

ISSN : 1344-865X

高知県環境研究センター所報

第 20 号

平成15年度

高知県環境研究センター

はじめに

1980年代後半に絶頂期を迎えた日本経済は、いわゆるバブル崩壊により、その後の「失われた10年」を経験し、今なお経済回復への足取りは重い状況にあります。

この間、環境問題も従来の多消費型経済をベースにした対策から、持続可能な資源循環型社会への転換による環境負荷の低減へと環境対策の軸足が大きく転換しております。

また、国をはじめ地方における財政状況の悪化に伴い、地方環境研究機関においても職員数や予算の削減が求められる中、従来のモニタリングを中心とした環境監視・指導的な役割から、公的機関で実施することが適当と判断される業務への選別化、スリム化や、公的機関としての地域への貢献等が大きな課題となっております。

当センターにおいても、このような情勢の変化を念頭に置きながら、今後とも県民の健康保持と、よりよい生活環境づくりを目ざして取り組みを進めて参りたいと考えております。

平成15年度所報をとりまとめましたので、関係各位の参考資料としてご活用いただければ幸いです。

平成16年12月

高知県環境研究センター

所長 松尾 憲 親

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16年度予算（歳出）	3
7. 主要備品	4

II 業務概要

1. 平成15年度決算（歳出）	5
2. 学会・会議及び研修への参加（平成15年度）	5
3. 研究発表	6
4. 各科業務概要	7
企画情報科	7
総合環境科	9
大気科	10
水質科	13

III 調査研究報告

1. 高知県における生物モニタリング調査	15
2. 高知県における酸性雨調査 第11報 香北町の乾性沈着について	23
3. 高知県における揮発性有機化合物の測定結果	33
4. 土佐市長池川の汚濁負荷量の推定	39
5. 高知県における地下水質（H1～H15）	51

IV 所報投稿規定	69
-----------	----

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

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 (企画情報科)
6691 (総合環境科)
6689 (大気科)
6690 (水質科)

FAX 088(833)8311

E-mail 141403@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

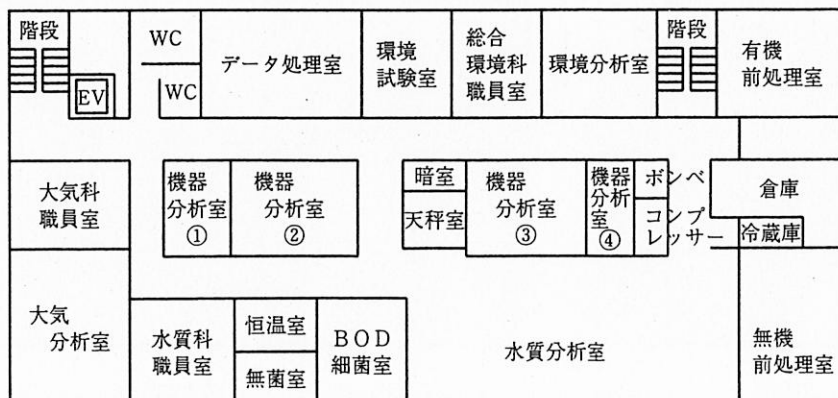
別棟(車庫, 倉庫)：124m²

(2) 配置図

4階

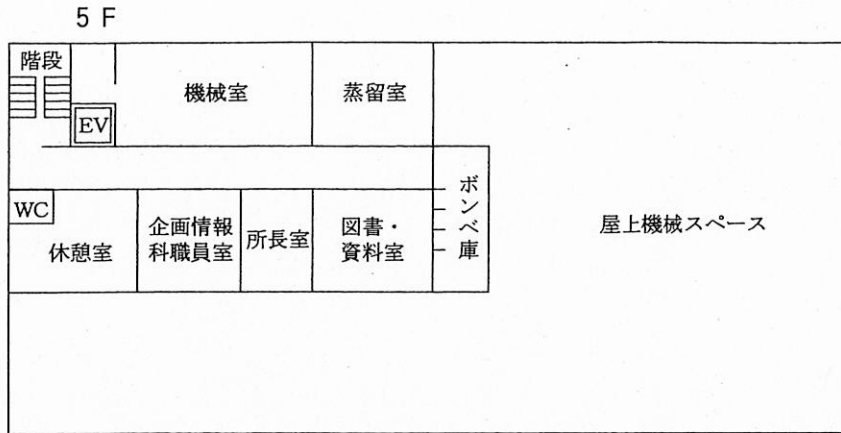
大気科職員室	34.8m ²	恒温室	10.0m ²	機器分析室④	15.9m ²
大気分析室	56.2	無菌室	10.0	暗室	5.6
データ処理室	51.5	BOD細菌室	30.0	天秤室	10.7
環境試験室	31.0	有機前処理室	50.8	倉庫	28.8
総合環境科職員室	20.4	無機前処理室	52.4	冷蔵庫	6.0
環境分析室	34.7	機器分析室①	20.1	ポンベ室	3.4
水質科職員室	31.8	機器分析室②	39.2		
水質分析室	133.5	機器分析室③	35.4		

4 F 配置図

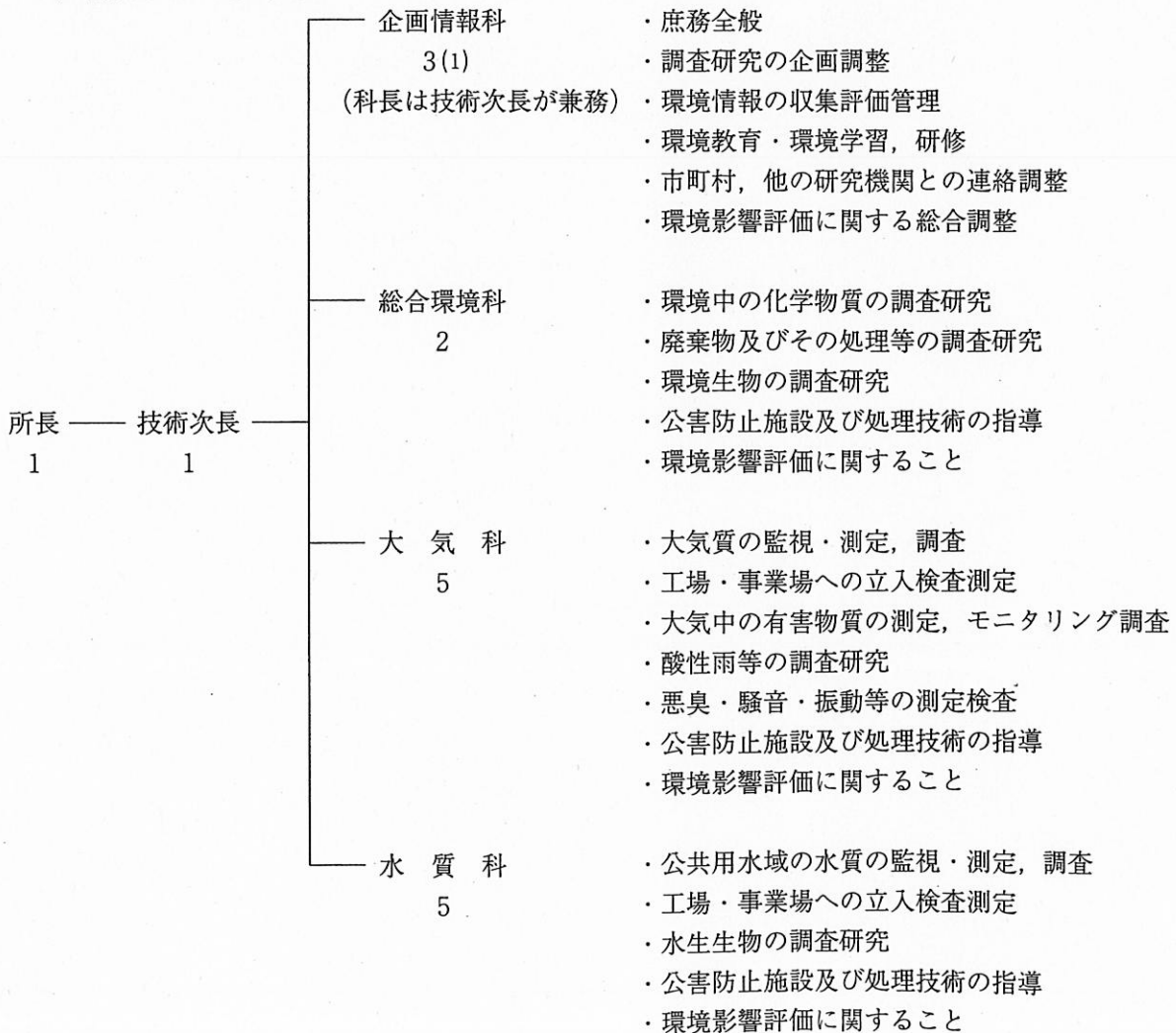


5階

所長室	18.4m ²	蒸留室	36.3m ²
企画情報科職員室	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. 組織及び所掌事務



4. 職員一覧

平成16年4月1日現在

職 名		氏 名		職 名		氏 名	
所 長		松 尾 憲 親		大 気 科	主 任 研 究 員	武 市 佳 子	
技 術 次 長		原 稔			主 任 研 究 員	山 下 浩	
企 画 情 報 科	企 画 情 報 科 長 (兼)	原 稔		水 質 科	水 質 科 長	堀 内 泰 男	
	主 任 研 究 員	近 森 泉			主 任 研 究 員	白 木 恭 一	
	主 任	中 川 美 保 子			主 任 研 究 員	桑 尾 房 子	
綜 合 環 境 科	綜 合 環 境 科 長	邑 岡 和 昭		主 任 研 究 員	主 任 研 究 員	大 森 真 貴 子	
	主 任 研 究 員	三 宅 教 資			主 任 技 師	光 内 慶 信	
大 気 科	大 気 科 長	門 田 泰 昌		非 常 勤 職 員		清 岡 栄 子	
	主 任 研 究 員	植 松 広 子					
	主 任 研 究 員	原 田 浩 平					

5. 人事異動 (平成16年4月1日付)

(転出者)

(転入者・昇任者)

職 名	氏 名	転 出 先	職 名	氏 名	前 所 属
水 質 科 長	門 田 治 幸	退 職	水 質 科 長	堀 内 泰 男	水 質 科 主 任 研 究 員
主 任 研 究 員	佐 藤 祐 二	文 化 環 境 部 環 境 保 全 課	主 任 研 究 員	大 森 真 貴 子	健 康 福 祉 部 薬 務 課
主 任 研 究 員	松 尾 ち づ	健 康 福 祉 部 薬 務 課			

6. 平成16年度予算 (歳出見込)

(千円)

	環 境 保 全 費	四 万 十 川 総 合 対 策 費	科 学 技 術 振 興 費	計
報 酬	1,253			1,253
共 済 費	29			29
報 償 費				
旅 費	1,983	656	21	2,660
需 用 費	29,879	1,220	260	31,359
役 務 費	1,369			1,369
委 託 費	10,485			10,485
使 用 料	81			81
工 事 請 負 費				
原 材 料 費				
備 品 購 入 費	352	699		1,051
負 担 金 補 助	212			212
公 課 費	18			18
計	45,661	2,575	281	48,517

7. 主要備品

平成16年3月31日現在

品名	規格・型式	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	DIONEX2020I/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スキャニング47400	1
高速液体クロマトグラフポストカラム反応システム	ウォーターズ(送液・反応・分離・データ処理部)	1
ガスクロマトグラフ	島津GC-14A	1
ガスクロマトグラフ	島津GC-14B	1
ガスクロマトグラフ質量分析装置	パーキンエルマー Q-MASS910	1
ガスクロマトグラフ質量分析計	H P 5973MSD	1
大気中有毒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
大気中有毒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	島津AA-670	1
原子吸光分析装置	AA ANalyst800	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-480PIus	1
自記分光光度計	島津UV-265FS	1
濁度測定装置	日本電色工業 Water Analyzer2000	1
水質自動測定機	ブランルーベTRAACS 800	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とレース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
固定発生源騒音予測システム	環境総合研究所	1
航空機用自動演算騒音計	リオンNA-33	2
1/3実時間周波数分析器	リオンSA-25	1
騒音振動レベル処理装置	リオンSV-72	1
大気汚染測定データ管理システム	電気化学計器ローカルコンバーダーDNS-308	1
オキシダント計動的校正装置	オゾン濃度計MODEEL1150	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
大気降下物採取器	小笠原計器US-400	1
デジタル測風経緯儀(TD-3&TD-105)	マミヤ計測システム	2
超低温フリーザー	サンヨーMDF-490	1
レブコ超低温槽(超低温フリーザー)	ULT-1786-3	1

II 業 務 概 要

Ⅱ 平成15年度業務概要

1. 平成15年度決算（歳出）

(千円)

	財産管理費	環境保全 推進費	四万十川 総合対策費		計
報酬		1,224			1,224
共済費		28			28
報償費					
旅費					
需用費		1,928	994		2,922
役務費	27	34,910	3,011		37,948
委託費		876	51		927
使用料		11,375			11,375
工事請負費		59			59
原材料費					
備品購入費		3,172	601		3,773
負担金補助		178	17		195
公課費		106			106
計	27	53,856	4,674		58,557

2. 学会・会議及び研修への参加（平成15年度）

期 間	名 称	開催地	出席者
学会等			
15. 9. 22～9. 26	全国酸性雨調査研究連絡会議及び大気環境学会年会	京都府	武市
15. 10. 30～10. 31	環境保全・公害防止研究発表会	徳島県	所長・門田(泰) 三宅・桑尾
15. 11. 11～11. 13	公害防止等試験研究成果発表会	東京都	堀内
16. 3. 16～3. 19	日本水環境学会年会	北海道	松尾
16. 3. 16～3. 20	日本水環境学会年会	北海道	堀内
会 議			
15. 4. 23～4. 24	全国環境研協議会第1回理事会	埼玉県	所長・近森
15. 5. 15～5. 16	全国環境研協議会中国四国支部会議	広島県	所長・邑岡 門田(治)・植松 近森
15. 6. 17	化学物質環境汚染実態調査説明会	東京都	三宅
15. 7. 25	環境放射線等モニタリング調査委託業務説明会	東京都	門田(泰)
15. 7. 29	環境測定分析統一精度管理調査結果説明会	大阪府	山下
15. 11. 7～11. 8	栄養塩類濃度が河川水質環境に及ぼす影響に関する研究発表会	東京都	白木
15. 11. 11	全国環境研協議会第2回理事会	埼玉県	所長

期 間	名 称	開催地	出席者
15.11.12~11.14	I S O小委員会・I S O取得更新事例報告会	石川県	原
15.11.28	生物・生態環境リスクマネジメント国際シンポジウム	神奈川県	桑尾
16.1.20~1.21	全国環境研協議会総会及び所長会	東京都	所長
16.1.30	国設酸性雨・大気環境測定所担当者会議	東京都	門田(泰)・武市
16.2.4~2.6	環境情報収集及び環境教育・環境学習の推進に関する研究報告会	千葉県・茨城県	植松・近森
16.2.11~2.12	環境測定分析統一精度管理ブロック会議	鳥取県	原・山下
16.2.18~2.19	全国環境研究所交流シンポジウム	茨城県	桑尾・松尾
16.2.19~2.20	地方環境研究所と国立環境研究所との協力に関する検討会	茨城県	所長
16.2.13	総砒素測定方法検討会	東京都	邑岡
16.2.26~2.27	GEMS/WATER国内担当者会議	北海道	邑岡
16.3.1~3.2	環境科学セミナー	東京都	門田
16.3.1~3.3	環境科学セミナー	東京都	三宅
研修			
15.5.5~5.21	環境研修センター水質分析研修	埼玉県	桑尾
15.5.22~5.23	イオンクロマトグラフ研修	大阪府	武市
15.9.7~9.12	環境調査研修所課題分析研修(プランクトン)	埼玉県	堀内
15.9.9~9.10	石綿測定技術者研修	神奈川県	武市
15.11.3~11.7	GC/MSカスタムトレーニング	東京都	松尾
15.11.26~12.12	環境調査研修所大気分析研修	埼玉県	山下
16.3.18	イオンクロマトグラフ研修	大阪府	桑尾

3. 研究・調査事例等発表会

四万十・流域圏学会 (H15.5.31高知県)

「水生生物による四万十川清流基準について」

○堀内泰男

日本水環境学会 (H16.3.18北海道)

「四万十川方式による水生生物調査について」

○堀内泰男

4. 各科の業務概要

1 企画情報科

1-1 行政調査の調整

関係行政機関から依頼される行政調査の窓口として、内容の検討、所内調整、報告を行っている。

方法が適正であるかどうかを、担当科において順次審査している。

1-2 環境影響評価等

「大規模小売店舗立地法に基づく届出」に関する平成15年度の審査案件は11件であった。

騒音予測、評価等に関する数値、予測

1-3 環境学習及び研修、講演等

ア 水生生物調査及び水質調査等の指導

保健所、市町村・市町村教育委員会、学校、県民等からの要請を受けて、水生生物調査や水質調査の指導を行っている。

その概要は、表1のとおりである。

表1 水生生物調査及び水質調査等の指導状況

月 日	名 称	対 象	人員	講 師 等
H15. 5. 6	水生生物調査	奈半利町立奈半利中学校	28	堀内・近森・光内
6. 3	水生生物調査	東津野村立東津野中学校	32	堀内
6. 5	水生生物調査	日高村立日下小学校	63	近森・光内
6. 17	水質検査	東洋町教育委員会	20	門田
6. 20	水生生物調査	南国市立稲生小学校	15	堀内
6. 24	水生生物調査	土佐山田町立平山小学校	11	堀内
6. 25	水生生物調査	土佐町立田井小学校・石原小学校	28	堀内
7. 2	水生生物調査	須崎市立吾桑小学校	24	堀内
7. 4	水生生物調査	大川村立船戸小学校	12	堀内
7. 11	水生生物調査	宿毛市立宿毛小学校	90	堀内
7. 26	夏休み親子体験教室	小学校4～6年生親子	37	センター職員
8. 25	水生生物調査	土佐市教育委員会	20	堀内
9. 16	水質調査	高知市立潮江南小学校	71	堀内
12. 12	水質検査	高知大学教育学部附属中学校	5	白木
H16. 1. 19	大気環境全般	高知県立高知南高等学校	4	植松
2. 17	水質調査	南国市立岡豊小学校	12	堀内
平成15年度		調査指導依頼件数：16	延べ人員：472人	
平成14年度		調査指導依頼件数：16	延べ人員：1,025人	

イ 水生生物調査セットの貸出し

県保健所，市町村・市町村教育委員会，学校，環境関連団体等32件，延べ841セットの貸出を行った。また，貸出時に，調査に関する注意や用具の使用法等の技術指導を行った。

その概要は，表2のとおりである。

表2 水生生物調査セットの貸出し状況

	貸出先の件数	貸出しのセット数
平成15年度	32	841
平成14年度	32	814

ウ その他の環境学習資材の貸出し

平成10年度に環境省の「総合環境学習ゾーンモデル事業」活動拠点の指定を受け，配布された環境学習用資材等に加え，平成11年度以降新たに資材等を整備し，貸出を行っている。

その概要は，表3のとおりである。

表3 その他の環境学習資材の貸出し状況

	簡易水質調査キット	環境パネル	
	件数	件数	枚数
平成15年度	20	43	360
平成14年度	16	33	411

エ 研修及び講演等

保健所や市町村，各種団体等からの要請を受けて研修や講演等を行った。

その概要は，表4のとおりである。

1-4 環境情報の提供

ア 県民向け環境情報

環境研究センターが実施している調査研究の成果や環境情報を関係機関や県民にわかりやすく紹介し，環境保全に関する知識の普及を図るため，「かんきょう通信」第18・19・20号を各1,500部発刊し，市町村・市町村教育委員会，学校，環境団体，見学者等に配布した。

また，インターネットのホームページに業務や研究の概要，高知県の大气，水質，酸性雨などの状況を掲載して情報提供を行っている。

ホームページアドレス

<http://www.pref.kochi.jp/~kankyou/research/>

イ 保健所向け環境情報

県民と直接接する保健所の技術職員を支援するため，センターに配備している資器材・パネル等の貸出を行っている。

表4 研修，講演等の実施状況

月日	内 容	依 頼 先	人員	講師
H15. 7. 31	生活排水浄化対策学習会	窪川町五社地区クリーン管理組合女性会「清流の会」	16	白木近森
10. 23	県内の環境の現状と最近の環境問題	高知大学	114	所長
11. 27	環境問題に関する講演会「物部川の水質・高知県の水質について」	南国市立香南中学校	44	門田
H16. 3. 27	県内における地下水の水質調査について	社団法人 高知県環境問題総合研究会	22	所長
平成15年度	依頼件数：4	延べ人員：196人		
平成14年度	依頼件数：5	延べ人員：478人		

2 総合環境科

2-1 行政調査

ア ゴルフ場における農薬類の調査

平成2年5月の環境庁通知（ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁の防止に係る暫定指導指針について）に基づき、ゴルフ場排水の農薬類の残留調査を行った。

その概要は、表1のとおりである。

調査の結果、平成14年度及び15年度は暫定指導指針値を超過した事例はなかった。

表1 ゴルフ場における農薬類調査の概要

事 項	平成14年度	平成15年度
調査施設数	14 (延べ15)	14
調査地点数	27 (延べ29)	27
分析農薬数	43	44
調査回数(年)	1	1

イ 環境ホルモン（外因性内分泌攪乱化学物質）汚染実態調査

ホルモン様作用のある化学物質について、県内における環境中の残留実態を明らかにするため、表2のとおり調査を実施した。

表2 環境ホルモン汚染実態調査の概要

事 項	平成14年度	平成15年度
物質数	36物質	31物質
媒体	水質	水質
場 所	河川5 (8地点) 海域6 (10地点)	河川5 (8地点) 海域6 (10地点)
類 度	2回/年	2~4回/年

ウ 自然浄化力向上のための基礎調査事業

自然浄化力や生態系の観点から望ましい水路形態に再生するための基礎資料を得るため、河川水中における付着藻類の同定及び培養実験を行った。

エ 地球環境モニタリング(GEMS/Water)事業
国連環境計画 (UNEP) により世界各国の協力のもとに実施されているGEMSプロジェクトの1つである陸水監視計画 (GEMS/Water) に基づき、四万十川を対象に表3のとおり水質調査を実施した。

表3 地球環境モニタリング(GEMS/Water)事業の概要

事 項	内 容
調査対象	四万十川, 具同地点の水質
調査頻度	12回/年
調査項目	一般項目2項目, カチオン4項目 アニオン4項目, その他5項目

オ 依頼調査

行政機関からの依頼を受け、表4のとおり行政依頼調査を行った。

表4 行政依頼調査の概要

調査対象	調査項目	平成14年度		平成15年度	
		件数	検体数	件数	検体数
生物質, 水質, 底質	農薬類	4	9	4	7
水質浮遊物質	繊維の同定	1	3	—	—
変圧器絶縁油, 廃棄物等	PCB, 有害成分	—	—	1	41
魚毒性試験	農薬類	—	—	1	2
農作物	農薬類	—	—	1	20

2-2 環境省委託事業

ア 化学物質環境汚染実態調査

環境省の委託を受け、四万十川河口部を調査対象地点とし、表5のとおり「初期環境調査」, 「暴露量調査」, 「モニタリング調査」を実施した。

表5 化学物質環境汚染実態調査の概要

事 業 名	平成14年度	平成15年度
初期環境調査	2項目	3項目
暴露量調査	—	試料採取
モニタリング調査	—	試料採取

3 大 気 科

3-1 行政調査

ア 大気監視測定

南国市，須崎市，伊野町における常時監視局5局および移動測定車において，自動測定機20台で大気環境の監視と気象の観測を行った．各測定局の設置場所と測定項目，有効測定日数は，図1，表1，表2のとおりである．

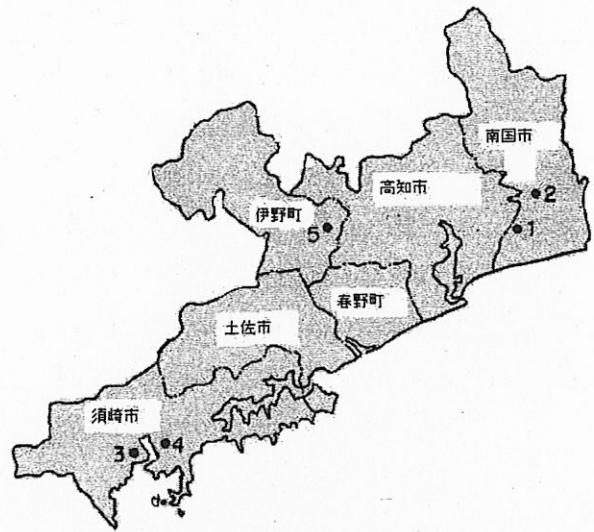


図1 常時監視局の位置図

表1 局別測定項目

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	遊粒子状物質	風向	風速	日放射	放射収支	温度	湿度	炭化水素
1	稲生					○								
2	大篠				○					○				
3	高幡保健所	○				○		○						
4	押岡公園	○	○											
5	伊野合同庁舎	○				○		○						
	移動測定車	○	○	○	○	○		○		○		○		○

表2 測定項目と有効測定日数

項目	平成14年度		平成15年度	
	測定局	延べ日数	測定局	延べ日数
二酸化硫黄	4	1,285	4	1,292
窒素酸化物	2	571	2	573
浮遊粒子状物質	4	1,283	4	1,284
一酸化炭素	1	210	1	213
光化学オキシダント	2	582	2	572
炭化水素	1	213	1	213
風向，風速	3	952	3	951
日射，放射収支量	2	587	2	458
温度，湿度	1	222	1	220

(注) 移動測定車を含む

イ 有害大気汚染物質の測定

大気汚染防止法の改正に伴い、継続的に摂取した場合に人の健康を損なう恐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毎月1回行った。調査場所、項目、件数は、表3のとおりである。

表3 測定項目と件数

項目	平成14年度			平成15年度		
	東部保健所	高橋保健所	伊野合同庁舎	東部保健所	高橋保健所	伊野合同庁舎
VOC(9物質)	108件	108件	108件	108件	105件	108件
アルデヒド類(2ヶ)	24	24	24	24	24	24
有害金属(6ヶ)	72	72	72	72	72	72
ベンゾ[a]ピレン	12	12	12	12	12	12

ウ ダイオキシン類の調査

ダイオキシン類対策特別措置法の施行及び環境基準の適用に伴い、大気、土壌の汚染の監視を行うため、現地調査による監視地点の選定及びサンプリングの立会を行った。選定地点数、立会件数は、表4のとおりである。

表4 選定地点数と立会件数

項目		平成14年度	平成15年度
選定地点数	大気	4	4
	土壌	6	0
立会件数	大気	18	20
	土壌	0	0

エ 降下ばいじんの測定

南国市7地点、須崎市7地点で降下ばいじんの測定を行った。

表5 降下ばいじん測定

年度	平成14年度	平成15年度
地点数	14	14
件数	168	167

オ 工場・事業場の排ガス等の調査

工場・事業場のばい煙発生施設の排ガス

等の調査を行った。施設の種類と測定項目および測定件数は、表6のとおりである。

表6 排ガス測定等

項目	ばいじん		塩化水素		窒素酸化物		その他	
	H14	H15	H14	H15	H14	H15	H14	H15
年度								
件数	3	4	4	3	3	4		
(施設)								
焼成炉						1		
その他	3	4	4	3	3	3		
不適合	2	1	0	0	0	0		

カ 移動測定車による大気環境調査

常時監視局のない地域の大気汚染状況を把握するため、移動測定車を土佐市(7~9, 10~1月, 3月)、日高村(2~3月)に設置し、環境調査を行った。調査項目と日数等は、表7のとおりである。

表7 調査の概要

調査項目	有効測定日数	
	土佐市	日高村
二酸化硫黄	172日	37日
窒素酸化物	174	37
浮遊粒子状物質	172	37
一酸化炭素	176	37
光化学オキシダント	178	39
炭化水素	175	38
風向, 風速	180	39
日射, 放射	181	39
温度, 湿度	181	39

キ 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た。

その概要は、表8のとおりである。

表8 航空機騒音調査の概要

	平成14年度	平成15年度
調査地点	4地点	4地点
調査時期	春・秋期の年2回	春・秋期の年2回
調査内容	1地点7日間	1地点7日間
調査結果	年w値 61.7~65.1	年w値 59.8~64.8

ク 公害苦情等に関する依頼調査

大気・悪臭・騒音・振動等に関する依頼調査を受け、調査を行った。

その概要は、表9のとおりである。

表9 公害苦情等に関する依頼調査の概要

	平成14年度		平成15年度	
	0件	0地点	1件	8地点
大気	0件	0地点	1件	8地点
悪臭	1件	2検体	7件	25検体
騒音・振動	1件	9地点	5件	42地点
その他	0件	0検体	1件	1検体

3-2 環境省委託事業

ア 酸性雨調査

国の酸性雨調査計画により、国設酸性雨測定所の管理委託を受けて調査を行った。

その概要は、表10のとおりである。

表10 国設酸性雨測定所の調査概要

		平成14年度	平成15年度
調査地点		檮原	檮原
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	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	風向, 風速, 気温, 湿度, 日射量

イ 環境放射線調査

平成13年度から環境放射線モニタリング調査の委託を受けて調査を行った。

その概要は、表11のとおりである。

表11 環境放射線調査概要

	平成14年度	平成15年度
調査地点	檮原	檮原
調査期間	4月1日～3月31日	4月1日～3月31日
調査項目	空間線量率(環境γ線) 放射性ダスト(α線, β線)	空間線量率(環境γ線) 放射性ダスト(α線, β線)

3-3 研究調査

ア 酸性雨調査

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、調査を行った。その概要は、表12のとおりである。

表12 酸性雨調査の概要

	平成14年度		平成15年度		
	香北町		香北町		
調査地点	香北町		香北町		
検体数	湿性降水物	乾性降水物(I)	湿性降水物	乾性降水物(I)	乾性降水物(II)
	26	26	28	28	12
項目	pH等 11項目	Na ⁺ , K ⁺ 等 8項目	pH等 11項目	Na ⁺ , K ⁺ 等 8項目	SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ 等14項目
延項目数	286	208	308	224	168

4 水 質 科

4-1 行政調査

ア 公共用水域監視測定調査

水質汚濁防止法第15条の規定に基づき、公共用水域における水質、底質および地下水水質の監視調査を行っている。

平成15年度の水質調査地点数は、河川42河川、54地点、地下水37地点計91地点、底質は河川3地点であった。

平成14年度の生活環境の保全に係る環境基準の達成状況は、河川、海域全体では88.1%の達成率であった。

また、人の健康保護に係る健康項目では、当センターで調査した全ての地点において環境基準を達成した。これらの調査項目と検体数については、表1のとおりである。

表1 公共用水域監視測定調査

調査項目		平成14年度	平成15年度
		検体数	検体数
水質	生活環境項目	125	125
	健康項目	1,495	1,466
	特殊項目	18	14
	その他の項目	251	223
	要監視項目	1,404	1,386
地下水	健康項目	807	772
	その他の項目	244	198
底質	一般性状	15	15
	健康項目	15	15
	特殊項目	15	15

