高知県公害防止センター所報

第　1　号

昭和59年度

高知県公害防止センター

序

高知県公害防止センターは，昭和48年発足以来公害に関する監視，測定，検査，調査研究や公害防止の技術的指導などを行いつつ，行政の支えとして活動してきた。しかし，その研究報告は昭和51年の高知県公害防止センター年報第一号以来発刊を中断して今日に至っている。それは大気，水質，騒音，悪臭などに関する経常業務の多忙のため調査研究の時間が制限されたことや，専任所長の長期的不在などが原因したかもしれぬ。

地方自治体の研究機関としての性格からみて，地域の公害行政に寄与するためには研究所自体の報告書を持ち，年間の業務や調査研究の結果をまとめ地域に還元するのも私どもの責任の一つであると思われる。公害防止センターの発足した昭和48年当時と比べれば，公害問題も産業型から生活環境型へと変貌し，今後の環境問題は社会の発展とニーズに従って未然防止の対応が必要であると考えられる。

このような環境問題の過渡期にあって公害防止センターの使命に想いを致し研究所報の再刊を実現することにした。編集，内容等には問題があろうと思われるが，これを再出発の第一歩として今後の発展を期したいところである。

ここに昭和59年度の業務のありのままを報告すると共に，研究活動の一端を紹介してそれが少しでも関係方面のお役にたつなれば幸いであるし，また併せて大方の御批判，御叱声と御指導が得られるならば私どももこれに過ぎる喜びはない。

昭和60年12月

所長　上田雅彦

目　　次

Ⅰ　公害防止センターの概要

1．沿　　革 …… 1
2．施設の概況 …… 1
3．組織及び所掌事務 …… 1
4．職員一覧 …… 2
5．主要備品 …… 2
6．昭和59年度予算（歳出） …… 2
7．学会・会議及び研修 …… 3
8．公害防止センター９年間の変遷 …… 3
(1) 職員の構成 …… 3
(2) 予算（歳出） …… 4
(3) 行政依頼件数 …… 5
(4) 調査研究件数 …… 6

Ⅱ　業務概要

大　気　科 …… 7
水　質　科 …… 8
特殊公害科 …… 9

Ⅲ　調査研究報告

1．高知県内の環境大気中水銀濃度について …… 11
2．パイロットバルーンの位置計算誤差について …… 19
3．永瀬ダム湖における淡水赤潮生物 *Peridinium* 属の
　　分類と遷移現象および日周運動について …… 31
4．底生動物相による高知県内河川の水質評価の試み（第１報） …… 41
5．江の口川汚濁調査について …… 81
6．県下の河川・海域中の重金属調査結果について …… 89
7．高知空港における航空機騒音調査について …… 95
8．高知県における酸性雨調査（第１報） …… 105

Ⅰ　公害防止センターの概要

Ⅰ　公害防止センターの概要

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

2．施設の概況

保健衛生総合庁舎(鉄筋コンクリート 5,309㎡)の４階の一部と別棟倉庫及び車庫

事　務　室	37.1㎡	第三機器室	35.0㎡
大　気　科	50.4	機　械　室	20.3
水　質　科	113.7	倉　　庫	13.7
特殊公害科	35.0	車　　庫	共用
第一機器室	46.8	計	406.2㎡

3．組織及び所掌事務

所　長 ── 次　長
- 総　務　課
  - 1．庶務に関すること．
  - 2．その他，他の科に属しない事務処理に関すること．
- 大　気　科
  - 1．環境大気の常時監視に関すること．
  - 2．煙道の立入検査測定に関すること．
  - 3．大気中の有害物質の測定に関すること．
  - 4．公害防止施設及び処理技術の指導に関すること．
  - 5．大気汚染の調査研究，情報資料の収集に関すること．
  - 6．環境影響評価に関すること．
- 水　質　科
  - 1．公共用水域の常時監視に関すること．
  - 2．工場排水の測定検査に関すること．
  - 3．水質にかかる有害物質の測定に関すること．
  - 4．泥質，底質にかかる測定検査に関すること．
  - 5．公害防止施設及び処理技術に関すること．
  - 6．水質汚濁の調査研究，情報資料の収集に関すること．
  - 7．環境影響評価に関すること．
- 特殊公害科
  - 1．悪臭・騒音・振動・地盤沈下の測定検査に関すること．
  - 2．産業廃棄物の分析調査に関すること．
  - 3．市町村行政依頼検査に関すること．
  - 4．公害防止施設及び処理技術に関すること．
  - 5．特殊公害の調査研究・情報資料の収集に関すること．
  - 6．環境影響評価に関すること．

4. 職員一覧

59.8.1 現在

職名		氏名
所長(兼)		上田雅彦
次長		広末誠雄
総務課	総務課長(兼)	岡林繁芳
	主監	小川幸子
大気科	大気科長	矢部武男
	主任研究員	白木恭一
	〃	原田浩平
	技師	佐藤祐二

職名		氏名
水質科	水質科長	門田治幸
	主任研究員	堀内泰男
	〃	邑岡和昭
	〃	渡辺賢介
	技師	河渕雅恵
	〃	西山泰彦
	主任技師	山中幸子
特殊公害科	特殊公害科長	川村速雄
	主任研究員	松尾憲親
	〃	門田泰昌

5. 主要備品

品名	数	品名	数
原子吸光分析装置	1	煙道用窒素酸化物測定装置	1
悪臭測定用ガスクロマトグラフ分析装置	1	多チャンネル騒音・振動レベル処理装置	1
蛍光分光光度計	1	分光光度計	1
自記分光光度計	1	赤外分光光度計	1
TOC測定装置一式	1	高速液体クロマトグラフ	1
低温灰化装置	1	煙道ダスト自動等速吸引装置	1
蛍光X線装置	1	浮遊粉じん測定装置	4
大気中窒素酸化物測定装置	6	微風向風速計	2
高感度水銀分析計	1	1/3実時間周波数分析器	1
ガスクロマトグラフ	2	オゾン自動測定記録校正装置	1
大気中オキシダント測定装置	3	大気環境測定コンテナ一式	1
大気中二酸化硫黄測定装置	6	大気環境測定バス一式	1
一酸化炭素自動測定装置	1		
超音波洗浄装置	1		

6. 昭和59年度予算（歳出）

(千円)

節＼目	公害防止センター費	公害企画管理費	公害調査指導費	環境整備事業費	資源開発費	計
共済費	12					12
賃金	761	398	1,112			2,271
旅費	1,072		2,335		280	3,687
需要費	10,999	100	10,950	80		22,129
役務費	170		398			568
委託料	4,600					4,600
使用料及賃借料	20					20
備品購入費		16	722			738
負担金補助及交付金	25					25
公課費		18				18
計	17,659	532	15,517	80	280	34,068

7．学会・会議及び研修（昭和59年度）

期　　間	名　　称	開催地	出席者
59．4/27～4/28	全国公害研協議会 中・四国ブロック会	山口市	(大平昌彦 門田治幸)
6/8	化学物質汚染実態調査打合会議	東京都	邑岡和昭
6/14～6/15	地方公共団体公害研究機関所長会	東京都	広末誠雄
9/18	化学物質汚染実態調査ブロック別打合会議	徳島市	(邑岡和昭 河渕雅恵)
9/20～9/21	GC/MS 技術打合会	京都市	(邑岡和昭 河渕雅恵)
10/23～10/24	全国公害研協議会 中・四国ブロック大気部会	松山市	(白木恭一 佐藤祐二)
10/30～10/31	〃　〃　水質部会	広島市	(堀内泰男 西山泰彦)
11/5～11/8	第25回大気汚染学会	宇部市	(川村速雄 原田浩平)
11/12～11/30	大気分析研修（公害研修所）	所沢市	佐藤祐二
12/6～12/8	第11回環境保全公害防止発表会	東京都	矢部武男
60．1/21～2/1	悪臭分析研修（公害研修所）	所沢市	松尾憲親
1/30～2/2	第21回衛生工学研究討論会	茨木県 筑波郡	渡辺賢介
2/27～3/2	第2回環境科学セミナー	所沢市	(渡辺賢介 堀内泰男)
2/28	統一精度管理調査検討会 中・四国ブロック会	鳥取市	(河渕雅恵 西山泰彦)
3/11～3/15	第19回水質汚濁学会	東京都	(渡辺賢介 河渕雅恵)
3/13～3/15	悪臭公害対策セミナー	東京都	(川村速雄 門田泰昌)
3/26～3/30	日本音響学会（昭和60年春期）	東京都	川村速雄

8．公害防止センター9年間の変遷

(1) 職員の構成

区分＼年度	50	51	52	53	54	55	56	57	58	備　　考
所　　長	1	1	1	1	1	1(1)	1(1)	1(1)	1(1)	55年より衛研所長兼務
次　　長						1	1	1	1	
総務課	2(1)	2(1)	2(1)	2(1)	2(1)	2(1)	2(1)	2(1)	2(1)	衛研次長・課長兼務
大気科	5	4	4	5(1)	4	4	4	4	4	
水質科	8	8	8	8	8	8(1)	7	7	7	
特殊公害科	5(3)	6(3)	5(2)	5(2)	5(3)	6(3)	3	4(1)	4(1)	
合　　計	21(4)	21(4)	20(3)	21(4)	20(4)	22(6)	18(2)	19(3)	19(3)	

(　)内は内兼務数

(2) 予算（歳出）

(千円)

目	節＼年度別	50	51	52	53	54	55	56	57	58
公害防止センター費	共済費	5	4	4	3	11	15	11	15	12
	賃金	315	356	264	365	784	682	713	745	745
	旅費	901	810	810	910	910	1,056	1,158	1,058	1,072
	需要費	7,536	7,683	9,172	9,813	9,813	10,084	11,954	11,954	11,636
	役務費	138	152	191	191	191	191	144	100	270
	委託料			495	620	2,185	3,143	4,529	4,477	4,600
	使用料及び賃借料	30	27	27	27	27	27	10	10	20
	工事請負費					450	1,030			
	備品購入費	3,750	860		890	650				
	負担金補助及び交付金						15	15	15	25
	公課費	20		56						
	計	12,695	9,892	11,019	12,819	15,021	16,243	18,534	18,374	18,380
公害企画管理費	賃金				36	32	11	250		160
	需要費		19			72	145	130	60	
	役務費					1		1	20	
	備品購入費				72	50			289	
	公課費			7		63	9	63	9	
	計		19	7	108	218	165	444	378	160
公害調査指導費	賃金			96	87	274	158	618	422	299
	旅費	755	470	541	1,272	1,330	1,597	1,563	2,892	2,739
	需要費	2,485	2,780	2,743	3,965	7,251	5,483	7,534	7,950	7,066
	役務費				25		96	120	438	230
	使用料及び賃借料					14	35			231
	備品購入費			33	290	368	1,381	610	400	214
	計	3,240	3,250	3,413	5,639	9,237	8,750	10,445	12,102	10,779
環境整備事業費	需要費	70	150	200	70	70	570		500	340
	計	70	150	200	70	70	570		500	340
総合計画開発費	需要費		80							
	計		80							
資源開発費	旅費				204	338	267	330	280	330
	需要費			80	80	20		400		
	計			80	284	358	267	730	280	330
基盤整備費	需要費									90
	使用料及び賃借料									10
	計									100
	合計	16,005	13,391	14,719	18,920	24,904	25,995	30,153	31,634	30,089

(3) 行政依頼件数

項目	年度別	50	51	52	53	54	55	56	57	58
大気科	大気監視測定	1,085件 4,529延日	920 6,791	71 6,284	204 8,893	168 9,240	181 10,439	192 10,800	204 10,800	180 10,800
	降下ばいじん	件 1,085	920	71	204	168	181	192	204	180
	浮遊ふんじん	延日 705	1,410	1,000	1,440	1,440	2,160	2,160	2,160	2,160
	いおう酸化物	延日 1,005	1,458	1,686	2,160	2,160	2,160	2,160	2,160	1,800
	一酸化炭素	延日 150		90	360	360	360	360	360	360
	窒素酸化物	延日 514	2,040	1,946	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880
	オキシダント	延日 537	1,080	862	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080
	風向・風速	延日 1,330	705	630	720	1,080	1,440	1,440	1,440	1,800
	測定車	延日 288	98	70	253	240	340	360	360	360
	コンテナ局						延日 19	360	360	360
	煙道ばいじん	件 13	21	21	19	33	27	16	8	18
	その他	件 1,137	54	59	6	22	62	62	33	174
	計	2,235件 4,529延日	995 6,791	151 6,284	229 8,893	223 9,240	270 10,439	270 10,800	245 10,800	372 10,800
水質科	公共用水域	件 2,705	2,756	2,357	2,360	2,492	2,556	2,660	3,279	3,498
	生活項目	件 478	440	452	407	408	432	479	410	419
	健康項目	件 556	525	544	502	517	539	568	570	579
	特殊項目	件 464	370	405	450	450	470	495	495	505
	油分	件 124	68	73	98	114	118	116	112	110
	底質	件 702	948	346	348	440	476	497	497	486
	その他	件 381	405	537	555	563	521	505	1,195	1,399
	工場事業所	件 225	176	229	159	264	362	321	248	301
	空港周辺水質調査							件 840	1,008	1,230
	苦情による調査	件 515						250	179	192
	計	件 3,445	2,932	2,586	2,519	2,756	2,918	4,071	4,714	5,221
特殊公害科	悪臭測定	件 108	46	89	208	266	147	254	278	90
	騒音測定	件 6	33	65	76	23	136	80	50	132
	振動測定			件 263	38	113	108	54	47	132
	自動車騒音定点測定						件 36	47	36	50
	空港周辺騒音調査					件 1,700			1,237	4,278
	本川発電所水質調査		件 400	600	600	600	600	650	720	720
	産業廃棄物検査	件 114	178	85	198	14	104	58	58	
	その他		439	55	301	109	98		53	
	計	件 228	1,096	1,157	1,421	2,825	1,229	1,143	2,479	5,402

(4) 調査研究件数

項目	年度別	50	51	52	53	54	55	56	57	58
大気科	大気中有害物質調査	件 160	70	7	216				125	365
	データ解析手法調査					延日 180	90	90	90	90
	計	件 160	70	7	216	延日 180	90	90	125件 90延日	365 90
水質科	淡水赤潮調査（ダム）			件 488			4,291	4,416	3,916	120
	未達成水域調査				件 56	1,803	1,542	909	416	
	計			件 488	56	1,803	5,833	5,325	4,332	120
特殊公害科	騒音予測調査				件 62	50	130	64		
	酸性雨調査									件 1,012
	計				件 62	50	130	64		1,012

Ⅱ　業　務　概　要

大　気　科

1．行政調査

1.1.　大気監視測定

高知市（百石町局，丸の内局，丸池町局，はりまや橋局，東城山町局），須崎市（須崎保健所局，押岡局），南国市（稲生局，南国市役所局），伊野町（天神保育所局，伊野警察署局），土佐市（土佐市役所局）の常設12局及びコンテナ局（59年度は高知県看護学園），移動測定車（1か月毎に移動）において，自動測定機（硫黄酸化物計7台，窒素酸化物計6台，オキシダント計4台，一酸化炭素計1台，浮遊粒子状物質計4台，浮遊粉じん計3台，非メタン炭化水素計1台，風向風速計7台，日射計1台，放射収支計1台，総計35台）により，環境大気の汚染状況の監視と気象の観測を行った．

環境基準により評価すると，二酸化硫黄の測定値は，丸池町局において短期的評価，長期的評価ともに不適合であった．

二酸化窒素については，全測定局で適合していた．

オキシダントについては，南国市役所局において4月に基準を超える状況が2時間出現した以外は全て基準以下であった．

浮遊粒子状物質については，丸池町局と押岡局において短期的評価不適合であった．

また，測定機が異なるため環境基準のあてはめはできないが，その準用評価を行うと須崎保健所局で短期的評価，長期的評価ともに不適合，須崎市塩田町（測定車）において短期的に不適合であった．

一酸化炭素については，はりまや橋局における日平均値は1～5ppmの値であり環境基準に適合していた．

降下ばいじんは，高知市5地点，南国市4地点，須崎市5地点で測定を行った．

その結果，20トン/㎢月以上の地点は49年度以降なくなったが，10～20トン/㎢月の地点が南国市でみられた．その他の地点は3～8トン/㎢月程度のレベルにあり良好であった．

大気監視測定実施数

項　　目	測定点数	測定日数
1）二酸化硫黄	7	2,555延日
2）浮遊粒子状物質	8	2,920 〃
3）窒素酸化物	6	2,190 〃
4）オキシダント	4	1,460 〃
5）一酸化炭素	1	365 〃
6）非メタン炭化水素	1	365 〃
7）風向・風速	6	2,190 〃
8）日射量	1	365 〃
9）放射収支量	1	365 〃
10）降下ばいじん	14	168 件

1.2.　煙道測定

煙道排ガスの測定については，4社の工場，事業場について窒素酸化物とばいじんを測定したが，排出基準不適合の事例はみられなかった．

煙道測定実施数

項　　目	測定点数	測定日数
1）窒素酸化物	5	23延日
2）ばいじん	1	1 〃

2．委託業務

2.1.　石炭導入地域環境影響調査（継続）

石油より石炭へのエネルギー転換に伴う環境影響を調査し将来予測を行うものであり，高知，須崎地域を対象として実施した．59年度は大気環境と気象の調査（常設局に加え3局，自動測定機10台を増設）及び各種発生源や人口動態などの調査，データ収集を行った．次年度はこの資料をもとに解析と予測を行う予定である．

2.2.　上空風調査

2.1.の業務の一環として，高知，須崎両地域においてパイロットバルーン，ノンリフトバルーンにより上空の気流調査を実施した．

パーソナルコンピュータによりデータを処理し上空風の流線を求めた．両地域における上空風の季節の特徴が把握できた．

委託調査実施数

項　　目	測定点数	測定日数
1）石炭等導入地域環境影響調査		365延日
2）上空風調査	2	4 〃

3．調査研究

3.1.　PbO_2法，ナイトレーションプレート法調査

2.1.の委託業務の関連調査として高知，須崎地域における二酸化硫黄濃度，二酸化窒素濃度の分布を調べ，かつ各自動測定機のデータを補完するために，PbO_2法による二酸化硫黄濃度とナイトレーションプレート法による二酸化窒素濃度の測定を行った．高知市9地点，須崎市4地点，伊野町1地点で1か月単位で1年間測定した．

その結果，PbO_2法は伊野町天神や高知市丸池町で高い数値となり，汚染度の高い地点では指標として使用できることが分った．ナイトレーションプレート法と自動測定機との相関は良く，高知市内，特に道路近傍では高い値となり，広い地域の汚染分布を知ることができた．

3.2.　高知市百石町地区の環境中水銀濃度の測定

57年度に行われた環境庁委託調査「全国有害物質総点検」において，本地区の水銀濃度が高い数値を示したため，追跡調査を行った．7月～8月の51日間，百石町監視局において大気中水銀自動測定機により測定を行った．

この間における最大値は0.021 μg/m³，平均値0.006 μg/m³であり，特に汚染されている状況は認められなかった．

3.3.　帯屋町における一酸化炭素濃度の測定

中の橋通り帯屋町交差点近傍の環境大気中の一酸化炭素濃度を一酸化炭素自動測定機で測定した．測定期間は7月24日から31日までの一週間であった．最高値11.5 ppm，平均値5.8 ppm であったが，車の渋帯する昼間に高濃度が継続した．

環境基準には適合したが，はりまや橋交差点より高濃度を示した．この地点は周囲に建物が多く，排気ガスが拡散されにくいためと考えられた．

調査研究実施数

項　　目	測定点数	測定日数
1）PbO_2法，ナイトレーションプレート法調査	14	252 件
2）百石町地区環境中水銀濃度の測定	1	51延日
3）帯屋町における一酸化炭素濃度の測定	1	8 〃

水　質　科

1．行政調査

1.1.　公共用水域監視測定

水質汚濁防止法第16条の規定に基づく河川，海域等の公共用水域の水質調査を59年度は当センターで河川108地点，海域63地点で実施した．

調査は地点別に年1～12回，1日1回採水し，5～24項目の分析を行った．その結果，健康項目については当センターで実施した全ての地点（河川62地点，海域39地点，計101地点）で環境基準値以下であった．

一方，生活環境項目は，有機汚濁の指標であるBOD（海域はCOD）では，国，県および高知市で実施した57水域中47水域が環境基準値に適合し，適合率83％であったが，大腸菌群数の適合率は河川41％，海域91％であり，河川での適合率が悪く生活排水の影響が考えられた．

実施状況は下表のとおりである．

公共用水域水質検査実施数

項　　目	件数
生活環境項目 (pH,DO,BOD,COD,SS,大腸菌群数,T-N,T-P)	714
健康項目 (Cd,Pb,Cr^{6+},As,T-Hg,PCB)	579
特殊項目 (Cu,Zn,Fe,Mn,T-Cr,油分)	619
その他 (NH_4-N,NO_3-N,NO_2-N,PO_4-P,Cl,MBAS,濁度,透明度)	1,160

1.2.　工場，事業場排水監視測定

水質汚濁防止法の適用を受ける特定事業場延べ152工場に立入りし，279検体の排水検査を行った．その結果，排水基準に不適合の工場は33であった．違反の多かった項目は，SS(12検体)，pH(11検体)であった．

1.3.　公害苦情，事故等の依頼検査

魚類へい死，河川汚濁など事故及び公害苦情処理にかかる依頼検査は下表のとおりで，その都度原因解明に努力し行政への資料を提出した．魚貝類へい死事故の原因は不明であった．

依頼検査実施数

区　分	件数	検体数	備　　考
河川汚濁	5	30	養豚場，食品工場，生コン工場
魚貝類へい死	4	12	メッキ工場
環境調査	3	237	除草剤（2,4,5-T）
地下水汚染	3	136	井水（油分，重金属）

1.4.　生活雑排水浄化対策調査

生活排水対策として，高知市内でモデル団地（24世帯91人）を選び，家庭でできる簡単な浄化対策を依頼し，その効果をみる調査を行った．その結果は下表のとおりであった．

生活雑排水浄化対策調査結果

項　目	実施前(A)	実施後(B)	削減率 $(\frac{A-B}{A}\times100)$
BOD	2.60 (kg/日)	2.13 (kg/日)	18.1%
SS	0.88 〃	0.65 〃	26.1 〃
T－N	0.125 〃	0.075 〃	40.0 〃
T－P	0.018 〃	0.014 〃	22.2 〃
流　量	15.6(m³/日)	13.2(m³/日)	15.4 〃

今回の浄化対策は主に固形物を除去し，有機汚濁物質を削減することが主目的であったため，排水中の固形物に由来するSS，溶存している部分と固形物に由来するT－N，及びT－Pではかなり効果があったが，溶存している部分に由来すると考えられるBODでは効果は比較的少なかった．

1.5. 江ノ口川有機汚濁調査

江ノ口川は高知市の人口密集地を流下する都市河川で，県内の河川で最も汚濁の著しい河川とされている．このため，59年度は汚濁の原因並びに行政施策の効果予測の基礎資料を得る目的で，水質調査及び汚濁物質の解析を行った．

その結果，水質は順流域では江ノ口川の自流が少いため，起点から環境基準（BOD 5 mg/ℓ以下）を越えており，また，水質の日間変動が大きく，水質の悪化は人の活動時間に対応していた．感潮域では下流からの押上げによる希釈が水質に影響を与えていることがわかった．汚濁解析の結果，江ノ口川流域では1日2,236kgのBOD負荷量が排出され，そのうち生活排水系が60％以上を占め生活雑排水対策の必要性が示唆された．

1.6. 高知空港周辺環境調査

高知空港のジェット化に伴う空港整備工事による環境影響調査の一環として56年度から空港周辺の環境調査を実施している．59年度は井水6地点，河川水路9地点，計15地点で月2回，水温，濁度，電気伝導度を測定し，年4回，生活環境項目，健康項目など延べ840項目を測定した．その結果，いずれの項目でも工事の影響による異常値は検出されなかった．

2．委託業務

2.1. 生物指標環境汚染測定調査(生物モニタリング)

化学物質による生物の汚染を継続的かつ定期的に測定し，環境中の挙動や汚染レベルの推移を把握し，化学物質による環境汚染を経年的に監視する目的で，渡川の魚類（スズキ）5検体について，PCB，DDT類，クロルデン類など34物質の分析を実施した．その結果，検出された物質はPCB，HCH類，DDT類，クロルデン類など14物質であった．

その中ではPCBの残留が0.07～0.65 ppmの濃度で認められたが，これ以外の物質の汚染濃度は低いレベルであった．

3．調査研究

3.1. 水生生物調査

物部川等8河川の40地点で水生生物の調査を実施した．調査回数は夏期と冬期の2回実施，調査項目はトビゲラ属，カゲロウ属等の底せい動物と付着藻類（主にケイ藻類）とし，採取した160検体について種の同定，定量を行い各河川の水質評価を試みた．その結果，国分川，鏡川，物部川の3河川は全地点でos（貧腐水性水域）であったが，他の5河川（江ノ口川，新川川，下田川，久万川，舟入川）についてはβ－ms（β－中腐水性水域）～ps（強腐水性水域）であった．

3.2. 底質調査

河川8水域44地点，海域7地点，計51地点で底質を採取し，一般性状及び重金属（Cd，T－Hg，等9成分）の分析を実施した．59年度の結果では，河川，海域ともPb，Znがやや高い傾向があったが，その他は地殻の平均化学組成を示すクラーク数近似の値であり，人為的な汚染による重金属の蓄積は認められなかった．

特殊公害科

1．行政調査

1.1. 騒　音

1.1.1. 西南地域騒音調査（59年度環境利用ガイド事業）

西南地域（須崎市，大方町，中村市，宿毛市，土佐清水市）の20地点における道路交通騒音，環境騒音の現状を把握し，環境特性解析のための基礎資料とすることを目的として実施した．

道路交通騒音については，自動車騒音の要請限度値（朝夕65ホン，昼70ホン）を超える地点はなかった．環境騒音については，県は環境基準のあてはめをしていないが，朝，昼，夕の全時間区分が該当する基準値以下の地点は13地点，一部の時間区分が基準値を超えている地点5地点，朝，昼，夕の全時間区分が基準値を超えている地点2地点が認められた．

1.1.2. 土佐市における道路交通騒音調査

四国横断自動車道建設予定にともない，前もって広範に環境データを収集する必要があり，その一環として土佐市地域において欠落している騒音データの調査収集を目的として，国道56号線沿線2地点，県道伊野・高岡線沿線1地点で調査を実施した．

各地点とも自動車騒音の要請限度値（朝夕70ホン，昼75ホン）以下であったが，各地点に該当する環境基準を準用すると，2地点のみ朝の時間区分が基準値以内で，他はいずれも基準値を超えていた．

1.1.3. 道路交通騒音定点調査

毎年規制指定地域内における道路に面した８基準点で自動車騒音の要請限度の超過状況を調査している．

基準点のうち２地点（高知市金田町，介良）を受け持ち測定した．介良は昨年度につづき，朝，昼，夕，夜間とも要請限度値（朝夕50ホン，昼55ホン，夜間45ホン）を超えていた．

1.1.4.　高知空港周辺における航空機騒音調査

高知空港のジェット機就航後における航空機騒音の実態を調査し，今後航空機騒音対策の基礎資料とすることを目的として，年３回（１回３日間），23地点で調査を実施した．

調査結果を図１に示す．今回測定を行った23地点のうちW値75を超える地点は１地点あったが，この地点は「公共用飛行場周辺における航空機騒音による障害の防止等に関する法律」に基づき指定された第一種区域内に位置しており，第一種区域外でW値75を超えた地点はなかった．しかし，第一種区域周辺ではW値75以下ではあるが，69.8～74.3と高い測定値がみられた．

1.2.　悪　　臭

苦情処理調査として，畜産事業場の調査をした．測定項目は，アンモニア，メチルメルカプタン，硫化水素，硫化メチル，二硫化メチル，トリメチルアミンであったが，濃度は低く，規制基準を超える物質はなかった．

1.3.　そ の 他

本川発電所水質検査

企画振興課の依頼により，昨年度にひきつづき本川揚水発電所の吉野川水系に与える影響について調査した．

測定項目は生活環境項目であり，毎月１回と濁水時（１回/年）の13回，10地点（130検体）について調査した．

水質については，溶存酸素量が一時期（10月）6.3mg/ℓと低い地点があったが，その他の項目については環境基準以下であり，良好な水質であった．

2．調査研究

2.1.　酸性雨調査

県下における酸性雨の実態を把握するため，59年４月から60年３月まで香北町，越知町，高知市の３地点において雨水の成分（pH，E.C.，他13成分）の調査を実施した．その結果，３地点の雨水のpHは3.8～5.9の範囲にあり，平均pHは4.5～4.6と地域差はみとめられず，また，季節的変動も少なかった．酸性雨といわれているpH 5.6以下の雨水は３地点で92％～95％あり，明らかな酸性化の傾向が認められた．

図１　各調査地点と年間平均 WECPNL 値

Ⅲ　調査研究報告

高知公防所報 1，1984

高知県内の環境大気中水銀濃度について

矢部武男・白木恭一
原田浩平・佐藤祐二

はじめに

環境中の水銀はその特異な化学的性質より金属水銀，ガス状水銀，有機水銀など種々な形態で存在することが知られている．その発生源は火山活動，水銀鉱床，土壌からの気散などの自然的条件によるものや，化石燃料の使用，各種の生産活動などの人為的条件によるものなどがあり[1,3]，さらに昨今は電池や蛍光灯などに由来する廃棄物焼却炉から環境中への放散が問題視されている[1]．環境大気中の水銀の存在状態はガス状水銀が大部分であろうと考えられていて，その濃度は汚染源の存在状態により異なり火山地域，水銀鉱床地域などでは高く[1,4]，一般の居住環境においても工業地域，都市地域，田園地域などによりその濃度は異なっていることが知られている[1,3]．われわれも，高知県内の環境大気中水銀濃度の現状把握を目的として昭和57，58，59年にわたり工業地域近傍として高知市桟橋地区，都市居住地として高知市丸の内地区，地方都市として須崎市，田園地域として宿毛市郊外地区の各地点において大気中水銀濃度を測定したのでその結果を報告する．

1．測定地点および測定期間

1.1．水銀捕集装置による測定

水銀捕集装置による測定地点，測定期間，測定地点地図を表1，表2および図1に示す．

1.2．水銀自動測定機による測定

水銀自動測定機による測定は，高知市役所潮江分館内環境大気常時監視百石町局（高知市百石町3丁目）において昭和59年7月3日より8月23日までの約2ヶ月間行った．

表1　工業地域近傍の測定地点と測定期間

測定地点名（数字は第1図の地点番号）	測定期間 夏期	測定期間 冬期
高知市南新田町 1 高知市潮江下水処理場	昭和58年 7月4日，6日	昭和58年1月7日　午前，午後
高知市桟橋通6丁目 2 野村産業㈱	昭和58年 7月4日，6日	昭和58年1月19日　午前，午後
高知市東孕町 3 関西生コン㈱	昭和58年 7月4日，6日	昭和58年1月20日　午前，午後
高知市桟橋通5丁目 4 高知港湾合同庁舎	昭和58年 7月4日，6日	昭和58年1月24日　午前，午後
高知市桟橋通3丁目 5 日本自動車	昭和58年 6月14日，15日，16日	―――※
高知市百石町3丁目 6 高知市役所潮江分館正門前	昭和58年 6月14日，15日，17日，7月7日，8日	―――
高知市百石町3丁目 7 高知市社会福祉センター	昭和58年 6月14日，15日，17日	―――
高知市百石町3丁目 8 高知市役所潮江分館内百石町局	昭和58年 6月14日，15日，17日，7月7日，8日	―――
高知市百石町3丁目 9 岡田電器店	昭和58年 6月14日，15日，17日，7月7日，8日	―――
高知市六泉寺町 10 建設省高知工事事務所	昭和58年 7月4日，6日	昭和58年1月21日　午前，午後

※　測定しない

表2　都市居住地，地方都市，田園地域の測定地点と測定期間

測定地点名	測定期間	
	夏期	冬期
高知市丸の内2丁目 高知県保健衛生総合庁舎	昭和57年7月12日～16日	昭和57年12月20日～24日
高知県須崎市西古市町 須崎保健所	昭和57年7月26日～30日	昭和57年12月6日～10日
高知県宿毛市字逆溝 宿毛市下水路ポンプ場	昭和57年7月19日～23日	昭和57年11月29日～12月3日

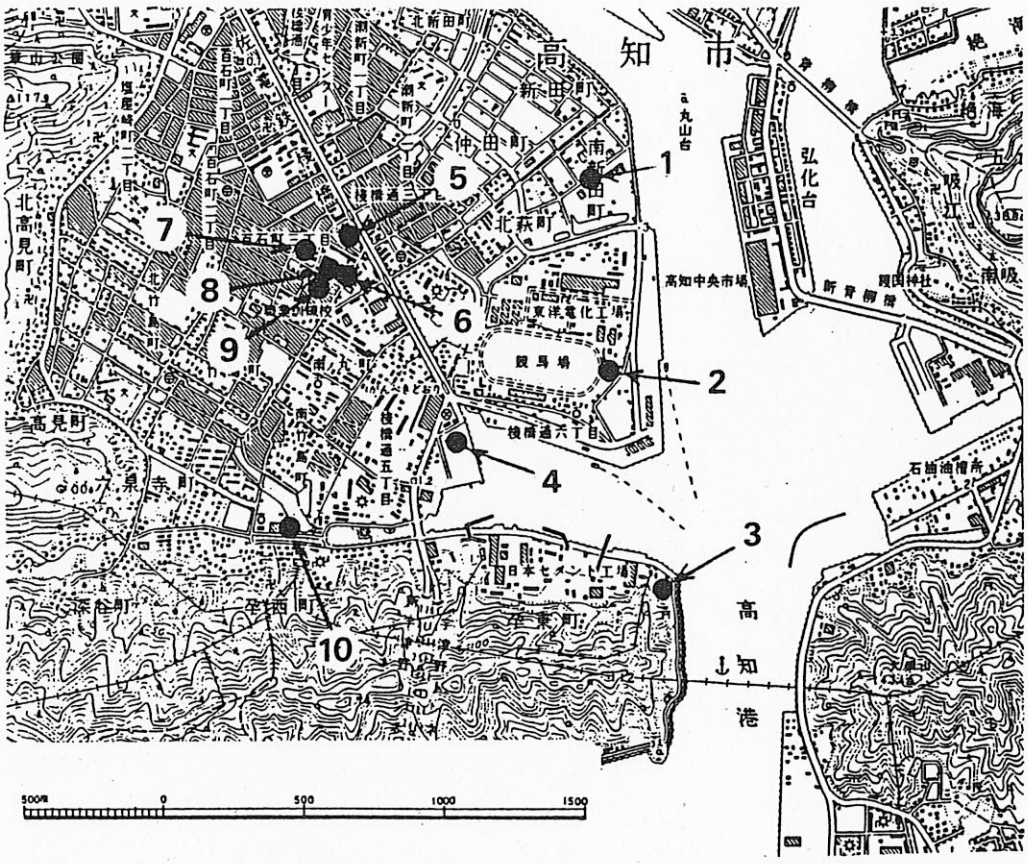


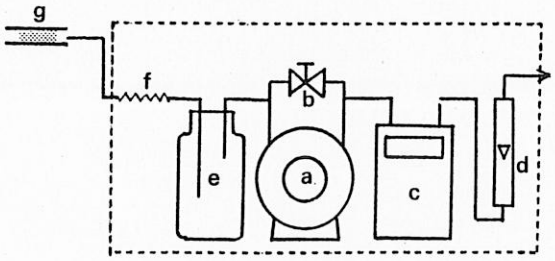
図1　工業地域近傍の測定地点図（数字は表1に記載の地点を示す）

2．測定方法

2.1.　水銀捕集装置による方法

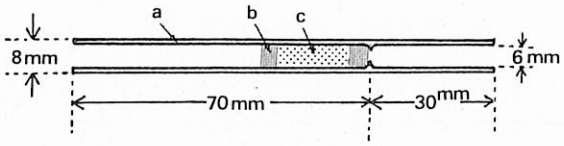
大気中水銀の捕集装置として図2に示す水銀捕集装置を数台製作し各地点で同時に捕集できるようにした．捕集時間は日中の時間帯で3時間以上とし，吸引速度は0.7ℓ/分の一定とし，吸引空気量はフローメーターと積算メーターで確認した．

水銀捕集管は石英管の中に，金を表面コーチングしたクロモソルブPAW（30～60メッシュ）0.2gを充填したものであり，図3に示す構造のものを製作した．



a：ダイヤプラムポンプ5ℓ/分　b：流量調整用ニードルバルブ
c：積算メーター　d：フローメーター　e：バッファータンク
f：キャピラリー管　g：水銀捕集装置

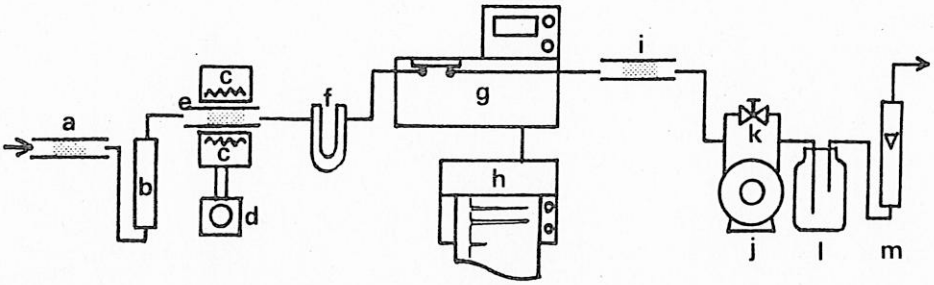
図2　水銀捕集装置



a：石英管　b：石英ウール
c：金コーチングクロモソルブPAW

図3　水銀捕集管

なお，水銀捕集管の前段に妨害物質除去のための洗浄部やガス状水銀とするための加熱炉を備えた装置もあるが通常の環境の場合これらの前処理を省略しても測定値にあまり差異がみられないこと、，装置が複雑となることより本調査では用いなかった．大気試料採取後，現場においてテフロン栓を施した上にテフロン熱収縮チューブで完全にシールしタッパーウェア容器中に収納して持ち帰り分析に供した・分析装置の組立ては図4に示した．



a：空気浄化用水銀捕集管　b：活性炭カラム　c：加熱炉(約700℃)　d：スライダック
e：検体水銀捕集管　f：除湿管(過塩素酸マグネシウム)　g：水銀検出器(UV-140)　h：レコーダー
i：水銀捕集管　j：ダイヤプラムポンプ(5 ℓ/分)　k：流量調整用ニードルバルブ　l：バッファータンク
m：フローメータ

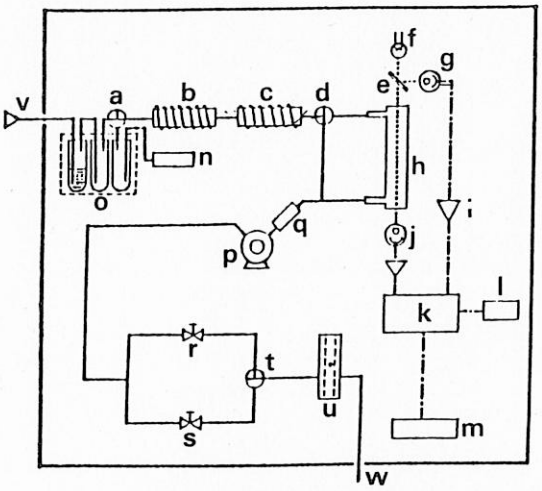
図4　捕集水銀分析装置

加熱炉Cは水銀捕集管の出し入れが容易に行えるように開閉型のものを製作した．水銀の検出感度をチェックしながらスライダックで加熱炉温度を調節し，分析中は温度を一定に保つためスイッチのON，OFFは行わなかった．送気量も検出感度をチェックしながら調整したが，1.0ℓ/分で最高感度が得られた．金属水銀の飽和蒸気をガスタイトシリンジで水銀捕集管入口に注入し検量線を作成した．0～20 ngまでのテスト範囲では直線性は良く検出下限は0.1 ngとなった．試料大気の定量下限はおよそ1 ng/m³であった．

2.2.　水銀自動測定機による方法

環境大気常時監視百石町局（高知市役所潮江分館内高知市百石町3丁目）に，日本インスツルメント社製，マーキューリーエアモニタ AM－1を設置し昭和59年7月～8月の約2ヶ月間連続測定を行った．本装置の概略図を図5に示す．

本装置は試料大気を一定流量で一定時間水銀捕集管に通気し金アマルガムを形成させることにより水銀を捕集する．次に金アマルガムを急速に加熱し原子状水銀を遊離させ，遊離した原子状水銀は水銀を除去した浄化空気で吸光セルに導き冷原子吸光法により測定する．1分間の冷却後リセット，次の測定に入り同じ行



a：電磁三方弁　b：加熱炉　c：水銀捕集部
d：電磁三方弁　e：ハーフミラー　f：水銀放電管
g：光電管　h：吸収セル　i：増幅器
j：光電管　k：演算部　l：デジタル表示
m：レコーダー　n：フィルタ　o：電子冷却ユニット
p：エアポンプ　q：フィルタ　r：サンプリング流量調節弁
s：測定流量調節弁　t：電磁三方弁　u：流量計
v：サンプリングガス入口　w：ガス出口

図5　大気中水銀自動測定機

表3　水銀捕集装置による測定結果

単位 ng/m³　定量下限 1 ng/m³

地域分類	調査地点名	夏期 最大値	夏期 最小値	夏期 平均	冬期 最大値	冬期 最小値	冬期 平均
工業地域近傍	高知市南新田町 高知市潮江下水処理場	4	3	n＝2 4	6	2	n＝2 4
	高知市桟橋通6丁目 野村産業㈱	5	4	n＝2 5	4	2	n＝2 3
	高知市東孕町 関西生コン㈱	3	2	n＝2 3	3	2	n＝2 3
	高知市桟橋通5丁目 高知港湾合同庁舎	10	10	n＝1 10	7	3	n＝2 5
	高知市桟橋通3丁目 日本自動車	5	4	n＝3 5	—※	—	—
	高知市百石町3丁目 高知市役所潮江分館正門前	8	5	n＝5 6	—	—	—
	高知市百石町3丁目 高知社会福祉センター	8	4	n＝3 6	—	—	—
	高知市百石町3丁目 高知市役所潮江分館内百石町局	6	4	n＝5 5	—	—	—
	高知市百石町3丁目 岡田電器店	19	10	n＝5 15	—	—	—
	高知市六泉寺町 建設省高知工事事務所	4	2	n＝2 3	2	2	n＝2 2
都市居住地	高知市丸の内2丁目 高知県保健衛生総合庁舎	12	4	n＝5 7	3	2	n＝5 2
地方都市	高知県須崎市西古市町 須崎保健所	10	4	n＝5 7	4	ND	n＝5 1
田園地域	高知県宿毛市字逆溝 宿毛市下水路ポンプ場	12	ND	n＝5 3	3	ND	n＝5 1

※ 測定しない　N.D. 検出しない

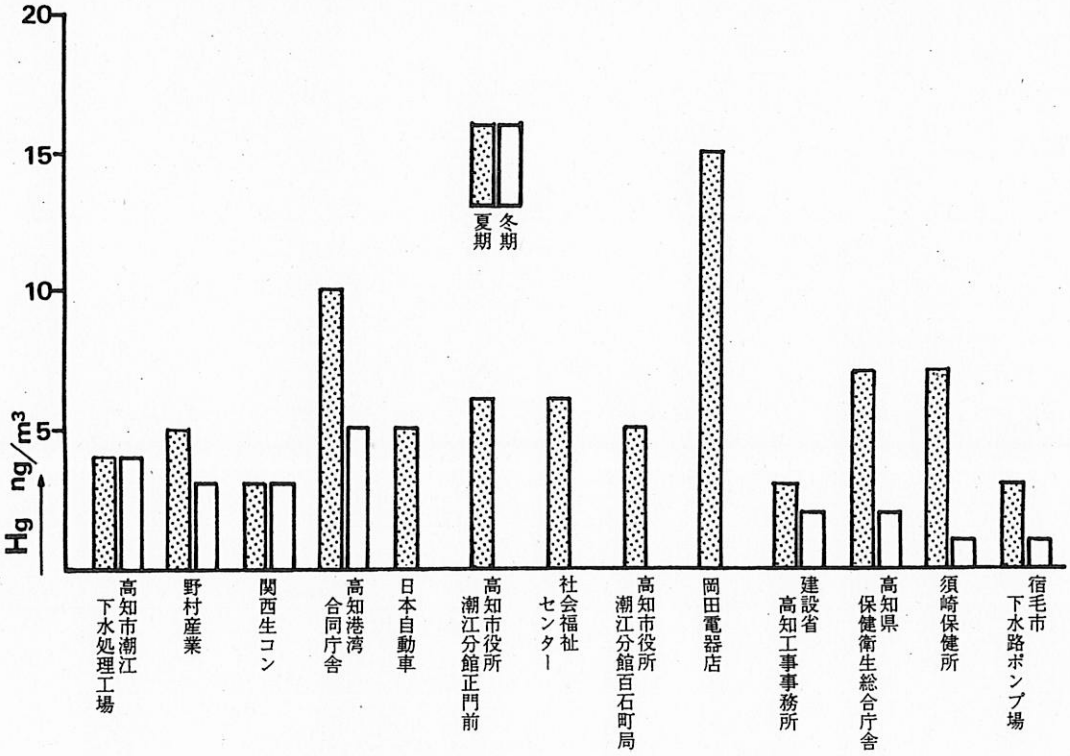


図6　水銀捕集装置による測定結果

程を繰り返すことにより大気中の水銀濃度を自動的に測定記録する．測定開始前の飽和水銀蒸気によるチェックでは０～１ ngのテスト範囲で直線性は良く検出下限は0.01 ngであった．測定周期を１時間としレコーダーに記録した．週１回の頻度で飽和水銀蒸気によりスパンチェックを行って分析精度を確認した．

3．結果と考察

3.1.　水銀捕集装置による測定結果

測定地点を工業地域近傍，都市居住地，地方都市，田園地域に分類して測定結果を表３と図６に示した．

表４　水銀自動測定機による測定結果　　ﾀﾝｲ:ng/M3

月日＼時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL	AVE	MAX	MIN
7月 3日	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	12	12	9	9	9	7	7	4	7	76	8	12	4
7月 4日	6	6	5	5	5	6	7	9	10	11	11	10	11	8	8	8	9	8	8	8	7	7	7	7	187	8	11	5
7月 5日	6	5	6	5	4	4	5	6	11	9	8	8	9	10	10	8	9	8	15	9	8	8	8	7	186	8	15	4
7月 6日	6	5	5	4	5	5	4	6	9	10	10	8	9	8	7	8	8	8	8	8	7	7	6	6	167	7	10	4
7月 7日	5	5	4	3	3	3	4	5	6	8	13	10	10	10	10	8	8	11	7	7	---	8	8	9	165	7	13	3
7月 8日	6	5	4	3	3	4	4	4	5	7	7	7	7	6	6	6	5	6	5	5	5	5	6	6	127	5	7	3
7月 9日	6	5	3	4	4	4	5	5	7	6	9	8	7	8	7	7	10	8	6	7	10	8	7	6	157	7	10	3
7月10日	5	4	4	3	4	4	4	5	8	12	8	5	7	7	7	6	5	6	5	6	7	8	7	5	143	6	12	3
7月11日	5	5	4	4	3	3	5	5	8	8	8	8	8	8	7	8	7	8	8	7	7	6	6	5	151	6	8	3
7月12日	4	5	4	3	3	3	4	4	6	7	8	9	9	7	---	10	8	6	7	7	6	6	5	4	135	6	10	3
7月13日	4	3	2	4	2	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	5	6	6	5	6	7	5	5	4	110	5	7	2
7月14日	3	3	3	2	2	2	4	6	14	10	9	12	8	7	7	5	7	14	5	7	8	9	9	5	161	7	14	2
7月15日	7	5	4	3	4	3	4	5	7	8	5	5	6	6	6	6	7	7	6	6	6	6	5	5	132	6	8	3
7月16日	4	4	4	3	3	3	4	4	6	10	8	6	8	7	6	7	7	7	5	6	6	6	7	5	136	6	10	3
7月17日	5	4	3	3	3	4	4	5	7	7	7	6	8	11	2	6	6	6	7	7	6	7	5	5	134	6	11	2
7月18日	5	4	3	3	3	3	5	5	9	7	6	5	6	6	6	5	5	5	5	6	5	6	5	5	123	5	9	3
7月19日	5	3	3	3	3	4	4	5	6	6	5	5	6	5	5	6	5	5	6	6	5	5	5	4	115	5	6	3
7月20日	4	3	3	2	3	3	4	4	5	10	5	7	7	6	6	5	6	8	6	5	6	6	4	4	122	5	10	2
7月21日	4	4	3	2	2	3	4	5	5	7	6	5	6	6	7	5	6	5	6	6	8	7	7	6	125	5	8	2
7月22日	5	4	4	4	3	3	4	4	5	7	7	6	8	6	7	5	5	5	6	6	6	7	6	5	128	5	8	3
7月23日	5	5	5	3	3	3	4	5	5	5	5	6	5	5	6	6	7	6	8	8	7	7	6	5	130	5	8	3
7月24日	4	4	3	3	4	4	6	7	6	5	6	6	7	7	6	8	7	6	9	10	6	6	5	3	138	6	10	3
7月25日	5	7	4	4	3	2	3	4	6	5	5	6	6	6	5	5	5	6	7	11	13	9	6	6	137	6	13	2
7月26日	5	4	3	3	3	4	4	4	6	5	7	7	6	---	8	7	8	5	5	6	7	6	5	5	123	5	8	3
7月27日	4	3	3	3	2	3	3	4	8	8	5	5	6	6	6	11	16	12	7	7	11	7	6	5	151	6	16	2
7月28日	4	4	3	2	3	3	3	4	5	5	6	6	6	7	6	5	5	7	7	8	8	7	6	5	125	5	8	2
7月29日	5	4	4	4	3	4	4	4	4	5	8	7	7	6	7	7	5	5	5	6	6	13	6	4	133	6	13	3
7月30日	5	4	3	3	3	4	4	5	6	8	8	9	8	8	9	9	10	12	12	6	6	7	6	5	160	7	12	3
7月31日	4	4	3	3	2	3	3	4	6	14	12	7	7	8	13	14	13	17	9	7	8	6	7	5	179	7	17	2
8月 1日	5	4	3	3	3	4	4	5	11	20	14	---	13	13	13	11	12	10	14	12	5	---	---	---	179	9	20	3
8月 2日	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	13	14	11	6	6	4	5	5	5	5	5	4	83	7	14	4
8月 3日	3	3	3	3	2	2	3	3	4	5	---	19	21	14	12	11	11	9	5	6	5	6	5	4	159	7	21	2
8月 4日	4	4	4	2	3	3	4	4	6	15	17	11	13	11	9	15	6	6	6	7	7	6	5	5	173	7	17	2
8月 5日	4	3	3	3	3	3	3	3	5	8	8	6	6	8	6	8	8	6	5	4	4	4	4	4	119	5	8	3
8月 6日	4	4	4	3	4	3	3	4	7	9	9	8	6	7	8	8	6	4	5	5	5	5	4	4	129	5	9	3
8月 7日	4	3	3	2	2	2	3	4	5	5	11	6	6	7	5	8	9	7	5	8	14	9	6	5	139	6	14	2
8月 8日	5	4	3	4	3	4	4	5	6	12	8	8	8	11	11	11	10	5	5	8	7	9	8	6	165	7	12	3
8月 9日	5	4	3	3	4	3	5	5	5	7	8	10	12	10	11	11	5	5	6	5	5	5	6	6	149	6	12	3
8月10日	5	5	5	5	4	4	5	5	6	16	11	8	11	10	10	9	7	10	6	7	5	6	7	6	173	7	16	4
8月11日	6	5	6	5	4	4	5	5	11	15	12	12	12	9	12	9	9	7	8	8	8	7	7	6	192	8	15	4
8月12日	5	5	4	4	3	3	3	4	5	5	14	8	8	13	11	8	12	11	5	6	7	7	7	6	164	7	14	3
8月13日	5	5	5	4	4	4	5	5	7	10	9	13	14	12	10	8	9	11	9	6	6	6	6	5	178	7	14	4
8月14日	6	5	4	5	4	4	6	5	7	8	8	8	7	6	7	9	6	5	6	6	8	5	6	4	145	6	9	4
8月15日	3	3	3	2	3	3	3	5	5	8	7	7	6	5	5	6	5	6	6	8	5	4	5	6	119	5	8	2
8月16日	5	7	7	5	5	4	4	5	10	9	---	9	8	9	10	9	15	14	5	8	5	5	5	5	168	7	15	4
8月17日	4	4	3	3	3	3	3	3	5	5	15	5	12	9	5	5	5	10	8	7	8	5	5	4	139	6	15	3
8月18日	4	3	3	3	3	3	3	3	5	8	6	10	15	6	18	6	6	5	5	5	5	5	5	5	140	6	18	3
8月19日	4	3	3	4	3	3	3	3	4	5	5	4	5	5	5	5	7	6	6	5	4	8	5	4	109	5	8	3
8月20日	4	4	3	3	3	3	6	5	7	11	10	7	7	7	6	7	9	6	5	5	4	4	5	4	135	6	11	3
8月21日	3	3	3	3	4	6	10	12	9	11	15	12	12	10	9	8	9	9	9	9	7	4	3	3	183	8	15	3
8月22日	3	3	3	3	3	4	4	5	8	8	8	8	7	6	7	7	6	4	5	6	6	5	5	4	128	5	8	3
8月23日	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	7	7	11	17	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	77	6	17	3
TOTAL	231	208	183	166	161	172	210	239	332	418	409	380	436	410	387	393	396	382	343	349	334	322	289	253	7403			
AVE	5	4	4	3	3	3	4	5	7	8	9	8	9	8	8	8	8	7	7	7	7	6	6	5		6		
MAX	7	7	7	5	5	6	10	12	14	20	17	19	21	17	18	15	16	17	15	12	14	13	9	9			21	
MIN	3	3	2	2	2	2	3	3	4	4	5	4	5	5	2	5	5	4	5	4	4	4	3	3				2

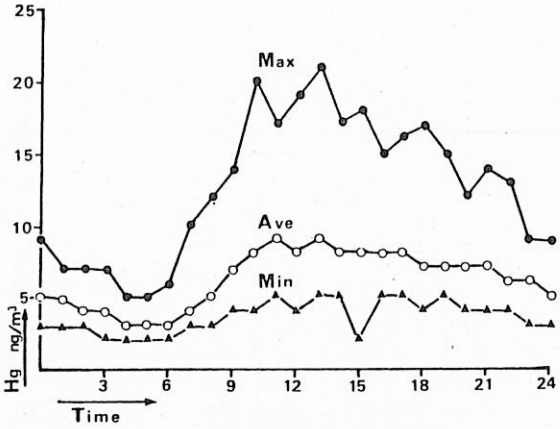


図7　大気中水銀濃度の平均日内変化

表3と図6にみられるように水銀捕集装置による測定結果は，工業地域近傍では夏期において2～19 ng/m³（n＝28），平均6 ng/m³であり，冬期において2～7 ng/m³（n＝10），平均3 ng/m³であった．都市居住地では夏期において4～12 ng/m³（n＝5），平均7 ng/m³であり，冬期において2～3 ng/m³（n＝5），平均2 ng/m³であった．地方都市では夏期において4～10 ng/m³（n＝5），平均7 ng/m³であり，冬期においてND～4 ng/m³（n＝5），平均1 ng/m³であった．田園地域では夏期においてND～12 ng/m³（n＝5），平均3 ng/m³であり，冬期においてND～3 ng/m³（n＝5），平均1 ng/m³であった．工業地域近傍の岡田電器店の測定値がやゝ高いが本地点は人家が近接しており大気の拡散状況が不良か，あるいは局部的汚染源の存在によるものと考えられた．夏期と冬期を比べると夏期が高い傾向にあったが，これは気温上昇による土壌などから揮散量増加に起因するのか，拡散などの気象条件の違いに起因するのか本調査では不明であった．

高知市内の環境大気常時監視局4局の昭和59年度のデータによれば，大気中NOx濃度は冬期が夏期に比し2～3倍の数値を示しており（昭和59年度高知県大気環境測定データ，未発表）水銀の発生が化石燃料の使用や各種生産活動などの人為的なものに起因すると考えるとNOx濃度と逆の結果となり不合理であった．

3.2.　水銀自動測定機による測定結果

水銀自動測定機による工業地域近傍での毎時のデータを表4，測定期間の平均日内変化を図7に示した．全測定値では2～21 ng/m³（n＝1202），平均6 ng/m³であり，日中（9：00～17：00）では2～21 ng/m³（n＝449），平均8 ng/m³であり，その他の時間帯では2～17 ng/m³（n＝753），平均6 ng/m³であって日中濃度が高くなった．この場合は3.1.に示した傾向と異なりNOx濃度と水銀濃度は日中に高くなることより人為的な原因を否定することもできなかった．

水銀捕集装置による測定と水銀自動測定機による測定はいずれも，金アマルガム捕集一冷原子吸光法の同じ分析法原理に基づくものであるが，前者はサンプリング時間が3～6時間でありサンプリング試料を持ち帰って分析するに対し後者は1時間ごとにサンプリングと測定を現場で自動的に行うことができる．また，水銀濃度分析において前者は吸光度ピーク高より濃度を算出するに対し後者は電気的演算回路を経て濃度を算出するため検出感度が1オーダー高くなっている．水銀捕集装置と水銀自動測定機の同時測定を行っていないため両者の比較はできないが，同一地点における夏期の日中のデータを比べると水銀捕集装置による昭和58年度の測定データは4～6 ng/m³（n＝5），平均5 ng/m³であり，水銀自動測定機による昭和59年度の日中（9：00～17：00）の測定データは2～21 ng/m³（n＝449），平均8 ng/m³であった．

わが国における大気中水銀濃度の測定報告は1973年から環境庁で$KMnO_4$－H_2SO_4溶媒捕集・還元気化一冷原子吸光法による統一手法を用いて全国的な調査を行った例がある．その報告によれば，盛岡市の7月の測定で0.008～0.018 μg/m³（8～18 ng/m³）平均0.008 μg/m³（8 ng/m³），12月の測定でND～0.012 μg/m³，平均ND，高松市の10月の測定で0.01～0.03 μg/m³，平均0.03 μg/m³，延岡市の9月の測定で0.01～0.037 μg/m³，平均0.013 μg/m³などであり，これらの測定値より藤井[1]は，日本における都市の環境大気中の水銀濃度は0.005～0.1 μg/m³であり，一般値として0.02 μg/m³，都市域を離れたところでは，0.005 μg/m³以下の値であろうと報告している．これらの数値よりみて本県の各地域の環境大気中水銀濃度は本調査地域に関しては全国レベルあるいはそれ以下であり特に問題はないと考えられた．

4．結　論

高知県内各地の環境大気中水銀濃度を水銀捕集装置と水銀自動測定機により測定した．

水銀捕集装置による測定では，工業地域近傍での夏期の平均は6 ng/m³であり，冬期のそれは3 ng/m³であった．都市居住地での夏期の平均は7 ng/m³であり，冬期のそれは2 ng/m³であった．地方都市での夏期平均は7 ng/m³であり，冬期のそれは1 ng/m³であった．田園地域での夏期の平均は3 ng/m³であり，冬期のそれは1 ng/m³であった．水銀濃度は夏期が冬期に比し高い傾向がみられたが気温上昇による

バックグランドの増加によるものと推測された.

