鷹ノ巣), 下流 (小野橋), 及び合流前での検出の推移を、図7の上段に除草剤, 下段に殺菌・殺虫剤について示す。

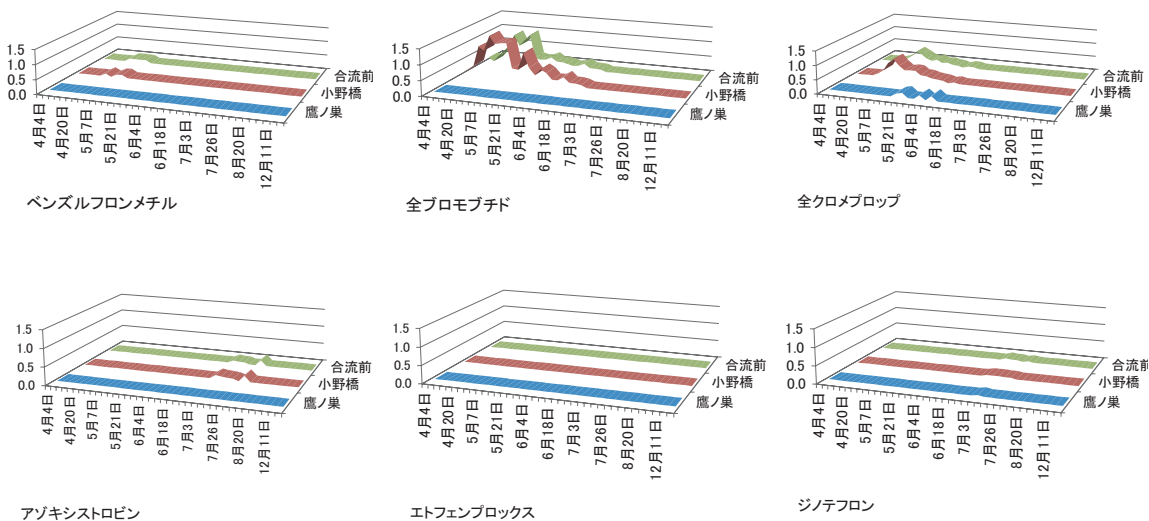


図7 波介川 (鷹ノ巣, 小野橋, 仁淀川との合流前地点) での農薬濃度 (μg/l)

病虫害発生時に使用される殺菌剤・殺虫剤は湛水状態であっても稲は成長しているため直接田の水に投入される事は少なく、殺虫剤エトフェンプロックス（使用量69.3kg）は検出されず、殺菌剤アゾキシストロピン（26.3kg）や殺虫剤ジノテフラン（16.5kg）は小野橋，合流前において検出下限値レベルで検出されたが，仁淀川ではいずれも検出されなかった。

一方，湛水の水田に直接使用される除草剤では，全プロモブチド，全クロメプロップ，ベンスルフロンメチルが小野橋と合流前で，全クロメプロップは鷹ノ巣においても検出された。さらに全プロモブチド，全クロメプロップは仁淀川汽水域でも検出された。

河川に流出する水稻栽培における農薬は除草剤が主体であった。また波介川流域や汽水域の中で最も高濃度で検出されたのは小野橋であった。

### 3. 2 プロモブチドとクロメプロップの分解物出現状況

プロモブチドが水田水や土壌中の微生物により脱臭素化されて生成する主要分解物のプロモブチド脱臭素体は図8に示したように流出期間の後半に小野橋と合流前で僅かに検出されたが，大半はプロモブチドであった。一方，クロメプロップは図9に示したように殆どが農薬活性のあるクロメプロップ酸に分解されていた。

### 3. 3 水田の水尻の土壌における除草剤吸着性

#### 3. 3. 1 水田の水尻の土壌の性状

除草剤の吸着試験に用いた土壌の粒径分布を図10に示す。泥分率（clay+silt+very fine sand）は基盤整備が出来ている出間と岩戸で高く，次いで小野橋北西（小野橋），塚地で，大谷は最も低かった。

また図11に示した様に主に有機物の含量を示す強熱減量と泥分率およびpHから，基盤整備がされている出間と岩戸は泥分率が高く，有機物を多く含み，pHは低く，小野橋，塚地，大谷はそれと対照的であった。

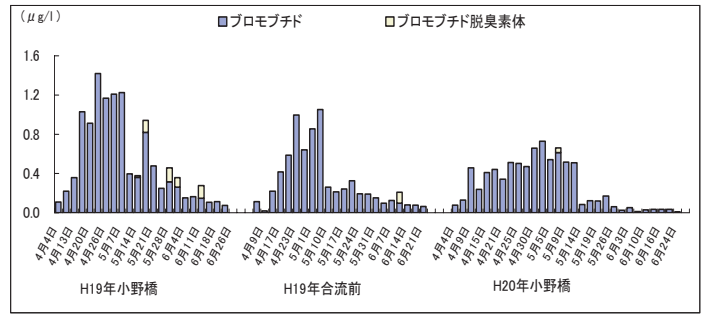


図8 小野橋と合流前のプロモブチドとプロモブチド脱臭素体濃度 (μg/l)

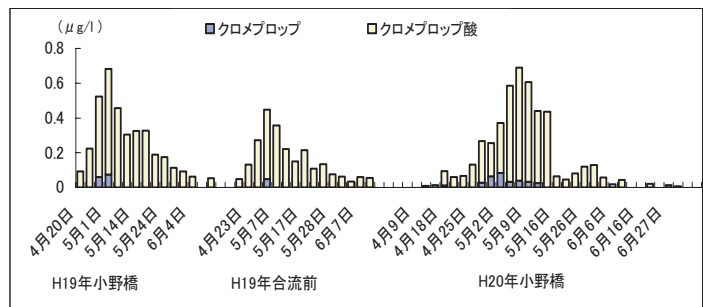


図9 小野橋と合流前のクロメプロップとクロメプロップ酸濃度 (μg/l)

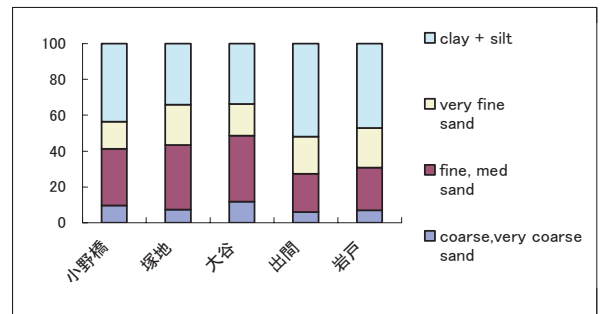


図10 各地域の水田の水尻における土壌の粒径の組成

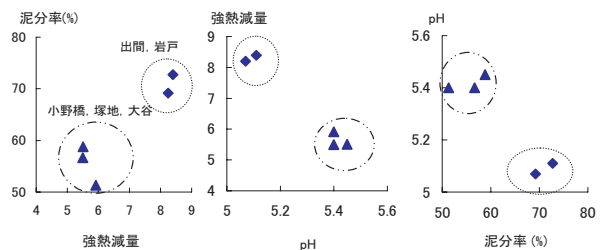


図11 水田土壌における強熱減量と泥分率とpH



### 3. 3. 2 除草剤の吸着特性

図12に水田土壌の農薬吸着率を示す。吸着率は除草剤によって大きく異なり、クロメプロップ酸やブロモブチドでは20%前後と低く、次いでダイムロン30%前後、フェントラザミド40%前後、プレチラクロールとメフェナセットが50%前後と高くなり、最も高いシハロホップブチルでは80%を越えていた。

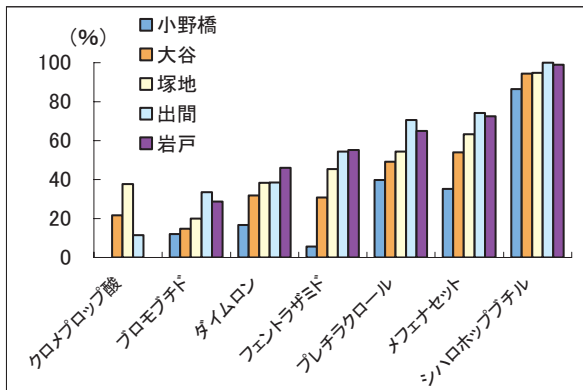


図12 水田土壌の農薬吸着率 (%)

しかし同じ農薬でも水田土壌によって吸着率に差が見られたが、クロメプロップ酸以外ではその傾向はほぼ同じで、小野橋の土壌が最も吸着率は低く、次いで大谷、塚地で、最も高いのは出間あるいは岩戸であった。有機物含有率や泥分率が高くpHが低い土壌では吸着率が高い傾向であった。

### 3. 4 波介川流域における除草剤使用量に対する小野橋での流出量 (kg)

波介川流域への農薬の推定使用量と小野橋を流下した推定総流出量および流出率（推定総流出量/推定使用量×100）を図13に示す。

全ブロモブチドの流出率は29%、24%（19,20年）と最も高く、次いで全クロメプロップの17%、10%（19,20年）で、両者共に土壌吸着率は低かった。次いで流出率の高いのはプレチラクロール、フェントラザミド、メフェナセット、ダイムロンで11%、10%、9%、8%であった。80%以上の土壌吸着率を示したシハロホップブチルの流出率は0%と、土壌吸着率が低い除草剤ほど流出する傾向が見られた。

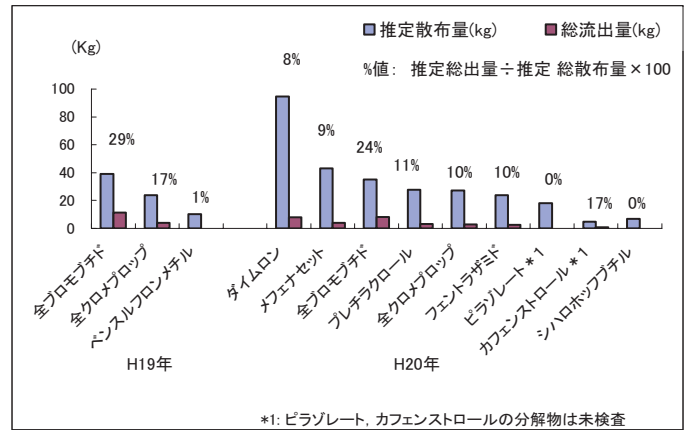


図13 波介川流域での農薬推定使用量 (kg) と小野橋での総流出量 (kg)

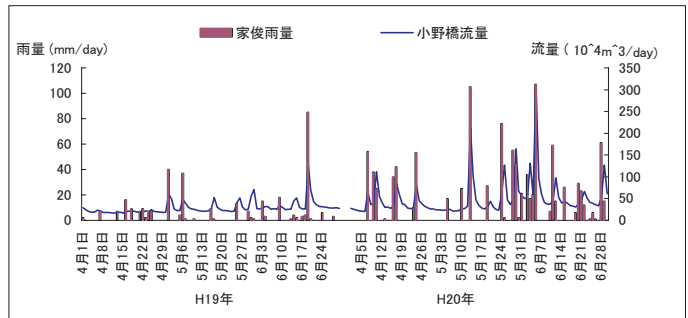


図14 家俊での雨量 (mm/day) と小野橋での流量 (10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/day)

なお、カフェンストロールの流出率は17%であったが、カフェンストロールは分解物である脱カルバモイル体が同量程度検出されるという報告から<sup>5)</sup>全カフェンストロールの流出率は約30%と推定される。また分解物が除草効果を示すピラゾレートではその分解物について調査できず、全ピラゾレートの流出状況は確認出来なかった。

### 3. 5 家俊における雨量と小野橋での各除草剤の流出状況

19年と20年の4月から6月の家俊の雨量 (mm) と小野橋の水量 (10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/day) を図14に、また家俊の雨量と小野橋での除草剤の流出量を図15, 16に示す。

図14に示すように、家俊の雨量は小野橋の流量に影響した。20年は4月の初旬より大雨が続き、4月から6月の累積雨量は1072mmで、19年の334mmの3.2倍、流量は1.7倍と多かった。

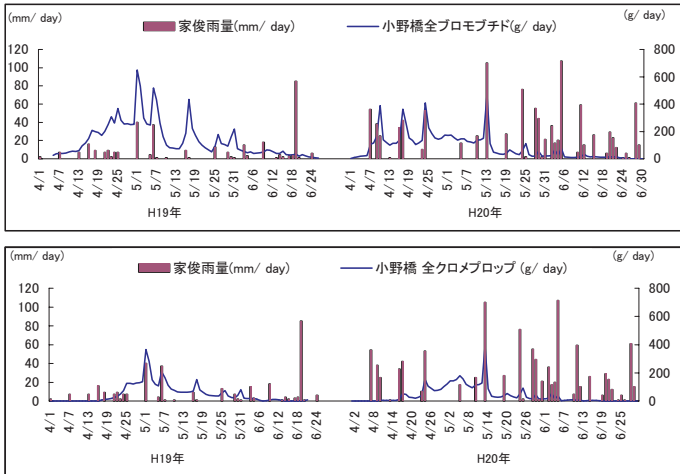


図15 家後の雨量 (mm/day) 及び小野橋の全プロモブチドと全クロメプロップ流出量 (g/day)

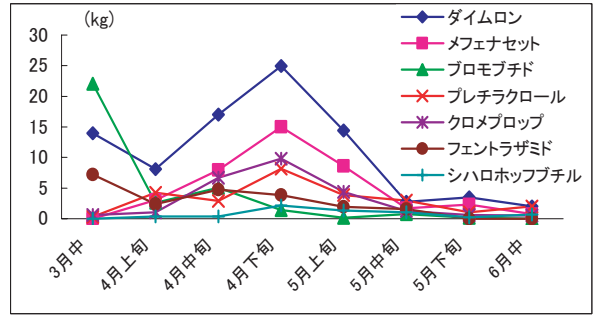


図17 各除草剤の販売量の推移 (H20)

また、除草剤は通常使用直前に購入するので、販売量の推移 (図17) から使用時期が推測される。

図17に示したようにプロモブチドは3月中に大半が購入され、最も早く使用されている除草剤と思われるが、図15に示したように、小野橋での流出は6月末まで続き最も長期間に及んでいた。19年は雨が少なく流出のピークは5月の初旬であった。20年は4月の初旬から雨が多く同中旬から大雨によるピークを伴った流出が継続し、5月13日の大雨によるピークを最後に次第に減衰した。また降雨時の流出量 (P) と降雨前の流出量 (N) のP/N比は大きく、流出は降雨による影響を受けたが、これは土壤吸着性が弱いと思われる。

4月下旬に販売のピークがあるクロメプロップは図15に示したように4月下旬から大雨によりピーク状に流出したが、プロモブチドと同様19年よりも20年ではより早い時期から流出し、6月中旬まで続いた。またP/N比も大きく、土壤吸着性が弱いと思われる。

4月下旬が販売のピークであるダイムロンは図16aに示したようにそれ以前の大雨による流出は多くないが、土壤吸着性が弱いいためか4月下旬～5月上旬では販売量のピークに対応して、少しの雨でも流出しP/N比の大きなピークを示して5月13日の大雨で大量に流出した後は少なく5月末で終息した。

フェントラザミドは3月から4月下旬まで販売量が少量で、使用が分散したためか図16bに示したように流出も分散し、5月13日の大雨で僅かなP/N比が中程度の流出ピークを呈して5月20日には終息した。