イ 工場、事業場排水監視測定調査

水質汚濁防止法が適用される特定事業場排水について立ち入り調査した。排水基準不適合事業所に対しては、環境保全課にお

いて改善指導がなされた。

その概要は、表2のとおりである。

表2 工場、事業場排水監視測定調査

事項	平成14年度	平成15年度
調査事業場数	190	182
調査検体数	461	497
不適合事業所数	6	15

ウ 物部川清流保全計画策定事業

物部川の清流保全計画策定のため、平成13年度から基礎調査を行っており、平成15年度は流域の水質・水量等の調査を実施した。

調査地点数 13地点

調査項目数 6項目

エ 清流基準モニタリング調査

四万十川条例の施行に伴い、清流基準の達成状況を把握するため清流度、及び水生生物のモニタリング調査を実施した。

調査地点数 12地点

調査内容 清流度調査、
水生生物調査

オ 依頼調査

関係行政機関から、苦情等に伴う調査依頼を受け、原因究明のための調査を行った。

その概要は、表3のとおりである。

表3 苦情、事故等に伴う行政依頼調査

調査対象	調査項目	平成14年度		平成15年度	
		件数	検体数	件数	検体数
事業場排水及び公共用水域	生活環境項目及び健康項目	3	59	7	83

Ⅲ 調查研究報告

高知県における生物モニタリング調査

三宅 教 資

1. はじめに

化学物質が製造、使用、廃棄の過程で環境中に放出された場合、生物に特定の化学物質が濃縮し蓄積することが知られている。

PCBの環境汚染問題を契機として国は化学物質審査規制法（以下「化審法」）を制定し、環境庁（現環境省）は化学物質の環境中における挙動状況調査を実施してきた。

このなかで、生物濃縮性及び環境残留性が高い物質について、環境汚染の進行を未然防止するためモニタリング調査が行われてきた。

生物におけるモニタリングを系統的かつ継続的に行えば、人の健康や生態系に影響のあると考えられる化学物質の環境中の挙動や汚染レベルの把握が可能となる。

高知県は、この生物モニタリングを1984年から実施しており、今回第二次化学物質環境安全性総合点検調査（1989～2001年）までの結果をとりまとめたので報告する。

2. 調査内容

2.1 調査対象地点及び対象生物

調査対象地点の四万十川河口を図1に示す。

対象生物は四万十川河口付近で採取したスズキである。

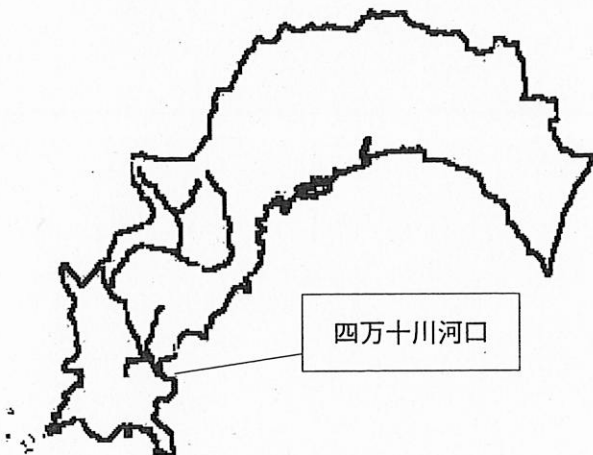


図1 調査対象地点

2.2 調査対象物質

- (1) PCB及びその類似物質 3種
PCB, HCB, PCN
- (2) ドリン類 3種
アルドリン, デイルドリン, エンドリン
- (3) DDT及びその誘導体 6種
o,p'-DDT, p,p'-DDT, o,p'-DDE
p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD
- (4) クロルデン類 5種
trans-クロルデン, cis-クロルデン
trans-ノナクロル, cis-ノナクロル
oxy-クロルデン
- (5) HCH類 4種
 α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH
- (6) 塩素化ベンゼン類 10種
o-DCB, m-DCB, p-DCB, 1,2,3-TrCB
1,2,4-TrCB, 1,3,5-TrCB, 1,2,3,4-TeCB
1,2,3,5-TeCB, 1,2,4,5-TeCB, PeCB
- (7) フタル酸エステル類 2種
DnBP, DEHP
- (8) リン酸トリブチル
- (9) 有機スズ化合物 2種
TBT, TPT

なお、上記対象物質のうち、検出頻度の低い物質は調査を中止、又は適当な期間をおいて調査した。

3. 分析方法

3.1 試料の調整

スズキの筋肉部分をホモジナイズし5検体とした。

1個体で1検体の必要量を採取できない場合は、複数試料を混合し分析検体とした。

3.2 分析検体の調整方法

生物試料中化学物質系統分析方法（環境庁 昭和57年）、生物モニタリング調査マニュアル（環境庁環境保健部保健調査室 昭和62年）並びに化学物質分析法開発調査報告書（環境庁環境保健部保健調査室 平成10年度）に従って調整した。

3. 3 検出方法

有機塩素系化合物及びフタル酸エステル類についてはGC/ECD又はGC/MSにより、リン酸トリブチルはGC/FPD又はGC/MS、有機スズ化合物についてはGC/ECD, GC/FPD, GC/MSにより分析した。

4. 結果及び考察

表1に体長、脂肪の経年推移を示す。

平均体長は調査開始の1984年から1990年までは57.6~31.9cmと比較的大きい。

1991年以降の平均体長は、26.4~15.6cmとセイゴクラスの大きさである。

採取個体の大きさの相違は、調査開始当初はセイゴクラスの入手が困難であったことによる。

平均脂肪も体長の大きさを反映し、1990年までは5.3~2.1%と高いが、1991年以降は1.4~0.5%と低下している。

表1 調査年度における平均体長及び平均脂肪

年度	平均体長(cm)	平均脂肪(%)	年度	平均体長(cm)	平均脂肪(%)
1984	57.6	5.3	1993	20.1	1.2
1985	53.4	4.8	1994	17.5	0.7
1986	46.1	3.2	1995	15.6	0.9
1987	31.9	2.4	1996	19.3	1.1
1988	38.1	2.4	1997	18.6	1.1
1989	33.7	2.1	1998	19.0	0.9
1990	32.3	3.9	1999	21.5	0.9
1991	23.2	1.4	2000	17.9	1.0
1992	18.2	1.1	2001	26.4	0.5

経年推移の濃度の算定は平均値を用いた。

測定値がtr (測定値が当該モニタリングの検出限界値より低い場合)、nd (検出限界値以下) の場合は当該モニタリング物質の検出限界値の1/2を与え算出した。

なお、比較のため国が公表しているデータ¹⁾から、魚介類のうちスズキについて各年度ごとに検出頻度を抽出し、四万十川河口におけるスズキ(以降四万十)の検出頻度と比較した。

抽出に用いたスズキの調査地域は四万十を含め東京湾、大阪湾、瀬戸内海、山陰沖、祝言島地先(小値賀島地先)、薩摩半島西岸、仙台湾である。

以下2. 2の調査対象物質ごとに測定結果及び考察を示す。

4. 1 PCB及びその類似物質

表2にPCB類似物質の経年推移を、図2にPCBの経年変化を示す。

PCBは1972年に製造禁止となり、それ以降は開放系では使用されていない。

なお、1974年に化審法の第1種特定化学物質に指定された。

四万十のPCBは、1984年に0.28 μ g/gと最高値を示したが、その後徐々に減少し近年は検出限界値以下で推移した。

表2 PCB類似物質の検出頻度とPCBの経年推移

	PCB		PCN	HCB	
	検出頻度	μ g/g	検出頻度	検出頻度	μ g/g
1984	5/5	0.28	0/5	5/5	0.0012
1985	5/5	0.12	0/5	1/5	0.0006
1986	5/5	0.042		0/5	0.0005
1987	5/5	0.080	0/5	0/5	0.0005
1988	2/5	0.009		0/5	0.0005
1989	1/5	0.008	0/5	0/5	0.0005
1990	5/5	0.098		0/5	0.0005
1991	2/5	0.009	0/5	0/5	0.0005
1992	0/5	0.005		0/5	0.0005
1993	2/5	0.013	0/5	0/5	0.0005
1994	0/5	0.005		0/5	0.0005
1995	0/5	0.005		0/5	0.0005
1996	1/5	0.006		0/5	0.0005
1997	1/5	0.010			
1998	0/5	0.005		0/5	0.0005
1999	0/5	0.005			
2000	0/5	0.005		0/5	0.0005
2001	0/5	0.005		0/5	0.0005
四万十	34/90	—	0/30	6/80	—
全地域	500/595	—	0/185	41/524	—

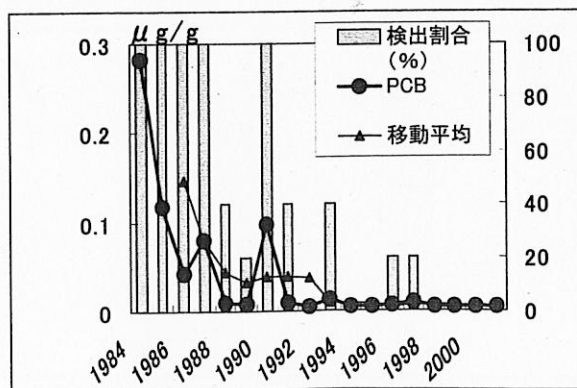


図2 PCBの経年変化

四万十の検出頻度（検出検体/総検体以降同様）は1990年までは28/35と高いが、1991年以降の検出頻度は6/55と低い。

全地域の検出頻度は500/595であり、PCB が未だ環境中に残留していることを示している。

現在の四万十におけるPCBの汚染レベルは、検出限界値以下であるが、環境ホルモンとして疑われている物質であり、今後もモニタリングすることが必要と考える。

PCNは1979年に化審法の第1種特定化学物質に指定された。

PCNは1984年には全調査地域で検出されず、その後隔年調査となり、1993年で調査が中止された。

四万十の検出頻度は0/30、全地域0/185であった。

PCBに比較してPCNが検出されないのは生産量の差と考えられる。

HCBは1979年に化審法の第1種特定化学物質に指定された。

HCBは日本では農薬として使用されておらず、環境中での残留は工業原料の中間体によるものとされる。

HCBは1984年には5検体から、1985年には、1検体から検出限界値レベルで検出されたが、その後は検出されていない。

四万十の検出頻度は6/80、全地域41/524であった。

四万十のHCBの残留レベルは低いと考えられる。

4. 2 ドリン類

表3にドリン類の経年推移を、図3にディルドリンの経年変化を示す。

ドリン類は農薬として1971年に使用禁止（登録失効1975年）となったが、ディルドリンは白蟻の防除剤としてその後も使用された。

ドリン類は1981年に化審法の第1種特定化学物質に指定された。

アルドリン、エンドリンは四万十及びその他の地域からも検出されず、1994年から調査が中止された。

四万十のディルドリンは1984年、1993年共に0.0012 $\mu\text{g/g}$ 検出されたが、その他の調査年度は検出限界値以下であった。

四万十の検出頻度は9/80、全地域では218/525であった。

四万十のディルドリンは全調査地域と比較して検出頻度も低く、近年は検出されないことから残留レベルは低いと考えられる。

ディルドリンが他のドリン類と比較して検出されるのは、アルドリンからのディルドリンへの代謝による環境中への残留と、農薬として使用禁止後も白蟻の防除剤として使用され続けたことが一因であると考えられる。

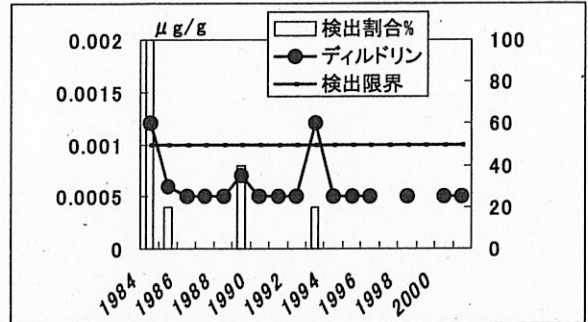


図3 ディルドリンの経年変化

表3 ドリン類の検出頻度とディルドリンの濃度推移

	アルドリン	エンドリン	ディルドリン	
	検出頻度	検出頻度	検出頻度	$\mu\text{g/g}$
1984	0/5	0/5	5/5	0.0012
1985	0/5	0/5	1/5	0.0006
1986	0/5	0/5	0/5	0.0005
1987	0/5	0/5	0/5	0.0005
1988	0/5	0/5	0/5	0.0005
1989	0/5	0/5	2/5	0.0007
1990			0/5	0.0005
1991	0/5	0/5	0/5	0.0005
1992			0/5	0.0005
1993	0/5	0/5	1/5	0.0012
1994			0/5	0.0005
1995			0/5	0.0005
1996			0/5	0.0005
1997				
1998			0/5	0.0005
1999				
2000			0/5	0.0005
2001			0/5	0.0005
四万十	0/40	0/40	9/80	—
全地域	0/245	0/245	218/525	—

4. 3 DDT類

DDT原体中の異性体含有率はo, p' -DDT20~30%, p, p' -DDT70~80%とされる。²⁾

DDTは代謝によりDDEとDDDからDDA になる経路がある。

DDTは防疫や農薬（登録失効1971年）に、その

後白蟻防除剤として使用された。

DDTは1981年に化審法の第1種特定化学物質に指定された。

DDT類の検出頻度及び経年推移を表4-1, 表4-2に示す。

表4-1 DDT類の検出頻度と経年推移

	o, p' -DDT		p, p' -DDT		o, p' -DDE	
	検出頻度	$\mu\text{g/g}$	検出頻度	$\mu\text{g/g}$	検出頻度	$\mu\text{g/g}$
1984	0/5	0.0005	5/5	0.012	5/5	0.0034
1985	0/5	0.0005	5/5	0.007	0/5	0.0005
1986	0/5	0.0005	5/5	0.0066	0/5	0.0005
1987	1/5	0.0006	5/5	0.005	0/5	0.0005
1988	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1989	0/5	0.0005	2/5	0.0009	0/5	0.0005
1990	0/5	0.0005	5/5	0.0052	0/5	0.0005
1991	0/5	0.0005	1/5	0.0008	0/5	0.0005
1992	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1993	0/5	0.0005	1/5	0.0018	0/5	0.0005
1994	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1995	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1996	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1997			0/5	0.0005		
1998	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1999			0/5	0.0005		
2000	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0.0005
2001	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0.0005
四万十	1/80	—	29/90	—	5/80	—
全地域	32/524	—	348/594	—	99/524	—

表4-2 DDT類の検出頻度と経年推移

	p, p' -DDE		o, p' -DDD		p, p' -DDD	
	検出頻度	$\mu\text{g/g}$	検出頻度	$\mu\text{g/g}$	検出頻度	$\mu\text{g/g}$
1984	5/5	0.088	4/5	0.0025	5/5	0.017
1985	5/5	0.042	1/5	0.0006	5/5	0.0062
1986	5/5	0.050	0/5	0.0005	5/5	0.0038
1987	5/5	0.012	2/5	0.0009	5/5	0.0094
1988	5/5	0.0048	0/5	0.0005	2/5	0.0009
1989	5/5	0.0038	0/5	0.0005	4/5	0.0013
1990	5/5	0.013	0/5	0.0005	5/5	0.009
1991	5/5	0.0024	0/5	0.0005	1/5	0.0008
1992	5/5	0.0010	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1993	3/5	0.0018	0/5	0.0005	1/5	0.0018
1994	1/5	0.0016	0/5	0.0005	1/5	0.0006
1995	5/5	0.0016	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1996	4/5	0.0009	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1997	1/5	0.0006			0/5	0.0005
1998	5/5	0.0012	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1999	1/5	0.0006			0/5	0.0005
2000	4/5	0.0017	0/5	0.0005	4/5	0.0017
2001	1/5	0.0008	0/5	0.0005	0/5	0.0005
四万十	70/90	—	7/80	—	38/90	—
全地域	556/594	—	141/524	—	424/594	—

① DDT類のうちo, p' 体は調査開始当初わずかながら検出されているが, 1988年以降は全て検出限界値以下であった。

② DDT類のうちp, p' -DDTは1984年0.012 $\mu\text{g/g}$ と最高値を示し全検体から検出されたが, その後減少し近年は全検体から検出されていない。

p, p' -DDEは1984年に他のDDT類と比較して0.088 $\mu\text{g/g}$ と最高濃度を示すが, その後減少し近年は検出限界値レベルまで低下した。

又検出頻度は調査開始時と比較して低下傾向にあるが, DDT類のうち最も高い頻度で検出されている。

p, p' -DDDは1984年0.017 $\mu\text{g/g}$ と最高値を示し全検体から検出され, その後減少傾向を示すが, 近年もわずかながら検出される。

③ 四万十及び全地域の検出頻度はo, p' -DDT (1/80, 32/524), p, p' -DDT (29/90, 348/594), o, p' -DDE (5/80, 99/524), p, p' -DDE (70/90, 556/594), o, p' -DDD (7/80, 141/524), p, p' -DDD (38/90, 424/594)であった。

④ 四万十のDDT類の検出割合は全地域と比較してo, p' 体が低く, p, p' -DDEが高い傾向にある。

⑤ DDT類の合計を総DDTとして表5に検出頻度及び経年推移を示す。

表5 総DDTの検出頻度及び経年推移

	四万十		全地域
	検出頻度	$\mu\text{g/g}$	検出頻度
1984	5/5	0.12	30/30
1985	5/5	0.055	30/30
1986	5/5	0.022	30/30
1987	5/5	0.027	30/30
1988	5/5	0.0054	30/30
1989	5/5	0.0056	30/30
1990	5/5	0.027	30/30
1991	5/5	0.0032	30/30
1992	5/5	0.001	35/35
1993	3/5	0.0046	33/35
1994	2/5	0.0017	32/35
1995	5/5	0.0016	35/35
1996	4/5	0.0009	34/35
1997	—	—	—
1998	5/5	0.0016	35/35
1999	—	—	—
2000	4/5	0.0033	29/34
2001	1/5	0.0008	31/40
計	69/80	—	504/524

四万十の総DDTは1984年0.12 $\mu\text{g/g}$ と最高値を示し、その後低下傾向を示すものの、検出限界値をわずかながら超える濃度で検出されている。

近年の検出頻度も調査開始当初と比較すると緩やかな減少傾向にある。

四万十の検出頻度は69/80、全地域は504/524であり、全地域での検出頻度は高く未だに残留していることを示している。

現在の四万十のDDT類は、POPs対象物質である(o,p',p,p')-DDTは検出されないが、総DDTとして検出限界値を超え検出されており今後ともモニタリングすることが必要と考える。

4.4 クロルデン類

クロルデンの工業原体はクロルデン(trans及びcis)を主成分としクロルディーン異性体やヘプタクロル、ノナクロル等を含む混合物である。

trans-クロルデンとヘプタクロルは酸化されオキシクロルデンとヘプタクロルエポシドとなる。

クロルデンは農薬(登録失効1968年)にその後も白蟻防除剤として使用され続けた。

クロルデンは1986年に化審法の第1種特定化学物質に指定された。

クロルデン類の検出頻度及び経年推移を表5-1、表5-2に示す。

① trans-クロルデンは1984年、1985年0.0012 $\mu\text{g/g}$ 、cis-クロルデンは1984年0.0043 $\mu\text{g/g}$ と最高値を示すが、その後減少し近年は検出されていない。

cis-クロルデンはtrans-クロルデンと比較して検出頻度、濃度レベルともに高い傾向を示した。

trans-クロルデン、cis-クロルデンの検出頻度は四万十、全地域(8/90, 272/594), (34/90, 382/594)であった。

② trans-ノナクロルはクロルデン類のなかで、1984年に0.016 $\mu\text{g/g}$ と最高値を示すが、その後減少し近年は検出限界値レベルである。

検出頻度は緩やかな低下を示し、クロルデン類のなかで検出頻度は最も高い。

cis-ノナクロルは1985年0.003 $\mu\text{g/g}$ と最高値を示すが、その後減少し近年は検出されていない。

trans-ノナクロル、cis-ノナクロルの検出頻度は四万十、全地域(59/90, 501/594), (31/90, 369/594)であった。

③ oxy-クロルデンは調査開始当初検出限界値レベルで検出されるが、近年は検出されていない。

oxy-クロルデンの検出頻度は四万十、全地域(6/90, 169/594)であった。

表5-1 クロルデン類の検出頻度及び経年推移

	trans-クロルデン		cis-クロルデン		trans-ノナクロル	
	検出頻度	$\mu\text{g/g}$	検出頻度	$\mu\text{g/g}$	検出頻度	$\mu\text{g/g}$
1984	3/5	0.0012	4/5	0.0043	5/5	0.016
1985	3/5	0.0012	5/5	0.0036	5/5	0.011
1986	0/5	0.0005	5/5	0.0018	5/5	0.0072
1987	1/5	0.0006	5/5	0.0020	5/5	0.0070
1988	0/5	0.0005	1/5	0.0006	5/5	0.0040
1989	1/5	0.0008	4/5	0.0011	5/5	0.0032
1990	0/5	0.0005	5/5	0.0010	5/5	0.0038
1991	0/5	0.0005	1/5	0.0006	3/5	0.0010
1992	0/5	0.0005	0/5	0.0005	1/5	0.0006
1993	0/5	0.0005	1/5	0.0008	1/5	0.0018
1994	0/5	0.0005	3/5	0.0008	1/5	0.0012
1995	0/5	0.0005	0/5	0.0005	5/5	0.0024
1996	0/5	0.0005	0/5	0.0005	1/5	0.0006
1997	0/5	0.0005	0/5	0.0005	1/5	0.0006
1998	0/5	0.0005	0/5	0.0005	5/5	0.0014
1999	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0.0005
2000	0/5	0.0005	0/5	0.0005	5/5	0.0010
2001	0/5	0.0005	0/5	0.0005	1/5	0.0006
四万十	8/90	—	34/90	—	59/90	—
全地域	272/594	—	382/594	—	501/594	—

表5-2 クロルデン類の検出頻度及び経年推移

	cis-ノナクロル		oxy-クロルデン	
	検出頻度	$\mu\text{g/g}$	検出頻度	$\mu\text{g/g}$
1984	3/5	0.0028	0/5	0.0005
1985	5/5	0.0030	4/5	0.0011
1986	5/5	0.0012	1/5	0.0006
1987	5/5	0.0020	1/5	0.0006
1988	2/5	0.0007	0/5	0.0005
1989	1/5	0.0006	0/5	0.0005
1990	5/5	0.0012	0/5	0.0005
1991	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1992	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1993	1/5	0.0008	0/5	0.0005
1994	4/5	0.0009	0/5	0.0005
1995	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1996	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1997	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1998	0/5	0.0005	0/5	0.0005
1999	0/5	0.0005	0/5	0.0005
2000	0/5	0.0005	0/5	0.0005
2001	0/5	0.0005	0/5	0.0005
四万十	31/90	—	6/90	—
全地域	369/594	—	169/594	—

- ④ 検出されたクロルデン類の検出割合を図4に示す。

四万十と全地域における検出頻度を比較すると、四万十がtrans-クロルデン, oxy-クロルデンが低く, trans-ノナクロルの割合が高い。

これは四万十のクロルデン類の汚染レベルが、全地域と比較して低いことを示している。

又、クロルデン類のうち、trans-ノナクロルの残留性が高いことを示している。

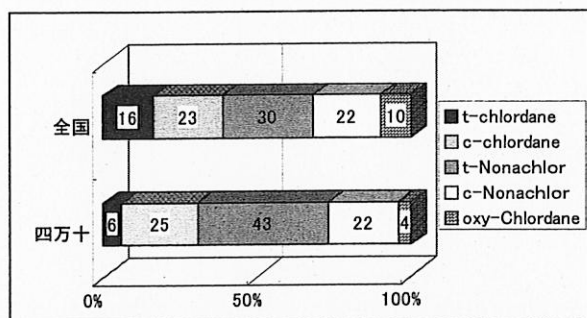


図4 クロルデン類の検出割合

現在の四万十のクロルデン類はtrans-ノナクロルのみ検出され、その濃度も検出限界レベルである。

しかし、環境中でのtrans-ノナクロルの残留性から考えて今後ともモニタリングが必要であると考えられる。

4.6 HCH類

国内で生産されたHCH原体は α -HCH65~70%, β -HCH6~14%, γ -HCH10~13%, δ -HCH5~8%とされる。²⁾

HCHは殺虫剤として使用されたが、1981年以降使用禁止となった。

表6にHCH類の検出頻度と経年推移を示す。

- ① α -HCHは調査開始当初の1984年5検体、1985年4検体、又 β -HCHは1984年5検体から検出限界レベルで検出されるが、それ以降は検出されていない。

- ② γ -HCH及び δ -HCHは調査開始当初から検出されず、 γ -HCHは1997年、 δ -HCHは1993年以降調査は行われていない。

現在の四万十のHCH類は、残留性の強い β -HCHが検出されないことから残留レベルは低いと考えられる。

表6 HCH類の検出頻度と経年推移

	α -HCH		β -HCH		γ -HCH	δ -HCH
	検出頻度	μ g/g	検出頻度	μ g/g	検出頻度	検出頻度
1984	5/5	0.0022	5/5	0.0012	0/5	0/5
1985	4/5	0.0009	0/5	0.0005	0/5	0/5
1986	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0/5
1987	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0/5
1988	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0/5
1989	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0/5
1990	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0/5
1991	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	
1992	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	0/5
1993	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	
1994	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	
1995	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	
1996	0/5	0.0005	0/5	0.0005	0/5	
1997						
1998	0/5	0.0005	0/5	0.0005		
1999						
2000	0/5	0.0005	0/5	0.0005		
2001	0/5	0.0005	0/5	0.0005		
四万十	9/80	—	5/80	—	0/65	0/40
全地域	96/524	—	123/524	—	10/415	0/245

4.7 塩素化ベンゼン類

塩素化ベンゼン類10種はHCBが調査対象物質となり、その後1978年に追加対象物質となった。

塩素化ベンゼン類の検出頻度を表7に示す。

四万十の塩素化ベンゼン類はp-ジクロロベンゼンが1検体検出されたのみで、それ以外は検出されていない。

四万十における塩素化ベンゼン類の残留レベルは低いと考えられる。

表7 塩素化ベンゼン類の検出頻度

	<i>o</i> -DCB	<i>m</i> -DCB	<i>p</i> -DCB	1,2,3-TrCB	1,2,4-TrCB
四万十	0/45	0/45	1/45	0/45	0/45
全地域	11/290	10/290	31/290	1/290	44/290
	1,3,5-TrCB	1,2,3,4-TeCB	1,2,3,5-TeCB	1,2,4,5-TeCB	PeCB
四万十	0/45	0/45	0/45	0/45	0/45
全地域	5/290	0/290	0/290	0/290	0/290

4.8 フタル酸エステル類及びリン酸トリブチル

フタル酸エステル類はプラスチックの可塑剤とし、リン酸トリブチル (TBP) は可塑剤や難燃加工剤として使用される。

フタル酸エステル類及びリン酸トリブチルの検

出頻度を表8に示す。

四万十のフタル酸エステル類及びリン酸トリブチルはジエチルヘキシルフタレートが1検体検出されたのみで、それ以外は検出されない。

四万十におけるフタル酸エステル類及びリン酸トリブチルの残留レベルは低いと考えられる。

表8 フタル酸エステル類及びTBPの検出頻度

	DnBP	DEHP	TBP
四万十	0/40	1/40	0/35
全地域	0/255	3/255	9/220

4.9 有機スズ化合物

有機スズ化合物のうちトリブチルスズ化合物は船底塗料や漁網防汚剤に、トリフェニルスズ化合物はその他に農薬として使用された。

トリブチルスズ化合物は1985年から、トリフェニルスズ化合物は1989年から調査が開始された。

トリブチルスズ化合物のうちビス（トリブチルスズ）オキシド（TBTO）は1990年に化審法の第1種特定化学物質に指定された。

その他のトリブチルスズ化合物13物質は1990年に指定化学物質から第2種特定化学物質に指定された。

トリフェニルスズ化合物は1990年に7物質が第2種特定化学物質に指定された。

有機スズ化合物の検出頻度及び経年変化を表9に示す。

トリブチルスズ化合物は他の調査物質と異なり、調査当初より1990年及び1991年に濃度、検出頻度が高い傾向を示した。

特に1991年0.12 $\mu\text{g/g}$ と高濃度を示すが、近年は検出限界値以下である。

なお、2001年以降検出限界値が0.05から0.01 $\mu\text{g/g}$ に下げられている。

検出頻度は四万十、全地域（15/85、335/565）であり、全地域は四万十と比較すると高い傾向にある。

トリフェニルスズ化合物は1990年0.08 $\mu\text{g/g}$ 、1993年0.02 $\mu\text{g/g}$ と検出されるが、近年は検出されない。

検出頻度は四万十、全地域（7/65、242/445）であり、全地域は四万十と比較すると高い傾向に

表9 有機スズ化合物の検出頻度及び経年推移

	TBTO		TPT	
	検出頻度	$\mu\text{g/g}$	検出頻度	$\mu\text{g/g}$
1984				
1985	0/5	0.025		
1986	2/5	0.043		
1987	0/5	0.025		
1988	1/5	0.03		
1989	0/5	0.025	0/5	0.01
1990	5/5	0.07	5/5	0.08
1991	3/5	0.12	0/5	0.01
1992	0/5	0.025	0/5	0.01
1993	2/5	0.071	2/5	0.02
1994	0/5	0.025	0/5	0.01
1995	0/5	0.025	0/5	0.01
1996	0/5	0.025	0/5	0.01
1997	0/5	0.025	0/5	0.01
1998	0/5	0.025	0/5	0.01
1999	0/5	0.025	0/5	0.01
2000	0/5	0.025	0/5	0.01
2001	2/5	0.009	0/5	0.01
四万十	15/85	—	7/65	—
全地域	335/565	—	242/445	—

ある。

このことから現在の四万十における有機スズの汚染レベルは低いと考えられる。

竹内³⁾によれば有機スズの濃縮経路は食物連鎖が主要経路であるが、直接吸収も無視できないとされる。

環境省の調査¹⁾によれば、トリブチルスズ化合物及びトリフェニルスズ化合物は、水質、底質から検出されており特に底質の検出頻度が高く、依然として環境中に残留していることから今後ともモニタリングすることが必要であると考えられる。

5. まとめ

四万十川河口のスズキを対象としたモニタリング物質は、調査開始当初から検出されないか、又は比較的高濃度で検出された物質も低下傾向を示し、近年は検出限界値を下回る物質がほとんどである。

今なお検出限界値を超え微量ながら検出される物質は、p,p'-DDD, p,p'-DDE, trans-ノナクロルである。

四万十川河口におけるスズキのモニタリング対象物質の残留レベルは、他の調査地域と比較して低いと考えられる。

しかしながらこれらの物質は、POPs対象物質を含み又環境ホルモンと疑われる物質も含まれており定量可能な濃度把握が望まれる。

環境省はこれまでの分析法を改訂し2002年から検出限界値を従来の方法から切り下げてモニタリングを行っている。

汚染レベルの推移を把握するためにも、継続して四万十河口地域のモニタリングを行うことが必要である。

参考文献

- 1) 化学物質と環境 昭和60年版－平成11年版
環境庁環境保健部環境安全課
平成12年版－平成14年版
環境省環境保健部環境安全課
- 2) 生物モニタリングマニュアル 昭和62年
環境庁環境保健部保健調査室
- 3) 有機スズ汚染と水生生物影響 平成4年
恒星社厚生閣

高知県における酸性雨調査

第11報 香北町の乾性沈着について

武市佳子・植松広子

1. はじめに

酸性雨が大きな環境問題の1つとして、国際的に取り上げられるようになって久しいが、日本において、その調査・研究の主眼は湿性沈着にあった。降水の酸性化に関与する物質が明らかになるにつれ、降水を介さず大気中から直接地表面等に到達する乾性沈着についても重要性が認識されるようになった。