水銀自動測定機による工業地域近傍での測定では，日中の平均が8 ng/m³であり，その他の時間の平均は6 ng/m³であったが水銀濃度の日中に高くなる主要な原因については不明であった.

以上，県内各地の水銀濃度をこれまでに報告された国内各地の測定値と比較すると同じレベルまたはそれ以下であり，高知県内各地域の環境大気中水銀濃度は本調査に関して特に問題はないと考えられた.

謝辞：本報の一部は環境庁「有害物質全国総点検」依託費によった.

参考文献

1）喜田村正次，近藤雅臣，瀧沢行雄，藤井正美，藤井素士：水銀，講談社.
2）日本化学会編：水銀，丸善.
3）藤井正美：気圏における水銀，日本公衛誌，23（9），501～508（1976）.
4）松本光弘：一般環境および水銀鉱床地域における大気中水銀濃度の挙動，大気汚染学会誌，18（1），66～76（1983）.
5）小林禧樹，池沢正，渡辺弘：環境大気中における水銀の動態，大気汚染学会誌，17（5・6），353～361（1982）.
6）環境庁大気保全局：昭和57年度「有害物質全国総点検」説明資料.
7）日本インスツルメント㈱：金アマルガム一冷原子吸光法による気中水銀測定法取扱説明書.

高知公防所報 1, 1984

パイロットバルーンの位置計算誤差について

白木恭一・矢部武男
原田浩平・佐藤祐二

はじめに

上空風の調査にはパイロットバルーンによる方法が簡単で手軽なので一般に用いられているが，器材や人員の点からセオドライト１台で観測を行う場合も多い．この方法ではバルーンの上昇速度を一定と想定して高度を求めるが，気象状態によっては実際の高度との間に差異が生じている場合も考えられる．

今回セオドライト２台で観測を行ったので，上昇速度30m/分，50m/分，100m/分の低速度上昇バルーンについて，１台の観測データによる計算と２台の観測データによる計算との差異を比較した．

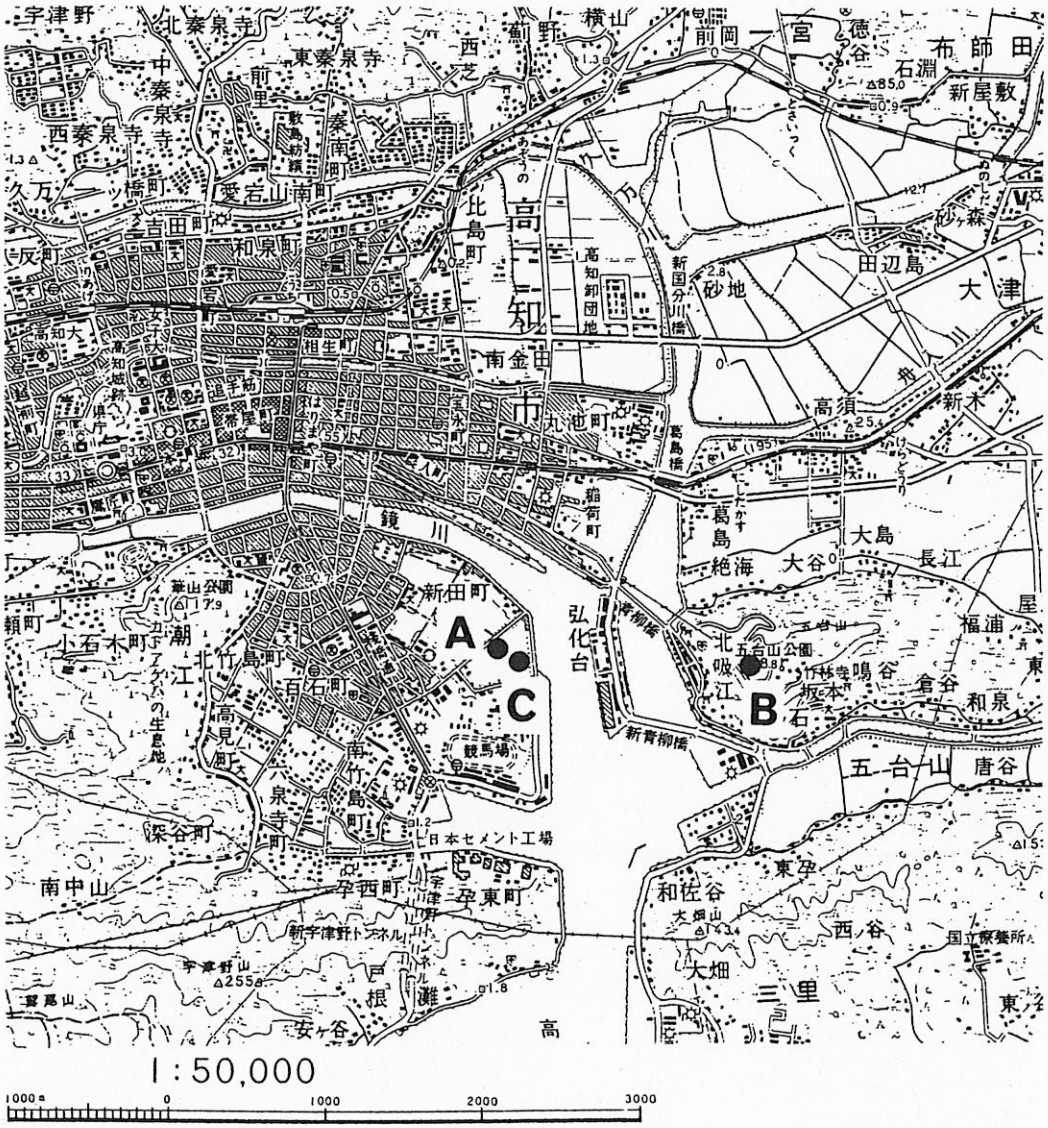
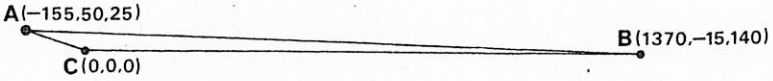


図1　観測地点ならびに放球地点



∠A＝ 15.5°
∠B＝ 1.5°
∠C＝163.0°
座標は東西，南北，上下方向を表わし単位はmである．
C点は毎回少しずつ異なったが平均的な位置を基準にした．

図2　位置関係

1．観測方法

観測地点と位置関係を図1，図2に示した．

観測は高知市桟橋において1984年11月19日と11月30日に行ったが，19日は曇，30日は晴れであった．

観測に使用した気球は気球製作所が測風用に製作した質量20 gの赤色ゴム気球で，これにヘリウムガスを充てんし直径約50cmに膨張させた後，砂袋（封筒等を使用）に砂を入れ浮力の調整を上皿天秤を用いて行った．ノンリフトバルーンについては上皿天秤は使用せずバルーンを空中に浮遊させて静止する状態になるように浮力の調整を行った．

これらのバルーンは放球直前に作製し，観測は20秒間隔で放球後20分間行った．

2．計算方法

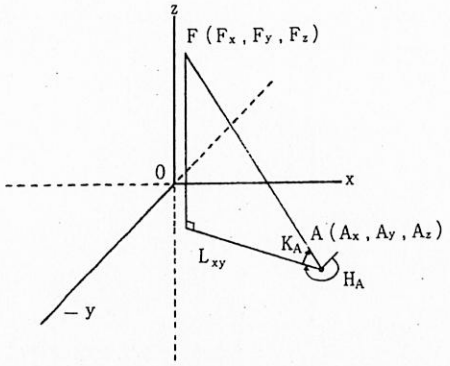
計算にあたっては，東西方向東を＋x，南北方向北を＋y，上下方向上方を＋zとする3次元座標を考え，バルーンの位置をF（F_x，F_y，F_z），観測地点AをA（A_x，A_y，A_z），観測地点BをB（B_x，B_y，B_z），観測地点A，Bでのバルーンの方位角をH_A，H_B，高度角をK_A，K_Bとした．

2.1.　上昇速度を一定とし，1台の観測データを使用してパイロットバルーンの座標を求める方法（以後第1法とする．）

概略を式とともに図3に示した．この方法の欠点は高度が推定高度である点と高度と高度角より水平距離を求めるため高度角が0°付近ではx，y座標についての誤差が大きくなる点であるが，一般には観測地点と放球地点を同一地点にとるので後者の欠点は無くなっている．

2.2.　2台の観測データを使用し，2つの直線の最短距離の中点をバルーンの座標とする方法（以後第2法とする．）

一般にはA，Bでの方位角よりx，y座標を求め，



$L_{xy} \tan K_A = F_z - A_z = Vt$
$L_{xy} \sin H_A = F_x - A_x$
$L_{xy} \cos H_A = F_y - A_y$
（ここで　Vは上昇速度（m/分）
tは経過時間（分）
L_{xy}は直線AFのxy平面への写影）

図3　第1法による計算

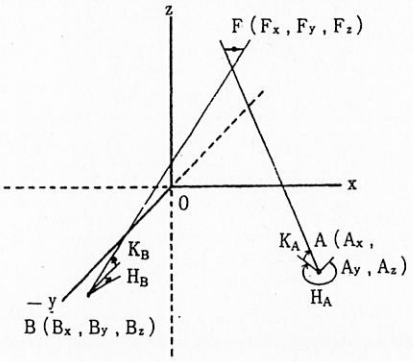


図4　第2法による計算

AまたはBでの高度角よりz座標を求める方法がとられる[1]が，下記の2点により第2法を採用した．

- A，Bの方位角，高度角それぞれのデータの重みは同等である．
- 一般の方法はA，Bを含みXY平面に垂直な平面付近にバルーンがある場合は誤差が大きくなるの

に対し，第2法は誤差が大きくなる範囲がA，Bを通る直線付近にバルーンがある場合のみである．

図4に概略図を示し，式は図4中の記号を用い次のように導いた．

A点を通る直線（直線Aとする.）

$$x = \alpha_x t + A_x \qquad y = \alpha_y t + A_y \qquad z = \alpha_z t + A_z$$

（ここで $\alpha_x = \cos K_A \cdot \sin H_A$，$\alpha_y = \cos K_A \cdot \cos H_A$，$\alpha_z = \sin K_A$，t はパラメーター）

B点を通る直線（直線Bとする.）

$$x = \beta_x q + B_x \qquad y = \beta_y q + B_y \qquad z = \beta_z q + B_z$$

（ここで $\beta_x = \cos K_B \cdot \sin H_B$，$\beta_y = \cos K_B \cdot \sin H_B$，$\beta_z = \sin K_B$，q はパラメーター）

直線A上の任意の1点と直線B上の任意の1点との距離 L_{xyz} は

$$L_{xyz}^2 = \{(\alpha_x t + A_x) - (\beta_x q + \beta_x)\}^2 + \{(\alpha_y t + A_y) - (\beta_y q + \beta_y)\}^2 + \{(\alpha_z t + A_z) - (\beta_z q + \beta_z)\}^2$$

L_{xyz}^2 を最小にする t，q は

$$\frac{\partial L_{xyz}^2}{\partial t} = 0,\ \frac{\partial L_{xyz}^2}{\partial q} = 0 \text{ とおいて}$$

$$t = \frac{P_A - P_B \cdot P}{P^2 - 1},\quad q = \frac{P_A \cdot P - P_B}{P^2 - 1}$$

（ここで $P = \alpha_x \beta_x + \alpha_y \beta_y + \alpha_z \beta_z$，
$P_A = \alpha_x (A_x - B_x) + \alpha_y (A_y - B_y) + \alpha_z (A_z - B_z)$，
$P_B = \beta_x (A_x - B_x) + \beta_y (A_y - B_y) + \beta_z (A_z - B_z)$）

中心座標F（F_x，F_y，F_z）は

$$F_x = \frac{(\alpha_x t + A_x) + (\beta_x q + B_x)}{2}$$

$$F_y = \frac{(\alpha_y t + A_y) + (\beta_y q + B_y)}{2}$$

$$F_z = \frac{(\alpha_z t + A_z) + (\beta_z q + B_z)}{2}$$

3．観測結果と考察

放球の状況を表1に示した．ノンリフトバルーンについては11月19日はすべて下降落下，11月30日はNo10，No21は下降落下，No12，No15は20分間にそれぞれ400m，800m上昇，No18は水平に移動した．11月19日は全日曇天で上昇気流は発生せず，11月30日は晴天で日中には上昇気流が発生したものと推測された．

各放球ごとの第2法による2直線の最短距離を表2に示した．拡散計算において風速の階級分けを行う場合，一般に0.5m/s未満をcalmとするが，風速の許容誤差を同様に0.5m/sとすると，測定間隔は20秒だ

表1　放球状況

放球No	放球時刻	上昇速度
1	84年 11月 19日 10時 34分	50m/分
2	84年 11月 19日 11時 11分	ノンリフト
3	84年 11月 19日 11時 39分	100m/分
4	84年 11月 19日 14時 2分	100m/分
5	84年 11月 19日 14時 29分	ノンリフト
6	84年 11月 19日 14時 58分	100m/分
7	84年 11月 19日 15時 33分	ノンリフト
8	84年 11月 19日 16時 10分	50m/分
9	84年 11月 30日 7時 8分	50m/分
10	84年 11月 30日 7時 35分	ノンリフト
11	84年 11月 30日 9時 14分	50m/分
12	84年 11月 30日 9時 40分	ノンリフト
13	84年 11月 30日 10時 4分	100m/分
14	84年 11月 30日 11時 45分	100m/分
15	84年 11月 30日 12時 8分	ノンリフト
16	84年 11月 30日 13時 54分	100m/分
17	84年 11月 30日 14時 13分	30m/分
18	84年 11月 30日 15時 42分	ノンリフト
19	84年 11月 30日 16時 6分	100m/分
20	84年 11月 30日 16時 30分	30m/分
21	84年 11月 30日 16時 58分	ノンリフト

表3　第1法と第2法による距離の差

単位：m

放球No	上昇速度(m/分)	観測回数	X方向	Y方向	XY方向	Z方向
1	50	18	150	18	152	59
3	100	59	20	18	27	21
4	100	30	12	12	19	34
6	100	38	26	33	43	39
8	50	61	75	97	123	68
9	50	44	33	19	39	13
11	50	60	61	27	67	36
13	100	46	19	10	22	15
14	100	61	65	44	80	60
16	100	47	108	168	202	88
17	30	61	215	438	502	149
19	100	61	25	25	39	39
20	30	57	518	1,232	1,342	124
上昇速度別	30		367	835	922	137
	50		80	40	95	44
	100		39	44	62	42

(注)　計算にあたっては差の絶対値を合計し，測定回数で割って平均としたが，上昇速度別の平均については上でもとめた平均を合計し各放球回数で割って平均とした．

表2　第2法による2直線の最短距離

単位：m

放球No	1	3	4	6	8	9	11	13	14	16	17	19	20
放球時刻	11月19日					11月30日							
	10：34	11：39	14：02	14：58	16：10	7：08	9：14	10：04	11：45	13：54	14：13	16：06	16：30
上昇速度(m/分)	50	100	100	100	50	50	50	100	100	100	30	100	30
分　秒													
0：00	4	—	4	3	4	3	3	3	3	4	3	0	3
：20	7	4	—	6	1	3	0	0	4	4	3	4	5
：40	—	5	3	2	3	3	2	3	1	1	5	0	6
1：00	4	3	1	4	7	5	—	1	1	3	1	0	4
：20	3	4	3	3	2	3	5	3	2	1	3	3	2
：40	—	1	2	4	3	5	4	2	2	7	3	5	2
2：00	3	5	7	8	1	7	3	2	0	4	3	3	3
：20	3	13	3	6	6	7	4	1	0	7	3	3	2
：40	3	16	7	3	6	4	1	1	2	3	4	3	3
3：00	1	20	5	5	1	3	2	2	5	3	4	2	4
：20	2	22	—	8	1	5	6	0	1	5	3	2	5
：40	3	34	7	13	10	4	4	1	3	2	7	1	2
4：00	4	50	2	3	0	6	4	1	4	2	11	2	10
：20	7	14	8	3	1	5	2	0	5	3	8	1	8
：40	1	8	11	5	8	7	2	0	3	5	12	2	9
5：00	2	7	5	5	6	7	0	0	1	5	2	0	8
：20	1	3	10	5	8	4	3	2	4	3	2	0	3
：40	2	5	5	8	3	7	3	3	3	5	2	1	8
6：00	3	0	6	10	1	7	3	3	4	5	4	0	4
：20	1	4	2	6	1	5	3	4	7	4	3	1	3
：40		4	1	3	3	5	6	0	4	5	2	1	5
7：00		1	7	2	6	4	5	2	6	3	2	4	6
：20		9	5	3	9	6	3	0	9	7	4	3	4
：40		6	6	4	5	6	2	0	4	8	3	3	8
8：00		5	4	6	3	5	5	1	11	8	5	1	5
：20		2	5	9	5	5	1	7	5	6	3	2	7
：40		4	4	11	1	4	4	4	8	4	3	4	7
9：00		7	1	9	3	7	4	4	11	10	0	2	9
：20		4	4	8	2	5	4	4	7	1	4	0	5
：40		10	2	8	8	5	7	5	7	9	6	1	6
10：00		5	1	7	8	6	2	6	11	11	4	0	4
：20		12	15	10	6	4	4	0	12	7	1	2	8
：40		9		7	6	5	3	4	9	6	0	0	15
11：00		6		8	1	6	5	6	11	10	2	2	11
：20		7		6	4	5	3	5	4	14	4	0	11
：40		6		11	7	3	4	5	14	15	5	0	14
12：00		0		7	8	1	2	4	13	18	6	0	11
：20		2		7	5	2	2	7	13	9	4	0	15
：40		1			8	4	2	5	19	14	6	1	12
13：00		3			10	2	1	2	10	12	2	3	14
：20		3			6	2	0	4	6	18	5	4	15
：40		2			5	0	0	5	8	12	6	2	14
14：00		8			2	5	8	7	12	15	4	3	8
：20		7			0	6	0	5	9	18	9	1	12
：40		3			8		1	5	12	23	1	5	12
15：00		7			2		3	10	9	25	10	8	16
：20		0			3		2		10	21	11	6	12
：40		7			6		2		9		9	6	13
16：00		—			9		6		14		7	6	15
：20		18			7		6		8		12	7	15
：40		22			1		3		11		13	11	16
17：00		15			8		7		17		9	15	18
：20		30			6		9		18		11	16	12
：40		34			10		11		15		14	17	18
18：00		24			7		10		14		14	21	14
：20		35			9		9		15		11	20	21
：40		41			0		14		21		14	14	17
19：00		35			10		7		17		12	16	
：20		34			1		11		11		12	18	
：40		51			9		9		28		11	15	
20：00		57			1		14		13		15	17	

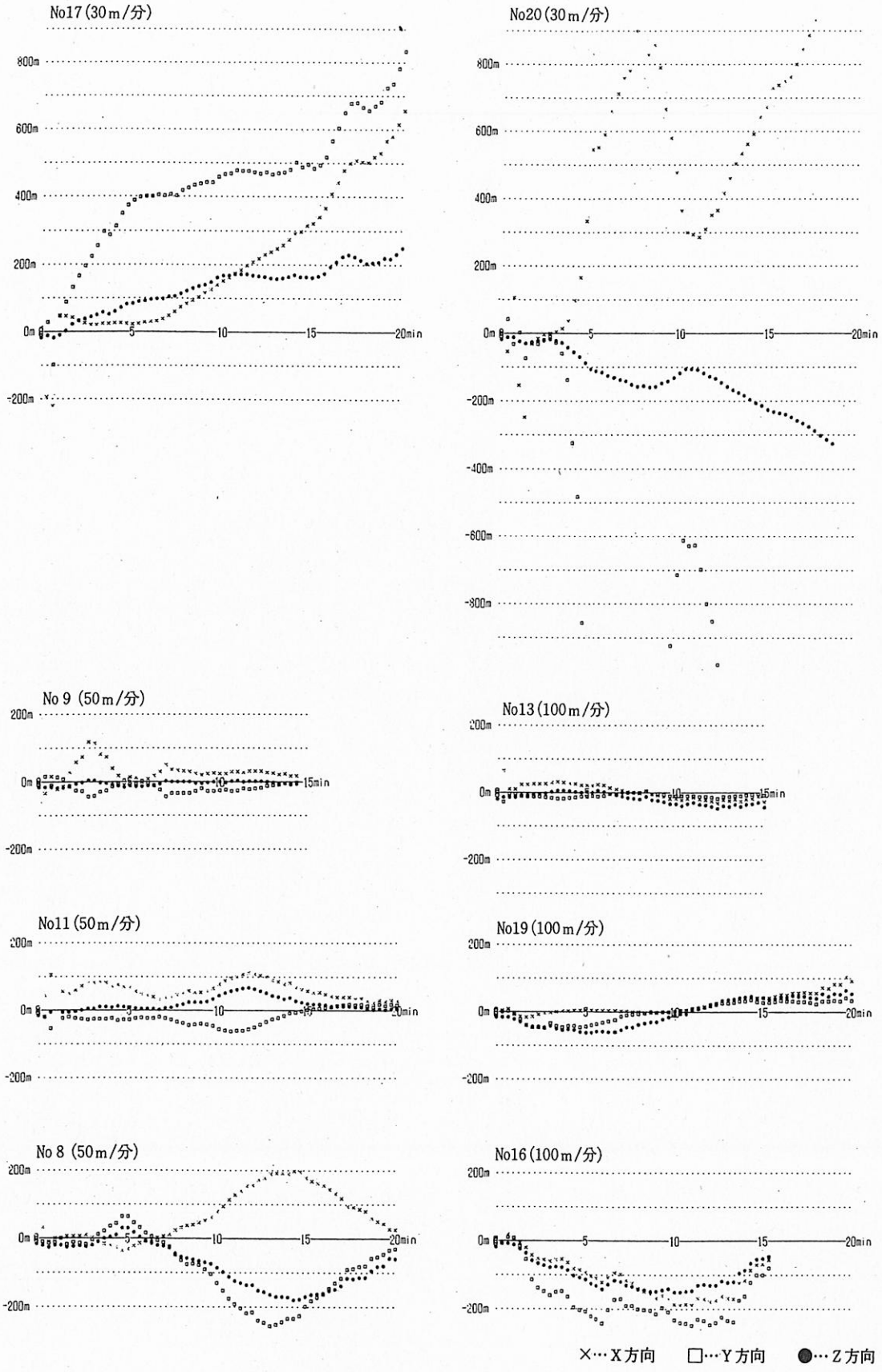


図5 距離の差の経時変化

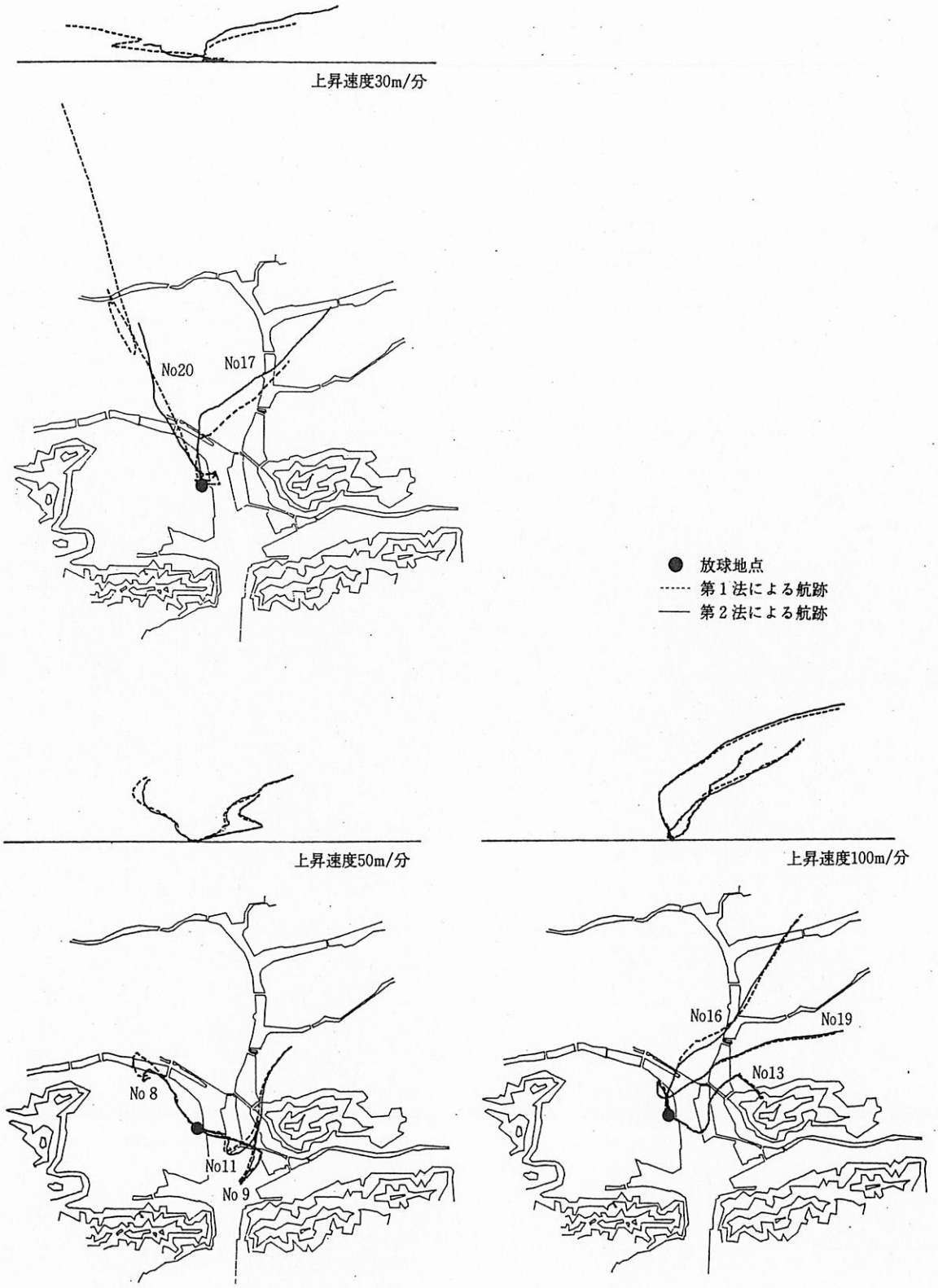

上昇速度30m/分
No20
No17
放球地点
第1法による航跡
第2法による航跡
上昇速度50m/分
上昇速度100m/分
No 8
No11
No 9
No16
No19
No13

図6　航　　跡

から，XY平面方向の許容誤差は10mであり，Z方向の許容誤差も同様に10mとすると，3次元空間での許容誤差は14mとなる．表2で最短距離が14m以上の回数は72回，全体の11%であり，観測は精度良く行われたと考えられた．

表3に示した第1法と第2法による距離の差をみると，上昇速度50m/分と100m/分のZ方向の差はほぼ同じだが，XY平面方向の差は50m/分の方が大きく，また30m/分はZ方向の差は大きくなり，XY平面方向の差はさらに大きくなっている．図5，図6に両法の差の経時変化と航跡を，上昇速度別の代表例（両法の差が最も小さい，中間，最も大きい）で示した．図5では上昇速度が遅いほどZ方向の差が大きく，Z方向の差が大きいほどX，Y方向の差が大きい傾向がみられ，図6では，100m/分の航跡はほとんど同じだが，50m/分はいくぶん違いがみられ，30m/分は大きな違いがみられた．

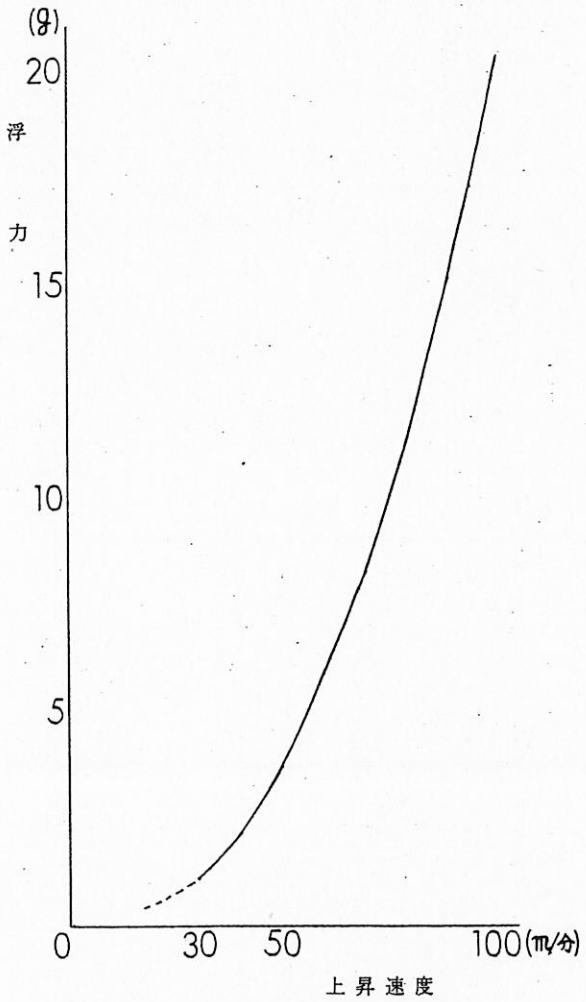


図7　バルーンの上昇速度と浮力の関係
（バルーン自重28gの場合）
（注）測風気球観測常用表[2]よりプロット

計算方法の違いによりこのような差異を生じた理由は第1法において上昇速度を一定と想定して高度を求めたためであるが，上昇速度を変化させる要因としては上昇気流，下降気流や浮力の増加，減少が考えられる．上昇気流，下降気流は一般に地表付近に発生しやすいので，地表付近に長時間滞留する低速度バルーンほど影響を受けやすいと考えられる．また浮力の変化による速度変化は低速度バルーンほど大きい特性をパイロットバルーンはもっている（図7参照）ことが知られており[2]，浮力の増加，減少の原因としては，パイロットバルーン作製時の浮力の違い，日射によるバルーンの膨張，ガス漏れによるバルーンの収縮[3]などが考えられる．

表4に実際の上昇速度から想定した上昇速度を差し引いた値を上下方向の風速として示したが，上昇速度の違いによる標準偏差の差はあまりなく，平均風速は上昇速度が遅いほど0m/sからのずれが大きく，30m/分では＋0.22m/s，－0.28m/sと両方向に大きなずれを示した．表4における平均風速は時間経過に関係なくばらついており，図8に示した11月30日の日射量との間に関係を認めることは難しかった．これは，パイロットバルーンの作製は日の当たる車の中で行ったので，日射条件がバルーン上昇時とほぼ等しかったためではないかと考えられた．

これらのことより上昇速度の変化は，上昇気流，下降気流の影響よりも浮力の増加，減少，特にパイロットバルーン作製時の浮力の違いによるところが大きいのではないかと考えられた．参考までに例を示すと，図7では，浮力が±0.5g変化すると30m/分では上昇速度は－10m/分，＋5m/分変化するのに対し，100m/分では±1m/分しか変化しない．

Z方向の差のXY平面への影響は高度角が小さいほど大きく顕われるので，このことは結果的に，上昇距離の少ない低速度バルーンほどXY平面方向の差を生じやすいことになっている．表3で示した放球速度別のZ方向，XY方向の差がこの例である．

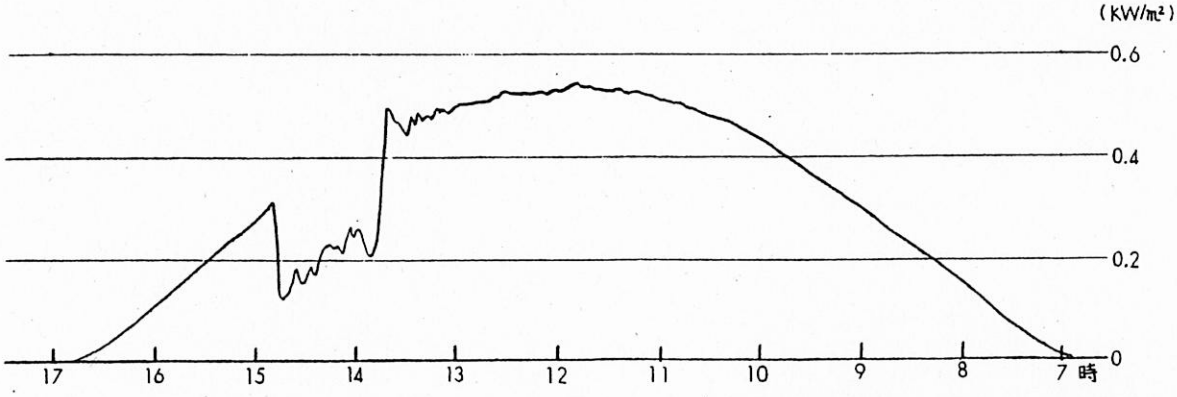
放球したパイロットバルーンすべての高度別風向・風速を図9に示した．図で破線は第1法，実線は第2法を表し，矢印は風向，折れ線は風速を，それぞれ高度について表している．地上より高度100m前後までの風向，風速の差異が大きいのは，観測地点を放球地点より高い位置に設けたため，バルーンの上昇により高度角が0°前後になった時の計算誤差と考えられた．

100m/分では上昇気流が発生したと推測された11月30日の日中に放球したNo14，No16を除いて，第1法，第2法ともほぼ同じ風向，風速を示した．No14では実際の高度と想定した高度との差の分だけ全体的に風

表4　垂直方向の風速

放球No	放球時刻	上昇速度（m/分）	観測回数	平均風速（m/s）	標準偏差（m/s）
1	10：34	50	15	0.19	0.30
2	11：11	ノンリフト	17	−0.17	0.18
3	11：39	100	57	−0.05	0.35
4	14：02	100	27	0.14	0.32
5	14：29	ノンリフト	20	−0.23	0.33
6	14：58	100	37	−0.04	0.29
7	15：33	ノンリフト	12	−0.15	0.26
8	16：10	50	60	−0.04	0.44
9	7：08	50	43	0.01	0.16
10	7：35	ノンリフト	17	−0.11	0.40
11	9：14	50	58	0.02	0.22
12	9：40	ノンリフト	60	0.31	0.15
13	10：04	100	45	−0.03	0.25
14	11：45	100	60	0.06	0.31
15	12：08	ノンリフト	60	0.68	0.47
16	13：54	100	46	−0.03	0.47
17	14：13	30	60	0.22	0.33
18	15：42	ノンリフト	21	−0.02	0.32
19	16：06	100	60	0.06	0.26
20	16：30	30	56	−0.28	0.37
21	16：58	ノンリフト	15	−0.33	0.09
上昇速度別		ノンリフト		0.25	0.28
		30		0.25	0.35
		50		0.065	0.28
		100		0.059	0.32

（注）上昇速度別の風速，標準偏差は絶対値の合計を各放球回数で割って求めた．



（注）測定地点は放球地点の北東約4kmの大津測定局

図8　11月30日の日射量

向，風速がずれている．No16は風向はほぼ同じであるが，風速は複雑に違っており最高で3.2m，平均で約1mの差が認められた．これは図5でZ方向の変化が他のバルーンと異なり乱れが大きいことや表4の標準偏差が0.47と最も大きいことから判断すると，バルーンは速度を激しく変化させながら上昇したものと考えられる．この原因としては，1つは表4において標準偏差が大きいバルーンは上昇気流の発生したと推測される時間帯に限られていることから，上昇気流による風の乱れが考えられ，1つはNo16の放球前後に日射量が大きく変化していることから日射による影響が考えられる．後者の考え方が正しいならば，No16は日射量の変化による影響は上昇速度100m/分のバルーンにも顕れることを示した例といえよう．

50m/分はNo11を除いて風向，風速ともに差異が大きく，No8においては高度500m前後で風速で2m/s

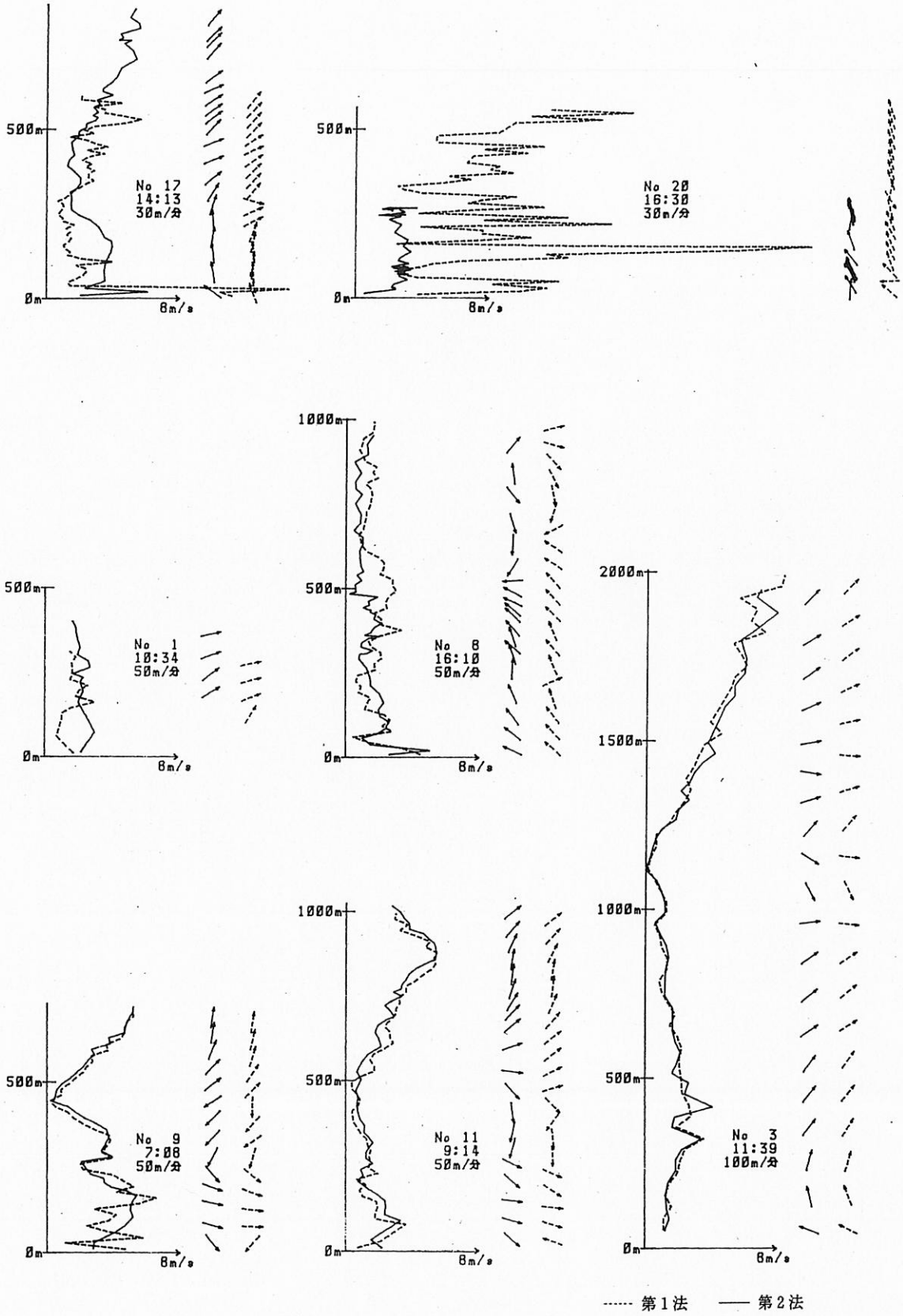

500m
0m
8m/s
No 17
14:13
30m/分
No 20
16:30
30m/分
No 1
10:34
50m/分
1000m
No 8
16:10
50m/分
2000m
1500m
No 9
7:08
50m/分
No 11
9:14
50m/分
No 3
11:39
100m/分
…… 第1法 —— 第2法

図9－1 高度別風向・風速

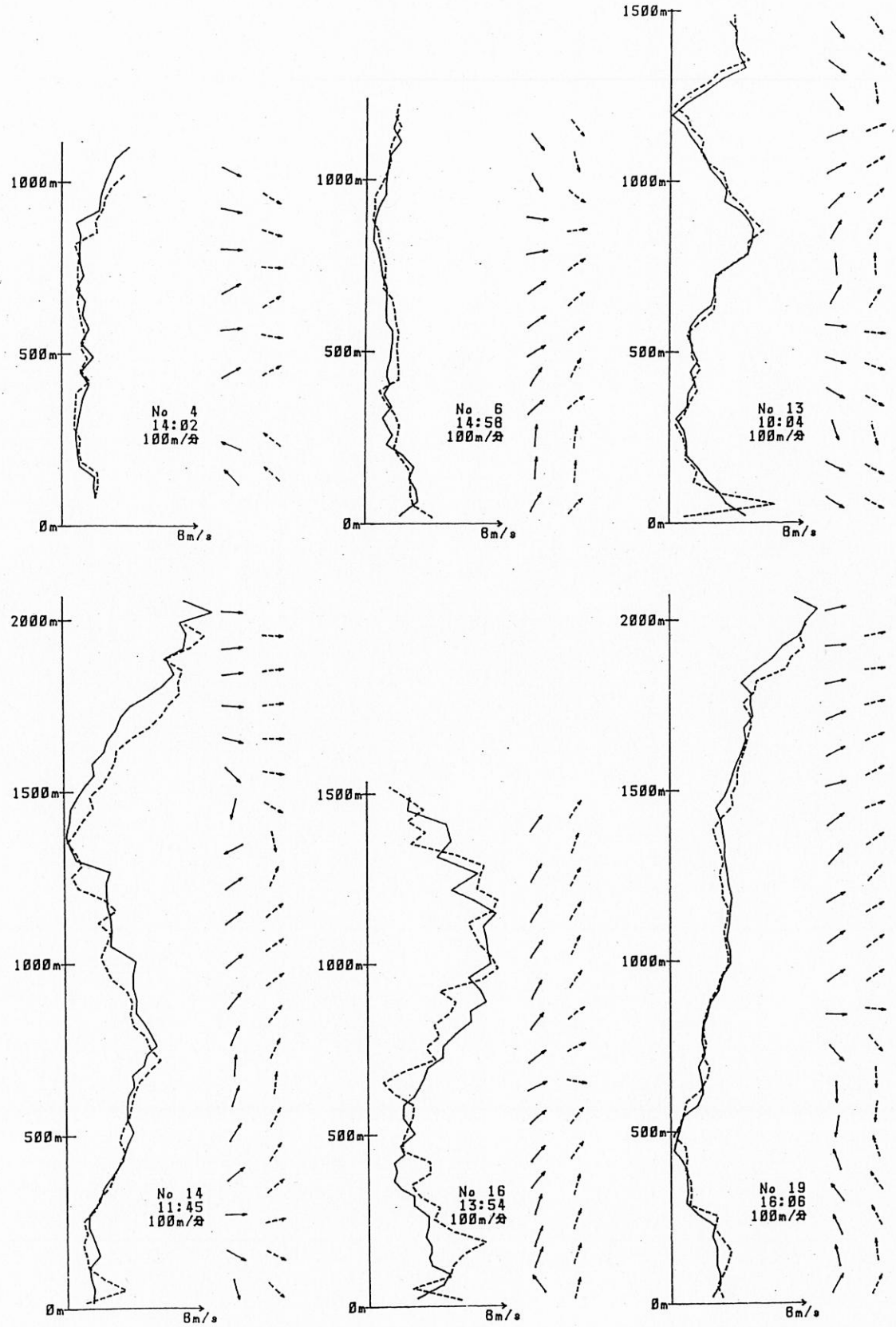

No 4
14:02
100m/分
No 6
14:58
100m/分
No 13
10:04
100m/分
No 14
11:45
100m/分
No 16
13:54
100m/分
No 19
16:06
100m/分
0m
500m
1000m
1500m
2000m
8m/s

図9－2　高度別風向・風速

以上，風向で90°以上の差異が認められた．

30m/分については同一バルーンの観測結果とは思えないほど異なっており，No20について見ると，第1法と第2法による最終高度は565mと257m（比2.2：1），観測地点Aからの最終水平距離は6,172mと2,599m（比2.4：1），平均風速は8.7m/sと2.6m/s（比3.3：1）であり，図6で第1法による航跡がループを描いている点を考慮すれば，高度の違いがそのまま風速の違いとなって顕われたと考えられる．この理由は第1法では測定された高度角と想定した高度より水平距離を求めるため，実際の高度が想定した高度より低い場合は風速が大きく計算されるからである．逆に実際の高度が想定した高度より高い場合は，No17のように，風速が小さく計算されよう．