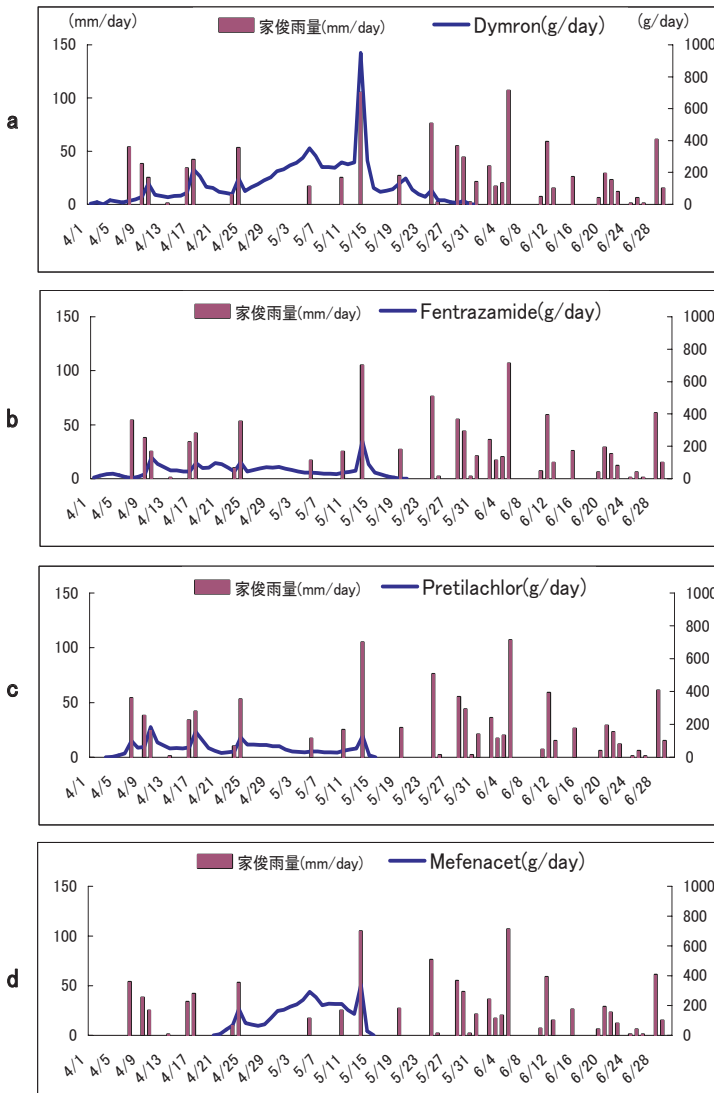


図16 H20年の家後雨量 (mm/day) と小野橋での除草剤流出量 (g/day)

プレチラクロールは4月下旬に小さな販売ピークを示すが、図16cに示したようにP/N比が小さなピークの流出で5月15日には終息した。

メフェナセットは4月下旬が販売のピークであるが、図16dに示したようにそれ以前では流出は殆ど無く、4月下旬～5月上旬では販売量に対応して流出量は増加したが、5月13日の大雨でP/N比の小さなピークを示し5月15日で終息した。

プロモブチド、クロメプロップ酸、ダイムロンのような土壌吸着性の弱い除草剤では降雨による影響を強く受け（P/Nは高）、長い期間流出した。一方、メフェナセットのように土壌吸着性が強く成るに従い降雨による影響は少なく（P/Nは低）流出期間は短かった。除草剤の河川への流出は散布期間の集中度や土壌吸着性の強弱および降雨の程度に依存すると考えられた。

### 3. 6 全プロモブチドの波介川から仁淀川本川への流出（H19年）

小野橋と合流前および本川・仁淀川の合流地点より上流の八田堰と下流の汽水域での全プロモブチドの濃度を図18に示した。4月17日から5月7日にかけて、小野橋と合流前での濃度上昇と同様に汽水域（上、下）でも濃度が上昇し、5月7日には小野橋や合流前のほぼ半分近く達した。しかし八田堰ではこうした濃度の上昇は無く、また八田堰から汽水域の上流側までに仁淀川に流入する河川は、波介川以外には僅かな小河川のみであることから、汽水域での全プロモブチドの濃度上昇は波介川からの流入が主要因と考えられる。

また4月17日（当日降雨量0mm）の合流前の濃度が小野橋での濃度のほぼ40%であるのに対して、4月26日（0mm）では60%、5月7日（1mm）では85%に上昇している。合流前の流量は一見小野橋より多いと思われるが、両地点の約2km間で唯一合流前の直前に流入している用石川の流量は非常に少なく、また合流前では仁淀川から含塩による高比重の水が川底に沿って流入していることから、小野橋を流れた水の流塊がほぼそのまま合流前に到達したものを採取分析していると考えられる。そのため小野橋と合流前での濃度はほぼ同じであろうと推測されるが、4月17日での合流前の濃度は小野橋の濃度の40%までに低下し、5月7日では85%とあまり低下していない。小野橋の流

速は通常0.02～0.16m/secと遅く、さらに両地点間の川底には水草が繁茂していることなどから、農薬流出初期ではこの小野橋～合流前間で農薬の吸着や流下する農薬吸着土壌の堆積などにより濃度が低下するが、5月7日頃ではこうした河川の農薬保持能が弱まり、合流前や汽水域では濃度の低下がみられなかったと推察される。

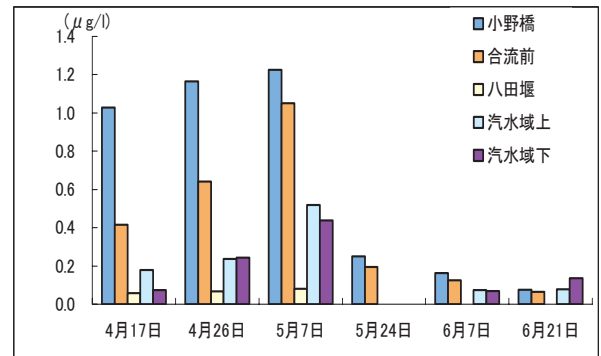


図18 各測定地点における全プロモブチド濃度（μg/l）

### 3. 7 全クロメプロップの波介川から仁淀川本川への流出（H19年）

鷹ノ巣、小野橋、合流前および仁淀川の八田堰と汽水域での全クロメプロップの濃度を図19に示す。

汽水域では5月7日のみ検出された。また4月26日の合流前の濃度が小野橋での濃度のほぼ50%で、5月7日では80%に上昇しており、全プロモブチドに似た変遷であったが全プロモブチドより早く分解・消失した。また鷹ノ巣で5月24日（当地での使用時期）に検出された。

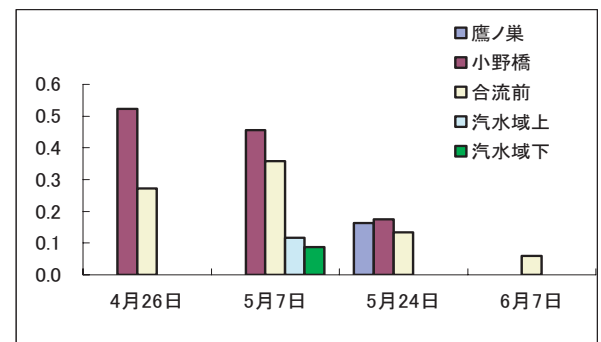


図19 各地点における全クロメプロップ濃度（μg/l）

### 3. 8 仁淀川汽水域の底質土における農薬の検出

汽水域の水から検出されたプロモブチドなどの農薬は底質土では定量下限値以上には検出されなかった。

なお底質土は粒径組成分析（ピペット法）<sup>6)</sup>で上流はやや粘土質でTOC（チューリン法）<sup>6)</sup>は0.3%から1.9%の範囲、下流は砂礫質でTOCは0.2%から0.4%の範囲であり、農薬の分析には土壌成分が少なく不適であったかも知れない。

### 3. 9 H19, 20年の小野橋における農薬の検出と水生生物への影響

流域で最も高濃度に検出される小野橋での農薬の最高濃度、検出期間、水質評価指針値、予測環境中濃度（水産PEC: Predicted Environmental Concentration）<sup>7-13)</sup> および水生生物に対する影響の指標とするために、小野橋での最高濃度（DC）を予測無影響濃度（PNEC: Predicted No Effect Concentration）で割った値を表4に示す。なおこれらの農薬についてPNECは設定されておらず、魚類、ミジンコ、藻類の各急性毒性値<sup>7-15)</sup>の内でも最低濃度をアセスメント係数（1000）<sup>16)</sup>で割った値とした。

今回の調査農薬の内、水質評価指針値や水道水質管理目標値が設定されているものでは超過値は見られなかった。

また小野橋での最高濃度は予測環境中濃度（水産PEC）と比べ、フェントラザミドが8倍高い濃度で検出されているが、その他は同じ程度か低い濃度であった。

今回水生生物への影響の指標としたDC/PNEC値

について、プロモブチド、アゾキシストロピンは1以下、その他の魚毒性Aの農薬は3以下であったが、魚毒性Bのメフェナセットは14、カフェンストロールとプレチラクロールは220であった。生態リスクの判定に用いられるPEC/PNEC値では0.1以上、1未満は情報収集に努める必要があり、1以上の場合は詳細な評価を行う候補と考えられると報告<sup>16)</sup>されていることから、今後も流域における調査の必要性があると思われる。

高知県水産試験場による仁淀川の合流後の地点におけるスジアオノリの調査では3月までの冬場に繁茂期を迎えており、また仁淀川での鮎の遡上はおおよそ2月末から6月頃<sup>17)</sup>で、ウナギの遡上は10～6月（最盛期は1～3月）<sup>18)</sup>と報告されている。今回の調査による農薬の流出時期がアユやウナギの遡上期に一部重なることから今後も継続した調査が必要と思われる。

### 4. まとめ

波介川流域での水稲栽培における公共用水域への農薬の流出は湛水状態で使用する除草剤が主で、4月から6月にかけてみられたが、流出の挙動は農薬によって異なっていた。波介川流域の水田の土壌に対して吸着性の弱いクロメプロップ酸、プロモブチド、ダイムロンでは40mm/dayを越す降雨でP/N比の大きな流出のピークを呈し、公共用水

表4 小野橋での流出農薬最高濃度と水生生物への影響

魚毒性	種類	農薬	最高濃度 ( $\mu\text{g/l}$ )	検出期間	公共用水域における農薬の水質評価指針値 ( $\mu\text{g/l}$ )	水産PEC <sup>7-13)</sup> ( $\mu\text{g/l}$ )	水生生物への影響 <sup>*3</sup>		
							最高検出濃度 ÷ PNEC <sup>15, 16)</sup>		
A	除草	プロモブチド(H19) <sup>*1</sup>	1.42	4月4日 ~ 6月21日	40	4.4	0.3		
		プロモブチド	0.73	4月4日 ~ 6月26日			0.2		
		クロメプロップ (H19)	0.68	4月20日 ~ 6月11日			—	2.6	
		クロメプロップ	0.65	4月11日 ~ 6月20日			—	2.5	
		ダイムロン	1.36	4月4日 ~ 5月26日			—	1.71	2.7
		ベンスルフロンメチル(H19)	0.10	4月23日 ~ 5月7日			—	—	1.8
B	殺虫	ジノテフラン(H19)	0.04	6月28日 ~ 7月19日	—	—	—		
		除草	メフェナセット	1.10	4月21日 ~ 5月7日	9	1.3	14	
			カフェンストロール	0.17	4月25日 ~ 5月7日	8 <sup>*2</sup>	0.18	220	
			フェントラザミド	0.59	4月4日 ~ 5月16日	—	0.075	—	
			プレチラクロール	0.27	4月7日 ~ 5月7日	40	1.1	220	
殺菌	アゾキシストロピン(H19)	0.16	7月3日 ~ 8月1日	—	0.47	0.6			

(—)はデータ無し

\*1: (H19)は平成19年度、他は20年度の成績

\*2: 水道水質管理目標値

\*3: 小野橋での最高濃度/PNEC (予測無影響濃度: Predicted No Effect Concentration).

PNECは魚類、ミジンコ、藻類の各急性毒性値<sup>7-15)</sup>の内でも最低濃度をアセスメント係数(1000)で割った値とした

域への流出期間も長かった。吸着性が中程度のフェントラザミドではP/N比も流出期間も中程度であったが、吸着性の強いプレチラクロール、メフェナセットでは流出ピークのP/N比は小さく、流出期間も短かった。さらに80%以上の吸着率を示したシハロホップブチルでは4月～6月で1072mmの累積雨量を受けながらも公共用水域では検出されなかった。ただ農薬の分解物の調査はプロモブチドとクロメプロップのみで、クロメプロップのように殆ど分解され、分解物が除草剤活性を有するピラゾレートや、分解物の存在量が親物質に匹敵するカフェンストロールなどでは流出挙動を正確に把握できなかった。今後は使用農薬だけでなくその分解物の量の把握とそれらの生態系への影響について調査することが必要である。また除草剤の吸着性は土壌の性状により異なり、泥分率が高く有機物を多く含んだ基盤整備のされた土壌で強く、これらの水田での流出はより少ないと推察された。

波介川の仁淀川への全プロモブチドと全クロメプロップの流出状況から仁淀川の汽水域で検出される除草剤は波介川由来のものと考えられた。しかし小野橋から合流点までの川底に水草が生育している2kmの区間で、仁淀川への流出農薬は軽減していると推察された。

流域で最も高濃度に農薬が検出された小野橋での流出期間中の最高濃度（DC）は、水質評価指針値や水道水質管理目標値が設定されている農薬について超過するものはなかった。またDCは水産PECと比べフェントラザミドが8倍高かったが、その他は同じ程度か低い濃度であった。水生生物に対する影響の指標とするために、DCを当方で推定した予測無影響濃度（PNEC）で割った値について、最も多く分離されるプロモブチドおよびアゾキシストロビンは1以下でその他の魚毒性Aの農薬は3以下であったが、魚毒性Bのメフェナセットは14、カフェンストロールとプレチラクロールは220であった。

## 謝 辞

この調査の内19年度の調査については平成19年度農薬残留対策総合調査（環境省）として実施した。また高知県中央西農業振興センターにはJAの農薬販売量など農薬使用量の推定に、国交省・高

知河川国道事務所には小野橋の流量について、高知県水産試験場にはアユ、ウナギ、アオノリについてご教授いただきました。深謝いたします。

## 文 献

- 1) 「2005年高知県の農畜産物（市町村別データ）：農林水産省高知農政事務所」
- 2) 「2005年農林業センサス」
- 3) 日本環境協会：化学物質の物理化学的性状把握に関する研究（昭和60年度環境省委託）IV 土壌吸着平衡定数測定法。1- 19, 1986.
- 4) 春原由香里：オーキシシン型除草剤clomepropの作用機構に関する研究。千葉大園学報, 52, 241- 291, 1998.
- 5) 岩舟敬ら：茨城県桜川流域における水稲用農薬及びその主要な代謝分解物の挙動。第43回日本水環境学会講演集, 397. 2009.
- 6) 土壌標準分析・測定法委員会編：土壌標準分析・測定法。博友社。1986.
- 7) 食品安全委員会：農薬評価書 プロモブチド。2008.
- 8) 食品安全委員会農薬専門調査会：（案）農薬評価書 クロメプロップ。2009.
- 9) 食品安全委員会農薬専門調査会：（案）農薬評価書 メフェナセット。2008.
- 10) 食品安全委員会農薬専門調査会：（案）農薬評価書 カフェンストロール。2008
- 11) 食品安全委員会農薬専門調査会：（案）農薬評価書 プレチラクロール。2008
- 12) 食品安全委員会：農薬評価書 フェントラザミド。2008..
- 13) 食品安全委員会農薬専門調査会：（案）農薬評価書 アゾキシストロビン。2007.
- 14) 農薬ハンドブック：日本植物防疫協会，東京。2005.
- 15) 水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準について（評価書）。環境省。2009.
- 16) 環境省環境保健部環境リスク評価室：生態リスク初期評価。化学物質の環境リスク評価7. 20-26. 2009.
- 17) 高橋勇夫，東健作：ここまでわかったアユの本。122-123, 築地書館。2006.
- 18) 川那部浩哉，水野信彦編：日本の淡水魚。山と溪谷社。1989.