全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会（以下全環研）により、第3次共同調査（平成11～13年度）から乾性沈着の調査が始まった。また、環境省においては、第4次酸性雨対策調査（平成10～12年度）から乾性沈着モニタリングが調査項目に加えられ、平成15年度から国内EANET局において、フィルターパック法によるモニタリングが開始された。このように、酸性成分の乾性沈着に関する空間分布把握が全国的に行なわれている。

本県では、昭和58年度から香北町において酸性雨調査を継続して行なっている。また、平成12年度から4段ろ紙法を用いた乾性沈着の調査を開始した。

今回、平成12年度から平成14年度の乾性沈着に関する調査結果をもとに、大気中濃度の変動と、乾性沈着量の試算を行い、考察したので報告する。

2. 調査方法

2.1 調査地点

高知県香美郡香北町永瀬1328-1

永瀬ダム管理事務所屋上

調査地点の香北町は、県中部から北東へ約30km、海岸線から約21kmに位置する人口約5700人の町である。物部川中流にあり、面積の約86%はスギ、ヒノキを主な植生とする森林である。固定排出源としては、10km東方に年排出量SO₂約4t、NO₂約0.6tの温水プールがあるだけで、採取地点から半径10km以内に大きい排出源はない。

物部川の河口より31.4kmの地点に建設された永瀬ダムは、香北町の東端、標高211mの山間にあり、ダム湖北西岸に建つ永瀬ダム管理事務所3F屋上を採取地点とした。平成12年3月、4段ろ紙法

による乾性沈着採取装置を設置した。

2.2 採取方法

NILU製フィルターホルダー（4段）の各ステージ（F0～F3）に、

F0：PTFEろ紙（ADVANTEC社製 T080A047A 孔径0.8μm、直径47mm）

F1：ポリアミドロ紙（PALL社製 ULTIPOR N 66孔径0.45μm、直径47mm）

F2：6%炭酸カリウム含浸セルロースろ紙（ADVANTEC社製 No.51A 直径47mm）

F3：5%リン酸含浸セルロースろ紙（ADVANTEC社製 No.51A 直径47mm）

を順に装着し、リークのないことを確認後、開口面（PTFE側）を下向きにして捕集装置に取り付けた。吸引速度は1L/minで1～2週間連続採取した。その間の積算流量とガス平均温度を記録し、採取後のろ紙は保冷しながら運搬、分析まで冷蔵庫保管した。

2.3 調査期間および調査試料

調査期間は、平成12年度から平成14年度の3年間（平成13年1/9～3/12は採取現場工事のため中断）、調査試料は、月1～3回採取した検体からポンプまたはフィルターホルダーのリーク、ろ紙装着ミス等を除いた65検体を対象とした。

2.4 調査項目および分析方法

分析方法は、回収したろ紙に、F0、F1およびF3に純水20ml、F2には、0.05%（V/V）H₂O₂溶液20mlを加え超音波洗浄機で20分間抽出後、イオンクロマトグラフ法で分析した。

ろ紙	捕集成分	分析項目
F0	エアロゾル成分	SO ₄ ²⁻ 、NO ₃ ⁻ 、Cl ⁻ 、Na ⁺ 、K ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、NH ₄ ⁺
F1	ガス成分 (SO ₂ 、HNO ₃ 、HCl、NH ₃)	SO ₄ ²⁻ 、NO ₃ ⁻ 、Cl ⁻ 、NH ₄ ⁺
F2	ガス成分 (SO ₂ 、HCl)	SO ₄ ²⁻ 、Cl ⁻
F3	ガス成分 (NH ₃)	NH ₄ ⁺

3. 結果及び考察

3. 1 大気汚染物質濃度

3. 1. 1 経月変化

平成12年度から平成14年度までの大気中濃度の経月変化を、図1、図2、図3に示す。月平均値

は、1ヶ月の試料（1～3検体）から各物質の総量を求め、20度換算したガス積算流量で除して濃度を算出した。温度記録装置不調でガス温度が欠測の試料は、アメダス（大栃）の平均気温から推測した。

3. 1. 1. 1 ガス状物質（ガス成分）

ガス状物質のSO₂は、各年度で傾向がまちまちである。平成12年9月に小さなピークがみられる。この時期に、三宅島の大規模な噴火があったため、全環研で当月の評価が詳細に行なわれた。その結果、「近畿以西の地域において、影響はあまり受けていないと考えられた」と報告されている。¹⁾

HNO₃は、夏に最高値を示し、秋から冬にかけて低くなっている。夏期に日射量が多いこと、冬期

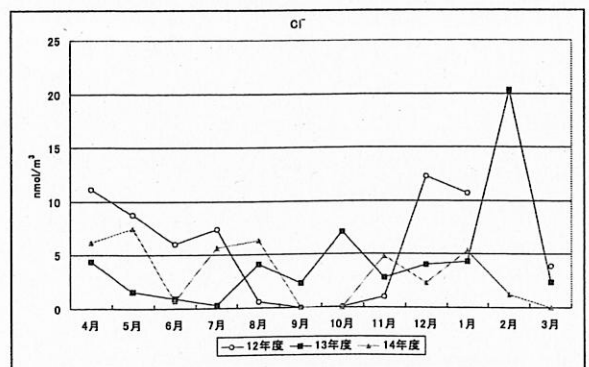
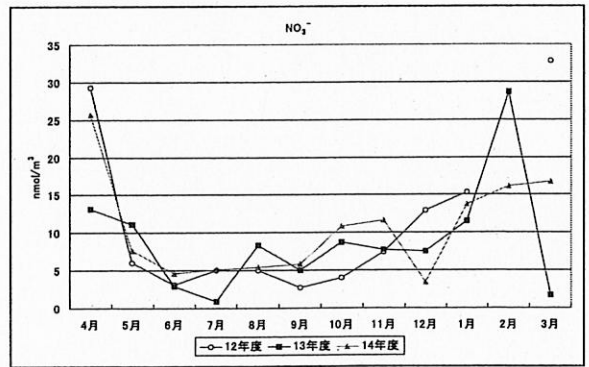
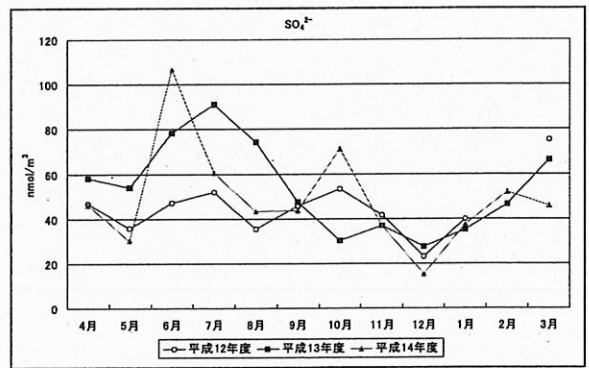
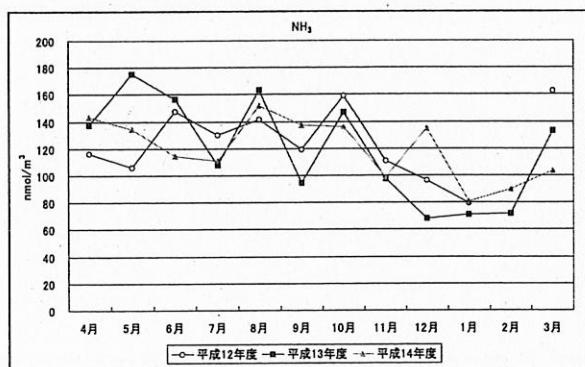
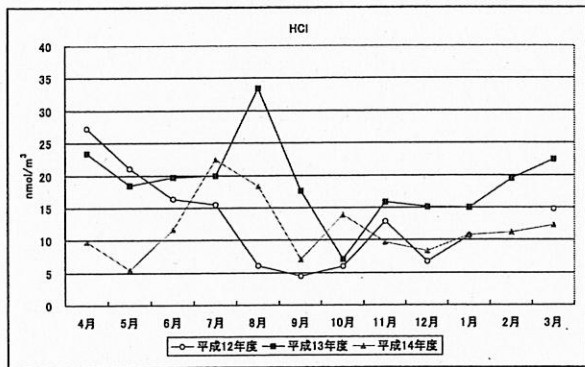
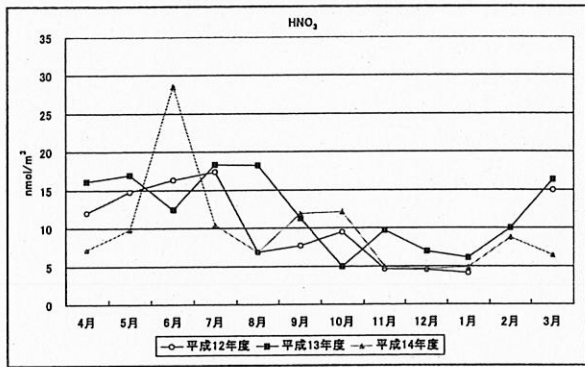
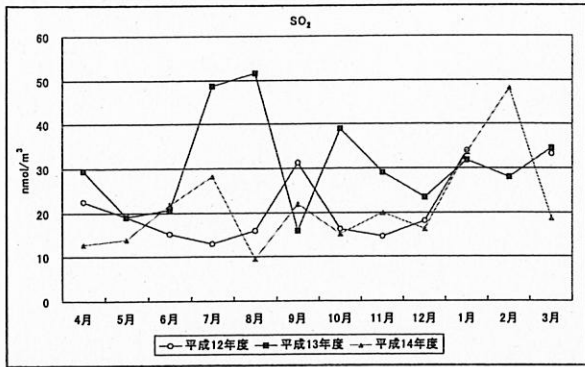


図1 ガス状物質濃度の経月変化

図2 粒子状物質濃度の経月変化(1)

にはアンモニウム塩になりやすいことが原因と考えられる。¹⁾

HClは、春または夏に最高値を示し、秋から冬に低下している点は、HNO₃と同じ傾向である。夏期に高いのは、アーティファクト (NaCl粒子がF0ろ紙上で、HClガスとなって飛散、後段のアルカリ含浸ろ紙に吸着されHClガス濃度が過大評価となること) の影響、冬期に低いのは粒子化しやすいためと考えられる。²⁾

NH₃は、春から夏にかけて濃度が高く、冬低くなっている。これは、気温が高くなると土壤などからの発生量が多くなり、気温が低くなると、少なくなることが主な原因と思われる。³⁾

3. 1. 1. 2 粒子状物質(エアロゾル成分)

粒子状物質であるSO₄²⁻は、春から夏にかけて高く、冬に低くなっている。

NO₃⁻は、2月から4月に最高値をとっている。気温による存在形態の違いが知られており、気温が低くなるとアンモニウム塩などの粒子になりやすいためと考えられる。

Cl⁻は、冬から春にかけて高くなっている。冬は季節風で運ばれる海塩粒子が影響しており、気温が上昇すると、ろ紙上でCl⁻が失われる反応が

起きたと考えられる。³⁾

NH₄⁺は、春から夏にかけて濃度が高くなっており、NH₃ガスと同様に発生量が多くなるのが主な原因と思われる。また、SO₄²⁻と塩になり、長距離輸送されることも知られている。²⁾

Na⁺は、4、1、8月に最高値、5、11、12月に最小値、と各季節に分散している。

K⁺は、3、6月に最高値をとっている。K⁺の発生源としては、海塩、土壌および植物などの自然由来の他、人為発生源も影響している場合がある。¹⁾

Ca²⁺は、3、4月の春に最高値をとっており、黄砂の影響がうかがえた。平成14年度は、11月に3回黄砂が観測されている。

Mg²⁺も同様に、3、4月に最高値がみられた。

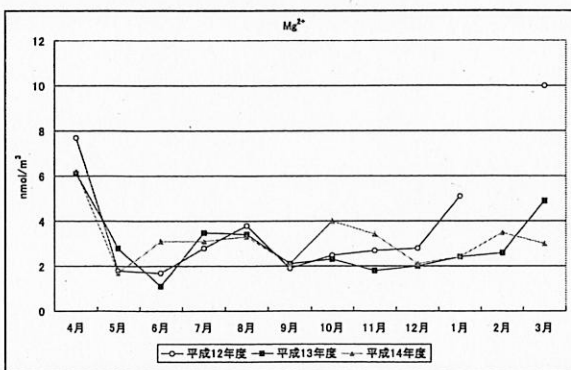
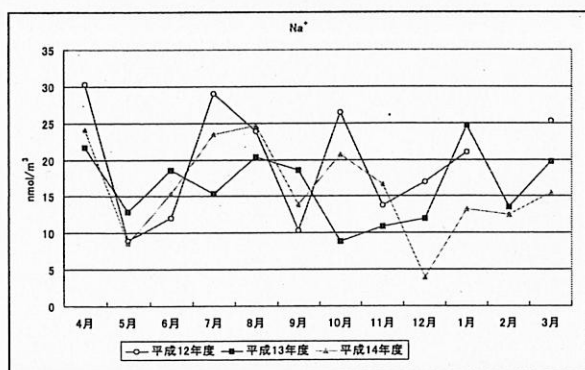
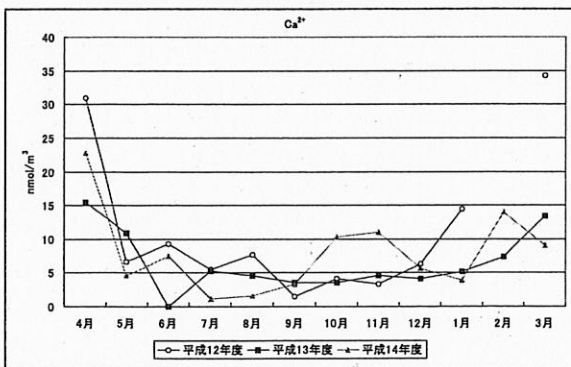
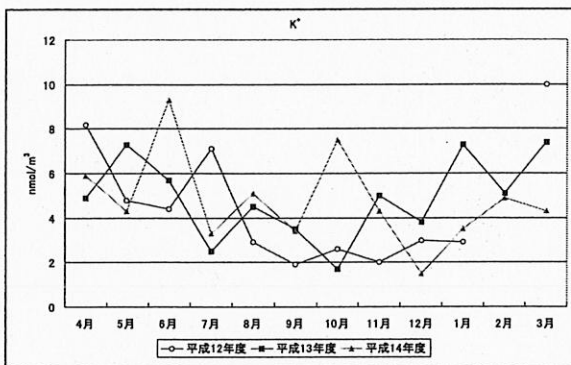
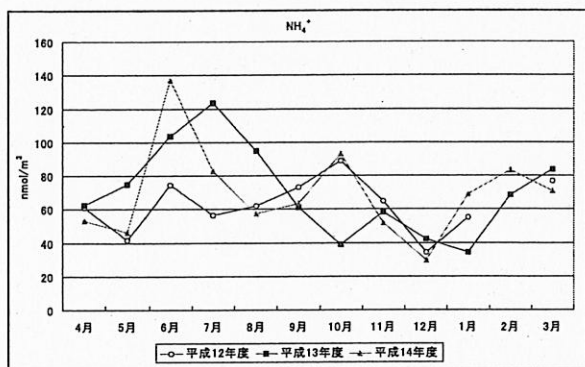


図3 粒子状物質濃度の経月変化(2)

3. 1. 2 年平均値

ガス状物質と粒子状物質の大気中濃度の年平均値と全国平均値を図4, 図5, 図6に示す。

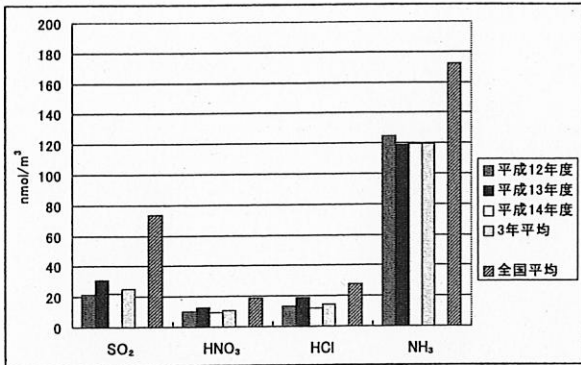


図4 ガス状物質濃度の経年変化

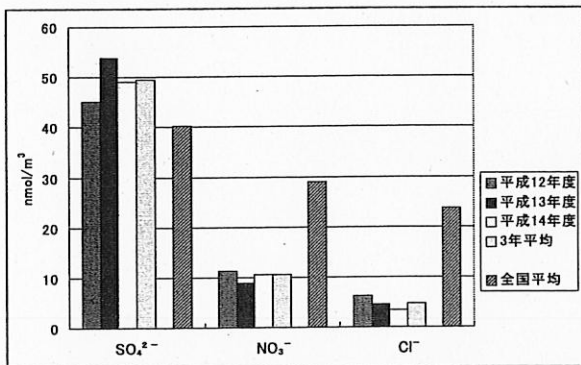


図5 粒子状物質濃度の経年変化(1)

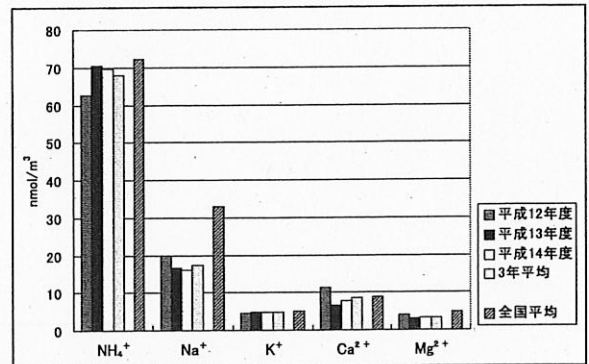


図6 粒子状物質濃度の経年変化(2)

表1 ガス状物質の大気中濃度 (n mol/m³)

	平成12年度	平成13年度	平成14年度	3年平均	全国平均	全国平均に対する割合(%)
SO ₂	21.2	30.9	21.7	25.1	73.4	34.2
HNO ₃	10.2	12.3	9.7	10.7	18.7	57.2
HCl	12.9	18.9	11.8	14.6	27.5	53.1
NH ₃	124.4	118.6	119.7	119.7	172.3	69.5

表2 粒子状物質の大気中濃度 (n mol/m³)

	平成12年度	平成13年度	平成14年度	3年平均	全国平均	全国平均に対する割合(%)
SO ₄ ²⁻	45.1	53.8	49.1	49.4	40.2	122.9
NO ₃ ⁻	11.2	8.9	10.5	10.5	29.0	36.2
Cl ⁻	6.2	4.5	3.3	4.7	23.7	19.8
NH ₄ ⁺	62.6	70.4	69.8	68.0	72.2	94.2
Na ⁺	19.8	16.5	16.1	17.3	32.9	52.6
K ⁺	4.5	4.9	4.8	4.7	5.1	92.2
Ca ²⁺	11.3	6.5	7.9	8.5	8.7	97.7
Mg ²⁺	3.9	2.9	3.2	3.3	4.8	68.8

ガス状物質濃度では、4成分とも年平均値はほぼ横ばいで、3年平均値はいずれも全国平均値³⁾を下回った。各成分の3年平均値と全国平均値に対する割合は、表1のとおりで、全国平均値に比べSO₂濃度の割合が低く、NH₃濃度が比較的高い結果となった。

次に、粒子状物質濃度では、8成分とも年平均値に大きな変化はなかった。各成分濃度の3年平均値と全国平均値に対する割合は、表2のとおりで、SO₄²⁻、NH₄⁺、K⁺およびCa²⁺濃度は全国平均並、Na⁺とMg²⁺濃度は低く、NO₃⁻とCl⁻濃度はさらに低い割合であった。

3. 1. 3 測定項目間の相関

ガス状物質間の相関を表3に示す。HClとHNO₃の間の相関が、 $r=0.4902$ ($n=35$) と高かった。気温との相関は、NH₃が $r=0.5730$ ($n=35$)、HNO₃が $r=0.4212$ ($n=35$) と高かったことから、前に述べたように、これらが気温の影響を大きく受けていたことがうかがえる。

粒子状物質成分間の相関を表4に示す。NH₄⁺とnss-SO₄²⁻ (Na⁺をすべて海塩由来として算出) 間に $r=0.9317$ ($n=35$) の高い相関があった。

Na⁺は、K⁺、Mg²⁺との間に、それぞれ $r=0.4485$ 、 0.5825 (いずれも $n=35$) の高い相関があった。

NO₃⁻は、Ca²⁺との間に $r=0.7729$ ($n=35$) の相関があり、黄砂の影響が多い時期にNO₃⁻が多くなっ

ていた。また、Mg²⁺とも、 $r=0.6892$ ($n=35$) と相関が高かった。

ガス状物質と粒子状物質の相関を表5に示す。HNO₃とnss-SO₄²⁻およびNH₄⁺との間に、高い相関($r=0.7955$, 0.6812 , $n=35$)があった。

3. 2 乾性沈着量の試算

乾性沈着は、湿性沈着に比べると測定方法や評価方法が複雑なため、沈着量の見積もりについてもさまざまな考え方で取り組まれてきた。

現在、乾性沈着の定常的観測は、主として間接法である濃度法という考え方に基づいている。この方法は、沈着物質の大気中濃度Cを実測し、沈着速度Vdを別の何らかの方法で測定あるいは推定

表3 ガス状物質の相関

単相関	SO ₂	HNO ₃	HCl	NH ₃	気温
SO ₂	1.0000				
HNO ₃	0.1467	1.0000			
HCl	0.3105	**0.4902	1.0000		
NH ₃	-0.1850	*0.3504	0.0857	1.0000	
気温	-0.2261	*0.4212	0.1152	**0.5703	1.0000

表4 粒子状物質の相関

単相関	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	気温
SO ₄ ²⁻	1.0000									
nss-SO ₄ ²⁻	**0.9998	1.0000								
NO ₃ ⁻	-0.0537	-0.0599	1.0000							
Cl ⁻	*-0.3421	*-0.3450	**0.4903	1.0000						
NH ₄ ⁺	**0.9292	**0.9317	-0.1700	*-0.4144	1.0000					
Na ⁺	0.3127	0.2942	0.2948	0.0418	0.1590	1.0000				
K ⁺	**0.5084	**0.5023	*0.4219	0.0115	0.2936	**0.4485	1.0000			
Ca ²⁺	0.1573	0.1500	**0.7729	0.1678	-0.0080	*0.4088	**0.5779	1.0000		
Mg ²⁺	0.2842	0.2742	**0.6892	0.1056	0.0903	**0.5825	**0.5134	**0.9135	1.0000	
気温	0.3401	0.3396	**0.5995	*-0.3558	*0.3594	-0.1147	-0.1538	*-0.4049	-0.2846	1.0000

表5 ガス状物質と粒子状物質の相関

単相関	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
SO ₂	0.3115	0.3153	0.0951	-0.0098	0.3063	-0.1004	-0.0518	0.0848	0.1718
HNO ₃	**0.7933	**0.7955	-0.1595	-0.1925	**0.6812	0.1343	**0.5745	0.1410	0.1458
HCl	*0.4241	*0.4203	0.1003	0.1426	0.2868	0.3103	*0.3803	0.1740	0.2431
NH ₃	0.3024	0.3006	-0.1479	*-0.3392	0.2443	0.1858	0.1739	0.1417	0.1977

無相関の検定 * : 5% ** : 1%

してその積 (F = C × Vd) で沈着量を推定する。

濃度法の代表的なものにインファレンシャル法があり、これは乾性沈着プロセスを比較的簡単なモデルで表現したもので、今後この方法が主流になると考えられている。³⁾

全環研第3次調査報告書では、乾性沈着量の推定法に、最初の段階として多くの論文より日本に適したVdの範囲を選出し、各測定地点共通の日本に適した沈着速度(範囲)を用いている(表6)。これにより、平成11~13年度の3年間平均値がそれぞれ試算されている。³⁾ 今回、平成12~14年度の香北町における乾性沈着量(3年間平均値)を、同様の方法で試算したので、その結果を図7に示す。

年間の乾性沈着量の最小値と最大値については、SO₂の沈着量は0.8~20.6mmol/m²/year(以下mmol/m²/yearを省略)、HNO₃2.6~19.6、HCl8.7~14.7、NH₃22.6~45.3、SO₄²⁻1.6~15.0、NO₃⁻0.3~1.7であり、最大値だけで比較すればNH₃がもっとも多く、NO₃⁻がもっとも少なくNH₃>SO₂>HNO₃>

表6 ガスおよび粒子の沈着速度の範囲(単位cm/s)

	ガ ス				粒 子	
	SO ₂	HNO ₃	HCl	NH ₃	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
最小値	0.1	0.77	1.9	0.6	0.1	0.1
最大値	2.6	5.8	3.2	1.2	0.96	0.5

表7 針葉樹(スギ)に対するガスおよび粒子の平均沈着速度(単位cm/s)

	ガ ス				粒 子	
	SO ₂	HNO ₃	HCl	NH ₃	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
暖候季	1.1	1.7	1.9	1.1	0.15	0.15
寒候季	0.61	2.8	3.2	0.85	0.26	0.26

表8 月平均濃度から推定した針葉樹(スギ)に対する乾性沈着量(単位:暖・寒候季mmol/m²/0.5year、通年:mmol/m²/year)

	SO ₂			HNO ₃			HCl		
	暖候季	寒候季	通年	暖候季	寒候季	通年	暖候季	寒候季	通年
平成12年度	3.4	2.2	5.6	3.4	3.3	6.7	4.5	5.1	9.7
平成13年度	5.4	3.0	8.4	4.2	4.0	8.2	6.6	8.0	14.6
平成14年度	3.1	2.4	5.5	3.4	3.1	6.5	3.8	5.5	9.3
3年間平均値	4.0	2.6	6.5	3.6	3.5	7.1	5.0	6.2	11.2
全国平均	13.0	7.9	20.8	7.8	5.4	13.0	11.2	12.5	23.1

	NH ₃			SO ₄ ²⁻			NO ₃ ⁻		
	暖候季	寒候季	通年	暖候季	寒候季	通年	暖候季	寒候季	通年
平成12年度	22.0	16.3	38.3	1.0	1.9	2.9	0.2	0.6	0.8
平成13年度	24.2	13.1	37.3	1.6	1.7	3.3	0.2	0.4	0.6
平成14年度	23.0	14.3	37.3	1.3	1.8	3.1	0.2	0.5	0.7
3年間平均値	23.1	14.6	37.6	1.3	1.8	3.1	0.2	0.5	0.7
全国平均	35.1	20.9	56.3	1.2	1.7	2.7	0.7	1.4	2.2

SO₄²⁻>HCl>NO₃⁻の順であった。また、全国平均と比較して、SO₄²⁻がやや高値であったが他は低かった。

次に、森林に対する乾性沈着量(3年間平均値)も同様に、全環研で用いた針葉樹(スギ)に対するガスおよび粒子の平均沈着速度(表7)³⁾から試算したので、その結果を表8に示す。

SO₂(暖候季:4.0, 寒候季:2.6 mmol/m²/0.5year)(以下暖候季, 寒候季, mmol/m²/0.5yearを略), HNO₃(3.6, 3.5), NH₃(23.1, 14.6)の沈着量は暖>寒であり、HCl(5.0, 6.2), SO₄²⁻(1.3, 1.8), NO₃⁻(0.2, 0.5)の沈着量は逆の寒>暖であった。これは、全環研の報告書と同じ結果であり、経年変化は、平成13年度のSO₂, HNO₃, HClがやや高い値を示しているが、他の項目については特異な傾向は見られなかった。

3.3 湿性沈着量との比較

最後に、前項で述べた乾性沈着量の試算と湿性沈着量の比較を行なった。

平成12~14年度の月毎の観測降水量と、降水中

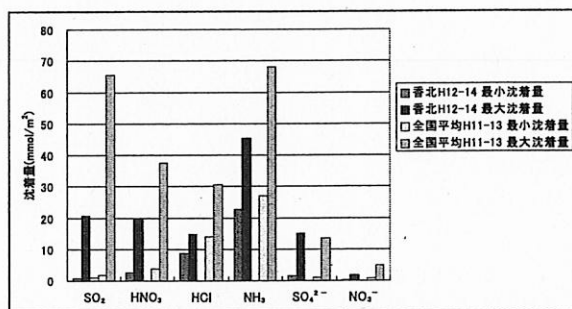


図7 年平均濃度から推定した乾性沈着量の範囲(3年間平均値)

の $nss-SO_4^{2-}$ および NO_3^- 濃度から月間湿性沈着量を算出した。

これに対応する月間乾性沈着量として、月毎の総 SO_4^{2-} ($SO_2+nss-SO_4^{2-}$) および総 NO_3^- ($HNO_3+NO_3^-$) 並びに沈着速度の最小値、最大値から月間乾性沈着量を試算した。

3. 3. 1 乾性総 SO_4^{2-} と湿性 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量

経月変化を図8に示す。月間乾性沈着量をVd最大値で算出した場合、降水量の多い月は湿性沈着量が多く、降水量が少ない月は逆に乾性沈着量が多い傾向にある。Vd最小値で算出した場合、すべて湿性沈着量の方が多かった。

年間沈着量を表9に示す。どの年度もVd最大値では、乾性沈着の方がやや多かった。

環境省により平成10年度の第4次調査から始まった大気濃度モニタリング結果をもとに、乾性沈着量の評価が行なわれている。それによると、EANET国内局10地点を対象に、推定法(インファレンシャル法)を用いて SO_2 の乾性沈着量の推計を行なったところ、 $nss-SO_4^{2-}$ の湿性沈着量に対する SO_2 の乾性沈着量の割合は、本州にある全ての遠隔局および伊自良湖、蟠竜湖において概ね半分程度、また、これらの局よりも SO_2 濃度の低い利尻、小笠原、辺戸岬においては、それよりも小さな値となった、と報告されている。⁴⁾

香北町での年間湿性 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量に対する乾性 SO_2 沈着量の比較を表10に示す。その割合は、平成12年度2.4(Vd最小値)~62.4%(Vd最大値)(以下Vd最小値、Vd最大値を略)、平成13年度4.2~

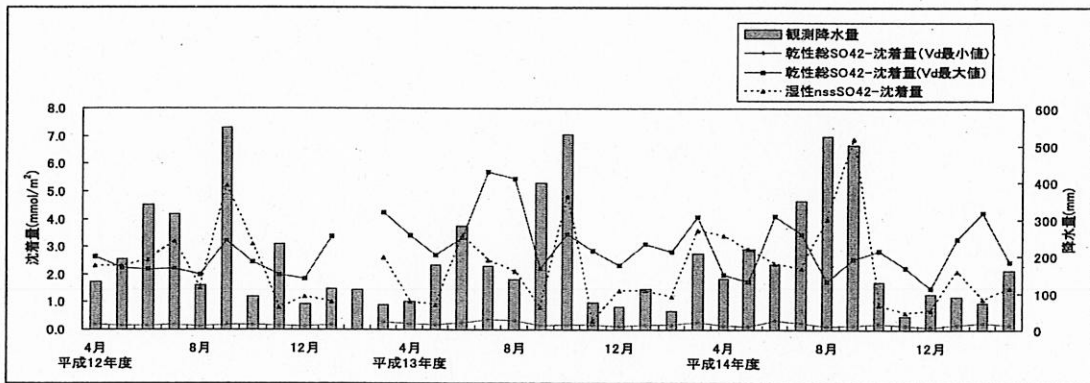


図8 乾性総 SO_4^{2-} と湿性 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量

表9 年間湿性 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量と年間乾性総 SO_4^{2-} 沈着量の比較(mmol/m²/year)