4．結　　語

セオドライト1台を使用しパイロットバルーンの上昇速度を一定と想定してバルーンの位置を決定する方法と，セオドライト2台で観測を行い2直線の最短距離をバルーンの位置とする方法との計算誤差を比較検討したが，低速度バルーンほど水平誤差，高度誤差を生じやすいことがわかった．

観測結果を上昇速度別にみると，30m/分では上昇距離で倍以上，平均風速で3倍以上，風向では正反対の場合もみられた．

50m/分では風向，風速ともに差異が認められ，風速で2m/s以上，風向は90°以上の違いがある場合もみられた．

100m/分では両法による違いはほとんど見られなかったが，上昇気流が発生したと推測された時間帯に放球したNo14とNo16は風速で最高3.2m/s，平均約1m/sの違いがあった．

今回の観測結果により，セオドライト1台での観測は，地形や気象状態または観測結果の使用目的にもよるが，少なくとも上昇速度50m/分以下のパイロットバルーンには適さないと考えられた．

本調査は昭和59年度通産省委託事業「石炭導入地域環境影響調査（高知地域）」の一環として行われたものである．

最後に，今回の観測にあたりご指導頂いた高知医科大学上田寿名誉教授と観測に協力していただいた県職員の方々に深く謝意を表します．

文　　献

1）本田久雄，長尾隆：公害と気象．地人書館・146～151・1984
2）中央気象台：測風気球観測常用表・1936
3）上田寿：高知市上空における大気拡散状況調査．公害調査報告書．高知県・1961

高知公防所報 1，1984

永瀬ダム湖における淡水赤潮生物 Peridinium 属の分類と遷移現象および日周運動について

邑岡和昭・門田治幸
渡辺賢介・松村浩明*
鎮西正道**・河淵雅恵***
浜田康行****

はじめに

1960年代まで我が国の湖沼における藻類の異常発生は，琵琶湖[1-2]，諏訪湖[3]や霞ヶ浦[4]に代表される，比較的富栄養化した自然湖沼での現象として知られていた．しかし，1970年代になって本来貧栄養である西日本のダム湖においても，渦鞭毛藻類を主とする藻類により貯水が赤色化するいわゆる淡水赤潮（以下赤潮とする）が発生し，環境保全上問題となると共に，公衆衛生上その異臭や毒性[5-6]が懸念されるようになった．

高知県香美郡物部村の永瀬ダム湖でも，1975年より連続して赤潮の発生が観察され，発生防止策の確立が強く要望された．このため，われわれは1980年から1983年の間，同湖における赤潮藻の生理，生態的特性とダム湖の環境因子の相互関係から，発生機構を明らかにし，発生を未然に防止する目的で，一連の調査を行った．そのなかで，今回は赤潮の原因種となる Peridinium の分類，遷移現象ならびに日周垂直運動性について知見を取りまとめたので，その概要を報告する．

1．調査方法

1.1. 生物調査

調査地点は，植物プランクトンの集積が観察される河川流入端付近とし，期間は1980年6月から1983年3月にかけて，頻度は月に1回ないし9回程度とした．試料の採取および処理方法は，表層水を理研式表層採水器で採水後，直ちに試料500mℓに安達固定液[7]を2.5mℓ加えて固定し，48時間以上静置して自然沈降させ，上澄液をサイフォンで抜き，10mℓないし50mℓとした．

検鏡は0.5mmの界線入りスライドグラスに濃縮試料を100 μℓ とり，18×24mmのカバーグラスで覆い，光学顕微鏡により600～1,000倍で観察した．

1.2. 日周垂直運動

調査は，1982年9月に永瀬ダム湖に microcosm を設置し，時間経過に伴う *P. penardii*，水温および栄養塩類の分布から，日周垂直運動の様式，それにおよぼす環境因子の影響および栄養塩類の摂取について行った．

microcosm は，林ら[8]が諏訪湖での実験に使用したものを参考にし，長さ10m，直径1mのポリエチレン製フィルムの円筒型 microcosm を作成した．設置は河川流入端付近の水深10mの湖内に水面から垂下し，フロートで上端を水面上約10cmに，下端は湖底に密着せて固定した．

実験は設置後一夜放置して内部の水柱を安定化させ，垂直の隔離水柱すなわち周辺環境に類似した隔離環境を設定し，その中で行った．また，試料の採取は水塊を攪伴しないように，microcosmの中心に内径6mm，長さ0.1mから9mの塩化ビニール管を1m間隔の水深別に垂下し，上部に設置したポンプで200mℓ採取した後，生物調査の方法と同様に処理して Peridinium を計数した．

なお，13時，0時および12時には，さらに200mℓを別途に採取し，水温を測定の後栄養塩類の分析に供した．

1.3. 栄養塩類の分析

栄養塩類の分析方法は湖沼環境調査指針[9]を準用し

* 保健環境部環境保全課
** 須崎保健所
*** 中央保健所
**** 保健環境部公害対策課

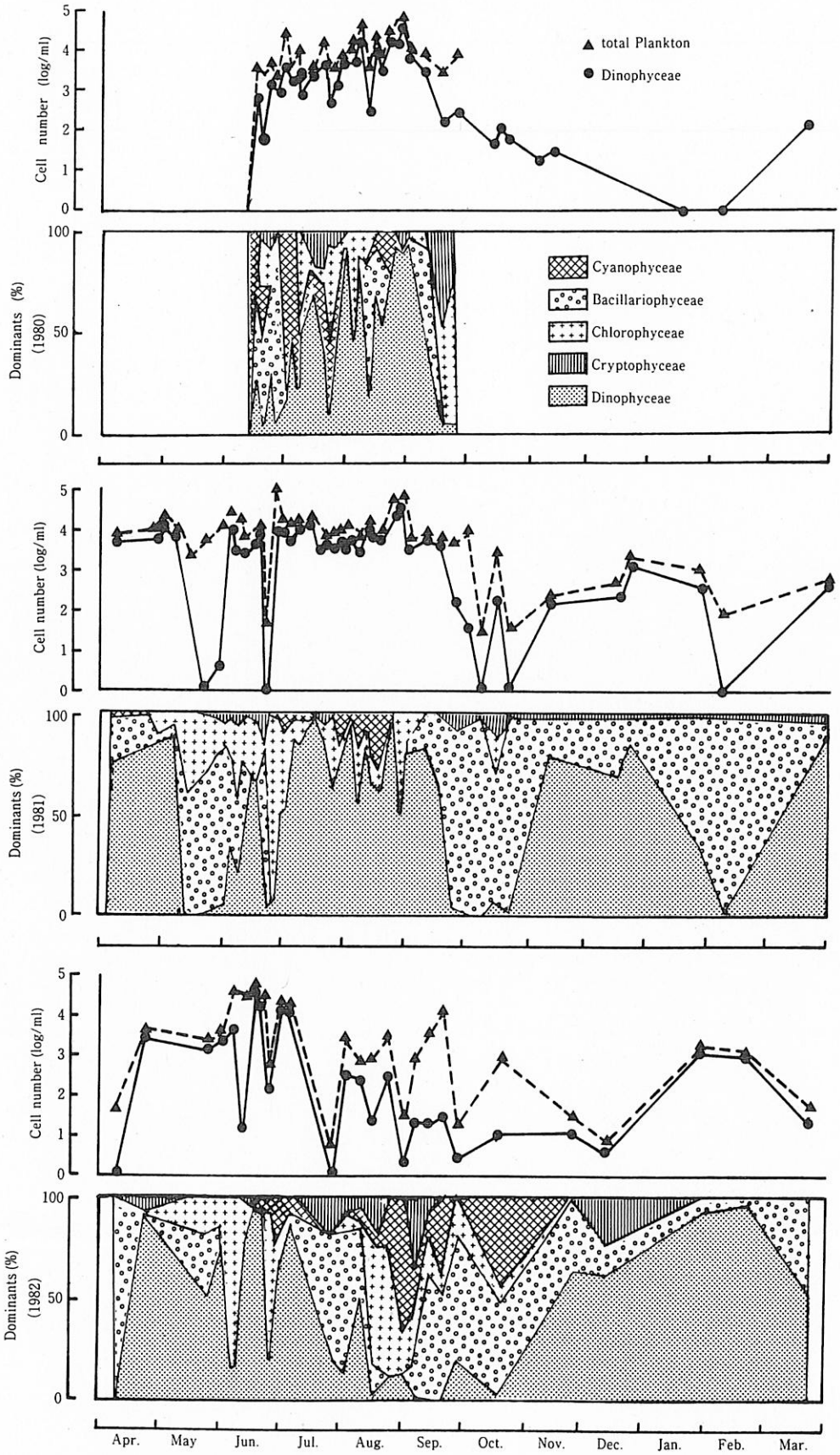


Fig. 1　Seasonal changes of total phytoplanktons, Dinophyceae number and seasonal succession of major phytoplanktons.

た．

2．調査結果と考察

2.1.　植物プランクトンの遷移

2.1.1.　季節的遷移

調査期間を通じて，永瀬ダム湖で観察した主な植物プランクトンは，藍藻綱2属，珪藻綱13属，緑藻綱14属，褐色鞭毛藻綱1属および渦鞭毛藻綱1属の計5綱31属であった．また，この中で第一優占種として，藍藻綱の *Oscillatoria sp.* 珪藻綱の *Cyclotella sinuata*, *Synedra acus*, 緑藻綱の *Pandrina morum*, *Eudrina elegans*, *Carteria globlosa*, 褐色鞭毛藻綱の *Cryptomonas sp.* 渦鞭毛藻綱の *P. cunningtonii*, *P. africanum*, *P. penardii* が認められた．

これらの植物プランクトンと渦鞭毛藻綱の総数および優占率を Fig. 1 にまとめた．その結果，年によって若干の変動はあったが，主要な植物プランクトンの構成は以下のように推移した．赤潮藻の渦鞭毛藻綱は，6月から9月の高水温期と11月から4月の低水温期に優占し，その非優占期は，珪藻綱と緑藻綱が優先した．また，藍藻綱は高水温期に時々優占種となったが，長期に持続することはなく漸次消滅した．その他，褐色鞭毛藻綱は年間を通じてほとんど常に観察されたが，優占率は低かった．

個体群数は6～8月の夏期に著しく増大し，おおよそ 10^4～5×10^4 cells/mℓ，その他の季節は 10^2～10^3 cells/mℓのレベルで推移した．ただし，夏期には降雨による増水の結果，ダムゲートからの放水に伴い流失したが，2～3日で元の個体群レベルに回復した．

調査期間を通じ観察された Peridinium 属の構成および推移は，Fig. 2 に示したように，高水温期は *P. cunningtonii* および *P. africanum* の2種類による複合赤潮であり，低水温期は *P. penardii* による単独赤潮であった．この外，高水温では稀に小数の *P. penardiform* の存在が確認された．

このような遷移過程を，Fig. 1 に示した渦鞭毛藻綱数の推移からみると，高水温期の最高個体群数は，

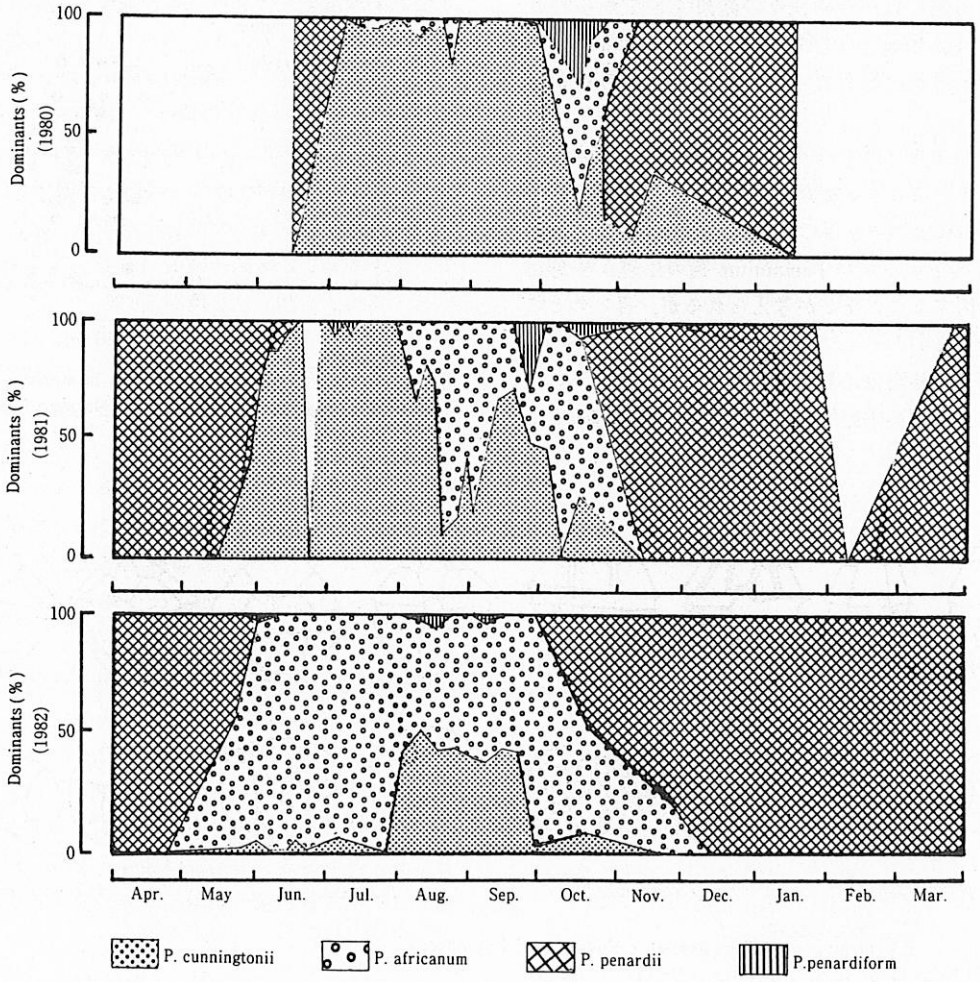


Fig. 2　Seasonal succession of Peridinium species.

1980年5.7×10^4，1981年2.1×10^4，1982年5.9×10^4 cells/mℓであり，低水温期は2.9×10^2，5.9×10^3，4.1×10^3 cells/mℓと，高水温期に比べて1/3.5から1/196とかなり低かった．

以上のように，植物プランクトン種は，天候や湖水の流動などダム湖の物理的特性の変動を考慮に入れても特に大きな変化はなく，調査期間を通じて一定の様式に従う季節的周期を示した．一方，個体群数は大降雨時におけるダムゲートからの流失など，人為的操作による減少を除き，夏期は高く冬期は低い傾向にあった．

2.1.2.　経年的遷移

生物調査は3年間であり，それ以上の長期的な経過は充分明らかでないが，先に述べた季節的遷移とは別に，さらに長期的スケールで Peridinium 種の交代の可能性が示唆された．すなわち，Fig. 2 に示したように1980年から1983年の間，年の経過に伴い，高水温期の優占種が *P. cunningtonii* から *P. africanum* に交代した．このことは，安達[10]によると過去（1975～1979年）の永瀬ダム湖では，今回我々の観察できなかった *P. volzii* や *P. elpatiewskyi* の出現が記録され，時には *P. penardiform* が優占種となったとの報告からも肯定できる．

このような長期的スケールでの種の遷移は，永瀬ダム湖の3年間における窒素やリンなど栄養塩類の分析値[11-13]や後に述べる水温の変動だけでは説明できず，他の環境因子あるいは Peridinium 種の生理，生態的特性に起因することなどが考えられるが，目下のところ明らかでない．

2.1.3.　遷移現象におよぼす湖水温の影響

一般に，藻類の季節的遷移を支配する環境因子として日長や水温の影響が知られている．そこで，Peridinium の遷移におよぼす水温の影響をみるため，3年間のデータから抜粋した1.0×10^3 cells/mℓ以上の Peridinium 数と湖表面水温の関係を Fig. 3 に示した．これから，高水温期の優占種 *P. cunningtonii* は，湖表面水温が18.9～28.0℃（平均23.0℃）に，*P. africanum* は20.1～26.5℃（平均23.7℃）において最も高密度に個体群の分布が見られた．また，低水温期の *P. penardii* は，6.4～18.5℃の間でほぼ水温の上昇に比例した増加を示し，19℃以上では急激に減少した．なお，*P. penardiform* は出現頻度，細胞数共に少なく，水温との関係は明らかでない．

このことから，*P. cunningtonii*, *P. africanum* の増殖適性水温は湖表面水温の平均値の23℃付近，*P. penardii* は15℃付近と推定した．この値は，畑ら[14]が培養実験から得た *P. cunningtonii* の増殖適性水温の20℃と，渡辺[15]が推定した *P. penardii* の増殖適性水温（増

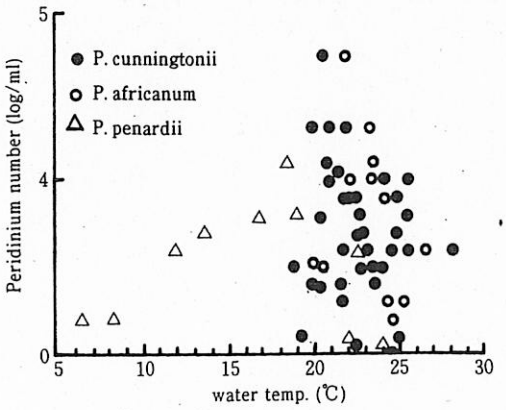
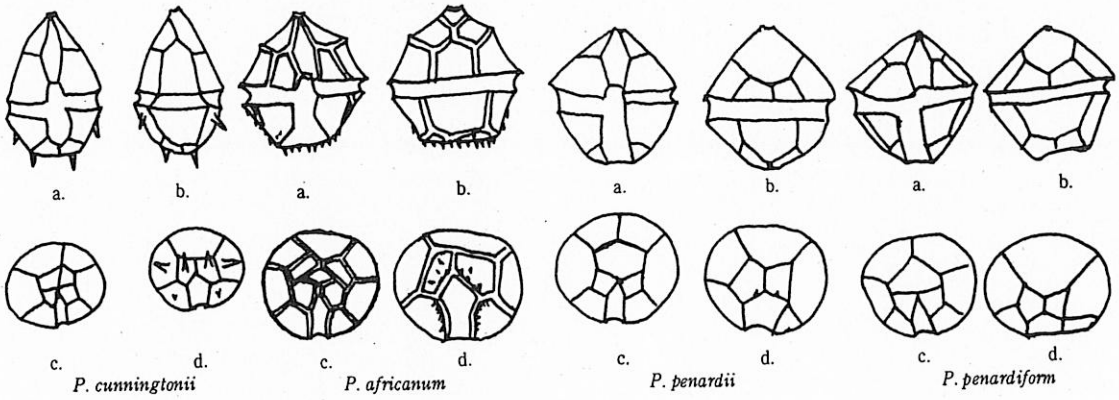


Fig. 3　Relation between peridinium species and temperature of surface layer water in Nagase Dam Lake.



a. Ventralview　b. Dorsalview　c. Epitheca　d. Hypotheca

Fig. 4　Sketch of Peridinium for the occurrence fresh water red tide in Nagase Dam Lake.

Table 1　Size composition of the parts of Peridinium

		P. cunningtonii	P. africanum	P. penardii	P. penardiform
Length of body (μm)	n	70	56	55	10
	$\bar{x}$	28.5 (1.00)	33.4 (1.00)	34.6 (1.00)	29.0 (1.00)
	δ	2.65	3.22	3.68	2.94
Width (μm)	n	70	56	55	10
	$\bar{x}$	22.1 (0.78)	29.8 (0.89)	31.8 (0.91)	28.5 (0.98)
	δ	2.29	3.04	3.80	2.22
Length of epitheca (μm)	n	70	55	49	9
	$\bar{x}$	16.8 (0.59)	17.9 (0.54)	15.8 (0.46)	14.5 (0.50)
	δ	1.93	2.28	1.86	2.40
Length of hypotheca (μm)	n	70	53	49	9
	$\bar{x}$	9.38(0.33)	11.9 (0.36)	14.1 (0.40)	11.3 (0.39)
	δ	1.56	2.18	2.36	2.06

＊ (ratio of part / length)

殖速度）の15～20℃と比較してほぼ一致した．また，種の交代は19℃付近を境に見られ（Fig. 3），渦鞭毛藻の優占率が50％以下になる5月下旬から6月中旬，および10月中旬から下旬の同湖の平均水温と符合する．したがって，栄養塩類，日照などの環境因子が藻類増殖を満足させる環境では，水温が増殖量を決定し，その変化が藻類の季節的遷移を支配する重要な因子と考えられた．

2.2.　Peridinium 属の分類

3年間の調査において観察同定した Peridinium 属は，*P. cunningtonii*（LEMM.）LEMM., *P. africanum* LEMM., *P. penardii* LEMM., *P. penardiform* LINDEM. の4種であった．そのスケッチを Fig. 4 に，各部の計測値を Table. 1 に，体長，体幅の関係を Fig. 5 ～ 8 に示した．

2.2.1.　*P. cunningtonii* LEMM.

外形は洋梨形で，やや左巻である．横溝は極弱い左よりの下降螺旋であり，被殻のやや下方に位置する．縦溝は上殻に入り，下方がやや広く，下端に達しない．下殻の後板および底板には，それぞれ1本ずつ計4本の長棘が観察された．鎧板は体上部が11枚，体下部が7枚で構成し，鎧板配列は 5′，6″，5‴，2⁗で標示された．体長は22～35μm（平均28.5μm），体幅は18～27μm（平均22.2μm）であった．

これは，Thienemann[16] の記載値の体長20～40μm，体幅20～30μmおよび，安達[10] の測定値の体長25～30μm，体幅20～25μmとほぼ一致した．また，体長（L）が大きくなるに従い体幅（W）も共に増加し，その相互の関係を L＝6.33＋1.001W で表すことができた．なお，体長に対する各部の比率は，体幅78％，体上部59％，体下部33％となり，ほぼ一定の値を示すことが判明した．

2.2.2.　*P. africanum* LEMM.

この種の体頂角は体頂のほぼ中心にあり，やや突出する．横溝は左側よりの下降螺旋で幅広い．縫合線の幅は広く，縫合部でやや鋭角になる．また，体下部の鎧板の周囲に1μmほどの短い棘が多数観察された．鎧板の構成は体上部は2枚の挿間板を含み13枚，体下部は7枚で構成し，鎧板配列は 4′，2 a，7″，5‴，2⁗で標示された．体長は27～41μm（平均33.4μm），体幅は23～37μm（平均29.8μm）であり，体長と体幅の関係は L＝6.95＋0.890W で表された．なお，体長に対する体幅，体上部，体下部の比率はそれぞれ89％，54％，36％であった．

得られた計測値を Thienemann[16] の記載（体長25－30－40μm，体幅23－27－35μm）と比較すると，われわれの計測とほぼ一致したが，安達の計測値の体長25～35μm，体幅20～28μmと比較するとやや大きい値であった．このことから，個体サイズの計測は，採取地点，採取時期，個体群密度を変えて，個体群密度の大きさや環境条件が個体サイズに与える影響を考慮

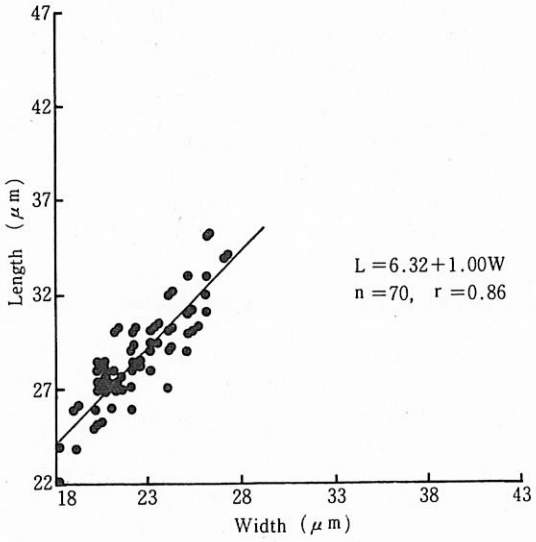


Fig. 5　Correlation between body length and body width of P. cunningtonii.

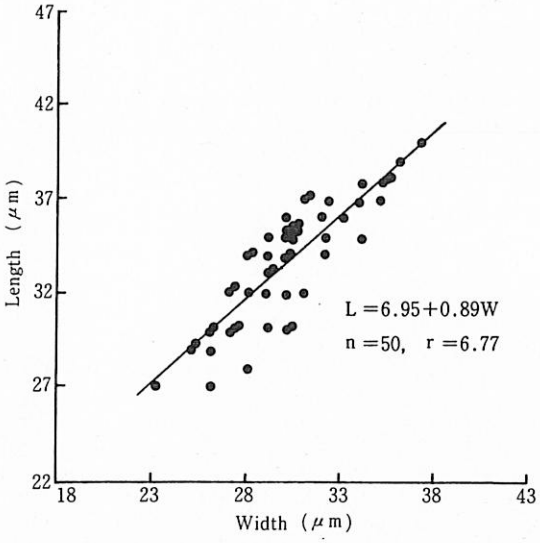


Fig. 6　Correlation between body length and body width of P. africanum.

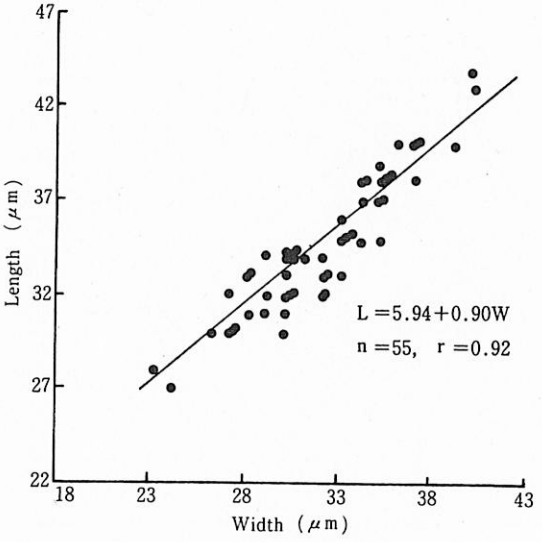


Fig. 7　Correlation between body length and body width of P. africanum.

し，多数の試料について検討の必要性が考えられた．

2.2.3.　*P. penardii* LEMM.

外形はほぼ卵円形で，上殻はやや円錐形，横溝はやや中央寄りで左よりの螺旋は差がない．縦溝は上殻に深く入り込まず，下端に達し，体下部では拡大する．後板縦溝周辺には棘の認められる個体が一部みられた．鎧板は体上部10枚，体下部７枚で構成し，配列は３'，１ａ，６''，５'''，２''''で標示された．体長は27～44μm（平均34.6μm），体幅23～40μm（平均31.9μm）であり，体長と体幅の関係はＬ＝5.94＋0.900Wで表された．また，体長に対する体幅，体上部，体下部の比率はそれぞれ91％，46％，40％であった．

なお，Thienemann[16]は体長30μm，体幅28μmと簡単に記載しているが，この値を先の関係式に代入すると，われわれの計測値とほぼ一致した．

2.2.4.　*P. penardiform* LINDEM.

本種は体厚が薄く，底部が凹む．横溝は広く螺旋とならない．縦溝はわずかに上殻に入り，下部は下端に達する．鎧板は体上部10枚，体下部７枚で構成し，配列は３'，１ａ，６''，５'''，２''''で標示された．体長は25～34μm（平均29.0μm），体幅は25～33μm（平均28.5μm）であり，体長と体幅の関係はＬ＝－4.94＋1.191Wで表された．また，体長に対する体幅，体上部，体下部の各比率は98％，50％，39％の値を得，体長と体幅はほぼ等しかった．

2.3.　日周垂直運動

2.3.1.　日周垂直運動のパターン

P. penardii の水深別の個体群密度は Fig. 9 に示したように，時間の経過と共に以下のように変化した．

日照期（8：00～16：00）における *P. penardii* の相対個体群密度は表層0.1～１ｍに58～81％，中層２～５ｍに16～31％，底層の６～９ｍに１～11％を占め，その過半数は表層に集積した．その後の薄明期（16：00～18：00）は，表層で54～62％と日照期に比べて低下するのに対し，中層では33～44％と逆に増大し，表層から中層へ移行した．なお，低層は１～５％であり，日照期に比べて大きな変化はなかった．暗期（夜間，19：00～5：00）になると，表層は15～50％，中層19～69％とほぼ均衡し，表層から中層に分散して分布し，また，底層でも１～33％と若干の分布が認められた．午前の薄明期（6：00～7：00）になると，表層に54～

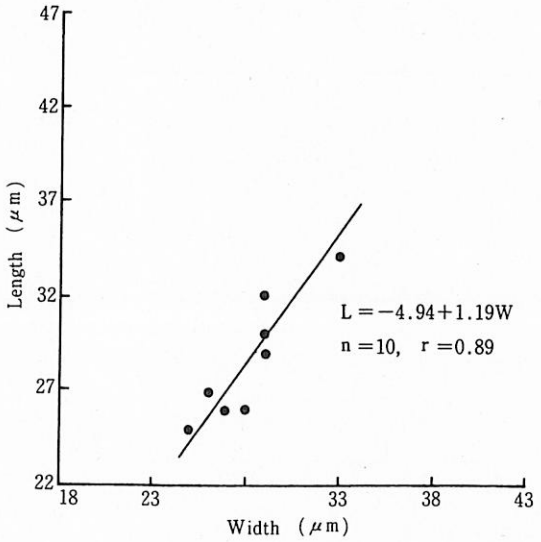


Fig. 8　Correlation between body length and body width of P. africanum.

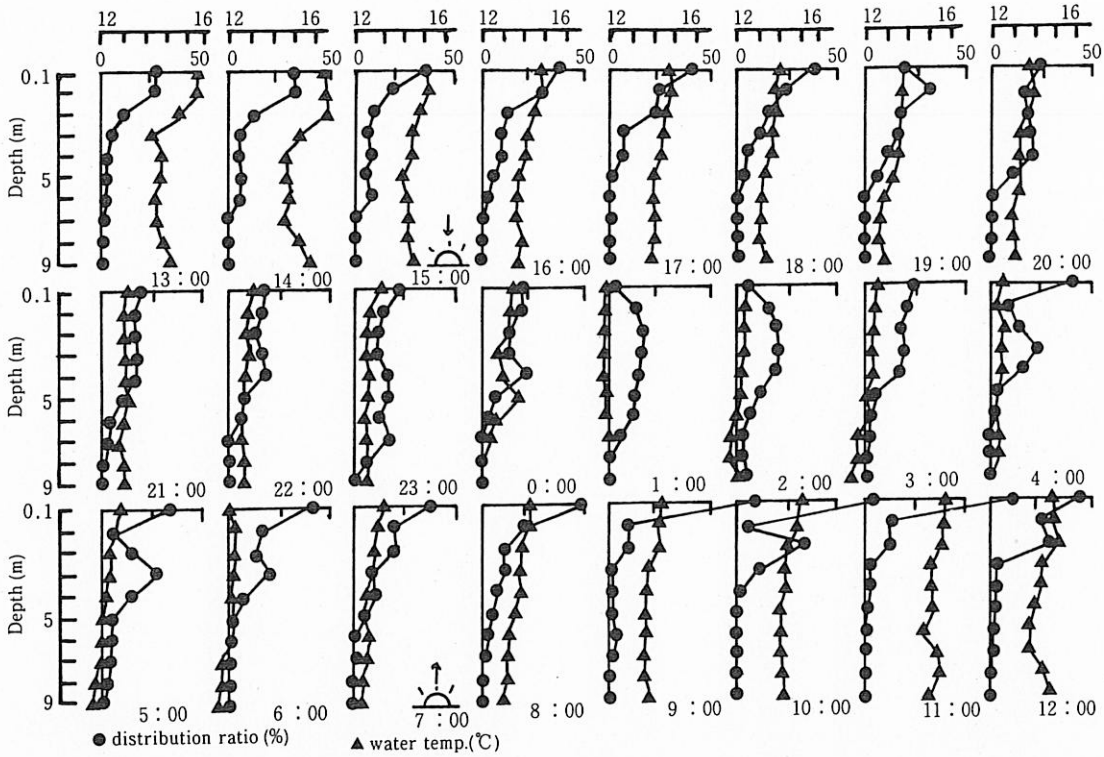


Fig. 9　Changes in vertical distribution of P. penardii and water temprature.

55%，中層に41～44%を占め，夜間の分散状態から表層への移行と集積し，それに伴い底層では1～5%と減少し，中層へ移行がみられた．

以上のような日周垂直運動の過程で表層の0.1mは特徴的なパターンを示した．それは，日昇4時間後の9：00から11：00の間に急速に集積し，相対個体群密度は，9：00に71%，10：00に63%，11：00に68%と，他層に比べて著しく上昇した．なお，これと同様の現象を安達[10]，Siblyら[17]はすでに報告しているが，理由については明らかでない．しかし，Halldal[18]によると，鞭毛藻類の指向性光走性は495 nm付近の波長の刺激を受けるとし，渦鞭毛藻類の運動活性に対する波長の影響を指摘していることから，日の出後の太陽光の波長エネルギーの変化に伴う運動能活性の変化が，運動能を異常に昂進するためと考えられた．

2.3.2.　日周垂直運動に影響をおよぼす因子

P. penardii の日周垂直運動におよぼす環境因子の影響を明らかにするため，日照と日没による明暗サイクルおよび microcosm 中の水温分布の変化とからその影響を以下のように考えた．調査日の日昇は7：10，日没は15：30であり，明暗サイクルは照度が18：30から5：20の間0 luxとなることから暗期とし，それ以外の時間帯を明期とした．また，水温躍層は調査が3月であることから顕著でなく，弱い躍層が9：00～16：00の間に水深2～3mに見られ，それ以外の時間帯は表層から底層までほぼ均一で，循環状態にあった．

このような条件下で，下方移動の開始時刻は中層に個体群密度が増大する15：00にあり，暗期の3.5時間前であった．一方，上方移動の開始時刻は0.1m層の個体群密度が増大する4：00にあり，明期の1時間20分前であった．このことは，上下運動が直接的に明暗サイクルの影響を受けないことを暗示し，日照と *P. penardii* の生理リズムに結びついた周期的運動，すなわち circadian rhythm に基づくことを示唆する．同様のことを microcosm 内の水温分布からみると，下方移動の開始時刻15：00の水温分布は成層状態にあり，水の拡散移動は少なく，藻は比重により自然沈降し，逆に上方移動の開始時刻は循環状態にあり，水の攪拌すなわち水の上方への動きが藻の移動を助長すると推測された．

これらのことから，*P. penardii* の日周垂直運動は circadian rhythm に基づく能動的運動と湖水の流動による相互作用に起因すると考えられた．

2.3.3.　栄養塩類の摂取

日周運動の意義について，Eppley[19]ら，渡辺[20]らは，赤潮生物が昼間表層において太陽光のもとで光合成を行い，夜間は下方移動して栄養塩類の豊富な底層で栄養分を吸収できる生態的特性により，赤潮藻が他の藻類

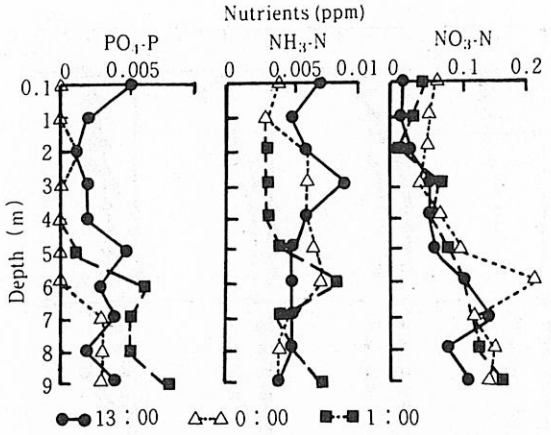


Fig. 10　Vertical distribution of nutrients in microcosm.

に対して優位となり，優占種になれる要因であると指摘している．このことは *P. penardii* が栄養塩類の豊富な底層に移動すること，および夜間も栄養塩類を摂取する能力を有するという仮定に基づくものである．そこで microcosm 内の栄養塩濃度の推移を Fig.10に示し，*P. penardii* の移動（Fig. 9）に伴う栄養塩類の変化から消費の推移を検証した．

その結果，PO_4－P は13：00に0.1mで0.005 ppm とやや高いが，1～4mで0.001～0.002 ppm，5～9mでは0.002～0.005 ppm のレベルにあり，その後の0：00では，0.1～6mまで全く検出されなかった．また，12：00においても2mで0.001 ppm 以外4mまで検出されなかった．したがって，PO_4－P は *P. penardii* の分布密度が高くなるに従い，また時間の経過と共に減少し，夜間の摂取も示唆された．しかし，NH_3－N は時間の経過と共に減少の傾向にあるが，全層に均一に分布しており，*P. penardii* による摂取は明確でなく，また NO_3－N は *P. penardii* の分布する表，中層の濃度は底層に比べて低濃度にあり消費がみられるが，時間的推移は明らかでなかった．

これは，microcosm が野外型であるため，気密性，水の流動，照度など制御に限界があること，さらに，栄養塩類が代謝による放出や底泥からの溶出あるいは microcosm の接地が不充分で外部から侵入することなどの問題点が考えられた．このことより今後，藻類の細胞密度，栄養塩の吸収速度の違いなどを明らかにした上で，より定量的な実験系で行うことが必要と考えた．

ま と め

1980年から1983年の間に，高知県香美郡物部村の永瀬ダム湖に発生した赤潮の発生機構について調査し，原因藻 Peridinium 属の分類および生態など，つぎのような知見を得た．

1）永瀬ダム湖に発生した赤潮は，高水温期は *P. cunningtonii*, *P. africanum* の複合赤潮であり，低水温期は *P. penardii* の単独赤潮であった．赤潮の細胞密度は湖流に影響され，高水温期は密で低水温期は粗であった．また，それぞれの発生期の優占種は，湖表面水温が19℃付近で *P. cunningtonii* および *P. africanum* から *P. penardii* へ遷移した．

2）Peridinium 属は，水温の変動に支配された季節的遷移の他に，さらに数年におよぶ長期のスケールで種の遷移の可能性が示唆された．しかし支配する因子や原因は明らかにできなかった．

3）同湖で観察同定された Peridinium 属は *P. cunningtonii* LEMM., *P. africanum* LEMM., *P. penardii* LEMM., *P. penardiform* LINDEM. の4種であり，これらの外形的特徴，体長と体幅の関係式および体長と体幅，体上部，体下部の比などが明らかになった．

4）*P. penardii* の日周垂直運動により，日照期は全個体数の58～81％が表層の0.1～1mに集積し，特に日昇2時間後の9時～11時の3時間は63～71％が表層の0.1mに高密度に集積した．また，夜間は水深5m層まで均一に分散し，時には6～7mの底層に降下した．水温の分布および日照と日周垂直運動の関係は，数時間の位相が見られ，日周運動が cercadian rhythm および湖水の流動に支配されることが示唆された．

5）日周垂直運動と夜間における栄養塩摂取の可能性は，PO_4－P 以外充分確認されなかった．しかし，赤潮の発生機構を解明するうえで，さらに詳細な調査が望まれ，今後，湖沼の物理化学的特性を明らかにしたうえで生態の特性と環境因子の拘わりについて解明が必要と考えた．

文　　献

1）Yosida, Y., et al. : Studies on Freshwater Red Tide in Lake Biwa. Jap. J. Limnol. 44, 1, 21－27, 1983.

2）門田元：びわ湖におけるプランクトンの異常発生機構に関する調査研究報告書．滋賀県，1－154, 1981.

3）倉沢秀夫：諏訪湖プランクトンおよび大型水生生物の優占種の経年変化と湖の富栄養化の関連．信州の自然環境モニタリングと環境化学の総合化に関する研究報告．長野県，1－12, 1979.

4）今村典子ら：霞ヶ浦高浜入における植物プランク

トンの種類組成および現在量の季節変化．国立公害研究所研究報告，22，123－158，1981.

5）W.W. Carmichael : Algal Toxins and Health. Plenun Press, New York., Vol 20，1－13，1981.

6）Hasimoto, Y., et al. ; Glenodinin, an Ichithyotoxic Substance Produced by a Dinoflagellate Peridinium polonicum. Bull. Japan. Soc. Sci. Fresh., 34, 528－534，1968.

7）安達六郎：私信

8）林秀剛ら：水柱内での有機物収支について．－－ビニール膜による人為的隔離－．陸水誌，33，51－59，1972.

9）日本水質汚濁研究協会編：湖沼環境調査指針．公害対策技術同友会，129－131，1982.

10）安達六郎：永瀬ダムにおける淡水赤潮 Peridinium の生物学的研究．昭和56年度淡水赤潮調査研究報告書，高知県，66－73，1981.

11）高知県：昭和55年度淡水赤潮対策調査報告書，－永瀬ダム湖－，1－77，1981.

12）高知県：昭和55年度淡水赤潮対策調査報告書，－永瀬ダム湖－，1－96，1982.

13）高知県：昭和55年度淡水赤潮対策調査報告書，－永瀬ダム湖－，1－61，1983.

14）畑幸彦，西島敏隆：永瀬ダムにおける赤潮の発生状況，環境条件ならびに原因種ペリディニウムの培養について．昭和56年度淡水赤潮調査報告書，高知県，3－20，1982.

15）渡辺信：純粋培養法による淡水赤潮 Peridinium の増殖特性の解析－合成培地の確立．国立公害研究所研究資料，24，111－121，1983.

16）Thienemann, A. : Die Binnengewasser Bd. XVI, Tei 13., 240－243，1955.

17）Sibly, t.h., Herrgesella, P.L., Knight, A.W. : Density－dependent vertical migration in the fresh water dinoflagellate Peridinium penardii (Lemm.) Lemm. fo. Carifornigum javorn., J. Phycol., 10，475－476，1974.

18）Halldal, P: Photochemical and Photobiological reviews. Plysiol. Plant, 11，118－158，1958.

19）Eppley, R.H., W.G. Harrison : Physiological Ecology of Gonyaulax Polyedra, a Red water Dinoflagellate of Southern California. Massachusetts Science and Technology Foundation, Wakefield, Mass., 11－22，1975.

20）渡辺信ら：赤潮鞭毛藻 Heterosigma akashiwo Hada の日周垂直移動－特にその生態的意味について．国立公害研究所研究報告，63，69－77，1984.

高知公防所報 1，1984

底生動物相による高知県内河川の水質評価の試み

――第1報――

堀内泰男

1．はじめに

河川水中には多種類の底生動物が生息しているが，これらの動物は自己の居住環境に適したところに住んでいる．山あいの渓流には，サワガニやカワゲラ等が生息しており下流の汚れた場所には赤いユスリカやイトミミズが住んでいる．

清冽な河川が汚染されてくると，汚染された場所に適した動物が生息をはじめる．つまり河川水中にどのような底生動物がどの程度生息しているかを調査すればその河川の汚染の程度がわかる．このような河川の底生動物を含めた生物相から水質を評価する方法は生物学的水質判定法と呼ばれている．

高知県においては，昭和46年頃より県内河川の水質調査を行っており，環境基準の類型指定は昭和59年度末で40河川47水域に及んでいる．これら河川の水質の評価については，BOD. CODに代表される理化学的な指標が使われ，その対策もこれに基づいてとられてきた．

そこで理化学的評価とは別に，水質の総合的な影響を長時間うけて河川水中で生活し，平均的な水質を反映する底生動物相によって河川の汚濁の実態を解明し，県内各河川の生物学的水質階級地図の作成を目的として昭和59年度より5年計画で底生動物相の調査を開始した．

今回の調査は，その第1回目として江ノ口川，新川川，下田川，久万川，国分川，鏡川，物部川，舟入川の8河川について調査を行い多少の知見を得たのでその結果について報告する．

2．調査河川の概要（図1～3）

(1) 江ノ口川

高知市の西部西塚ノ原の山間部に源を発し，高知市の中心市街地を東西に流下して国分川，浦戸湾に注ぐ流路延長7.5km，流域面積6.1km²の都市小河川である．上流域は住宅団地が多く，下流域は商業を中心とした市街地であり，製紙工場，ホテル，病院等が立地し人口が集中している．

(2) 新川川

仁淀川の八田堰より取水された吾南用水が新川落しの地点で起点となり，春野町を通り高知市の長浜へ流下している流路延長14.3km，流域面積39.77km²の小河川である．上流域では住宅地及び製紙工場，養鰻場が汚染源となり下流域につれて汚濁源は水田，住宅等となっている．

(3) 下田川

物部川の山田堰より農業用水路として導水され，浦戸湾に注ぐ流路延長13.9kmの二級河川である．上流部は農業用水として利用され中流部，下流部は南国市の生活雑排水が流入している．

(4) 久万川

高知市円行寺の山あいに源を発し，高知市を南東方向に流下して，途中紅水川と合し国分川に注いでいる流路延長9.1km，流域面積31.6km²の都市小河川である．上流域は田園地帯であるが中流域から下流域にかけて住宅が密集した商業市街地である．

(5) 国分川

流路延長20.8km，流域面積157.8km²で土佐山田町平山に源を発し，農業地帯を抜けて浦戸湾に注ぐ二級河川である．

(6) 鏡川

清潔なまち高知市のシンボルとしての鏡川は，土佐郡土佐山村大字菖蒲を源とし，上流部の山あいを通り，鏡ダムに入り高知市内を流下し浦戸湾に注ぐ二級河川で，流路延長31.1km，流域面積170.0km²である．高知市の水源として利用されている．

(7) 物部川

高知県の東北部から東部に流れる河川で，香美郡物部村別府の国有林を源とし，途中永瀬ダム，吉野ダム，杉田ダムの3ダムをへて南下し土佐湾に注ぐ流路延長68.1km，流域面積486.0km²の一級河川である．永瀬ダムでは毎年赤潮が発生している．

(8) 舟入川

下田川と同じく物部川の山田堰より農業用水路とし

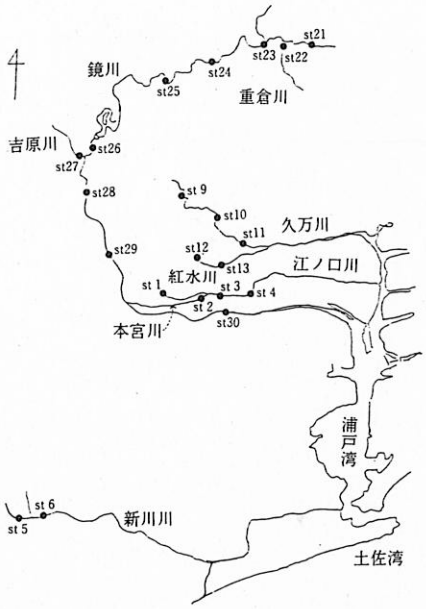


図1　採集地点図（江ノ口川，久万川，新川川，鏡川）

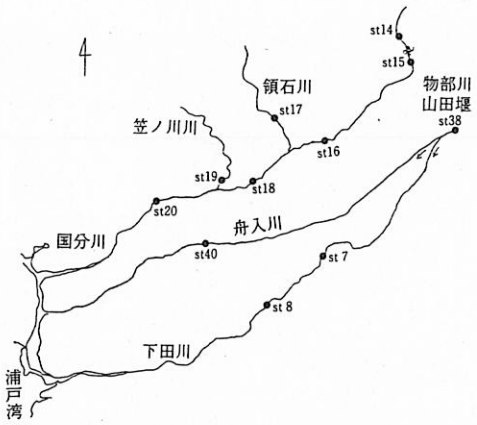


図2　採集地点図（国分川，下田川，舟入川）

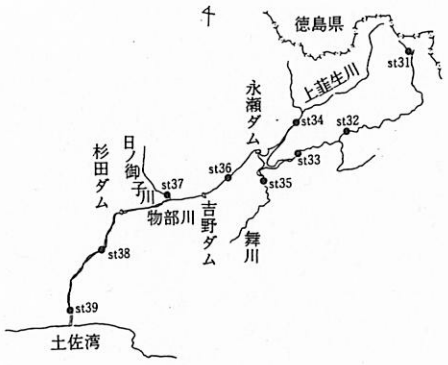


図3　採集地点図（物部川）

て導水され，国分川を通り浦戸湾に注ぐ流路延長7.8㎞の小河川である．上流部は農業用水に利用され中流部は南国市内の生活雑排水が流入し下流部にいたっている．

3．調査方法

(1)　調査地点及び調査日

調査地点は表1，図1～3に示すとおりである．江ノ口川4地点，新川川・下田川2地点，久万川5地点，国分川7地点，鏡川10地点，物部川9地点，舟入川1地点の計40地点とし，調査は夏期と冬期の2回行い延80地点で実施した．

表2に採集調査日を示した．

(2)　採集地点の選定

底生動物が生息するための環境要因には，水温，流速，水深，底質（礫底・砂底・泥底など），日射量，水質などがある．底生動物を採集して水質汚濁と生物相の関係を調査する場合には，水質以外の要因がなるべく同一のところで行うことが望ましいので次のような条件をできるだけ満足している場所を選定して調査した．

イ）河床は石礫底で瀬の部分
ロ）礫の大きさはこぶし大からスイカ大
ハ）水深はひざ位までのところ
ニ）表面流速は50㎝/sec内外のところ
ホ）日射はなるだけ終日あるところ

ただし，この条件を満たすことが不可能な場合は，なるべく条件に近いところを選定した．また，下流の感潮域では上記の条件を満足する地点の選定は困難で，採集調査地点からはずし海水の影響がない淡水域だけを選定した．

表1　採集地点表

st. No	河川名	地点名	st. No	河川名	地点名
1	江ノ口川	源流点	21	鏡　川	内野
2	〃	本宮川，江ノ口川流入前	22	〃	重倉川，鏡川流入前
3	〃	かたつ橋	23	〃	平石
4	〃	円満橋	24	〃	大穴
5	新川川	新川落し	25	〃	弘瀬
6	〃	新川橋	26	〃	鏡ダム下流
7	下田川	野田口	27	〃	吉原川，鏡川流入前
8	〃	岡ノ上	28	〃	大河内
9	久万川	一の瀬橋	29	〃	宗安寺
10	〃	長紫	30	〃	新月橋
11	〃	中久万	31	物部川	別府峡
12	〃	紅水川，奥福井	32	〃	中内口
13	〃	紅水川，福井東町	33	〃	佐岡
14	国分川	入野橋上流	34	〃	上韮生川，安丸
15	〃	八ケ谷橋	35	〃	舞川，宇井
16	〃	陣山	36	〃	清爪口
17	〃	領石川，久礼田橋	37	〃	日ノ御子川，日ノ御子
18	〃	国分	38	〃	山田堰
19	〃	笠ノ川川，笠ノ川川橋	39	〃	日章
20	〃	西谷	40	舟入川	篠原

表2　採集調査年月日

	夏期調査日	冬期調査日
江ノ口川4地点	昭和59年9月14日	昭和60年3月29日
新川川2地点	昭和59年9月19日	昭和60年3月30日
下田川2地点	昭和59年9月14日	昭和60年3月29日
久万川5地点	昭和59年9月13日	昭和60年3月29日
国分川7地点	昭和59年9月11日	昭和60年3月23日
鏡川10地点	昭和59年9月7・8日	昭和60年3月25日
物部川9地点	昭和59年9月27日	昭和60年3月22日
舟入川1地点	昭和59年9月14日	昭和60年3月29日

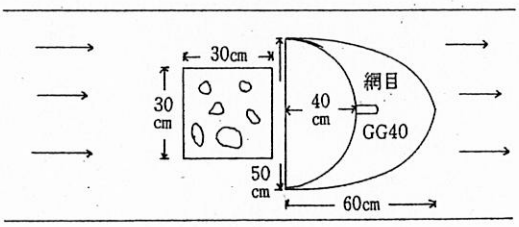


図4　区画及びサーバーネット

(3)　採取方法

30cm×30cmの区画を設置して，その下流にGG 40網目のサーバーネットを置き，ワク組の中の石礫，小石，砂等をワク組の中で洗って底生動物を採集する．この操作を3回くりかえし行い，採集した動物は小石，砂，ゴミ等といっしょにビニール袋にいれ10％ホルマリンで固定して検査室に持ちかえった．その後実験室内で動物をゴミ等から区分して拾い出し，実体顕微鏡（8～40倍）で可能な限り種まで同定を行い個体数を求めた．