### 3. 押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について

佐藤祐二・鍋島佐知

#### Concentration of nitrogen oxide at Osioka-Koen

Yuji SATO・Sachi NABESHIMA

**【要旨】** 須崎市の押岡公園大気監視常時測定局において1981年以来測定した窒素酸化物濃度の状況を取りまとめた。窒素酸化物中に占める一酸化窒素濃度の割合が高く、特定の月、時刻に一酸化窒素が高濃度になる傾向がみられた。

Key words：大気測定局，窒素酸化物，一酸化窒素，高濃度

#### 1. はじめに

押岡公園測定局（以下、「押岡局」という）では、1981年4月に一般環境大気測定局として測定を開始して以来、窒素酸化物その他の常時監視測定を行っている。二酸化窒素については、測定開始以来毎年環境基準を達成しているが、一酸化窒素については環境基準は設定されていないものの、しばしば高濃度値が出現している。

今回、押岡局における窒素酸化物濃度の挙動について若干の取りまとめを行ったので報告する。

#### 2. 押岡局の位置、周辺の状況など

押岡局は、高知県中西部の須崎市に位置し、周辺地形はリアス式海岸である。須崎市街地から東方に約5km、押岡川に沿った谷の南側の山裾にあって標高は約30mである。周辺は主に田畑である。東方は浦ノ内湾、南方は野見湾・土佐湾、西方には須崎湾と三方向が海域であるが、北側の山裾には東西に住家が散在している。

約4km西方に国道55号バイパス（平日交通量約11,000台）、北方約70mを県道23号（平日交通量約

5,700台）がある<sup>1)</sup>。近郊には、ハウス園芸ボイラーが散在している。西方約2.5kmにセメント工場（年間セメント生産量約4,000千トン<sup>2)3)</sup>が立地している。



図1 須崎市域における押岡局の位置図

#### 3. 押岡局での測定項目及び測定期間

硫黄酸化物（溶液伝導率法）：1981.4～

窒素酸化物（吸光光度法）：1981.4～

浮遊粉じん（光散乱法）：1981.4～1984.4

浮遊粒子状物質（ $\beta$ 線法）：1984.2～1991.2

風向風速：1985.3～1988.4

#### 4. 窒素酸化物測定結果

##### 4. 1 2007年度測定結果

##### 4. 1. 1 二酸化窒素

測定局	有効測定日数	測定時間	年平均値	1時間値の最高値	1時間値が0.2ppmを超えた時間数とその割合		1時間値が0.1ppm以上0.2ppm以下の時間数とその割合		日平均値が0.06ppmを超えた日数とその割合		日平均値が0.04ppm以上0.06ppm以下の日数とその割合		日平均値の年間98%値	98%値評価による日平均値が0.06ppmを超えた日数
	(日)	(時間)	(ppm)	(ppm)	(時)	(%)	(時)	(%)	(日)	(%)	(日)	(%)	(ppm)	(日)
押岡局	354	8507	0.009	0.081	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.023	0

二酸化窒素の環境基準を達成していた。

##### 4. 1. 2 一酸化窒素及び窒素酸化物

測定局	一酸化窒素 (NO)					窒素酸化物 (NO+NO <sub>2</sub> )					
	有効測定日数	測定時間	年平均値	1時間値の最高値	日平均値の年間98%値	有効測定日数	測定時間	年平均値	1時間値の最高値	日平均値の年間98%値	年平均値NO <sub>2</sub> /(NO+NO <sub>2</sub> )
	(日)	(時間)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(日)	(時間)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)
押岡局	354	8507	0.028	0.584	0.129	354	8507	0.037	0.637	0.143	24.3

押岡局の一酸化窒素1時間値の最高値は0.584ppmであったが、全国の一般環境測定局の測定結果ではこれ以上の最高値であった測定局は4局、自動車排出ガス測定局では8局あった。

押岡局の一酸化窒素の1日平均値の年間98%値は0.129ppmと、全国の一般環境測定局測定結果では最大の値であった。また、全国の自動車排出ガス測定局結果では押岡局の0.129ppmより大きい測定局は全439局中52局であった。

年平均値NO<sub>2</sub>/(NO+NO<sub>2</sub>)の値は24.3%と、全国の一般環境測定局測定結果では最小の値であった。押岡局を除く全国の一般環境測定局は35.8%～

98.3%の範囲であった。また、全国の自動車排出ガス測定局結果をみても押岡局よりも小さい値であったのは、唯一、佐倉山王(車)測定局(千葉県佐倉市)の13.7%であった。<sup>4)</sup>

押岡局では一酸化窒素濃度が比較的高く、また窒素酸化物に占める一酸化窒素の割合が非常に高かった。この要因としては近くに立地しているセメント工場の排出ガスの影響が考えられる。

##### 4. 1. 3 時刻別経時変化

2007年度一年間の平均の時刻別経時変化を、図2に示す。

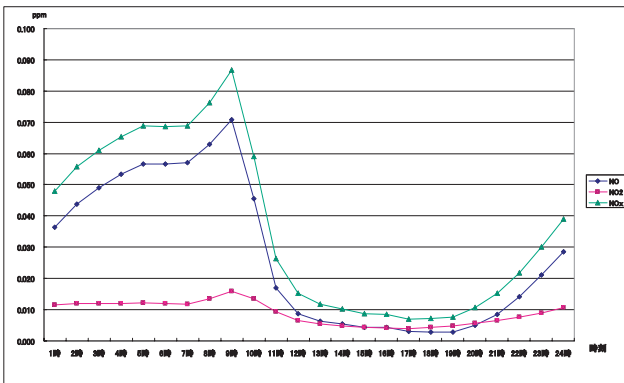


図2 窒素酸化物の時刻別濃度変化

一酸化窒素濃度は20時頃から徐々に上昇を始め、5時から7時にかけて横ばいになるが、8時から再度上昇し9時にピークとなり、以後急激に減少する。二酸化窒素濃度は一酸化窒素ほど顕著な変化はないが、ほぼ一酸化窒素と同じ動きを示す。

#### 4. 1. 4 一酸化窒素高濃度出現状況

2007年度に一酸化窒素濃度日平均値が0.1ppm以上となったのは延べ19日で最高値は0.207ppmであった。1時間値が0.4ppm以上となった時間は44時間、そのうち0.5ppm以上となったのは10時間で、最高は2008年1月4日10時の0.584ppmであった。図3はその経時変化である。朝5時ごろから徐々に上昇し、9、10時に急激に高濃度となり11時には低濃度に下降している。

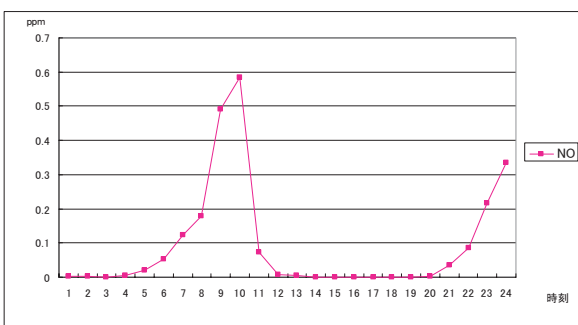


図3 一酸化窒素濃度の経時変化 (2008年1月4日)

#### 4. 2 2006年度以前の測定結果

押岡局では、1981年4月から窒素酸化物の測定を継続しているが、測定機器の制約のため、一酸化窒素濃度が0.5ppmを超えた場合1992年度から1997年度までの間は0.5ppmとし、1998年度は欠測として扱っている。

#### 4. 2. 1 一酸化窒素濃度経年変化

一酸化窒素濃度の年平均値及び日平均値の98%値の経年変化を図4に示す。

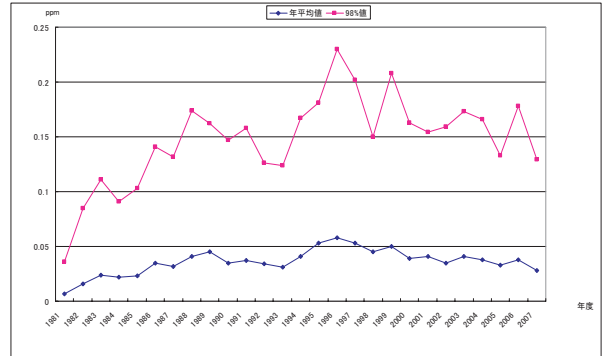


図4 一酸化窒素濃度経年変化

年平均値は1981年測定開始以来徐々に上昇を続け、1990年から1993年にかけて横ばいややや下降するが、1994年から再度上昇を始め1996年にピークとなりそれ以後は徐々に下降傾向にある。日平均値の98%値についても、年度ごとの変動は年平均値に比べ大きいがほぼ同様の傾向がみられる。

近隣のセメント工場は前身の会社が1961年に同地に建設して以来操業を続けている。この間、セメント焼成炉の増設や廃止、発電施設の設置などが行われている。

図5に工場の年間セメント生産量(暦年)と押岡局一酸化窒素濃度年平均値(暦年)の経年変化を示す。<sup>2), 3)</sup>

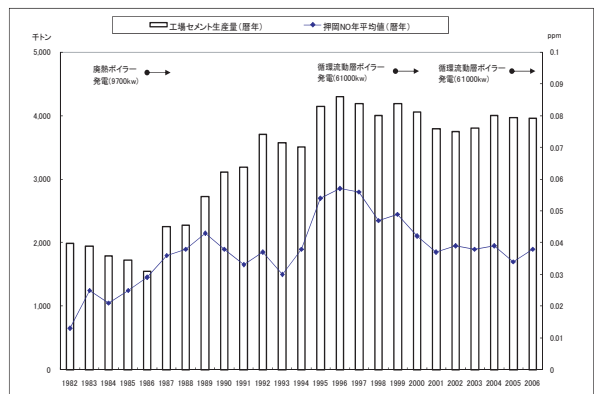


図5 工場セメント生産量と一酸化窒素の経年変化

1982年から1987年にかけては、セメント生産量はやや減少しているが、押岡測定局の一酸化窒素濃度年平均値は増加している。1998年以降セメント生産量はほぼ横ばいであるが、一酸化窒素濃



年度年平均値は減少している。

#### 4. 2. 2 一酸化窒素濃度割合の経年変化

年平均値 $\text{NO}_2 / (\text{NO} + \text{NO}_2)$ の経年変化を図6に示す。

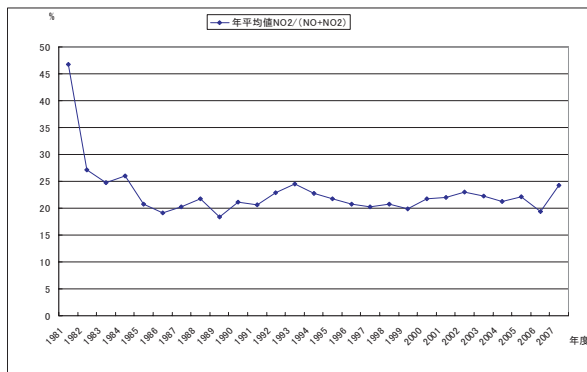


図6 年平均値 $\text{NO}_2 / (\text{NO} + \text{NO}_2)$

測定開始初年度の1981年度を除くと、18.4%～27.1%の範囲で推移している。

#### 4. 2. 3 一酸化窒素濃度日平均値が0.1ppm以上であった日

図7に一酸化窒素濃度日平均値が0.1ppm以上であった日数の経年変化を示す。

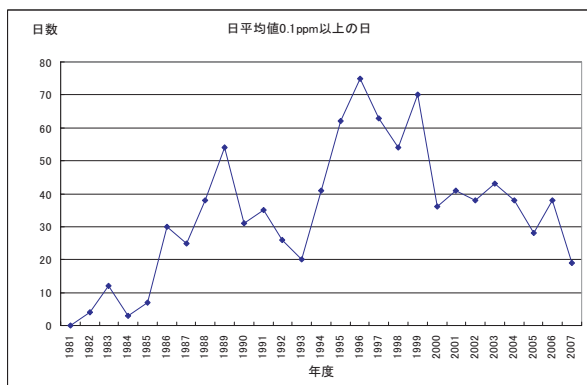


図7 一酸化窒素濃度日平均値が0.1ppm以上であった日数の経年変化

日数は1984年度から徐々に増加し1989年度に一度ピークとなり一旦減少するが、1994年度から再び増加し1996年度に75日と最大となった後、減少している。

1981年度～2007年度の間の月別の一酸化窒素濃度日平均値が0.1ppm以上であった累計日数を図8に示す。

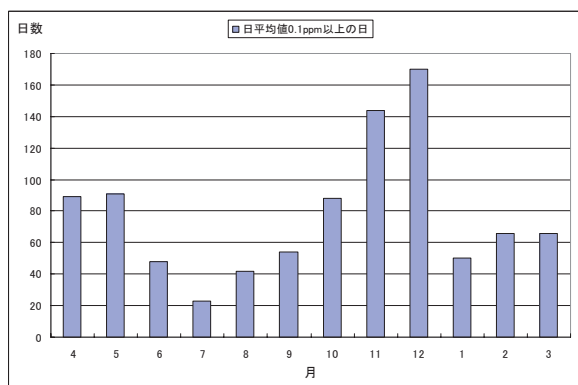


図8 一酸化窒素日平均値が0.1ppm以上であった日数

12月が170日と最多日数であるが、4, 5, 10, 11月も多く出現し季節的には春・秋に多かった。7月は23日と最少であった。

#### 4. 2. 4 一酸化窒素濃度1時間値が0.5ppm以上であった時間

図9に一酸化窒素濃度1時間値が0.5ppm以上であった時間数の経年変化を示す。

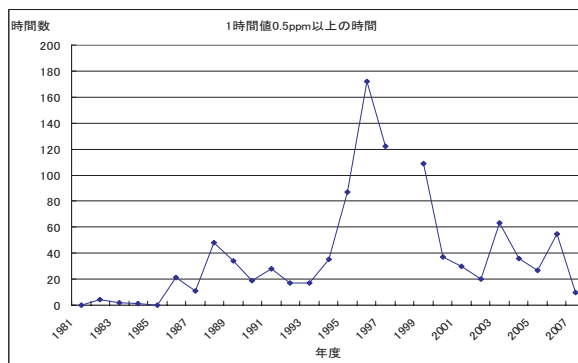


図9 一酸化窒素一時間値0.5ppm以上の時間数

1996年度に172時間と最多となった後、減少をしている。一酸化窒素濃度年平均値、日平均値が0.1ppm以上であった日数と同じく1996年度が最多となった。

1981年度～2007年度の間の時刻別の一酸化窒素濃度が0.5ppm以上であった累計時間数を図10に示す。

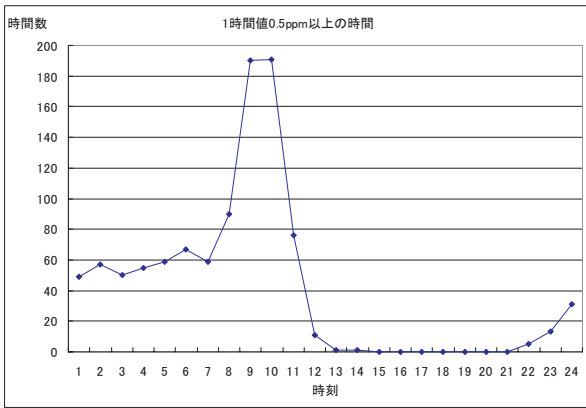


図10 一酸化窒素濃度が0.5ppm以上であった時間数

1時間値が0.5ppm以上の時刻は22時～12時の間であったが、9時、10時がそれぞれ190時間、191時間と突出して出現していた。また、15時～20時の間は高濃度となることはなかった。