	湿性 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量	乾性総 SO_4^{2-} 沈着量			
		Vd最小値	湿性 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量に対する割合(%)	Vd最大値	湿性 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量に対する割合(%)
平成12年度	25.7	1.9	7.4	28.3	110.2
平成13年度	23.4	2.6	11.3	41.4	177.1
平成14年度	28.7	2.2	7.6	32.1	111.9
3年平均値	25.9	2.2	8.7	34.0	131.0

表10 年間湿性 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量と年間乾性 SO_2 沈着量の比較(mmol/m²/year)

	湿性 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量	乾性 SO_2 沈着量			
		Vd最小値	湿性 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量に対する割合(%)	Vd最大値	湿性 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量に対する割合(%)
平成12年度	25.7	0.62	2.4	16.04	62.4
平成13年度	23.4	0.98	4.2	25.44	108.7
平成14年度	28.7	0.68	2.4	17.60	61.3
3年平均値	25.9	0.76	2.9	19.70	76.0

108.7%, 平成14年度2.4~61.3%, 3年平均2.9~76.0%であった。

3.3.2 乾性総NO₃⁻と湿性NO₃⁻沈着量

経月変化を図9に示す。月間乾性沈着量をVd最大値でみた場合、湿性沈着量と同程度の月もあり、乾性総SO₄²⁻と湿性nss-SO₄²⁻沈着量ほどの開きはない。湿性NO₃⁻沈着量に対する乾性総NO₃⁻の比較を表11に示す。その割合は、平成12年度12.3 (Vd最小値) ~88.9% (Vd最大値) (以下Vd最小値, Vd最大値を略), 平成13年度19.7~144.0%, 平成14年度9.1~65.9%, 3年平均12.7~92.4%であった。

4. まとめ

(1) 平成12年度から平成14年度の香北町におけるフィルターパック法を用いた大気中濃度の年平均値は、ガス状物質ではほぼ横ばいであり、3年平均値はいずれも全国平均値を下回った。

各成分の3年平均値と全国平均値に対する割合は、SO₂濃度25.1nmol/m³, 34.2%, HNO₃濃度10.7nmol/m³, 57.2%, HCl濃度14.6nmol/m³, 53.1%, NH₃濃度119.7nmol/m³, 69.5%であり、全国平均値に比べSO₂濃度の割合は低く、NH₃濃度は比較的高かった。

(2) 粒子状物質では、8成分とも年平均値に大きな変化はなかった。各成分の3年平均値と全国平均値に対する割合は、SO₄²⁻濃度49.4nmol/m³, 122.9%, NO₃⁻濃度10.5nmol/m³, 36.2%, Cl⁻濃度4.7nmol/m³, 19.8%, NH₄⁺濃度68.0nmol/m³, 94.2%, Na⁺濃度17.3nmol/m³, 52.6%, K⁺濃度4.7nmol/m³, 92.2%, Ca²⁺濃度8.5nmol/m³, 97.7%, Mg²⁺濃度3.3nmol/m³, 68.8%であった。SO₄²⁻, NH₄⁺, K⁺およびCa²⁺濃度は全国平均並, Na⁺とMg²⁺濃度は低く, NO₃⁻とCl⁻濃度はさらに低い割合であった。

(3) 測定項目間の相関では、ガス状物質間ではHClとHNO₃, 気温とはNH₃およびHNO₃の相関が高かった。

粒子状物質間では、NH₄⁺とnss-SO₄²⁻の相関, Na⁺とK⁺およびMg²⁺との相関, NO₃⁻とCa²⁺およびMg²⁺との相関が高かった。

ガス状物質と粒子状物質間では、HNO₃とnss-SO₄²⁻およびNH₄⁺との相関が高かった。

(4) 既知のVdを用いた乾性沈着量(3年間平均値)の試算を行った。SO₂の沈着量は0.8 (Vd最小値) ~20.6 (Vd最大値) mmol/m²/year (以下Vd最小値, Vd最大値, mmol/m²/yearを省略), HNO₃2.6~19.6, HCl8.7~14.7, NH₃22.6~45.3, SO₄²⁻

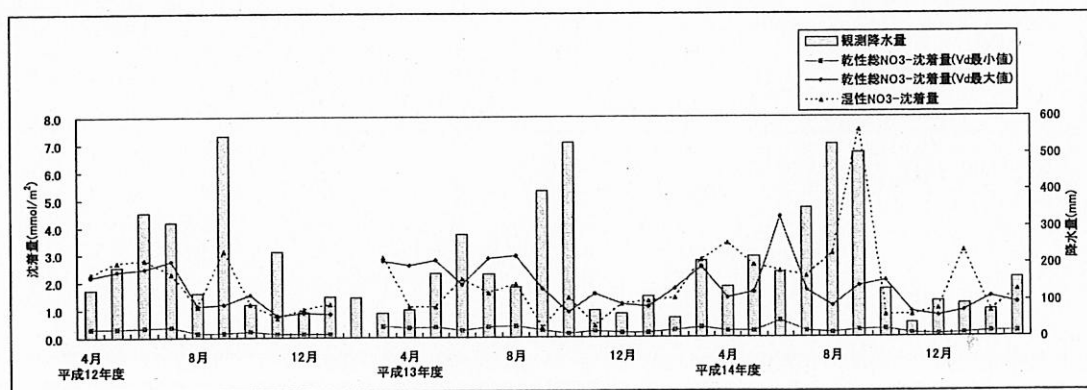


図9 乾性総NO₃⁻沈着量と湿性NO₃⁻沈着量

表11 年間湿性NO₃⁻沈着量と年間乾性総NO₃⁻沈着量の比較(mmol/m²/year)

	湿性NO ₃ ⁻ 沈着量	乾性総NO ₃ ⁻ 沈着量			
		Vd最小値	湿性NO ₃ ⁻ 沈着量に対する割合(%)	Vd最大値	湿性NO ₃ ⁻ 沈着量に対する割合(%)
平成12年度	21.3	2.6	12.3	18.9	88.9
平成13年度	16.6	3.3	19.7	23.9	144.0
平成14年度	29.4	2.7	9.1	19.4	65.9
3年平均値	22.4	2.9	12.7	20.7	92.4

1.6~15.0, NO_3^- 0.3~1.7であった。

- (5) 針葉樹（スギ）に対するVdの平均的な値を用いて、森林に対する乾性沈着量（3年間平均値）の試算を行った。SO₂（暖候季：4.0, 寒候季：2.6 mmol/m²/0.5year）（以下暖候季, 寒候季, mmol/m²/0.5yearを略）、HNO₃（3.6, 3.5）、NH₃（23.1, 14.6）の沈着量は暖>寒であり、HCl（5.0, 6.2）、SO₄²⁻（1.3, 1.8）、NO₃⁻（0.2, 0.5）の沈着量は逆の寒>暖であった。
- (6) 香北町での年間湿性nss-SO₄²⁻沈着量に対する年間乾性SO₂沈着量の割合は、平成12年度2.4（Vd最小値）~62.4%（Vd最大値）（以下Vd最小値, Vd最大値を略）、平成13年度4.2~108.7%、平成14年度2.4~61.3%、3年平均2.9~76.0%であった。
- (7) 年間湿性NO₃⁻沈着量に対する乾性総NO₃⁻沈着量の割合は、平成12年度12.3（Vd最小値）~88.9%（Vd最大値）（以下Vd最小値, Vd最大値を略）、

平成13年度19.7~144.0%、平成14年度9.1~65.9%、3年平均12.7~92.4%であった。

今後、平成15年9月より開始したパッシブ法（N式）で得られるデータの活用、あるいは他県ですすでに行なわれているように、気象データを用いた推計ファイルを利用して、乾性沈着量の推定範囲を縮小することを、次の課題とする。

文 献

- 1) 全国環境研究会誌事務局：全国環境研究会誌，27（2），22-44，2002
- 2) 全国環境研究会誌事務局：全国環境研究会誌，26（2），22-40，2001
- 3) 全国環境研究会誌事務局：全国環境研究会誌，28（3），26-51，2003
- 4) 酸性雨対策検討会：酸性雨対策調査総合取りまとめ報告書，56-57，2004

高知県における揮発性有機化合物の測定結果

山下 浩・三宅教資

1. はじめに

環境大気中の濃度が低濃度であっても、長期間暴露された場合には人の健康を損なうおそれがある物質で大気の汚染の原因となるものを有害大気汚染物質という。

平成8年度の大気汚染防止法改正により、地方公共団体は大気汚染の状況を調査することとなった。高知県では、平成9年度に優先取組物質の対象となっている有害大気汚染物質のモニタリング調査を開始した。

今回、モニタリング調査の中で揮発性有機化合物(VOC)の9物質について、平成10年度から15年度までの測定結果をまとめたので報告する。

2. 測定方法

2.1 測定物質

塩化ビニルモノマー、1,3-ブタジエン、ジクロロメタン、アクリロニトリル、クロロホルム、1,2-ジクロロエタン、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン

2.2 測定地点及び測定期間

測定地点は一般環境大気測定局として、高幡保健所局、伊野合同庁舎局、東部保健所局の3地点で毎月1回測定した。以下、高幡保健所局を「須崎」、伊野合同庁舎局を「伊野」、東部保健所局を「安芸」として表示する。

表1 測定局所在地

測定局名	所在地
高幡保健所局	須崎市東古市町6-26
伊野合同庁舎局	吾川郡伊野町1381
東部保健所局	安芸市矢ノ丸1-4-36

2.3 測定方法

有害大気汚染物質測定方法マニュアルに基づき、容器採取・ガスクロマトグラフ質量分析法を用いて測定した。

サンプリングは減圧された容器を使用し24時間採取した。採取された試料を加圧希釈後、低温濃縮し、選択イオン検出法(SIM)によりGC-MSで定量した。

試料濃縮装置	Tekmar	AUTOCAN
ガスクロマトグラフ	HP	HP6890
分析カラム	GL Sciences	AQUATIC
		60m×0.25mm
質量分析装置	日本電子	AMII50

3. 測定結果

3.1 環境基準値及び指針値の達成状況

平成8年度にベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、平成13年度にジクロロメタンの4物質について、環境基準値が定められた。

平成15年度には優先取組物質のうち、VOCでは塩化ビニルモノマー、アクリロニトリルに指針値が設定された。指針値とは、環境目標値の一つとして、環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値である。

表2 環境基準値及び指針値

	物質名	年平均濃度
環境基準値	ベンゼン	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	トリクロロエチレン	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	テトラクロロエチレン	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	ジクロロメタン	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
指針値	塩化ビニルモノマー	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	アクリロニトリル	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

表3-1, 2, 3に地点別年平均値を示す。

ベンゼンは平成10年12月の須崎 $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 及び伊野 $3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、並びに平成11年1月の伊野 $3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と環境基準の値より高い値であったが、3

地点の各年度とも環境基準を達成していた。

その他には、環境基準値及び指針値を超過した物質はなく、いずれも基準値等を大きく下回っていた。

表3-1 須崎の各物質の年平均値

単位 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	H10年度	H11年度	H12年度	H13年度	H14年度	H15年度
塩化ビニルモノマー	0.021	0.024	0.016	0.018	0.017	0.038
1,3-ブタジエン	0.19	0.15	0.14	0.16	0.11	0.12
ジクロロメタン	0.28	0.31	0.30	0.28	0.28	0.29
アクリロニトリル	0.017	0.016	0.021	0.019	0.019	0.028
クロロホルム	0.26	0.18	0.10	0.12	0.13	0.12
1,2-ジクロロエタン	0.11	0.052	0.024	0.045	0.039	0.071
ベンゼン	2.2	1.6	1.3	1.6	1.4	1.2
トリクロロエチレン	0.066	0.025	0.035	0.029	0.026	0.059
テトラクロロエチレン	0.51	0.13	0.078	0.18	0.22	0.23

表3-2 伊野の各物質の年平均値

単位 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	H10年度	H11年度	H12年度	H13年度	H14年度	H15年度
塩化ビニルモノマー	0.024	0.031	0.022	0.015	0.019	0.042
1,3-ブタジエン	0.19	0.15	0.14	0.16	0.12	0.13
ジクロロメタン	0.35	0.35	0.40	0.34	0.31	0.40
アクリロニトリル	0.021	0.015	0.025	0.026	0.024	0.029
クロロホルム	0.23	0.16	0.13	0.13	0.12	0.17
1,2-ジクロロエタン	0.11	0.052	0.021	0.040	0.043	0.075
ベンゼン	2.4	1.7	1.4	1.6	1.4	1.3
トリクロロエチレン	0.071	0.025	0.043	0.024	0.024	0.056
テトラクロロエチレン	0.15	0.083	0.077	0.078	0.066	0.086

表3-2 安芸の各物質の年平均値

単位 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	H10年度	H11年度	H12年度	H13年度	H14年度	H15年度
塩化ビニルモノマー	0.017	0.0097	0.016	0.013	0.016	0.031
1,3-ブタジエン	0.11	0.087	0.076	0.079	0.072	0.097
ジクロロメタン	0.30	0.34	0.31	0.32	0.29	0.32
アクリロニトリル	0.016	0.0096	0.015	0.019	0.010	0.018
クロロホルム	0.20	0.14	0.099	0.14	0.087	0.13
1,2-ジクロロエタン	0.10	0.055	0.025	0.050	0.041	0.080
ベンゼン	1.4	1.2	0.93	1.2	1.1	1.0
トリクロロエチレン	0.15	0.020	0.027	0.022	0.020	0.056
テトラクロロエチレン	0.19	0.030	0.042	0.058	0.037	0.068

3. 2 全国平均との比較

図1に各地点の平成10年度～15年度の年平均値及び平成10年度～14年度の年平均値の全国平均値及び最小値を示す。

塩化ビニルモノマー，ジクロロメタン，アクリロニトリル，トリクロロエチレンでは各地点とも全国平均を大きく下回り，全国最小に近かった。

1,3-ブタジエン，クロロホルム，1,2-ジクロロエタン，ベンゼンでは各地点とも全国平均と全国最小の中間程度であった。

テトラクロロエチレンは，須崎が全国平均と全国最小の中間程度，伊野及び安芸は全国最小に近かった。

3. 3 各測定局の年平均比較

1,3-ブタジエン，ベンゼンは安芸が他局より低く，テトラクロロエチレンは，須崎が他局より高かった。

その他の物質では，明確な濃度差は見られなかった。

3. 4 経年変化

塩化ビニルモノマー，1,3-ブタジエン，ジクロロメタン，アクリロニトリル，トリクロロエチレンは，各地点とも横這い傾向であった。

クロロホルムは，減少した後横這い傾向であった。

1,2-ジクロロエタンは，減少した後増加傾向で

あった。

ベンゼンは，須崎と伊野が減少傾向，安芸が緩やかな減少傾向であった。

テトラクロロエチレンは，須崎が減少した後増加傾向，伊野と安芸が横這い傾向であった。

3. 5 月変動

図2に各地点における平成10年度～15年度の月平均値，表4に地点別月平均値を示す。

塩化ビニルモノマーは，夏期に低く，冬期に高かった。

1,3-ブタジエンは，冬期前後において高くなっていた。

ジクロロメタンは，8月に濃度低下が見られた。

アクリロニトリル，クロロホルムには，明確な傾向は見られなかった。

1,2-ジクロロエタンは，春期に高くなっていた。

ベンゼンは，夏期に低く，冬期に高かった。

トリクロロエチレンについて，安芸の1月が突出して高くなっているのは，平成10年に非常に高くなっているためであり，その値を除いた5年間での平均値は， $0.061 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となり他局とほぼ同じになる。各地点と月による変動は見られなかった。

テトラクロロエチレンは，伊野，安芸では月の変動が少なかった。須崎では月による変動が見られた。

表4 地点別月平均値

単位 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
塩化ビニルモノマー	須崎	0.022	0.027	0.0077	0.0084	0.012	0.011	0.0069	0.031	0.037	0.038	0.048	0.020
	伊野	0.040	0.042	0.0076	0.010	0.0076	0.0074	0.0077	0.026	0.046	0.039	0.053	0.020
	安芸	0.14	0.086	0.17	0.15	0.087	0.049	0.11	0.12	0.11	0.11	0.094	0.12
1,3-ブタジエン	須崎	0.12	0.12	0.099	0.059	0.075	0.10	0.13	0.18	0.27	0.23	0.17	0.19
	伊野	0.079	0.12	0.11	0.085	0.084	0.091	0.14	0.18	0.29	0.25	0.19	0.16
	安芸	0.072	0.069	0.064	0.060	0.049	0.052	0.061	0.12	0.13	0.12	0.15	0.10
ジクロロメタン	須崎	0.37	0.32	0.29	0.30	0.15	0.32	0.23	0.29	0.31	0.29	0.31	0.32
	伊野	0.41	0.38	0.37	0.30	0.20	0.39	0.32	0.44	0.36	0.31	0.45	0.38
	安芸	0.30	0.36	0.34	0.40	0.25	0.35	0.33	0.37	0.25	0.25	0.29	0.29
アクリロニトリル	須崎	0.020	0.018	0.014	0.013	0.019	0.026	0.012	0.012	0.023	0.028	0.030	0.025
	伊野	0.030	0.018	0.015	0.028	0.019	0.020	0.0096	0.014	0.025	0.026	0.044	0.031
	安芸	0.012	0.018	0.012	0.012	0.018	0.011	0.013	0.011	0.017	0.026	0.016	0.0084
クロロホルム	須崎	0.18	0.17	0.16	0.21	0.13	0.17	0.15	0.14	0.21	0.11	0.092	0.11
	伊野	0.20	0.16	0.18	0.15	0.14	0.18	0.17	0.17	0.17	0.13	0.13	0.12
	安芸	0.18	0.16	0.16	0.16	0.11	0.15	0.11	0.14	0.12	0.087	0.11	0.10
1,2-ジクロロエタン	須崎	0.095	0.089	0.062	0.039	0.033	0.063	0.036	0.058	0.054	0.035	0.066	0.046
	伊野	0.090	0.10	0.063	0.038	0.028	0.051	0.040	0.052	0.063	0.033	0.060	0.050
	安芸	0.068	0.12	0.082	0.063	0.029	0.062	0.049	0.048	0.052	0.046	0.037	0.044
ベンゼン	須崎	1.7	1.3	1.2	1.1	0.95	1.2	1.4	1.6	2.2	2.1	1.8	2.1
	伊野	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.4	1.5	1.7	2.5	2.1	2.0	1.9
	安芸	1.2	1.0	0.99	0.97	0.60	0.78	0.97	1.3	1.5	1.4	1.6	1.4
トリクロロエチレン	須崎	0.040	0.020	0.034	0.046	0.028	0.042	0.031	0.045	0.043	0.073	0.049	0.027
	伊野	0.047	0.018	0.033	0.035	0.038	0.035	0.034	0.050	0.045	0.065	0.060	0.026
	安芸	0.040	0.068	0.030	0.029	0.014	0.040	0.038	0.047	0.034	0.19	0.046	0.026
テトラクロロエチレン	須崎	0.48	0.25	0.12	0.26	0.068	0.12	0.14	0.33	0.21	0.38	0.21	0.14
	伊野	0.10	0.14	0.11	0.068	0.084	0.10	0.064	0.099	0.095	0.056	0.099	0.061
	安芸	0.15	0.088	0.074	0.074	0.032	0.087	0.055	0.081	0.061	0.047	0.060	0.044

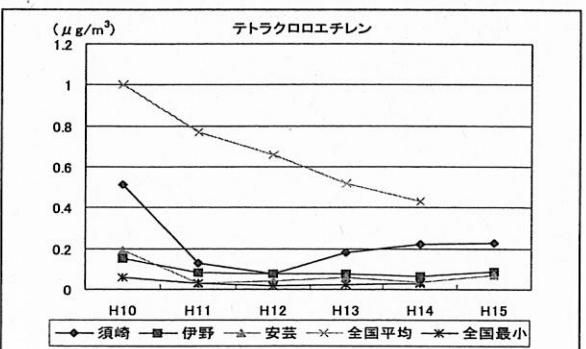
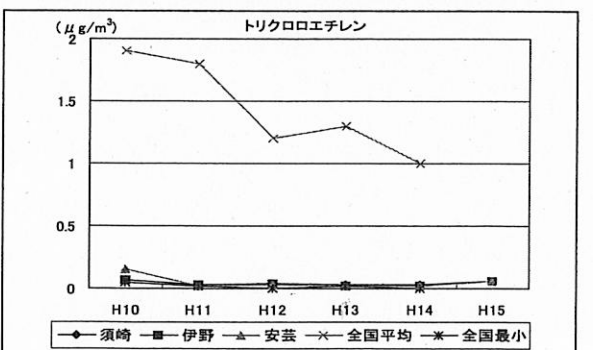
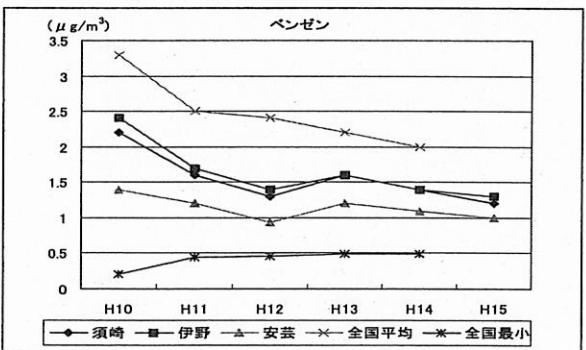
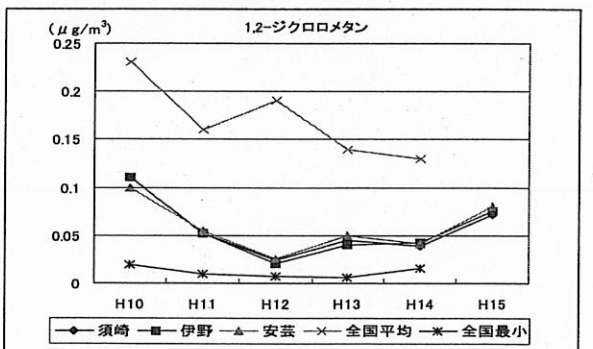
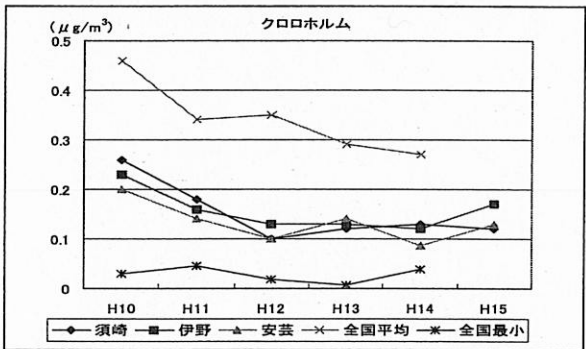
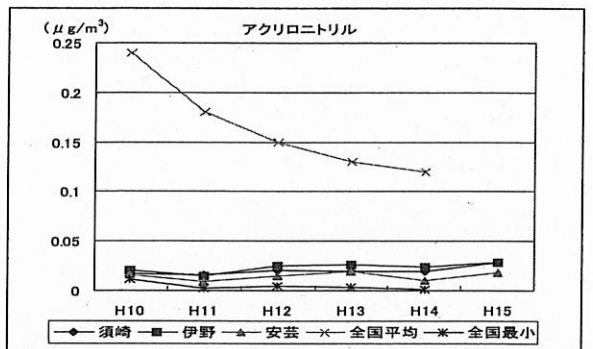
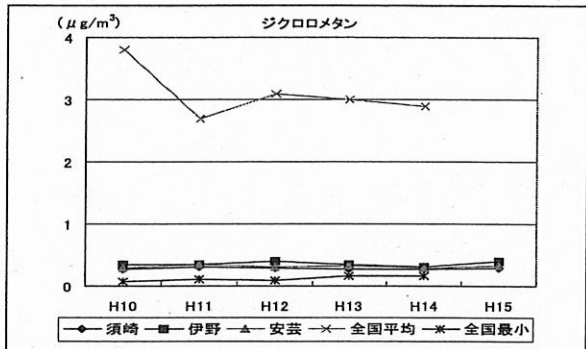
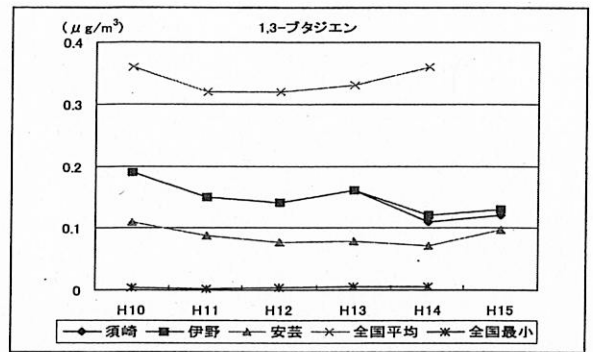
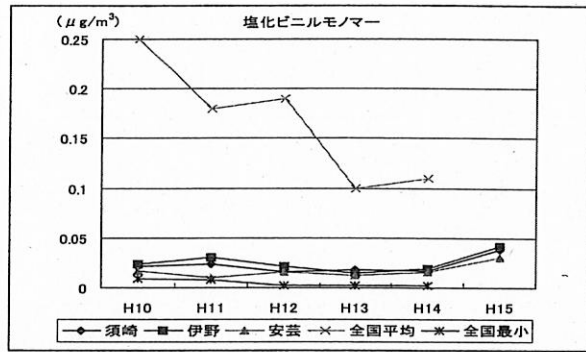


図1 各地点及び全国の年平均値と全国最小値

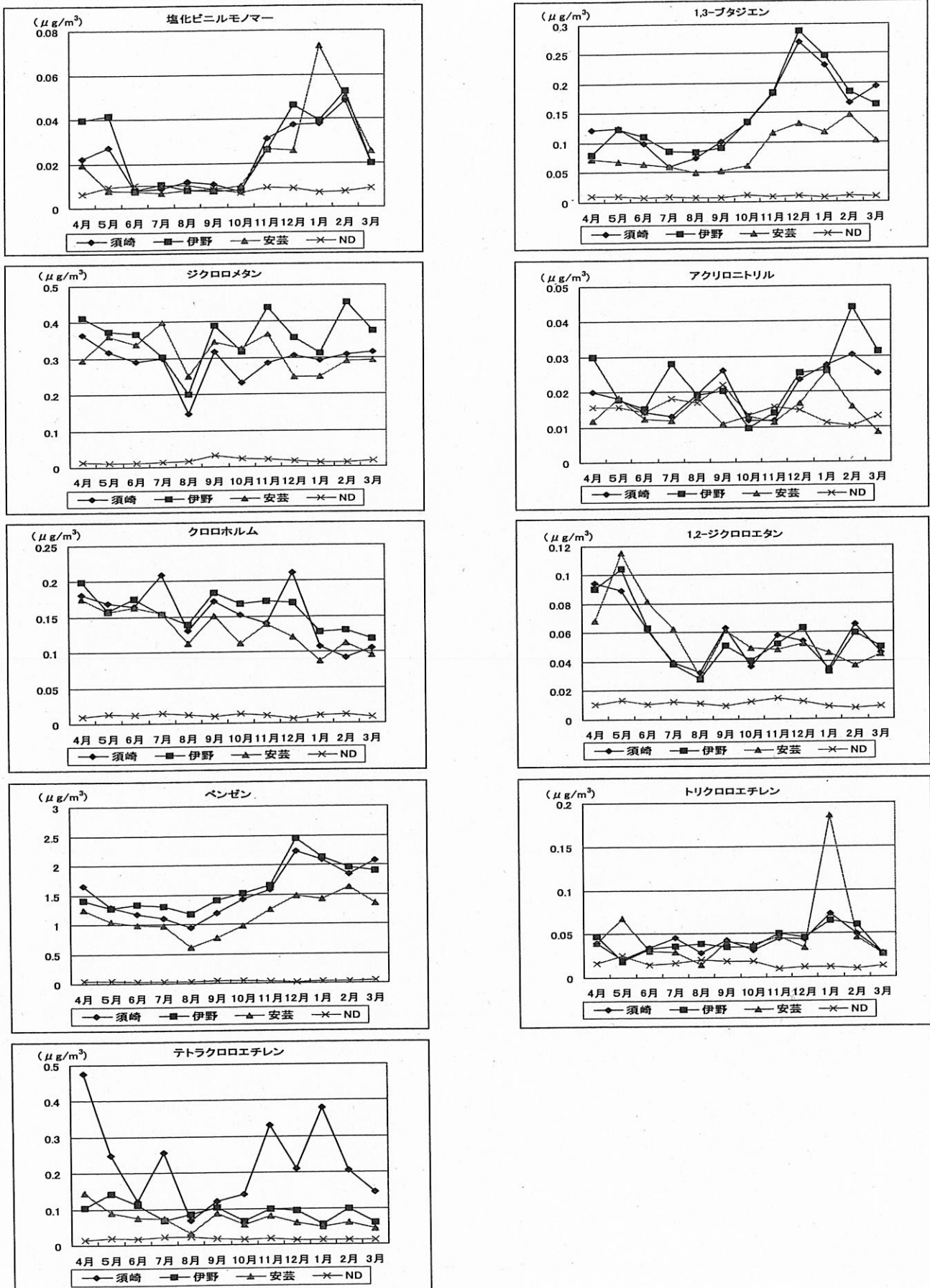


図2 各地点の月平均値及び検出下限値

土佐市長池川の汚濁負荷量の推定

— SS・BODを指標として —

白木恭一・門田治幸*

*平成15年度末退職

1. はじめに

土佐市は県中央部に位置し、市の東端を四国第三の河川である仁淀川が流れ、その豊かな水を利用して製紙産業が盛んな街である（図1、図2）。

今回調査対象とした長池川は、土佐市の市街地東部を北から南に流れる流路延長約1km、流域面積1.77km²の環境基準類型未指定の小河川で、波介川、仁淀川を經由して土佐湾に注いでいる。流域内には製紙工場が多く、その排水は市街地および住宅地からの生活排水とあいまって河川の汚濁原因となっている。川は白濁しており、川底や側面には製紙かすなどが付着しており、見た目にもよごれていると感じられる。

長池川の過去10年の水質¹⁾の変化をみると（図3）、SSは6～41mg/L（平均24mg/L）、BODは10～27mg/L（平均16mg/L）の間で増減しており、水質が良くなっているようには見えない。

土佐市には現在下水道はなく、将来の具体的な計画もないので、今後も現在の状態が続くものと思われる。

今回、代表的な汚濁源であるSSとBODを指標として、過去の資料の利用や現在の水質等を調査し、

製紙排水と生活系排水の汚濁負荷量の推定を試みたので報告する。



図2 長池川とその周辺



図1 土佐市の位置

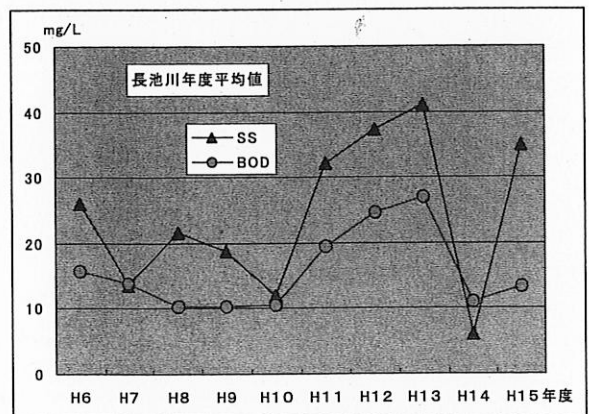


図3 長池川水質経年変化

2. 調査方法

2. 1 調査期間・調査地点・流域区分

調査は2003年5月から2004年1月にかけて3回実施した。調査地点は、長池川の上・中・下流に調査基準点を定め、必要に応じて地点を増やした。また広範囲調査として、2004年1月15日に基準点を含む11地点で補間調査を実施した(図4, 表1)。