(4)　底生動物採集時の環境要因

表3－1，3－2に示した通りである．

4．結果と考察

(1)　各河川における底生動物の出現種類数と個体数

調査した各河川における底生動物の出現種類数と個体数は表4，図5～10のとおりである．全調査地点で出現した種類数は，夏期110，冬期104種類合計126種類であった．

河川別では物部川が最も多く夏期80種類，冬期82種類で次に鏡川，国分川，久万川と続き，江ノ口川，下田川，舟入川は種類数は少なかった．

最も多く種類が出現した地点は，夏期ではst－35（物部川・宇井），冬期ではst－26（鏡川・鏡ダム下流）でそれぞれ50種類であった．最も少ない地点は，夏期ではst－4（江ノ口川・円満橋）で6種類，冬期はst－1（江ノ口川・源流点）で4種類であった．

1地点の平均種類数は，夏期が25，冬期26種類とほぼ同じであった．出現個体数は合計123,432（30cm×30cm×3回，以下同様）で夏期86,138，冬期37,294で

表3－1　底生動物採集時の環境要因

st. No	採集日	天候	気温℃	水温℃	pH	色相	川底の状態	川の流水状態
1	S59.9.14	曇	20.5	20.0	6.9	微白濁	砂	おそい
	S60.3.29	快晴	22.0	17.0	7.5	微白濁	砂	おそい
2	S59.9.14	曇	20.5	21.5	6.9	無色透明	石礫，砂	おそい
	S60.3.29	快晴	23.0	15.5	7.6	無色透明	石礫，砂	速い
3	S59.9.14	曇	21.0	22.4	6.8	微白濁	砂	おそい
	S60.3.29	快晴	20.5	18.0	7.3	微白濁	砂	おそい
4	S59.9.14	曇	23.0	22.5	6.8	白濁	砂，石礫	速い
	S60.3.29	晴れ	18.5	18.0	7.0	微白濁	砂，石礫	速い
5	S59.9.19	晴れ	22.0	21.0	8.1	無色透明	石礫，砂	おそい
	S60.3.30	晴れ	16.0	13.1	6.7	無色透明	石礫，砂	おそい
6	S59.9.19	晴れ	22.0	22.2	6.2	微白濁	砂	おそい
	S60.3.30	晴れ	16.5	16.7	6.7	微白濁	砂	おそい
7	S59.9.14	曇	26.1	24.0	7.2	無色透明	石礫，泥	おそい
	S60.3.29	曇	17.5	18.2	6.7	微白濁	石礫，泥	おそい
8	S59.9.14	曇	25.0	24.5	7.3	微白濁	石礫	速い
	S60.3.29	曇	17.5	18.3	6.9	微白濁	石礫，砂	速い
9	S59.9.13	小雨	22.0	21.9	8.5	無色透明	石礫，砂	速い
	S60.3.29	快晴	22.0	16.0	8.4	無色透明	石礫，砂	速い
10	S59.9.13	小雨	22.0	22.5	8.6	無色透明	石礫，砂	おそい
	S60.3.29	快晴	20.5	15.1	8.4	無色透明	石礫，砂	おそい
11	S59.9.13	小雨	21.5	24.8	8.8	無色透明	砂，石礫	おそい
	S60.3.29	快晴	22.0	15.0	8.3	無色透明	砂，石礫	おそい
12	S59.9.13	小雨	20.5	21.6	6.9	無色透明	砂	おそい
	S60.3.29	快晴	22.6	15.7	6.8	無色透明	砂	おそい
13	S59.9.13	小雨	21.0	22.5	6.8	無色透明	砂	おそい
	S60.3.29	快晴	22.8	18.5	6.6	微白濁	砂	おそい
14	S59.9.11	晴れ	24.5	22.3	8.2	無色透明	砂，石礫	おそい
	S60.3.23	晴れ	12.8	10.0	7.6	無色透明	砂，石礫	おそい
15	S59.9.11	曇	24.0	21.0	7.8	無色透明	石礫	非常に速い
	S60.3.23	晴れ	14.8	8.9	7.5	無色透明	石礫	非常に速い
16	S59.9.11	曇	24.5	21.2	7.5	無色透明	石礫	非常に速い
	S60.3.23	晴れ	16.0	8.7	7.4	無色透明	石礫	非常に速い
17	S59.9.11	曇	25.6	24.9	8.8	淡白濁	石礫	速い
	S60.3.23	晴れ	18.5	12.2	7.6	微白濁	石礫	速い
18	S59.9.11	曇	21.7	23.0	7.3	無色透明	石礫	速い
	S60.3.23	晴れ	16.7	9.8	7.6	淡白濁	石礫	速い
19	S59.9.11	曇	22.0	24.7	7.3	淡白濁	石礫，砂	おそい
	S60.3.23	晴れ	18.8	13.8	8.4	淡白濁	石礫，砂	おそい
20	S59.9.11	曇	22.0	22.5	7.7	無色透明	石礫，砂	速い
	S60.3.23	晴れ	18.8	10.6	7.8	微白濁	石礫，砂	速い

あった．夏期に多くの個体数の出現があり，冬期の約2.3倍の差があった．

夏期で個体数が最も多かった地点は，st－2（江ノ口川・本宮川，江ノ口川流入前）で33,856個体，逆に最も少ない地点は，st－37（物部川・日ノ御子）で182個体であった．冬期で最も個体数が多い地点は，st－1（江ノ口川・源流部）で2,637個体，少ない地点はst－4（江ノ口川・円満橋）の37個体であった．1地点の平均個体数は，夏期が2,153，冬期が932個体であった．夏期と冬期を合せた平均個体数は1,543個体であった．

河川別では江ノ口川が最も平均個体数が多く，ついで舟入川，下田川，久万川となっており鏡川，物部川が少ない．今回の調査では，出現種類数が多い河川と個体数が多い河川とは逆の関係になっていた．つまり種類数が多い河川では個体数が少なくなっていた．

表5－1～8－2までは夏期の各地点の底生動物個体数，表9－1～12－2までは冬期の各地点の底生動物個体数を示した．

(2)　底生動物の目別種類数

目別種類数は表13－1～13－3に示すとおりである．蜉蝣目，毛翅目，襀翅目の順に多く出現していた．

国分川，物部川，鏡川は蜉蝣目が一番多く次いで毛翅目，襀翅目の順になっていたが，江ノ口川，新川川，下田川，久万川，舟入川は昆虫以外の底生動物が多くなっていて蜉蝣目，毛翅目などは少なかった．

表3－2　底生動物採集時の環境要因

st. No	採 集 日	天　候	気温℃	水温℃	pH	色　相	川底の状態	川の流水状態
21	S59.9.7	曇	25.0	21.2	7.8	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.25	曇	15.5	10.6	7.9	無色透明	石礫	速　い
22	S59.9.7	曇	25.0	20.8	8.5	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.25	曇	15.5	13.1	7.5	微 白 濁	石礫	速　い
23	S59.9.7	曇	25.0	21.5	7.8	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.25	雨	13.0	13.4	7.2	無色透明	石礫	速　い
24	S59.9.7	曇	23.5	21.9	8.1	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.25	雨	14.0	11.0	8.1	無色透明	石礫	速　い
25	S59.9.7	曇	23.5	21.4	8.0	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.25	雨	13.5	11.6	8.2	無色透明	石礫	速　い
26	S59.9.7	雨	23.0	22.3	7.4	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.25	曇	16.8	10.0	8.0	淡 白 濁	石礫	速　い
27	S59.9.7	雨	23.0	21.5	7.6	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.25	曇	16.5	14.0	8.0	無色透明	石礫	速　い
28	S59.9.7	雨	23.0	22.6	7.6	無色透明	石礫，砂	速　い
	S60.3.25	曇	17.0	13.5	－	無色透明	石礫，砂	速　い
29	S59.9.8	曇	22.6	19.2	7.3	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.25	曇	17.0	13.9	－	無色透明	石礫	おそい
30	S59.9.8	曇	22.6	21.1	7.3	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.25	曇	16.0	11.3	－	無色透明	石礫	速　い
31	S59.9.27	晴 れ	23.6	15.3	7.2	無色透明	石礫，砂	非常に速い
	S60.3.22	快 晴	10.0	6.8	6.6	無色透明	石礫	非常に速い
32	S59.9.27	晴 れ	23.0	17.6	8.0	無色透明	石礫	非常に速い
	S60.3.22	快 晴	13.6	8.7	7.3	無色透明	石礫	非常に速い
33	S59.9.27	晴 れ	23.0	19.7	8.1	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.22	晴 れ	16.0	10.5	7.8	無色透明	石礫	速　い
34	S59.9.27	晴 れ	23.0	18.1	7.7	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.22	晴 れ	11.7	9.0	7.6	無色透明	石礫	速　い
35	S59.9.27	晴 れ	22.0	19.6	8.1	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.22	晴 れ	18.3	11.2	7.7	無色透明	石礫	速　い
36	S59.9.27	晴 れ	22.0	22.8	8.1	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.22	晴 れ	18.3	11.3	8.0	無色透明	石礫	速　い
37	S59.9.27	曇	22.3	20.9	7.5	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.22	晴 れ	15.4	11.0	7.5	無色透明	石礫	速　い
38	S59.9.27	曇	21.8	20.8	7.7	無色透明	石礫	非常に速い
	S60.3.22	晴 れ	16.2	10.6	7.6	無色透明	石礫	非常に速い
39	S59.9.27	曇	21.5	21.9	8.1	無色透明	石礫	速　い
	S60.3.22	晴 れ	16.2	12.0	8.0	無色透明	石礫	非常に速い
40	S59.9.14	曇	26.0	22.5	7.3	無色透明	石礫，砂	速　い
	S60.3.29	曇	17.7	18.2	7.1	無色透明	砂，石礫	おそい

(3)　各河川の個体数最多出現種とその出現率

表14－1～15－4の下部に個体数最多出現種と，2位の種名，表16に個体数最多出現種の出現率を示し，また，図11～17－2まで河川別の個体数最多出現種の出現率を示した．

①　江ノ口川（図11）

夏期はst－2，st－3でミズムシ（*Aseiius higendorfii*）が最多出現種で，特にst－2では出現率は95.1％と最も高い値となっていた．st－1ではユスリカ科（*Chironomidae*），st－4ではイトミミズ科（*Tubicidae*）が最多出現種となっていた．冬期はst－1ではイトミミズ科，st－3，st－4ではユスリカ科が最多出現種に，st－2は夏期と同じくミズムシが最多出現種であった．夏期，冬期ともにst－2，st－3ではミズムシが多く出現し，st－1，st－4ではユスリカ科とイトミミズ科が最多出現種となっていた．

②　新川川（図12）

夏期は上流，下流ともにミズムシが最多出現種となっていた．冬期はミズムシが減少しユスリカ科が最多出現種となっていた．

③　下田川（図13）

夏期は取水口のst－38でアカマダラカゲロウ（*Ephemerella rufa*）が最多出現種であったが，st－7，st－8ではユスリカ科が最多出現種となっていた．特にst－7では出現率が84.7％と高い数値になっていた．冬期はst－38でシロタニガワカゲロウ（*Ecdyonurus*

表4　河川別底生動物の出現種類数と個体数

		出現種類数				個体数/0.27m²			
		合計	平均	最大	最小	合計	平均	最大	最小
江ノ口川4地点	夏期	18	10	15	6	42,181	10,545	33,856	424
	冬期	7	5	6	4	3,247	812	2,637	37
新川川2地点	夏期	24	17	21	13	2,896	1,448	2,057	839
	冬期	16	12	13	10	1,895	948	1,482	413
下田川2地点	夏期	13	11	11	10	5,459	2,730	3,661	1,798
	冬期	11	9	9	8	2,685	1,343	2,323	362
久万川5地点	夏期	37	17	24	9	10,859	2,172	3,808	553
	冬期	38	16	27	5	4,206	841	2,182	220
国分川7地点	夏期	72	35	39	28	7,282	1,040	2,479	441
	冬期	73	29	40	17	7,923	1,132	2,444	220
鏡川10地点	夏期	68	30	38	24	5,241	524	1,511	248
	冬期	77	38	50	11	10,637	1,064	1,792	236
物部川9地点	夏期	80	30	50	19	7,943	883	1,779	182
	冬期	82	33	46	23	6,476	720	1,130	321
舟入川1地点	夏期	11	11	11	11	4,277	*4,277	4,277	4,277
	冬期	7	7	7	7	225	225	225	225
総計	夏期	110	25	50	6	86,138	2,153	33,856	182
	冬期	104	26	50	4	37,294	932	2,637	37
	夏期＋冬期	126	26	50	4	123,432	1,543	33,856	37

＊ 小数点以下は四捨五入した．

yoshidae）が最多出現種で，st－7はユスリカ科，st－8はミズムシとなっていた．夏期，冬期を通じてユスリカ科が多く出現していた．

④　久万川（図14）

夏期，冬期を通じてともにst－9，st－10でコガタシマトビケラ（*Hydropsychodes brevilineata*）が，st－11～13でユスリカ科が最多出現種となっていた．全地点でユスリカ科が多く出現していた．

⑤　国分川（図15－1～15－2）

夏期はst－14，st－15，st－17でウルマーシマトビケラ（*H.orientalis*），st－16，st－18，st－19でユスリカ科，st－20でヒメトビイロカゲロウ（*Choroterpes trifurcata*）が最多出現種となっていた．冬期はst－14ヒメトビイロガゲロウ，st－15ウルマーシマトビケラ，st－17アカマダラカゲロウ，st－19オオマダラカゲロウ（*Ephemerella basalis*），そしてst－16，st－18，st－20はユスリカ科となっていた．国分川の全地点を通じてユスリカ科，ウルマーシマトビケラ，カゲロウ類が多く出現していた．

⑥　鏡川（図16－1～16－2）

夏期はst－22，st－27でウルマーシマトビケラ，st－24でアシナガドロムシ科（*Elmidae*），その他の7地点ではコカゲロウ属（*Baetis spp.*）が最多出現種となっていた．冬期はst－21，st－23，st－24，st－27，st－28の5地点でウルマーシマトビケラ，st－29，st－30の2地点でユスリカ科，st－22はエルモンヒタカゲロウ（*Epeorus latifolium*），st－25はアカマダラカゲロウ，st－26はコカゲロウ属が最多出現種となっていた．鏡川は，コカゲロウ属とウルマーシマトビケラが多く出現する河川であった．

⑦　物部川（図17－1～17－2）

夏期はst－31，st－34，st－37の3地点でユスリカ科，st－32，st－33の2地点でウルマーシマトビケラ，st－35はシマトビケラ科（*Hydropsychidae sp.*），st－36はチャバネヒゲナガカワトビケラ（*Parastenopsyche sauteri*），st－38はアカマダラカゲロウが最多出現種となっていた．冬期はst－31，st－34，st－36でユスリカ科，st－32，st－33，st－35でコカゲロウ属，st－37はアカマダラカゲロウ，st－38はシロタニガワカゲロウ，st－39はウルマーシマトビケラが最多出現種となっていた．全地点でユスリカ科，ウルマーシマトビケラ，コカゲロウ属など出現種は豊富であった．

⑧　舟入川（図13）

夏期は取水口のst－38でアカマダラカゲロウが最多出現種となっているが，st－40ではコガタシマトビケラになっていた．冬期はst－38でシロタニガワカゲロウ，st－40でユスリカ科が最多出現種となっていた．ユスリカ科が多く出現する河川であった．

⑨　最多出現種の特徴（図18）[1),5),7),11)]

Chironomidae　　ユスリカ科

赤いユスリカ以外のユスリカ科を一括して取りあつかった．貧腐水性水域から広く分布しているが，多く

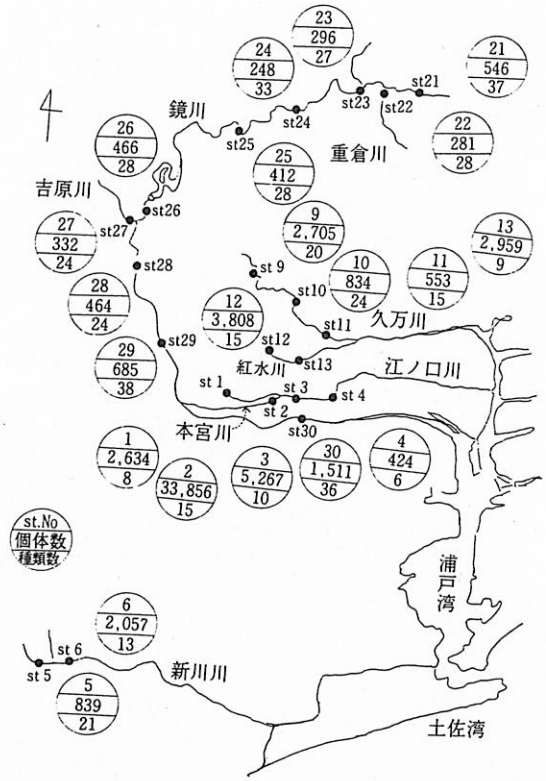


図5　地点別底生動物の種類数と個体数（59.9）

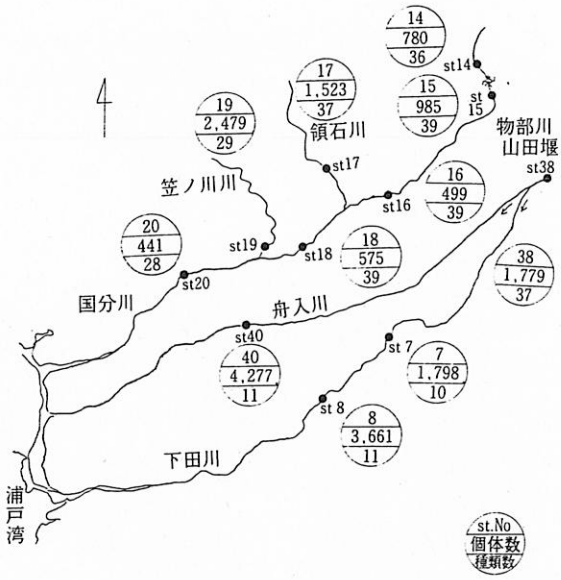


図6　地点別底生動物の種類数と個体数（59.9）

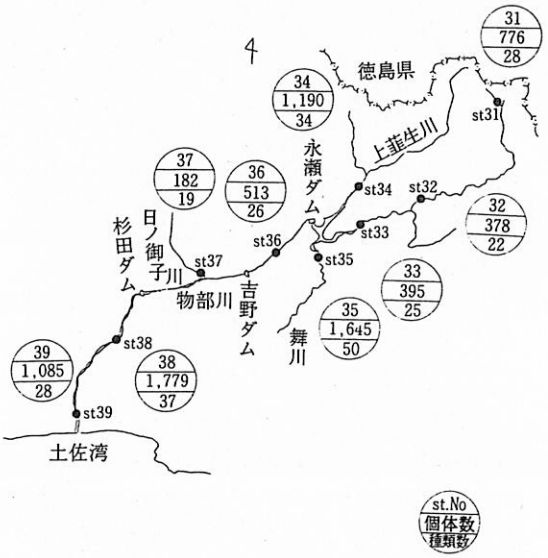


図7　地点別底生動物の種類数と個体数（59.9）

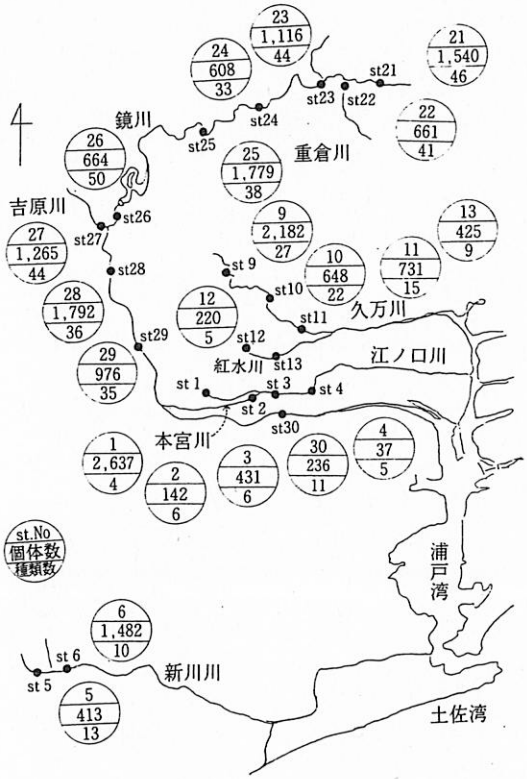


図8　地点別底生動物の種類数と個体数（60.3）

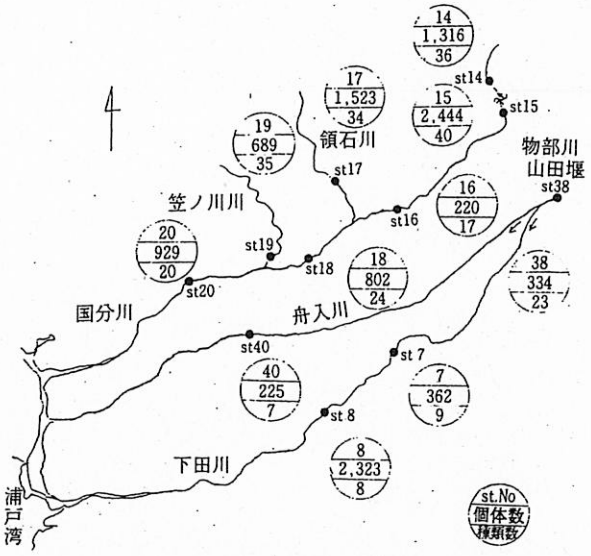


図9　地点別底生動物の種類数と個体数（60.3）

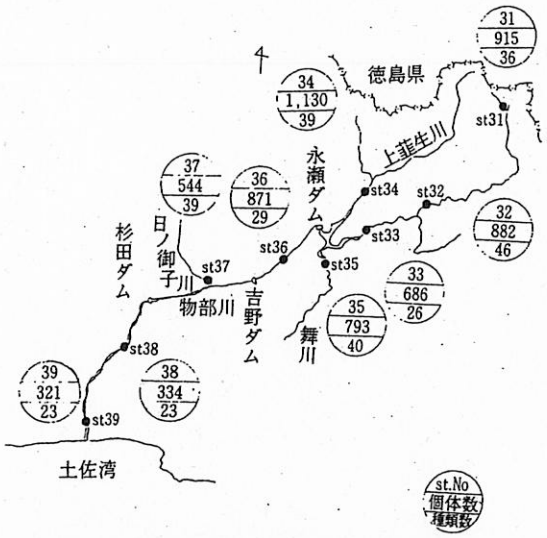


図10　地点別底生動物の種類数と個体数（60.3）

は少し汚濁耐性があると考えられる．

Asellus higendorfii　　ミズムシ

大きさは8㎜程度でヨコエビに似ており体色は灰褐色ないし黒褐色で淡色の斑紋が散在する．窒素分の多いところに多く汚濁耐性がありα－中腐水性水域に生息する．

Tubicidae　　イトミミズ科

強腐水性汚濁域の砂泥底に多く生息する赤い小さなミミズで，体長は数㎜から10㎝位のものまである．

Hydropsychodes brevilineata　　コガタシマトビケラ

河川の中・下流域のβ－中腐水性水域の石礫に石で巣をつくって生息している．体長は約12㎜頭部前縁に凹みがあり，他のシマトビケラ科と区別できる．

Hydropsyche orientalis　　ウルマーシマトビケラ

貧腐水性水域の代表的なトビケラで，普通に見られる．また，ダムや湖沼の下流に多く生息することもある．体長は15㎜内外で砂粒，植物の破片などで巣をつくり，その前方に絹糸でロート状の網を張る．

Choroterpes trifurcata　　ヒメトビイロカゲロウ

10㎜以下の小さな幼虫で比較的流れが緩い場所に生息し，小石間を弱滑行するカゲロウである．

Ephemerella rufa　　アカマダラカゲロウ

体色は全体に赤褐色から暗褐色で体長は約7㎜，尾の長さは4㎜位である．背中の部分に黄白色をした線紋が2本，頭から尾の付け根近くまで長くのびており尾は3本，川の流れの中の石の下やゴミの中に生息している．

E.basalis　　オオマダラカゲロウ

体長14㎜，尾の長さは10㎜位体色は全体としてくすんだ赤褐色をしている．頭の前方に2本のとげがある．川の流れの比較的ゆるやかなところの石の下やゴミの中などに生息している．

Baetis spp.　　コカゲロウ属

清流に広く分布し，体は紡錘形で体長は3～10㎜の小形のカゲロウである．コカゲロウ属の種数は多く本報ではサホコカゲロウを除くコカゲロウを一括してコカゲロウ属とした．

Elmidae　　アシナガドロムシ科

体は一般に小さく，形は円筒形で渓流や河川の流水中で多く見られる．幼虫は10種類位区別されているが，本報では一括してアシナガドロムシ科とした．

Hydropsychidae sp.　　シマトビケラ科

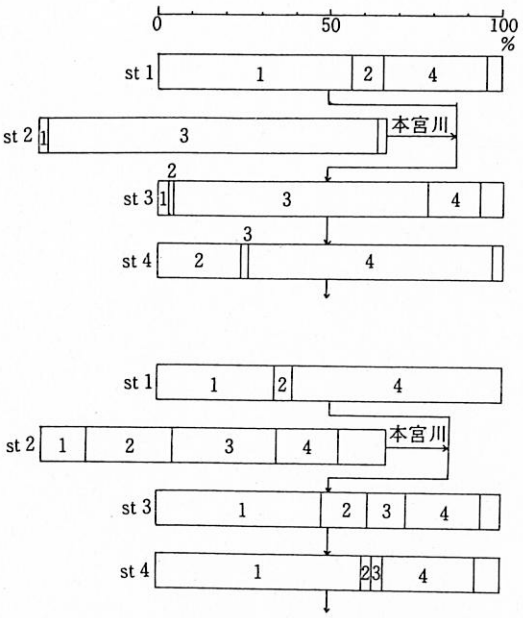
ウルマーシマトビケラと同様に清流に棲むトビケラ科であるが，種の同定が若令であるとか，他のシマトビケラと若干相違する等によりこれらを一括してシマトビケラ科とした．

Parastenopsyche sauteri　　チャバネヒゲナガカワトビケラ

体長45㎜内外の大型の幼虫で体は長く円柱形で，暗黄色から褐色，頭部は長くその先端に眼がある．山地流から平地流にかけてみられ，流れの中の石と石の間に砂や小石を自らがだす絹糸でつづり，ごく粗雑な巣をつくる．その前方に絹糸でクモの巣のような捕獲網をはり流れてくるエサを捕獲して生活する．

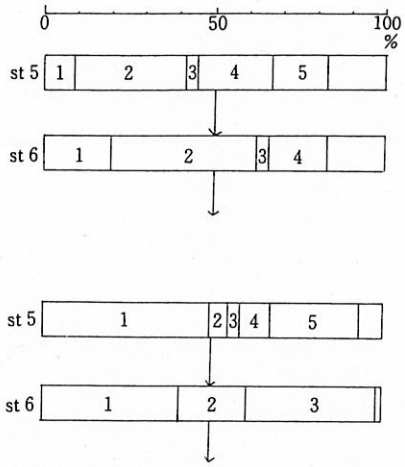
Epeorus latifolium　　エルモンヒラタカゲロウ

体長は普通11㎜位，尾の長さは14㎜位で2本．体型は平べったく体色は全体に赤褐色をおびている．エラが7対ありそのエラは卵形で紅色をおび暗紫色の小円



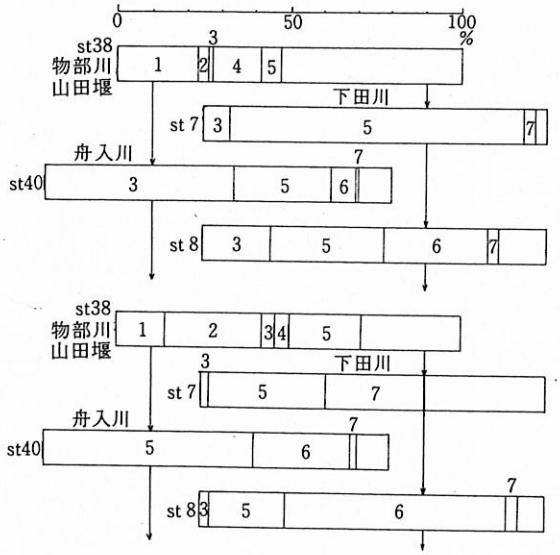
1.ユスリカ科　2.ユスリカ科(赤)　3.ミズムシ　4.イトミミズ科

図11　江ノ口川における優位出現種の出現率
（上段—59.9，下段—60.3）



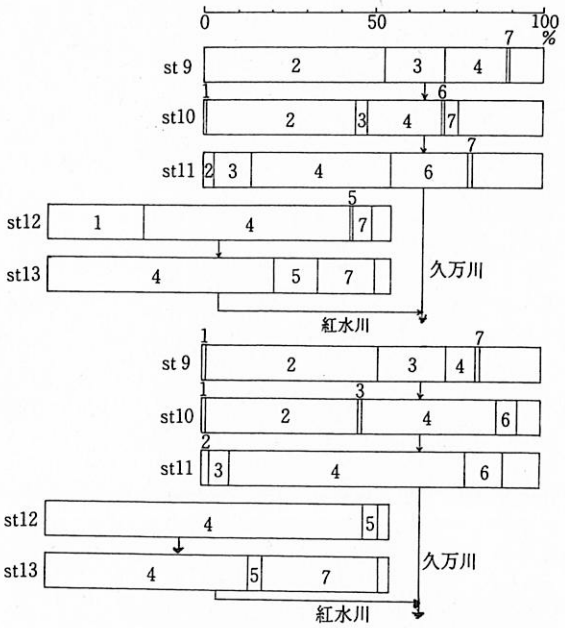
1.ユスリカ科　2.ミズムシ　3.イトミミズ科
4.ハバヒロビル　5.カワニナ

図12　新川川における優位出現種の出現率
（上段—59.9，下段—60.3）



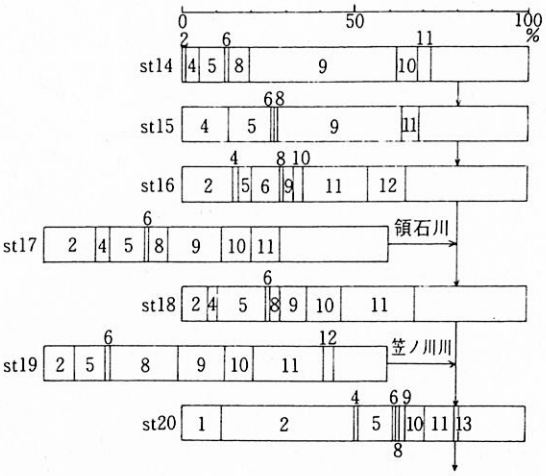
1.アカマダラカゲロウ　2.シロタニガワカゲロウ
3.コガタシマトビケラ　4.ウルマーシマトビケラ
5.ユスリカ科　6.ミズムシ　7.シマイシビル

図13　下田川・舟入川における優位出現種の出現率
（上段—59.9，下段—60.3）



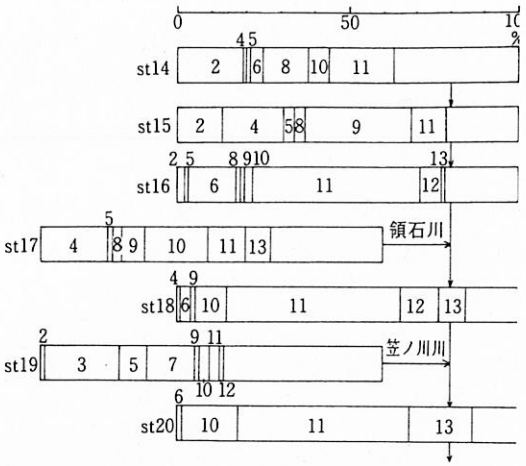
1.サホコカゲロウ　2.コガタシマトビケラ　3.アシナガドロムシ
4.ユスリカ科　5.ユスリカ科(赤)　6.カワニナ　7.イトミミズ科

図14　久万川における優位出現種の出現率
（上段—59.9，下段—60.3）



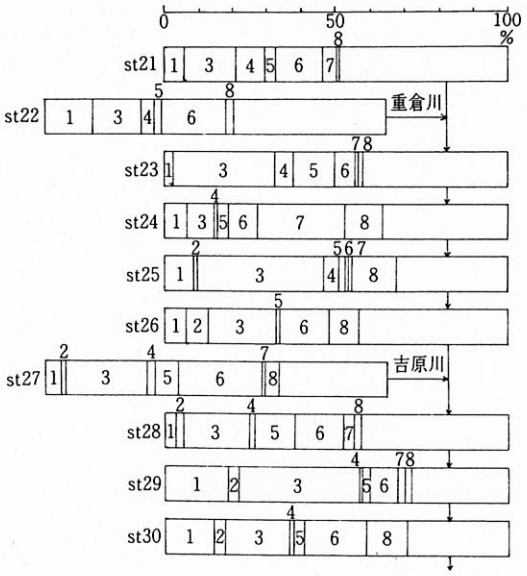
1.アミメカゲロウ　2.ヒメトビイロカゲロウ
3.オオマダラカゲロウ　4.アカマダラカゲロウ
5.コカゲロウ属　6.シロタニガワカゲロウ
7.ミヤマタニガワカゲロウ　8.コガタシマトビケラ
9.ウルマーシマトビケラ　10.アシナガドロムシ
11.ユスリカ科　12.ミズムシ　13.イトミミズ科

図15-1　国分川における優位出現種の出現率（59.9）



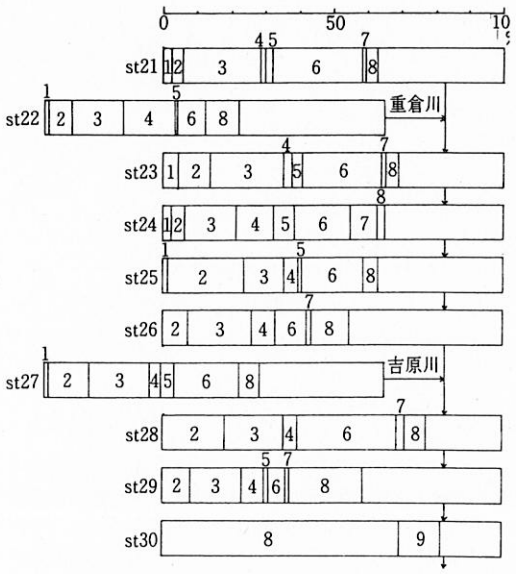
1.アミメカゲロウ　2.ヒメトビイロカゲロウ
3.オオマダラカゲロウ　4.アカマダラカゲロウ
5.コカゲロウ属　6.シロタニガワカゲロウ
7.ミヤマタニガワカゲロウ　8.コガタシマトビケラ
9.ウルマーシマトビケラ　10.アシナガドロムシ
11.ユスリカ科　12.ミズムシ　13.イトミミズ科

図15-2　国分川における優位出現種の出現率（60.3）



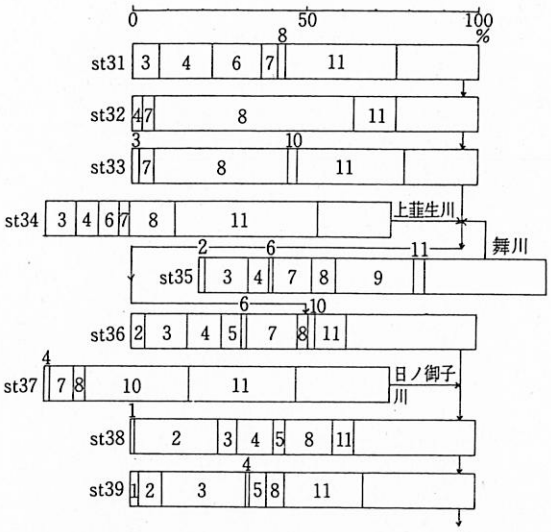
1.ヒメトビイロカゲロウ　2.アカマダラカゲロウ
3.コカゲロウ属　4.エルモンヒラタカゲロウ
5.ヒメヒラタカゲロウ　6.ウルマーシマトビケラ
7.アシナガドロムシ　8.ユスリカ科　9.イトミミズ科

図16-1　鏡川における優位出現種の出現率（59.9）



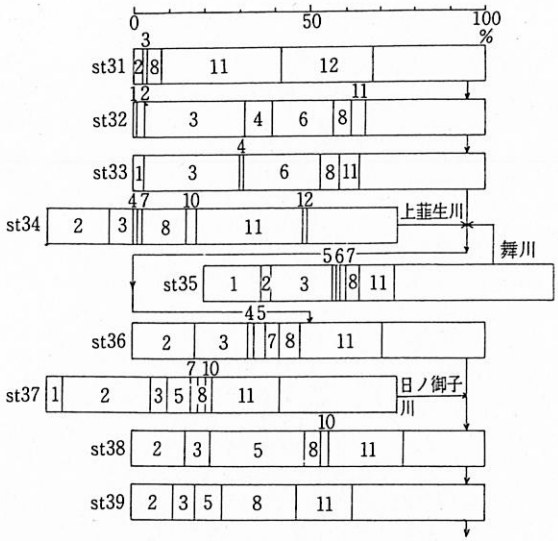
1.ヒメトビイロカゲロウ　2.アカマダラカゲロウ
3.コカゲロウ属　4.エルモンヒラタカゲロウ
5.ヒメヒラタカゲロウ　6.ウルマーシマトビケラ
7.アシナガドロムシ　8.ユスリカ科　9.イトミミズ科

図16-2　鏡川における優位出現種の出現率（60.3）



1.ヒメトビイロカゲロウ　2.アカマダラカゲロウ
3.コカゲロウ属　4.フタバコカゲロウ属
5.シロタニガワカゲロウ　6.ヒメヒラタカゲロウ
7.チャバネヒゲナガカワトビケラ　8.ウルマーシマトビケラ
9.シマトビケラ科　10.ヤマトフタツメカワゲラ
11.ユスリカ科　12.ミズムシ

図17-1　物部川における優位出現種の出現率（59.9）



1.ヒメトビイロカゲロウ　2.アカマダラカゲロウ
3.コカゲロウ属　4.フタバコカゲロウ属
5.シロタニガワカゲロウ　6.ヒメヒラタカゲロウ
7.チャバネヒゲナガカワトビケラ　8.ウルマーシマトビケラ
9.シマトビケラ科　10.ヤマトフタツメカワゲラ
11.ユスリカ科　12.ミズムシ

図17-2　物部川における優位出現種の出現率（60.3）

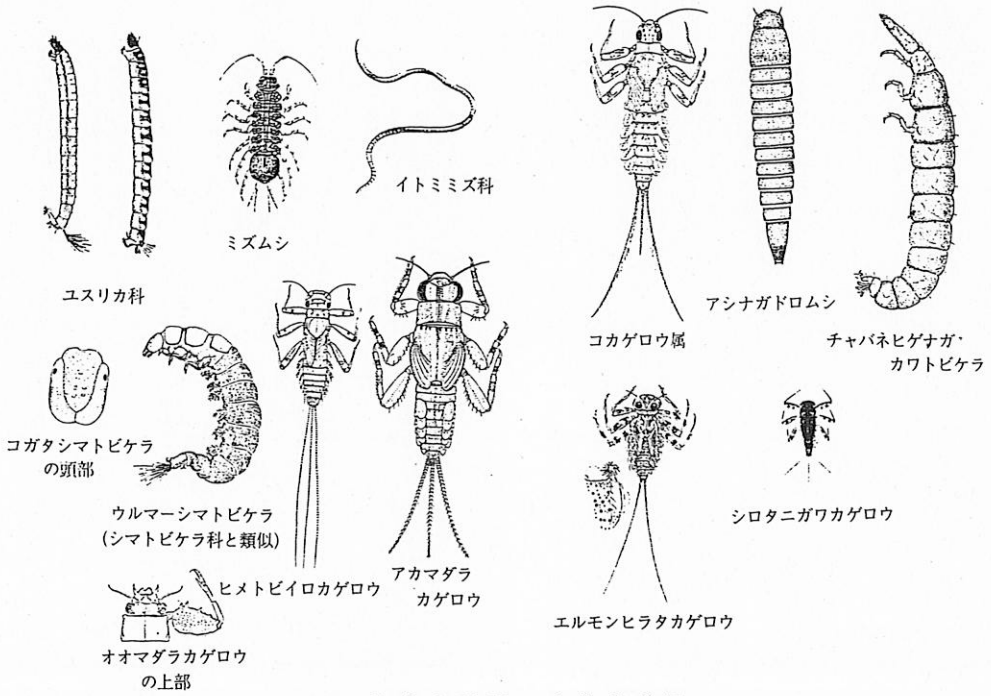


図18　最多出現種の底生動物図

点がある．渓流の流れのはげしいところで石面に付着して生活しており，石面をはうようにあるいて移動する．

E.yoshidae　　シロタニガワカゲロウ

体長10㎜～12㎜，尾の長さは15㎜位で3本である．体色は暗緑黄色で体型は平たい．頭部は大きく前縁に4個の小円紋がある．河川の中下流域の流れのあまりはげしくないところの石面や石の下に生活し，すべるようにあるいて移動する．

(4)　底生動物相の多様性（表14-1～15-4，図19）[8),11)]

通常自然河川の清流には多種多様な生物が生活して

表５－１　底生動物個体数（Ｓ59．９）

種類	河川名	江ノ口川				新川川		下田川		久万川	
	地点名	源流点	本宮川流入前	カタツ橋	円満橋	新落川し	新川橋	野田口	岡ノ上	一ノ瀬橋	長紫
	st. No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
昆虫類											
Ephemeroptera	蜉蝣目										
Polymitarcis shigae	アミメカゲロウ										
Ephemera lineata	ムスジモンカゲロウ										
E. japonica	フタスジモンカゲロウ										
Potamanthus Kamonis	キイロカワカゲロウ										
Paraleptophlebia sp.	トビイロカゲロウ属									12	
Choroterpes trifurcata	ヒメトビイロカゲロウ					2					2
Thraulus sp. TA	トゲエラカゲロウ属					1					
Ephemerella sp.	マダラカゲロウ属										2
E. japonica	エラブタマダラカゲロウ					1				44	
E. cryptomeria	ヨシノマダラカゲロウ										
E. basalis	オオマダラカゲロウ										
E. okumai	オオクママダラカゲロウ										
E. costanea	コスタニアマダラカゲロウ										
E. nigra	クロマダラカゲロウ										
E. orientalis	トウヨウマダラカゲロウ									24	
E. taeniata	キタマダラカゲロウ										
E. denticula	ホソバマダラカゲロウ										
E. setigera	クシゲマダラカゲロウ									4	
E. rufa	アカマダラカゲロウ									36	5
E. chinoi	チノマダラカゲロウ										7
Caenis sp. CB	*CB* ヒメカゲロウ										
Baetis spp.	コカゲロウ属					13			20	60	144
B. sahoensis	サホコカゲロウ	24	96			26	1	28	100		8
Baetiella spp.	フタバコカゲロウ属	6									14
Isonychia japonica	チラカゲロウ										
Epeorus hiemalis	オナガヒラタカゲロウ										
E. uenoi	ウエノヒラタカゲロウ										
E. aesculus	キイロヒラタカゲロウ										
E. latifolium	エルモンヒラタカゲロウ										
E. napaeus	タニヒラタカゲロウ										
E. ikanonis	ナミヒラタカゲロウ										
E. curvatulus	ユミモンヒラタカゲロウ					3				1	
Ecdyonurus tigris	マダラタニガワカゲロウ										
E. tobiironis	クロタニガワカゲロウ					1			10	8	
E. sp EA	*EA* タニガワカゲロウ										
E. yoshidae	シロタニガワカゲロウ					9	1				4
E. kibunensis	キブネタニガワカゲロウ										
Heptagenia kihada	キハダヒラタカゲロウ					1					
Rhithrogena japonica	ヒメヒラタカゲロウ										1
Cinygma hirasana	ミヤマタニガワカゲロウ										
Plecotera	襀翅目										
Nemoura sp.	オナシカワゲラ科										
Amphinemura sp.											
Rhopalopsole subnigra	クロホソカワゲラ										
Capniidae sp.	クロカワゲラ科										
Pseudomegarcys japonica	ヤマトヒロバアミメカワゲラ										
Stavsolus japonicus	ヤマトアミメカワゲラモドキ										
Isoperla aizuana	アイズミドリカワゲラモドキ										
Ostrovus mitsukonis	コグサアミメカワゲラモドキ										
Perlidae sp.	カワゲラ科										
Paragnetina tinctipennis	オオクラカケカワゲラ										
Neoperla nipponensis	ヤマトフタツメカワゲラ										
Oyamia gibba	オオヤマカワゲラ										
Caroperla pacifica	キベリオスエダカワゲラ										
Acroneuria stigmatica	モンカワゲラ										
Kamimuria tibialis	カミムラカワゲラ										
Gibosia tobei	エゾキコガタフタツメカワゲラ										
Haploperla japonica	ヤマトチビミドリカワゲラ										
Trichoptera	毛翅目										
Rhyacophila sp.	ナガレトビケラ属										
R. yamanakensis	ヤマナカナガレトビケラ										
R. nigrocephala	ムナグロナガレトビケラ										
R. sp. RE	*RE* ナガレトビケラ										
R. sp. RH	*RH* ナガレトビケラ										
R. kawamurai	カワムラナガレトビケラ										
R. transquilla	トランスクィラナガレトビケラ										
R. brevicephala	ヒロアタマナガレトビケラ										
R. niwae	ニワナガレトビケラ										
Mystrophora inops	イノプスヤマトビケラ										
Chimarrha sp.	カワトビケラ科										
Stenopsyche griseipennis	ヒゲナガカワトビケラ										
Parastenopsyche sauteri	チャバネヒゲナガカワトビケラ										1

表5－2　底生動物個体数（S59.9）

種類	河川名	江ノ口川				新川川		下田川		久万川	
	地点名	源流点	本宮川流入前	カタツ橋	円満橋	新川落し	新川橋	野田口	岡ノ上	一ノ瀬橋	長紫
	st. No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Polycentropus sp. PA	*PA* イワトビケラ										
P. sp. PB	*PB* イワトビケラ										
P. sp. PC	*PC* イワトビケラ										
Psychomyia sp. PB	*PB* クダトビケラ										
Hydropsychidae sp.	シマトビケラ科									16	
Macronema radiatum	オオシマトビケラ										
Hydropsychodes brevilineata	コガタシマトビケラ		368				5	134	740	1,381	360
H. echigoensis	エチゴシマトビケラ										
H. nakaharai	ナカハラシマトビケラ										
H. gifuana	ギフシマトビケラ									36	18
H. orientalis	ウルマーシマトビケラ										
H. sp. HA	*HA* シマトビケラ										
H. sp. HB	*HB* シマトビケラ										
H. sp. HC	*HC* シマトビケラ										
Goera japonica	ニンギョウトビケラ										
Micrasena quadriloba	マルツツトビケラ										
Dinarthrodes japonica	コカクツツトビケラ										
Gumaga okinawaensis	グマガトビケラ										
Coleoptera	鞘翅目										
Gyrinus japonicus	ミズスマシ										
Hydrocyclus sp.	マルガムシ										
Psephenoides japonicus	ヒゲナガチビヒラタドロムシ										
Mataeopsephenus japonicus	ヒラタドロムシ										6
Dryopidae	ナガドロムシ科		168			11	21		1		1
Elmidae	アシナガドロムシ科					2				484	23
Helodes sp. HA	マルハナノミ										
Luciola cruciata	ゲンジボタル										
Diptera	双翅目										1
Antocha sp.	ウスバヒメガガンボ属									20	3
Eriocera sp. EB	*EB* クロヒメガガンボ										
E. sp. ED	*ED* クロヒメガガンボ										
Tipula sp.	ガガンボ属		1								
Psychoda alternata	ホシチョーバエ	18	8		7	4					
Dixa	ホソカ										
Simuliidae	ブユ科										2
Hemerodromia sp.	オドリバエ科										
Chironomidae	ユスリカ科	1,464	632	176		78	404	1,522	1,220	493	186
C. (Red)	ユスリカ科(赤)	252	80	40	102		81				
Atherix morimotoi	モリモトシギアブ										
A. kodamai	コダマシギアブ										
Odonata	蜻蛉目										
Sinogomphus flavolimbatus	ヒメサナエ										
Megaloptera	広翅目										
Protohermes grandis	ヘビトンボ									6	1
Neuroptera	脉翅目										
Osmylus kisoensis	ヒロバカゲロウ										
Lepidoptera	鱗翅目										
Nymphulinae sp.	ミズメイガ亜科										2
Nymphula vittalis	イネコミズメイガ										
Cataclysta midas	キオビミズメイガ		1								
甲殻類											
Asellus higendorfii	ミズムシ		32,200	3,896	6	275	888	4	1,105	8	
Potamon dehanni	サワガニ										
貧毛類											
Tubicidae	イトミミズ科	810	80	792	301	26	62	28	355	36	37
ヒル類											
Erpobdella lineata	シマイシビル		85	311			94	56	96		
Mimobdella japonica	マネビル			10		38	143			32	
Glossiphonia lata	ハバヒロビル		12	25		181	353	8	2		
貝類											
Semisulcospira libertina	カワニナ		1			133	2			3	5
Physa acuta	サカマキガイ	54	123	4	7	26		1		1	1
Corbicula leana	マシジミ		1	11		6		16	12		
Radix auricularia japonica	モノアラガイ	6		2	1	2	2	1			
Clithom retropictus	イシマキガイ										
渦虫類											
Dugesia sp.	プラナリア										
種類数		8	15	10	6	21	13	10	11	20	24
個体数（30cm×30cm×3回）		2,634	33,856	5,267	424	839	2,057	1,798	3,661	2,705	834