1981年度～2007年度の間の月別の1時間値が0.5 ppm以上となった時間数を図11に示す。

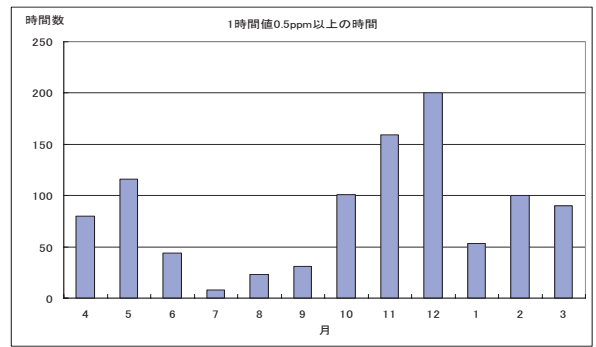


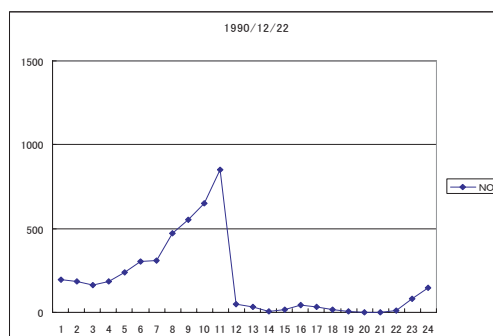
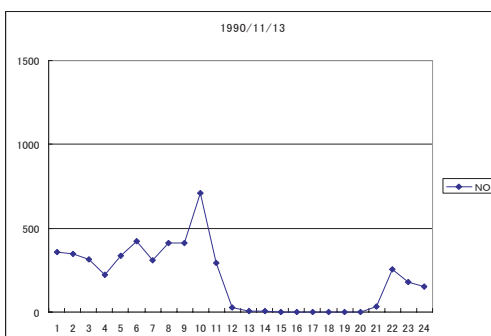
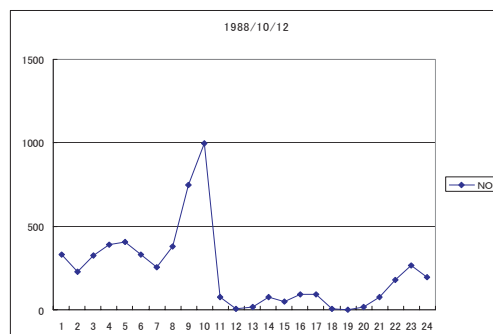
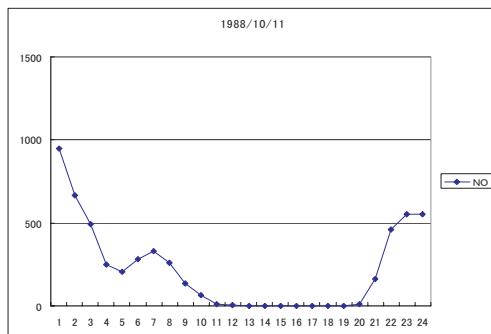
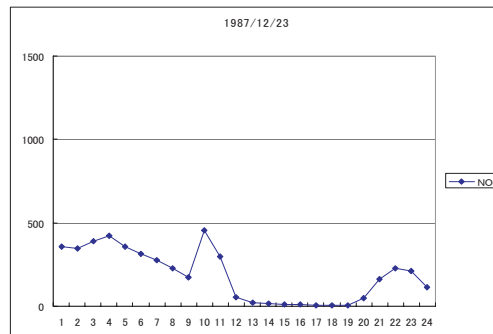
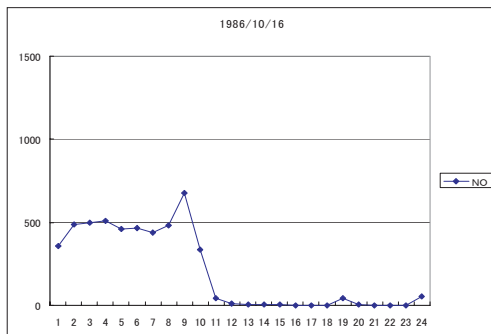
図11 1時間値が0.5ppm以上の月別時間数

月別では、12月が200時間と最多、7月が8時間と最小であった。

一酸化窒素濃度日平均値が0.1ppm以上であった月別の日数とはほぼ同じ傾向であった。

#### 4. 2. 5 一酸化窒素が高濃度であった日の経時変化

一酸化窒素日平均値が0.2ppm以上であった日の経時変化の一部を図12に示す。



押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について 25, 2008

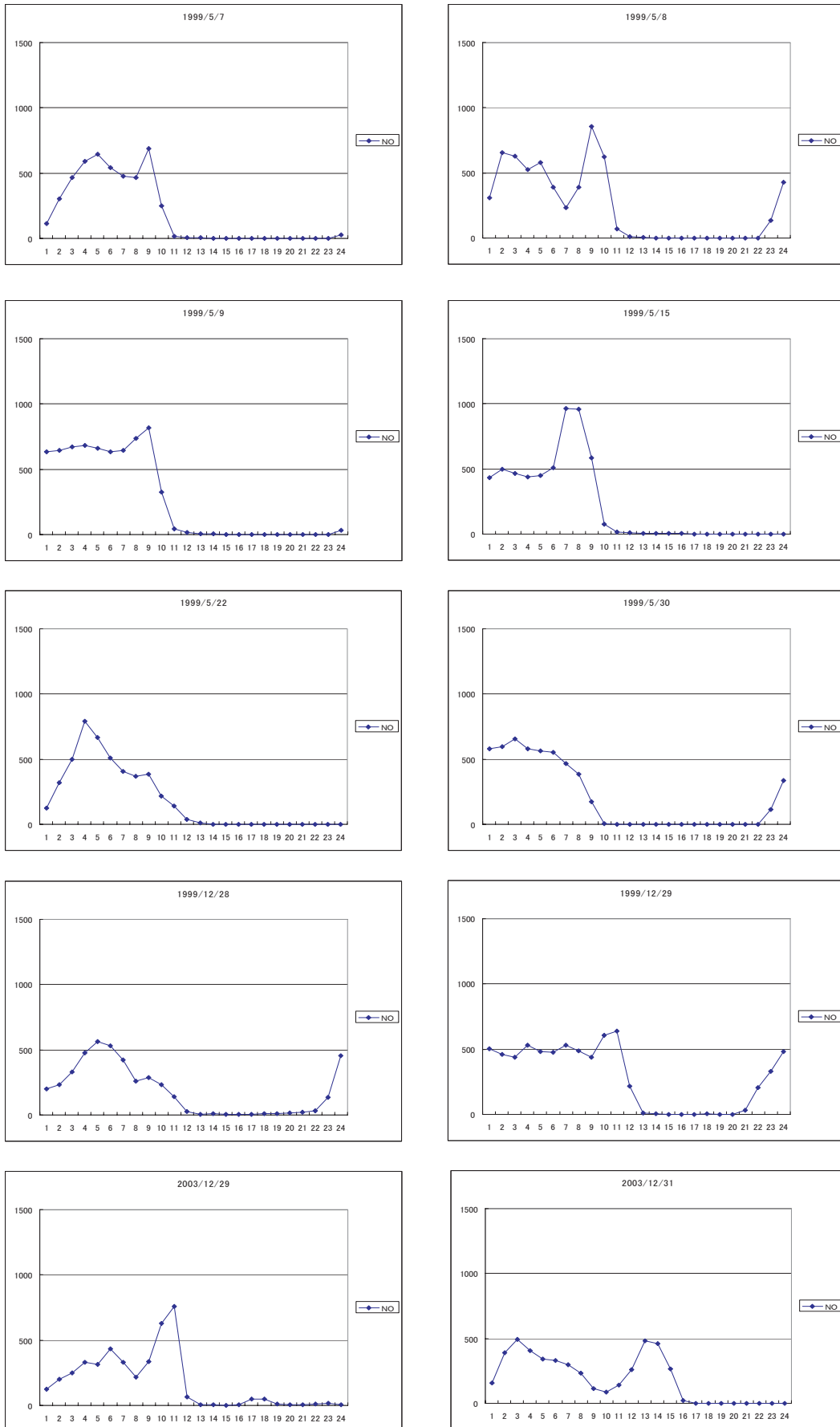


図12 一酸化窒素日平均値が0.2ppm以上であった日の経時変化（縦軸単位：ppb）

夜間に一酸化窒素濃度は上昇し、昼12時ごろには低濃度となるが、9～11時頃に濃度のピークが見られる日が多い。2003年12月31日は、例外的に13、14時に高濃度となっていた。

#### 4. 2. 6 押岡局風向風速

押岡局では、1985～1987年度に風向風速を測定していた。1987年度の月別風配図を図13に示す。

7月を除き、東南東・南東の風が卓越している。次いで南西の風となっている。ほぼ押岡川に沿って風が吹いていると考えられる。

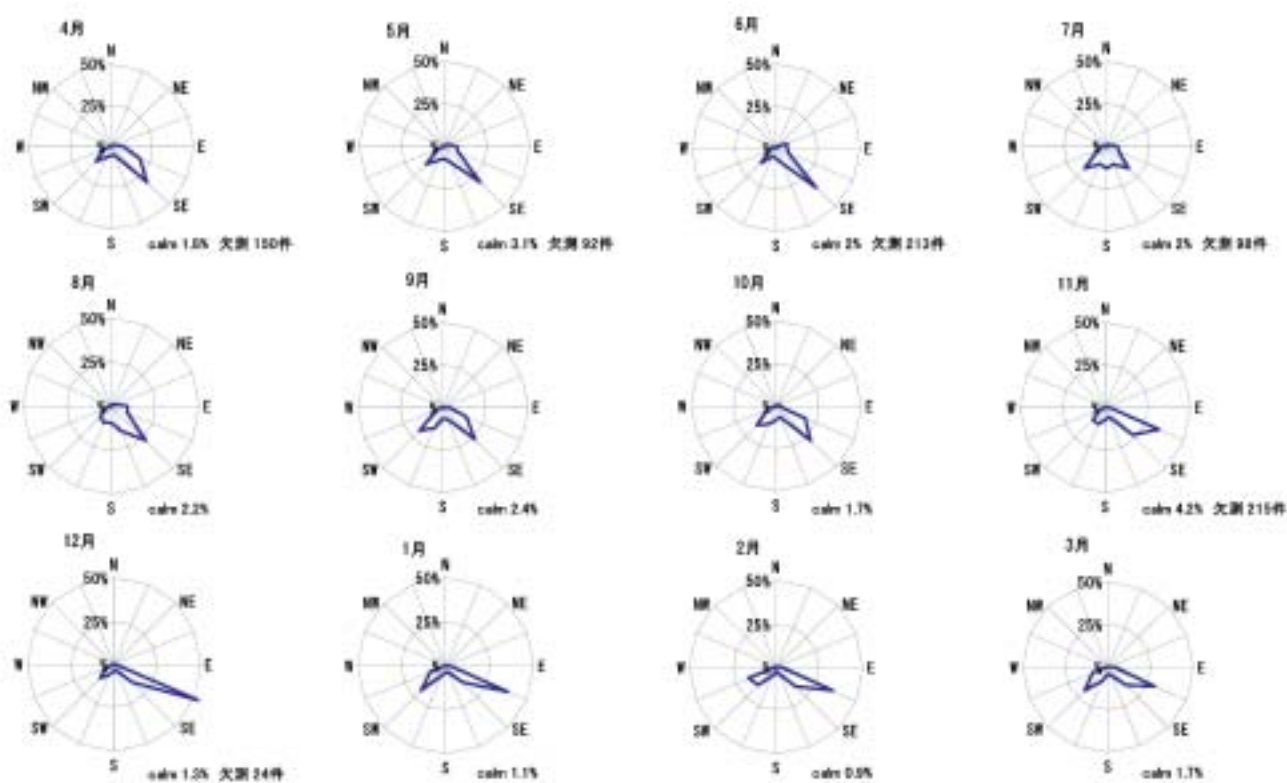


図13 風配図



図14 近傍図

出典：電子国土

一酸化窒素濃度が高濃度となった日の経時変化の一例を風向風速とともに図15に示す。



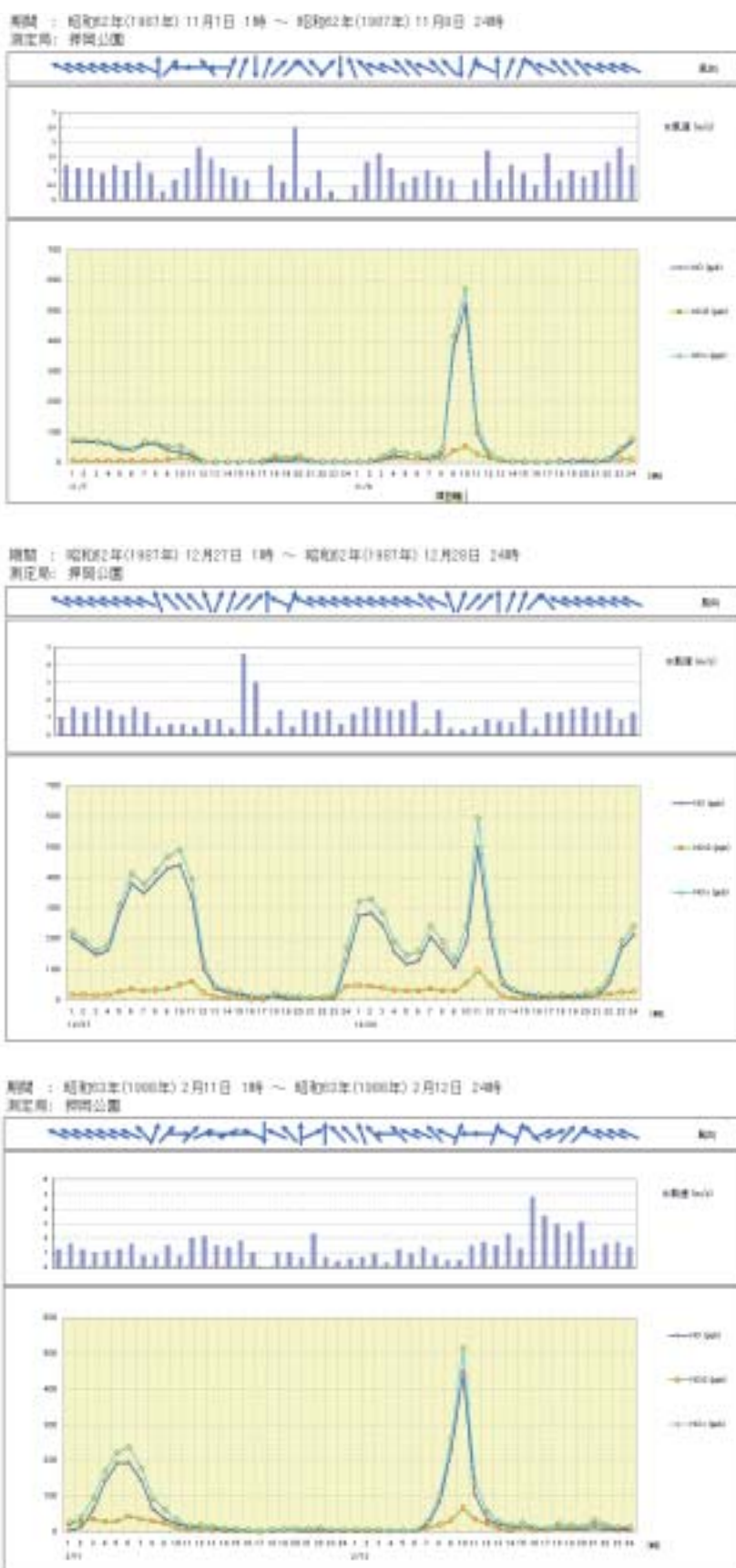


図15 一酸化窒素濃度が高濃度となった日の経時変化及び風向風速

夜間には東南東・東南の風が吹いているが、朝9、10時には風向は南西に変わる傾向が見られ、高濃度のピークが現れている。

#### 4. 2. 7 大気環境移動測定車等による測定結果

本県では大気環境常時測定局が少ないため、大気環境移動測定車を用いて常時監視測定局の設置されていない地域の大気環境状況の把握を行っている。押岡局近傍でも測定を行った。