なお、現地調査と住宅地図から流域を次のように細区分した。

長池川流入支川を生活排水路、地下排水路の2流域に区分し、長池川本川を、上流より地点1、

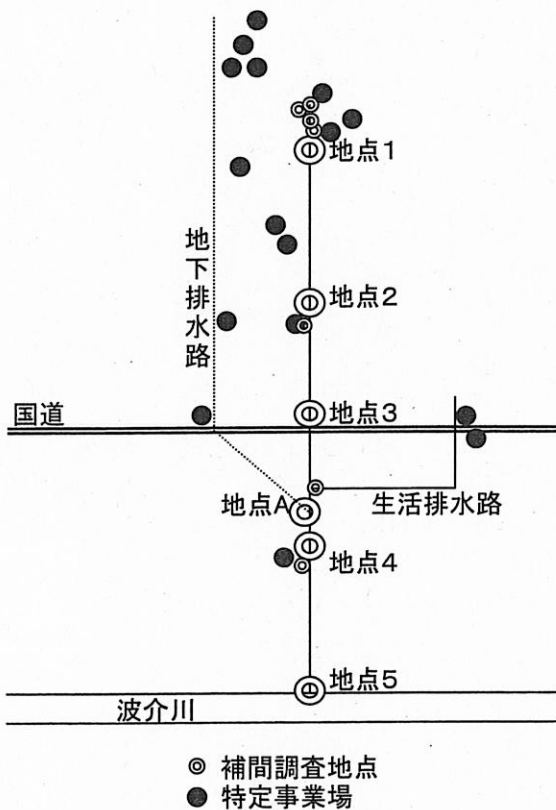


図4 概略測定地点

地点2, 地点3, 地点5に流入する4流域に区分した。

2. 2 試料採取・流量測定

採水はISCO社製3700型ポータブルサンプラーを使用し、第1回, 第2回調査は30分毎に採水し、2回分を1ボトル(1時間1ボトル)に採取した。第3回調査は1時間毎に採水し、2時間分を1ボトルに採取した。10時から翌日9時30分(第3回調査は9時)までを1日のサイクルとした。

回収した1日分のボトルは直ちに持ち帰り検査を行った。

SSは全ボトルを、BODは8~20時の偶数時ボトルと夜間の2~3時間おきのボトルを検査対象とした。

流量は、(株)東邦電探の小型電磁流速計(TK-105 X型)を使用し、ボトルの設置・回収に併せて各地点1日1回、9時~10時の間に流速を測定し、同時に測定した水深、川幅から計算して求めた。

3. 結果と考察

3. 1 既存基礎資料からの推測

長池川流域には一部農耕地はあるものの市街地が多くを占めているため、自然系の発生源は考慮せず、発生源を事業場系と生活系として流域の負荷量の推定をおこなった。

3. 1. 1 特定事業場

全事業場の把握は困難なため、水質汚濁防止法に基づく特定事業場のなかの届出排水量50m³以上の特定事業場を事業場系の負荷量とした。その他の小規模事業場の負荷量はあとに述べるように生活系の負荷量として考慮した。

表1 調査期間・調査地点

第1回	第2回	広域補間調査	第3回
2003/05/23 (金) ~25 (日)	2003/09/30 (火) ~10/02 (木)	2004/01/15 (木)	2004/01/23 (金) ~26 (月)
地点1 地点2 地点3 地点4 地点5	地点1 地点3 地点5	地点1 その他 地点2 5地点 地点3 地点A 地点4 地点5	地点1 地点3 地点A 地点5

届出排水量が50m³/日以上¹の事業場について、流域区分毎に概略を示す(表2)。

表2 長池川流域の事業場数とその排出水量

流域区分	事業場数	届出排水量(積算) (m ³ /H)
長池川本川	7 (1)	659 (3)
生活排水路	2 (2)	10 (10)
地下排水路	8 (3)	327 (10)
計	17 (6)	996 (23)

注) () 内は製紙以外

過去約7年間の水質汚濁防止法に基づく立ち入り調査結果の平均濃度と特定施設設置届に記載されている排水量から、各事業場の排出負荷量を計算し、それを流域毎に積算した(表3)。なお、これらの特定事業場全体の排水濃度はSS26mg/L、BOD20mg/Lと計算される。

表3 特定事業場計算負荷量

流域区分	SS負荷量 (Kg/日)	BOD負荷量 (Kg/日)	水量 (m ³ /H)
長池川本川	373	292	659
生活排水路	12	5	10
地下排水路	247	176	327
計	632	473	996
製紙工場	616	460	973
製紙以外	16	13	23

3. 1. 2 生活系排水

長池川流域には約2,900人が居住している。流域には小学校や中小の商店等があり、昼夜の人口の出入りも多く、正確な負荷量の推定は難しいため、以下の方法により概算の負荷量を求めた。

流域区分人口は、流域区分毎に住宅地図から戸数を拾い出し、長池川流域人口を比例配分した。なお、戸数の拾い出しに当たっては、マンションなどの集合住宅も一戸とした。

し尿を除く一日一人当たりの排出汚濁負荷量は、環境省の数値ではBOD30g/人/日²⁾であるが、商店等の小規模事業場の負荷量を加味考慮して、流域別下水道整備総合計画調査(指針と解説)(平成11年度版³⁾)と国立公害研究所研究報告⁴⁾の生活系排水の原単位を参考に、SS25g/人/日、BOD40g/人/日とした。

水道使用量は高知県統計書⁵⁾から土佐市高岡の一日一人使用水量を365リットルと計算した。

以上の数値から生活系の負荷量を求めた(表4)。

表4 生活系計算負荷量

流域区分	SS負荷量 (Kg/日)	BOD負荷量 (Kg/日)	水量 (m ³ /H)
長池川本川	21	33	13
生活排水路	27	43	16
地下排水路	25	40	15
計	73	116	44

3. 1. 3 既存資料からの推測負荷量

特定事業場と生活系の負荷量を合計した結果およびその結果から求めたSS、BOD濃度を示した(表5)。

これらは汚濁物質の沈降、吸着、分解、はく離などの過程は考慮せず単純計算した数値であるが、先に図3に示した水質結果とよい関連を示した。すなわち、長池川河口(地点5)の推測計算濃度SS28mg/L、BOD24mg/Lは、過去実測値(表1)の変動内にあり、やや高い濃度が観測されたH11年度からH13年度に近い濃度であった。

表5 長池川流域の推測計算負荷量

流域区分	SS負荷量 (Kg/日)	BOD負荷量 (Kg/日)	流量 (m ³ /H)	計算SS濃度 (mg/L)	計算BOD濃度 (mg/L)
長池川本川	397	325	672	24	20
生活排水路	39	48	26	63	77
地下排水路	272	216	342	33	26
計または平均	705	589	1,040	28	24

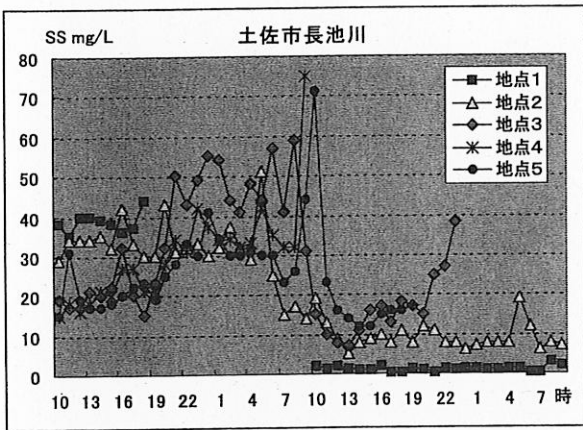
3. 2 実施調査結果

製紙工場は24時間操業を基本としているが、一工場を除き、ほとんどの工場は毎週または隔週の土曜、日曜に操業を停止している。

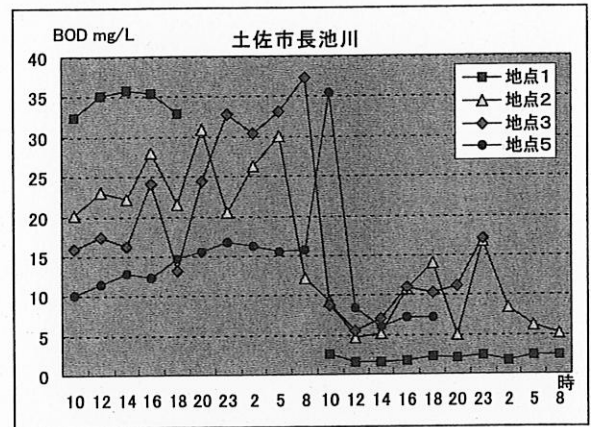
調査期間中のSS、BODの日変動グラフを示す(図5)。

第1回、第3回調査は土日にかかっているため、土曜早朝から月曜早朝にかけて、製紙工場による停止の影響がみられた。地点1は、工場停止時には極端に濃度が低く、生活系排水の影響はほとんどないと思われた。地点3から下流の地点では、地点2と地点3の間にある終日操業の一工場の影

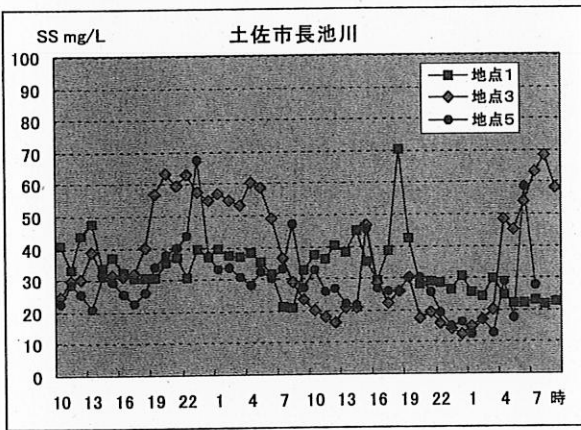
SS 2003年5月23日(金)~25日(日)



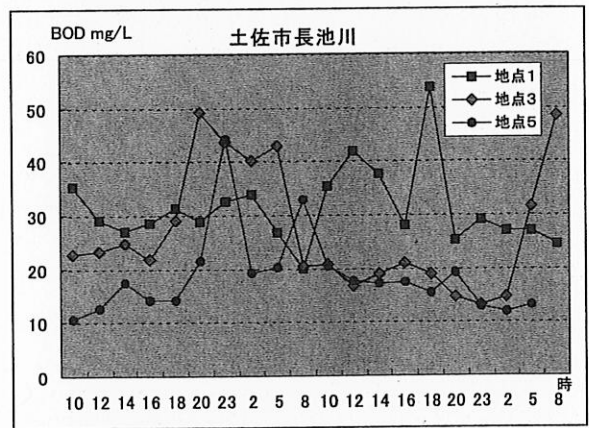
BOD 2003年5月23日(金)~25日(日)



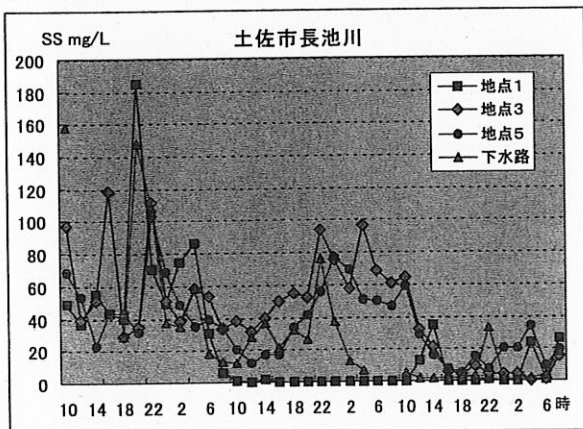
SS 9月30日(火)~10月2日(木)



BOD 9月30日(火)~10月2日(木)



SS 2004年1月23日(金)~1月26日(月)



BOD 2004年1月23日(金)~1月26日(月)

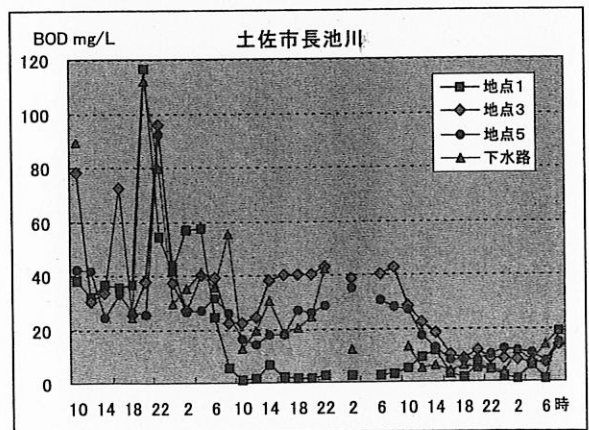


図5 水質濃度

響を受けるため、地点1のように極端には低くなっていないが、その他の工場の停止による影響で濃度の低下がみられた。

第2回調査では工場は終日操業していたため、極端な濃度低下はなく、一定の幅をもって変化していた。

これらのことから、停止時の水質は生活系（厳密には製紙排水以外）によるものと推測され、操

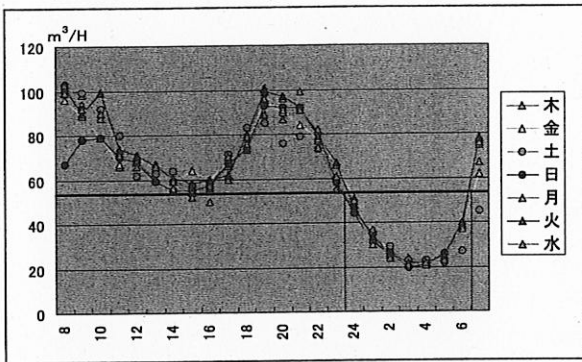


図6 1日の水道使用量変化

業時の負荷量から停止時の負荷量を差し引けば、工場の負荷量が推定出来ると考えられた。

3. 2. 1 操業・昼夜別の濃度

工場操業時と停止時の負荷量を算定するにあたり、事業場系を製紙工場の操業時と停止時に分けた。また、生活系を生活時と睡眠時に分けた。

製紙工場の操業・停止は工場への聞き取りと水質濃度変化から判断し、大多数の工場が操業を停止している土曜朝7時から月曜朝6時までを停止時間、その他の時間を操業時間とした。

生活系の時間区分は、水道使用量の日間変動傾向(図6)から、7時から23時(以後、昼間とする。)を生活系排水が排出される時間、24時から6時を排出のない時間(夜間とする。)とした。以上の2形態×2形態の4形態別の平均水質を(表6)に示した。

図5、表6および工場に対する知見から、ほぼ次のことがわかった。

表6 形態別濃度

単位：mg/L

第1回	操業	停止	操業	停止
SS	7-23時	7-23時	24-6時	24-6時
地点1	39	1		1
地点2	34	10	34	10
地点3	27	20	49	
地点4	24	46	35	
地点5	23	23	32	

第1回	操業	停止	操業	停止
BOD	7-23時	7-23時	24-6時	24-6時
地点1	34	2		2
地点2	24	9	28	7
地点3	20	13	32	
地点4				
地点5	13	13	16	

第2回	操業	停止	操業	停止
SS	7-23時	7-23時	24-6時	24-6時
地点1	34		31	
地点2				
地点3	35		43	
地点5	30		28	

第2回	操業	停止	操業	停止
BOD	7-23時	7-23時	24-6時	24-6時
地点1	32		29	
地点2				
地点3	25		32	
地点5	19		16	

第3回	操業	停止	操業	停止
SS	7-23時	7-23時	24-6時	24-6時
地点1	63	4	60	3
地点3	62	37	50	38
下水路	92	20	37	9
地点5	48	26	48	41

第3回	操業	停止	操業	停止
BOD	7-23時	7-23時	24-6時	24-6時
地点1	46	4	45	3
地点3	48	26	36	18
下水路	65	18	35	10
地点5	37	18	32	18

地点1：操業時ではSS, BODとも数mg/Lほど昼間が高い傾向がみられたが、居住人口は15人前後と推定されることから、この濃度差が生活系の汚濁を反映しているかどうかは判断し難い。第3回の停止時に昼間、夜間とも時々10mg/Lを超える高濃度が観測されており、そのため第3回の平均濃度が高くなっているが、それを除くとSS1mg/L, BOD2mg/Lであり、これは通常の河川水と同程度の濃度であった。

昼間12時、14時の高濃度は、製紙工場の停止により水量が極端に少なくなったため、生活排水の影響が出た可能性が考えられる。早朝4時の高濃度については原因が不明である。

地点1ではほぼ全てを製紙排水で占めていると考えられた。

地点2：第1回のみ調査である。昼夜の濃度差はほとんどなく、終日の平均濃度は、操業時でSS34mg/L, BOD26mg/L, 停止時でSS10mg/L, BOD8mg/Lであった。昼夜の差が認められなかったのは、早朝5時に高濃度の観測があり、そのため夜間の平均値が高くなったことによると考えられた。高濃度の原因としては、この時間に事業場排水が出た可能性があり、このデータを除くと昼間より夜間の濃度がやや低くなる。

生活排水もいくらか入っているものの、製紙排水の影響が大きい地点であると考えられた。

地点3：商業地域にあり、生活排水の影響が考えられる地点である。操業時を昼夜別にみると、SS, BODとも、第1回、第2回は夜間が高く、第3回は昼間が高くなっていた。停止時では、SSは昼夜の違いはみられないが、BODは昼間の濃度が高かった。

地下排水路：第3回のみ調査である。測定地点は、地下排水路から長池川への流入直後にあり、水深の半分近くまで水わたりの汚泥で埋まっている箇所が多い。

そのため、排水路からの流出水でなく、その地点の付着物をサンプリングして高めの測定結果になっている可能性がある。操業・停止時ともに昼間が高く、生活商業活動の影響も大きいと考えられた。

地点4：第1回のSSのみの調査である。停止時のデータが7～9時の3件で以後の観測がなく、9時の高濃度に引かれて、停止時の平均値が高くなっているため、停止時が高いとは判断できない。操業時の昼夜については夜間が高かった。

地点5：操業時の昼夜の差をみると、第1回は夜間が高く、第2回は昼間が高い。第3回はSSの昼夜差はないが、BODは昼間が高かった。

操業時と停止時の差は、SS, BODとも第1回ではなかったが、第3回では明らかに操業時が停止時より高かった。最下流地点であるためか、流域の様々の要因が重なり、一定の方向性を示す傾向は認められなかった。

水質調査地点5（公共用水域の測定地点とほぼ同一地点である。）の濃度は、SS平均34mg/L（各々23, 30, 40mg/L）、BOD平均23mg/L（各々13, 19, 37mg/L）であった。測定回による濃度のバラツキは大きく、流量の増減による影響が大きいと考えられた。調査別のSS, BOD濃度（表7）は、今回の実測結果ではやや高い傾向がみられるものの、測定回ごとのバラツキを考慮すると他の調査結果とほぼ同様な濃度であった。なお、比較は、公共用水域水質調査が行われる平日の昼間に合わせて、操業時・昼の数値を使用した。

表7 長池川最下流での水質の違い 単位：mg/L

調査別	SS	BOD
過去10年平均	24 (37)	16 (24)
推測計算	28	24
今回実測平均	34	23

注) () 内H11～13年度の平均

3. 2. 2 操業・昼夜別の負荷量

3. 2. 2. 1 流量と負荷量

測定流量を示す(表8-1)。なお、上流から下流までの流下時間は、各測定地点の流速から計算して、操業時で約1時間、停止時で約2時間と推測された。

形態別流量(表8-2)は以下により求めた。斜体の数字は、計算により求めた数値である。

昼間流量は操業、停止とも実測流量をそれぞれ平均して用いた。操業夜間流量は操業昼間流量(工場+生排) - 停止昼間流量(生排)とした。停止夜間流量は、本来は生活系の流量を除く必要があるが、水道使用量が全体に占める割合は、既存資料からの計算では5%に満たず、昼夜の水道使用量の差は全体への影響はさらに少ないと考え、夜間の減少量は考慮せずに、停止昼間流量で代用した。また、第一回調査の地点5の流量は翌日の地点3から地点5の増量分を当日の地点3の流量に加えた流量を用いた。

形態別の負荷量を示す(表9)。ただし、流量・濃度が測定出来てない部分は計算していない。

第1回の測定では、機器トラブル等で欠測が多

く、また測定流量が他の2回に比べ非常に多かったため、負荷量が多く計算され、長池川の平均的な負荷量を表わしていない可能性も考えられたが、測定流量をそのまま使用し負荷量を計算した。流量が多い原因については後に考察する。

第2回と3回の負荷量をチャート図で示した(図7-1)。第2回調査は終日操業のため、停止時の図はない。広域補間調査の負荷量図と既存資料からの推測負荷量チャート(図7-2)をあわせて示した。

第3回調査での地点1から5への下流に向けての流量増加量が他の調査回に比べて少ないが、この理由は、長池川の西に用水路があり、通常、この水路には豊富な流量があつて、水路から農業用水等に利用された水が長池川に流入しているが、この調査期間中は工事のために用水路への流入が遮断されていて、長池川への流入がなかったためと考えられた。

用水路の流量は水利権では6.8m³/sと設定されているが、通常は2.5~4.0m³/sと推測され、10,000m³/H前後の水量が流れていると考えられる。

表8-1 測定流量

流量(m ³ /H)	2003/05/23(金)	2003/05/24(土)	2003/05/25(日)	2003/09/30(火)	2003/10/01(水)	2003/10/02(木)	2004/01/23(金)	2004/01/24(土)	2004/01/25(日)	2004/01/26(月)
地点	09:00~10:00	09:00~11:00	08:50~09:30	10:00~10:55	09:05~10:00	09:10~09:51	10:10~11:45	09:10~10:30	09:10~10:25	09:10~09:51
地点1	572	57	29	245	229	177	348	48	15	368
地点2		341	201							
地点3	1872	1218	1037	1072	1023	1030	639	504	477	709
地点A							266	62	106	404
地点5		2918	2488	1995	2014	1640	1066	601	768	1174

表8-2 形態別流量

流量(m ³ /H)	2003/05/23(金)~25(日)			2003/09/30(火)~10/02(木)			2004/01/23(金)~26(月)			全体の平均			
	操業・昼間	停止・昼間	操業・夜間	操業・昼間	停止・昼間	操業・夜間	操業・昼間	停止・昼間	操業・夜間	操業・昼間	停止・昼間	操業・夜間	操業・夜間
地点1	572	43	529	217			358	32	327	382	37	428	
地点2		271										271	
地点3	1872	1128	745	1042			674	491	184	1196	809	464	
地点A							335	84	251	335	84	251	
地点5	3448	2703	745	1883			1120	685	436	2150	1694	590	

表9 形態別負荷量

第1回	操業	停止	操業	停止	操業日	停止日
SS	7-23時	7-23時	24-6時	24-6時	1日負荷量	1日負荷量
地点1	529	1		1		1
地点2		67		63		66
地点3	1219	553	876		1119	
地点5	1873	1522	577		1495	

第1回	操業	停止	操業	停止	操業日	停止日
BOD	7-23時	7-23時	24-6時	24-6時	1日負荷量	1日負荷量
地点1	471	2		2		2
地点2		60		47		56
地点3	921	364	565		817	
地点5	1102	862	283		864	

第2回	操業	停止	操業	停止	操業日	停止日
SS	7-23時	7-23時	24-6時	24-6時	1日負荷量	1日負荷量
地点1	179		161		174	
地点3	867		1067		926	
地点5	1357		1249		1326	

第2回	操業	停止	操業	停止	操業日	停止日
BOD	7-23時	7-23時	24-6時	24-6時	1日負荷量	1日負荷量
地点1	165		149		160	
地点3	636		807		686	
地点5	865		727		824	

第3回	操業	停止	操業	停止	操業日	停止日
SS	7-23時	7-23時	24-6時	24-6時	1日負荷量	1日負荷量
地点1	541	3	468	2	520	3
地点3	1001	437	340	449	808	440
地点A	741	39	223	18	590	33
地点5	1287	428	496	678	1056	501

第3回	操業	停止	操業	停止	操業日	停止日
BOD	7-23時	7-23時	24-6時	24-6時	1日負荷量	1日負荷量
地点1	395	3	352	2	383	3
地点3	779	309	242	214	623	282
地点A	520	36	212	19	430	31
地点5	1005	299	336	295	810	298

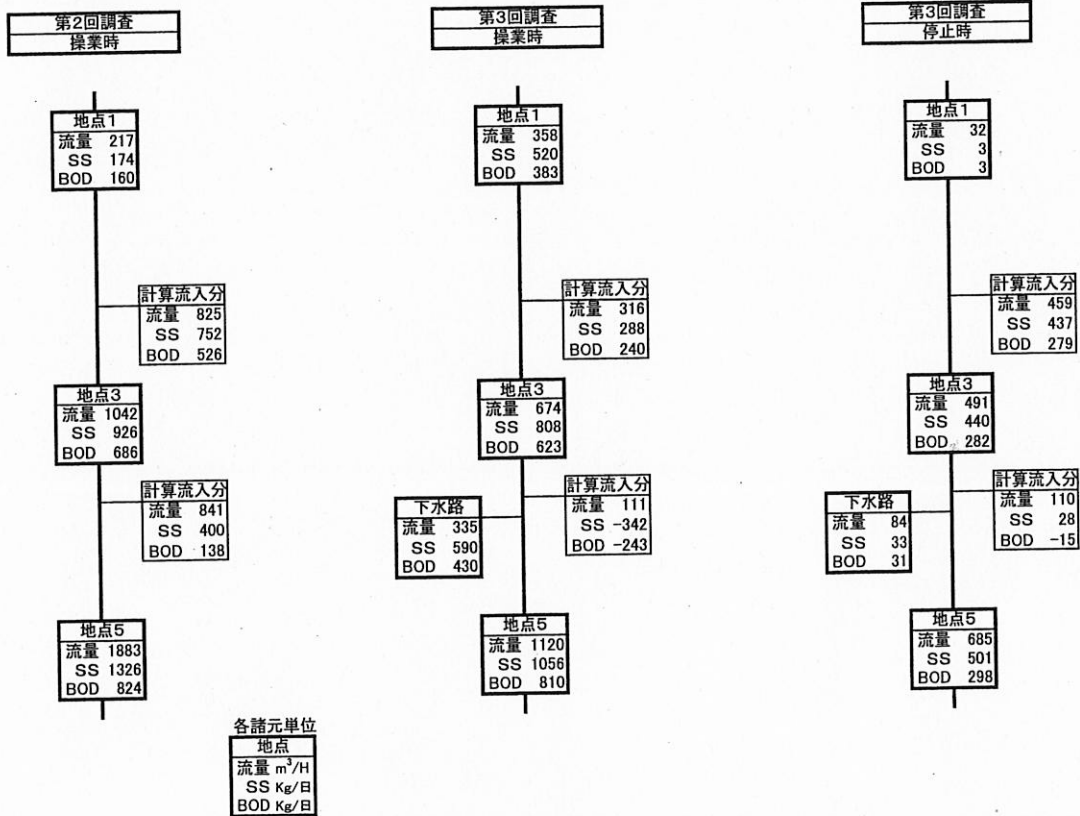


図7-1 負荷量図その1

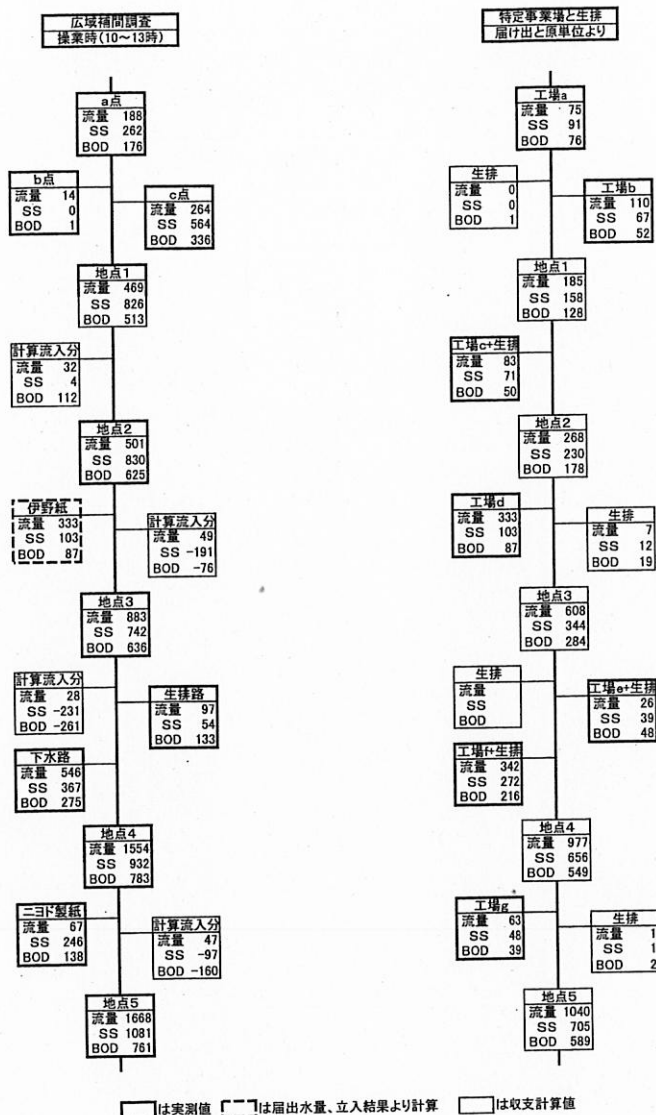


図7-2 負荷量図その2

この用水路から長池川への流入地点や流入量は把握されていないため、大雑把な推測しか出来ないが、第3回操業時の流量から推測して、流域の操業・昼間流量（基礎流量とする.）は1,100m³/H前後と考えられ、それに流域外からの水量を加えたものが、長池川全体の流量であろうと推測された。この基礎流量は、先に表5で示した長池川全体の推測流量1,040m³/Hとほぼ一致していることから、妥当な流量であると考えられた。工場停止時の流量は685m³/Hであるが、その中には常時操業の一工場や製紙以外の事業場からの流量を含むため、それらの流量（届け出では356m³/H）を引いた流量329m³/Hが生活系の流量と計算されるが、この流量は、同じく表5に示した生活系流量44m³/Hに比べるとあまりに多く、小規模事業場

や未確認の地下水使用量、また、工場排水分などが含まれている可能性も考えられる。

基礎流量を1,100m³/Hと想定すると、第2回調査での用水路からの流入量は、700m³/Hと推測される。同様に、第1回調査では2,300m³/Hの流入が推測されるが、これは大量の流入量であり、調査時が農業用水の利用が多いと考えられる5月で、そのため長池川への流入量が多くなっていたのかもしれない。また、工場からの排水量が多かった可能性も考えられる。

以上の推論が可能ではあるが、それを示す明確なデータがないため、今回は実測された流量をそのまま用いて負荷量を計算した。表9に示したように最下流の地点5での操業時負荷量はSS1,495Kg/日、BOD864Kg/日であり、この量は第2回の操

業時負荷量よりやや多い程度であった。

工場操業時の長池川流域全体の負荷量（表10）とあわせて、推測計算負荷量および補間調査負荷量を加えた流域負荷量（図8）を示した。なお、負荷量計算地点は最下流の地点5である。

表10 操業時負荷量

	SS(Kg/日)	BOD(Kg/日)	水量(m ³ /H)
第1回	1,495	864	3,448
第2回	1,326	824	1,883
第3回	1,056	810	1,120
平均	1,292	833	2,150
補間調査	1,081	761	1,668