表6－1　底生動物個体数（S59.9）

種類	河川名	久万川			国分川						
	地点名	中久万	紅水川奥福井	福井東町	入野橋上流	八ケ谷橋	陣山	久礼田橋	国分	笠ノ川橋	西谷
	st. No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
昆虫類											
Ephemeroptera	蜉蝣目										
Polymitarcis shigae	アミメカゲロウ						1	1	4		48
Ephemera lineata	ムスジモンカゲロウ				7	7	4	15	5		1
E. japonica	フタスジモンカゲロウ										
Potamanthus Kamonis	キイロカワカゲロウ						4		2		
Paraleptophlebia sp.	トビイロカゲロウ属				2			3			1
Choroterpes trifurcata	ヒメトビイロカゲロウ	5			7	3	68	227	45	232	174
Thraulus sp. TA	トゲエラカゲロウ属										
Ephemerella sp.	マダラカゲロウ属				6	2	4	8	3	1	
E. japonica	エラブタマダラカゲロウ								1		
E. cryptomeria	ヨシノマダラカゲロウ										
E. basalis	オオマダラカゲロウ										
E. okumai	オオクママダラカゲロウ						1				
E. costanea	コスタニアマダラカゲロウ								1		
E. nigra	クロマダラカゲロウ				6	1					
E. orientalis	トウヨウマダラカゲロウ										
E. taeniata	キタマダラカゲロウ										
E. denticula	ホソバマダラカゲロウ							1	3		
E. setigera	クシゲマダラカゲロウ	27			2	30	3		1		
E. rufa	アカマダラカゲロウ				31	125	11	61	9	2	4
E. chinoi	チノマダラカゲロウ				22	31	6	54	15	28	
Caenis sp. CB	*CB* ヒメカゲロウ								2		
Baetis spp.	コカゲロウ属	8			58	121	19	149	81	223	42
B. sahoensis	サホコカゲロウ		1,056	8		9	14	5	1		1
Baetiella spp.	フタバコカゲロウ属				3	36		31			
Isonychia japonica	チラカゲロウ				5	14	1	2			
Epeorus hiemalis	オナガヒラタカゲロウ										
E. uenoi	ウエノヒラタカゲロウ										
E. aesculus	キイロヒラタカゲロウ					1					
E. latifolium	エルモンヒラタカゲロウ				1	8	10	34	8	44	11
E. napaeus	タニヒラタカゲロウ										
E. ikanonis	ナミヒラタカゲロウ						1			16	2
E. curvatulus	ユミモンヒラタカゲロウ				9	18	13	18	3		6
Ecdyonurus tigris	マダラタニガワカゲロウ						5	8	17	1	
E. tobiironis	クロタニガワカゲロウ				4	2	29	5	35	20	9
E. sp EA	*EA* タニガワカゲロウ										
E. yoshidae	シロタニガワカゲロウ	1			6	7	40	20	7	16	4
E. kibunensis	キブネタニガワカゲロウ						12		9		25
Heptagenia kihada	キハダヒラタカゲロウ				40	6				1	5
Rhithrogena japonica	ヒメヒラタカゲロウ					2		7	3	12	1
Cinygma hirasana	ミヤマタニガワカゲロウ								5		
Plecotera	襀翅目										
Nemoura sp.	オナシカワゲラ科										
Amphinemura sp.											
Rhopalopsole subnigra	クロホソカワゲラ										
Capniidae sp.	クロカワゲラ科										
Pseudomegarcys japonica	ヤマトヒロバアミメカワゲラ										
Stavsolus japonicus	ヤマトアミメカワゲラモドキ										
Isoperla aizuana	アイズミドリカワゲラモドキ										
Ostrovus mitsukonis	コグサアミメカワゲラモドキ										
Perlidae sp.	カワゲラ科				8						
Paragnetina tinctipennis	オオクラカケカワゲラ					4					
Neoperla nipponensis	ヤマトフタツメカワゲラ				13	33		7			
Oyamia gibba	オオヤマカワゲラ				3	6					
Caroperla pacifica	キベリオスエダカワゲラ										
Acroneuria stigmatica	モンカワゲラ										
Kamimuria tibialis	カミムラカワゲラ				4	2					
Gibosia tobei	エゾキコガタフタツメカワゲラ										
Haploperla japonica	ヤマトチビミドリカワゲラ										
Trichoptera	毛翅目										
Rhyacophila sp.	ナガレトビケラ属										
R. yamanakensis	ヤマナカナガレトビケラ										
R. nigrocephala	ムナグロナガレトビケラ					2					
R. sp. RE	*RE* ナガレトビケラ										
R. sp. RH	*RH* ナガレトビケラ										
R. kawamurai	カワムラナガレトビケラ										
R. transquilla	トランスクィラナガレトビケラ										
R. brevicephala	ヒロアタマナガレトビケラ										
R. niwae	ニワナガレトビケラ										
Mystrophora inops	イノブスヤマトビケラ										
Chimarrha sp.	カワトビケラ科										
Stenopsyche griseipennis	ヒゲナガカワトビケラ					6	4	2	10	84	2
Parastenopsyche sauteri	チャバネヒゲナガカワトビケラ				2		3		2		

表6－2　底生動物個体数（S59.9）

種類		河川名	久万川			国分川						
		地点名	中久万	紅水川奥福井	福井東町	入野橋上流	八ケ谷橋	陣山	久礼田橋	国分	笠ノ川橋	西谷
		st. No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Polycentropus sp. PA	*PA* イワトビケラ											
P. sp. PB	*PB* イワトビケラ					1	11	1				
P. sp. PC	*PC* イワトビケラ					4						
Psychomyia sp. PB	*PB* クダトビケラ					2	1		3			
Hydropsychidae sp.	シマトビケラ科						1					
Macronema radiatum	オオシマトビケラ									1	32	
Hydropsychodes brevilineata	コガタシマトビケラ		14	3		50	11	4	94	17	487	6
H. echigoensis	エチゴシマトビケラ											
H. nakaharai	ナカハラシマトビケラ									2	12	
H. gifuana	ギフシマトビケラ					26	16		4	6	24	
H. orientalis	ウルマーシマトビケラ					339	355	13	229	48	319	4
H. sp. HA	*HA* シマトビケラ											
H. sp. HB	*HB* シマトビケラ											
H. sp. HC	*HC* シマトビケラ									1		
Goera japonica	ニンギョウトビケラ											
Micrasena quadriloba	マルツツトビケラ											
Dinarthrodes japonica	コカクツツトビケラ											
Gumaga okinawaensis	グマガトビケラ											
Coleoptera	鞘翅目											
Gyrinus japonicus	ミズスマシ											
Hydrocyclus sp.	マルガムシ							3	6		4	1
Psephenoides japonicus	ヒゲナガチビヒラタドロムシ											
Mataeopsephenus japonicus	ヒラタドロムシ		8			2		36	209	33	96	13
Dryopidae	ナガドロムシ科			12			1					
Elmidae	アシナガドロムシ科		60			49	5	11	144	57	217	26
Helodes sp. HA	マルハナノミ											
Luciola cruciata	ゲンジボタル			3								
Diptera	双翅目											
Antocha sp.	ウスバヒメガガンボ属		2	1		29	42	2	4		2	
Eriocera sp. EB	*EB* クロヒメガガンボ						1		1	1		
E. sp. ED	*ED* クロヒメガガンボ							1				
Tipula sp.	ガガンボ属					4	2		3			
Psychoda alternata	ホシチョーバエ			12								
Dixa	ホソカ									1		
Simuliidae	ブユ科						4					
Hemerodromia sp.	オドリバエ科											
Chironomidae	ユスリカ科		244	2,296	1,932	29	51	94	125	121	501	39
C. (Red)	ユスリカ科(赤)			20	364							
Atherix morimotoi	モリモトシギアブ											
A. kodamai	コダマシギアブ											
Odonata	蜻蛉目											
Sinogomphus flavolimbatus	ヒメサナエ								2			
Megaloptera	広翅目											
Protohermes grandis	ヘビトンボ		2				4	1	1		1	
Neuroptera	脉翅目											
Osmylus kisoensis	ヒロバカゲロウ											
Lepidoptera	鱗翅目											
Nymphulinae sp.	ミズメイガ亜科											
Nymphula vittalis	イネコミズメイガ							2				1
Cataclysta midas	キオビミズメイガ											
甲殻類												
Asellus higendorfii	ミズムシ		39	84	16					1	80	
Potamon dehanni	サワガニ					1						
貧毛類												
Tubicidae	イトミミズ科		8	201	492		4	2	2			4
ヒル類												
Erpobdella lineata	シマイシビル			21				6				
Mimobdella japonica	マネビル		5	6	136	2				2	16	
Glossiphonia lata	ハバヒロビル			19	8			6	1			1
貝類												
Semisulcospira libertina	カワニナ		125	3	1	2		2	2	7	2	1
Physa acuta	サカマキガイ		5	71	2							
Corbicula leana	マシジミ							1			2	
Radix auricularia japonica	モノアラガイ											
Clithom retropictus	イシマキガイ											6
渦虫類												
Dugesia sp.	プラナリア					1		8	35	5	4	3
種類数			15	15	9	[illegible]	39	39	37	39	29	28
個体数（30cm×30cm×3回）			553	3,808	2,959	[illegible]	985	499	1,523	575	2,479	441

表7－1　底生動物個体数（S59.9）

種類	河川名	鏡川									
	地点名	内野	重倉川流入前	平石	大穴	弘瀬	鏡ダム下流	吉原川流入前	大河内	宗安寺	新月橋
	st. No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
昆虫類											
Ephemeroptera	蜉蝣目										
Polymitarcis shigae	アミメカゲロウ										
Ephemera lineata	ムスジモンカゲロウ										
E. japonica	フタスジモンカゲロウ	1									
Potamanthus Kamonis	キイロカワカゲロウ										
Paraleptophlebia sp.	トビイロカゲロウ属	8	9								
Choroterpes trifurcata	ヒメトビイロカゲロウ	33	39	5	14	32	26	15	16	125	212
Thraulus sp. TA	トゲエラカゲロウ属										
Ephemerella sp.	マダラカゲロウ属		8	7	6	14	18	11	9	10	17
E. japonica	エラブタマダラカゲロウ										
E. cryptomeria	ヨシノマダラカゲロウ	8									
E. basalis	オオマダラカゲロウ										
E. okumai	オオクママダラカゲロウ		1								
E. costanea	コスタニアマダラカゲロウ	2		2						2	1
E. nigra	クロマダラカゲロウ				1	2	1	8			
E. orientalis	トウヨウマダラカゲロウ				1						
E. taeniata	キタマダラカゲロウ	9	10		10	7	18		2		
E. denticula	ホソバマダラカゲロウ	1		2	2	2				1	
E. setigera	クシゲマダラカゲロウ	62	10	6		5		5			5
E. rufa	アカマダラカゲロウ	1	1			6	26	4	7	23	52
E. chinoi	チノマダラカゲロウ	7	6	2	5	26	33	19	21	32	170
Caenis sp. CB	*CB* ヒメカゲロウ									2	1
Baetis spp.	コカゲロウ属	84	39	90	21	154	95	81	93	237	288
B. sahoensis	サホコカゲロウ						19			11	2
Baetiella spp.	フタバコカゲロウ属		7	36	1	19	2	22	2	3	16
Isonychia japonica	チラカゲロウ	1	11	2		1	7	3	1		3
Epeorus hiemalis	オナガヒラタカゲロウ										
E. uenoi	ウエノヒラタカゲロウ							1			
E. aesculus	キイロヒラタカゲロウ										
E. latifolium	エルモンヒラタカゲロウ	44	12	14	3	17		7	4	7	9
E. napaeus	タニヒラタカゲロウ			4		3	5				
E. ikanonis	ナミヒラタカゲロウ	10									
E. curvatulus	ユミモンヒラタカゲロウ	1	3		1	2				4	7
Ecdyonurus tigris	マダラタニガワカゲロウ							1	11	1	
E. tobiironis	クロタニガワカゲロウ	9	10	30	11	2	5	15	56	7	1
E. sp EA	*EA* タニガワカゲロウ									15	
E. yoshidae	シロタニガワカゲロウ	1	2				33	1		9	
E. kibunensis	キブネタニガワカゲロウ	1			1		3			4	
Heptagenia kihada	キハダヒラタカゲロウ	6	10		5	1	1		1		
Rhithrogena japonica	ヒメヒラタカゲロウ	16	7	36	7	10	3	24	55	15	38
Cinygma hirasana	ミヤマタニガワカゲロウ			3	1	6		8	22	35	5
Plecotera	積翅目										
Nemoura sp.	オナシカワゲラ科										
Amphinemura sp.											
Rhopalopsole subnigra	クロホソカワゲラ										
Capniidae sp.	クロカワゲラ科										
Pseudomegarcys japonica	ヤマトヒロバアミメカワゲラ										
Stavsolus japonicus	ヤマトアミメカワゲラモドキ										
Isoperla aizuana	アイズミドリカワゲラモドキ										
Ostrovus mitsukonis	コグサアミメカワゲラモドキ										
Perlidae sp.	カワゲラ科	13	1			5			19	2	1
Paragnetina tinctipennis	オオクラカケカワゲラ			2	3	6					
Neoperla nipponensis	ヤマトフタツメカワゲラ	2	3			6	3	7	29	7	4
Oyamia gibba	オオヤマカワゲラ	11	1	2			2		6	1	1
Caroperla pacifica	キベリオスエダカワゲラ	1		1	1						
Acroneuria stigmatica	モンカワゲラ										
Kamimuria tibialis	カミムラカワゲラ	17		4	7	8	18			15	6
Gibosia tobei	エゾキコガタフタツメカワゲラ										
Haploperla japonica	ヤマトチビミドリカワゲラ										
Trichoptera	毛翅目										
Rhyacophila sp.	ナガレトビケラ属										
R. yamanakensis	ヤマナカナガレトビケラ										
R. nigrocephala	ムナグロナガレトビケラ			1	1		4	1	5	2	7
R. sp. RE	*RE* ナガレトビケラ										
R. sp. RH	*RH* ナガレトビケラ										
R. kawamurai	カワムラナガレトビケラ										
R. transquilla	トランスクィラナガレトビケラ		1								
R. brevicephala	ヒロアタマナガレトビケラ										
R. niwae	ニワナガレトビケラ										
Mystrophora inops	イノブスヤマトビケラ										
Chimarrha sp.	カワトビケラ科							1			
Stenopsyche griseipennis	ヒゲナガカワトビケラ	35		11	1		13		2	3	6
Parastenopsyche sauteri	チャバネヒゲナガカワトビケラ	13	15	6	10	1	3	1			

表7－2　底生動物個体数（S59.9）

種類	河川名	鏡川									
	地点名	内野	重倉川流入前	平石	大穴	弘瀬	鏡ダム下流	吉原川流入前	大河内	宗安寺	新月橋
	st. No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Polycentropus sp. PA	*PA* イワトビケラ										
P. sp. PB	*PB* イワトビケラ	10			1		3		9	3	
P. sp. PC	*PC* イワトビケラ			1							
Psychomyia sp. PB	*PB* クダトビケラ				4					3	
Hydropsychidae sp.	シマトビケラ科				1						
Macronema radiatum	オオシマトビケラ										
Hydropsychodes brevilineata	コガタシマトビケラ				4					3	125
H. echigoensis	エチゴシマトビケラ		1								
H. nakaharai	ナカハラシマトビケラ										10
H. gifuana	ギフシマトビケラ										
H. orientalis	ウルマーシマトビケラ	77	52	18	23	5	65	81	67	52	268
H. sp. HA	*HA* シマトビケラ										
H. sp. HB	*HB* シマトビケラ										
H. sp. HC	*HC* シマトビケラ									1	23
Goera japonica	ニンギョウトビケラ										
Micrasena quadriloba	マルツツトビケラ										
Dinarthrodes japonica	コカクツツトビケラ										
Gumaga okinawaensis	グマガトビケラ										
Coleoptera	鞘翅目										
Gyrinus japonicus	ミズスマシ										
Hydrocyclus sp.	マルガムシ										1
Psephenoides japonicus	ヒゲナガチビヒラタドロムシ										
Mataeopsephenus japonicus	ヒラタドロムシ	7			2					4	
Dryopidae	ナガドロムシ科		1								
Elmidae	アシナガドロムシ科	22		2	62	5		2	12	15	4
Helodes sp. HA	マルハナノミ										
Luciola cruciata	ゲンジボタル										
Diptera	双翅目										
Antocha sp.	ウスバヒメガガンボ属	19	15	2	8	12	14	1	6	6	1
Eriocera sp. EB	*EB* クロヒメガガンボ	2		3							
E. sp. ED	*ED* クロヒメガガンボ	1									
Tipula sp.	ガガンボ属										
Psychoda alternata	ホシチョーバエ										3
Dixa	ホソカ										
Simuliidae	ブユ科										
Hemerodromia sp.	オドリバエ科									3	
Chironomidae	ユスリカ科	4	5	4	27	52	41	13	9	17	180
C. (Red)	ユスリカ科(赤)										
Atherix morimotoi	モリモトシギアブ										
A. kodamai	コダマシギアブ										
Odonata	蜻蛉目										
Sinogomphus flavolimbatus	ヒメサナエ										
*Megaloptera*5	広翅目										
Protohermes grandis	ヘビトンボ	6	1							2	3
Neuroptera	脉翅目										
Osmylus kisoensis	ヒロバカゲロウ										
Lepidoptera	鱗翅目										
Nymphulinae sp.	ミズメイガ亜科										
Nymphula vittalis	イネコミズメイガ										
Cataclysta midas	キオビミズメイガ										
甲殻類											
Asellus higendorfii	ミズムシ										
Potamon dehanni	サワガニ	1									1
貧毛類											
Tubicidae	イトミミズ科				1		3			2	10
ヒル類											
Erpobdella lineata	シマイシビル				2	3					28
Mimobdella japonica	マネビル										
Glossiphonia lata	ハバヒロビル										
貝類											
Semisulcospira libertina	カワニナ									1	
Physa acuta	サカマキガイ										
Corbicula leana	マシジミ										
Radix auricularia japonica	モノアラガイ										
Clithom retropictus	イシマキガイ										
渦虫類											
Dugesia sp.	プラナリア						2				2
種類数		37	28	27	33	28	28	24	24	38	36
個体数（30cm×30cm×3回）		546	281	296	248	412	466	332	464	685	1,511

表8－1　底生動物個体数（S 59. 9）

種類	河川名	物部川									舟入川
	地点名	別府峡	中内口	佐岡	上韮生川安丸	舞川字井	清爪口	日ノ御子	山田堰	日章	篠原
	st. No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
昆虫類											
Ephemeroptera	蜉蝣目										
Polymitarcis shigae	アミメカゲロウ										
Ephemera lineata	ムスジモンカゲロウ							15	19	1	
E. japonica	フタスジモンカゲロウ										
Potamanthus Kamonis	キイロカワカゲロウ										
Paraleptophlebia sp.	トビイロカゲロウ属							8	4	3	
Choroterpes trifurcata	ヒメトビイロカゲロウ					3			10	20	
Thraulus sp. TA	トゲエラカゲロウ属										
Ephemerella sp.	マダラカゲロウ属									1	
E. japonica	エラブタマダラカゲロウ										
E. cryptomeria	ヨシノマダラカゲロウ										
E. basalis	オオマダラカゲロウ										
E. okumai	オオクママダラカゲロウ					4					
E. costanea	コスタニアマダラカゲロウ					10					
E. nigra	クロマダラカゲロウ	9			8	19				15	
E. orientalis	トウヨウマダラカゲロウ										
E. taeniata	キタマダラカゲロウ										
E. denticula	ホソバマダラカゲロウ								3		
E. setigera	クシゲマダラカゲロウ			1	17	33	8				
E. rufa	アカマダラカゲロウ				1	11	19		406	73	
E. chinoi	チノマダラカゲロウ	6		1	3	11	14		69	60	
Caenis sp. CB	*CB* ヒメカゲロウ										
Baetis spp.	コカゲロウ属	59	1	6	105	207	64	1	85	257	88
B. sahoensis	サホコカゲロウ					21			174	10	297
Baetiella spp.	フタバコカゲロウ属	120	7	1	70	99	52	2	204	14	1
Isonychia japonica	チラカゲロウ					11			1		
Epeorus hiemalis	オナガヒラタカゲロウ										
E. uenoi	ウエノヒラタカゲロウ					5					
E. aesculus	キイロヒラタカゲロウ										
E. latifolium	エルモンヒラタカゲロウ	36			35	97	7		6	18	
E. napaeus	タニヒラタカゲロウ	6			2				3		
E. ikanonis	ナミヒラタカゲロウ				9		7		2	1	
E. curvatulus	ユミモンヒラタカゲロウ	8		1	8	19	2		14	19	
Ecdyonurus tigris	マダラタニガワカゲロウ									2	
E. tobiironis	クロタニガワカゲロウ		2	1		13	1		2		1
E. sp EA	*EA* タニガワカゲロウ										
E. yoshidae	シロタニガワカゲロウ					5	29		59	56	1
E. kibunensis	キブネタニガワカゲロウ					6	6		1	4	
Heptagenia kihada	キハダヒラタカゲロウ						1				
Rhithrogena japonica	ヒメヒラタカゲロウ	111			68	12	5			1	
Cinygma hirasana	ミヤマタニガワカゲロウ										
Plecotera	積翅目										
Nemoura sp.	オナシカワゲラ科										
Amphinemura sp.											
Rhopalopsole subnigra	クロホソカワゲラ										
Capniidae sp.	クロカワゲラ科		1								
Pseudomegarcys japonica	ヤマトヒロバアミメカワゲラ										
Stavsolus japonicus	ヤマトアミメカワゲラモドキ										
Isoperla aizuana	アイズミドリカワゲラモドキ										
Ostrovus mitsukonis	コグサアミメカワゲラモドキ										
Perlidae sp.	カワゲラ科	3		10	5	9	14				
Paragnetina tinctipennis	オオクラカケカワゲラ	6	4	2	13	12					
Neoperla nipponensis	ヤマトフタツメカワゲラ			6	2	2	9	54	5	1	
Oyamia gibba	オオヤマカワゲラ	4	1		4	17	30		4		
Caroperla pacifica	キベリオスエダカワゲラ	6	8	2	1	1					
Acroneuria stigmatica	モンカワゲラ										
Kamimuria tibialis	カミムラカワゲラ	11	30	18	6	33	11		22		
Gibosia tobei	エゾキコガタフタツメカワゲラ										
Haploperla japonica	ヤマトチビミドリカワゲラ	22	1		1	1					
Trichoptera	毛翅目										
Rhyacophila sp.	ナガレトビケラ属	1									
R. yamanakensis	ヤマナカナガレトビケラ	1				3					
R. nigrocephala	ムナグロナガレトビケラ					1					
R. sp. RE	*RE* ナガレトビケラ		1								
R. sp. RH	*RH* ナガレトビケラ	1			1	1					
R. kawamurai	カワムラナガレトビケラ					3					
R. transquilla	トランスクィラナガレトビケラ					2					
R. brevicephala	ヒロアタマナガレトビケラ										
R. niwae	ニワナガレトビケラ				1						
Mystrophora inops	イノブスヤマトビケラ	4	5	2	92						
Chimarrha sp.	カワトビケラ科		2			1					
Stenopsyche griseipennis	ヒゲナガカワトビケラ	38	11	4	17	64	18	10	143	177	
Parastenopsyche sauteri	チャバネヒゲナガカワトビケラ	36	13	14	31	173	75	12			

表8－2　底生動物個体数（S59.9）

種類	河川名	物部川									舟入川
	地点名	別府峡	中内口	佐岡	上韮生川安丸	舞川宇井	清爪口	日ノ御子	山田堰	日章	篠原
	st. No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Polycentropus sp. PA	*PA* イワトビケラ							2			
P. sp. PB	*PB* イワトビケラ			1	1				7		
P. sp. PC	*PC* イワトビケラ	3		1	1	6					
Psychomyia sp. PB	*PB* クダトビケラ								1	4	
Hydropsychidae sp.	シマトビケラ科					385					
Macronema radiatum	オオシマトビケラ										
Hydropsychodes brevilineata	コガタシマトビケラ			3			4	1	16		2,296
H. echigoensis	エチゴシマトビケラ					2			1		
H. nakaharai	ナカハラシマトビケラ				4	13		1	79		
H. gifuana	ギフシマトビケラ			2	3				30	7	
H. orientalis	ウルマーシマトビケラ	14	218	156	159	122	16	5	241	56	
H. sp. HA	*HA* シマトビケラ		4								
H. sp. HB	*HB* シマトビケラ								7		
H. sp. HC	*HC* シマトビケラ			3	2						
Goera japonica	ニンギョウトビケラ										
Micrasena quadriloba	マルツツトビケラ							1			
Dinarthrodes japonica	コカクツツトビケラ					1					
Gumaga okinawaensis	グマガトビケラ							1			
Coleoptera	鞘翅目										
Gyrinus japonicus	ミズスマシ										
Hydrocyclus sp.	マルガムシ	2									
Psephenoides japonicus	ヒゲナガチビヒラタドロムシ										
Mataeopsephenus japonicus	ヒラタドロムシ	1		5		23	23	5	11	10	
Dryopidae	ナガドロムシ科										1
Elmidae	アシナガドロムシ科	9	11	8	10	27	19	1	24	14	
Helodes sp. HA	マルハナノミ					2					
Luciola cruciata	ゲンジボタル										
Diptera	双翅目										
Antocha sp.	ウスバヒメガガンボ属	4	5	17	13	76	30	2	3	2	
Eriocera sp. EB	*EB* クロヒメガガンボ	5	5	6	3						
E. sp. ED	*ED* クロヒメガガンボ		2								
Tipula sp.	ガガンボ属										
Psychoda alternata	ホシチョーバエ										
Dixa	ホソカ										
Simuliidae	ブユ科		1								
Hemerodromia sp.	オドリバエ科										
Chironomidae	ユスリカ科	250	45	124	493	48	48	56	110	250	1,196
C. (Red)	ユスリカ科(赤)								5		
Atherix morimotoi	モリモトシギアブ										
A. kodamai	コダマシギアブ										
Odonata	蜻蛉目										
Sinogomphus flavolimbatus	ヒメサナエ										
Megaloptera 5	広翅目										
Protohermes grandis	ヘビトンボ				1	11					
Neuroptera	脉翅目										
Osmylus kisoensis	ヒロバカゲロウ										
Lepidoptera	鱗翅目										
Nymphulinae sp.	ミズメイガ亜科										
Nymphula vittalis	イネコミズメイガ										
Cataclysta midas	キオビミズメイガ										
甲殻類											
Asellus higendorfii	ミズムシ					3				8	288
Potamon dehanni	サワガニ					13					
貧毛類											
Tubicidae	イトミミズ科					1					80
ヒル類											
Erpobdella lineata	シマイシビル					2	1				28
Mimobdella japonica	マネビル										
Glossiphonia lata	ハバヒロビル										
貝類											
Semisulcospira libertina	カワニナ					1		3	2		
Physa acuta	サカマキガイ										
Corbicula leana	マシジミ								5	1	
Radix auricularia japonica	モノアラガイ										
Clithom retropictus	イシマキガイ										
渦虫類											
Dugesia sp.	プラナリア							2	1		
種類数		28	22	25	34	50	26	19	37	28	11
個体数（30cm×30cm×3回）		776	378	395	1,190	1,645	513	182	1,779	1,085	4,277

表９－１　底生動物個体数（S 60. 3）

種類	河川名	江ノ口川				新川川		下田川		久万川	
	地点名	源流点	本宮川流入前	カタツ橋	円満橋	新川落し	新川橋	野田口	岡ノ上	一ノ瀬橋	長紫
	st. No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
昆虫類											
Ephemeroptera	蜉蝣目										
Polymitarcis shigae	アミメカゲロウ										
Ephemera lineata	ムスジモンカゲロウ										
E. japonica	フタスジモンカゲロウ									5	
Potamanthus Kamonis	キイロカワカゲロウ										
Paraleptophlebia sp.	トビイロカゲロウ属										
Choroterpes trifurcata	ヒメトビイロカゲロウ										
Thraulus sp. TA	トゲエラカゲロウ属										
Ephemerella sp.	マダラカゲロウ属										
E. japonica	エラブタマダラカゲロウ									224	
E. cryptomeria	ヨシノマダラカゲロウ										
E. basalis	オオマダラカゲロウ										
E. okumai	オオクママダラカゲロウ										
E. costanea	コスタニアマダラカゲロウ										
E. nigra	クロマダラカゲロウ										1
E. orientalis	トウヨウマダラカゲロウ										
E. taeniata	キタマダラカゲロウ										
E. denticula	ホソバマダラカゲロウ									3	
E. setigera	クシゲマダラカゲロウ										
E. rufa	アカマダラカゲロウ									48	
E. chinoi	チノマダラカゲロウ										
Caenis sp. CB	*CB* ヒメカゲロウ									4	1
Baetis spp.	コカゲロウ属										
B. sahoensis	サホコカゲロウ					1				15	4
Baetiella spp.	フタバコカゲロウ属										
Isonychia japonica	チラカゲロウ										
Epeorus hiemalis	オナガヒラタカゲロウ										
E. uenoi	ウエノヒラタカゲロウ										
E. aesculus	キイロヒラタカゲロウ										
E. latifolium	エルモンヒラタカゲロウ										1
E. napaeus	タニヒラタカゲロウ										
E. ikanonis	ナミヒラタカゲロウ										
E. curvatulus	ユミモンヒラタカゲロウ										
Ecdyonurus tigris	マダラタニガワカゲロウ										
E. tobiironis	クロタニガワカゲロウ										
E. sp EA	*EA* タニガワカゲロウ										
E. yoshidae	シロタニガワカゲロウ									1	13
E. kibunensis	キブネタニガワカゲロウ										
Heptagenia kihada	キハダヒラタカゲロウ										
Rhithrogena japonica	ヒメヒラタカゲロウ										
Cinygma hirasana	ミヤマタニガワカゲロウ										
Plecotera	積翅目										
Nemoura sp.	オナシカワゲラ科										6
Amphinemura sp.											9
Rhopalopsole subnigra	クロホソカワゲラ										
Capniidae sp.	クロカワゲラ科										
Pseudomegarcys japonica	ヤマトヒロバアミメカワゲラ										
Stavsolus japonicus	ヤマトアミメカワゲラモドキ										
Isoperla aizuana	アイズミドリカワゲラモドキ										
Ostrovus mitsukonis	コグサアミメカワゲラモドキ										
Perlidae sp.	カワゲラ科										
Paragnetina tinctipennis	オオクラカケカワゲラ										
Neoperla nipponensis	ヤマトフタツメカワゲラ										
Oyamia gibba	オオヤマカワゲラ										
Caroperla pacifica	キベリオスエダカワゲラ										
Acroneuria stigmatica	モンカワゲラ										
Kamimuria tibialis	カミムラカワゲラ										
Gibosia tobei	エゾキコガタフタツメカワゲラ										
Haploperla japonica	ヤマトチビミドリカワゲラ										
Trichoptera	毛翅目										
Rhyacophila sp.	ナガレトビケラ属										
R. yamanakensis	ヤマナカナガレトビケラ									1	
R. nigrocephala	ムナグロナガレトビケラ					1					
R. sp. RE	*RE* ナガレトビケラ										
R. sp. RH	*RH* ナガレトビケラ										
R. kawamurai	カワムラナガレトビケラ										
R. transquilla	トランスクィラナガレトビケラ										
R. brevicephala	ヒロアタマナガレトビケラ										
R. niwae	ニワナガレトビケラ										
Mystrophora inops	イノブスヤマトビケラ										
Chimarrha sp.	カワトビケラ科										
Stenopsyche griseipennis	ヒゲナガカワトビケラ										
Parastenopsyche sauteri	チャバネヒゲナガカワトビケラ										

表9－2 底生動物個体数（S 60. 3）

種類	河川名	江ノ口川				新川川		下田川		久万川	
	地点名	源流点	本宮川流入前	カタツ橋	円満橋	新川落し	新川橋	野田口	岡ノ上	一ノ瀬橋	長紫
	st. No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Polycentropus sp. PA	*PA* イワトビケラ										
P. sp. PB	*PB* イワトビケラ										
P. sp. PC	*PC* イワトビケラ										
Psychomyia sp. PB	*PB* クダトビケラ										
Hydropsychidae sp.	シマトビケラ科										
Macronema radiatum	オオシマトビケラ										
Hydropsychodes brevilineata	コガタシマトビケラ					1	1	6	36	1,088	284
H. echigoensis	エチゴシマトビケラ										
H. nakaharai	ナカハラシマトビケラ										
H. gifuana	ギフシマトビケラ									2	
H. orientalis	ウルマーシマトビケラ									9	1
H. sp. HA	*HA* シマトビケラ										
H. sp. HB	*HB* シマトビケラ										
H. sp. HC	*HC* シマトビケラ										
Goera japonica	ニンギョウトビケラ										
Micrasena quadriloba	マルツツトビケラ										
Dinarthrodes japonica	コカクツツトビケラ										
Gumaga okinawaensis	グマガトビケラ										
Coleoptera	鞘翅目										
Gyrinus japonicus	ミズスマシ										
Hydrocyclus sp.	マルガムシ										
Psephenoides japonicus	ヒゲナガチビヒラタドロムシ									6	1
Mataeopsephenus japonicus	ヒラタドロムシ										4
Dryopidae	ナガドロムシ科						1				1
Elmidae	アシナガドロムシ科							2		438	7
Helodes sp. HA	マルハナノミ										
Luciola cruciata	ゲンジボタル									1	2
Diptera	双翅目										
Antocha sp.	ウスバヒメガガンボ属					1				3	8
Eriocera sp. EB	*EB* クロヒメガガンボ										
E. sp. ED	*ED* クロヒメガガンボ										
Tipula sp.	ガガンボ属									2	2
Psychoda alternata	ホシチョーバエ		4	16	3		1				
Dixa	ホソカ										
Simuliidae	ブユ科									6	
Hemerodromia sp.	オドリバエ科										
Chironomidae	ユスリカ科	884	19	208	22	203	598	126	510	193	256
C. (Red)	ユスリカ科(赤)	132	35	56	1		4				
Atherix morimotoi	モリモトシギアブ										
A. kodamai	コダマシギアブ									1	1
Odonata	蜻蛉目										
Sinogomphus flavolimbatus	ヒメサナエ										
Megaloptera	広翅目										
Protohermes grandis	ヘビトンボ									4	1
Neuroptera	脉翅目										
Osmylus kisoensis	ヒロバカゲロウ										
Lepidoptera	鱗翅目										
Nymphulinae sp.	ミズメイガ亜科										
Nymphula vittalis	イネコミズメイガ										
Cataclysta midas	キオビミズメイガ										
甲殻類											
Asellus higendorfii	ミズムシ		42	48	1	23	296		1,500	4	
Potamon dehanni	サワガニ										
貧毛類											
Tubicidae	イトミミズ科	1,620	26	96	10	14	568	55	165	18	
ヒル類											
Erpobdella lineata	シマイシビル		16	7				105	77		
Mimobdella japonica	マネビル					16	3			3	
Glossiphonia lata	ハバヒロビル					38	7	50	26		
貝類											
Semisulcospira libertina	カワニナ					108			1	5	38
Physa acuta	サカマキガイ									82	
Corbicula leana	マシジミ					2		10	8		
Radix auricularia japonica	モノアラガイ	1				2	3	3		4	2
Clithom retropictus	イシマキガイ										
渦虫類											
Dugesia sp.	プラナリア					3		5		12	5
種類数		4	6	6	5	13	10	9	8	27	22
個体数（30cm×30cm×3回）		2,637	142	431	37	413	1,482	362	2,323	2,182	648

表10－1　底生動物個体数（S 60. 3）

種類	河川名	久万川			国分川						
	地点名	中久万	紅水川奥福井	福井東町	入野橋上流	八ケ谷橋	陣山	久礼田橋	国分	笠ノ川橋	西谷
	st. No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
昆虫類											
Ephemeroptera	蜉蝣目										
Polymitarcis shigae	アミメカゲロウ										
Ephemera lineata	ムスジモンカゲロウ				9	2	3				7
E. japonica	フタスジモンカゲロウ									2	
Potamanthus Kamonis	キイロカワカゲロウ										
Paraleptophlebia sp.	トビイロカゲロウ属				10			21		1	6
Choroterpes trifurcata	ヒメトビイロカゲロウ				249	317	5	6	3	5	2
Thraulus sp. TA	トゲエラカゲロウ属										
Ephemerella sp.	マダラカゲロウ属										
E. japonica	エラブタマダラカゲロウ				4	9		10			
E. cryptomeria	ヨシノマダラカゲロウ				1			1		13	
E. basalis	オオマダラカゲロウ									150	
E. okumai	オオクママダラカゲロウ					1					
E. costanea	コスタニアマダラカゲロウ										
E. nigra	クロマダラカゲロウ					3				41	
E. orientalis	トウヨウマダラカゲロウ										
E. taeniata	キタマダラカゲロウ	3									
E. denticula	ホソバマダラカゲロウ										
E. setigera	クシゲマダラカゲロウ				6	8		15	5	1	
E. rufa	アカマダラカゲロウ				17	433		297	8		
E. chinoi	チノマダラカゲロウ				18	166		128			
Caenis sp. CB	*CB* ヒメカゲロウ				16			4	1		19
Baetis spp.	コカゲロウ属				8	83	3	11		58	
B. sahoensis	サホコカゲロウ					4		4		12	
Baetiella spp.	フタバコカゲロウ属				4	27					
Isonychia japonica	チラカゲロウ				14	44					
Epeorus hiemalis	オナガヒラタカゲロウ										
E. uenoi	ウエノヒラタカゲロウ					2					
E. aesculus	キイロヒラタカゲロウ										
E. latifolium	エルモンヒラタカゲロウ				4	15	27	37	10	8	2
E. napaeus	タニヒラタカゲロウ										
E. ikanonis	ナミヒラタカゲロウ										
E. curvatulus	ユミモンヒラタカゲロウ					4	7	6		39	
Ecdyonurus tigris	マダラタニガワカゲロウ										
E. tobiironis	クロタニガワカゲロウ										
E. sp EA	*EA* タニガワカゲロウ										
E. yoshidae	シロタニガワカゲロウ	1			56	13	30	8	26	1	7
E. kibunensis	キブネタニガワカゲロウ								1		1
Heptagenia kihada	キハダヒラタカゲロウ				180						
Rhithrogena japonica	ヒメヒラタカゲロウ										
Cinygma hirasana	ミヤマタニガワカゲロウ					1				97	
Plecotera	積翅目										
Nemoura sp.	オナシカワゲラ科	4									
Amphinemura sp.										2	
Rhopalopsole subnigra	クロホソカワゲラ										
Capniidae sp.	クロカワゲラ科										
Pseudomegarcys japonica	ヤマトヒロバアミメカワゲラ									72	
Stavsolus japonicus	ヤマトアミメカワゲラモドキ										
Isoperla aizuana	アイズミドリカワゲラモドキ									21	
Ostrovus mitsukonis	コグサアミメカワゲラモドキ										
Perlidae sp.	カワゲラ科					12					
Paragnetina tinctipennis	オオクラカケカワゲラ				6	6				13	
Neoperla nipponensis	ヤマトフタツメカワゲラ				40	24	5	13	1		3
Oyamia gibba	オオヤマカワゲラ				13					6	
Caroperla pacifica	キベリオスエダカワゲラ										
Acroneuria stigmatica	モンカワゲラ									2	
Kamimuria tibialis	カミムラカワゲラ				19	3				25	
Gibosia tobei	エゾキコガタフタツメカワゲラ										
Haploperla japonica	ヤマトチビミドリカワゲラ									14	
Trichoptera	毛翅目										
Rhyacophila sp.	ナガレトビケラ属										
R. yamanakensis	ヤマナカナガレトビケラ					2					
R. nigrocephala	ムナグロナガレトビケラ				6	15		3			
R. sp. RE	*RE* ナガレトビケラ										
R. sp. RH	*RH* ナガレトビケラ				1						
*R. kawamurai*隙	カワムラナガレトビケラ										
R. transquilla	トランスクィラナガレトビケラ									6	
R. brevicephala	ヒロアタマナガレトビケラ					9					
R. niwae	ニワナガレトビケラ										
Mystrophora inops	イノブスヤマトビケラ										
Chimarrha sp.	カワトビケラ科										
Stenopsyche griseipennis	ヒゲナガカワトビケラ					4		3		16	
Parastenopsyche sauteri	チャバネヒゲナガカワトビケラ										

表10－2　底生動物個体数（S 60. 3）

種類	河川名	久万川			国分川						
	地点名	中久万	紅水川奥福井	福井東町	入野橋上流	八ケ谷橋	陣山	久礼田橋	国分	笠ノ川橋	西谷
	st. No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Polycentropus sp. PA	*PA* イワトビケラ									1	
P. sp. PB	*PB* イワトビケラ					7					
P. sp. PC	*PC* イワトビケラ					4				8	
Psychomyia sp. PB	*PB* クダトビケラ					17					
Hydropsychidae sp.	シマトビケラ科										
Macronema radiatum	オオシマトビケラ										
Hydropsychodes brevilineata	コガタシマトビケラ	13			173	63	2	53		2	1
H. echigoensis	エチゴシマトビケラ										
H. nakaharai	ナカハラシマトビケラ										
H. gifuana	ギフシマトビケラ					5		4			
H. orientalis	ウルマーシマトビケラ					766	2	99	9	5	
H. sp. HA	*HA* シマトビケラ										
H. sp. HB	*HB* シマトビケラ										
H. sp. HC	*HC* シマトビケラ										
Goera japonica	ニンギョウトビケラ										
Micrasena quadriloba	マルツツトビケラ										
Dinarthrodes japonica	コカクツツトビケラ										
Gumaga okinawaensis	グマガトビケラ										
Coleoptera	鞘翅目										
Gyrinus japonicus	ミズスマシ										
Hydrocyclus sp.	マルガムシ	2									
Psephenoides japonicus	ヒゲナガチビヒラタドロムシ							53	29		
Mataeopsephenus japonicus	ヒラタドロムシ				4	1		96	29	8	21
Dryopidae	ナガドロムシ科				1				1		
Elmidae	アシナガドロムシ科	46			75	5	4	272	71	20	147
Helodes sp. HA	マルハナノミ				104						
Luciola cruciata	ゲンジボタル				1						
Diptera	双翅目										
Antocha sp.	ウスバヒメガガンボ属				9	56		24		2	
Eriocera sp. EB	*EB* クロヒメガガンボ				7			1		6	
E. sp. ED	*ED* クロヒメガガンボ										
Tipula sp.	ガガンボ属	3					1				
Psychoda alternata	ホシチョーバエ		5	1							
Dixa	ホソカ										
Simuliidae	ブユ科	3									
Hemerodromia sp.	オドリバエ科										
Chironomidae	ユスリカ科	503	203	249	246	267	108	170	409	21	468
C. (Red)	ユスリカ科(赤)		8	17				4	5		8
Atherix morimotoi	モリモトシギアブ				1						1
A. kodamai	コダマシギアブ										
Odonata	蜻蛉目										
Sinogomphus flavolimbatus	ヒメサナエ				1	1					
Megaloptera	広翅目										
Protohermes grandis	ヘビトンボ				1	14		4			4
Neuroptera	脉翅目										
Osmylus kisoensis	ヒロバカゲロウ									1	
Lepidoptera	鱗翅目										
Nymphulinae sp.	ミズメイガ亜科										
Nymphula vittalis	イネコミズメイガ										
Cataclysta midas	キオビミズメイガ										
甲殻類											
Asellus higendorfii	ミズムシ	58	1	2			14	2	89	5	
Potamon dehanni	サワガニ										
貧毛類											
Tubicidae	イトミミズ科			146		21	3	108	64		175
ヒル類											
Erpobdella lineata	シマイシビル						2	1	3		
Mimobdella japonica	マネビル	2		2	2	2					1
Glossiphonia lata	ハバヒロビル		3	6			1	3	1		
貝類											
Semisulcospira libertina	カワニナ	82			9			1	24		
Physa acuta	サカマキガイ	9		1			3				
Corbicula leana	マシジミ								1		41
Radix auricularia japonica	モノアラガイ	1		1				1	1		1
Clithom retropictus	イシマキガイ										
渦虫類											
Dugesia sp.	プラナリア	1			1	8		60	10	5	14
種類数		15	5	9	36	40	17	34	24	35	20
個体数（30cm×30cm×3回）		731	220	425	1,316	2,444	220	1,523	802	689	929

表11－1　底生動物個体数（S60.3）

種類	河川名	鏡川									
	地点名	内野	重倉川流入前	平石	大穴	弘瀬	鏡ダム下流	吉原川流入前	大河内	宗安寺	新月橋
	st. No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
昆虫類											
Ephemeroptera	蜉蝣目										
Polymitarcis shigae	アミメカゲロウ										
Ephemera lineata	ムスジモンカゲロウ						1				
E. japonica	フタスジモンカゲロウ	1		1			1				
Potamanthus Kamonis	キイロカワカゲロウ										
Paraleptophlebia sp.	トビイロカゲロウ属										
Choroterpes trifurcata	ヒメトビイロカゲロウ	52	7	47	11	19	1	10	5	3	
Thraulus sp. TA	トゲエラカゲロウ属										
Ephemerella sp.	マダラカゲロウ属										
E. japonica	エラブタマダラカゲロウ		1						19	3	
E. cryptomeria	ヨシノマダラカゲロウ	15	11	17	26	3	2	11	12	88	11
E. basalis	オオマダラカゲロウ						2				
E. okumai	オオクママダラカゲロウ	35	5	13		7	8	2			
E. costanea	コスタニアマダラカゲロウ										
E. nigra	クロマダラカゲロウ	2			2		1		1	1	
E. orientalis	トウヨウマダラカゲロウ										
E. taeniata	キタマダラカゲロウ										
E. denticula	ホソバマダラカゲロウ										
E. setigera	クシゲマダラカゲロウ	1		2		1	2	1	28	1	
E. rufa	アカマダラカゲロウ	41	48	95	26	393	45	154	233	81	
E. chinoi	チノマダラカゲロウ	26	29	45	27	107	5	70	82	40	
Caenis sp. CB	*CB* ヒメカゲロウ		1					2		4	
Baetis spp.	コカゲロウ属	350	98	244	89	207	124	233	307	147	
B. sahoensis	サホコカゲロウ									5	10
Baetiella spp.	フタバコカゲロウ属	85	9	48	29	126	2	17	12	9	
Isonychia japonica	チラカゲロウ	21	22	8		10	2	3	2		
Epeorus hiemalis	オナガヒラタカゲロウ					5					
E. uenoi	ウエノヒラタカゲロウ	51	9	10	4	95		3		1	
E. aesculus	キイロヒラタカゲロウ	19	2	1							
E. latifolium	エルモンヒラタカゲロウ	22	99	18	64	74	47	35	72	71	
E. napaeus	タニヒラタカゲロウ		8	1	14	24	26	11	21	25	
E. ikanonis	ナミヒラタカゲロウ					1					
E. curvatulus	ユミモンヒラタカゲロウ	30	20	22	28	34	35	13	43	26	1
Ecdyonurus tigris	マダラタニガワカゲロウ										
E. tobiironis	クロタニガワカゲロウ		8	2							
E. sp EA	*EA* タニガワカゲロウ										
E. yoshidae	シロタニガワカゲロウ		25	2	2		1	2	2	13	
E. kibunensis	キブネタニガワカゲロウ	1	10	1	9	1	2	8		2	1
Heptagenia kihada	キハダヒラタカゲロウ	4			5		1	3	1	40	
Rhithrogena japonica	ヒメヒラタカゲロウ	27	4	32	37	10		56		7	
Cinygma hirasana	ミヤマタニガワカゲロウ			2	16		6				
Plecotera	襀翅目										
Nemoura sp.	オナシカワゲラ科					1					
Amphinemura sp.											
Rhopalopsole subnigra	クロホソカワゲラ						2				
Capniidae sp.	クロカワゲラ科			1							
Pseudomegarcys japonica	ヤマトヒロバアミメカワゲラ	22	4	7		1	2	6			
Stavsolus japonicus	ヤマトアミメカワゲラモドキ						5				
Isoperla aizuana	アイズミドリカワゲラモドキ						4	1		25	
Ostrovus mitsukonis	コグサアミメカワゲラモドキ						2	1			
Perlidae sp.	カワゲラ科										
Paragnetina tinctipennis	オオクラカケカワゲラ	4		14	4	11	2	2	4		
Neoperla nipponensis	ヤマトフタツメカワゲラ	2	2				5	9		4	
Oyamia gibba	オオヤマカワゲラ	23		7	5	6	34		2		1
Caroperla pacifica	キベリオスエダカワゲラ	3			3						
Acroneuria stigmatica	モンカワゲラ										
Kamimuria tibialis	カミムラカワゲラ	4	2	8	4	7	29	3		1	
Gibosia tobei	エゾキコガタフタツメカワゲラ										
Haploperla japonica	ヤマトチビミドリカワゲラ				1		4				1
Trichoptera	毛翅目										
Rhyacophila sp.	ナガレトビケラ属										
R. yamanakensis	ヤマナカナガレトビケラ	4		1		2	1	1	5		
R. nigrocephala	ムナグロナガレトビケラ	1		3				8			
R. sp. RE	*RE* ナガレトビケラ										
R. sp. RH	*RH* ナガレトビケラ	4						3			
R. kawamurai	カワムラナガレトビケラ	4				13	4	3	12		
R. transquilla	トランスクィラナガレトビケラ										
R. brevicephala	ヒロアタマナガレトビケラ	54	2	41		5	5	17			
R. niwae	ニワナガレトビケラ	2									
Mystrophora inops	イノブスヤマトビケラ	1	2	1	2	1	26	1	4	1	
Chimarrha sp.	カワトビケラ科	2	2								
Stenopsyche griseipennis	ヒゲナガカワトビケラ	3	3	3	1	9	16	17	20	15	
Parastenopsyche sauteri	チャバネヒゲナガカワトビケラ	38	9	26	10	40		13	3		

表11－2　底生動物個体数（S 60. 3）

種類	河川名	鏡川									
	地点名	内野	重倉川流入前	平石	大穴	弘瀬	鏡ダム下流	吉原川流入前	大河内	宗安寺	新月橋
	st. No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Polycentropus sp. PA	*PA* イワトビケラ								1		
P. sp. PB	*PB* イワトビケラ			1	2				4		
P. sp. PC	*PC* イワトビケラ		3	6				3	1		
Psychomyia sp. PB	*PB* クダトビケラ	1					7		47	5	
Hydropsychidae sp.	シマトビケラ科										
Macronema radiatum	オオシマトビケラ	11	1	7		10		1	4		
Hydropsychodes brevilineata	コガタシマトビケラ		2	5		9	15	8	79	68	
H. echigoensis	エチゴシマトビケラ										
H. nakaharai	ナカハラシマトビケラ										
H. gifuana	ギフシマトビケラ		4	4		8	1				
H. orientalis	ウルマーシマトビケラ	394	54	256	98	326	58	239	525	48	
H. sp. HA	*HA* シマトビケラ										
H. sp. HB	*HB* シマトビケラ										
H. sp. HC	*HC* シマトビケラ										
Goera japonica	ニンギョウトビケラ										
Micrasena quadriloba	マルツツトビケラ										
Dinarthrodes japonica	コカクツツトビケラ										
Gumaga okinawaensis	グマガトビケラ						4				
Coleoptera	鞘翅目										
Gyrinus japonicus	ミズスマシ						1				
Hydrocyclus sp.	マルガムシ										
Psephenoides japonicus	ヒゲナガチビヒラタドロムシ	1									
Mataeopsephenus japonicus	ヒラタドロムシ		2			1	1			1	
Dryopidae	ナガドロムシ科										
Elmidae	アシナガドロムシ科	16	3	13	50	4	7	3	27	10	1
Helodes sp. HA	マルハナノミ	41	3	2	3						
Luciola cruciata	ゲンジボタル										
Diptera	双翅目										
Antocha sp.	ウスバヒメガガンボ属	53	70	53	15	78	24	113	95	10	1
Eriocera sp. EB	*EB* クロヒメガガンボ	4	1	1			3		1	1	
E. sp. ED	*ED* クロヒメガガンボ										
Tipula sp.	ガガンボ属										
Psychoda alternata	ホシチョーバエ										
Dixa	ホソカ										
Simuliidae	ブユ科	2				55		96	1	8	16
Hemerodromia sp.	オドリバエ科										
Chironomidae	ユスリカ科	47	64	43	15	71	76	78	115	201	164
C. (Red)	ユスリカ科(赤)										
Atherix morimotoi	モリモトシギアブ										
A. kodamai	コダマシギアブ						1			1	
Odonata	蜻蛉目										
Sinogomphus flavolimbatus	ヒメサナエ						2	1			
Megaloptera5	広翅目										
Protohermes grandis	ヘビトンボ	12	4	1	3	4	1	1	1		
Neuroptera	脈翅目										
Osmylus kisoensis	ヒロバカゲロウ										
Lepidoptera	鱗翅目										
Nymphulinae sp.	ミズメイガ亜科										
Nymphula vittalis	イネコミズメイガ										
Cataclysta midas	キオビミズメイガ										
甲殻類											
Asellus higendorfii	ミズムシ										
Potamon dehanni	サワガニ	4	2	1	1						
貧毛類											
Tubicidae	イトミミズ科							2			29
ヒル類											
Erpobdella lineata	シマイシビル										
Mimobdella japonica	マネビル				2						
Glossiphonia lata	ハバヒロビル										
貝類											
Semisulcospira libertina	カワニナ										
Physa acuta	サカマキガイ										
Corbicula leana	マシジミ										
Radix auricularia japonica	モノアラガイ										
Clithom retropictus	イシマキガイ										
渦虫類											
Dugesia sp.	プラナリア		6				8	1	1	10	
種類数		46	41	44	33	38	50	44	36	35	11
個体数（30cm×30cm×3回）		1,540	661	1,116	608	1,779	664	1,265	1,792	976	236