測定した年度・季節はそれぞれ異なっているが、窒素酸化物中に占める一酸化窒素の割合は押岡が高く、1時間値の最高値は押岡、須崎工業高校、妙見町及び西崎町児童公園で0.2ppmを超えていた(次表)。

各測定地点での1時間値の最高値が出現した日の経時変化を図16に示す。押岡局の一酸化窒素濃度の測定結果がある場合はともに示す。短時間で高濃度のピークが現れているのが見られる。時間的には主に朝から昼にかけて見られている。ピーク濃度は押岡局に比較し低い値であった。

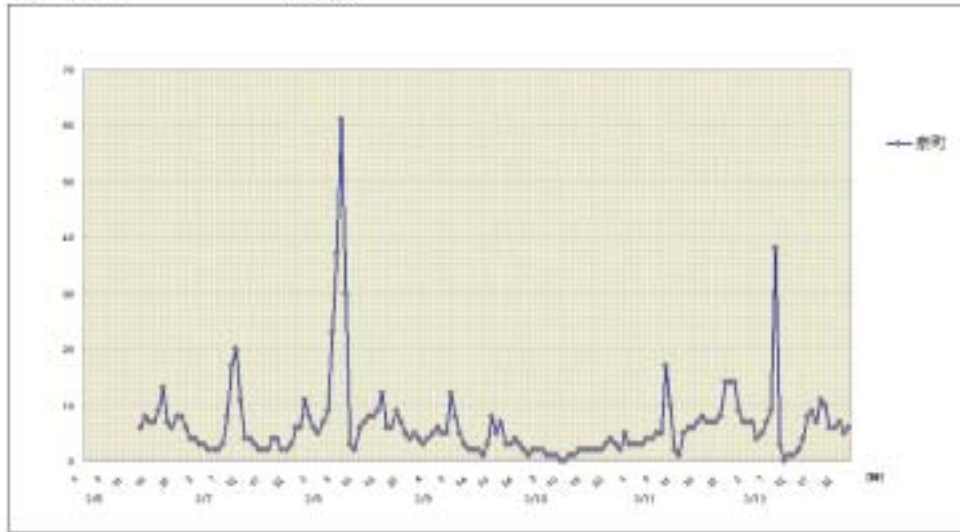
横浪須ノ浦の1987年6月4日から6日にかけての一酸化窒素の濃度変化では、押岡局での前半のピークにつれて同様なピークが見られるが、後半の9時ぐらいに押岡局では更に大きなピークが見られるが横浪須ノ浦には出現していない。6月4日から6日の風の状況を図17に示す。

各測定地点の位置図を図18に示す。

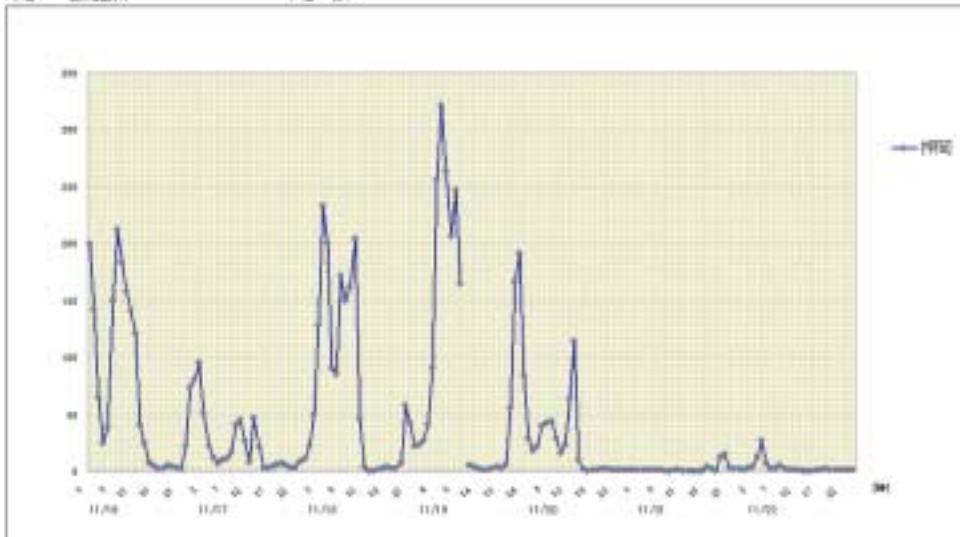
表 須崎市における大気環境移動測定車及び短期設置局の測定状況

測定地点	地点番号	測定時期	一酸化窒素		平均値 NO2/(NO+NO2)	種別
			1時間値 の最高値	日平均値の 最高値		
泉町	12	1980.3	0.061	0.022	60.2	移動測定車
押岡	2	1980.11	0.321	0.094	26.3	移動測定車
多ノ郷	7	1980.12	0.119	0.029	52.4	移動測定車
上分公民館	14	1980.12	0.094	0.012	48.9	移動測定車
上分農協	15	1980.12~1981.1	0.129	0.016	43.8	移動測定車
泉町	12	1981.1	0.074	0.015	63.5	移動測定車
須崎高校	13	1981.2	0.062	0.008	69.2	移動測定車
串ノ浦	4	1981.4	0.148	0.032	54.4	移動測定車
須崎港	10	1981.7	0.096	0.016	45.7	移動測定車
多ノ郷	7	1981.10~11	0.079	0.009	65.5	移動測定車
大間	8	1984.4~7 1984.9~10 1984.12~1985.1 1985.3	0.093	0.017	61.7	移動測定車
須崎保健所	11	1984.6~1985.3	0.146	0.032	52.7	短期設置局
妙見町	5	1984.8~12 1985.3	0.142	0.035	51.5	短期設置局
横浪須ノ浦	16	1987.5~7 1988.1~2	0.092	0.011	69.6	移動測定車
須崎工業高校	9	1991.4~7	0.257	0.03	65.3	移動測定車
妙見町	5	1998.6~7 1998.9~10 1998.12~1999.1	0.307	0.111	47.4	移動測定車
妙見町	5	1999.4~5	0.213	0.025	59.3	移動測定車
西崎町児童公園	6	2001.6~7 2001.10 2002.1~2	0.242	0.033	57.2	移動測定車

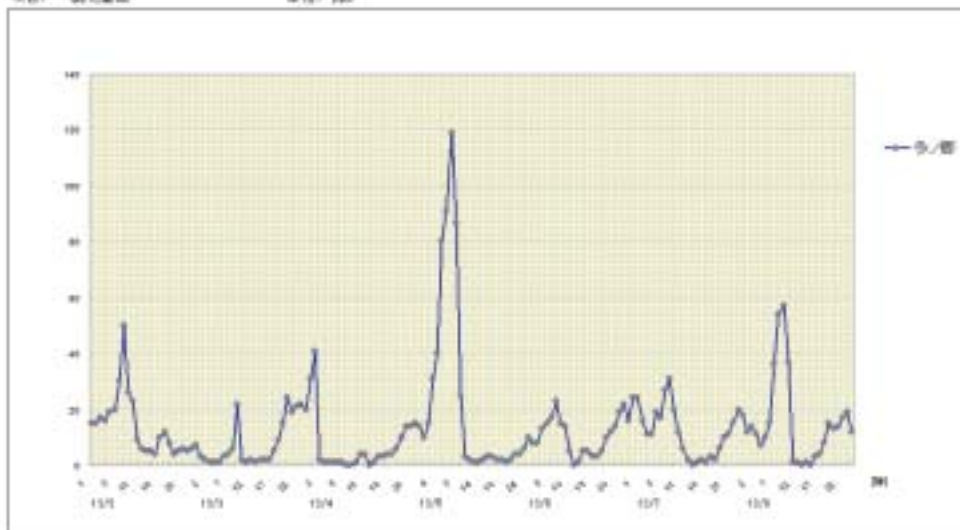
観測期: 昭和35年(1960年)2月6日1時 ~ 昭和35年(1960年)2月19日24時  
 項目: 一酸化窒素 単位: ppb



観測期: 昭和35年(1960年)11月16日1時 ~ 昭和35年(1960年)11月22日24時  
 項目: 一酸化窒素 単位: ppb



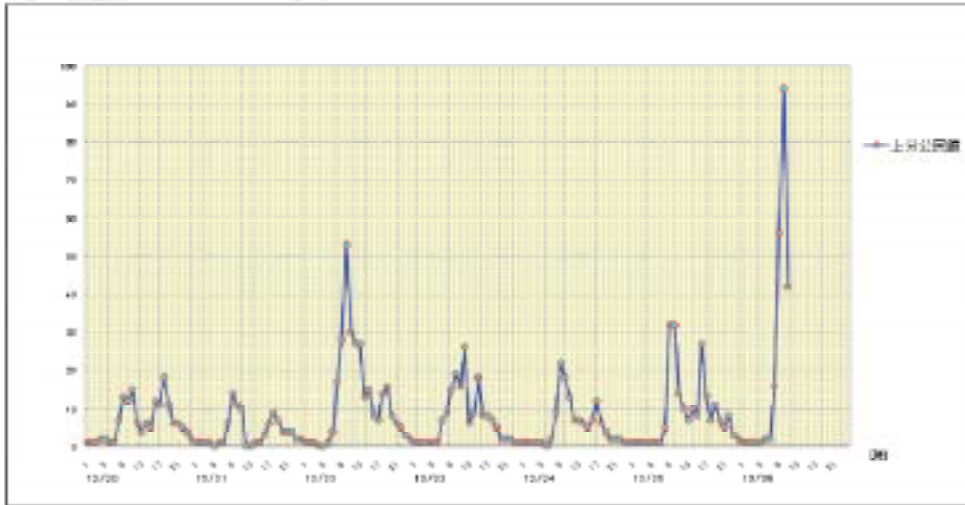
観測期: 昭和35年(1960年)12月2日1時 ~ 昭和35年(1960年)12月8日24時  
 項目: 一酸化窒素 単位: ppb



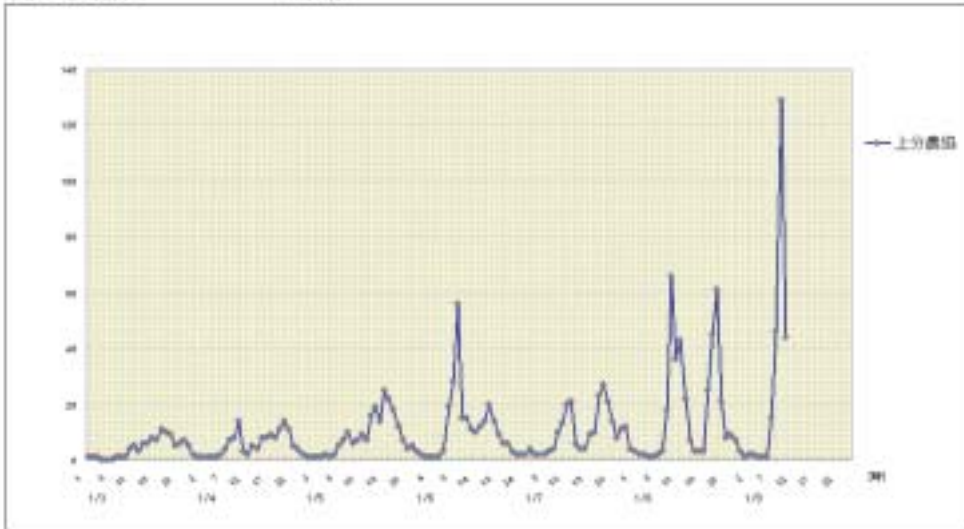


押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について 25, 2008

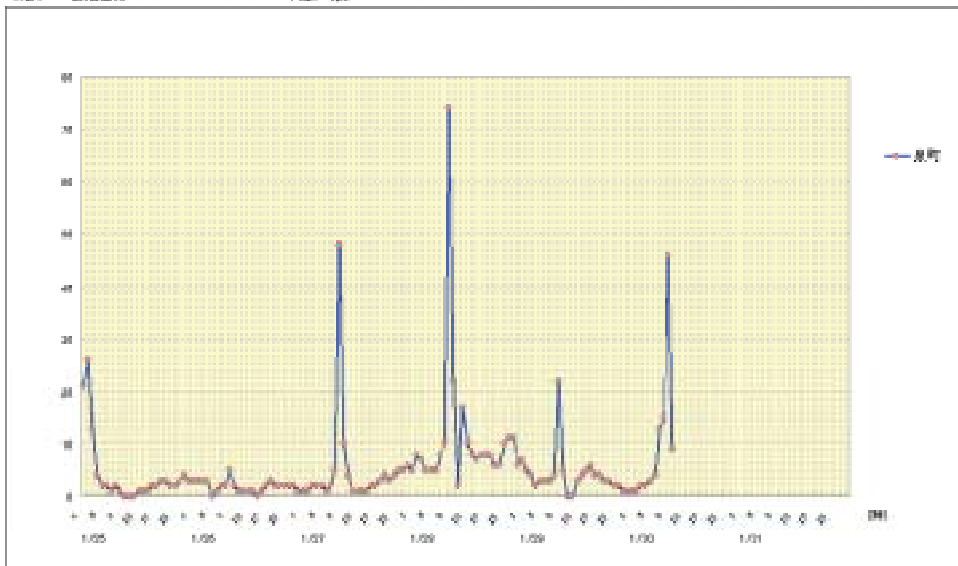
期間: 昭和55年(1980年)12月20日1時 ~ 昭和55年(1980年)12月26日24時  
 項目: 一酸化窒素 単位: ppb