注) 補間調査は測定日13時一回だけの採水

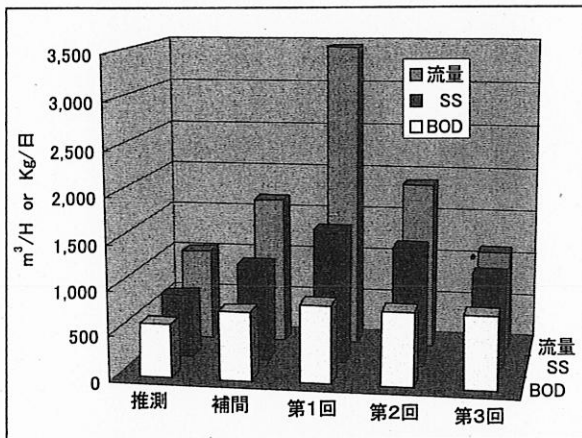


図8 測定間の負荷量比較

これらを見ると、BODは調査回による差は少ないが、SSは流量が多いほど負荷量が多い結果になっている。製紙かす等の付着沈殿物はBOD難分解性成分が多く、それが流量に応じて離脱、はく離し、BODとしては測定されないが、SSとして測定されている可能性や、流速が遅いと沈降量が多い可能性が考えられる。

3. 2. 2. 2 第3回調査時の負荷量

予想以上に測定回ごとの流量変化が大きく、それが負荷量に影響しているようなので、適正な生活系と工場系の負荷割合を求めることは困難かと思われたが、第3回調査では用水路からの調査河川への流入がなかったため、流量による不確定要素を除けると考え、この第3回調査を用いて、工場と生活系の負荷量の割合を算定した。負荷量計

算は長池川最下流の地点5で行った。

長池川の全負荷量を操業時負荷量とすると、全負荷量はSS1,056Kg/日、BOD810Kg/日であり、また、生活系負荷量を停止時負荷量から製紙以外の事業場と停止時にも操業している一工場の負荷量（負荷量は推測計算量を用いた。）を引いた量とすると、生活系負荷量はSS382Kg/日（36%）、BOD197Kg/日（24%）であった。そして、工場系負荷量を全負荷量から生活系負荷量を差し引いた量とすると、工場系負荷量はSS674Kg/日（64%）、BOD613Kg/日（76%）であった。（ ）は全体負荷量に占める割合である。

以上の結果を、表3、4からの推測計算負荷量とあわせて示した（図9）。

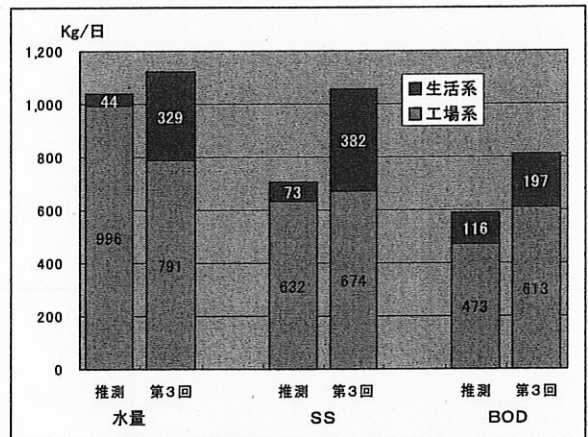


図9 推測負荷量と実測負荷量

推測時と第3回調査時を比較すると、生活系の流量が非常に多くなっており、これは小規模事業場や地下水からの排水を考慮しても異常に多い。あとで述べるように製紙工場からの排水量を少なく見積もっている可能性があり、そのため停止時の負荷量すなわち生活系の負荷量を多めに計算していることが考えられる。生活系の全体に占める割合は、今回調査の割合より低めに見積もった方が安全なのかも知れない。なお、推測時の生活系の全体に占める割合はSS10%、BOD20%である。

BOD負荷量は推測時負荷量と比較しても、やや多い程度であり、生活系負荷量は長池川全体のBOD負荷量の20数%程度を占めていると推定される。一方、SS負荷量は推測時負荷量に比べ、工場系では大きな違いはみられないものの、生活系では大きく上回っており、これは先にも述べた流量の違

いによるはく離、沈降などが、工場停止時においても生じているためと推測された。

地下排水路からの負荷量は、推測計算負荷量や広域補間調査の負荷量と比較すると、SS、BODとも大きく、そのため、地点3と地下排水路の合計負荷量が地点5の負荷量を上回って、収支が合わなくなっている。先に述べたようにサンプリングに問題があった可能性が高く、地下排水路からの負荷量は現状を反映しているとは言い難い。ただ、推測計算負荷量や広域補間調査の負荷量から推測して、地下排水路からの負荷量は無視できない量であると考えられた。サンプリング方法については検討し直す必要がある。

3. 2. 2. 3 工場の水量・水質の検討

全ての工場についての検討は出来ないが、地点1では生活排水の流入がほとんどないと考えられたため、この地点での今回の調査結果と届出排水量を比較した。今回調査については、表8-1に示したように、流量は217m³/H~527m³/H(平均404m³/H)であり、この水量は、この地点へ流入する工場の届出排水量の合計185m³/Hより、約220m³/H多い。また、補間調査のa点(図7-2)や地点1(図7-1)においても届け出水量から求めた推測流量より約2.5倍多い。これらのことから、現状の使用水量は届け出水量より相当多いと考えられる。一方、水質については立ち入り調査の水質とほとんど違いはなく、若干高い程度であった。しかし水量が多いため負荷量としては2倍以上が排出されていることになる。第1回調査で長池川の流量が多かった原因は、用水路からの流入だけでなく、工場排水が多かったためかもしれない。

4. まとめ

長池川のSSとBODについて、現状水質を把握するとともに、流域の負荷量および生活系と工場系

の負荷割合の推定を試みた。

最下流地点(地点5)の水質は、過去の公共用水域の水質結果や特定施設設置届けなどの既存資料からの推測値と比較して、SS、BODとも大きな違いはみられなかった。

BOD負荷量は3回の調査間のバラツキは少なく、ほぼ830Kg/日前後であったが、SS負荷量は流量が多いほど多い傾向を示し、1,056~1,494Kg/日であった。

生活系と工場系の負荷量の割合を求めた。今回の調査の生活系の割合はSS36%、BOD24%であり、既存資料からの推測値SS10%、BOD20%と比較すると、BOD負荷量の割合はほぼ同様であったが、SSは非常に大きかった。SSでは流量の違いによる沈降やはく離などの影響が大きく、生活系の負荷量として計算された中に相当量の事業場系の負荷量が含まれているのではないかと考えられた。

おわりに

本調査にあたりまして、水道使用量、居住人口、用水路水量等の基礎資料の提供をいただきました土佐市役所関係各課ならびに伊野町水道課の皆様に感謝を申し上げます。

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(平成6~15年度)
- 2) 環境省：環境白書(平成14年版)、生活雑排水対策推進指導指針より引用
- 3) 建設省都市局下水道部監修：流域別下水道整備総合計画調査(指針と解説)(平成11年度版)
- 4) 岡田光正・須藤隆一：生活系排水の原単位、国立公害研究所研究報告第95号(1986)
- 5) 高知県統計書(平成15年度版)：上水道及び簡易水道一市町村別一

高知県における地下水質

— 平成元年から平成15年にかけての調査結果より —

桑 尾 房 子

Quality of Groundwater in Kochi Prefecture

— Survey during 15 years from 1989 to 2003 —

Fusako KUWAO

【要旨】 平成元年の水質汚濁防止法の一部改正により都道府県による地下水の常時監視が義務づけられ、15年間に渡り集積された全県的な測定データを解析し、次のような結果を得た。

1. 県下全域のpHの算術平均値は 6.86, また電気伝導率 (EC) の幾何平均値は $142 \mu\text{S}/\text{cm}$, 同じく塩素イオン (Cl^-) は $9.2 \text{mg}/\text{L}$, 硝酸性窒素および亜硝酸性窒素 ($\text{NO}_{2,3}-\text{N}$) は $0.853 \text{mg}/\text{L}$ であった。また $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ は $6 \text{mg}/\text{L}$ 超過の時 pH との間で負の相関 (決定係数: 0.5366), EC との間で正の相関 (0.3401) がみられた。さらに高知県を14地域に区分した各地層において, 大まかではあるが pH, EC, Cl^- の通常時における固有値が明らかになった。
2. 反復測定による pH, EC, Cl^- の標準偏差は $0.10-0.22$, $21-33 \mu\text{S}/\text{cm}$, $1.06-6.32 \text{mg}/\text{L}$ の範囲でみられ, 相対的標準偏差から pH が最も安定, 次いで EC, Cl^- の順であった。
3. 15年間の概況調査における環境基準超過項目は総水銀 (超過率 0.3%), ヒ素 (0.3%), テトラクロロエチレン (PCE) (0.5%), $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ (1.1%) の 4 項目で, 基準値以下の検出項目は鉛, ジクロロメタン, シス1,2ジクロロエチレン, 1,1,1-トリクロロエタン, トリクロロエチレン, フッ素およびホウ素の 7 項目, その他の基準項目 14 項目は検出されなかった。
4. PCE 汚染は高知市鴨部高町, 土佐山田町, 佐川町, 南国市, 室戸市 (以上クリーニング店による汚染) および高知市玉水町 (汚染源不明) で見られた。高知市鴨部高町では平成 3 年から, 土佐山田町では 11 年から超過井戸はみられない。佐川町と室戸市では PCE は分解が進行し, 佐川町では 5 年から基準値以下で, 室戸市では 4-15 年間超過して ($0.0118-0.0481 \text{mg}/\text{L}$) 推移している。南国市では分解は進まず 14 年のみ基準値以下であったがその他の 1-15 年は超過していた ($0.0113-0.0975 \text{mg}/\text{L}$)。高知市玉水町では 13 年は基準値以下であったが, その他の 9-14 年は超過していた ($0.023-0.14 \text{mg}/\text{L}$)。
5. $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ 汚染は佐川町と土佐市および春野町でみられた。佐川町の飲用井戸で平成 9 年に超過し ($15 \text{mg}/\text{L}$), その地域では pH は $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ が $6 \text{mg}/\text{L}$ 以上では以下の場合より 0.7 酸性化, EC では $60 \mu\text{S}/\text{cm}$ 高値化していた。一方農業用井戸では土佐市で 14, 15 年に, 春野町で 15 年に超過した ($11.2-13.8 \text{mg}/\text{L}$) が, 同時に $0.06-0.12 \text{mg}/\text{L}$ の NH_3-N が検出され, pH は $0.2-0.15$ しか酸性化せず, また EC は変化しなかった。
6. 総水銀汚染は香我美町で平成 2 年と 4-5 年に超過し pH は不検出時に比べ 0.9 酸性化, EC は不検出時と差はないが検出されない周辺井戸に比べ $200 \mu\text{S}/\text{cm}$ 高値化していた。ヒ素汚染は東洋町で 3 年と 4-8 年に超過し, pH は 7.53 で検出されない周辺井戸に比べ 0.31 酸性化し, EC および Cl^- では変化していなかった。

Key words: 地下水汚染, pH, 電気伝導率, テトラクロロエチレン, 硝酸性窒素および亜硝酸性窒素

1. はじめに

地下水は土壌による濾過過程を経て作られた清浄な水で、適度にミネラルを含み、一年間を通じて恒温であるため、良質の飲料水として利用されてきた。しかし汚染物質が一旦地下に浸透し地下水に拡散した場合、地下水は移動が少なく汚染物質が長期に渡って滞留する。また地下環境の把握も困難で対処が遅れがちとなり、有害物質により汚染された地下水を飲用した場合には健康被害を生ずる。

近年、脱脂洗浄に使われる揮発性有機塩素系化合物（VOC）の汚染^{1,2,3,4,5,6)}などが報告され、平成元年6月には水質汚濁防止法の一部改正により都道府県による地下水汚染の常時監視が義務づけられた。高知県でも井戸水の水質調査が平成元年より全県的に実施され、VOCなどの汚染状況に関する地下水質のデータが集積されてきた。

今回、これら15年間の水質結果データから高知県における汚染の現状および地下水質の地域特性を明らかにするために解析したので報告する。

2. 調査方法

2.1 地下水調査の背景（地下水環境基準等の指定に関する推移）

昭和57年から58年にかけて環境省が行った全国調査^{1,2)}により、地下水からテトラクロロエチレン（tetrachloroethylene, PCE）やトリクロロエチレン（trichloroethylene, TCE）が検出され、59年8月、環境庁はPCEやTCEおよび1,1,1-トリクロロエタン（trichloroethane, MC）を取り扱う工場・事業場からの排出抑制に関し暫定指導指針を設定した。

平成元年4月にTCEなど3物質について環境水質目標値が定められ、6月には水質汚濁防止法の一部が改正されて、都道府県による地下水汚染状況の常時監視（新しい汚染を発見するための概況調査、汚染井戸周辺調査、汚染監視の定期モニタリング調査）が義務づけられた。また同年9月には地下水の水質に係わる評価基準（上記3物質に加えて有害重金属など11物質）が定められ、5年にはさらに13物質が追加され23物質となった。9年には評価規準は環境基準として定められ、11年に「硝酸性窒素および亜硝酸性窒素」（ $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ ）、ふっ素、ほう素の3物質が環境基準に追加された。

2.2 調査項目および調査機関

2.2.1 高知県および高知市が行った概況調査

平成元年より15年にかけて各市町村（大川村を除く）350井戸（高知市101井戸（市が実施）、高知市外249井戸（県が実施））の調査結果が報告されている。

調査項目は資料1に示したように、平成元年は、TCE、PCE、MCおよびpHなどの一般的水質項目、その後、平成元年の評価基準（11項目）の設定、5年の評価基準12項目の追加、9年の環境基準（23項目）の設定、11年の環境基準3項目の追加に伴い項目数は年々増加しているが、県と市ではその時々概況調査の意味づけにより調査項目に多少の違いがある。

2.2.2 国土交通省が所管する水位観測井戸における概況調査

資料2に示したように、南国市立田日章、高知市青柳公園、中村市具同、春野町天皇、伊野町伊野砂ヶ森および伊野町八田の水位観測所で、平成2年からTCE、PCEおよびpHなどの一般的项目について調査が始まった。伊野砂ヶ森と八田では14年まで続けられ、さらに具同では10年から、その他の井戸では11年から環境基準項目（六価クロムとアルキル水銀は除外）の調査が追加され、15年度まで実施された。

2.2.3 モニタリング調査および汚染井戸周辺地区調査（県、市の実施）

概況調査で明らかにされた汚染井戸を継続して調査するモニタリング調査が平成元年から、汚染の広がりを把握するための汚染地区周辺調査が3年より実施された。

PCEやTCEなどによる汚染調査は室戸市室津、南国市下野田、土佐市山田町東本町から百石町にかけての地域、高知市鴨部高町から鴨部の地域、高知市玉水町から神田の地域、高知市万々から福井町および佐川町佐川甲で実施された。また水銀汚染に対しては香我美町徳王子で、ヒ素汚染に対しては東洋町甲浦白浜で、 $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ の汚染には春野町、土佐市、佐川町で実施された。

2.3 測定井戸の位置する地層による14地域の分類

地下水はその地域固有の地層の影響を受ける事が推察される。そこで井戸の位置する地層によって井戸を分類するために、高知県保健環境部衛生課が実施し、甲藤次郎らによって調査及び編集さ

れた高知県温泉水脈推定基礎地質図（20万分の1縮図）を基に区分した。

表1に示したように、県最北部の三波川帯から南側に秩父帯の秩父亜帯、黒瀬川亜帯（沖積層、その他）、三宝山亜帯（沖積層、その他）、次に四万十帯の新莊川亜帯（新土居層/堂ヶ奈路層、その他）、その南側は幡多半島と室戸半島で大正層群（有岡層/平田層/沖積層、その他）と安芸層群に分け、次いで南側の幡多層群と室戸半島層群と、両岬の菜生亜帯の14の地域に分類して解析した。

2. 4 統計的手法

(1) 代表値

同一井戸で2回以上測定されている場合は算術平均値を求め、その井戸の代表値とした。なお報告下限値未満と実数値の平均を求める場合は、未満値を報告下限値として計算した。

(2) 平均値

測定値の分布が正規分布を示す項目では算術平均値を、対数正規分布を示す項目では幾何平均値を求めた。さらに平均値の95%信頼区間を求める場合、対数正規分布を示す項目では測定

値をlog変換して95%信頼間を求め、次に逆変換した値を採用した。

(3) 棄却検定

飛び離れた値の棄却はGrubbs-Smirnov棄却検定で実施した。

3. 結果および考察

3. 1 高知県の地下水質（概況調査より集計）

3. 1. 1 pH, 電気伝導率 (EC), 塩素イオン (Cl⁻)

3. 1. 1. 1 県下全域の測定値分布

pH, ECおよびCl⁻のヒストグラムを図1に示す（高知市97井戸, 高知市外240井戸）。

pHは正規分布を示し、ECおよびCl⁻は対数正規分布を示した。離れ値はGrubbs-Smirnov棄却検定を行い、3項目のいずれかが棄却された8井戸のデータは全ての解析に用いなかった（表2）。この8井戸の内7井戸は臨海地であり、内6井戸はECやCl⁻が高値を示し海水の影響を受けていると思われ、その他のpHが高低値で棄却された2井戸では原因は推測出来なかった。

表1 分類された地層における市町村名

地層分類	市町村名
三波川帯	大豊町, 土佐町 (田井), 本山町, 旧本川村
秩父亜帯	吾川村 (大崎), 旧吾北村 (小川西津賀才), 池川町 (土居), 土佐山村 (東川)
黒瀬川亜帯 (沖積層)	高知市 (本宮町/水源町/下島町/玉水町/旭駅前町/井口町/中須賀/福井/升形/上町/丸の内/幸町/一ツ橋町/新本町/南金田/大津) 旧伊野町 (幸町), 土佐山田町
黒瀬川亜帯 (その他)	旧伊野町 (枝川/波川), 越知町 (越知/甲), 鏡村 (小浜), 佐川町 (加茂/庄田), 仁淀村, 梶原町 (六丁), 日高村, 土佐山村 (弘瀬), 香北町 高知市 (宗安寺/円行寺/ 秦南町/西秦泉寺/前里/北秦泉寺/薊野/一宮/布師田)
三宝山亜帯 (沖積層)	高知市 (朝倉/鴨部高町/東城山町/塩屋埴町/梅ノ辻/棧橋通/六泉寺/高須/介良) 南国市 (西山/田村/廿枝/日吉町/比江/片山/包未/里改田/物部/篠原), 野市町 (下井/深瀬/土居/東野)
三宝山亜帯 (その他)	高知市 (五台山/神田), 佐川町 (斗賀野中組/本郷高平/佐川甲), 南国市 (岡豊町/後免), 野市町 (西野/大谷)
新莊川層群 (新土居層/堂ヶ奈路層)	東津野村, 梶原町 (川口/梶原), 葉山村
新莊川層群 (その他)	吉川村, 香我美町, 赤岡町, 南国市 (浜改田), 物部村, 高知市 (仁井田/長浜/浦戸), 春野町 須崎市 (浦ノ内東分/吾井郷乙/上分丙/西糺町/土崎町/押岡), 土佐市
安芸層群	安芸市, 芸西村, 馬路村, 夜須町
大正層群 (有岡層/平田層/沖積層)	中村市 (鶉の江/岩田/藤/蕨岡), 大方町 (入野)
大正層群 (その他)	窪川町, 佐賀町, 十和村, 須崎市 (安和), 西土佐村, 大正町 (田野々), 大方町 (奥湊川/上田の口/浮鞭), 大野見村 (吉野), 中土佐町
室戸半島層群	東洋町, 安田町, 室戸市 (羽根町/吉良川町/佐書浜町/元), 田野町, 奈半利町, 北川村
幡多層群	三原村, 宿毛市, 大月町, 大方町・有井川, 中村市・有岡
菜生層群	室戸市 (室津), 土佐清水市

図1に示したように、解析に用いたpHの範囲は5.6-8.2で、最頻値は6.7、算術平均値は6.86(95%信頼区間:6.81-6.91)であった。同様にECの範囲は27-1000 μ S/cmで、最頻値は階級代表値120 μ S/cm(100<, 120 \geq)、幾何平均値は142 μ S/cm(95%信頼区間:135-150 μ S/cm)であった。またCl⁻の範囲は<2-230mg/Lで、最頻値は8mg/L(6<, 8 \geq)、幾何平均値は9.2mg/L(95%信頼区間:8.6-9.8mg/L)であった。

3. 1. 1. 2 各地層区分におけるpH, EC, Cl⁻
各地層区分における井戸のpH, ECおよびCl⁻の平均値および平均値の95%信頼区間について図2に示した。

pHの平均値の最も高かったのは7.24の菜生層群(95%信頼区間6.71-7.78)と大正層群の有岡層/平田層/沖積層(7.10-7.34)で、最も低いのは幡多層群でpH6.69(6.45-6.93)を示し、その差は0.51でありpH分布に地域性が見られた。

ECの幾何平均値の最も高かったのは新莊川層群・その他で187 μ S/cm(186-188 μ S/cm)、最も低いのは三波川亜帯で92 μ S/cm(91-93 μ S/cm)で、平均値において2倍の差が見られた。

Cl⁻の最高幾何平均値は黒瀬川亜帯・沖積層の14.6mg/L(13.3-15.9mg/L)で、最も低いのは新莊川層群の新土居層/堂ヶ奈路層の4.2mg/L(2.9-5.5mg/L)で、平均値において3倍強の違いが見られた。またECの高低とCl⁻の高低は似通った地域性を示した。

3. 1. 1. 3 水位観測井戸(天皇, 青柳公園, 立田日章, 具同)のpH, ECおよびCl⁻値の経時的推移

これら4箇所の水位観測所の測定は多くの場合年間4回測定され、それらの測定値は正規分布を示した。測定値の推移を図3に、それらの統計値および棄却データを表3に示す。

春野町天皇水位観測所(三宝山亜帯・沖積層に位置する)の14年間に渡るCl⁻値(4年5月の49mg/Lは棄却(p<0.01)の近似直線の傾きは負を示し、年々緩やかに低下する傾向が見られた。また4年間測定されたpHはほとんど変化なく、3年間測定されたECでは近似直線の傾きから年々低下傾向が見られた。

青柳公園水位観測所(三宝山亜帯・沖積層)は国分川下流の汽水域に面しており、ECおよびCl⁻は海水の影響を受け高値で推移したが、14年間に渡る近似直線の傾きは共に負を示し年々低下して

いた。平成12年から測定したpHではほとんど変化が見られなかった。

日章水位観測所(新莊川亜帯・その他)では14年間に渡るECの推移は変動が大きいものの近似直線の傾きから増加傾向が見られたが、Cl⁻は年々低下していた。4年間測定したpHは殆ど変化がなかった。

具同水位観測所(大正層群・有岡層/沖積層)での14年間に渡るpHの推移から変化はほとんど見られない。一方Cl⁻は近似直線の傾きから減少傾向であった。

また表3に示したように、海水の影響を大きく受けている青柳公園水位観測所を除いた、相対的標準偏差(RSD:SD/平均)は、pHでは最小が日章での1.54、次いで天皇の2.38、最大が具同での2.85であった。ECでは天皇9.14、日章14.6であった。Cl⁻では最小が具同での21.4、次いで天皇の30.5、最大が日章での43.9であった。このようにpH値が最も安定しており、次いでECで、逆に環境負荷を受けて最も変動が激しいのはCl⁻であった。

3. 1. 2 硝酸性窒素および亜硝酸性窒素(NO_{2,3}-N)

3. 1. 2. 1 県下全域の測定値分布

NO_{2,3}-N値(278井戸)のヒストグラムを図4に示す。NO_{2,3}-N値は0.006mg/L未満から15mg/Lの範囲に分布し対数正規分布を示した。棄却検定による棄却データはなかった。最頻値は0.5mg/L(0.01 \leq , 0.5 \geq)、幾何平均値0.853mg/L(95%信頼区間:0.73-0.99mg/L)であった。3mg/L以下が90%を占め、環境基準値の10mg/Lを超過した井戸は1.1%であった。

NO_{2,3}-N値は人為的要因により影響を受けるが、特に農耕地での施肥による地下水の影響が指摘され、その濃度は水田では平均値2.2mg/L、畜産5.5mg/L、畑11mg/L、樹園地(茶畑含)10.6mg/L、施設園芸16mg/Lと報告されている⁷⁾。今回検討した278井戸の内、農業用井戸は13井戸(4.7%)で、NO_{2,3}-N値は0.006mg/L未満から15mg/Lの範囲で(幾何平均値0.45mg/L)、3mg/L以下が77%を占め、10mg/Lを超過した井戸は2件(15%)であった。このことから農業用井戸は一部が高値を示し、図4のヒストグラムの高値域は施肥による影響が少なからず見られた。

3. 1. 2. 2 各地層区分におけるNO_{2,3}-N

pH, EC, Cl⁻を検討した地層区分でのNO_{2,3}-Nのヒストグラムを図5に示す。幾何平均値の最低

表2 Grubbs-Smirnov棄却検定によって棄却した測定値 (この8例は全解析から除外した)

測定年 (平成年度)	測定地点	pH	有意水準	電気伝導率 (μ S/cm)	有意水準	塩素イオン (mg/L)	有意水準
1, 2	南国市明見	5.1	P < 0.05	92.5		9.8	
2	高知市長浜	10.1	P < 0.01	550		21	
1, 2	須崎市中町	6.7		1140		332	P < 0.1
1, 7, 11, 15	高知市仁井田	7.05		4605	P < 0.01	1385	P < 0.01
6	高知市 高須 (浅井戸農業用)	6.0		11000	P < 0.01	5200	P < 0.01
1, 7	高知市小倉町	7.05		23500	P < 0.01	8450	P < 0.01
4	高知市 高須	7.7		1300		300	P < 0.1
9	土佐清水市 浦尻	7.0		5500	P < 0.01	15500	P < 0.01

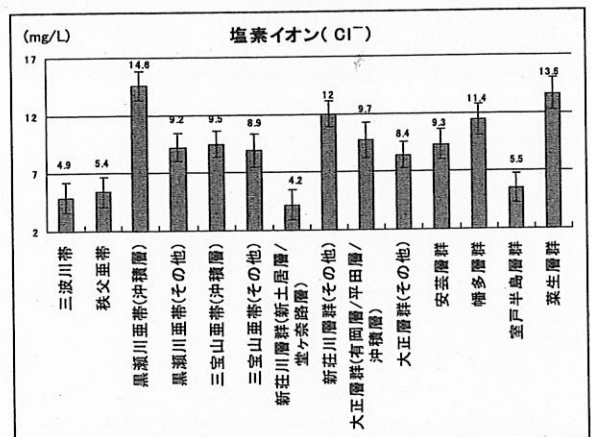
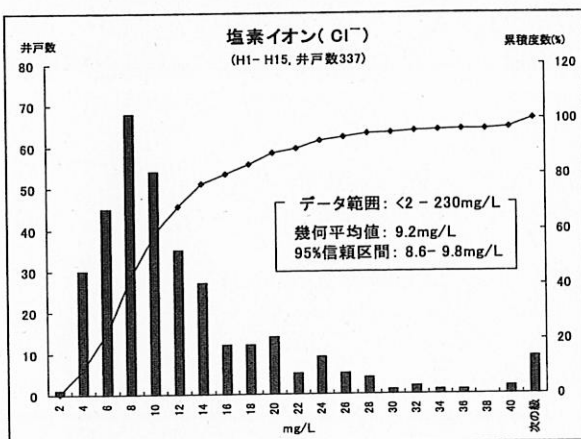
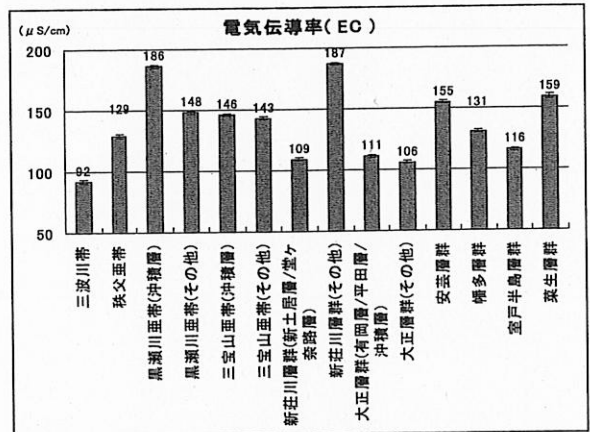
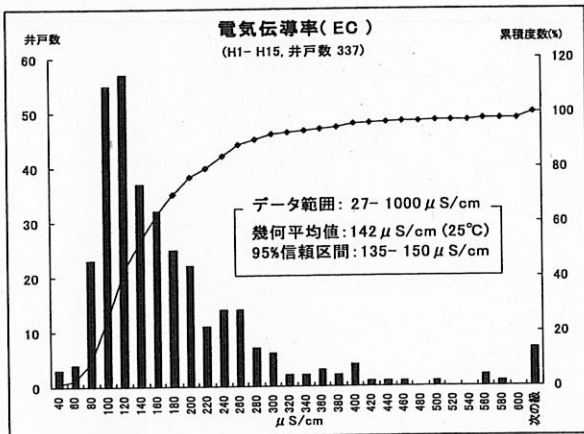
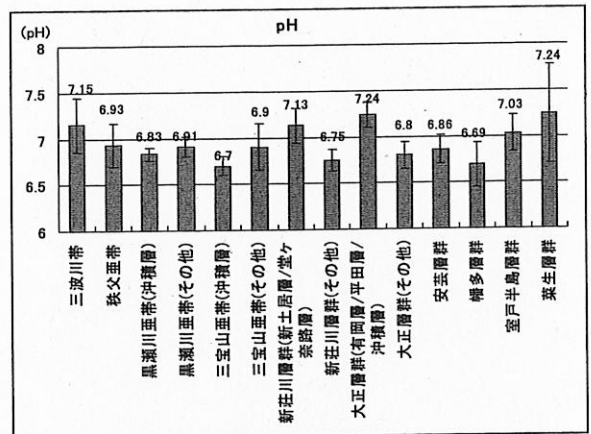
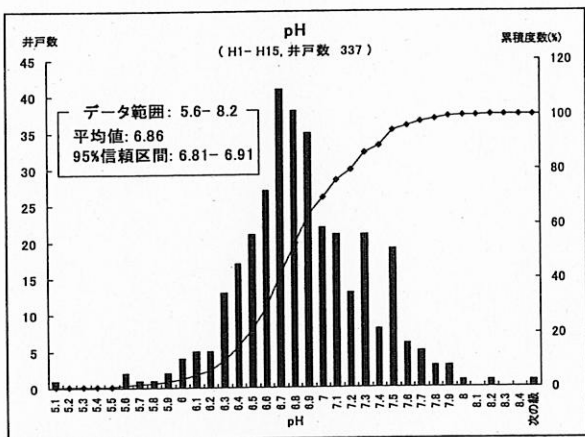