表12－1　底生動物個体数（S 60. 3）

種類	河川名	物部川									舟入川
	地点名	別府峡	中内口	佐岡	上韮生川安丸	舞川宇井	清爪口	日ノ御子	山田堰	日章	篠原
	st. No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
昆虫類											
Ephemeroptera	蜉蝣目										
Polymitarcis shigae	アミメカゲロウ										
Ephemera lineata	ムスジモンカゲロウ	1			1	1		1	1		
E. japonica	フタスジモンカゲロウ										
Potamanthus Kamonis	キイロカワカゲロウ										
Paraleptophlebia sp.	トビイロカゲロウ属	11			2			2			
Choroterpes trifurcata	ヒメトビイロカゲロウ	2	9	11	5	127		20	1	1	
Thraulus sp. TA	トゲエラカゲロウ属										
Ephemerella sp.	マダラカゲロウ属						1				
E. japonica	エラブタマダラカゲロウ				6		3	14			
E. cryptomeria	ヨシノマダラカゲロウ	1	5	24		7					
E. basalis	オオマダラカゲロウ	1	1								
E. okumai	オオクママダラカゲロウ	1									
E. costanea	コスタニアマダラカゲロウ										
E. nigra	クロマダラカゲロウ	1	23			1		1			
E. orientalis	トウヨウマダラカゲロウ										
E. taeniata	キタマダラカゲロウ										
E. denticula	ホソバマダラカゲロウ										
E. setigera	クシゲマダラカゲロウ				1	17	10	18	1		
E. rufa	アカマダラカゲロウ	19	13	3	195	26	144	136	48	36	
E. chinoi	チノマダラカゲロウ	9			54	11	12	32	18	12	
Caenis sp. CB	*CB* ヒメカゲロウ				6		2	19	2		
Baetis spp.	コカゲロウ属	11	255	190	84	136	135	27	25	19	
B. sahoensis	サホコカゲロウ										
Baetiella spp.	フタバコカゲロウ属		70	8	8		13				
Isonychia japonica	チラカゲロウ	2			2						
Epeorus hiemalis	オナガヒラタカゲロウ										
E. uenoi	ウエノヒラタカゲロウ		47								
E. aesculus	キイロヒラタカゲロウ		17	19	1						
E. latifolium	エルモンヒラタカゲロウ	1	21	54	16	20	13	1	10	21	
E. napaeus	タニヒラタカゲロウ		8			3	4				
E. ikanonis	ナミヒラタカゲロウ		1								
E. curvatulus	ユミモンヒラタカゲロウ	3	45	66	2	16	6	1	1	6	
Ecdyonurus tigris	マダラタニガワカゲロウ		1		3	14					
E. tobiironis	クロタニガワカゲロウ				1			3			
E. sp EA	*EA* タニガワカゲロウ										
E. yoshidae	シロタニガワカゲロウ	3			41	7	22	40	89	26	
E. kibunensis	キブネタニガワカゲロウ	2				66	4	4		3	
Heptagenia kihada	キハダヒラタカゲロウ						11	9			
Rhithrogena japonica	ヒメヒラタカゲロウ		154	151		6	2				
Cinygma hirasana	ミヤマタニガワカゲロウ	5				7					
Plecotera	積翅目										
Nemoura sp.	オナシカワゲラ科										
Amphinemura sp.			1								
Rhopalopsole subnigra	クロホソカワゲラ			2							
Capniidae sp.	クロカワゲラ科	1	8					1			
Pseudomegarcys japonica	ヤマトヒロバアミメカワゲラ	5		1							
Stavsolus japonicus	ヤマトアミメカワゲラモドキ		1								
Isoperla aizuana	アイズミドリカワゲラモドキ	3	3			4					
Ostrovus mitsukonis	コグサアミメカワゲラモドキ		16	1		6					
Perlidae sp.	カワゲラ科										
Paragnetina tinctipennis	オオクラカケカワゲラ		2		2	5	2	1			
Neoperla nipponensis	ヤマトフタツメカワゲラ	1			35		2	12	7		
Oyamia gibba	オオヤマカワゲラ		2				35	3	3		
Caroperla pacifica	キベリオスエダカワゲラ		1			3					
Acroneuria stigmatica	モンカワゲラ										
Kamimuria tibialis	カミムラカワゲラ		16	14	8	8	8	2	8	2	
Gibosia tobei	エゾキコガタフタツメカワゲラ		3			2					
Haploperla japonica	ヤマトチビミドリカワゲラ	1	6	7	1						
Trichoptera	毛翅目										
Rhyacophila sp.	ナガレトビケラ属										
R. yamanakensis	ヤマナカナガレトビケラ				1		1				
R. nigrocephala	ムナグロナガレトビケラ	1								1	
R. sp. RE	*RE* ナガレトビケラ		1								
R. sp. RH	*RH* ナガレトビケラ		5								
R. kawamurai	カワムラナガレトビケラ		1		19	2		3			
R. transquilla	トランスクィラナガレトビケラ										
R. brevicephala	ヒロアタマナガレトビケラ		7		5	5		1		1	
R. niwae	ニワナガレトビケラ										
Mystrophora inops	イノブスヤマトビケラ		6	4	1			1			
Chimarrha sp.	カワトビケラ科		8								
Stenopsyche griseipennis	ヒゲナガカワトビケラ		10		5	1	1		2	39	
Parastenopsyche sauteri	チャバネヒゲナガカワトビケラ		1		10	17	36	13			

表12－2　底生動物個体数（S 60. 3）

種類	河川名	物部川									舟入川
	地点名	別府峡	中内口	佐岡	上韮生川安丸	舞川宇井	清爪口	日ノ御子	山田堰	日章	篠原
	st. No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Polycentropus sp. PA	*PA* イワトビケラ										
P. sp. PB	*PB* イワトビケラ	1	12	7							
P. sp. PC	*PC* イワトビケラ			6		2		2			
Psychomyia sp. PB	*PB* クダトビケラ							1			
Hydropsychidae sp.	シマトビケラ科										
Macronema radiatum	オオシマトビケラ										
Hydropsychodes brevilineata	コガタシマトビケラ	19			53			6	14	1	
H. echigoensis	エチゴシマトビケラ										
H. nakaharai	ナカハラシマトビケラ										
H. gifuana	ギフシマトビケラ	3	2	1	8		1	2			
H. orientalis	ウルマーシマトビケラ	33	41	33	143	31	52	12	15	68	
H. sp. HA	*HA* シマトビケラ										
H. sp. HB	*HB* シマトビケラ										
H. sp. HC	*HC* シマトビケラ										
Goera japonica	ニンギョウトビケラ									1	
Micrasena quadriloba	マルツツトビケラ										
Dinarthrodes japonica	コカクツツトビケラ										
Gumaga okinawaensis	グマガトビケラ							1			
Coleoptera	鞘翅目										
Gyrinus japonicus	ミズスマシ										
Hydrocyclus sp.	マルガムシ										
Psephenoides japonicus	ヒゲナガチビヒラタドロムシ	3	1		2	12		4		14	
Mataeopsephenus japonicus	ヒラタドロムシ	111	1	1	5	8	10	5	3	2	
Dryopidae	ナガドロムシ科										
Elmidae	アシナガドロムシ科	75	12	17	4	9	2	9	9	1	5
Helodes sp. HA	マルハナノミ		1	8		70	71	1			
Luciola cruciata	ゲンジボタル							1			
Diptera	双翅目										
Antocha sp.	ウスバヒメガガンボ属	2	3	4	37	45	70	14	1	6	
Eriocera sp. EB	*EB* クロヒメガガンボ		3	9							
E. sp. ED	*ED* クロヒメガガンボ										
Tipula sp.	ガガンボ属										
Psychoda alternata	ホシチョーバエ										4
Dixa	ホソカ										
Simuliidae	ブユ科				3				2		
Hemerodromia sp.	オドリバエ科		1								
Chironomidae	ユスリカ科	315	36	41	343	80	198	102	70	51	135
C. (Red)	ユスリカ科(赤)										
Atherix morimotoi	モリモトシギアブ					1					
A. kodamai	コダマシギアブ										
Odonata	蜻蛉目										
Sinogomphus flavolimbatus	ヒメサナエ	1				1					
Megaloptera5	広翅目										
Protohermes grandis	ヘビトンボ		1	4		6					
Neuroptera	脈翅目										
Osmylus kisoensis	ヒロバカゲロウ										
Lepidoptera	鱗翅目										
Nymphulinae sp.	ミズメイガ亜科										
Nymphula vittalis	イネコミズメイガ										
Cataclysta midas	キオビミズメイガ										
甲殻類											
Asellus higendorfii	ミズムシ	240			10					1	65
Potamon dehanni	サワガニ					2					
貧毛類											
Tubicidae	イトミミズ科				6						7
ヒル類											
Erpobdella lineata	シマイシビル										4
Mimobdella japonica	マネビル					7					
Glossiphonia lata	ハバヒロビル										5
貝類											
Semisulcospira libertina	カワニナ	17			1			19		1	
Physa acuta	サカマキガイ	1									
Corbicula leana	マシジミ								1		
Radix auricularia japonica	モノアラガイ										
Clithom retropictus	イシマキガイ										
渦虫類											
Dugesia sp.	プラナリア	9				1			3	8	
種類数		36	46	26	39	40	29	39	23	23	7
個体数 (30cm×30cm×3回)		915	882	686	1,130	793	871	544	334	321	225

表13－1　底生動物の目別種類数

st. No	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15	
調査時期 / 分類群	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月
蜉蝣目	2	0	1	0	0	0	0	0	9	1	2	0	1	0	3	0	8	7	9	5	4	2	1	0	1	0	16	15	18	17
積翅目	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	4	4	4	4
毛翅目	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	1	1	3	4	3	2	1	1	1	0	0	0	7	3	8	10
鞘翅目	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	1	1	0	1	3	4	5	2	2	2	0	0	0	2	5	2	2
双翅目	3	2	4	3	2	3	2	3	2	2	2	3	1	1	1	1	2	5	3	4	2	3	4	3	2	3	3	4	5	2
蜻蛉目	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
広翅目	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
脈翅目	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鱗翅目	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
昆虫以外	3	2	7	3	8	3	4	2	8	8	7	5	7	6	5	6	5	7	3	3	5	6	7	2	6	6	4	3	1	3
全　体	8	4	15	6	10	6	6	5	21	13	13	10	10	9	11	8	20	27	24	22	15	15	15	5	9	9	36	35	39	40

表13－2　底生動物の目別種類数

st. No	16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30	
調査時期 / 分類群	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月
蜉蝣目	19	6	18	13	22	7	12	13	15	7	20	18	17	19	14	20	16	16	18	17	16	20	16	18	14	15	19	19	16	4
積翅目	0	1	1	1	0	1	0	8	0	1	5	6	3	3	4	5	3	5	4	5	3	10	1	6	3	2	4	3	4	2
毛翅目	5	2	5	5	8	1	6	6	3	1	4	13	4	10	5	12	8	5	2	10	5	10	4	12	4	12	7	5	6	0
鞘翅目	3	1	4	3	2	4	3	2	3	2	2	3	1	3	1	2	2	2	1	2	0	3	1	1	1	1	2	2	2	1
双翅目	3	2	4	4	3	2	2	3	1	3	4	4	2	3	3	3	2	2	2	3	2	4	2	3	2	4	3	5	3	3
蜻蛉目	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
広翅目	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0
脈翅目	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鱗翅目	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
昆虫以外	7	5	4	7	4	8	5	2	5	5	1	1	0	2	0	1	2	2	1	0	2	1	0	2	0	1	2	1	4	1
全　体	39	17	37	34	39	24	29	35	28	20	37	46	28	41	27	44	33	33	28	38	28	50	24	44	24	36	38	35	36	11

表13－3 底生動物の目別種類数

st. No	31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		合 計		
調査時期 / 分類群	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月＋3月
蜉蝣目	8	16	3	15	6	9	11	17	18	16	13	15	4	16	17	10	17	8	5	0	34	38	40
積翅目	6	5	6	11	5	5	7	4	7	6	4	4	1	5	3	3	1	1	0	0	14	11	17
毛翅目	8	5	7	11	9	5	11	9	14	6	4	5	8	10	9	3	4	6	1	0	29	22	31
鞘翅目	3	3	1	4	2	3	1	3	3	4	2	3	2	5	2	2	2	3	1	1	6	8	8
双翅目	3	2	5	4	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	3	3	2	2	1	2	10	10	12
蜻蛉目	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
広翅目	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
脉翅目	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
鱗翅目	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3
昆虫以外	0	4	0	0	0	0	0	3	5	3	1	0	2	1	3	2	2	3	3	4	12	11	12
全 体	28	36	22	46	25	26	34	39	50	40	26	29	19	39	37	23	28	23	11	7	110	104	126

表14－1　底生動物相の判定結果（S 59. 9 月採集）

判定法 ＼ st. No		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
コルクビッツ法	os	1	3	0	0	10	3	0	3	13	16
	β-ms	0	2	1	0	2	1	2	2	2	3
	α-ms	2	4	5	2	5	6	5	4	2	1
	ps	4	4	3	4	3	2	2	1	2	2
	不明	1	2	1	0	1	1	1	1	1	2
	結果	ps	α-ms～ps	α-ms	ps	os	α-ms	α-ms	α-ms	os	os
生物指数 (Beck & Tsuda法)	A	1	3	0	0	10	3	0	3	13	16
	B	7	12	10	6	11	10	10	8	7	8
	指数	9	18	10	6	31	16	10	14	33	40
	結果	α-ms	β-ms	α-ms	α-ms	os	β-ms	α-ms	β-ms	os	os
汚濁指数 (Pantle u. Buck法)	指数	3.3	2.8	3.1	3.8	2.3	2.8	2.8	2.4	1.6	1.6
	結果	α-ms	α-ms	α-ms	ps	β-ms	α-ms	α-ms	β-ms	β-ms	β-ms
最多出現種		ユスリカ科	ミズムシ	ミズムシ	イトミミズ科	ミズムシ	ミズムシ	ユスリカ科	ユスリカ科	コガタシマトビケラ	コガタシマトビケラ
2位出現種		イトミミズ科	ユスリカ科	イトミミズ科	ユスリカ科(赤)	ハバヒロビル	ユスリカ科	コガタシマトビケラ	ミズムシ	ユスリカ科	ユスリカ科
最多出現種の水質階級＊		ps	α-ms	α-ms	ps	α-ms	α-ms	β-ms	α-ms	β-ms	β-ms
多様性指数(Shannon & Weaver)		1.58	0.41	1.28	1.14	2.88	2.35	0.95	2.22	2.22	2.49
判定結果		α-ms～ps	α-ms	α-ms	ps	os～β-ms	α-ms	α-ms	β-ms～α-ms	os～β-ms	os～β-ms

＊　ユスリカ科が最多出現種の時は2位の出現種によった.

表14－2　底生動物相の判定結果（S 59. 9 月採集）

判定法 ＼ st. No		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
コルクビッツ法	os	7	4	1	30	32	25	26	27	19	18
	β-ms	3	1	0	4	4	7	7	8	7	5
	α-ms	2	5	4	1	1	4	2	3	2	2
	ps	2	4	3	0	1	1	1	0	0	1
	不明	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
	結果	os	α-ms	α-ms	os	os	os	os	os	os	os
生物指数 (Beck & Tsuda法)	A	7	4	1	30	32	25	26	27	19	18
	B	8	11	8	6	7	14	11	12	10	10
	指数	22	19	10	66	71	64	63	66	48	46
	結果	os	β-ms	α-ms	os	os	os	os	os	os	os
汚濁指数 (Pantle u. Buck法)	指数	1.9	2.8	3.2	1.2	1.2	1.5	1.4	1.4	1.5	1.5
	結果	β-ms	α-ms	α-ms	os	os	β-ms	os	os	os	os
最多出現種		ユスリカ科	ユスリカ科	ユスリカ科	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ユスリカ科	ウルマーシマトビケラ	ユスリカ科	ユスリカ科	ヒメトビイロカゲロウ
2位出現種		カワニナ	サホコカゲロウ	イトミミズ科	コカゲロウ属	アカマダラカゲロウ	ヒメトビイロカゲロウ	ヒメトビイロカゲロウ	コカゲロウ属	コガタシマトビケラ	アミメカゲロウ
最多出現種の水質階級＊		os	α-ms	ps	os	os	β-ms	os	os	β-ms	β-ms
多様性指数(Shannon & Weaver)		2.49	1.62	1.51	3.37	3.50	4.15	3.78	3.98	3.43	3.23
判定結果		os	α-ms	α-ms	os	os	os	os	os	os	os

＊　ユスリカ科が最多出現種の時は2位の出現種によった.

表14－3　底生動物相の判定結果（S59．9月採集）

判定法 ＼ st. No		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
コルクビッツ法	os	34	26	25	26	25	24	22	22	31	27
	β-ms	2	1	1	4	1	1	1	1	4	4
	α-ms	0	0	0	1	1	1	0	0	1	2
	ps	0	0	0	1	0	1	0	0	1	2
	不明	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	結果	os	os	os	os	os	os	os	os	os	os
生物指数 (Beck & Tsuda法)	A	34	26	25	26	25	24	22	22	31	27
	B	3	2	2	7	3	4	2	2	7	9
	指数	71	54	52	59	53	52	46	46	69	63
	結果	os	os	os	os	os	os	os	os	os	os
汚濁指数 (Pantle u. Buck法)	指数	1.1	1.1	1.1	1.3	1.2	1.3	1.1	1.1	1.3	1.4
	結果	os	os	os	os	os	os	os	os	os	os
最多出現種		コカゲロウ属	ウラマーシマトビケラ	コカゲロウ属	アシナガドロムシ科	コカゲロウ属	コカゲロウ属	ウルマーシマトビケラ	コカゲロウ属	コカゲロウ属	コカゲロウ属
2位出現種		ウラマーシマトビケラ	ヒメトビイロカゲロウ	ヒメヒラタカゲロウ	ユスリカ科	ユスリカ科	ウルマーシマトビケラ	コカゲロウ属	ウルマーシマトビケラ	ヒメトビイロカゲロウ	ウルマーシマトビケラ
最多出現種の水質階級＊		os	os	os	os	os	os	os	os	os	os
多様性指数(Shannon & Weaver)		4.19	3.97	3.54	3.98	3.48	3.92	3.46	3.74	3.55	3.46
判定結果		os	os	os	os	os	os	os	os	os	os

＊　ユスリカ科が最多出現種の時は2位の出現種によった．

表14－4　底生動物相の判定結果（S59．9月採集）

判定法 ＼ st. No		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
コルクビッツ法	os	25	21	21	32	42	22	16	29	21	5
	β-ms	2	0	3	1	3	2	2	5	4	1
	α-ms	0	0	0	0	3	1	0	1	2	3
	ps	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
	不明	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	結果	os	os	os	os	os	os	os	os	os	os
生物指数 (Beck & Tsuda法)	A	25	21	21	32	42	22	16	29	21	5
	B	3	1	4	2	8	4	3	8	7	6
	指数	53	43	46	66	92	48	35	66	49	16
	結果	os	os	os	os	os	os	os	os	os	β-ms
汚濁指数 (Pantle u. Buck法)	指数	1.1	1.1	1.2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	2.3
	結果	os	os	os	os	os	os	os	os	os	β-ms
最多出現種		ユスリカ科	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ユスリカ科	シマトビケラ科	チャバネヒゲナガカワトビケラ	ユスリカ科	アカマダラカゲロウ	コカゲロウ属	コガタシマトビケラ
2位出現種		フタバコカゲロウ属	ユスリカ科	ユスリカ科	ウルマーシマトビケラ	コカゲロウ属	コカゲロウ属	ヤマトフタツメカワゲラ	ウルマーシマトビケラ	ユスリカ科	ユスリカ科
最多出現種の水質階級＊		os	os	os	os	os	os	os	os	os	β-ms
多様性指数(Shannon & Weaver)		3.32	2.44	2.71	3.11	4.07	4.07	2.94	3.70	3.29	1.81
判定結果		os	os	os	os	os	os	os	os	os	β-ms

＊　ユスリカ科が最多出現種の時は2位の出現種によった．

表15－1　底生動物相の判定結果（S 60．3月採集）

判定法 ＼ st. No		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
コルクビッツ法	os	0	0	0	0	4	1	2	1	16	15
	β-ms	0	0	0	0	2	1	2	2	4	4
	α-ms	1	2	2	1	5	4	3	3	4	2
	ps	2	3	3	3	1	3	1	1	2	0
	不明	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	結果	ps	ps	ps	ps	α-ms	α-ms	α-ms	α-ms	os	os
生物指数 (Beck & Tsuda法)	A	0	0	0	0	4	1	2	1	16	15
	B	4	6	6	5	9	9	7	7	11	7
	指数	4	6	6	5	17	11	11	9	43	37
	結果	ps	α-ms	α-ms	ps	β-ms	β-ms	β-ms	α-ms	os	os
汚濁指数 (Pantle u. Buck法)	指数	3.3	3.3	3.4	3.3	2.4	3.0	2.5	2.7	1.8	1.5
	結果	α-ms	α-ms	α-ms	α-ms	β-ms	α-ms	β-ms	α-ms	β-ms	os
最多出現種		イトミミズ科	ミズムシ	ユスリカ科	ユスリカ科	ユスリカ科	ユスリカ科	ユスリカ科	ミズムシ	コガタシマトビケラ	コガタシマトビケラ
2位出現種		ユスリカ科	ユスリカ科(赤)	イトミミズ科	イトミミズ科	カワニナ	イトミミズ科	シマイシビル	ユスリカ科	アシナガドロムシ科	ユスリカ科
最多出現種の水質階級＊		ps	α-ms	ps	ps	os	ps	α-ms	α-ms	β-ms	β-ms
多様性指数(Shannon & Weaver)		1.18	2.35	2.00	1.53	2.12	1.64	2.28	1.52	2.32	2.04
判定結果		ps	α-ms	α-ms～ps	ps	β-ms	α-ms	β-ms～α-ms	α-ms	os～β-ms	os

＊　ユスリカ科が最多出現種の時は2位の出現種によった．

表15－2　底生動物相の判定結果（S 60．3月採集）

判定法 ＼ st. No		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
コルクビッツ法	os	8	0	0	28	31	9	21	13	28	9
	β-ms	2	0	0	6	5	2	5	3	3	6
	α-ms	3	2	4	1	2	3	5	4	2	2
	ps	1	2	4	0	1	2	2	2	0	2
	不明	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
	結果	os	α-ms～ps	α-ms～ps	os	os	os	os	os	os	os
生物指数 (Beck & Tsuda法)	A	8	0	0	28	31	9	21	13	28	9
	B	7	5	9	8	9	8	13	11	7	11
	指数	23	5	9	64	71	26	55	37	63	29
	結果	os	ps	α-ms	os	os	os	os	os	os	os
汚濁指数 (Pantle u. Buck法)	指数	1.8	3.1	3.3	1.2	1.3	1.9	1.6	1.8	1.2	1.8
	結果	β-ms	α-ms	α-ms	os	os	β-ms	β-ms	β-ms	os	β-ms
最多出現種		ユスリカ科	ユスリカ科	ユスリカ科	ヒメトビイロカゲロウ	ウルマーシマトビケラ	ユスリカ科	アカマダラカゲロウ	ユスリカ科	オオマダラカゲロウ	ユスリカ科
2位出現種		カワニナ	ユスリカ科(赤)	イトミミズ科	ユスリカ科	アカマダラカゲロウ	シロタニガワカゲロウ	アシナガドロムシ科	ミズムシ	ミヤマタニガワカゲロウ	イトミミズ科
最多出現種の水質階級＊		os	ps	ps	β-ms	os	os	os	α-ms	os	ps
多様性指数(Shannon & Weaver)		1.67	0.52	1.39	3.59	3.28	2.63	3.71	2.65	3.98	2.27
判定結果		os	ps	α-ms	os	os	os	os	os	os	os

＊　ユスリカ科が最多出現種の時は2位の出現種によった．

表15－3　底生動物相の判定結果（S 60．3 月採集）

判定法	st. No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
コルクビッツ法	os	43	34	39	30	32	42	37	32	30	8
	β-ms	2	6	4	1	5	7	5	3	3	0
	α-ms	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
	ps	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	不明	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	結果	os	os	os	os	os	os	os	os	os	os
生物指数 (Beck & Tsuda法)	A	43	34	39	30	32	42	37	32	30	8
	B	3	7	5	3	6	8	7	4	5	3
	指数	89	75	83	63	70	92	81	68	65	19
	結果	os	os	os	os	os	os	os	os	os	β-ms
汚濁指数 (Pantle u. Buck法)	指数	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.8
	結果	os	os	os	os	os	os	os	os	os	β-ms
最多出現種		ウルマーシマトビケラ	エルモンヒラタカゲロウ	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	アカマダラカゲロウ	コカゲロウ属	ウルマーシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ	ユスリカ科	ユスリカ科
2位出現種		コカゲロウ属	コカゲロウ属	コカゲロウ属	コカゲロウ属	ウルマーシマトビケラ	ユスリカ科	コカゲロウ属	コカゲロウ属	コカゲロウ属	イトミミズ科
最多出現種の水質階級＊		os	os	os	os	os	os	os	os	os	ps
多様性指数(Shannon & Weaver)		3.88	4.14	3.84	4.09	3.73	4.31	3.79	3.44	3.88	1.60
判定結果		os	os	os	os	os	os	os	os	os	β-ms

＊　ユスリカ科が最多出現種の時は 2 位の出現種によった．

表15－4　底生動物相の判定結果（S 60．3 月採集）

判定法	st. No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
コルクビッツ法	os	28	42	22	31	34	25	33	17	18	1
	β-ms	5	3	3	5	4	3	5	5	3	0
	α-ms	1	0	0	1	1	0	0	0	1	3
	ps	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
	不明	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	結果	os	os	os	os	os	os	os	os	os	α-ms
生物指数 (Beck & Tsuda法)	A	28	42	22	31	34	25	33	17	18	1
	B	8	4	4	8	6	4	6	6	5	6
	指数	64	88	48	70	74	54	72	40	41	8
	結果	os	os	os	os	os	os	os	os	os	α-ms
汚濁指数 (Pantle u. Buck法)	指数	1.3	1.1	1.1	1.3	1.2	1.1	1.2	1.3	1.2	2.8
	結果	os	os	os	os	os	os	os	os	os	α-ms
最多出現種		ユスリカ科	コカゲロウ属	コカゲロウ属	ユスリカ科	コカゲロウ属	ユスリカ科	アカマダラカゲロウ	シロタニガワカゲロウ	ウルマーシマトビケラ	ユスリカ科
2位出現種		ミズムシ	ヒメヒラタカゲロウ	ヒメヒラタカゲロウ	アカマダラカゲロウ	ヒメトビイロカゲロウ	アカマダラカゲロウ	ユスリカ科	ユスリカ科	ユスリカ科	ミズムシ
最多出現種の水質階級＊		α-ms	os	os	os	os	os	os	os	os	α-ms
多様性指数(Shannon & Weaver)		2.93	3.82	3.39	3.47	4.10	3.52	3.88	3.29	3.50	1.57
判定結果		os	os	os	os	os	os	os	os	os	α-ms

＊　ユスリカ科が最多出現種の時は 2 位の出現種によった．

表16　各地点の最多出現種と出現率

st. No	S.59.9採集		S.60.3採集		st. No	S.59.9採集		S.60.3採集	
	種　名	%	種　名	%		種　名	%	種　名	%
1	ユスリカ科	55.6	イトミミズ科	61.4	21	コカゲロウ属	15.4	ウルマーシマトビケラ	25.6
2	ミズムシ	95.1	ミズムシ	29.6	22	ウルマーシマトビケラ	18.5	エルモンヒラタカゲロウ	15.0
3	ミズムシ	74.0	ユスリカ科	48.3	23	コカゲロウ属	30.4	ウルマーシマトビケラ	22.9
4	イトミミズ科	71.0	ユスリカ科	59.5	24	アシナガドロムシ科	25.0	ウルマーシマトビケラ	16.1
5	ミズムシ	32.8	ユスリカ科	49.2	25	コカゲロウ属	37.4	アカマダラカゲロウ	22.1
6	ミズムシ	43.2	ユスリカ科	40.4	26	コカゲロウ属	20.4	コカゲロウ属	18.7
7	ユスリカ科	84.7	ユスリカ科	34.8	27	ウルマーシマトビケラ	24.4	ウルマーシマトビケラ	18.9
8	ユスリカ科	33.3	ミズムシ	64.6	28	コカゲロウ属	20.0	ウルマーシマトビケラ	29.3
9	コガタシマトビケラ	51.1	コガタシマトビケラ	49.9	29	コカゲロウ属	34.6	ユスリカ科	20.6
10	コガタシマトビケラ	43.2	コガタシマトビケラ	43.8	30	コカゲロウ属	19.1	ユスリカ科	69.5
11	ユスリカ科	44.1	ユスリカ科	68.8	31	ユスリカ科	32.2	ユスリカ科	34.4
12	ユスリカ科	60.3	ユスリカ科	92.3	32	ウルマーシマトビケラ	57.7	コカゲロウ属	28.9
13	ユスリカ科	65.3	ユスリカ科	58.6	33	ウルマーシマトビケラ	39.5	コカゲロウ属	27.7
14	ウルマーシマトビケラ	43.5	ヒメトビイロカゲロウ	18.9	34	ユスリカ科	41.4	ユスリカ科	30.4
15	ウルマーシマトビケラ	36.0	ウルマーシマトビケラ	31.3	35	シマトビケラ科	23.4	コカゲロウ属	17.2
16	ユスリカ科	18.8	ユスリカ科	49.1	36	チャバネヒゲナガカワトビケラ	14.6	ユスリカ科	22.7
17	ウルマーシマトビケラ	15.0	アカマダラカゲロウ	19.5	37	ユスリカ科	30.8	アカマダラカゲロウ	25.0
18	ユスリカ科	21.0	ユスリカ科	51.0	38	アカマダラカゲロウ	22.8	シロタニガワカゲロウ	26.6
19	ユスリカ科	20.2	オオマダラカゲロウ	21.8	39	コカゲロウ属	23.7	ウルマーシマトビケラ	21.2
20	ヒメトビイロカゲロウ	39.5	ユスリカ科	50.4	40	コガタシマトビケラ	53.7	ユスリカ科	60.0

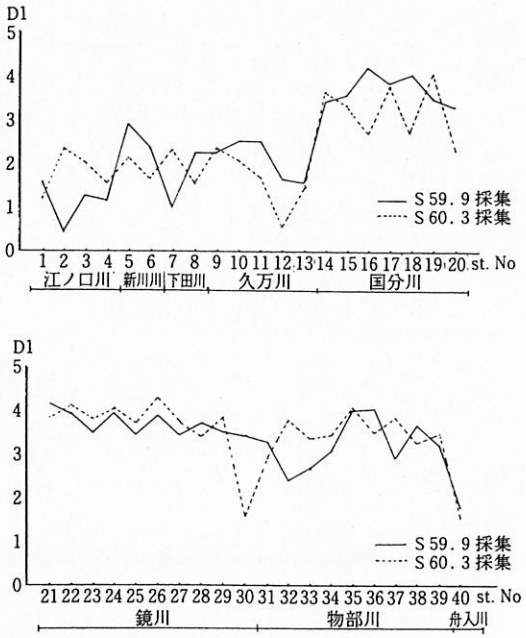


図19　地点間の多様性指数変化図

おり，特定の種のみが異常に個体数が多くなるということはみられずに多様性が高い．これに反して汚濁を受けた水域では，特定の汚濁耐忍種が多くなったり，生物の数が少なくなったりして多種性は低下する．これらのことを生物群集の多様性といい，最近水質判定に多く使用されているが，本報では，河川間，地点間の多様性の比較を行うにとどめ水質判定には用いなかった．多様性指数を求める方法はたくさんあるが，ここでは Shanoon & Weaver (1949) の指数（Diversity Index, DI）を用いた．

$$DI = -\sum_{1}^{s} (Ni/N) \log (Ni/N)$$

S：種数　N：総個体数　Ni：i 番目の個体数

多様性指数においては，夏期は st－21（鏡川・内野）が最も大きく4.19，次いで st－16（国分川・陣山）4.15，st－35（物部川・宇井）と st－36（物部川・清爪口）の4.07と続いていた．逆に最も小さいのは st－2（江ノ口川・本宮川，江ノ口川流入前）で0.41，次いで st－7（下田川・野田口）の0.95となっていた．冬期で最も大きいのは，st－35（物部川・宇井）の4.10，次いで st－24（鏡川・大穴）の4.09で，最も小さいのは，st－12（久万川・紅水川，奥福井）で0.52，次に st－1（江ノ口川・源流点）の1.18となっていた．

平均値では，夏期が2.93，冬期が2.87となっていて

表18　生物学的水質階級

階　級	生物指数	汚濁指数
貧腐水性水域　os	20≦	1.0～1.5
β－中腐水性水域　β-ms	11～19	1.5～2.5
α－中腐水性水域　α-ms	6～10	2.5～3.5
強腐水性水域　ps	0～5	3.5～4.0

表19　各地点の底生動物相総合結果表

st. No	総合結果	st. No	総合結果	st. No	総合結果	st. No	総合結果
1	ps	11	os	21	os	31	os
2	α-ms	12	α-ms	22	os	32	os
3	α-ms	13	α-ms	23	os	33	os
4	ps	14	os	24	os	34	os
5	β-ms	15	os	25	os	35	os
6	α-ms	16	os	26	os	36	os
7	α-ms	17	os	27	os	37	os
8	α-ms	18	os	28	os	38	os
9	os～β-ms	19	os	29	os	39	os
10	os	20	os	30	os	40	α-ms

冬期よりも夏期のほうが若干多様性が大きい傾向にあった．

(5)　底生動物による水質汚濁評価法[6),9),11)]

判定方法としてコルクビッツ法，生物指数，汚濁指数の3方法と最多出現種の水質階級による判定を参考として採用し，それらの判定指標生物表を表17－1～17－2に示した．

イ）コルクビッツ法

Kolkwitz（1908）により提案された方法である．

ある地点に出現した全種について個体数にかかわらず，どの水質階級に適応できるかを求め出現した種のうち，最も多くの種が示す水質階級をその地点の水質階級と決定する．

ロ）生物指数（Biotic Index, BI）

Beck（1955）により提案された方法で，津田（1961），福島（1968）により，採集のための注意点等について補足された．出現した全種の耐忍性（表17－1～17－2）により，A（非耐汚濁性種数），B（耐汚濁性種数）グループに分け，生物指数を2A＋Bにより算出した．

そして生物指数に対応する水質階級（表18）をもとめ，その水質階級を採用した．

なお，耐忍性の不明な種はBとして取りあつかった．

ハ）汚濁指数（Pollution Index, PI）

Pantle u Buck（1955）により提案された方法で，ザプロビ指数とも呼ばれている．汚濁階級指数の既知の種の出現頻度（h）と汚濁階級指数（s）を用い，汚濁指数を次式より算出する．

$$PI = \Sigma\ (s \times h)\ /\ \Sigma\ h$$

s：汚濁階級指数　　h：出現頻度（%）

1＝貧腐水性種　　1＝10>

2＝β－中腐水性種　　2＝10～30>

3＝α－中腐水性種　　3＝30≦

4＝強腐水性種

表18より汚濁指数に対応する水質階級を求め決定する．なお，種の汚濁階級指数が複数にまたがる場合は，その高い値をとり決定する．

ニ）最多出現種の水質階級による判定法

参考としてとりいれた方法で，最も多く個体数が出現する種を1位としてその種に基づく水質階級を決定する．本報では，ユスリカ科は種まで同定せずに一括して扱ったためユスリカ科が最多出現種のときは，2位の種に決定した．

(6)　各河川の水質汚濁評価

冬河川の底生動物相の判定結果は表14－1～15－4に，夏期と冬期を合せた総合結果は表19に示した．

また，水質階級地図を図20に示した．

①　江ノ口川

st－1（源流点）からps（強腐水性水域）の汚染域となっている．途中α－ms（α－中腐水性水域）の本宮川が流入して，st－3（かたつ橋）ではα－msに回復するが，st－4（円満橋）ではまたpsとなっていた．

②　新川川

st－5（新川落し）は，夏期にはos（貧腐水性水域）～β－ms（β－中腐水性水域）であったが，冬期ではβ－msとなっており，総合結果はβ－msであった．st－6（新川橋）は，夏期冬期ともにα－msであった．

③　下田川

取水口のst－38（物部川・山田堰）では，夏冬ともにosであったが，st－7（野田口）では夏期α－ms，冬期β－ms～α－msで総合結果はα－msとなった．st－8（岡ノ上）では夏期がβ－ms～α－ms，冬期がα－msで総合結果はα－msとなった．

④　久万川

st－9（一の瀬橋）では，夏期冬期ともos～β－ms，st－10（長柴）は夏期os～β－ms，冬期osで総合結果os，st－11（中久万）は夏期冬期ともos，下流になるにつれてわずかながらきれいになっていた．

表17－1　出現種の水質判定指標生物表

種　類		水質階級	汚濁階級指数	耐忍性	備考
昆　虫　類					
Ephemeroptera	蜉蝣目				
Polymitarcis shigae	アミメカゲロウ	β-ms	2	B	
Ephemera lineata	ムスジモンカゲロウ	os	1	A	
E. japonica	フタスジモンカゲロウ	os	1	A	
Potamanthus Kamonis	キイロカワカゲロウ	β-ms	2	B	
Paraleptophlebia sp.	トビイロカゲロウ属	os	1	A	
Choroterpes trifurcata	ヒメトビイロカゲロウ	β-ms	2	B	
Thraulus sp. TA	トゲエラカゲロウ属	os	1	A	
Ephemerella sp.	マダラカゲロウ属	os	1	A	
E. japonica	エラブタマダラカゲロウ	os	1	A	
E. cryptomeria	ヨシノマダラカゲロウ	os	1	A	
E. basalis	オオマダラカゲロウ	os	1	A	
E. okumai	オオクママダラカゲロウ	os	1	A	
E. costanea	コスタニアマダラカゲロウ	os	1	A	
E. nigra	クロマダラカゲロウ	os	1	A	
E. orientalis	トウヨウマダラカゲロウ	os	1	A	
E. taeniata	キタマダラカゲロウ	os	1	A	
E. denticula	ホソバマダラカゲロウ	os	1	A	
E. setigera	クシゲマダラカゲロウ	os	1	A	
E. rufa	アカマダラカゲロウ	os	1	A	
E. chinoi	チノマダラカゲロウ	os	1	A	
Caenis sp. CB	*CB* ヒメカゲロウ	β-ms	2	B	
Baetis spp.	コカゲロウ属	os	1	A	
B. sahoensis	サホコカゲロウ	α-ms	3	B	
Baetiella spp.	フタバコカゲロウ属	os	1	A	
Isonychia japonica	チラカゲロウ	os	1	A	
Epeorus hiemalis	オナガヒラタカゲロウ	os	1	A	
E. uenoi	ウエノヒラタカゲロウ	os	1	A	
E. aesculus	キイロヒラタカゲロウ	os	1	A	
E. latifolium	エルモンヒラタカゲロウ	os	1	A	
E. napaeus	タニヒラタカゲロウ	os	1	A	
E. ikanonis	ナミヒラタカゲロウ	os	1	A	
E. curvatulus	ユミモンヒラタカゲロウ	os	1	A	
Ecdyonurus tigris	マダラタニガワカゲロウ	os	1	A	
E. tobiironis	クロタニガワカゲロウ	os	1	A	
E. sp EA	*EA* タニガワカゲロウ	os	1	A	
E. yoshidae	シロタニガワカゲロウ	os	1	A	
E. kibunensis	キブネタニガワカゲロウ	os	1	A	
Heptagenia kihada	キハダヒラタカゲロウ	os	1	A	
Rhithrogena japonica	ヒメヒラタカゲロウ	os	1	A	
Cinygma hirasana	ミヤマタニガワカゲロウ	os	1	A	
Plecotera	積翅目				
Nemoura sp.	オナシカワゲラ科	os	1	A	
Amphinemura sp.		os	1	A	
Rhopalopsole subnigra	クロホソカワゲラ	os	1	A	
Capniidae sp.	クロカワゲラ科	os	1	A	
Pseudomegarcys japonica	ヤマトヒロバアミメカワゲラ	os	1	A	
Stavsolus japonicus	ヤマトアミメカワゲラモドキ	os	1	A	
Isoperla aizuana	アイズミドリカワゲラモドキ	os	1	A	
Ostrovus mitsukonis	コグサアミメカワゲラモドキ	os	1	A	
Perlidae sp.	カワゲラ科	os	1	A	
Paragnetina tinctipennis	オオクラカケカワゲラ	os	1	A	
Neoperla nipponensis	ヤマトフタツメカワゲラ	os	1	A	
Oyamia gibba	オオヤマカワゲラ	os	1	A	
Caroperla pacifica	キベリオスエダカワゲラ	os	1	A	
Acroneuria stigmatica	モンカワゲラ	os	1	A	
Kamimuria tibialis	カミムラカワゲラ	os	1	A	
Gibosia tobei	エゾキコガタフタツメカワゲラ	os	1	A	
Haploperla japonica	ヤマトチビミドリカワゲラ	os	1	A	
Trichoptera	毛翅目				
Rhyacophila sp.	ナガレトビケラ属	os	1	A	
R. yamanakensis	ヤマナカナガレトビケラ	os	1	A	
R. nigrocephala	ムナグロナガレトビケラ	os	1	A	
R. sp. RE	*RE* ナガレトビケラ	os	1	A	
R. sp. RH	*RH* ナガレトビケラ	os	1	A	
R. kawamurai	カワムラナガレトビケラ	os	1	A	
R. transquilla	トランスクィラナガレトビケラ	os	1	A	
R. brevicephala	ヒロアタマナガレトビケラ	os	1	A	
R. niwae	ニワナガレトビケラ	os	1	A	
Mystrophora inops	イノプスヤマトビケラ	os	1	A	
Chimarrha sp.	カワトビケラ科	os	1	A	

表17－2　出現種の水質判定指標生物表

種　類		水質階級	汚濁階級指数	耐忍性	備考
Stenopsyche griseipennis	ヒゲナガカワトビケラ	os	1	A	
Parastenopsyche sauteri	チャバネヒゲナガカワトビケラ	os	1	A	
Polycentropus sp. PA	*PA* イワトビケラ	os	1	A	
P. sp. PB	*PB* イワトビケラ	os	1	A	
P. sp. PC	*PC* イワトビケラ	os	1	A	
Psychomyia sp. PB	*PB* クダトビケラ	os	1	A	
Hydropsychidae sp.	シマトビケラ科	β-ms	2	B	
Macronema radiatum	オオシマトビケラ	β-ms	2	B	
Hydropsychodes brevilineata	コガタシマトビケラ	β-ms	2	B	
H. echigoensis	エチゴシマトビケラ	os	1	A	
H. nakaharai	ナカハラシマトビケラ	os	1	A	
H. gifuana	ギフシマトビケラ	β-ms	2	B	
H. orientalis	ウルマーシマトビケラ	os	1	A	
H. sp. HA	*HA* シマトビケラ	os	1	A	
H. sp. HB	*HB* シマトビケラ	os	1	A	
H. sp. HC	*HC* シマトビケラ	os	1	A	
Goera japonica	ニンギョウトビケラ	os	1	A	
Dinarthrodes japonica	コカクツツトビケラ	os	1	A	
Gumaga okinawaensis	グマガトビケラ	os	1	A	
Coleoptera	鞘翅目				
Gyrinus japonicus	ミズスマシ	β-ms	2	B	
Hydrocyclus sp.	マルガムシ	β-ms	2	B	
Psephenoides japonicus	ヒゲナガチビヒラタドロムシ	os	1	A	
Mataeopsephenus japonicus	ヒラタドロムシ	β-ms	2	B	
Dryopidae	ナガドロムシ科	os	1	A	
Elmidae	アシナガドロムシ科	os	1	A	
Helodes sp. HA	マルハナノミ	os	1	A	
Luciola cruciata	ゲンジボタル	os	1	A	
Diptera	双翅目				
Antocha sp.	ウスバヒメガガンボ属	os	1	A	
Eriocera sp. EB	*EB* クロヒメガガンボ	os	1	A	
E. sp. ED	*ED* クロヒメガガンボ	os	1	A	
Tipula sp.	ガガンボ属	os	1	A	
Psychoda alternata	ホシチョーバエ	ps	4	B	
Dixa	ホソカ	os	1	A	
Simuliidae	ブユ科	os	1	A	
Hemerodromia sp.	オドリバエ科	os	1	A	
Chironomidae	ユスリカ科			B	
C. (*Red*)	ユスリカ科(赤)	ps	4	B	
Atherix morimotoi	モリモトシギアブ	β-ms	2	B	
A. kodamai	コダマシギアブ	β-ms	2	B	
Odonata	蜻蛉目				
Sinogomphus flavolimbatus	ヒメサナエ	β-ms	2	B	
Megaloptera	広翅目				
Protohermes grandis	ヘビトンボ	os	1	A	
Neuroptera	脈翅目				
Osmylus kisoensis	ヒロバカゲロウ			B	
Lepidoptera	鱗翅目				
Nymphulinae sp.	ミズメイガ亜科			B	
Nymphula vittalis	イネコミズメイガ			B	
Cataclysta midas	キオビミズメイガ			B	
甲　殻　類					
Asellus higendorfii	ミズムシ	α-ms	3	B	
Potamon dehanni	サワガニ	os	1	A	
貧　毛　類					
Tubicidae	イトミミズ科	ps	4	B	
ヒ　ル　類					
Erpobdella lineata	シマイシビル	α-ms	3	B	
Mimobdella japonica	マネビル	α-ms	3	B	
Glossiphonia lata	ハバヒロビル	α-ms	3	B	
貝　　類					
Semisulcospira libertina	カワニナ	os	1	A	
Physa acuta	サカマキガイ	ps	4	B	
Corbicula leana	マシジミ	β-ms	2	B	
Radix auricularia japonica	モノアラガイ	α-ms	3	B	
Clithom retropictus	イシマキガイ	os	1	A	
渦　虫　類					
Dugesia sp.	プラナリア	os	1	A	

水質階級　os：貧腐水性　β-ms：β-中腐水性　α-ms：α-中腐水性　ps：強腐水性
汚濁階級指数　1：貧汚濁性種　2：β-中汚濁性種　3：α-中汚濁性種　4：強汚濁性種
耐忍性　A：汚濁非耐忍性種(os)　B：汚濁耐忍性種(β-ms，α-ms，ps)

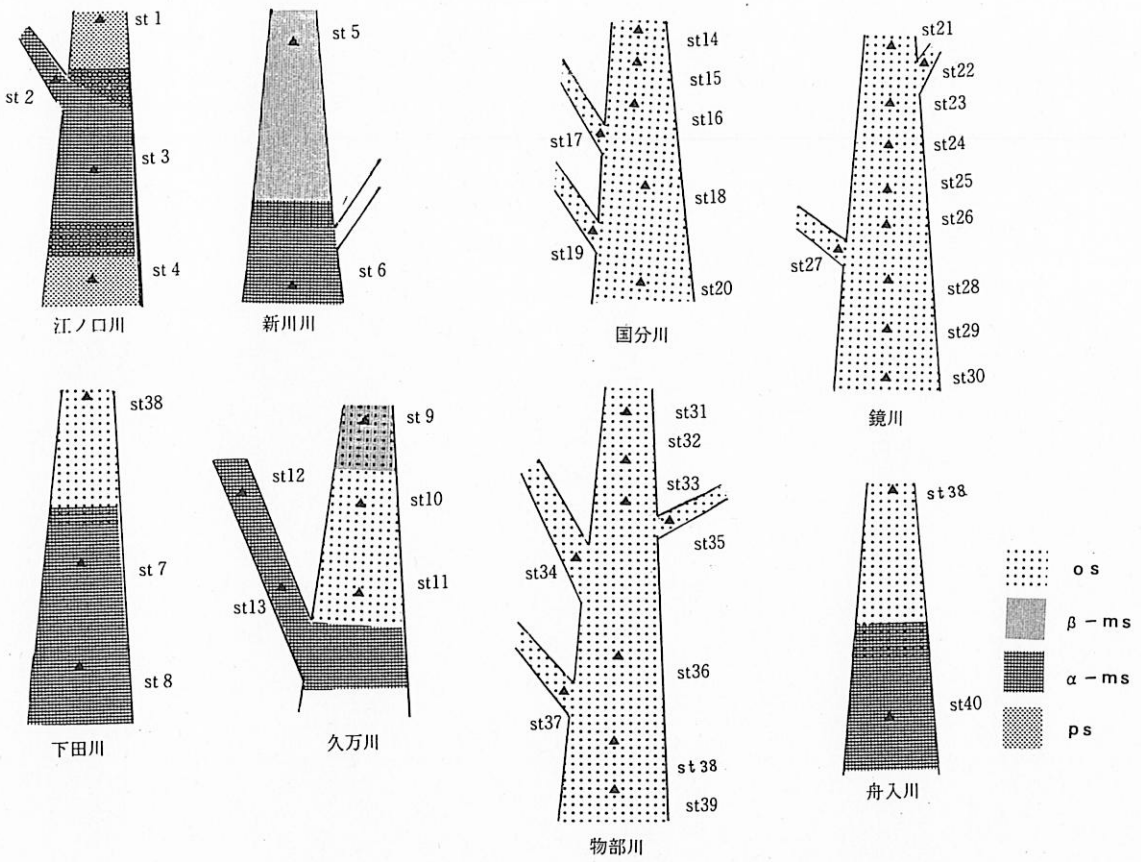


図20　水質階級地図

支川のst－12（紅水川，奥福井）では夏期α－ms冬期psとなっており，総合結果でα－msとなった．st－13（紅水川，福井東町）では夏冬ともにα－msであった．

⑤　国分川

7地点全てosであるが，st－16（陣山）では汚濁指数が夏期冬期ともにβ－msとなっており，β－msに近いosであった．

⑥　鏡川

st－21（内野）～st－29（宗安寺）まで夏期冬期ともにosで全ての判定法でもosとなった．最下流のst－30（新月橋）では，夏期はosであったが，冬期では生物指数，汚濁指数ともβ－msで結果はβ－msとなった．しかし夏期冬期を通した総合結果ではosとなった．

⑦物部川

9地点全てosであるが，最上流のst－31（別府峡）の冬期に，参考としてとりいれた最多出現種の水質階級による判定法でα－msとなった．

⑧　舟入川

取水口のst－38(物部川・山田堰)はosであったが，st－40（篠原）では夏期にβ－ms，冬期にα－msで総合結果はα－msとなった．

⑨　おわりに

本報告は，底生動物相を用いた生物学的水質汚濁評価を主体に行い理化学的水質汚濁評価は行っていないが，今後生物学的水質汚濁評価と理化学的水質汚濁評価の関連を検討していく予定であります．

5．まとめ

①　江ノ口川4地点，新川川・下田川各2地点，久万川5地点，国分川7地点，鏡川10地点，物部川9地点，舟入川1地点の計40地点を昭和59年9月と昭和60年3月の2回底生動物相の調査を行った．

②　全調査地点で出現した底生動物の種類数は，夏期110種類，冬期104種類で合計126種類であった．1地点の平均種類数は，夏期25種類，冬期26種類であった．

③　全調査地点で出現した底生動物の出現個体数は，123,432個体（30cm×30cm×3回，以下同様）で，1地点の平均個体数は夏期2,153個体，冬期932個体で，

夏冬の平均値は1,543個体であった．

④ 目別種類数は，蜉蝣目，毛翅目，襀翅目の順に多く，それぞれ40，31，17種類出現していた．

⑤ 個体数最多出現種は，江ノ口川，新川川，下田川ではミズムシとユスリカ科が多く，久万川ではコガタシマトビケラとユスリカ科が，国分川では，ウルマーシマトビケラとユスリカ科が多かった．鏡川ではコカゲロウ属とウルマーシマトビケラ，物部川ではユスリカ科，ウルマーシマトビケラ，コカゲロウ属が多く，舟入川ではコガタシマトビケラ，ユスリカ科が多かった．

⑥ 底生動物相の多様性は，Shanoon & Weaver (1949) が用いた指数により求めた．平均値は夏期で2.93冬期で2.87となっており，夏期のほうが冬期よりも若干多様性が高い傾向にあった．

⑦ 底生動物による水質汚濁評価は，コルクビッツ法，生物指数，汚濁指数を用いる方法と参考として最多出現種の水質階級による判定法の4方法を採用した．国分川，鏡川，物部川の3河川は，全地点でos（貧腐水性水域）であった．江ノ口川は上流域と下流域でps（強腐水性水域），中流域でα－ms（α－中腐水性水域）となっていた．新川川は上流域でβ－ms（β－中腐水性水域），下流域でα－msとなっていた．下田川は取水口ではosであったが，中流下流はα－msとなっていた．久万川は上流でos～β－ms，中下流はosときれいになっていたが，支流の紅水川は全地点でα－msとなっていた．舟入川は取水口ではosであったが，中流からα－msとなっていた．

謝　辞

今回の調査において，高知大学元非常勤講師の古屋八重子氏と神奈川県公害センターの野崎隆夫氏に水生昆虫の同定等について，横浜市公害研究所の福島悟氏に判定方法等について指導援助をいただいたことに深く感謝の意を表します．

参考文献

1）津田松苗：水生昆虫学，北陸館，1977.
2）河田薫：日本幼虫図鑑，北陸館，1984.
3）上野益三：日本淡水生物学，北陸館，1980.
4）御勢久右衛門：日本産カゲロウ類―分類と検索―，海洋と生物，1979－1980.
5）田代忠之・田代法之：水生昆虫とフライ・フィシング，ティムコ，1982.
6）津田松苗・森下郁子：生物による水質調査法，山海堂，84－103，1979.
7）大串龍一：水生昆虫の世界，東海大学出版会，1983.
8）森谷清樹：多様性指数による水域環境の生態学的評価，用水と廃水，18，729－748，1976.
9）森下郁子：生物からみた日本の河川，山海堂，9－12，1978.
10）古屋八重子他：高知県の淡水生物，高知県内水面漁業協同組合，1984.
11）横浜市公害対策局：横浜の川と海の生物第3報，1981.
12）高知県：河川調書，1982.
13）高知県：公共用水域の水質測定結果，1984.