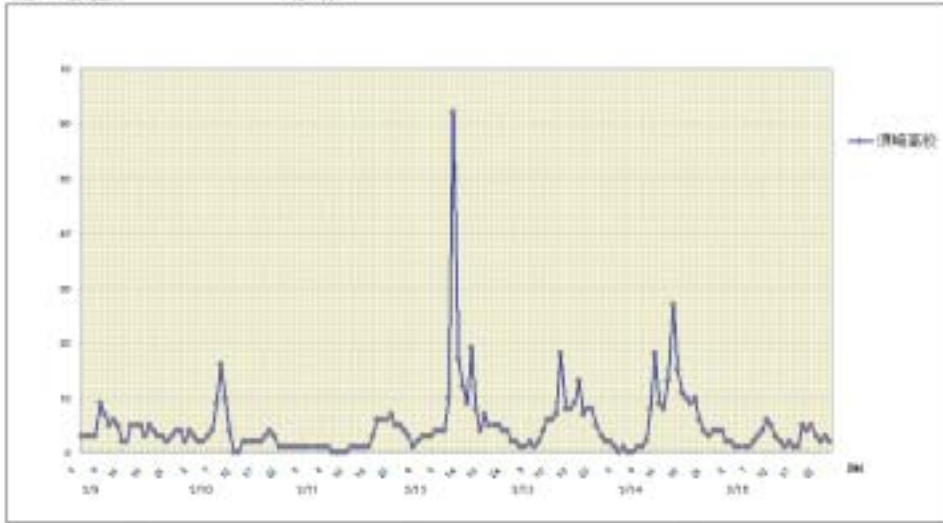
期間: 昭和56年(1981年)1月3日1時 ~ 昭和56年(1981年)1月9日24時  
 項目: 一酸化窒素 単位: ppb



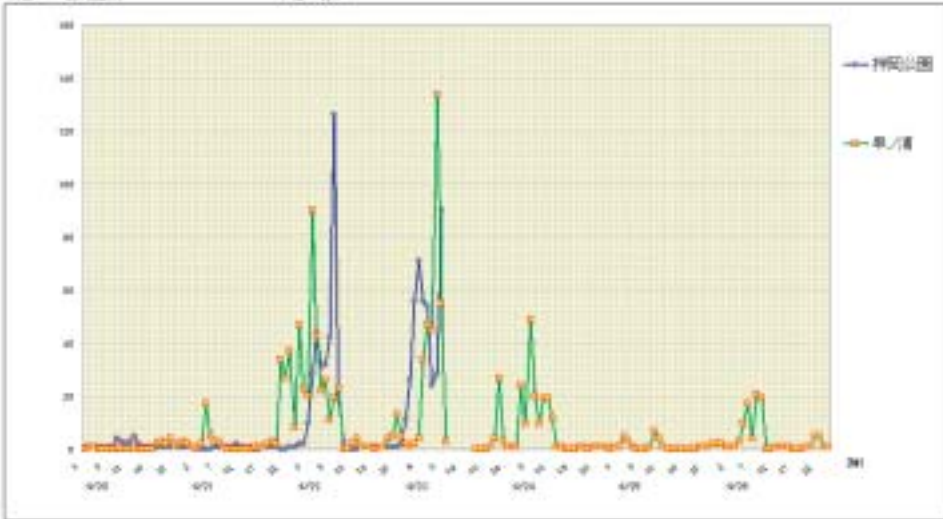
期間: 昭和56年(1981年)1月20日1時 ~ 昭和56年(1981年)1月21日24時  
 項目: 一酸化窒素 単位: ppb



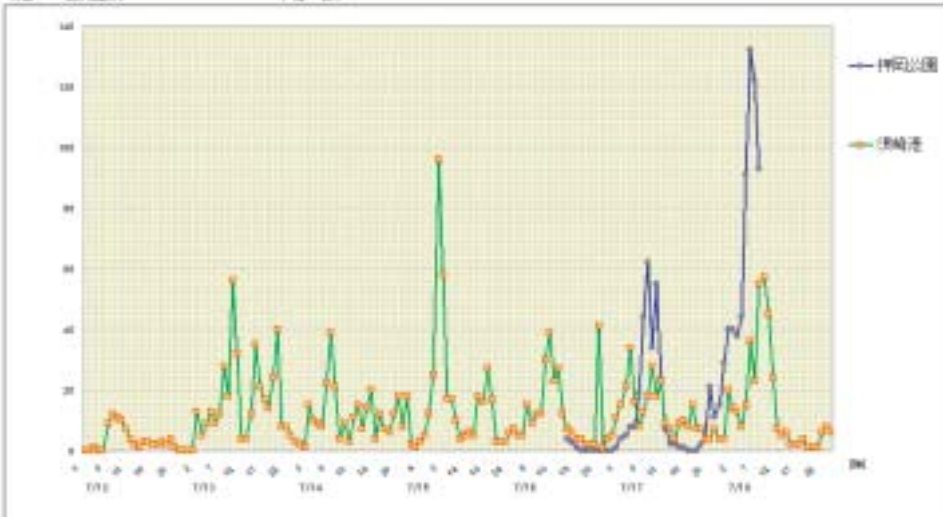
期間: 昭和56年(1981年)4月8日1時 ~ 昭和56年(1981年)4月15日24時  
項目: 一酸化窒素 単位: ppb



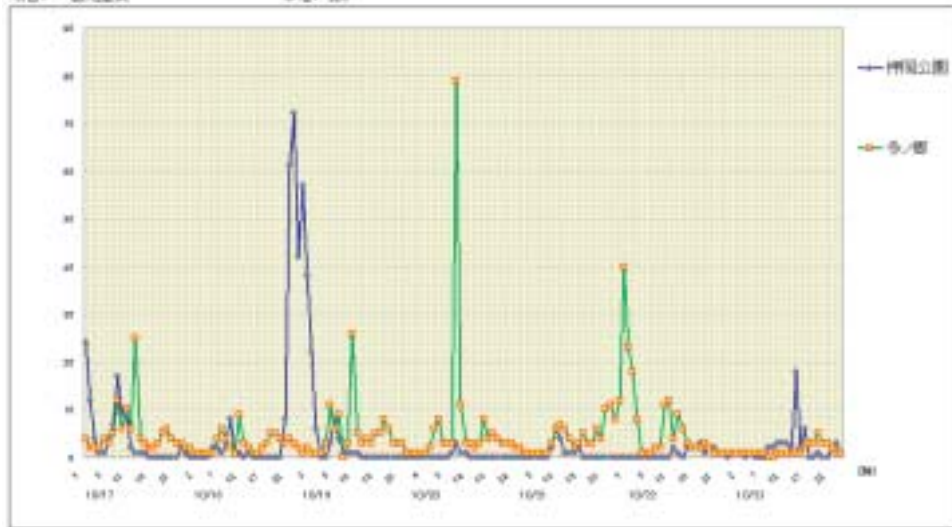
期間: 昭和56年(1981年)4月20日1時 ~ 昭和56年(1981年)4月26日24時  
項目: 一酸化窒素 単位: ppb



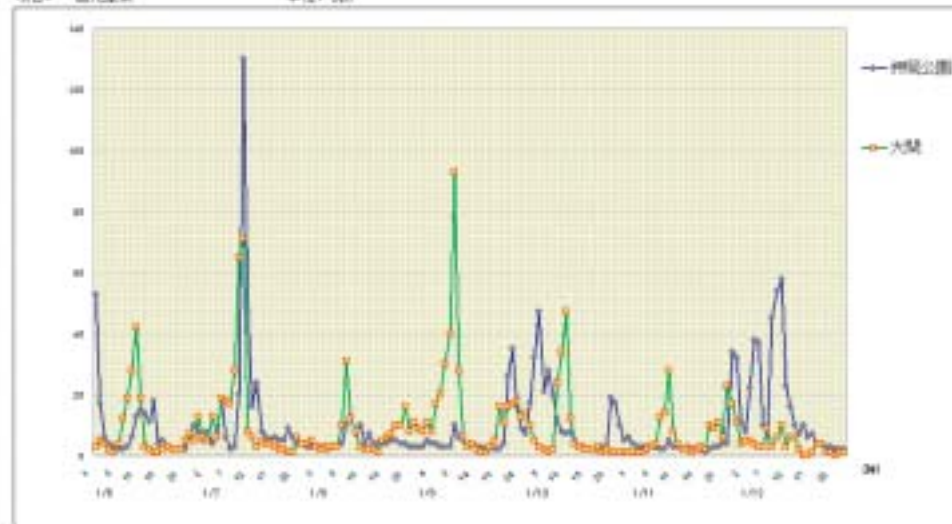
期間: 昭和56年(1981年)7月10日1時 ~ 昭和56年(1981年)7月16日24時  
項目: 一酸化窒素 単位: ppb



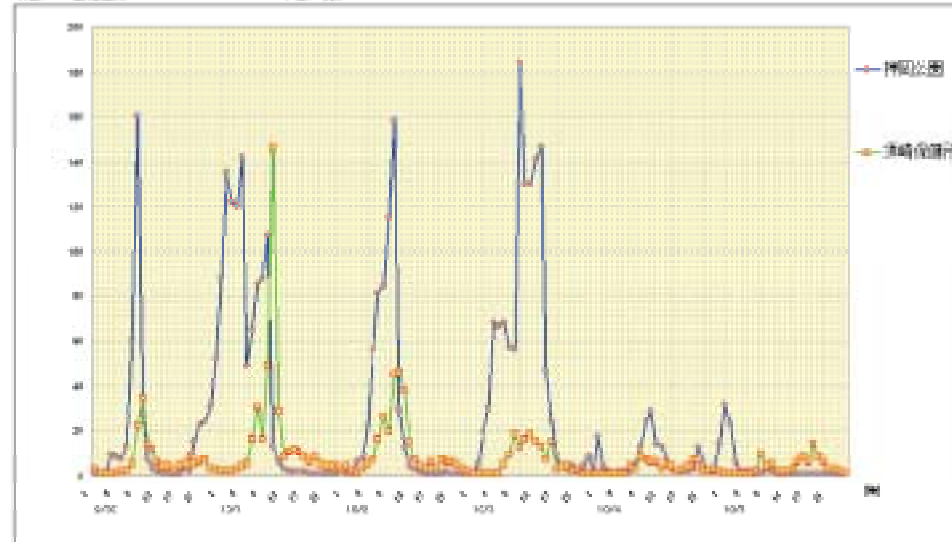
時間: 昭和26年(1951年)10月17日0時 ~ 昭和26年(1951年)10月20日24時  
項目: 一酸化窒素 単位: ppb



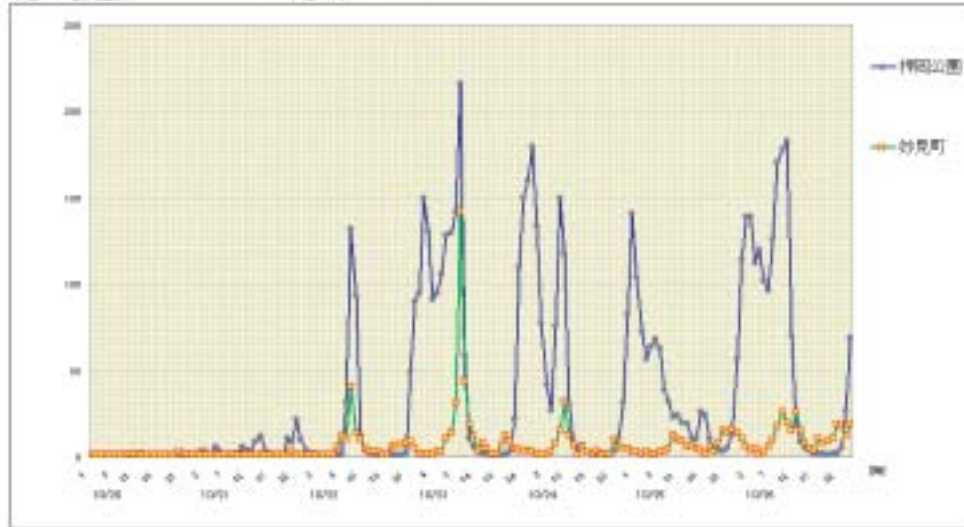
時間: 昭和30年(1955年)1月4日0時 ~ 昭和30年(1955年)1月12日24時  
項目: 一酸化窒素 単位: ppb



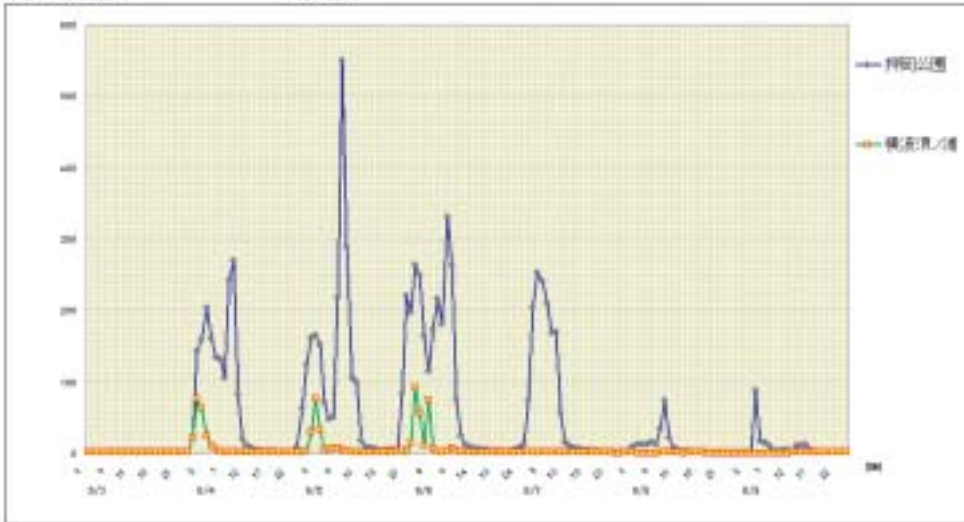
時間: 昭和8年(1933年)9月20日0時 ~ 昭和8年(1933年)10月5日24時  
項目: 一酸化窒素 単位: ppb



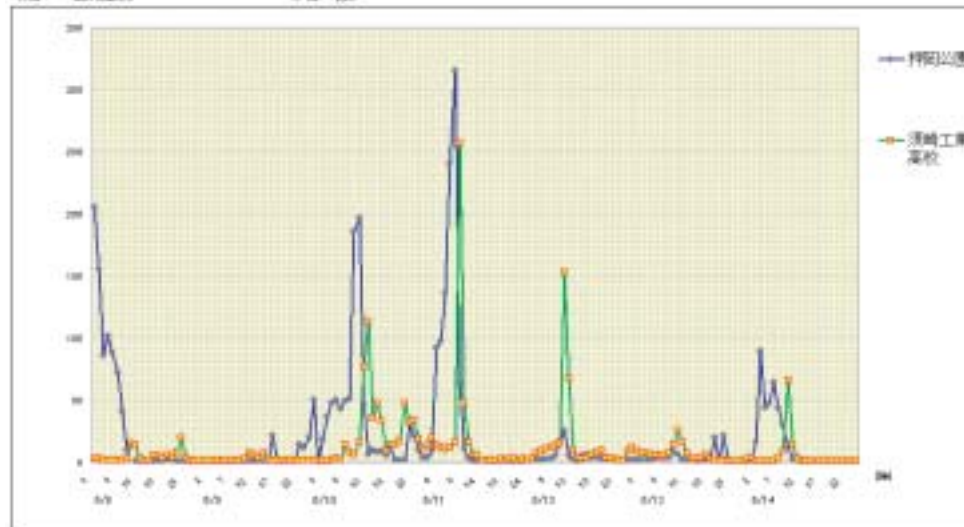
期間: 昭和29年(1954年)10月20日1時 ~ 昭和29年(1954年)10月26日24時  
項目: 一般化量表 単位: ppb