図1 高知県における地下水のpH, 電気伝導率および塩素イオン濃度のヒストグラム

図2 各地層別地下水のpH, 電気伝導率および塩素イオン濃度の平均値と95%信頼区間

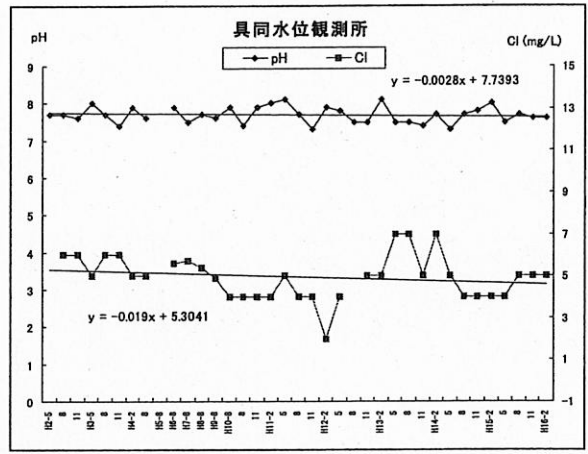
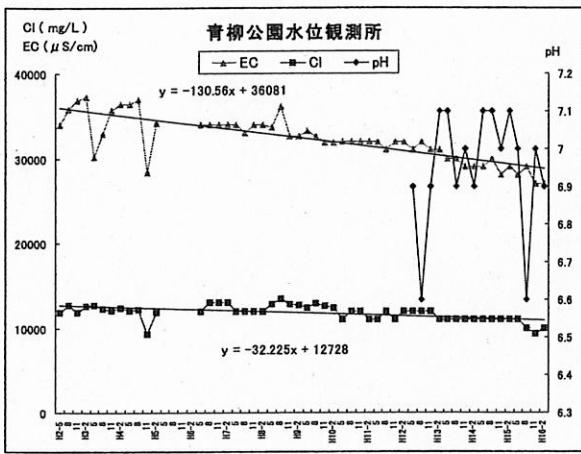
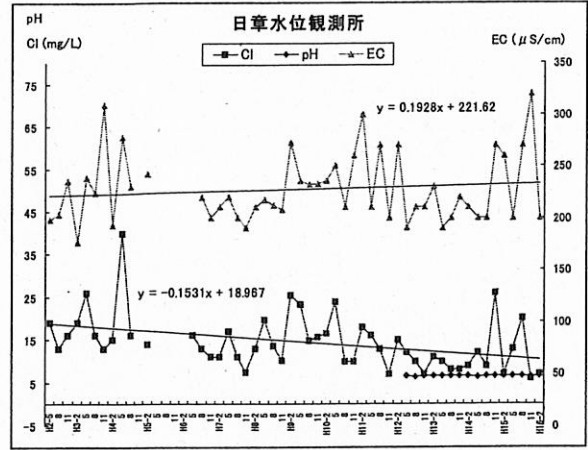
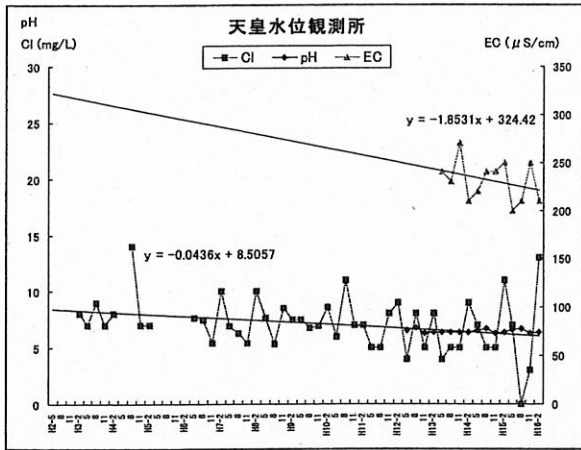


図3 重複測定井戸における測定間隔年数と測定値変動

表3 水位観測井戸におけるpH, 電気伝導率 (EC) および塩素イオン (Cl⁻)

項目	水位観測井戸	測定回数 (棄却後)	測定期間	平均値	平均値の 信頼区間	標準偏差 (SD)	相対的標準 偏差 (RSD)	近似直線 の傾き	棄却データ((採水年月)有意水準
pH	天皇 (三宝山亜帯・沖積層)	16	H12.5-16.2	6.47	6.39-6.55	0.15	2.38	-0.002	
	青柳 (三宝山亜帯・沖積層)	16	H12.5-16.2	6.95	6.87-7.03	0.16	2.29	0.003	
	日章 (新荘川層群・その他)	16	H12.5-16.2	6.57	6.52-6.62	0.1	1.54	0.002	
	具同 (大正層群・有間層/平田層/沖積層)	36	H2.5-16.2	7.69	7.62-7.76	0.22	2.85	-0.003	
EC	天皇	12	H13.5-16.2	231	219-242	21	9.14	-1.85	
	青柳	52	H2.5-16.3	32219	31497-32940	2654	8.24	-131	
	日章	50	H2.5-16.2	227	217-236	33	14.6	0.19	520 μS/cm (H 6.5) P<0.01, 403 μS/cm (H 4.11) P<0.1
	具同	0							
Cl ⁻	天皇	47	H3.2-16.2	7.27	6.6-7.9	2.22	30.5	-0.04	49mg/L (H 4.5) P<0.01
	青柳	52	H2.5-16.2	11775	11522-12027	929	7.9	-32	
	日章	51	H2.5-16.2	14.38	12.6-16.1	6.32	43.9	-0.15	77mg/L (H 4.11) P<0.01
	具同	34	H2.5-16.2	4.93	4.5-5.3	1.06	21.4	-0.02	16mg/L (H 2.5) P<0.01, 13mg/L (H12.8) P<0.05

値は大正層群（有岡層/平田層/沖積層）の0.21mg/Lで、次いで三波川帯の0.57mg/L、菜生層群の0.66mg/Lであった。逆に最も高値を示したのは三宝山亜帯（その他）の1.43mg/L、次いで新莊川層群（その他）の1.3mg/L、安芸層群1.2mg/Lであり、最もバラツキが大きかったのは新莊川層

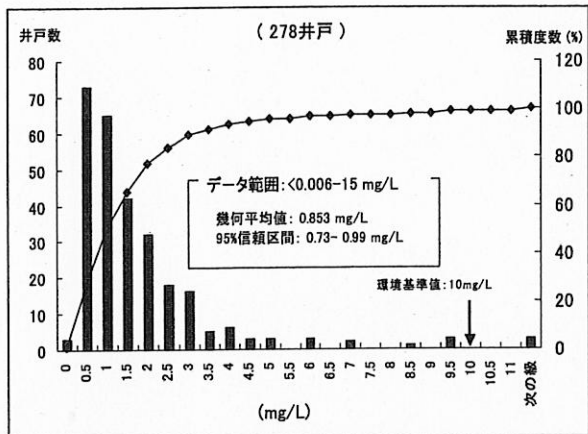


図4 硝酸性窒素および亜硝酸性窒素のヒストグラム

群（その他）であった。

これらの $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ 分布は表層の土地利用形態および地層差による地表からの浸透速度の違い等によるものと考えられる。

3. 1. 2. 3 $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ とpH, ECおよび Cl^-

集計した276井戸の $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ とpHおよびECとの関係を図6, 7に示す。 $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ が上昇するに従いpHは低下するが、 $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ が6 mg/L超過の時 ($n=9$) にはpHとの間で負の相関（決定係数：0.5366）が見られた。

一方ECとの間では、 $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ が上昇するに従いECも上昇し、 $\text{NO}_{2,3}-\text{N}$ が6 mg/L超過の時 ($n=9$) には正の相関（決定係数：0.3401）を示した。

3. 1. 3 概況調査における環境基準を超えた項目と検出率

3. 1. 3. 1 一般井戸

表4に示したように、元年から15年にかけて調査された測定値の内、平成11年に設定された環境基準項目26項目で、基準値を超えて検出された項

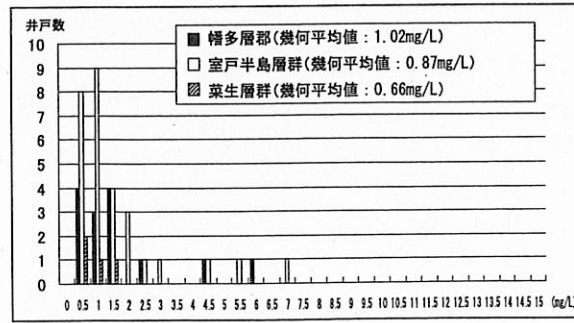
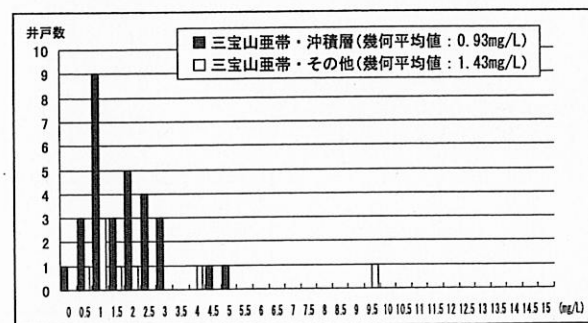
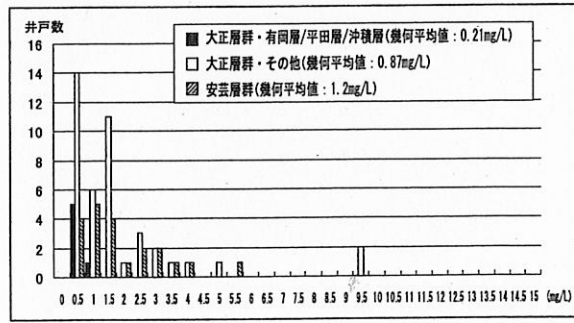
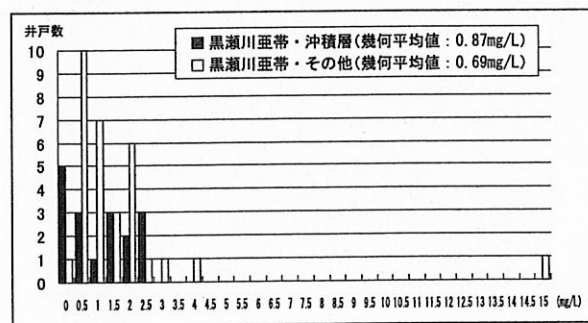
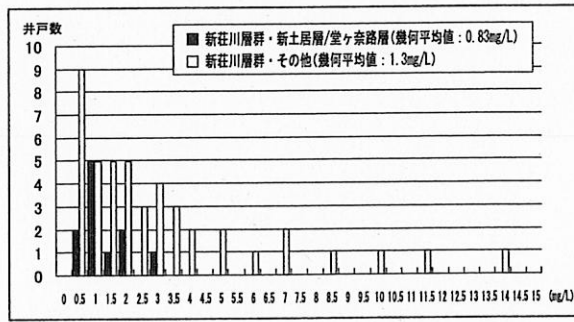
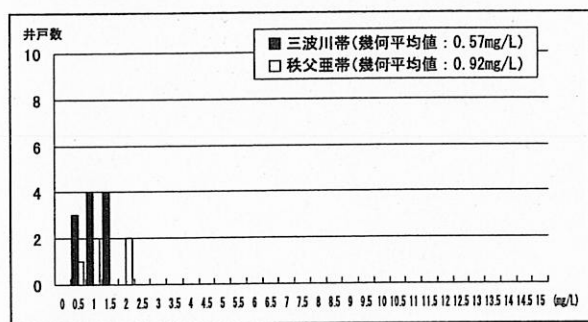


図5 各地層における硝酸性窒素および亜硝酸性窒素値のヒストグラム

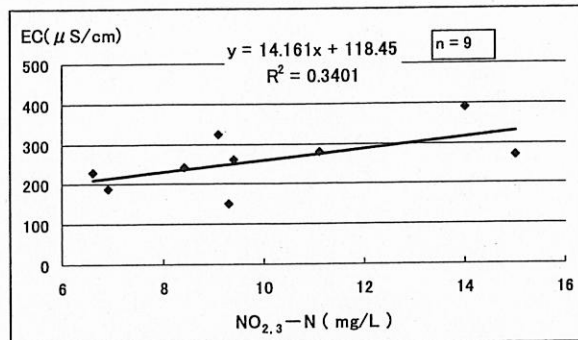
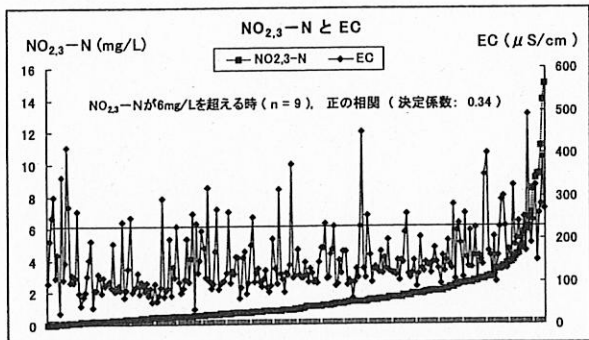
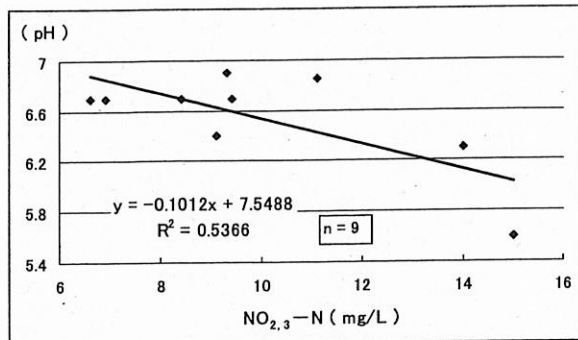
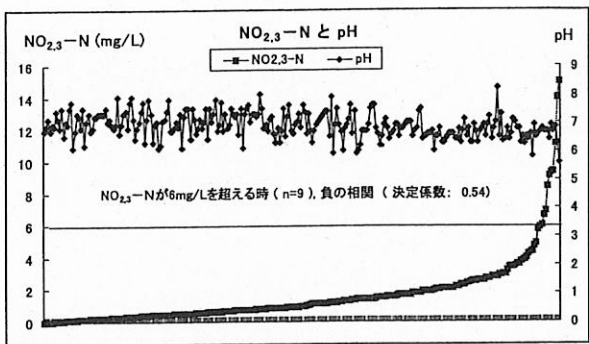


図6 NO_{2,3}-NとpHおよびECとの相関

図7 NO_{2,3}-NとpHおよびECとの相関性

表4 概況調査（水位観測所は除く）における環境基準項目の検出率（H1～H15年）

項目	調査開始年	件数	報告下限値以上		環境基準値の超過*1		
			件数	検出率(%)	件数	検出率(%)	全国集計(H14年度)*2
カドミウム	H2	344	0	0	0	0	
全シアン	H2	304	0	0	0	0	
鉛	H2	344	15	4.4	0	0	0.20%
六価クロム	H2	344	0	0	0	0	
ヒ素	H2	344	2	0.6	1	0.3	1.50%
総水銀	H2	344	1	0.3	1	0.3	
アルキル水銀							
PCB	H2	225	0	0	0	0	
ジクロロメタン	H5	313	1	0.3	0	0	
四塩化炭素	H5	313	0	0	0	0	
1,2-ジクロロエタン	H5	313	0	0	0	0	
1,1-ジクロロエチレン	H5	313	0	0	0	0	
シス-1,2-ジクロロエチレン	H5	313	1	0.3	0	0	0.20%
1,1,1-トリクロロエタン	H1	415	3	0.7	0	0	
1,1,2-トリクロロエタン	H5	313	0	0	0	0	
トリクロロエチレン	H1	415	5	1.2	0	0	0.20%
テトラクロロエチレン	H1	415	7	1.7	2	0.5	0.20%
1,3-ジクロロプロペン	H5	313	0	0	0	0	
チウラム	H5	303	0	0	0	0	
シマジン	H5	300	0	0	0	0	
チオベンカルブ	H5	300	0	0	0	0	
ベンゼン	H5	313	0	0	0	0	
セレン	H5	302	0	0	0	0	
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	H5	272	265	97.4	3	1.1	5.90%
ふっ素	H12	126	17	13.5	0	0	0.40%
ほう素	H12	126	83	65.9	0	0	0.10%

*1：平成11年2月22日に設定された環境基準値で評価した。

*2：宮崎正信：用水と排水，46(2)，87-92，2004

目はヒ素、総水銀、PCEならびにNO_{2,3}-Nの4項目であった。

ヒ素は東洋町甲浦で平成3年に1件(0.3%)検出された、総水銀は香我美町徳王子で平成2年に1件(検出率0.3%)、またPCEでは汚染井戸の周辺にある井戸で2年に土佐山田町で、9年に高知市玉水町でそれぞれ1件(0.5%)検出された。さらにNO_{2,3}-Nが9年に佐川町庄田で1件、14年に土佐市宇佐で1件、15年高知市長浜で1件それぞれ検出された(1.1%)。また検出されたが基準値以下であった項目は鉛、ジクロロメタン、シス1,2ジクロロエチレン(cis-1,2-DCE), MC, TCE, フッ素およびホウ素の7項目であり、その他の14項目では検出されなかった。こうした高知県での検出項目やその比率は、14年度の全国集計と比較して大きな差はみられなかった。

3. 1. 3. 2 水位観測井戸

平成12年に共同水位観測所で鉛が1件環境基準値を超過して検出されたが一過性であり、また11-15年にかけてNO_{2,3}-Nやホウ素が検出されたが基準値以下であった。クロムやその他の環境基準項目は全て検出されなかった。

3. 2 高知県の地下水汚染(モニタリング調査および汚染井戸周辺調査)

3. 2. 1 VOC汚染(環境基準値:PCE(0.01mg/L), TCE(0.03mg/L), cis-1,2-DCE(0.04mg/L))

3. 2. 1. 1 室戸市室津での汚染

菜生層群に位置し、臨海地である室津のクリーニング店によるPCE汚染で(図8), 検出井戸はクリーニング店の敷地内に存在する。平成元年-3年は基準値以下であったが、4-15年では0.0118-

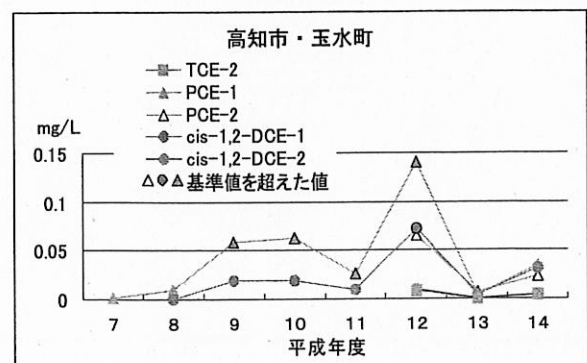
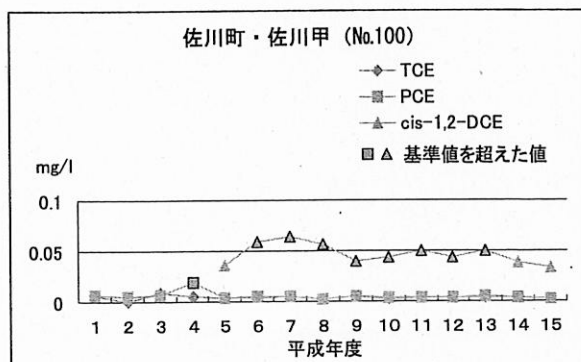
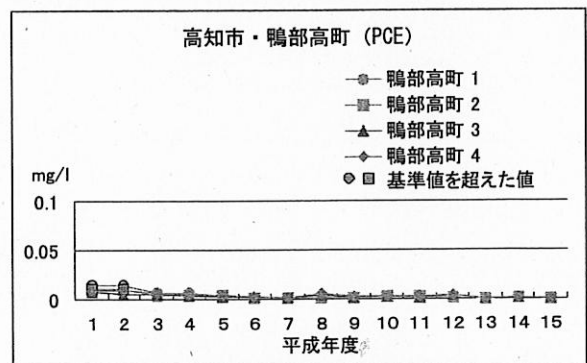
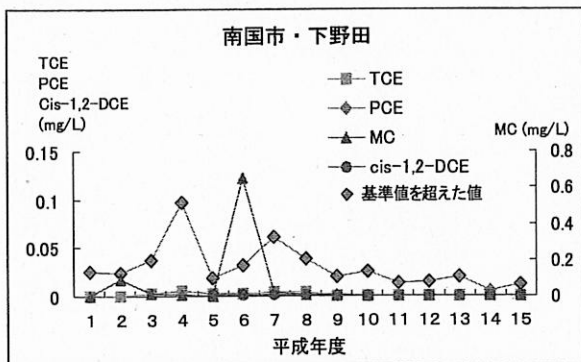
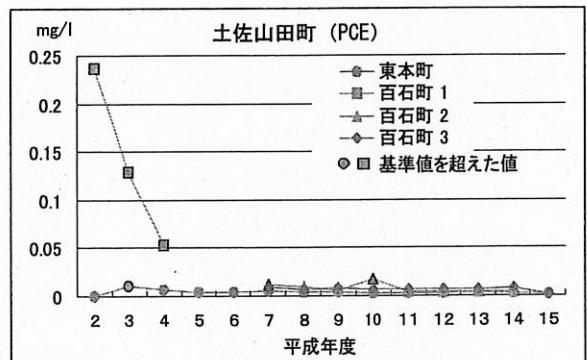
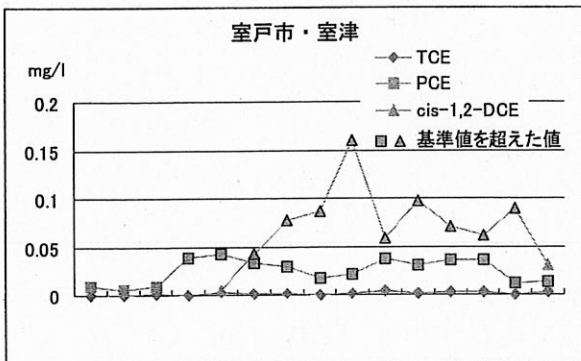


図8 高知県における揮発性有機塩素化合物(VOC)汚染

0.0481mg/Lで推移している。また3年よりPCEの脱塩素分解物であるTCE ($\text{PCE} + \text{H}_2 \rightarrow \text{TCE} + \text{HCl}$)が検出され始めたが15年にかけて検出下限値前後の値で推移した。さらにTCEの脱塩素分解物であるcis-1,2-DCE ($\text{TCE} + \text{H}_2 \rightarrow \text{cis-1,2-DCE} + \text{HCl}$)は調査開始時の5年から検出され、6年には環境基準値を超過、9年には0.16mg/Lとピークを示し、その後は0.06–0.098mg/Lで推移して、15年には0.031mg/Lと環境基準値以下となっている。なお現在もPCEは使用されている。

宮川ら⁸⁾はcis-1,2-DCEは極めて分解され難いため、TCEやcis-1,2-DCEの供給がPCE分解以外に無い場合、PCEの分解度(%)はTCEとcis-1,2-DCEのモル濃度の和をPCE、TCEおよびcis-1,2-DCEのモル濃度の総和で除した値で示されると報告している。

PCE濃度(15–337nmol/L)とその分解度(20–99%)は図9に示したように負の相関を示した(傾き: -0.1703, 決定係数: 0.4642)。すなわちPCEの濃度が薄いほどPCEは土壤中に存在している微生物によって脱塩素分解される事が示唆される。また脱塩素分解に働く微生物の増殖に必要な窒素源として硝酸塩が使われる⁹⁾と報告されているが、図10に示したようにPCEの分解度と $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ 値は負の相関(決定係数0.5256)を示し、 $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ の減少は脱塩素分解性微生物の増殖を反映し、またPCE分解の亢進を示す事が推測された(表5)。

この汚染井戸は海に近く地下水脈は海に流れ込んでいると考えられ、周辺井戸でのPCEとTCEの検出はなかった。

3. 2. 1. 2 南国市下野田での汚染

三宝山亜帯の沖積層に位置する南国市下野田のクリーニング店によるMCとPCEによる汚染で、図8に示したようにクリーニング店隣接の民家の井

戸からMCは平成2–11年に基準値以下で、PCEは14年は基準値以下であったが、その他の元年–15年は基準値を超過して(0.0113–0.0975mg/L)検出された。なお現在もPCEは使用されている。

図8ではPCE値を年平均値で現しているが、この井戸では夏場のPCE値と冬場のPCE値が異なり、平成元年の冬場は夏場のPCE値の56%であったが、その後は5–0%で推移した(5年夏期–15年冬期について表5に示す)。またPCEの脱塩素分解物のTCEは3–8年の夏場だけ、さらに脱塩素分解物のcis-1,2-DCEも5–8年の夏場だけ検出された。またMCは10年間検出されたが、冬場にも検出されたのは2年(夏場の1%の比率)、7年(1%)、8年(4%)のみであった。このことからVOCの原液帯は水位の高い夏場に地下水に接触し易く、水位の低い冬場は接触し難い位置に存在する事が推測された。

またPCEの分解度は平成5–8年にかけて13–21%と非常に低く、その後は0%で推移した。PCE分解度がPCE濃度に依存することは前述したが、この0%で推移した期間のPCE濃度と等量を示す室戸市・室津では49–93%の分解度を示している。そのため分解度が0%であるのは地下水がVOCの原液帯に触れる事によって生じるPCE分解細菌の増殖および脱塩素分解が、水位の上昇した夏場に限られ効果的に進行出来ていないためと推測された。またこの期間の $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ が夏場冬場に関係なく2.1–3.3mg/Lでほとんど変化せず高値で推移しているのも微生物の増殖による消費が無いためと考えられた。

また周辺の数井戸からは平成1–5年にPCEが0.005–0.0027mg/L、11年にはTCEが0.002–0.006mg/L検出されたが、cis-1,2-DCEは検出されなかった。

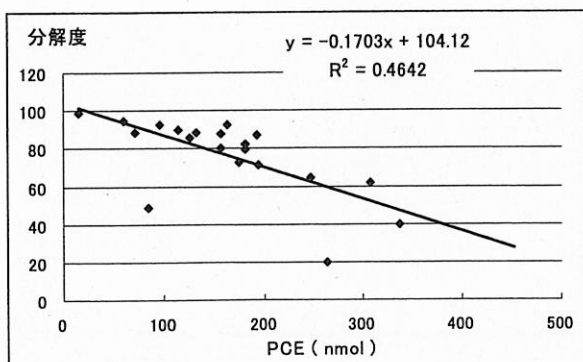


図9 室戸・室津におけるPCEモル濃度(nmol/L)と分解度(%)

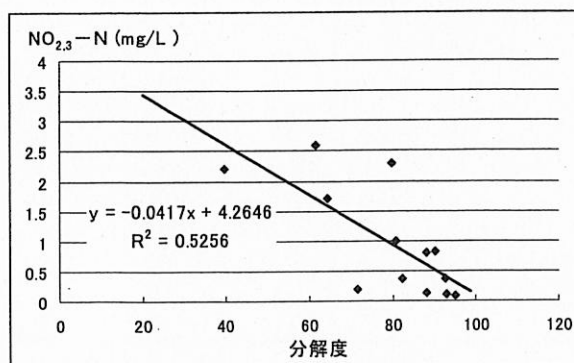


図10 室戸市・室津における $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ とPCEの分解度(%)

表5 テトラクロロエチレン (PCE) の分解度 (%) *1, 文献7) とNO_{2,3}-N値

平成 年度 *2	室戸市室津			南国市下野田			佐川町佐川甲(No.100)			佐川町佐川甲(No.101)			高知市玉水町1		高知市玉水町2	
	PCE (mol/L)	分解度 (%)	NO _{2,3} -N (mg/L)	PCE (mol/L)	分解度 (%)	NO _{2,3} -N (mg/L)	PCE (mol/L)	分解度 (%)	NO _{2,3} -N (mg/L)	PCE (mol/L)	分解度 (%)	NO _{2,3} -N (mg/L)	PCE (mol/L)	分解度 (%)	PCE (mol/L)	分解度 (%)
5 s	264	20		211	21		27	94	0.87	30	92	0.79				
5 w	253			11			27			45		0.58				
6 s	175	72		380	13		32	95	0.94	55		1.40				
6 w	229			9			33		0.24	42		0.24	50			
7 s	194	72	0.19	699	14		39	96	1.36	6	99	1.28	8			
7 w	157	88	0.12	37	0		24	95	1.92	42	93	1.89				
8 s	157	81	1.00	452	20		18						28	68		
8 w	60	95	0.08	12	0		18	98	0.30							
9 s	96	93	0.11	235	0	2.80	27	96	0.53							
9 w	163	93	0.37	4	0	2.50	33	91	0.71				355	46		
10 s	337	40	2.20	295	0	3.10	22	95	1.50				235	58		
10 w	114	90	0.83	0		3.10	20	96	0.19				524	39		
11 s	181	80	2.30	163	0	3.30	25	96	0.78				157	53		
11 w	193	87		0		2.20	28	95	0.20							
12 s	307	62	2.60	175	0	2.40	22	95	0.50				843	52	398	29
12 w	133	88	0.81	6	0	2.10	25	95	0.19							
13 s	247	64	1.70	241	0	2.60	30	95	0.39				25	63	42	
13 w	181	82	0.36	4	0	2.50	25	95	0.25							
14 s	127	85		66	0		25	95					205	65	139	34
14 w	15	99		0			16	96								
15 s	84	49		133	0		20	95								
15 w	72	89		0			16	95								

*1: PCE分解度 (%) = ([TCE] + [cis-1,2-DCE]) / ([PCE] + [TCE] + [cis-1,2-DCE]) × 100, [] 内はモル濃度

*2: sは夏期, wは冬期を示す

*3: 空欄は未測定あるいは計算不能

3. 2. 1. 3 佐川町佐川甲での汚染

黒瀬川亜帯に位置し、多くの地層の交錯した佐川町のクリーニング店によるPCE汚染で、隣接地の井戸 (No.100) から、平成4年は基準値を超過したが、その他の1-15年は基準値以下で検出された (図8)。TCEは基準値を超過することはなく、またcis-1,2-DCEは6年から基準値を超過して0.05 mg/L前後で推移していたが、14, 15年では基準値以下となった。

このようなPCE濃度範囲 (平均0.0065mg/L (25 nmol/L)) では分解度は非常に高く5-15年にかけて91-98%の間で推移した (表5)。一方、NO_{2,3}-Nは0.19-1.92 (平均0.68) mg/Lの低値で推移し、これは脱塩素分解性微生物の増殖を反映していると考えられた。

周辺井戸 (No.101) では平成4年は超過 (0.0117 mg/L) したが、以後調査された7年まで基準値以下で推移した。この期間TCEは基準値以下で推移し、cis-1,2-DCEは7年には0.066mg/Lと基準値を超過しており、PCEの脱塩素分解は進行して

いた (分解度: 92-99%, NO_{2,3}-N: 平均1.03 mg/L)。その他の周辺井戸では4年の調査で1井戸から基準値以下のPCEが検出されたが、3井戸では検出されなかった。

現在もクリーニング店でPCEは使用されているが、PCE汚染は減衰しており、新たな汚染はないと思われる。

3. 2. 1. 4 土佐山田町での汚染

黒瀬川亜帯の沖積層に位置し、二級河川物部川に近接する土佐山田町のクリーニング店による平成2年に確認されたPCE汚染⁶⁾であり、発見後直ちに使用は取り止められた。地下水流が深度6-8 m付近を流れており、流れに従って汚染は数町の広域に拡散・希釈し、早い時期からTCEやcis-1,2-DCEはほとんど検出されなくなり、図8に示したように主となるPCEも平成11年の調査から基準値を超えた井戸は無くなった。2年に高濃度に検出された百石町の井戸は5年以降井戸水の採水が不能となった。

3. 2. 1. 5 高知市鴨部・鴨部高町での汚染

三宝山沖積層に位置し、二級河川鏡川に近接する高知市鴨部高町のクリーニング店による昭和59年に確認されたPCE汚染^{3,4,5)}である。発見後直ちに使用は取り止められ、また鏡川の伏流水の流れに沿って拡散・希釈し、広域の井戸で検出されたが、早い時期からTCEやcis-1,2-DCEはほとんど検出されていない。図8に示したように3年からは主となるPCEも環境基準値以下で推移し、平成15年には検出されなかった。