高知公防所報　1，1984

江ノ口川水質汚濁解析について

渡辺賢介・門田治幸
邑岡和昭・堀内泰男
西山泰彦・河淵雅恵*

1．はじめに

わが国の典型7公害のうち水質汚濁をめぐる現状は，ここ10年間徐々に改善の傾向で推移してきた．しかしながら都市内中小河川と湖沼，内海，内湾等の閉鎖性水域では依然として汚濁の水準は高く，水質保全のための条件は厳しい．その原因の1つとして生活排水系汚染の占める割合が大きいことが指摘され[1),2)]，この問題に対して各地で各種の対策が検討されているが[3),4)]，地域の特異性があり決定的な方策がないのが現状である．本県でも昭和59年度からの生活排水浄化対策事業の中で，県下で最も水質汚濁の進んだ江ノ口川がモデル河川として取り上げられた．本報告は江ノ口川浄化の有効な施策を行う基礎資料を得る目的で，BODを指標として汚濁の現状と，まとめ併せて将来水質の予測を試みたものである．

2．調査方法

2.1.　河川の概況

江ノ口川は高知市の西部に源を発し，高知市の市街地を東西に貫流して，二級河川の国分川に注ぐ流路延長7.5km，流域面積6.1km²の小河川である．昭和47年に水質環境基準C類型が設定されたが現在まで上流，下流ともに達成されていない．流域には昭和46年までパルプ工場があり汚濁原因の大部分を占めていたが，現在は生活排水の占める割合が大きくなっている．流域中一部下水道整備区域があり，これを除いた流域内の人口は約34,000人，人口密度は約6,500人/km²である．

2.2.　調査地点および流域区分

調査地点と流域区分を模式化して図1に示したが，本川の調査地点は順流部は起点(地点Ⅰ)，長尾山橋(地点Ⅱ)，井口堰（地点Ⅲ），常通寺橋（地点Ⅳ），感潮部は廿代橋（地点Ⅴ），横田橋（地点Ⅵ）の計6地点とし，支川は主な8支川について本川への流入直前を調査地点とした．流域は地点Ⅰまでの流域を流域Ⅰ，地点Ⅰから地点Ⅱ間に流入する流域を流域Ⅱというよ

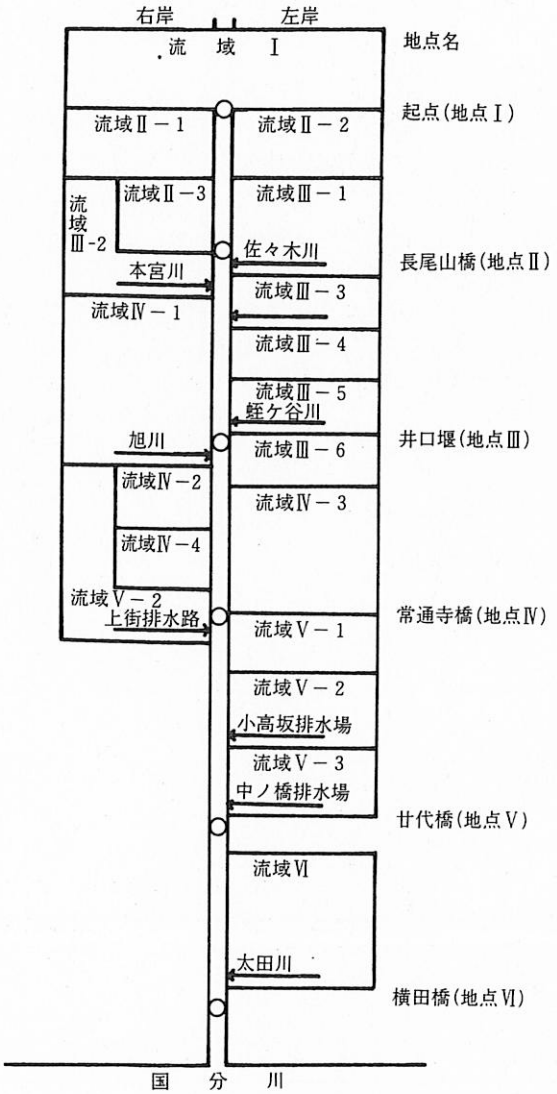


図1　江ノ口川調査流域区分

＊　中央保健所

うに分け，さらにできるだけ支川ごとに細分し19流域に区分して解析を行った．

2.3. 調査日

調査は晴天後の流量の安定した日を選び，順流部の調査は豊水期として昭和59年5月18日～19日，渇水期として昭和59年12月20日～21日に，それぞれ4時間ごとに24時間調査を行った．感潮域は昭和59年8月29日～9月11日の2週間1日1回同時刻に採水を行った．また，支川については流量の大きい本宮川，旭川，井口堰取水の3支川は本川調査時に行い，他は日を変えて2時間ごとに24時間調査を行った．

2.4. 調査方法

調査は，流量については回転式流速計を用いてJIS K 0094による方法，BODはJIS K 0102による方法によって行った．

2.5. 解析方法

2.5.1. 排出BOD負荷量

排出源からの負荷量の算出は表1の原単位を使用し，水質汚濁防止法に基づく特定事業場からの負荷量は届出を参考に算出した．また，流域内にある2製紙工場と1繊維製品製造工場については規模が大きいため数回にわたる実測データを使用した．

2.5.2. 順流域解析モデル

順流域の解析に利用したモデルは図2に示すとおりで，基準点は順流部最下流の地点Ⅳ（常通寺橋）とした．

表1　BOD排出原単位

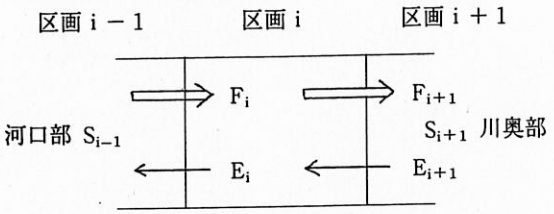
汚濁排出源	BOD負荷原単位
生活系雑排水[5]	37　g／人・日
し尿浄化槽[6]	44.5 g／人・日
合併浄化槽[6]	12　g／人・日
病院[7]	50床未満 99 g／人・日 50床以上122 g／人・日
自然系[8]	0.84 g／km²・日

本川での浄化残率の算出は，地点nの実測負荷量を地点n－1での実測負荷量と地点n－1から地点nの間に流入した負荷量の和で除した値を区間残存率とし，残りを浄化されたものとしてこれを求めた．

2.5.3. 感潮域解析モデル

感潮域の解析に際しては，矢野によって実用化されたモデル[9]を利用した．これは半潮期（6時間）より小さい単位時間をとり，上げ潮期と下げ潮期を区分し，それぞれの潮位差による水の移動に従って隣接した区間間で単位時間ごとに汚濁物質と水とを交換して混合するものとして，上げ潮期と下げ潮期を交互に計算して水質濃度を求めるものである．

実際には，下に示した計算過程でパーソナルコンピュータを用いて濃度が安定するまで反復計算した．



a）上げ潮期（t）の区画 i の濃度 S は

$$S_i^t=(S_i^{t-1}V_i^{t-1}-S_i^{t-1}F_{i+1}+S_{i-1}^{t-1}F+Q_i)/V_i^t$$

b）下げ潮期（t）の区画 i の濃度 S は

$$S_i^t=(S_i^{t-1}V_i^{t-1}-S_i^{t-1}E_i+S_{i+1}^{t-1}E_{i+1}+Q_i)/V_i^t$$

但し，F_i：上げ潮期の単位時間に区画 i の河口側断面を通過する水量（上げ潮期の移動水量）

E_i：下げ潮期の単位時間に区画 i の河口側断面を通過する水量（下げ潮期の移動水量）

V_i^{t-1}：区画 i の時刻（t）より単位時間前の全水

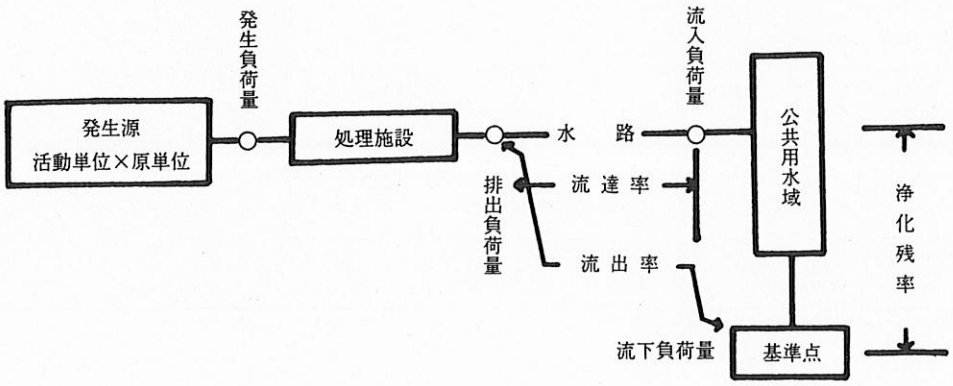


図2　汚濁物質流出モデル

量

Q_i ：区画 i の単位時間あたりの流入汚濁負荷量

ここで1潮時の間に移動する水量として，上げ潮期の通過水量（FTi）は下げ潮期の通過水量（ETi）より1潮時間の汚水流入分（1 i）だけ少なくなると仮定して，以下のように求めた。

$$ET_n=DV_n \qquad FT_n=DV_n-1_n=ET_n-1_n$$

$$ET_{n-1}=DV_n+DV_{n-1} \qquad FT_{n-1}=DV_n+DV_{n-1}-(1_n+1_{n-1})=ET_n-\sum_{n-1}^{n}1_\kappa$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$ET_i=\sum_{i}^{n}DV_\kappa \qquad FT_i=\sum_{i}^{n}DV_\kappa-\sum_{i}^{n}1_\kappa=ET_i-\sum_{i}^{n}1_\kappa$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

但し，FTi ：上げ潮期に1潮時に区画 i の河口側断面を通過する水量

ETi ：下げ潮期に1潮期に区画 i の河口側断面を通過する水量

DVi ：区画 i の満潮時全水量と干潮時全水量との差

li ： 〃 に1潮時に流入する汚水

今回の調査では潮位は過去5年間の高知港の平均満潮位1.962mと平均干潮位0.146mを利用し，上流からの流入水量，流入負荷量は昭和59年5月調査分を利用した．支川からの流入水量は実測値のあるものはそれを使用し，一部は高知市の資料を使用した．

3．結果および考察

3.1. 排出汚濁負荷量調査

江ノ口川流域のBOD排出量を流域別に表2に示した．この表から排出負荷量は，旭川流域（流域Ⅳ－1）が全体の28％を占め，ついで太田川流域（流域Ⅵ）が全体の16％を占めた．また，排出源別には生活雑排水が全体の58％を占め，し尿浄化槽の生活系のものを含めると60％を越すと考えられた．

3.2. 順流域調査

3.2.1. 流量収支

今回の調査で実測した流量の収支は，図3のようになり，全体の90％以上が把握できた．この図から常通寺橋（地点Ⅳ）の通過水量に対する本宮川を通じての鏡川取水の割合をみると，途中の農業用水としての取水を差し引いても5月調査分49％，12月調査分37％を占め，流量に与える影響が極めて大きいことがわかった．その他の流入については，ほとんどが人為的なもので，旭川からの流入が5月調査分31％，12月調査分40％と大きな値を示したが，これらの77％がこの流域の製紙2社と繊維製品製造会社の排水と推定された．

3.2.2. 流達率・流出率

本川へのBOD流入負荷量と各地点の通過量を図4に示した．この中で小側溝や直接流入の集まった流域，

表2　流域別排出BOD負荷量　　（単位　kg/日）

流域区分	支　川	雑排水	単独浄化槽	合併浄化槽	病　院	特定事業場	自然系	合　計
Ⅰ－1		36.14	3.75	…	…	3.61	0.39	43.89
Ⅱ－1		23.12	2.35	…	…	1.95	0.09	27.51
Ⅱ－2		50.99	5.11	…	1.88	…	…	57.98
Ⅱ－3		36.92	4.01	4.56	…	0.16	1.33	46.98
Ⅲ－1	佐々木川	58.09	4.58	…	…	8.13	0.12	70.92
Ⅲ－2	本宮川	67.82	1.36	…	1.88	2.72	23.00	96.78
Ⅲ－3		15.24	1.18	…	…	0.09	…	16.51
Ⅲ－4		21.61	1.11	4.54	…	2.50	0.03	29.79
Ⅲ－5	蛭ケ谷川	34.08	3.02	…	…	0.12	0.07	37.29
Ⅲ－6		55.69	3.90	…	…	…	…	59.59
Ⅳ－1	旭川	243.53	25.33	4.02	53.73	301.74	…	628.35
Ⅳ－2		17.13	5.12	…	…	0.19	…	22.44
Ⅳ－3		27.60	4.28	…	20.94	6.72	…	59.54
Ⅳ－4		8.81	5.97	2.29	1.88	0.18	…	19.13
Ⅴ－1		19.68	2.76	…	14.64	…	…	37.08
Ⅴ－2	上街排水路	112.36	30.88	…	59.81	34.02	…	237.07
Ⅴ－3	小高坂排水場	216.75	25.63	4.96	36.53	0.60	…	284.47
Ⅴ－4	中ノ橋排水場	63.34	17.38	…	9.08	7.01	…	96.81
Ⅵ	太田川	190.85	40.54	1.80	43.51	87.03	0.07	363.80
総　計		1299.75	188.26	22.17	243.88	456.77	25.10	2235.93

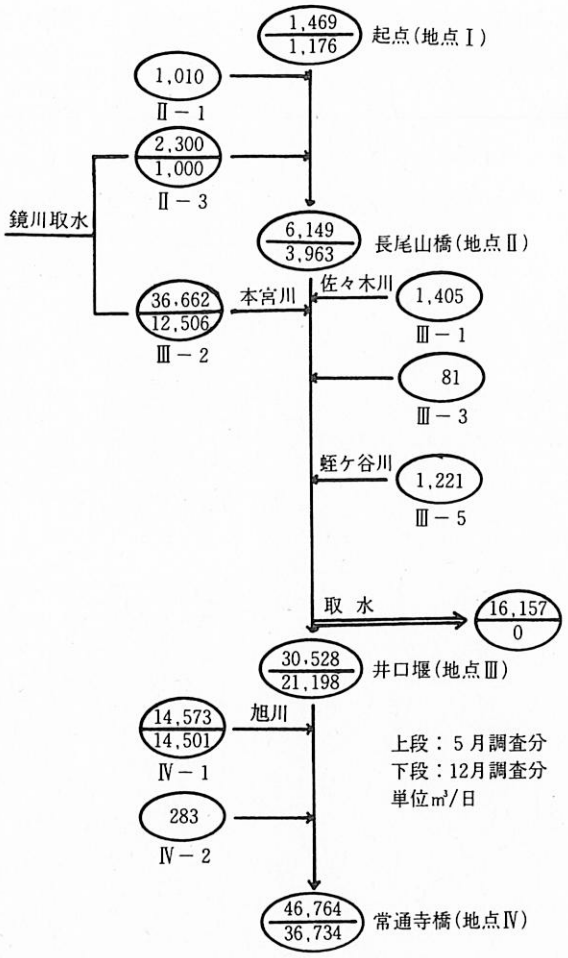


図3　順流域における流量収支

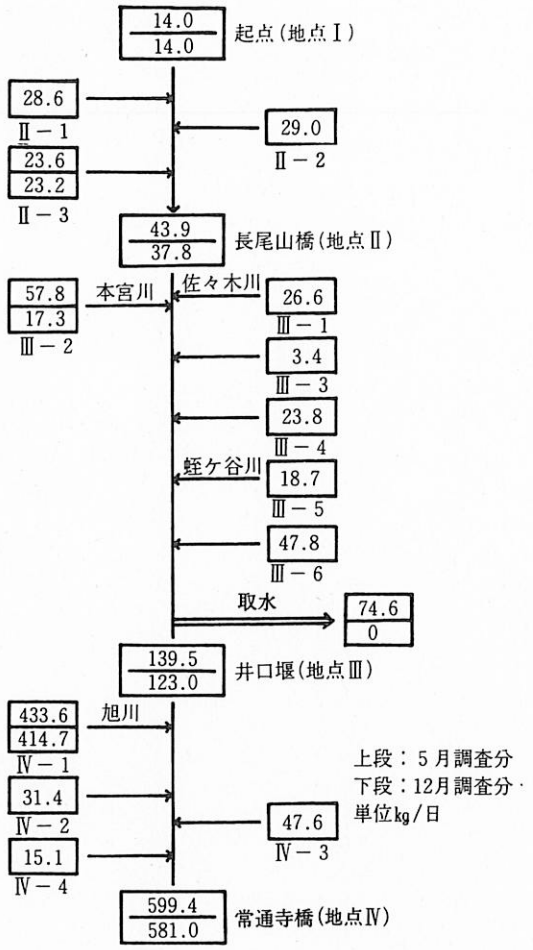


図4　順流域における BOD負荷量収支

感潮域への流入については流域面積と人口密度を参考に流達率を推定した．この図から BOD 負荷量については旭川の影響が大きく，常通寺橋（地点Ⅳ）の通過 BOD 量に対してこの流域からの負荷量が5月調査分の72%，12月調査分の71%を占めた．また，常通寺橋（地点Ⅳ）において環境基準Cを達成するためには現況の水量と仮定して，5月調査分では365.5kg/日，12

表3　区間残存率および浄化残率

	BOD 通過量(kg/日)	流出入 BOD 量(kg/日)	区間残存率	浄化残率
地点 Ⅰ	14.0			
(起　点)	14.0			
地点 Ⅱ	43.9	81.2	0.46	0.40
(長尾山橋)	37.8	80.8	0.40	0.26
地点 Ⅲ	139.5	103.5	0.95	0.86
(井 口 堰)	123.0	137.6	0.70	0.64
地点 Ⅳ	599.4	527.7	0.90	0.90
(常通寺橋)	581.0	508.8	0.92	0.92

注）上段：5月調査分
　　下段：12月調査分

表4　流達率および流出率

流域	支川	流達率	流出率
Ⅰ		0.32	0.13
Ⅱ－1		1.04	0.42
Ⅱ－2		0.50*	0.20
Ⅱ－3		〃	〃
Ⅲ－1	佐々木川	0.38	0.33
Ⅲ－2	本宮川	0.60	0.51
Ⅲ－3		0.21	0.18
Ⅲ－4		0.80*	0.69
Ⅲ－5	蛭ケ谷川	0.47	0.40
Ⅲ－6		0.80*	0.69
Ⅳ－1	旭川	0.69	0.62
Ⅳ－2		1.40	1.26
Ⅳ－3		0.80*	0.72
Ⅳ－4		〃	〃
Ⅴ－1		〃	…
Ⅴ－2	上街排水路	0.48	…
Ⅴ－3	小高坂排水場	1.00*	…
Ⅴ－4	中ノ橋排水場	〃	…
Ⅵ	太田川	0.35*	…

＊は推定値

月調査分では392.5kg/日を削減する必要があり，これは現状通過量のそれぞれ61%，68%に相当した．

各区間での残存率を表3に示したが，地点Ⅰから地点Ⅱの区間で残存率が小さくなり，この間で浄化される割合が大きくなった．これはこの区間が流速が遅く，汚濁密度が低いためと考えられ，それより下流では浄化残率が90%程度で浄化の様相はほとんど認められなかった．

5月調査時に得られた流達率と流出率を表4に示した．

3.3. 感潮域汚濁解析

今回の調査では江ノ口川感潮域を図5のように3区画に分け，単位時間を1/6潮時（2時間）として解析を行った．各区画の干潮時，満潮時体積を表5に示し，1潮時あたりに河口側河川断面を通過する水量と各区画への流入水量，流入負荷量を表6に示した．また，河口から遡上する外界水質として，河口の葛島橋における水質監視時の過去5年間（昭和54年度～昭和58年度）のBOD値の75%値（2.2mg/ℓ）を利用した．

各区画の水質の初期値をBOD 5.0mg/ℓと仮定し混合計算を行った時の区画2の水質の計算値を満潮時と干潮時のみ図6に示したが，計算開始後4～5潮時で収束を始め，10潮時後には各潮位で15.5mg/ℓ，11.7mg/ℓ，9.6mg/ℓ（満潮時），10.3mg/ℓ，12.4mg/ℓ，21.5mg/ℓ（干潮時）を得，平均水質はBOD 13.5mg/ℓとなった．一方，実測値としてこの区画にある廿代橋における定期の水質監視時の過去5年間のBOD値の75%値は12.0mg/ℓであり，計算値との換算比（β）は0.833となった．

計算値　BOD 13.5mg/ℓ

実測値　BOD 12.0mg/ℓ

換算比　$\beta=\dfrac{12.0}{13.5}=0.833$

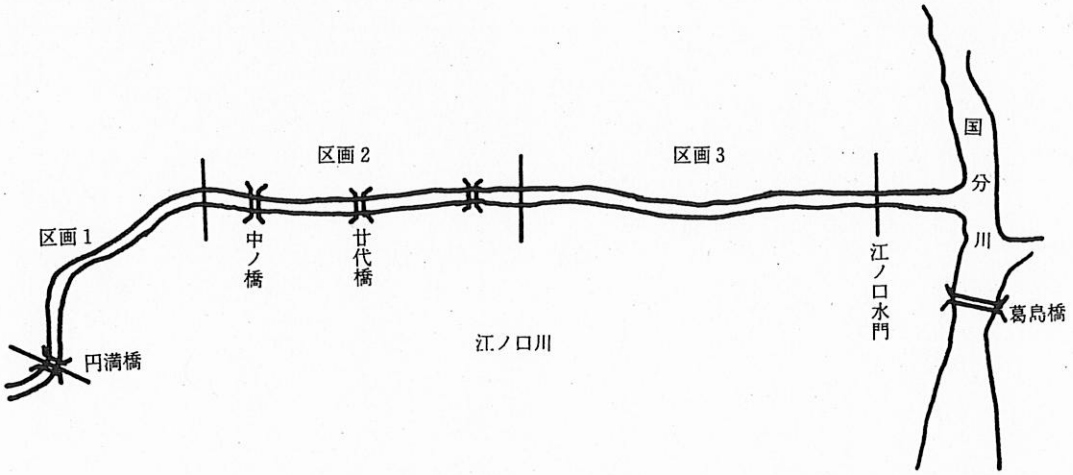


図5 感潮域における区画図

表5 区画別の河川体積

区　画	河口からの距離(m)	満潮時体積(m³)	干潮時体積(m³)	干満差体積(m³)
1	3,000−4,300	27,120	820	26,300
2	1,650−3,000	80,900	15,000	65,900
3	300−1,650	115,600	41,200	73,900

表6 1潮時の通過水量と流入負荷量

区　画	満ち潮時通過水量(m³)	引き潮時通過水量(m³)	1潮時の流入水量(m³)	1潮時の流入BOD量(kg)
1	1,000	26,300	25,300	515
2	64,100	92,200	2,800	49
3	137,050	166,100	950	64

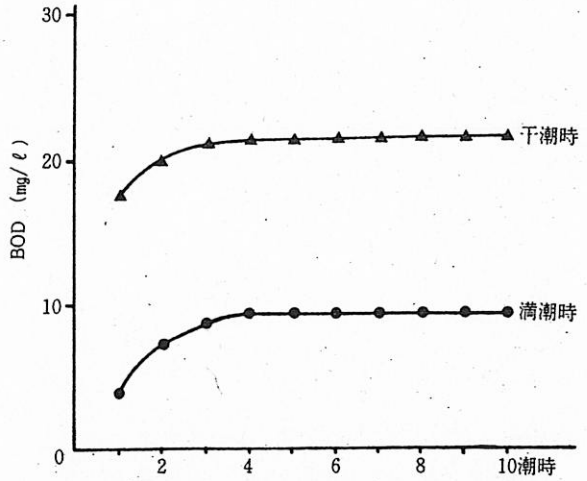


図6　反復計算した時の区画2におけるBOD値の収束

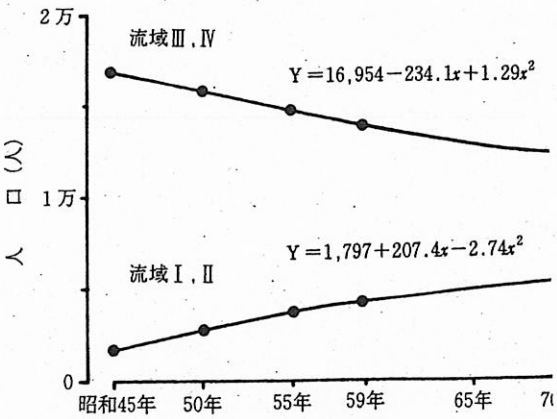


図7　流域別の人口推移

4．江ノ口川の将来水質の予測

現況解析時に得られたデータを基に，公共下水道の普及と人口の推移を加味し昭和70年度における江ノ口川の水質を推定した．

4.1.　昭和70年の流域人口

江ノ口川流域は一部公共下水道認可区域であり，昭和65年度末には流域Ⅳ－2より下流が下水道化される計画である．また，昭和70年の人口予測は，若干の増加が見込まれる上流域（流域Ⅰ，Ⅱ）と，人口の飽和した中流域（流域Ⅲ，Ⅳ）に区分して計算した．流域Ⅰ，Ⅱおよび流域Ⅲ，Ⅳの人口推移を図7に示したが，将来予測分については過去の数値から2次式に近似して推定した．この時の回帰式を昭和45年度を0にした経過年数をx，人口をyとして同じく図7に示した．

得られた人口予測値を流域別に現況人口比で按分して，各流域の予測人口とし，現況の流域人口とともに表7に示した．流域Ⅰ，Ⅱは若干増加し，流域Ⅲ，Ⅳについては公共下水道化と人口減によって減少し，流域Ⅴ，Ⅶは全て下水道化されると思われ，江ノ口川の流域人口は現況の約50％と推計された．

表7　流域別予測人口（昭和70年）

流　域	現況人口	昭和70年予測人口	備　考
流　域Ⅰ	977	1,294	
〃　Ⅱ	3,001	3,978	
〃　Ⅲ	7,459	6,338	
〃　Ⅳ	8,029	5,566	
〃　Ⅴ	11,146	……	公共下水道化
〃　Ⅵ	3,653	……	〃
合　計	34,265	17,176	

4.2.　排出BOD負荷量

汚濁排出源の変化を，人口とそれに伴う浄化槽増に限って，昭和70年における排出BOD量の推定を試みた．使用原単位は雑排水のみ42.5g/日を用い，その他は現況のものを使用した．結果を表8に示したが，流域内の排出BOD負荷量は現況の54％となった．

表8　流域別の予測BOD排出量（昭和70年）

流　域	排出負荷量（kg/day）
流　域Ⅰ－1	64.1
〃　Ⅱ－1	41.0
〃　Ⅱ－2	86.6
〃　Ⅱ－3	67.7
〃　Ⅲ－1	90.7
〃　Ⅲ－2	94.8
〃　Ⅲ－3	19.3
〃　Ⅲ－4	27.3
〃　Ⅲ－5	36.3
〃　Ⅲ－6	58.0
〃　Ⅳ－1	621.4
合　計	1207.2

4.3.　将来水質

4.3.1.　順流域

評価地点は現況解析時と同様に常通寺橋とし，流出率は現況と変化せず，流入水量，取水量を5月調査時と同じと仮定して将来水質を計算すると，昭和70年には常通寺橋で通過水量45,000m³/日，BOD通過量524.0kg/日と推定され，日平均BODは11.6mg/ℓとなり，現状（12.8mg/ℓ）と比較して水質は若干良化することとなった．しかしなお環境基準は達成せず，そのためにはBOD負荷を56％以上削減することが必要で，江ノ口川浄化の困難さを示していた．

4.3.2.　感潮域

感潮域における評価地点を廿代橋とし，河川体積および水質の換算比は現況のものを用いた．但し，外界水のBOD値のみは下水の普及で葛島橋の水質が良化すると考え2.0mg/ℓ（現況2.2mg/ℓ）を使用した．

昭和70年における感潮域への汚水流入は上流からのBOD負荷524.0kg/日のみと推定され，混合計算によって得られる計算値は各潮位でそれぞれBOD8.1mg/ℓ，6.2mg/ℓ，5.1mg/ℓ（満潮時），5.6mg/ℓ，6.7mg/ℓ，11.6mg/ℓ（干潮時）であり，平均7.2mg/ℓとなった．これに換算比（β）0.833を掛けてBOD 6.0mg/ℓを得，これが昭和70年における廿代橋のBOD予測値となった．この値からみれば現況BOD 12.0mg/ℓと比較して大幅に水質が良化するが，なお環境基準は達成せず，今後は排出源において雑排水の個別処理，コミュニティプラントの推進，小型合併処理の普及，製紙2社からの負荷削減等の下水道整備以外の対策を併せ行う必要があると考えられた．

5．ま と め

昭和59年度江ノ口川汚濁調査を行い以下のような結果を得た．

5.1．江ノ口川流域では2,236kg/日の排出BOD負荷量があり，流域別には旭川流域の排出が全体の28%，太田川流域が16%を占め，排出源別には生活排水系からのものが60%以上を占めていた．

5.2．順流域における河川流量は鏡川からの取水に対する依存が大きく，5月調査結果では49%，12月調査結果では37%を占めた．

5.3．順流域における河川の自浄は，長尾山橋までは浄化が期待できるが，それより下流ではほとんど浄化は認められず，現況で常通寺橋で環境基準を達成するためには通過BOD量を5月調査結果では61%，12月調査結果では68%削減する必要があった．

5.4．簡単な混合モデルを使用して現況水質を計算すると，廿代橋においてBOD 13.5mg/ℓを得て実測値との換算比は0.833となった．

5.5．昭和70年における水質の予測計算を行うと，流域からの排出BOD負荷量は1,207kg/日となり，現状の54%と推計された．また，予測水質は常通寺橋11.6mg/ℓ，廿代橋6.0mg/ℓを得て，特に感潮域で水質の良化が予想され，下水道以外の施策を補足することで環境基準の達成も不可能ではないと考えられた．

なお，江ノ口川の汚濁調査は今後感潮部における有機物の堆積状況，底質の水質に及ぼす影響等の調査の必要も考えられた．

文 献

1）山中芳夫：生活系排水による水質汚濁の現況，用水と廃水，21，1005－1011，1979.

2）鈴木守正ら：黄瀬川水系の水質解析について，静岡県環境衛生センター報告，26，121－126，1983.

3）百瀬敦海：雑排水のあり方（地方自治体における対応），水質汚濁研究，7，141－145，1984.

4）並木陟：埼玉県所沢市における雑排水対策，用水と廃水，27，44－51，1985.

5）日本下水道協会：流域別下水道整備総合計画調査と指針（昭和55年）

6）建設省：建築基準法　し尿浄化槽の構造基準（昭和56年）

7）大野茂ら：用途別建築物の排水量，水質および負荷量，用水と廃水，22，567－579，1980.

8）宮城県：宮城県環境管理計画　ＡＢＣ計画（昭和56年）

9）矢野雄幸：海域における廃水の希釈混合計算について，用水と廃水，14，18－27，1972.

高知公防所報 1，1984

県下の河川・海域底質中の重金属調査結果について

昭和51年度―59年度

門田治幸・堀内泰男
邑岡和昭・渡辺賢介
西山泰彦・河渕雅恵*

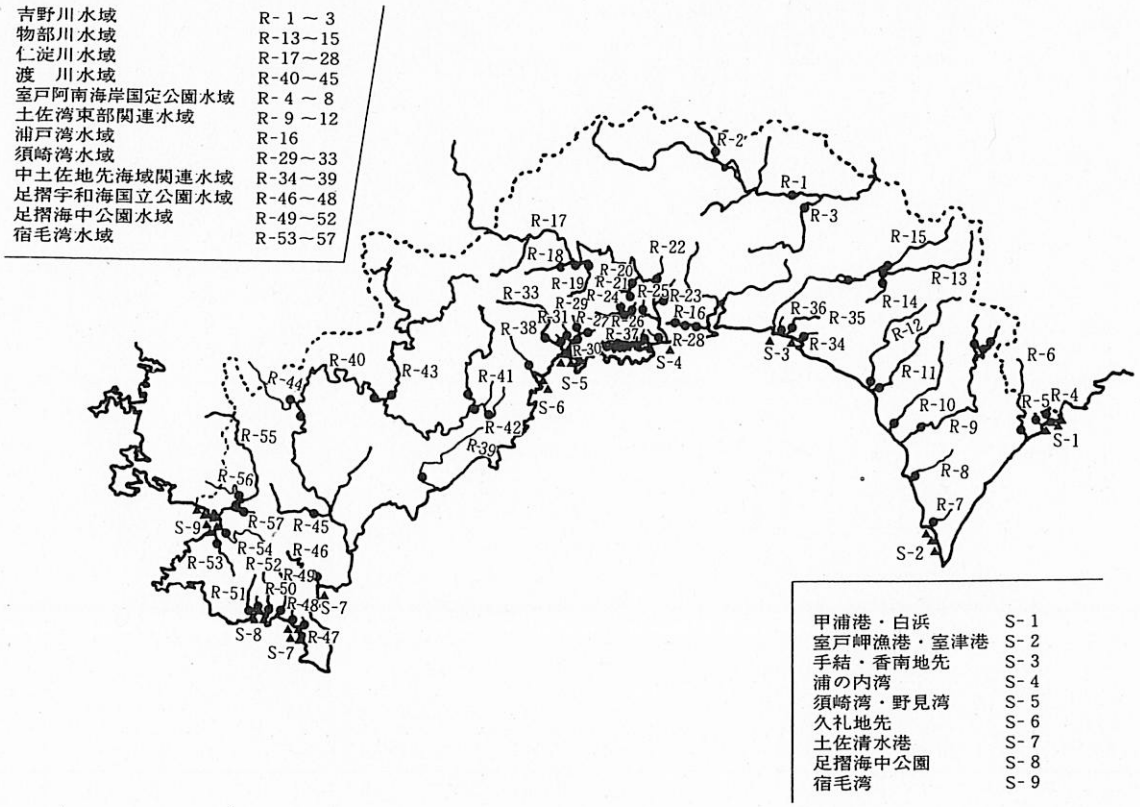
1．はじめに

高知県では公共用水域の水質測定計画の中で，県下の主要な河川，海域の底質中重金属の調査を行っている．この調査結果からは，重金属が本来地質母材中の成分であることから人為的汚染によるものかあるいは地質等自然的特性に起因するものか直ちに判断することが困難である．そこで，本報では昭和51年度から昭和59年度までの調査結果[1)-9)]のうち重金属の測定データおよびその濃度分布について，駒井ら[10)]の方法に従って統計的に極大値（異常値）の棄却検定を行い底質の重金属濃度を評価するためのバックグラウンドレベルの推定を行ったので報告する．

2．調査方法

2.1. 調査地点

図－1に調査地点を示した．河川では，57河川（12



図－1 調査地点

＊ 中央保健所

水域）66地点，海域では，9海域38地点，合計104地点であった．

2.2. 試　　料

移植ごてやエックマンバージ採泥器等で採取した湿泥を清浄な室内で風乾後2㎜以下に篩別したものを試料瓶に保存して分析に供した．また，総クロムの分析には保存試料の一部を（株）吉田製作所製のボールミル粉砕機で更に粉砕し分析を行った．

2.3. 分析項目および分析方法

分析項目は，銅（Cu），亜鉛（Zn），カドミウム（Cd），鉛（Pb），総クロム（T−Cr），ひ素（As），総水銀（T−Hg），マンガン（Mn），COD，硫化物および強熱減量（lg. loss）の11項目，分析方法は環境庁水質保全局水質管理課編「底質調査方法」[11]に従った．

3．調査結果および考察

3.1. 重金属の濃度分布

3.1.1. 河　　川

表−1に水域別の各金属などの測定結果をまとめて示した．この表より水域別の平均値では，Cd，Pb，Znが県中央部浦戸湾水域（新川川）で他の水域に比べて高かった．Cuは吉野川水域および浦戸湾水域で，T−Crは吉野川水域，仁淀川水域および物部川水域で高く，また，Mnは物部川水域および吉野川水域で高い値を示した．T−Hgは浦戸湾水域が他の水域に比べてやや高い傾向にあった．Asの平均値の範囲は，3.5〜8.9μg/gであり，県東部の室戸阿南海岸国定公園水域，土佐湾東部関連水域および県西部の宿毛湾水域でやや高い値を示したが，吉野川水域では最も低かった．

水域別の最大値を地点別にみると，Cd，Pb，Znは浦戸湾水域の新川川の戸原橋で，それぞれ，2.4μg/g，87μg/g，550μg/gを示した．As，Mnは室戸阿南海岸国定公園水域の河内川の甲浦新橋で16μg/g，1900μg/g，T−Crは仁淀川水域の坂折川の坂折沈下橋で1400μg/g，T−Hgは同じく仁淀川水域の竜雲川（波介川合流前）の0.9μg/g，Cuは吉野川水域の大北川の黒沼田橋の490μg/gであった．Cd，Pb，Znが浦戸湾水域の新川川の戸原橋で高濃度を検出した理

表−1　水域別重金属濃度（河川）

水域名	Cd(μg/g)			Pb(μg/g)			As(μg/g)			T−Hg(μg/g)			Cu(μg/g)		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小
吉野川	0.33	0.20	0.05	14	40	2.8	3.5	6.0	1.9	0.09	0.28	0.02	139	490	40
物部川	0.16	0.28	<0.05	19	25	12.0	6.2	9.0	3.0	0.21	0.38	0.05	41	68	21
仁淀川	0.26	1.00	<0.05	19	55	3.7	4.9	13.0	1.5	0.18	0.90	<0.02	56	293	20
渡川	0.11	0.48	<0.05	18	47	5.6	5.7	8.6	3.3	0.18	0.42	0.09	28	101	56
室戸阿南海岸	0.11	0.32	<0.05	14	60	1.3	8.0	16.0	3.2	0.07	0.15	0.01	25	107	3.3
土佐湾東部海域	0.12	0.40	<0.05	22	69	4.2	7.3	13.0	2.4	0.18	0.43	0.04	35	74	10
浦戸湾	1.22	2.40	0.18	41	87	15.0	3.8	6.4	2.3	0.24	0.42	0.04	126	450	24
須崎湾	0.27	0.82	<0.05	25	84	10.0	5.5	10.0	2.6	0.18	0.33	0.08	27	70	16
中土佐地先海域	0.14	0.49	<0.05	14	26	6.5	6.2	15.0	1.7	0.17	0.42	0.06	29	59	13
足摺宇和海	0.05	0.10	<0.05	21	51	12.0	6.1	10.0	3.0	0.05	0.11	0.03	25	42	15
足摺海中公園	0.11	0.24	<0.05	15	38	3.5	6.0	8.4	3.2	0.06	0.45	0.01	16	24	4.5
宿毛湾	0.09	0.18	<0.05	14	25	1.0	7.4	12.0	4.2	0.10	0.40	0.02	21	30	14

水域名	Zn(μg/g)			T−Cr(μg/g)			Mn(μg/g)			lg. loss(%)			河川数データ数	
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小		
吉野川	108	360	29	202	320	56	938	1,403	420	1.8	2.9	1.0	3	12
物部川	86	130	63	161	291	32	1,004	1,700	450	4.8	7.3	1.3	3	14
仁淀川	103	262	40	194	1,400	30	758	1,800	410	4.0	11	7.0	12	52
渡川	63	130	27	50	93	28	512	1,000	150	3.2	6.8	1.6	6	35
室戸阿南海岸	60	97	30	41	70	16	356	1,900	128	1.9	3.4	0.6	5	24
土佐湾東部海域	75	128	39	48	92	26	655	1,800	64	4.3	17	1.1	4	27
浦戸湾	216	550	68	156	234	80	607	780	390	6.5	10	1.7	1	9
須崎湾	116	230	54	72	164	23	443	950	220	3.8	11	1.1	5	21
中土佐地先海域	91	355	36	105	350	17	403	630	240	3.1	7.0	1.4	6	23
足摺宇和海	92	150	69	55	93	22	271	390	150	3.4	7.0	2.1	3	12
足摺海中公園	62	130	26	51	73	18	327	800	110	2.4	4.7	1.0	4	17
宿毛湾	74	97	48	53	100	15	363	490	270	3.3	6.8	2.3	5	15

由としては次のことが考えられた．上流に汚濁源と考えられる工場排水の流入はないが，この地点は感潮域に位置し，水の流れが常に停滞しており，昭和51年から昭和59年までの平均水質は，BOD 4.9mg/ℓ，SS 15.2mg/ℓで懸濁物質と共にこれら重金属類が沈降しやすくなるものと推定された．As は室戸阿南海岸国定公園水域や県西部の宿毛湾水域でやや高い傾向がみられたが，総じてデータのバラツキも小さく（変動係数は44％と最も小さい）水域間には大差は認められず，人為的汚染ではなく地質的な要因が大きいと思われた．Mn は物部川水域および吉野川水域で高かったが，これら水域の周辺には，現在では廃止鉱山となっているかつての韮生，穴内等の多くのマンガン鉱山[12]が存在しており，これらの鉱床の影響によるものと考えられた．T−Cr は仁淀川，吉野川および物部川で高かったが，これらの水域は，いずれもクロム含有量の多い蛇紋岩が分布している地域を流下しており，地質的な影響に起因していると考えられた．T−Hg は浦戸湾水域の新川川で他の水域に比べて高かった（平均0.24μg/g）がCd 等のところで述べたと同じ理由によるものと思われた．また，片岡ら[13]による仁淀川下流の高岡平野および新川川流域の弘岡平野の水田土壌の残留水銀含量調査（1975）では，風乾細土中0.54〜0.13μg/g，平均0.27μg/g の値を得ており，この水域では水銀農薬の残留などの影響も推測された．Cu は吉野川水域の大北川で高い値を示したが，この流域は地質的には三波川帯に属し，堆積岩である結晶片岩類から成り立っており，これら結晶片岩地帯はキースラーガーと呼ばれる層状含銅硫化鉄鉱鉱床[12]が群集していることが知がれている．特に大北川上流の白滝付近にはこの鉱床群が広く分布しており，この鉱床等の影響によるものと考えられた．

表−4から各重金属の変動係数をみると，最も小さかったのは As 44％であった．Cu，Cd，T−Cr は120〜160％と大きく，特に Cd は160％と大きい変動係数を示したが，他の測定金属のそれは50〜70％の範囲であった．Cd はデータの検出限界値以下のものが多く（全体の15％），このことがデータのバラツキを大きくした原因と考えられた．駒井ら[10]の報告では，兵庫県下河川底質中の重金属の変動係数は79〜660％であり，これに比べて変動係数が44〜160％の間にあったということは，この調査期間の間に著しい人為的汚染がなく，一般的なバックグラウンドを示すものと考えられた．

3.1.2. 海　　域

海域の調査結果を表−2に示した．各重金属の平均値を海域別で比較すると，Cu，Zn，Pb は室戸岬漁港・室津港で高く，Cu は124μg/g，Zn は449μg/g，Pb は38μg/g であった．T−Cr は手結・香南地先海域で136μg/g，浦の内湾で120μg/g と高く，また，T−

表−2　海域別重金属濃度（海域）

水域名	Cd(μg/g)			Pb(μg/g)			As(μg/g)			T−Hg(μg/g)			Cu(μg/g)		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小
甲浦港・白浜	0.11	0.60	0.05	10	41	4.6	10	16	5.1	0.06	0.50	<0.01	11	61	0.8
室戸岬漁港室津港	0.18	0.32	0.09	38	78	13	8.5	12	2.4	0.20	0.31	0.11	124	310	52
手結・香南地先	<0.05			7	9.3	5.4	6.3	8.2	5.3	0.15	0.66	0.05	17	28	8.6
浦の内湾	0.11	0.25	<0.05	19	35	3.1	7.6	14	3.4	0.12	0.25	0.01	35	68	11
須崎湾 野見湾	0.18	0.60	<0.05	21	35	11	6.3	9.4	2.1	0.23	0.37	0.07	29	66	13
久礼地先	0.05			11	15	8.8	9.5	13	5.2	0.14	0.24	0.09	11	15	6.6
土佐清水港	0.13	0.60	<0.05	20	53	4.2	9.5	14	4.6	0.12	0.38	0.01	30	97	4.2
足摺海中公園	0.07	0.16	<0.05	9	19	2.6	7.4	9.6	5.5	0.03	0.10	<0.01	8	28	3.3
宿毛湾	0.08	0.16	<0.05	14	22	1.2	8.7	19	4.0	0.05	0.11	0.01	20	39	6.6

水域名	Zn(μg/g)			T−Cr(μg/g)			Mn(μg/g)			lg. loss(%)			地点数	データ数
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小		
甲浦港・白浜	133	254	68	18	33	6	41	160	10	2.9	7.3	0.5	4	12
室戸岬漁港室津港	449	690	280	73	120	18	172	370	89	5.7	8.6	2.8	3	15
手結・香南地先	48	58	38	136	251	57	472	560	353	1.7	3.1	0.7	2	7
浦の内湾	92	170	37	120	242	38	691	1,300	440	6.7	12	1.0	8	34
須崎湾 野見湾	92	180	50	74	180	45	374	530	280	6.8	11	2.4	6	27
久礼地先	46	57	37	34	48	28	381	520	313	5.5	10	3.1	2	4
土佐清水港	92	310	20	55	151	29	168	273	122	6.5	15	2.0	5	20
足摺海中公園	40	86	23	41	64	26	186	260	120	3.4	9.6	1.6	2	9
宿毛湾	67	96	23	57	155	12	210	290	130	5.8	8.3	3.2	6	28

表－3　重金属間の相関係数

海域（n＝155）

	Cu	Zn	Cd	Pb	T－Cr	As	T－Hg	Mn	
Cu		0.802	0.393	0.748	0.152	0.081	0.428	0.273	Cu
Zn	0.551		0.590	0.863	0.204	0.095	0.581	0.322	Zn
Cd	0.400	0.646		0.578	0.073	−0.056	0.445	0.083	Cd
Pb	0.214	0.448	0.440		0.111	0.058	0.574	0.257	Pb
T－Cr	0.177	0.129	0.139	0.014		−0.216	0.062	0.603	T－Cr
As	−0.196	−0.120	−0.124	0.063	−0.149		−0.056	−0.125	As
T－Hg	0.191	0.297	0.342	0.274	0.027	0.025		0.191	T－Hg
Mn	0.255	0.182	0.186	0.175	0.309	0.036	0.261		Mn
	Cu	Zn	Cd	Pb	T－Cr	As	T－Hg	Mn	

河川（n＝260）

Hgは須崎湾・野見湾で0.23μg/gと他の海域よりやや高い傾向がみられた．Mnは浦の内湾で691μg/g，ついで手結・香南地先海域472μg/gが高かった．Asでは河川の底質と同様にデータの変動も小さく海域での平均値は6.3～10μg/gの範囲であった．

高濃度な値がみられた地点は，Cu，Zn，Pbで室戸岬漁港のSt 9，T−Crで物部川河口沖（St 3），T−Hgは手結・香南地先海域のSt 2であった．また，Mnは浦の内湾の湾央部のSt12で高かった．データのバラツキを示す変動係数はCd，Cuで高く100～126％，他の金属は33～85％の範囲にあり，変動の小さかったのはAsの33％であった．河川の場合と同様に考えて，調査期間の間に人為的汚染はなく，一般的なバックグラウンドを示すものと考えられた．

測定結果の高値の原因を推定すると以下のようになる．Cu，Zn，Pbは室戸岬漁港内で高いが，周辺には汚濁源と考えられる工場はみられず，この港内は漁船の船だまりがあって，船舶の修理等が行われており，船底塗料の影響などが考えられた．T−Crは物部川河口沖および浦の内湾で高い傾向がみられたが，これらの海域への流入河川である物部川および仁淀川の底質の濃度が地質的な要因で高かったことなどから，流入河川の底質の影響が推測された．Mnは浦の内湾の湾央部で高かったが，これは，地質的には横浪半島が四万十帯の須崎層に属し，この層はMn鉱床をはさむチャートが発達しており[14]，この地質的な影響によるものと推測された．他の金属では，Asが宿毛湾湾奥部で，また，T−Hgは須崎湾湾奥部で最大値がみられたが，河川同様これらの原因は不詳であった．Cdは0.2μg/g以下のデータが総数の84％で，一般的にみて底質の濃度は低いレベルにあると考えられた．

3.2.　重金属相互の相関

各重金属濃度間の相関係数を表－3に示した．河川，海域とも各金属間に相関がみられた．河川では，ZnとCd，Cu，Pbの間で特に高い相関を示した．しかしAsと他の金属との相関では，Pbを除いて逆相関であった．海域でもZnとCd，Cu，Pbとの間に高い相関がみられた．また，T−Crと他の重金属との組み合せでは相関性は低くZn，As（逆相関）およびMn以外には相関はみられなかった．

河川，海域とも，ZnとCu，Cd，Pbの間で良好な相関がみられたが，これらの重金属は，元素の挙動から分類すると硫黄との親和力が大きい親銅元素とされ[15]，同じ環境中で類似の挙動を示すことによるものと考えられた．そして，このことが水質に有機汚濁のみられる仁淀川水域の宇治川，相生川，浦戸湾水域の新川川および須崎湾水域の御手洗川，池の内川等の中小河川の河口部でZnとPbの濃度が高いことにも反映しているものと思われた．

4．平均値の推定

調査した底質中の重金属濃度を評価する場合に，人為的な汚染か地質的な特性に起因しているかを考慮して判断する必要がある．一般に，平均値などの代表値を算定する場合に濃度の高いデータ（極大値）が複数個存在する場合には，その代表値に大きく左右される．このため，本報告では，得られた重金属のデータから複数個の極大値を異常値として棄却判定する方法として，市川[16]が水質で適用した方法があり，この方法に従って駒井ら[10]が底質で行った方法により棄却検定を行った．その方法の概要は以下のとおりである．

最大値（X_o）と，最大値を除去した時の平均値（$\overline{X}$）とに有意な差がないと仮定し，t_oを

$$t_o = |X_o - \overline{X}| / \sqrt{S^2 \cdot \frac{n+1}{n}}$$

n：データ数　　s：標準偏差

のように定義して求める．ここで，nは河川で261，

表－4　底質中の重金属濃度（河川）

	最大値 (μg/g)	最小値 (μg/g)	平均値 (算術) (μg/g)	平均値 (幾何) (μg/g)	標準偏差	変動係数 (%)	データ数	データ除去数	四国の河川[18] 上流部底質の平均値 (μg/g)	日本の河川[18] 上流部底質の平均値 (μg/g)	地殻の[17] 平均値 (μg/g)
Cu	490	3.3	42	31 28	56	133	261 252	9	33.6	23	50
Zn	550	26	89	79 71	57	64	261 260	1	76.9	72	75
Cd	2.4	0.05	0.20	0.08	0.32	160	261	—	0.38	0.46	0.11
Pb	87	1.0	18.8	16	12.6	67	261	0	15.6	17	14
T−Cr	1,400	15	101	73 71	123	122	261 259	2	20.9	12	100
As	16	1.5	5.9	5.5	2.6	44	261	0	—	—	1.5
T−Hg	0.90	0.01	0.15	0.11	0.11	73	261	0	0.22	0.14	0.05
Mn	1,900	64	564	484	326	58	261	0	—	—	950

表－5　底質中の重金属濃度（海域）

	最大値 (μg/g)	最小量 (μg/g)	平均値 (算術) (μg/g)	平均値 (幾何) (μg/g)	標準偏差	変動係数 (%)	データ数	堆積物の[17] 平均値 (μg/g)	名古屋港[19] コア試料 (μg/g)
Cu	310	0.8	34	22	43	126	156	33	14.9
Zn	370	10	85	72	53	62	156	95	62.6
Cd	0.60	0.05	0.12	0.08	0.12	100	156	0.17	0.59
Pb	78	1.2	18	15	13	72	156	19	23.1
T−Cr	251	6	74	60	48	65	156	72	18.1
As	19	2.1	8.1	7.6	2.7	33	156	7.7	5.9
T−Hg	0.66	0.01	0.13	0.08	0.11	85	156	0.19	0.14
Mn	1,300	68	369	307	233	63	156	770	—

海域で156であり，大標本とみなされ，$t_0 = |X_0 - \overline{X}|/S$ と近似できる．この t_0 は自由度（n－1）の t 分布に従う．t 分布は自由度 n が大きい場合正規分布に近づくことから，正規分布表から有意水準 α の時の棄却基準 t_α を求め，この t_0 と t_α を比較し，$t_0 \geqq t_\alpha$ のとき，X_0 は異常値とみなし棄却する．そして，この操作を $t_0 < t$ になるまで繰り返し行う．ここでは $\alpha = 0.1\%$ とし，その時の $t_\alpha = 3.08$ を用いた．検定を行う前にデータの分布特性を検討したところ，いずれの金属も対数正規分布とみなすことができた．従って，棄却検定はデータを対数に変換して行った．この場合，Cd は検出限界以下のデータが多かったので検定からは除外した．その結果河川では Cu で9個，T−Cr で2個，Zn で1個が異常値として棄却された．海域ではいずれの金属も棄却されるデータはなかった．棄却後のデータは正規分布に属すると考えてよく，棄却後のデータを用いて幾何平均値を計算し，その結果を表－4，表－5に示した．河川では Cu28 μg/g，Zn 71 μg/g，Pb 16 μg/g，T−Cr 71 μg/g，As 5.5 μg/g，T−Hg 0.11 μg/g，Mn 484 μg/g が得られた．これらの値を表－4に示す地殻の平均値と比べると As と T−Hg が高く，それぞれ3.7倍，2.2倍であった．Zn, Pb は平均値に近似していたが，Cu, T−Cr, Mn はやや低く，特に Mn は1/2と低い値であった．As の場合地殻の平均値の3.7倍と高かったが，土壌中には As の濃度が中央値で6.0 μg/g 存在することから[17]，むしろ，地殻の平均値より土壌中の濃度に近いものと考えられた．T−Hg は地殻の平均値の2.2倍であったが，四国の河川の平均値も高いことから農薬等の残留が示唆された．

海域の幾何平均値は，Cu 22 μg/g，Zn 72 μg/g，Pb 15 μg/g，T−Cr 60 μg/g，As 7.6 μg/g，T−Hg 0.08 μg/g，そして Mn 307 μg/g が得られ，表－5に示す堆積物の平均値と比べると，いずれの金属も低い値であった．特に T−Hg と Mn は2/5と低く海域底質中の重金属濃度のレベルは，非汚染値と同程度かそれ以下であり低いレベルで推移しているものと考えられた．

以上のことから，今後県下の河川，海域底質中の重金属濃度を評価する場合に，これらの値はバックラウンドレベルとしての意義をもち汚染の指標を与えることができると考えられる．

5．ま と め

昭和51年から昭和56年までの県下の主要な河川，海

域の底質調査結果について，重金属の濃度分布および平均値の推定を行った結果，次の結論をえた．

5.1.　重金属濃度分布では，銅，総クロム，マンガンが地質の影響をうけ，鉛，亜鉛は水質汚濁が進んだ水域で底質濃度も高い傾向がみられ生活排水等の人為的影響が示唆された．

5.2.　異常値を棄却する方法で平均値を推定した結果河川では銅28μg/g，亜鉛71μg/g，鉛16μg/g，総クロム71μg/g，ひ素5.5μg/g，総水銀0.11μg/g，マンガン484μg/gが得られ，海域では銅22μg/g，亜鉛72μg/g，鉛15μg/g，総クロム60μg/g，ひ素7.6μg/g，総水銀0.08μg/g，マンガン307μg/gであった．

これらの値は最近9年間の平均値で，県下の河川，海域の底質中重金属濃度を評価する場合，バックグラウンドレベルとしての意義をもつものと考えられる．

文　　献

1）高知県：昭和51年度公共用水域の水質測定結果，pp. 338，1977.