期間: 昭和30年(1955年)6月2日1時 ~ 昭和30年(1955年)6月9日24時  
項目: 一般化量表 単位: ppb



期間: 平成3年(1991年)6月9日8時 ~ 平成3年(1991年)6月14日24時  
項目: 一般化量表 単位: ppb



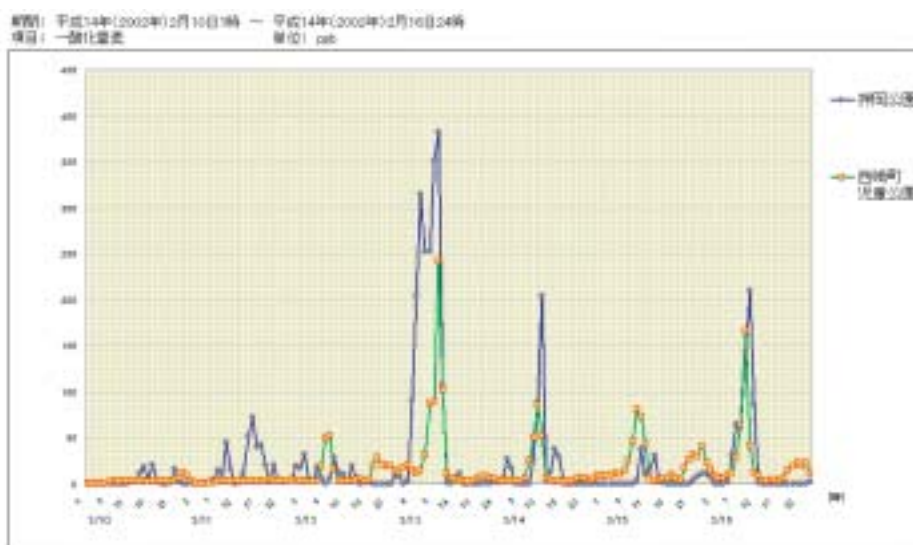
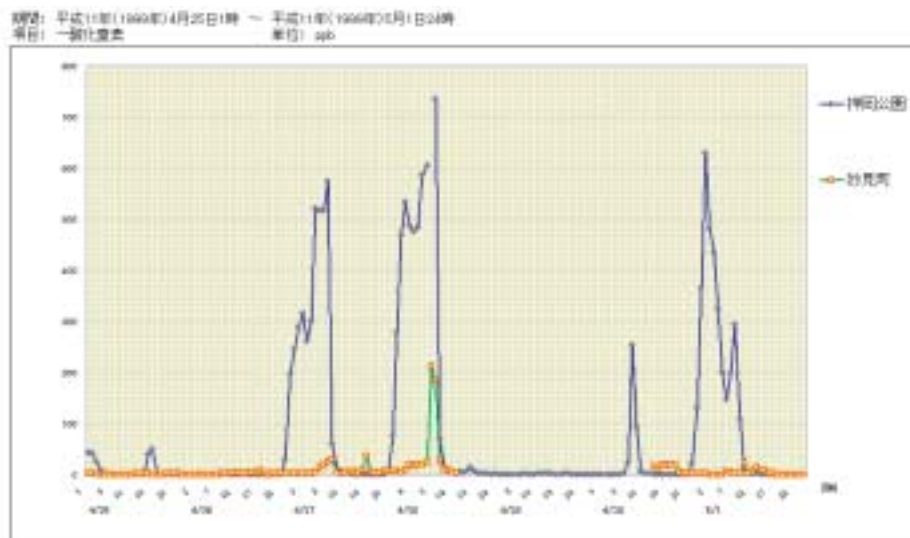
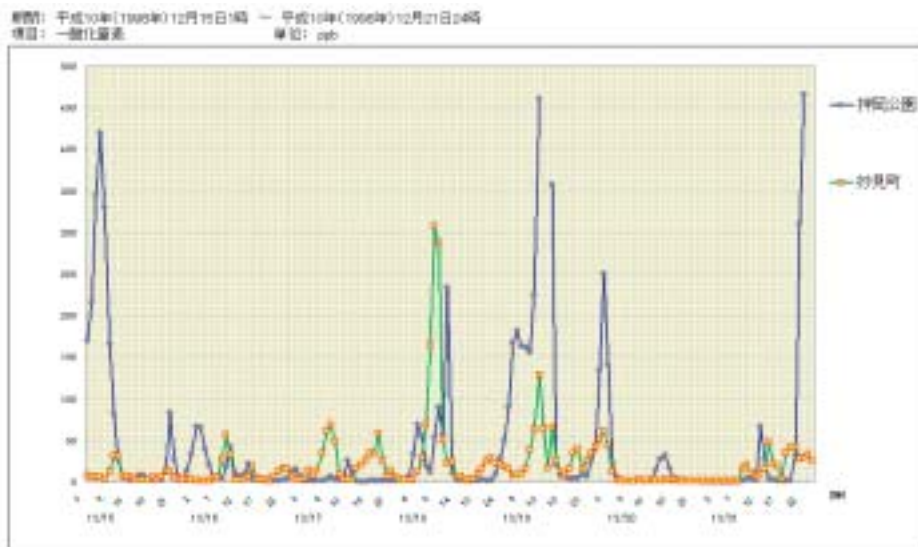


図16 1時間値最高値が出現した日の経時変化

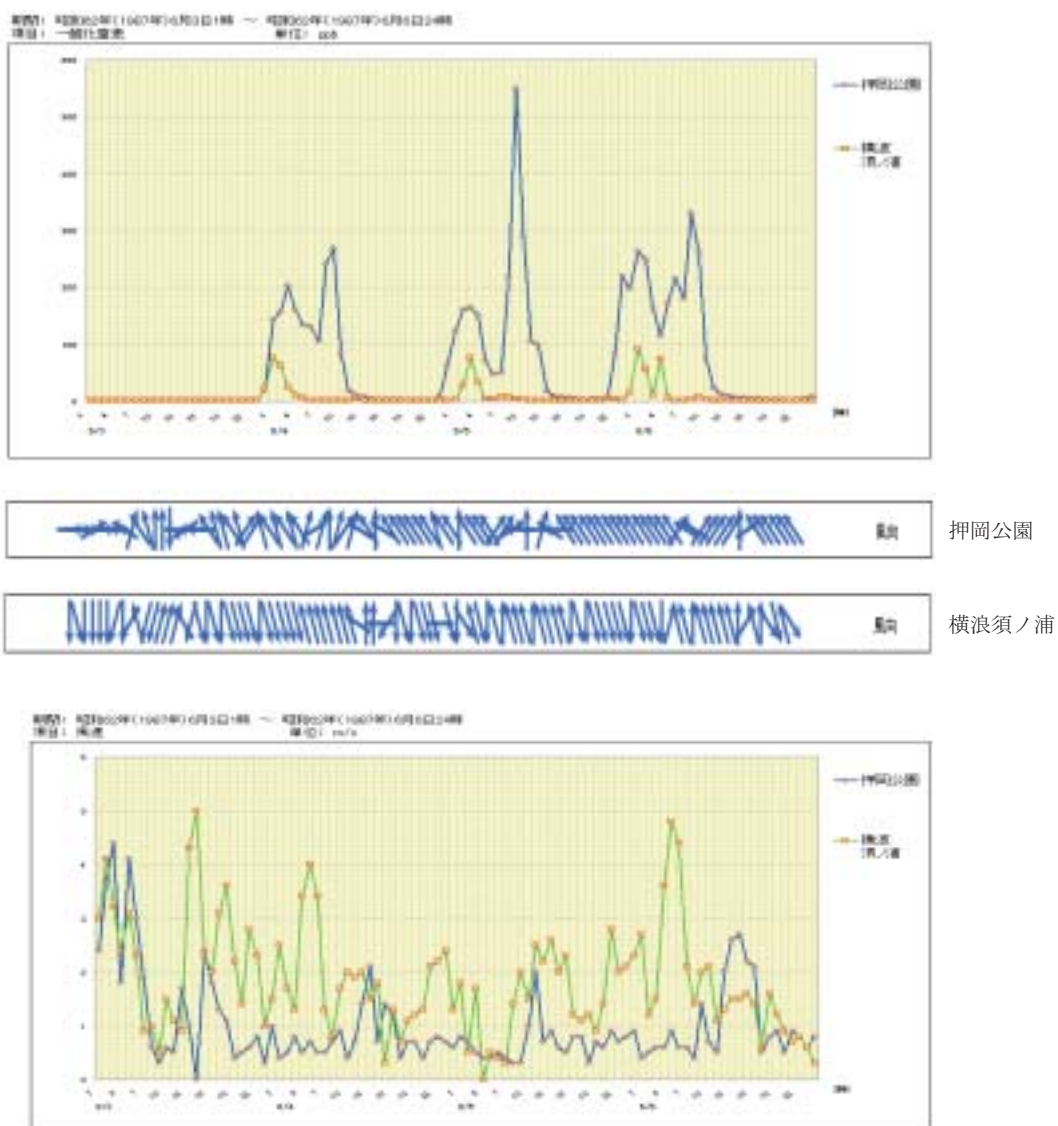


図17 1987年6月4日から6月6日までの押岡局と横浪須ノ浦の一酸化窒素濃度，風向及び風速

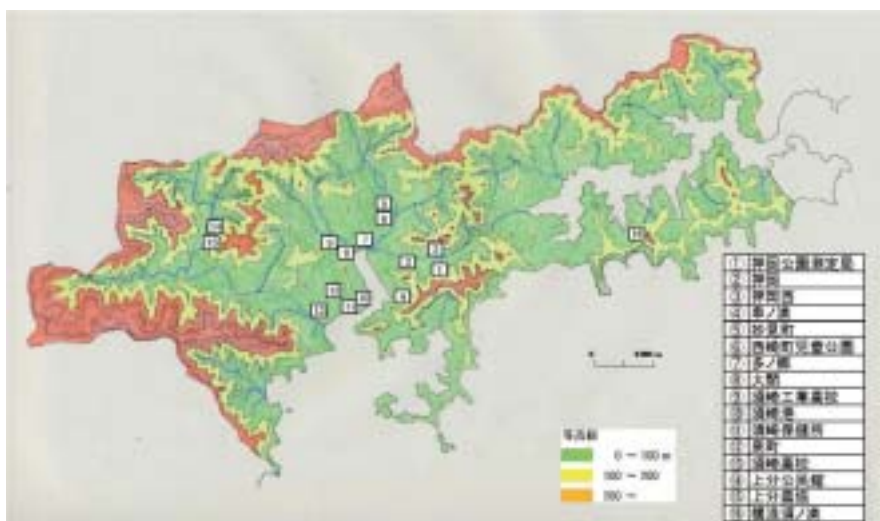


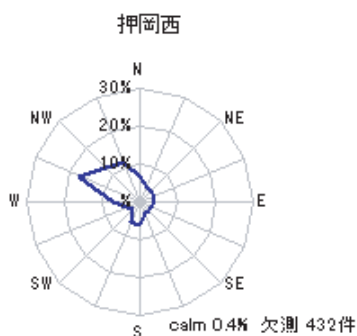
図18 測定地点位置図

#### 4. 2. 8 押岡西における風向風速の測定結果

1981～1982年度にセメント工場内地上高数十mに風速計を設置し測定を行っていた。各年度の風配図を図19に示す。

押岡局とは異なり、西北西～北北西の風が卓越している。

期 間： 昭和56年度(1981年度)



期 間： 昭和57年度(1982年度)

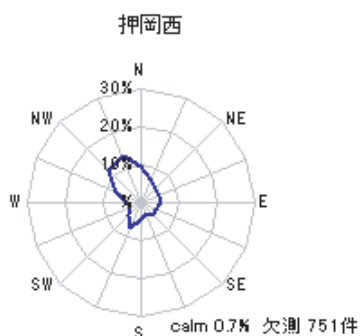


図19 押岡西における風配図

#### 5. まとめ

押岡局では、大気環境常時測定として1981年以来窒素酸化物の測定を続けており、一酸化窒素が高濃度である傾向が続いていたが、以下のような傾向がみられた。

- 1) 二酸化窒素については、大気環境基準を連続して達成しているが、窒素酸化物中に占める一酸化窒素の割合が大きく、年平均値 $\text{NO}_2 / (\text{NO} + \text{NO}_2)$ の値は測定開始初年度の1981年度を除くと、18.4%～27.1%の範囲であった。
- 2) 一酸化窒素は夜間から朝にかけて高濃度になる傾向が見られ、9～11時にピークが出現する傾向にあった。月別では11月、12月に高濃度の出現が多くみられた。
- 3) 一酸化窒素濃度の年平均値、日平均値の98%値は、1981年以来上昇気味であったが、1996年をピークとして徐々に減少傾向にある。
- 4) 押岡局近傍で行った大気環境移動測定車等での測定では、一酸化窒素濃度が高濃度となるものもあったが、押岡局ほどの高濃度が出現する地点はなかった。

#### 文 献

- 1) 平成17年度道路交通センサス
- 2) 住友大阪セメント株式会社, 住友大阪セメント90年史, 1998
- 3) 住友大阪セメント株式会社, 住友大阪セメント100年史, 2008
- 4) 環境省大気汚染状況報告書 (平成19年度)

# IV 投 稿



# 1. 高知県におけるヤンバルトサカヤスデ確認事例と その定着の可能性について

幡多福祉保健所

西山泰彦\* 秋田 豊\*\* 大石泰正\*\*\* 鈴木順一郎\*\*\*\*

## A confirmed case of *Chamberlinius hualienensis* Wang in Kochi prefecture

Yasuhiko NISHIYAMA · Yutaka AKITA · Taisei OOISHI · Junichirou SUZUKI

【要旨】 県西南地域において相談のあったヤスデを同定したところ、他県で不快性被害が発生している台湾原産のヤンバルトサカヤスデと考えられた。現地を調査したところ一定頭数の棲息が確認できた。

相談のあった地域では、約60年前と比較すると気温が上昇する傾向がみられ、比較的高い気温を好むと考えられる外来ヤスデの定着への影響があるものと思われる。今後県内においても生態調査・防除対策の研究が必要ではないかと考えられた。

Key words：ヤンバルトサカヤスデ，気温，経年変化

### 1 はじめに

高知県内のヤスデ類については、系統的な報告を見つけることできなかったが、これまでのところヤンバルトサカヤスデについては報告されていないのではないかと考えられる。本種は、台湾でWang (1956) によって初めて報告され、1983年に沖縄県で大発生し社会問題化したのが、国内初の報告例である。<sup>1)</sup>

また、鹿児島県では、1991年徳之島<sup>2)</sup>、1992年名瀬市<sup>3)</sup>で異常発生が報告されており、1999年には鹿児島県本土においても、異常発生が確認され、住民に対して不快性被害を与えたと報告されている。<sup>5)</sup>

ヤスデ類は、日本では約180種類以上確認されており、湿ったところを好み、枯葉や落葉などを分解し、土壌化に貢献するなど有用な生物であるが、見た目に特徴があり、局地的に大発生する事例もある。このため、住民からは不快害虫として苦情の対象となったり、交通の妨げになったりすることも報告されている。<sup>6)</sup>

特に、この外来ヤスデは1世代が1年であるため<sup>1)</sup>、毎年局地的な大発生が起りやすく、他県では対策に頭を痛める事例が発生している。

このようなことから、地理的に九州に近く、衛生害虫などの相談が持ち込まれることが多い県西南部幡多地域を管轄する幡多福祉保健所（所在地四万十市）では注意を持って対応にあたっていた。

今回、発生をうかがわせる事例があったので報告する。



図 1 高知県位置図

\* 現環境研究センター    \*\* 現中央東福祉保健所  
\*\*\* 現医療薬務課        \*\*\*\* 現安芸福祉保健所

## 2 経緯

平成20年（2008年）10月20日、幡多福祉保健所衛生環境課に、宿毛市内で働いている人から「今年になって見たことがない変な虫が発生し、女性が気味悪がって困っている。これはなんであろうか。」との相談があった。同定を行ったところ、通常の日本産ヤスデよりもかなり大きく、個体の大きさなどから県内でのヤンバルトサカヤスデの発生が疑われた。