3. 2. 1. 6 高知市玉水町での汚染

黒瀬川沖積層に位置し、一級河川鏡川に近接する玉水町はPCE汚染であるが汚染源は特定されていない。2井戸の推移を図8に示す。玉水町1の井戸ではPCEは平成9年から12年まで基準値を超えて、13年は低下したが14年には再び超過して検出された。TCEはこの期間基準値以下で推移し、cis-1,2-DCEは12年のみ超過し、その他の期間は基準値以下で推移した。表5に示したようにPCE濃度は25-843nmol/Lの範囲で、分解度は39-68%の間を推移し、図11に示したように両者には負の相関がみられた(傾き: -0.0227, 決定係数: 0.403)。この井戸は室戸市・室津の汚染井戸に比べPCE濃度がより高く、そのため分解度は室戸市より低いと推察された。

玉水町2の井戸も分解度は29, 34%と低値であった。周辺井戸の調査ではPCEのみ、TCEのみ、あるいは両者が検出される井戸も存在したがそれらは全て基準値以下であった。

この地域の汚染源は不明のまま調査は14年で終了された。

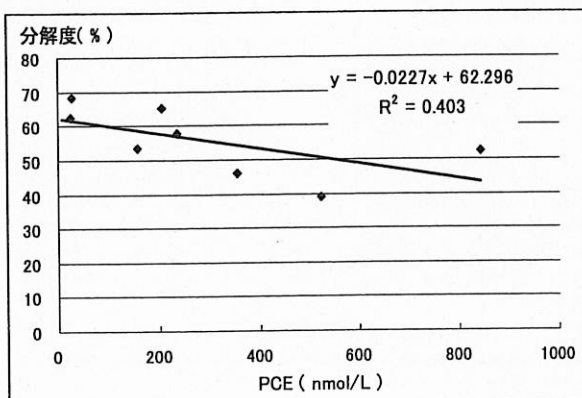


図11 高知市玉水町におけるPCEモル濃度(nmol/L)と分解度(%)

3. 2. 1. 7 VOC汚染のモニタリングの今後の方向性

高知県のVOC汚染は概況調査からみて新たな発生事例は発見されていない。

土佐山田町や高知市鴨部高町は汚染が広域に広がると共に減衰し、環境基準値を超える事例はなく、今後は大まかなモニタリングで充分だと思われる。

従来の科学技術を駆使し汚染修復する積極的修復法に対して、現在では修復後の地下水中の汚染物質が地域固有の種々の要因(微生物分解, 吸着, 拡散等)によって自然に減衰していくことを科学的知見の基に確認し、濃度低減を自然減衰にゆだねるという考え方に基づいたMNA (Monitored Natural Attenuation, 科学的自然減衰)^{10,11)}が体系化され利用されている。室戸市や佐川町ではPCEよりcis-1,2-DCEが多く、PCEの分解度も高いことから今後はMNA手法による汚染管理体制が適していると思われる。

一方、南国市の場合土壤中の細菌による分解度は低く、積極的修復法の採用も検討されるべきではないかと考えられる。

3. 2. 2 NO_{2,3}-N による汚染 (環境基準値: 10mg/L)

3. 2. 2. 1 佐川町庄田での汚染

黒瀬川亜帯(平均値; pH: 6.91, EC: 148 μ S/cm, Cl⁻: 9.2mg/L, NO_{2,3}-N: 0.69mg/L)に位置する飲用井戸水で、平成9年に15mg/LのNO_{2,3}-Nを検出した。この井戸水のpHは5.6, ECは270 μ S/cm, Cl⁻は13mg/L, NH₃-Nは0.01未満で、黒瀬川亜帯での平均値に比べpHは低値でECおよびCl⁻は高値であった。平成12年にはNO_{2,3}-Nは6.65mg/Lに低下、pHは5.6と変わらないが、ECは175 μ S/cm, Cl⁻は5.7mg/Lと共に低下していた。また同時に測定された周辺の4井戸ではNO_{2,3}-Nが8.3mg/L (pH: 6.15, EC: 185 μ S/cm, Cl⁻: 5.35mg/L)の井戸も存在し、この内の2井戸では夏場にアンモニア性窒素(NH₃-N)が0.02と0.03mg/L検出され、この地域がNO_{2,3}-Nに汚染されていると推測された。

3. 2. 2. 2 土佐市宇佐町・春野町西諸木での汚染

新莊川層群(その他)(平均値; pH: 6.75, EC:

187 μ S/cm, Cl^- : 12mg/L, $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$: 1.3mg/L) に位置し、臨海地である土佐市宇佐町で平成14年に農業用井戸から13.5mg/Lの $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ を (pH: 6.3, EC: 385 μ S/cm, Cl^- : 16mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$: 0.013mg/L) 検出した。15年は8.7mg/Lに低下したが、周辺の農業用の4井戸から超過した11.2mg/L (pH: 6.5, EC: 725 μ S/cm, Cl^- : 145mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$: 0.12mg/L) や4.8mg/L ($\text{NH}_3\text{-N}$: 0.01mg/L未満), 4.4mg/L ($\text{NH}_3\text{-N}$: 0.02mg/L) が、さらに $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ は1.45mg/Lであるが $\text{NH}_3\text{-N}$ が0.11mg/L検出され、この地域での汚染が認められた。

新莊川層群 (その他) に位置する春野町西諸木の農業用井戸で $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ が平成15年には13.8mg/L (pH: 6.5, EC: 385 μ S/cm, Cl^- : 29mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$: 0.06mg/L) 検出された。同時に測定した周辺井戸4井戸の内農業用の2井戸で4.2mg/Lの $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ が、また農業用の2井戸で0.18, 0.49mg/Lの高濃度の $\text{NH}_3\text{-N}$ が検出され、地域の汚染が推測された。

3. 2. 3 金属汚染

3. 2. 3. 1 総水銀 (環境基準値: 0.0005mg/L)

新莊川層群のその他に属する香我美町徳王子の1井戸で総水銀が平成2年と4-5年にかけて、0.0006-0.0012mg/L検出された。アルキル水銀は検出されていない。この井戸のpHは5.4から6.8と酸性側で推移しているが、特に水銀の検出された時のpHの平均は5.5で、検出されない時は6.4であった。この井戸の周辺井戸では水銀の検出は無く、pHも5.8から6.6(平均6.13)を示していた。またこの検出井戸のECと Cl^- は検出時と不検出時で差が無く、その平均は351 μ S/cmと32.4mg/Lで、検出されない周辺井戸の平均158 μ S/cmと16mg/Lに比べ高かった。また平成3年から5年にかけて $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ が14-26mg/L検出された。

3. 2. 3. 2 ヒ素 (環境基準値: 0.01mg/L)

室戸半島層群の奈半利川層/沖積層に位置し、臨海地である東洋町白浜の1井戸から平成3年に0.012mg/L (pH: 7.53, EC: 154 μ S/cm, Cl^- : 11.4mg/L), 4-8年にかけて0.005-0.007mg/L (pH: 6.6-8.1 (平均7.4), EC: 172-200 μ S/cm (191 μ S/cm), Cl^- : 9.5-35mg/L (16.4mg/L))

検出されたが、汚染井戸周辺の5井戸 (pHは7.5-8.1; 平均7.84, ECは96-311 μ S/cm; 幾何平均145 μ S/cm) では検出されなかった。8年にはこの汚染井戸から23mg/Lの $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ が検出された (pH: 8.1, Cl^- : 35mg/L)。汚染井戸を含め、周辺井戸は冷却用、農業用で使用されている。

3. 3 地下水のpH, EC, Cl^- の地域固有性と汚染による変動

3. 3. 1 地下水のpH, EC, Cl^- の地域固有性

表3に示したように、海水の混入が見られる青柳公園を除いた水位観測井戸のpHとECおよび Cl^- の反復測定 (16-36, 12-50, 34-51回測定) 値は正規分布を示し、標準偏差 (SD) はpH0.10-0.22 (3SD: 0.3-0.66), ECは21-33 μ S/cm (3SD: 63-99 μ S/cm), Cl^- では1.06-6.32mg/L (3SD: 3.2-19mg/L) を示した。さらにRSDからpHは最も安定 (1.54-2.85), 次いでEC (9.14-14.6), 最も環境負荷を受けて変動が激しいのは Cl^- (21.4-43.9) である事が示された。

また県下全域の調査から、pHは正規分布を、ECおよび Cl^- は対数正規分布を示すことや井戸の位置する地層 (14区分に分類) による地域固有の通常時の値が大まかではあるが明らかになった。

もし簡易に現場で測定できるpH, EC, Cl^- の測定値が地域の固有値と異なることで地下水汚染をいち早くキャッチ出来るのであれば、地下水汚染は環境ボランティアや中高生など多くの人々の参画によって容易に発見出来、即時詳細な原因究明に乗り出せばよく、従来よりも緻密な面の広がりが高知県の水質の安全性を低コストで保証出来ると考えられる。

3. 3. 2 汚染によるpH, EC, Cl^- の変動

3. 3. 2. 1 総水銀およびヒ素汚染とpH, EC, Cl^-

総水銀の僅かな超過事例 (0.0006-0.0012mg/L) でのpHは不検出時に比べて0.9だけ酸性化し、また不検出の周辺井戸より0.6だけ酸性側であった。これは反復観測における3SD値 (0.3-0.66) と比較しても、水銀汚染を反映したpHの変化と考えられる。

ECは検出時と不検出時の差は見られないが、不検出の周辺井戸よりも200 μ S/cm高く、これは3SD値 (63-99 μ S/cm) よりも大きかった。また

Cl⁻では3SDを越すような差は見られなかった。

1件での事例ではあるが、総水銀の環境基準値を越す井戸水では最もpHに、次いでEC値に変化が現れていた。

一方、ヒ素の僅かな超過事例(0.011-0.013mg/L)でのpHの平均は7.53、報告下限値以上の検出時の平均は7.46であり、不検出の周辺井戸の平均7.84に対して、それぞれ0.31、0.38低い値であったが、水銀検出時のような酸性化はみられなかった。濱谷ら¹²⁾はヒ素検出水での平均pHは7.26とやや高めで臨海部に多いことを報告しているが、この事例も海水の影響は受けてないが臨海地であり、ヒ素の場合はこのようなpH域で検出され、汚染によるpHの変動は少ないと思われる。またECおよびCl⁻ではヒ素検出との間で関連性はなかった。

3.3.2.2 VOC汚染とpH, EC, Cl⁻

VOCとの関連性は経時的变化の大きな室戸市・室津のデータを用いて検討した。PCEはTCE, cis-1,2-DCEと脱塩素分解するため、Cl⁻との関連性を検討したが認められなかった。Cl⁻は環境因子の影響を受けやすいため、特異的な関連性は認め難いと思われた。

ECとcis-1,2-DCE間での相関(決定係数0.314)はさほど強くなく、またpHでは全く認められなかった。

3.3.2.3 NO_{2,3}-N汚染とpH, EC, Cl⁻

図7に示したようにNO_{2,3}-Nが6mg/L以上の場合はpHと負の相関を、ECとは正の相関を示したが、NO_{2,3}-Nの環境基準値は10mg/Lであるために超過事例の濃度ではpHとECに変化が生じる。

佐川町・庄田(飲用)のNO_{2,3}-N汚染井戸およびその周辺井戸(飲用)のpHはNO_{2,3}-Nが6mg/L以上では以下の場合より0.7低く(反復測定3SDと比較して大きい)、NO_{2,3}-Nの増加を反映したpHの変動と考えられる。またECでは6mg/L以上では以下の場合より60μS/cm高く、差は大きくはないが反映していると考えられた。

しかしながら土佐市宇佐町や春野町西諸木の農業用ハウスの中や側にあるNO_{2,3}-N汚染井戸およびその周辺井戸では、6mg/L以上の井戸は以下の井戸よりpHが0.2-0.15しか低下していなかった。またECは宇佐では254μS/cm高いが、西諸木では差が見られなかった。このような農業用浅井

戸の近くでは収穫後の作物が野積みされていたり、施肥の影響からNO_{2,3}-Nの他にNH₃-Nが多く含まれており、pHやECに影響したためと考えられた。

3.3.2.4 環境汚染によるpH, EC, Cl⁻の変動と今後の課題

環境基準値を超えた4項目の事例についての検討から、汚染によってpH, EC, Cl⁻に有意な変動が見られる場合と見られない場合が存在した。ただ汚染の事例数が少なく、今後は全国的な調査データの文献的検討を重ねることによって、より詳細な両者の関連性を検討する必要があると思われた。そうして得た知見を利用しながら、画一的な調査でなくその地域性に応じた調査を効果的に、またより多くの人たちの参画によって面として緻密に実施し、地下水の環境保全を捉える事が重要と思われる。

4. まとめ

4.1 pH, EC, Cl⁻の検討から、pHは範囲が5.6-8.2で、最頻値は6.7、算術平均値6.86(95%信頼区間:6.81-6.91)の正規分布を、ECは範囲が27-1000μS/cmで、最頻値は120μS/cm(100<, 120≥), 幾何平均値142μS/cm(95%信頼区間:135-150μS/cm)の対数正規分布を、Cl⁻は範囲が<2-230mg/Lで、最頻値は8mg/L(6<, 8≥), 幾何平均値9.2mg/L(95%信頼区間:8.7-10mg/L)の対数正規分布を示した。

また高知県を14地域に区分した各地層において、大まかではあるがpH, ECおよびCl⁻の通常時の固有値が明らかになった。

4.2 海水の影響を受けてない水位観測所の反復した測定から、pH, EC, Cl⁻の標準偏差はそれぞれ0.10-0.22, 21-33μS/cm, 1.06-6.32mg/Lを示した。さらに相対的標準偏差からpHは最も安定しており(1.54-2.85)、次いでEC(9.14-14.6)、最も環境負荷を受けて変動が激しいのはCl⁻(21.4-43.9)であった。

4.3 NO_{2,3}-N値は範囲0.006mg/L未満-15mg/Lで、最頻値は0.5mg/L(0.01<, 5≥), 幾何平均値0.853mg/L(95%信頼区間:0.73-0.99mg/L)の対数正規分布を示した。さらにNO_{2,3}-Nが6mg/L超過の時(n=9)にはpHとの間で負の相関(決定係数:0.5366)が、ECとの間では

正の相関（決定係数：0.3401）がみられた。

4. 4 平成元年～15年の概況調査における環境基準超過項目は総水銀（超過率0.3%）、ヒ素（0.3%）、PCE（0.5%）、NO_{2,3}-N（1.1%）の4項目で、基準値以下の検出項目は鉛、ジクロロメタン、cis-1,2-DCE, MC, TCE, フッ素およびホウ素の7項目であり、その他の14項目では検出されなかった。また水位観測所で鉛が1件一過性に超過して検出された。

4. 5 VOC汚染は汚染源不明の高知市玉水町以外は全てクリーニング店によるものであった。

昭和59年と平成2年に発見された高知市鴨部・鴨部高町と土佐山田町では汚染発見後直ちにPCEの使用が中止され、また近接した大きな河川の伏流水によって拡散・希釈され、それぞれ平成3年と11年からはPCEの基準値を超えた井戸は無くなった。

佐川町佐川甲では平成4年のみ基準値を超過したが、その他の1～15年にかけては基準値以下で推移した。PCEの分解度は91～98%で推移し、分解物のcis-1,2-DCEは6年から基準値を超過して検出されたが14年からは基準値以下となった。

室戸市室津では平成1～3年は基準値以下であったが、4～15年は0.0118～0.0481mg/Lの超過した範囲で推移した。PCEの分解度は5年の夏期では20%と低かったが、その後は40～99%で推移し、cis-1,2-DCEは6年から基準値を超過して推移したが15年には環境基準値以下となった。

南国市下野田でのMCとPCEによる汚染井戸では、MCは平成2～11年に基準値以下で、PCEは14年では基準値以下であったが、その他の1～15年は超過して（0.0113～0.0975mg/L）検出された。なお現在もPCEは使用されている。VOCの原液帯は水位の高い夏場しか地下水に接触出来ず、PCEの分解が出来てない事が推測された。

高知市玉水町では、最も汚染された井戸は13年のみ基準値以下で、その他の9～14年は超過して検出された。TCEはこの期間基準値以下、cis-1,2-DCEは12年のみ超過し、分解度は39～68%の間を推移した。この地域での調査は14年で終了された。

4. 6 NO_{2,3}-N汚染は佐川町庄田で平成9年に15 mg/LのNO_{2,3}-Nを検出し、周辺の井戸でも8.3mg/L検出され、地域の汚染がうかがわれた。

pHはNO_{2,3}-Nが6 mg/L以下の場合より0.7低く、ECでは60 μS/cm高かく変動した。

また臨海地である土佐市宇佐町と春野町西諸木の農業用井戸から平成14、15年に13.5、11.2mg/Lと15年に13.8mg/LのNO_{2,3}-Nが検出され、また周辺地域の農業用井戸汚染が確認された。さらに超過井戸ではNH₃-Nも0.06～0.12mg/L検出され、pHの酸性化やECの明らかな変動が見られなかった。

4. 7 金属汚染は、総水銀とヒ素でみられた。香我美町徳王子で総水銀が平成2年と4～5年に0.0006～0.0012mg/L検出された（アルキル水銀は検出されていない）。pHは不検出時に比べて0.9だけ酸性化し、またECは不検出の周辺井戸よりも200 μS/cm高く、総水銀の汚染は最もpHに、次いでEC値に変化をもたらしていた。

一方、臨海地の東洋町白浜の農業用井戸からヒ素が平成3年に0.012mg/L、4～8年に0.005～0.007mg/L検出された。pHは7.53で、不検出の周辺井戸に対して、0.31低い値であったが、ECおよびCl⁻での変動はみられなかった。

文 献

- 1) 環境庁水質保全局：昭和57年度地下水汚染実態調査結果。1983。
- 2) 環境庁水質保全局：昭和58年度地下水汚染実態調査結果。1984。
- 3) 西山保ら：1.1.1-トリクロロエタン，トリクロロエチレン，テトラクロロエチレンによる地下水汚染（第1報），高知県衛生研究所報，31，35-39，1984。
- 4) 西山保ら：1.1.1-トリクロロエタン，トリクロロエチレン，テトラクロロエチレンによる地下水汚染（第2報），高知県衛生研究所報，32，41-45，1986。
- 5) 西山保ら：1.1.1-トリクロロエタン，トリクロロエチレン，テトラクロロエチレンによる地下水汚染（第3報），高知県衛生研究所報，33，45-54，1987。
- 6) 渡辺賢介ら：有機塩素化合物による地下水汚染事例について，高知県公害防止センター所報，9，29-34，1992。

- 7) 中澤式仁編：改訂地下水ハンドブック，建設産業調査会，148-156，1998.
- 8) 宮川みどりら：テトラクロロエチレンおよびその分解物質挙動解析に基づく金沢市下水の汚染評価，水環境学会誌，26 (12)，869-874，2003.
- 9) 瀧口 洋ら：有機塩素化合物による土壌および地下水汚染の生物修復－1. 微生物活性化法（バイオスティミュレーション）－，用水と廃水 43(9)，35-43，2001.
- 10) 西川雅高ら：MNA手法による地下水汚染評価の試み－地域密着型研究の紹介－，第19回全国環境研究所交流シンポジウム予稿集，(1-1)-(1-2)，2004.
- 11) 大岩敏男ら：VOCによる地下水汚染対策の現状とMNA研究について，第19回全国環境研究所交流シンポジウム予稿集，(2-1)-(2-4)，2004.
- 12) 濱谷幸子ら：地下水中のヒ素に関連する水質特性～三重県北部の地層との関連，水環境学会誌 24(11)，739-744，2001.

資料1 地下水の評価基準および環境基準設定の推移と概況調査井戸の調査項目および調査件数

項目	H1 ¹⁾		評価基準 (mg/L) ²⁾		評価基準 (mg/L)		環境基準 (mg/L)		環境基準 (mg/L)		合計件数			
	県	市	H1.9.14		H5.3.8		H9.3.13		H11.2.22		H12-15		総合	
			11項目	H2-5	H6-8		H9-11		H12-15					
有機リン			不検出											
カドミウム			0.01	48 4	0.01	34 29	0.01	74 29	0.01	88 38	244	100	344	
全シアン			不検出	8 4	不検出	34 29	不検出	74 29	不検出	88 38	204	100	304	
鉛			0.01	48 4	0.01	34 29	0.01	74 29	0.01	88 38	244	100	344	
六価クロム			0.05	48 4	0.05	34 29	0.05	74 29	0.05	88 38	244	100	344	
ヒ素			0.01	48 4	0.01	34 29	0.01	74 29	0.01	88 38	244	100	344	
総水銀			0.0005	48 4	0.0005	34 29	0.0005	74 29	0.0005	88 38	244	100	344	
アルキル水銀			不検出	0 0	不検出	0 0	不検出	0 0	不検出	0 0	0	0	0	
PCB			不検出	48 0	不検出	15 10	不検出	74 0	不検出	88 0	225	10	235	
ジクロロメタン				8 10	0.02	37 29	0.02	74 29	0.02	88 38	207	106	313	
四塩化炭素				8 10	0.002	37 29	0.002	74 29	0.002	88 38	207	106	313	
1,2-ジクロロエタン				8 10	0.004	37 29	0.004	74 29	0.004	88 38	207	106	313	
1,1-ジクロロエチレン				8 10	0.02	37 29	0.02	74 29	0.02	88 38	207	106	313	
シス-1,2-ジクロロエチレン				8 10	0.04	37 29	0.04	74 29	0.04	88 38	207	106	313	
1,1,1-トリクロロエタン	14	17		48 41	1	37 29	1	74 29	1	88 38	261	154	415	
1,1,2-トリクロロエタン				8 10	0.006	37 29	0.006	74 29	0.006	88 38	207	106	313	
トリクロロエチレン	14	17		0.03	48 41	0.03	37 29	0.03	74 29	0.03	88 38	261	154	415
テトラクロロエチレン	14	17		0.01	48 41	0.01	37 29	0.01	74 29	0.01	88 38	261	154	415
1,3-ジクロロプロペン				8 10	0.002	37 29	0.002	74 29	0.002	88 38	207	106	313	
チウラム				8 0	0.006	37 29	0.006	74 29	0.006	88 38	207	96	303	
シマジン				8 0	0.003	34 29	0.003	74 29	0.003	88 38	204	96	300	
チオベンカルブ				8 0	0.02	34 29	0.02	74 29	0.02	88 38	204	96	300	
ベンゼン				8 10	0.01	37 29	0.01	74 29	0.01	88 38	207	106	313	
セレン				8 2	0.01	34 29	0.01	74 29	0.01	88 38	204	98	302	
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素				8 0		37 12		74 15		10 88 38	207	65	272	
ふっ素									0.8	88 38	88	38	126	
ほう素									1	88 38	88	38	126	
pH	14	17		40 33		37 29		74 29		88 38	253	146	399	
EC	14	17		40 33		37 29		74 29		88 38	253	146	399	
Cl	14	17		40 33		37 29		74 29		88 38	253	146	399	
NH ₃ -N				24 0		37 0		74 0		88 0	223	0	223	
NO ₂				24 0							24	0	24	
NO ₃				24 0							24	0	24	
Ca	14			28 0							42	0	42	
Fe	10			28 0							38	0	38	
Mn	10			28 0							38	0	38	
Na	14			28 0							42	0	42	
K	14			28 0							42	0	42	
Mg	14			28 0							42	0	42	

* 1 : Hとは平成を示し、後に続く数字は年度を示す。
 * 2 : 評価基準列、環境基準列にはその基準の設定された年月日と対象項目数および各項目の基準値 (mg/L) を示す。
 * 3 : 県とは高知県が実施した調査を意味し、対象の井戸は高知市以外の地域。市とは高知市が実施した調査を意味し、対象の井戸は高知市内の地域。

資料2 地下水の環境基準値と水位観測井戸の概況調査項目および調査件数

項目	環境基準 H11.2.22 26項目	南国市立田日章 浅井戸		高知市青柳公園 浅井戸		中村市具同 浅井戸		春野町天皇 浅井戸		伊野町砂ヶ森 浅井戸		伊野町八田 浅井戸		A ¹⁾		中村市入田 浅井戸	
		H2-11 ²⁾	H12-15	H2-11	H12-15	H2-9	H10-15	H2-11	H12-15	H2-14	H2-14	H13,14	H13-15				
		カドミウム	0.01		○		○		○		○						
全シアン	不検出		○		○		○		○								
鉛	0.01		○		○		○		○								
六価クロム	0.05		○		○		○		○								
ヒ素	0.01		○		○		○		○								
総水銀	0.0005		○		○		○		○								
7444水銀	不検出		○		○		○		○								
PCB	不検出		○		○		○		○								
ジクロロメタン	0.02		○		○		○		○								
四塩化炭素	0.002		○		○		○		○								
1,2-ジクロロエタン	0.004		○		○		○		○								
1,1-ジクロロエチレン	0.02		○		○		○		○								
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04		○		○		○		○								
1,1,1-トリクロロエタン	1		○		○		○		○								
1,1,2-トリクロロエタン	0.006		○		○		○		○								
トリクロロエチレン	0.03	○ ³⁾	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
テトラクロロエチレン	0.01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
1,3-ジクロロプロペン	0.002		○		○		○		○								
チウラム	0.006		○		○		○		○								
シマジン	0.003		○		○		○		○								
チオベンカルブ	0.02		○		○		○		○								
ベンゼン	0.01		○		○		○		○								
セレン	0.01		○		○		○		○								
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10		○		○		○		○								
ふっ素	0.8		○		○		○		○								
ほう素	1		○(H12:nt)		○(H12:nt)		○(H10:nt)		○								
pH			○		○		○(H5:nt)		○			○(H2-11:nt)	○(H2-11:nt)	○	○		
EC		○(H5:nt) ²⁾	○	○(H5:nt)	○				○(H12:nt)								
Cl		○(H5:nt)	○	○(H5:nt)	○	○(H5:nt)	○	○(H5:nt)	○	○(H5:nt)	○(H5:nt)	○(H5:nt)	○	○			
NH ₃ -N			○(H12,13:nt)		○(H12:nt)				○(H12,13:nt)								
Cr			○(H12:nt)		○(H12:nt)		○(H10:nt)		○(H12:nt)								

* 1 : Aは 春野町谷、土佐市野田、土佐市高岡町、土佐市新居、伊野町伊野の各水位観測所を意味する。
 * 2 : Hは平成を示し、続く数字は年度を示す。
 * 3 : ntは not test
 * 4 : ○は 実施したことを示す。

IV 高知県環境研究センター所報投稿規定

1. 所報の内容

- (1) 環境研究センターの概要 (当該年度)
 - 1) 沿革 2) 施設の概要
 - 3) 組織及び所掌事務 4) 職員の一覧
 - 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) 各科の業務概要

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に限る。
- (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に限る。

(3) 原稿の執筆

原稿の執筆は原稿用紙またはワードプロセッサを用いる。原稿用紙は横書き400字詰め用紙を用いる。ワードプロセッサの場合は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

原稿は所属科長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校をもって校了とする。初校, 再校は著者が行い, 3校は編集委員会が行う。

(6) 編集委員会

所報編集委員会は, 各科より一名ずつ参加するものとし, 編集委員長は技術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。

(7) 原稿

原稿は10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, はじめに, 実験, 調査 (材料と方法), 結果, 考察, おわりに (謝辞), 文献の順序とする。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 (.,), (・), (「」) には一区画をあてる。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。

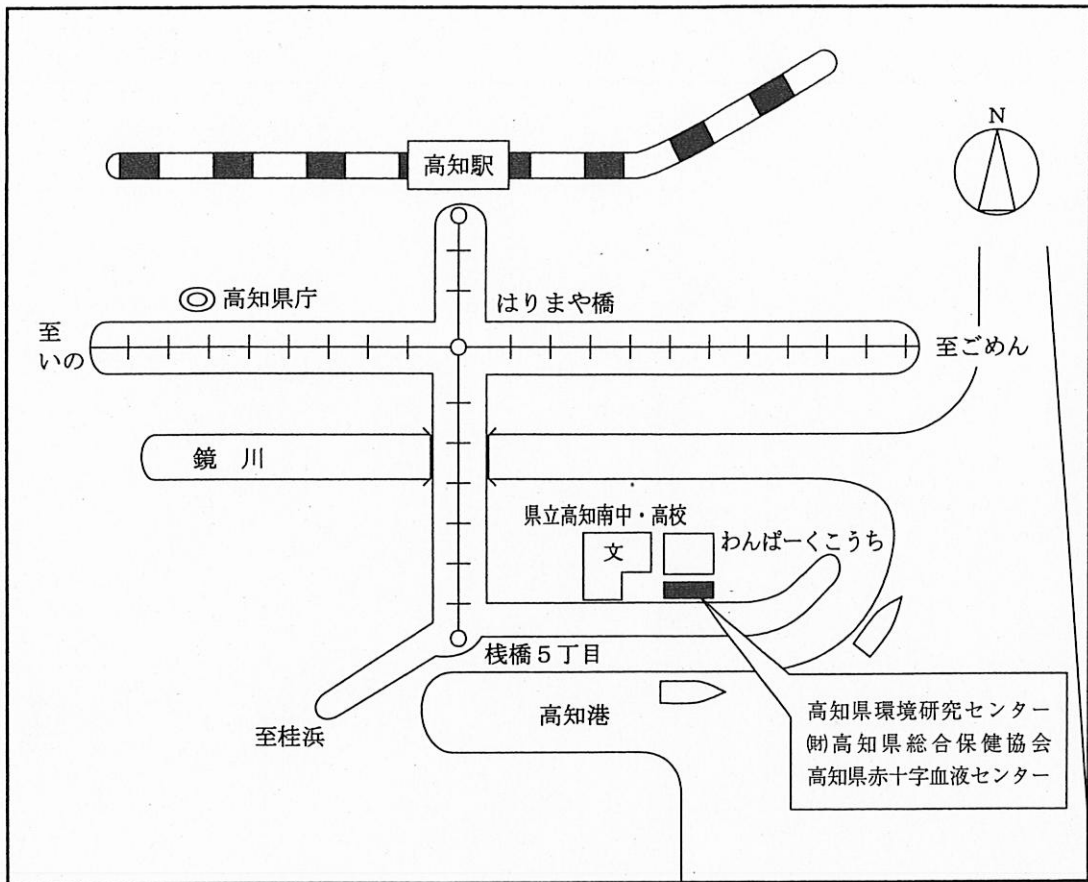
ゴシック体	~~~~~
イタリック体	—————
小キャピタル	=====
大キャピタル	マルで囲む

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。ワードプロセッサを用いる場合はこの限りではない。

5. 文献

- (1) 文献は本文の引用箇所の右肩に1), 2), 3), 4-6) のように通し番号で示す。記載方法は一文献ごとに行を改める。
- (2) 雑誌の引用は, 著者名: 雑誌名, 巻(号), 頁, 発行年(西暦)の順に記載する。
- (3) 共著の場合は, 3名以内は全員を記載し, 4名以上の場合は第1著者のみを記載し, その後に「ら」と記す。
- (4) 文献の略名は邦文誌は日本自然科学学術雑誌総覧, 欧文誌はChemical Abstractsに従って記載する。



高知県環境研究センター所報

第二十号

平成15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 141403@ken.pref.kochi.lg.jp

ホームページ www.pref.kochi.jp/~kankyou/research/

印刷所：西富騰写堂

〒780-8037 高知市城山町36

電話 088-831-6820 (代)