持ち込まれた個体について図2～4に示した。計測をおこなったところ、体長約34mm、背板幅約4mm、地色は薄茶色、各背板の後縁にこげ茶色の横縞が確認され、沖縄県から報告されている<sup>7)</sup>ヤンバルトサカヤスデと形態が一致した。



図2 持ち込まれたヤスデ（体長）



図3 持ち込まれたヤスデ（幅）



図4 持ち込まれたヤスデ群

## 3 現地調査

このようなことから、平成20年（2008年）10月21日、緊急に現地確認をおこなった。現地調査の結果は図5～6のとおりであった。

相談があった場所は、森林の窪地を開削して作られており、周辺の落ち葉をかき分けて確認したところ、図5のような状態であり数頭の個体が確認された。

また、別の場所についても10数カ所調査したところ、最も棲息密度が高かった木製プランターの下は、図6のような状態であり、既にある程度の棲息密度になっているのではないと考えられた。



図5 相談場所の周辺（落葉をかき分けた状態）



図6 木製プランターの下

宿毛市での、1971～2000年の30年間の月平均・最低・最高気温、月間平均降水量を図7に示した。<sup>7)</sup>

観測結果によると、冬季平均気温は12月で9.0℃、1月で6.9℃となっており、当地においては定着がある程度制限される5℃以下<sup>5)</sup>になることは少ないと考えられた。

また、同じ報告<sup>5)</sup>によると、5℃の条件下であっても、外気温が低下する冬季においては、生き残った個体の94%が7日間生存するとのことであった。

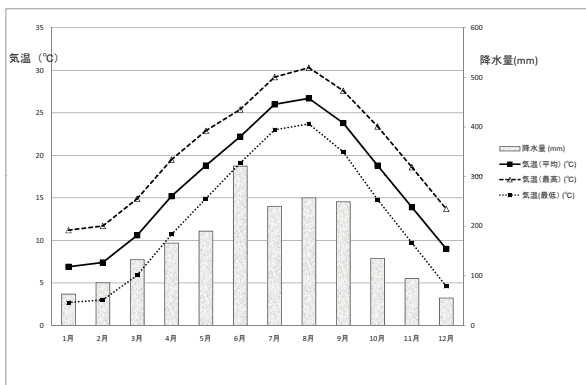


図7 宿毛市の気温と降水量 (1971-2000年平均)

#### 4 気候経年変化について

外来生物の定着に気象変動の影響があるのか検討するため、気象庁の観測結果<sup>8)</sup>を用い平均気温等の経年変化の解析を試みた。その結果を図8に示した。

この結果によると気候変動に単純な線形モデルを適用すると、当地で気象観測が始まった1943年以降、日平均最高、最低、平均気温とも1年あたり0.01～0.02度上昇している可能性があり、2000年時点では、1943年時点に比べ約60年で平均気温が1℃以上上昇している。このトレンドが何によるのかは現時点では明らかではないが、この傾向は台湾原産で高い気温を好むと考えられる外来ヤスデには有利に働くと考えられる。

また、これまでの他県の研究<sup>1)</sup>から世代交代の時期が当地では冬季に向かう11～12月頃と考えられるため、晩秋から冬季にかけての日平均気温が外来ヤスデの定着に与える影響を調べるため11月～1月にかけての月ごとの経年変化の解析をおこなった。

各月の解析結果を図9～11に示した。

まず、11月については、平均気温が10℃を下回ることなく外来ヤスデの定着に不利に働く可能性はないと考えられる。

12月になると平均気温が10℃を下回るようになるが、日平均最低気温が5℃を下回することは近年少なくなっており、定着について不利に働く可能性は低くなってきていると考えられる。

1月になると、平均気温は、6～7℃になり日平均最低気温は5℃を下回るようになっているが、この時期になると通常であれば親は産卵を終え、耐性のある卵の越冬が可能であるとともに、低温条件下(5℃)での8日間生存率が50%以上との報告もあり<sup>4)</sup>、図11のとおり近年の最低温度の上昇傾向を踏まえると枯葉や土中での成虫の越冬の可能性も考えられる。ただし、報告があった県とは気温等気候条件が異なるため、越冬できる個体がいるかどうか、冬季の気温が孵化率に与える影響等今後調査する必要があると考えられる。

気温の経年変化から検討すると、一度、卵等の形で外部から持ち込まれると、この種が定着する可能性は高いのではないかと考えられ、今後、同じような気候条件を持つ県内各地に棲息地域が広がる可能性があると考えられる。

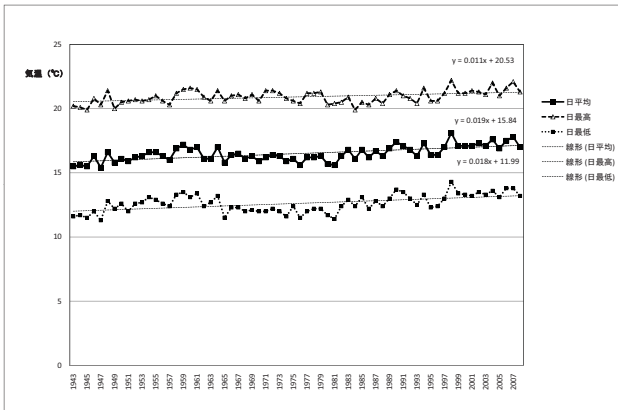


図8 平均気温経年変化 (1943-2008)

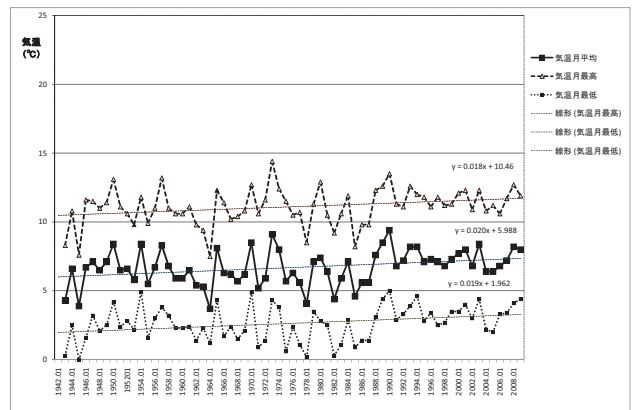


図11 平均気温経年変化1月 (1943-2008)

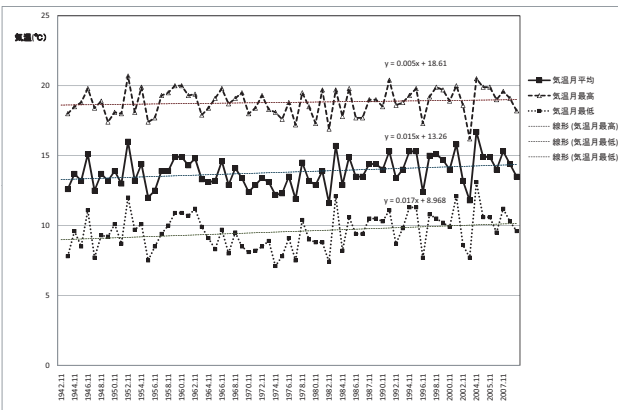


図9 平均気温経年変化11月 (1943-2008)

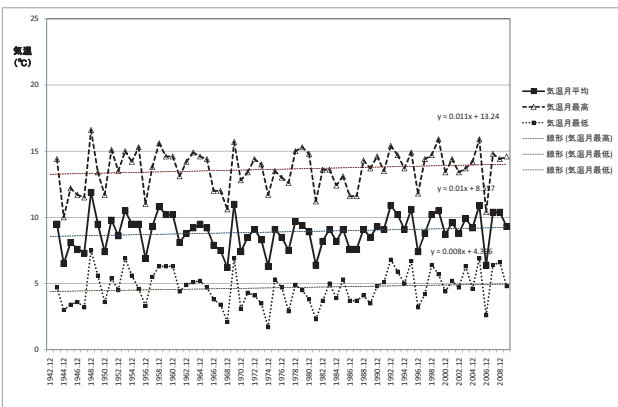


図10 平均気温経年変化12月 (1943-2008)

### 5 まとめ

文献調査等により他県の状況を確認すると、ヤンバルトサカヤスデ自体には大きな毒性は確認されておらず、腐葉土等をエサとしているとされている。1世代は1年とされ<sup>1)</sup>、年2回の群遊期があることが多く、成虫の繁殖群遊が起こる10~12月頃は人の目に触れやすい。このため苦情が発生することがあり、今回の相談事例と一致した。

また、ヤスデは移動能力が高いとは言えないため、生息地の拡大には人為的な影響が大きいと考えられる。そのため棲息確認地域からの樹木や腐葉土、土壌等の無条件の移動は、棲息地域を広げる可能性があり、それらの移動にあたっては、薬剤処理や燻蒸処理が望まれる。

また、通常のヤスデと同様に落葉、枯れ草の多い湿った所を好む性質があるため、下草を刈り、落葉、枯れ草をこまめに清掃し、棲息確認地域を乾燥させることにより一定の発生抑止効果があると考えられる。

今後、棲息地域が気象条件の類似した県内外へ拡大することが懸念される。特に高知県では冬季の気温が比較的高く、上昇傾向もみられるのではないかと考えられるため、このヤスデの定着が予想される。このため、樹木や土壌等の移動にあたっては、十分な注意が必要であると考えられた。

平成21年(2009年)3月末の時点では、その他県内での生息状況、越冬できる個体がいるかどうか、また冬季の気温が孵化率に与える影響など生

態等で不明な点が多く、今後、気象変動の解析や生態についての調査・研究が必要ではないかと考えられた。

同定について助言を頂きました財団法人日本環境衛生センター武藤敦彦環境生物部長、文献調査等にご協力いただきました高知県衛生研究所千屋誠造保健科学課長に深謝いたします。

## 文 献

- 1) 比嘉ヨシ子, 岸本高男: ヤンバルトサカヤスデの多発事例とその対策, 沖縄県公害衛生研究所所報, 20, 62-72 (1987)
- 2) 石田孝仁, 吉國謙一郎, 大迫勝美 他: 徳之島におけるヤンバルトサカヤスデの異常発生について, 鹿児島県衛生報告所報, 28, 55-56 (1992)
- 3) 山口卓宏, 和泉勝一, 竹村薫 他: 奄美大島におけるヤンバルトサカヤスデの発生経過と防除薬剤の検索, 九州病害虫研究会, 46, 118-122 (2000)
- 4) 有馬忠行, 塚本純司, 松永禎史 他: 鹿児島県本土で異常発生したヤンバルトサカヤスデ, 鹿児島県環境保健センター所報, 1, 74-78 (2000)
- 5) 有馬忠行, 塚本純司, 竹村薫 他: 鹿児島県本土で異常発生したヤンバルトサカヤスデの生態, 鹿児島県環境保健センター所報, 2, 55-62 (2001)
- 6) 新島溪子, 有村利浩: ヤンバルトサカヤスデによる列車妨害記録, *Edaphologia*, 69, 47-49 (2002)
- 7) 比嘉ヨシ子, 岸本高男: ヤンバルトサカヤスデの分布地域の拡大状況, 沖縄県公害衛生研究所報, 23, 72-76 (1989)
- 8) 気象庁, 気象統計情報

# 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) 組織及び所掌事務 4) 職員一覧
- 5) 人事異動 6) 予算 7) 主要備品

#### (2) 業務概要 (前年度)

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

### 2. 投稿規定

#### (1) 投稿者の資格

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

#### (2) 原稿の種類

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

職員の示唆に富み資質向上に寄与するものとする。

#### (3) 原稿の執筆

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

#### (4) 原稿の提出と編集

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

#### (5) 校正

原稿は3校までをもって校了とする。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 ( $m^3_N$ ) 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

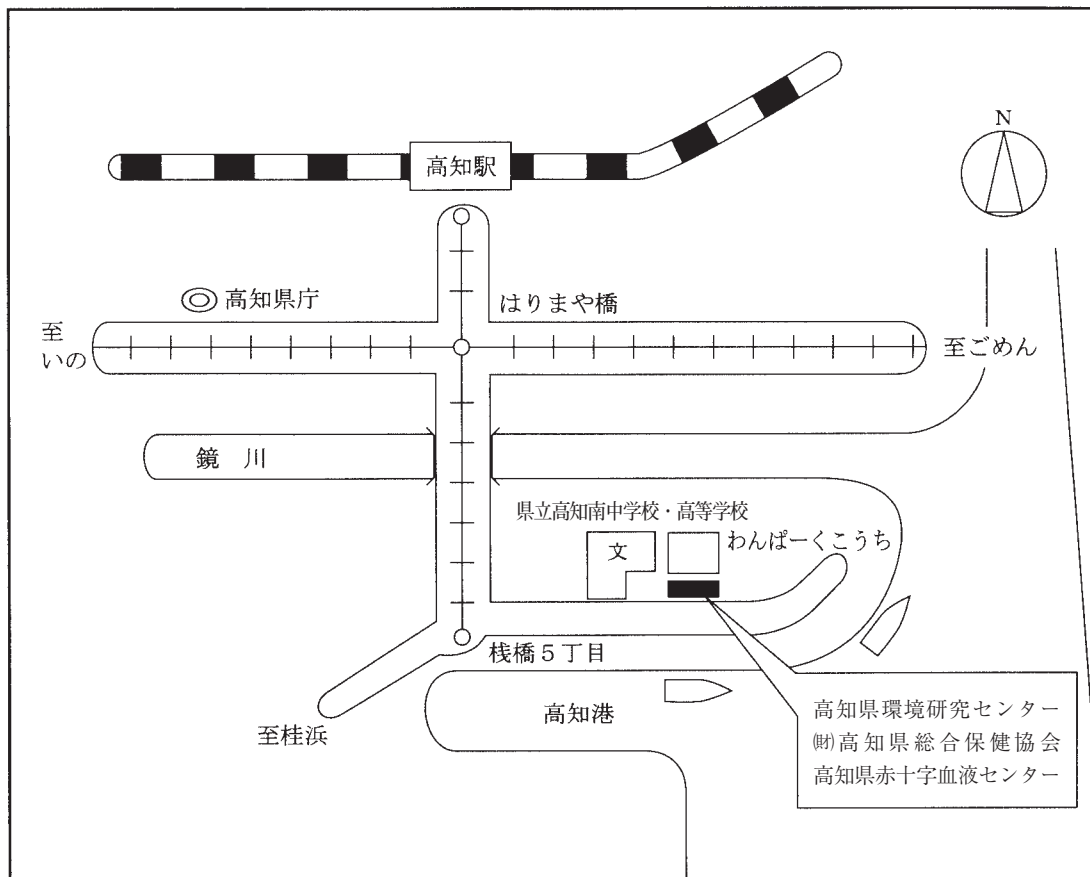
(1) 文献は本文の引用箇所の右肩に1), 2), 3), 4-6) のように通し番号で示す。記載方法は一文献ごとに行を改める。

(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

第二十五号

平成20年度

編集発行：高知県環境研究センター

〒780-8010 高知市棧橋通6丁目7番43号

電話 088-833-6688 (代)

FAX 088-833-8311

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

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

印刷所：西富膳写堂

〒780-8037 高知市城山町36

電話 088-831-6820 (代)

ANNUAL REPORT  
OF  
KOCHI PREFECTURAL ENVIRONMENTAL  
RESEARCH CENTER  
No.25, 2008



古紙配合率100%再生紙を使用しています  
白色度は70%です