2）高知県：昭和52年度公共用水域の水質測定結果，pp. 325，1978.

3）高知県：昭和53年度公共用水域の水質測定結果，pp. 330，1979.

4）高知県：昭和54年度公共用水域の水質測定結果，pp. 346，1980.

5）高知県：昭和55年度公共用水域の水質測定結果，pp. 348，1981.

6）高知県：昭和56年度公共用水域の水質測定結果，pp. 340，1982.

7）高知県：昭和57年度公共用水域の水質測定結果，pp. 252，1983.

8）高知県：昭和58年度公共用水域の水質測定結果，pp. 266，1984.

9）高知県：昭和59年度公共用水域の水質測定結果，pp. 268，1985.

10）駒井幸雄，芦田賢一：兵庫県公害研究所研究報告，16，46－49，1984.

11）環境庁水質保全局水質管理課編：底質調査方法

12）高知県：高知県地質鉱産図および説明書，1961.

13）片岡一郎，塩田哲夫：高知大学学術研究所報告，24，（農学4），1975.

14）甲藤次郎：高知県の地質，pp. 316，高知市民図書館，1969.

15）山県登：微量元素―環境科学特論―，pp. 286，産業図書，1977.

16）市川新：都市河川の環境科学，pp. 247，培風館，1981.

17）H.J.M.Bowen（浅見輝男，茅野充男訳）：環境無機化学―元素の循環と生化学―，pp. 369，博友社，1983.

18）多田史，小田仁美ら：衛生化学，24，65－70，1978.

19）小川務，児玉剛則ら：愛知県公害調査センター所報，5，164－191，1977.

高知空港における航空機騒音調査について

門田泰昌・川村速雄
松尾憲親*・三宅教資

1．はじめに

航空機の離着陸に伴う騒音は空港周辺地域に与える影響が大きくかつ広範囲であるため，わが国では公共用飛行場周辺における航空機騒音による障害の防止等に関する法律（以下「航空機騒音防止法」と言う.）に基づいて民家防音等の対策が行われている．これらの対策が効率よく実施されまた対策が十分であるかどうかを確認するために航空機騒音の実態調査が行われている．

高知空港では，昭和54年，55年に航空機騒音の実態調査[1]を実施したが，その後空港の拡張整備が行われ，YS－11に加えて，昭和58年12月よりジェット機（B767，B737およびDC－9以下同様）が就航した．このため，昭和59年に再度航空機騒音の実態調査を実施したので結果について報告する．

2．調査の概要

2.1. 空港の概要

高知空港は，高知市東方約15km，南国市物部に位置し，太平洋戦争中に旧海軍航空隊によって建設され，戦後昭和29年10月に民間航空路線として高知―大阪線がまず開設された．その後逐次路線は拡張整備され，昭和58年12月現在，高知―東京線5便，高知―名古屋線2便，高知―大阪線21便，高知―福岡線2便および高知―宮崎線1便であり，YS－11に加えてB767，B737およびDC－9のジェット機が就航している．空港の概要は，次のとおりである．

(1) 空港の位置

所在地	高知県南国市物部
標点位置	北緯　33度32分28秒
	東経　133度40分26秒
	海抜　7.00m

(2) 施設等

総面積	1,209,912m²
着陸帯	2,120m×300m
滑走路	2,000m×45m
エプロン	68,400m²（B737クラス，8バース）

2.2. 調査期間

調査期間は昭和59年1月より12月までとし，測定は1月，4～5月，7～8月および10月に，それぞれ各地点3日間連続して実施した．

なお，駐機場でのアイドリング騒音および誘導路走行中の騒音（以下地上騒音と言う.）の調査については昭和59年9月，昭和60年3月，周波数分析については昭和59年9月，10月に実施した．

2.3. 調査地域および調査地点

南国市，野市町，吉川村を対象地域とした．

測定地点は，過去の高知空港に関する航空機騒音調査，「航空機騒音防止法」に基づき指定された第一種区域および飛行状態等を考慮して，23地点を選定した．地点の位置を図1に示した．

なお，地上騒音については図1に示したA～M地点，周波数分析についてはNo2，No20およびア地点で実施した．

2.4. 調査方法

2.4.1. ピークレベルおよび継続時間

普通騒音計（リオン製，NA－09，NA－20）とレベルレコーダ（リオン製，LR－03，LR－04）を用い，聴感補正回路A特性，動特性SLOWで，測定し，ピークレベル，ピークレベルの発生時の飛行形態および70dB（A）以上の継続時間を記録した．飛行形態は次のように分類した．

(ア) 離陸‥タクシング（TAX），テイクオフ（T/OG,T/OA），オーバーフライト（O/F）

(イ) 着陸‥オーバーフライト（O/F），ランディング（L/D,R/V），タクシング（TAX）

なお，詳細な点については，NHK総合技術研究所の定めた「航空機騒音測定要領」など[2),3)]を参考にし

＊ 保健環境部公害対策課

図1　測定地点図

て「航空機騒音測定方法」[4]を作成し，これに従った．

2.4.2.　地上騒音

普通騒音計とレベルレコーダを用いて，駐機場でのアイドリング騒音および誘導路走行中の騒音（地上騒音）とこれら以外の騒音（以下その他の騒音と言う．）に区別し，騒音のピークレベル（A特性），ピークレベルの発生時刻および70 dB（A）以上の継続時間を測定した．

なお，誘導路は，調査時に，片方しか使用されてなく，9月の調査時はR/W32の誘導路（海側），3月の調査時はR/W14の誘導路（陸側）がそれぞれ使用されていた．

2.4.3.　周波数分析

飛行形態ごとのピーク時の騒音について，普通騒音計を用い，周波数補正回路C特性で，データレコーダ（ソニー製，MODEL FR－3215W）に録音し，1/3オクターブ実時間分析器（リオン製，SA－25）を用い周波数分析を行った．

3．調査結果および考察

3.1.　WECPNL

WECPNLは，「航空機騒音防止法」施行規則第一条に基づき，昭和59年に高知空港を使用した航空機の機種，飛行回数，離着陸方向の割合および飛行時刻ならびに機種別離着陸方向別飛行形態別ピークレベルのパワー平均値(以下ピークレベルと言う.)より算出した．

算出に用いた航空機の機種はB767，B737，DC－9およびYS－11であり，飛行回数はB767が3.0機/日，B737が7.8機/日，DC－9が4.6機/日，YS－11が50.4機/日であり，離着陸方向は海より着陸35％，陸より着陸15％，海へ離陸15％，陸へ離陸35％であった．

12日間の測定データを分類整理し得た機種別離着陸方向別飛行形態別ピークレベルの一部（No12，No5，No10，No8，No20地点における陸より着陸時〔L/DまたはO/F〕および陸へ離陸時〔T/OAまたはO/F〕）を表1に示した．

No12，No5，No10，No8，No20地点における離陸時のピークレベルは，DC－9とB737がほぼ同程度で，B767，YS－11の順に低くなっていた．B737とYS－11との差は12.2～17.5 dB（A）であり，機種によるレベルの差は大であった．なお，低騒音機と言われているB767のピークレベルはB737に比べかなり低く，その差は9.1～11.5 dB（A）であった．今後B737，DC－9がB767などの低騒音機に代わることにより航空機騒音の低減が期待される．

表1　機種別ピークレベル（dB(A)）

機種	項目 ＼ 飛行形態 ＼ 地点番号	陸へ離陸					陸より着陸				
		12	5	10	8	20	12	5	10	8	20
B767	パワー平均値	83.7	80.8	81.1	77.7	72.9	69.8	70.7	73.6	84.0	73.0
	標準偏差	1.5	1.6	2.1	2.6	2.3	1.4	1.3	2.7	4.4	5.0
	測定数	10	10	9	10	10	8	9	9	9	9
B737	パワー平均値	94.9	90.9	90.2	88.7	84.4	71.7	72.7	80.4	83.6	73.0
	標準偏差	1.5	1.7	2.2	2.2	2.3	2.2	2.5	5.9	7.9	4.5
	測定数	35	35	35	35	35	5	7	7	6	7
DC－9	パワー平均値	96.5	90.6	88.4	89.2	82.7	72.3	73.7	72.6	86.4	78.2
	標準偏差	0.9	3.5	3.2	4.5	5.7	－	3.3	1.7	2.9	－
	測定数	13	14	14	15	14	2	6	6	6	2
YS－11	パワー平均値	80.6	73.4	76.9	73.3	72.2	68.6	69.1	74.4	81.5	72.7
	標準偏差	1.5	2.2	2.8	4.1	3.9	2.2	1.5	4.0	6.5	5.3
	測定数	205	200	200	196	204	89	98	99	98	79

表2　WECPNL，N数およびピークレベルのパワー平均値

項目 ＼ 地点	WECPNL	N 数	ピークレベルのパワー平均値(dB(A))
1	70	74	77
2	74	96	81
3	71	82	78
4	72	62	80
5	72	43	81
6	71	39	82
7	63	30	74
8	71	36	82
9	73	37	84
10	71	40	81
11	72	52	81
12	77	61	86
13	71	67	79
14	66	69	73
15	73	114	78
16	67	31	78
17	71	34	82
18	62	26	74
19	67	34	78
20	66	35	77
21	62	39	72
22	67	47	76
23	62	40	72

表3　70 dB(A)以上の継続時間

地点番号	継続時間（秒）				測定数
	平均値	標準偏差	最大値	最小値	
1	8.2	16	87	0	570
2	15	24	166	0	706
3	8.1	14	79	0	587
4	8.2	13	73	0	541
5	8.5	13	60	0	443
6	9.4	13	63	0	407
8	11	13	65	0	393
9	15	14	73	0	401
10	14	17	96	0	408
11	11	16	86	0	430
12	13	15	76	0	520
13	11	17	76	0	503
14	6.3	14	77	0	562
15	24	24	163	0	773
16	6.9	13	59	0	370
17	13	17	79	0	371
18	4.9	10	65	0	282
19	12	17	83	0	390
20	8.2	14	60	0	381
21	4.5	11	77	0	400
22	6.0	13	58	0	453
23	4.3	11	58	0	437

着陸時のピークレベルは，離陸時と同様に，DC－9とB737がほぼ同程度であり次にB767，YS－11の順になっているが，B737とYS－11のピークレベル差は0.3～6 dB（A）であり，機種間のレベルの差は小さかった．

離陸時と着陸時のピークレベルを機種別に比較すると，B737とDC－9は5地点とも離陸時が着陸時より高くその差はB737で5.1～23.2 dB（A），DC－9で2.8～24.2 dB（A）であった．B767とYS－11は，No12，No5，No10地点で，離陸時が着陸時より高く，その差はB767で7.5～13.9 dB（A），YS－11で2.5～12.0 dB（A）であった．ただ，No8，No20地点では，逆に着陸時が離陸時より高く，その差は0.1～6.3dB（A），0.5～8.2 dB（A）であった．これは離陸時と

着陸時の飛行コースおよび高度の違いによると考えられた．

データの多いYS−11について地点別にピークレベルのバラツキをみると，離陸時の標準偏差はNo12地点で1.5 dB（A），No 5 地点で2.2 dB（A），No10地点で2.8 dB（A），No 8 地点で4.1 dB（A），No20地点で3.9 dB（A）であり，着陸時は，No12地点で2.2 dB（A），No 5 地点で1.5 dB（A），No10地点で4.0 dB（A），No 8 地点で6.5 dB（A），No20地点で5.3 dB（A）であった．この様に標準偏差は，空港の近くで小さいが，遠くでは飛行コースおよび高度のバラツキのため大きくなっていた．

以上のデータを基に算出したWECPNL，ピークレベルのパワー平均値およびN数を表2に示した．

WECPNLは，第一種区域周辺のNo 1 ～ 6，No 8 ～11，No13地点では，71～74であり，WECPNL 75より低かった．飛行コース下のNo17～23地点は62～71であった．

昭和54年，55年の調査結果のうち今回の調査と同じ地点のWECPNLは，No 9 地点で67，No10地点で70，No13地点で68であった．今回の調査結果は，No 9 地点で73，No10地点で71，No13地点で71であり，前回の調査結果に比べ1～6高かった．これは，前回の調査時にはジェット機が就航していなかったことと滑走路の位置と方向が変わったためと考えられた．

3.2.　70 dB（A）以上の継続時間

地点別の70 dB（A）以上の継続時間を表3に示した．

第一種区域周辺No 3 ～ 6 地点およびNo 9 ～13地点における継続時間の平均値は8.1～15秒，最大値は60～86秒であった．ただNo 2 地点は平均値15秒，最大値166秒，No15地点は平均値24秒，最大値163秒と他の地点より長かった．これは，No 2 地点は誘導路から滑走路への出口に近く，離陸する航空機が待機している時

表4　地上騒音及びその他の騒音のピークレベルと継続時間（YS−11，9月）

地点	形態別	騒音のピークレベル					継続時間(70dB(A)以上)		測定機数
		60 dB(A)＜			60dB(A)≧	パワー平均値(dB(A))			
		最大値(dB(A))	平均値(dB(A))	機数	機数		最大値(秒)	平均値(秒)	
A	地上騒音	62.0	61.8	2	20	51.3	0	0.0	22
	その他の騒音	81.0	74.5	21	1	76.4	14	5.8	22
B	地上騒音	66.0	62.4	9	14	58.7	0	0.0	23
	その他の騒音	81.0	74.7	22	1	75.6	58	15.2	23
C	地上騒音	68.0	64.2	17	8	63.0	0	0.0	25
	その他の騒音	78.0	66.9	20	5	68.8	39	2.2	25
D	地上騒音	62.5	62.0	3	19	53.4	0	0.0	22
	その他の騒音	80.5	73.2	19	3	75.6	14	4.4	22
E	地上騒音	76.5	67.4	16	14	66.7	5	0.3	30
	その他の騒音	75.0	68.5	27	3	69.6	10	1.4	30
F	地上騒音	71.0	63.6	14	14	61.9	4	0.1	28
	その他の騒音	69.0	63.5	13	15	61.0	0	0.0	28
G	地上騒音	73.5	64.2	13	12	63.5	5	0.2	25
	その他の騒音	81.0	75.0	21	4	76.3	41	8.7	25
H	地上騒音	71.0	66.5	15	16	64.1	2	0.1	31
	その他の騒音	71.5	64.9	22	9	65.0	5	0.2	31
I	地上騒音	72.5	65.1	22	5	65.5	4	0.3	27
	その他の騒音	73.0	63.9	14	13	62.6	7	0.3	27
J	地上騒音	87.0	67.1	19	9	73.8	40	3.0	28
	その他の騒音	82.5	78.4	21	7	78.8	67	11.8	28
K	地上騒音	80.0	70.4	30	2	73.0	28	6.0	32
	その他の騒音	72.0	67.1	31	1	68.3	7	1.2	32
L	地上騒音	72.0	64.6	10	13	63.2	2	0.2	23
	その他の騒音	71.5	66.7	11	12	64.0	5	0.2	23
M	地上騒音	74.5	66.3	5	22	61.9	4	0.1	27
	その他の騒音	76.0	70.1	16	11	69.8	12	3.6	27

注）(1) 地上騒音とは，誘導路走行中の騒音および駐機場でのアイドリング騒音であり，その他の騒音とは，主に離陸・着陸のような飛行騒音であり，滑走路走行中の騒音を含む．

(2) パワー平均値は，60dB(A)以下のピークレベルを0として取扱い，分母に測定機数を用いた．

の騒音を測定したためであり，またNo15地点は，駐機場と誘導路に近く，駐機場でのアイドリング音と誘導路走行中の騒音を測定したためと考えられた．

3.3. 地上騒音

騒音のピークレベルと継続時間を調査月別およびYS−11とジェット機別に表4～7に示した．

表4，5に示したYS−11についての調査結果では，地上騒音は，誘導路に近い9月に調査したJ，Kの地点（9月のJ，K地点，以後同様に略記する.）および3月のA，B，D，E地点が他の地点に比べ高く，これらの地点のピークレベルのパワー平均値（以下ピークレベルと言う.）は73.0～86.4 dB（A），継続時間の平均値（以下継続時間と言う.）は3.0～18.3秒であり，これら以外の地点ではピークレベル51.3～68.0 dB（A），継続時間0～1.0秒であった．

その他に騒音は，滑走路に近い9月および3月のA，B，D，G，J地点が他の地点に比べ高く，ピークレベル75.6～85.5 dB(A)，継続時間4.4～26.8秒であり，これら以外の地点ではピークレベル61.0～72.7 dB（A），継続時間0～4.0秒であった．

また地上騒音のピークレベルがその他の騒音のピークレベルより高い地点は9月のF，I，K地点および3月のA，B，E，F，I地点であった．このうちピークレベルが70 dB（A）以上の地点は9月のK地点および3月のA，B，E地点であった．

以上の測定結果より，YS−11では，地上騒音がその他の騒音より高く，地上騒音のピークレベルおよび継続時間が高い地点は，A，B，E，K地点であり，これらの地点の位置する誘導路近傍においては地上騒音の影響があると考えられた．

表6，7に示したジェット機についての調査結果では，地上騒音は3月のA，B，D，E地点のレベルが高く，これらの地点のピークレベルは70.3～79.7 dB（A），継続時間2.3～10.5秒であった．これら以外の地点では，ピークレベルは64.2 dB（A）以下，継続時間は0秒であった．

表5　地上騒音及びその他の騒音のピークレベルと継続時間（YS−11，3月）

地点	形態別	騒音のピークレベル					継続時間(70dB(A)以上)		測定機数
		60 dB(A)＜			60dB(A)≧	パワー平均値			
		最大値(dB(A))	平均値(dB(A))	機数	機数	(dB(A))	最大値(秒)	平均値(秒)	
A	地上騒音	89.5	70.4	22	5	77.6	66	7.2	27
	その他の騒音	84.0	73.4	23	4	77.4	34	6.7	27
B	地上騒音	96.5	80.0	14	10	86.4	64	18.3	24
	その他の騒音	86.0	71.9	20	14	77.2	21	4.8	24
C	地上騒音	73.0	64.6	12	11	63.4	11	0.5	23
	その他の騒音	79.0	69.8	14	9	70.6	11	1.8	23
D	地上騒音	86.5	73.8	19	1	79.7	55	16.0	20
	その他の騒音	86.5	80.6	20	0	81.8	52	26.8	20
E	地上騒音	84.5	74.1	23	3	78.0	56	16.3	26
	その他の騒音	83.0	71.3	18	8	72.7	24	3.7	26
F	地上騒音	72.0	67.6	19	3	68.0	3	0.7	22
	その他の騒音	73.0	64.9	18	4	65.2	6	0.3	22
G	地上騒音	75.0	68.2	13	12	67.7	9	1.0	25
	その他の騒音	87.5	76.7	25	0	80.5	72	16.2	25
H	地上騒音	71.5	64.5	11	14	62.4	1	0.0	25
	その他の騒音	72.0	65.3	16	9	64.5	3	0.2	25
I	地上騒音	75.0	66.6	12	14	65.3	5	0.2	26
	その他の騒音	72.5	64.6	17	9	64.3	5	0.3	26
J	地上騒音	72.0	64.3	6	16	60.8	1	0.0	22
	その他の騒音	90.0	83.1	17	5	85.5	45	8.3	22
K	地上騒音	73.5	66.6	8	12	63.9	6	0.3	20
	その他の騒音	74.5	69.7	13	7	69.7	9	2.5	20
L	地上騒音	67.0	62.4	9	12	59.3	0	0.0	21
	その他の騒音	69.5	67.7	9	12	64.5	0	0.0	21
M	地上騒音	67.0	63.4	9	12	60.1	0	0.0	21
	その他の騒音	77.0	71.9	14	7	71.9	10	4.0	21

その他の騒音は，各地点とも比較的にレベルが高く全地点のピークレベルは75.0～93.1 dB（A），継続時間は8.1～43.7秒であった．

ジェット機では地上騒音のピークレベルがその他の騒音のピークレベルより高い地点はなかった．

以上測定結果より，ジェット機については，その他の騒音のピークレベルより地上騒音のピークレベルが高い地点はなく，地上騒音のピークレベルが高いA，B，D，E地点においてもその他の騒音との差はピークレベルで7.1～20.1 dB（A），継続時間で4.0～20.7秒であり，地上騒音の影響は少ないと考えられた．

地上騒音のピークレベルと距離の関係を図2に示した．

地上騒音のピークレベルと距離は，YS－11では$Y=-33.1\times \mathrm{Log}(X)+158$，ジェット機では$Y=-39.4\times \mathrm{Log}(X)+167$（Y：ピークレベルのパワー平均値，X：距離）で示される関係にあった．

3.4.　周波数分析

機種別飛行形態別の1/3オクターブバンドの分析結果を図3に示した．

TAXの場合は，YS－11，ジェット機ともに3.15～4 KHz（中心周波数，以下同様）の高域にピークがみられた．またB737は160～400 Hz，YS－11は63 Hzに別のピークがみられた．全体的にTAXの場合は高音域に高いレベルがみられた．

T/OGの場合は，YS－11は，80，160 Hzにピークがみられ，200 Hzより高いバンドでは漸次減少した．ジェット機では，シャープなピークは認められず，31.5～200 Hzの各バンドとも高いレベルであり，YS－11同様高音域になるにつれレベルは減少していた．全体的にT/OGでは，低音域に高いレベルがみられた．

T/OAの場合は，YS－11は80，160，315 Hzの3つのバンドに顕著な純音のピークがみられた．ジェット機では，160,315 Hzにピークがみられるが50～800 Hz間の各バンドレベルは比較的高かった．

表6　地上騒音及びその他の騒音のピークレベルと継続時間（JET．9月）

地点	形態別	騒音のピークレベル					継続時間(70dB(A)以上)		測定機数
		60 dB(A)＜			60dB(A)≧	パワー平均値			
		最大値(dB(A))	平均値(dB(A))	機数	機数	(dB(A))	最大値(秒)	平均値(秒)	
A	地上騒音	0.0	0.0	0	3	0.0	0	0.0	3
	その他の騒音	89.5	87.3	3	0	87.6	57	43.7	3
B	地上騒音	0.0	0.0	0	2	0.0	0	0.0	2
	その他の騒音	90.0	83.0	2	0	87.2	36	23.0	2
C	地上騒音	67.0	67.0	1	5	59.2	0	0.0	6
	その他の騒音	87.5	75.6	6	0	81.8	46	16.2	6
D	地上騒音	0.0	0.0	0	4	0.0	0	0.0	4
	その他の騒音	97.5	79.6	4	0	91.6	25	13.5	4
E	地上騒音	0.0	0.0	0	5	0.0	0	0.0	5
	その他の騒音	89.0	79.5	4	1	84.6	34	15.0	5
F	地上騒音	0.0	0.0	0	5	0.0	0	0.0	5
	その他の騒音	83.0	73.4	4	1	77.9	32	12.4	5
G	地上騒音	65.5	62.9	6	1	62.6	0	0.0	7
	その他の騒音	96.0	89.6	7	0	91.6	55	37.9	7
H	地上騒音	0.0	0.0	0	7	0.0	0	0.0	7
	その他の騒音	81.5	74.0	6	1	76.8	52	16.9	7
I	地上騒音	61.5	61.5	1	2	56.7	0	0.0	3
	その他の騒音	77.5	72.8	3	0	75.0	42	16.3	3
J	地上騒音	0.0	0.0	0	3	0.0	0	0.0	3
	その他の騒音	95.0	79.3	3	0	90.3	19	10.0	3
K	地上騒音	70.0	64.5	5	2	64.2	0	0.0	7
	その他の騒音	84.5	76.3	7	0	80.7	77	28.3	7
L	地上騒音	62.5	62.5	1	7	53.5	0	0.0	8
	その他の騒音	83.0	74.8	5	3	76.5	56	13.5	8
M	地上騒音	61.5	61.5	1	5	53.7	0	0.0	6
	その他の騒音	91.0	79.7	5	1	84.7	42	16.2	6

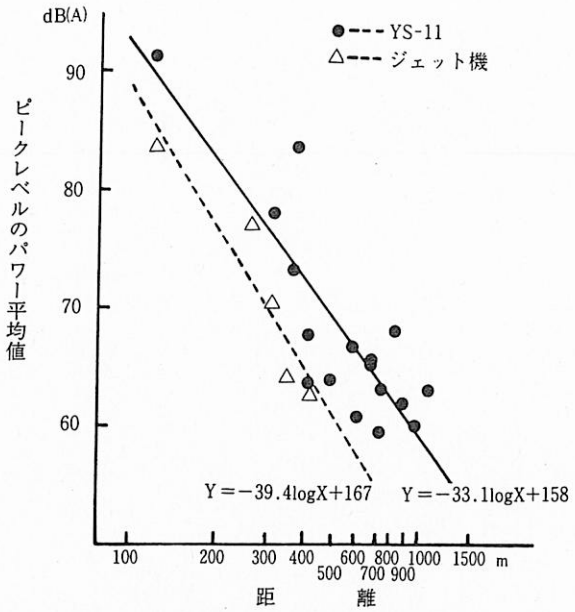


図2　地上騒音のピークレベルと距離の関係

L/Dの場合は，YS−11では63,400 Hz にピークがみられるが，その他のバンドも比較的高かった．ジェット機では，シャープなピークはみられないが，80 Hz ～1.6 KHz 間は高いレベルを維持していた．

R/Vの場合は，ジェット機では2つのピークがみられ，B 737，B 767は50 Hz，DC−9は80 Hz 前後のバンドレベルに高いピークがあり，ついで3機種ともに315 Hz に次のピークがみられ以下高音域ではレベルは低下していた．全体にT/OGよりもさらに低音域に高いレベルがみられた．

機種間の比較をすると，YS−11とジェット機の間で違いがみられ，YS−11は63，160，315 Hz に純音成分を持ち，離陸時に高周波域がジェット機に比べ低くかった．この違いは，騒音の主な発生源であるエンジンが，YS−11ではターボプロップエンジン，ジェット機ではターボファンエンジンであるためと考えられた．

ターボファンエンジンの場合は，騒音源は，更に，

表7　地上騒音及びその他の騒音のピークレベルと継続時間（JET．3月）

地点	形態別	騒音のピークレベル					継続時間(70dB(A)以上)		測定機数
		60 dB(A)＜			60dB(A)≧	パワー平均値			
		最大値(dB(A))	平均値(dB(A))	機数	機数	(dB(A))	最大値(秒)	平均値(秒)	
A	地上騒音	80.5	75.3	3	1	75.8	27	10.5	4
	その他の騒音	99.0	92.0	3	1	95.0	57	25.0	4
B	地上騒音	86.0	82.3	2	3	79.7	22	8.6	5
	その他の騒音	93.5	76.0	4	1	86.8	49	12.6	5
C	地上騒音	0.0	0.0	0	7	0.0	0	0.0	7
	その他の騒音	90.0	75.2	7	0	83.0	48	18.4	7
D	地上騒音	80.0	69.7	3	4	71.8	16	2.3	7
	その他の騒音	97.5	82.6	7	0	91.9	62	23.0	7
E	地上騒音	75.5	68.3	5	1	70.3	11	2.3	6
	その他の騒音	89.0	76.8	5	1	82.4	69	20.5	6
F	地上騒音	63.5	63.5	1	7	54.5	0	0.0	8
	その他の騒音	83.0	75.2	6	2	78.3	32	8.1	8
G	地上騒音	65.0	65.0	1	8	55.5	0	0.0	9
	その他の騒音	98.5	88.3	9	0	92.8	51	22.7	9
H	地上騒音	63.5	63.5	1	7	54.5	0	0.0	8
	その他の騒音	84.5	75.8	8	0	80.5	26	11.0	8
I	地上騒音	64.0	64.0	1	6	55.5	0	0.0	7
	その他の騒音	84.0	77.3	7	0	80.7	28	12.4	7
J	地上騒音	0.0	0.0	0	7	0.0	0	0.0	7
	その他の騒音	110.0	89.6	7	0	102.0	43	19.0	7
K	地上騒音	62.0	62.0	1	5	54.2	0	0.0	6
	その他の騒音	90.5	77.3	6	0	85.0	27	12.3	6
L	地上騒音	61.5	61.5	1	3	55.5	0	0.0	4
	その他の騒音	89.0	81.7	3	1	83.7	31	11.0	4
M	地上騒音	0.0	0.0	0	5	0.0	0	0.0	5
	その他の騒音	98.5	85.3	5	0	92.4	36	19.8	5

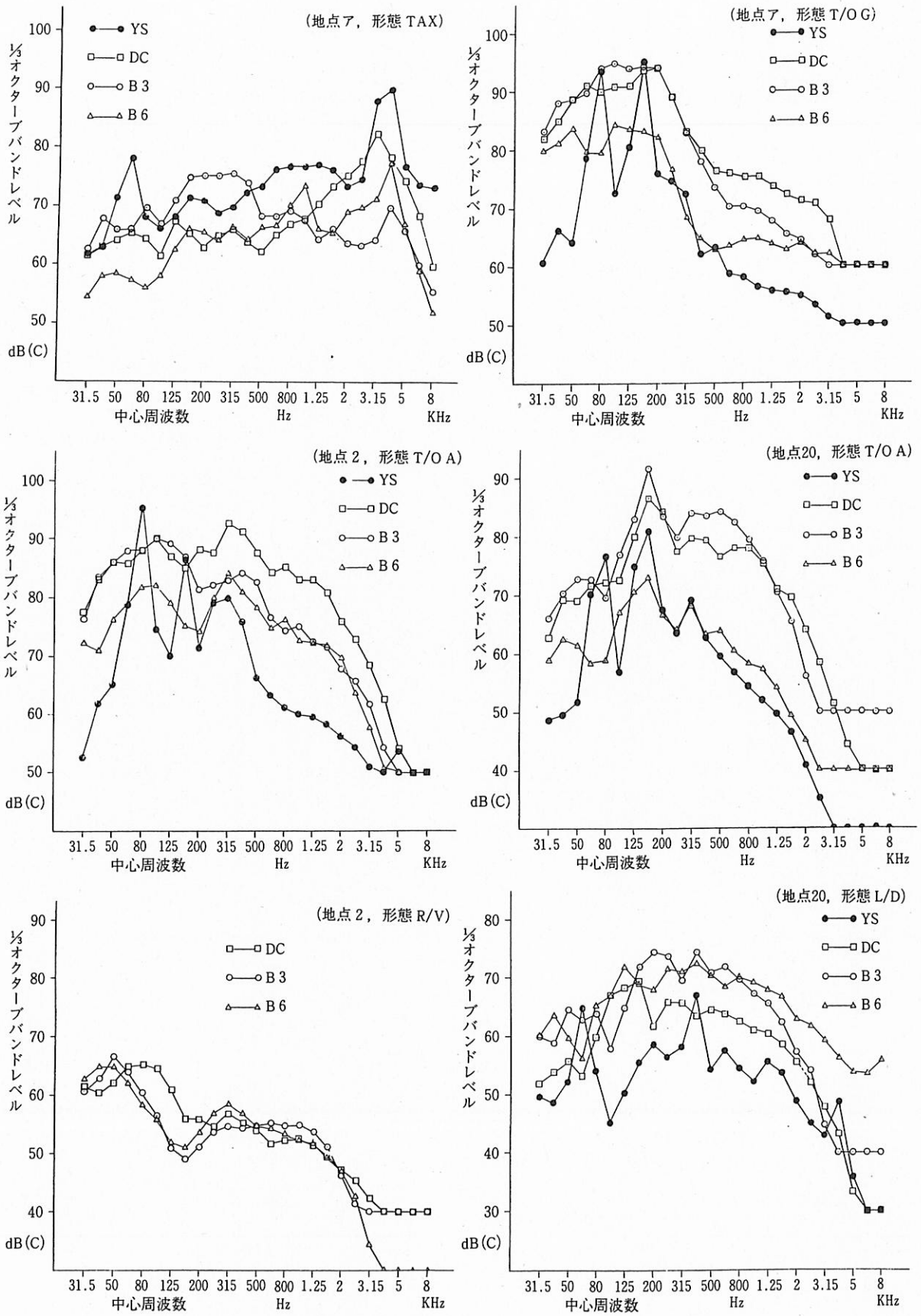

(地点ア，形態 TAX)
(地点ア，形態 T/O G)
(地点 2，形態 T/O A)
(地点20，形態 T/O A)
(地点 2，形態 R/V)
(地点20，形態 L/D)
YS
DC
B 3
B 6
1/3オクターブバンドレベル
dB(C)
中心周波数
Hz
KHz
31.5 50 80 125 200 315 500 800 1.25 2 3.15 5 8

図3　機種別周波数分布

ファン部，コンプレッサー部，タービン部およびジェット部に分類され，それぞれの周波数特性は異なっていて，DC－9およびB737に搭載されているバイパス比1.0～1.5のローバイパスエンジンでは，ジェット部からの騒音が支配的であり，B767に搭載されているバイパス比5前後のハイバイパスエンジンでは，ファン部からの騒音が支配的であるとされている[5)6)]．この様に主要な発生源が異なるためDC－9，B737とB767の周波数特性が異なると考えられたが，調査結果では，ほぼ同じ傾向が示され，逆に同じ機種であっても飛行形態により周波数特性が異なることが示された．

4．ま と め

昭和59年1月，4～5月，7～8月および10月に高知空港周辺において航空機騒音の実態調査を実施し，その結果は次のとおりであった．

(1) 低騒音機と言われているB767のピークレベルのパワー平均値はB737に比べかなり低く，No12，No5，No10，No8，No20地点での離陸時における両機種の差は9.1～11.5 dB（A）であった．

(2) YS－11のピークレベルのバラツキは，空港に近いNo12地点で離陸時1.5 dB（A），着陸時2.2 dB（A）と小さかったが，空港より遠いNo20地点では，飛行コースおよび高度のバラツキのため，離陸時3.9 dB（A），着陸時5.3 dB（A）と大きくなっていた．

(3) WECPNLは，第一種区域周辺のNo1～6，No8～11，No13地点では，71～74であり，WECPNL 75より低かった．また飛行コース下のNo17～23地点では62～71であった．

(4) 駐機場でのアイドリング騒音および誘導路走行中の騒音のピークレベルのパワー平均値と距離の関係は，YS－11でY＝－33.1× Log（X）＋158，ジェット機（B767，B737，DC－9）でY＝－39.4× Log（X）＋167（Y：ピークレベルのパワー平均値，X：距離）で示された．

(5) YS－11では，タクシング（TAX）で3.15～4 KHz，離陸（T/OG）で80,160 Hz，着陸（L/D）で63,400 Hzにそれぞれ顕著な純音成分がみられた．

ジェット機では，B767とDC－9のTAXで3.15～4 KHzに純音成分がみられたが，TAX以外の飛行形態（T/OG，T/OA，L/D，R/V）ではT/OGで31.5～200 Hz，T/OAで50～800 Hz，L/Dで80 Hz～1.6 KHz，R/Vで31.5～400 Hzの広い周波数域で高いレベルがみられた．

文 献

1）高知県：高知空港周辺における航空機騒音実態調査報告書，1980.

2）環境庁：航空機騒音に係る環境基準について，1973.

3）太田晃：航空機の測定―現状と問題点．騒音制御，5（3），9－14，1981.

4）高知県：高知空港周辺における航空機騒音実態調査報告書，1985.

5）東勝美：航空機エンジンの騒音対策．騒音制御，5（3），41－45，1981.

6）子安勝ら：騒音・振動（下），91－94，コロナ社，1982.

高知県における酸性雨調査（第1報）

川村速雄・松尾憲親*
門田泰昌・三宅教資

1．はじめに

欧米諸国では1950年代から雨水の酸性化がみられ湖沼，森林等の生態系に与える影響が深刻な問題となっている[1),2),4)]．我が国においても昭和48年から50年頃関東地方一帯で眼や皮膚の刺激を訴える被害があり「湿性大気汚染」として注目され，その後各地において雨水成分調査が行われるようになった[3),4)]．

幸い高知県における大気環境は良好であり[5)]，酸性雨による被害と思われる報告は現在のところない．

今回の調査は大気汚染のないバックグラウンド地域と県下で比較的大気汚染の進行していると思われる高知市において，雨水の成分分析を行うことにより雨水の組成を明らかにし，県下における酸性雨の状況を把握することを目的として予備的な測定を行ったので，その結果について報告する．

2．調査方法

2.1. 調査地点と付近の概要

調査地点を図1に示す．

2.1.1. 香北町：香美郡香北町永瀬カエタ1328－1，県営永瀬ダム管理事務所屋上．高知市より東北東約30km，海岸線より約23km，物部川上流の永瀬ダム湖岸に位置し，山に囲まれた人口約6300人の山間の町にあり，周囲に汚染源はない．

2.1.2. 越知町：高岡郡越知町越知丸福2562，越知町民会館屋上．高知市より西約32km，海岸線より約18km離れた仁淀川中流の標高約100mの地に位置し，山に囲まれた人口約9,000人の盆地の町にある．

2.1.3. 高知市：高知市小津町10番91号，高知大学附属中学校屋上．西方，北方を四国山地に囲まれ，太平洋に面して発達した人口約30万人の高知市のほぼ中央部で，海岸線より約9km離れた位置にある．付近の汚染源としては，南東約3kmの地点に小規模なセメント，石灰などの工業地帯がある．

2.2. 調査期間

各測定地点の調査は下記の期間に実施した．

香北町：昭和59年4月～昭和60年3月
越知町：昭和59年4月～昭和59年8月
高知市：昭和59年9月～昭和60年3月

2.3. 試料採取

試料は図2に示す採取器により採取した．

ロートで受水した雨水を中間にあるミリポアフィル

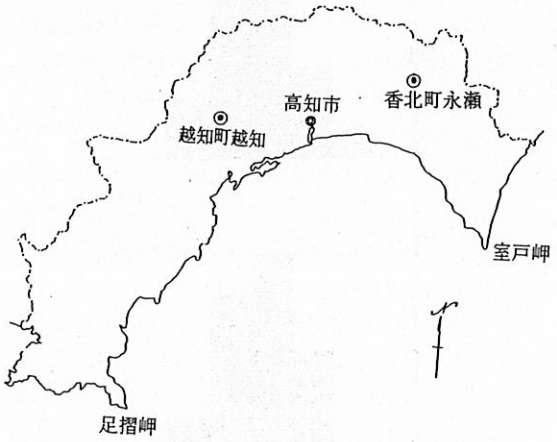


図1 調査地点

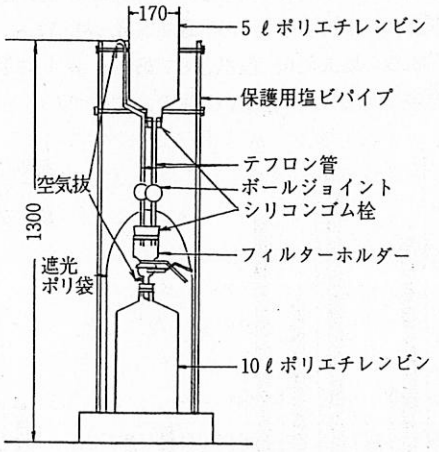


図2 沪過式雨水採取器

* 保健環境部公害対策課

ター（AAWPO，4,700，0.8μm）で口過し不溶解性降下物を除去した．フィルターを通過した溶解性降下物と雨水は黒色ポリエチレン袋で遮光した10ℓポリエチレン瓶に貯留した．

試料の回収及びフィルターの交換は一週間単位で行い，回収した試料を湿性降下物の分析試料とした．

2.4.　調査項目及び分析方法

pH をガラス電極法，E.C. を電気伝導度法，SO_4^{2-} をトリン法，NO_3^- をサリチル酸ナトリウム法，Cl^- をチオシアン酸第二水銀法，NH_4^+ をインドフェノール法，Ca^{2+}，Mg^{2+}，Fe^{3+} を原子吸光々度法，K^+，Na^+ を炎光々度法により分析した．分析法の詳細は環境庁大気保全局大気規制課による昭和59年度酸性雨成分々析調査実施細則に従った．

3．調査結果及び考察

3.1.　降雨状況

高知地方気象台及び高知県の観測資料[6]による調査期間中の月別降水量を図3に示した．各測定地の調査期間中における総雨量は香北町（以下香北という）2,029mm，越知町（以下越知という）1,883mm，高知市（以下高知という）708mmであった．この雨量を同時期の過去5年間（1978～1983）の平均値の月累計雨量と比較すると，香北・越知・高知の平均比は72%，127%，78%のような降雨状況であり，香北・高知は雨量の少ない期間であった．また，雨量を月別にみると，多い月は香北・越知では59年6月で555mm，589mm，高知では60年2月で162mm，少ない月は香北・高知では60年1月で36mm，22mm，越知では60年5月の100mmであった．

3.2.　雨水の pH

3地点における pH は香北で平均値4.6，最大値5.9，最小値4.0，越知で平均4.6，最大5.8，最小3.8，高知で平均4.5，最大5.6，最低3.9であり，表1に示すように同調査時期の平均 pH は香北・越知で4.6，香北・高知では各々4.5，4.6とほぼ同じレベルで地域差は認められなかった．

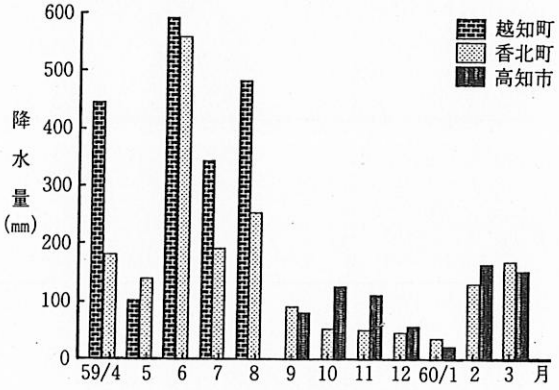


図3　降水量の月変化

図4に各地点における pH の範囲別出現率を示した．最多出現率を示す範囲は香北・高知では4.5～4.9で出現率は各々38%，48%，越知では4.5～4.9，5.0～5.4で出現率は各々34%であった．

また，一般に酸性雨といわれる pH 5.6以下の雨水の全試料に占める割合は，香北で92%，越知94%，高知95%と大部分の試料の酸性化がみられた．

我が国の都市部周辺の雨水の pH は主に3～6の範囲に出現し，平均値は4.5に近いといわれている[7),8)]．昭和57年に八戸，横浜，奈良，神戸，広島で同時に雨水が採取された時の pH の出現範囲は3.7～7.5で，平均 pH は八戸で5.4，他の都市で4.5～4.8と報告されている[9)]．また，世界気象機関（WMO）のバックグラウンド大気汚染測定網の1つである岩手県三陸地方の綾里で1982年，1983年に観測された降水の年平均 pH は各々4.7，4.6と報告されている[10)]．調査方法は異なるが，今回のわれわれの調査結果もほぼ同じレベルであった．

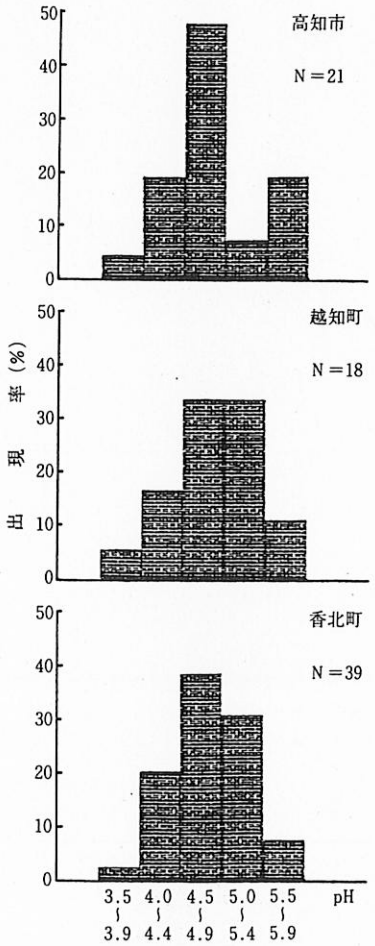


図4　雨水 pH の範囲別出現状況

表1　雨水成分濃度

測定期間	S 59.4～59.8				S 59.9～60.3				S 59.4～60.3	
測定地点	香北町		越知町		香北町		高知市		香北町	
測定項目	平均値	試料数	平均値	試料数	平均値	試料数	平均値	試料数	平均値	試料数
pH	4.6 (5.9～4.0)	20	4.6 (5.8～3.8)	18	4.5 (5.6～3.9)	19	4.6 (5.9～3.9)	21	4.6 (5.9～3.9)	39
E.C. (μS/cm)	21.2 (67.9～4.3)	20	17.9 (49.1～3.1)	18	26.9 (112.5～6.5)	19	47.1 (210.5～9.0)	21	24.0 (112.5～4.3)	39
SO_4^{2-} (μg/mℓ)	2.4 (8.5～<0.4)	19	2.4 (12.0～0.3)	18	2.8 (9.3～0.8)	18	5.3 (13.0～0.6)	19	2.6 (9.3～<0.4)	37
NO_3^- (〃)	0.9 (5.6～0.1)	19	0.9 (5.3～0.1)	18	1.5 (7.6～0.2)	19	1.4 (6.0～0.3)	17	1.2 (7.6～0.1)	38
Cl^- (〃)	1.5 (8.3～<0.2)	19	1.4 (6.1～0.2)	18	1.3 (6.7～<0.2)	19	2.0 (6.8～<0.2)	17	1.4 (8.3～<0.2)	37
NH_4^+ (〃)	0.34 (1.3～0.02)	19	0.26 (0.62～0.06)	18	0.43 (2.5～0.07)	18	0.54 (1.40～0.22)	15	0.38 (2.50～0.02)	34
Ca^{2+} (〃)	0.5 (3.0～<0.2)	19	0.4 (1.6～<0.2)	17	0.3 (1.2～<0.2)	15	1.0 (3.0～<0.2)	16	0.4 (3.0～<0.2)	34
Mg^{2+} (〃)	0.16 (0.72～<0.02)	19	0.11 (0.64～<0.02)	17	0.07 (0.27～<0.02)	15	0.16 (0.49～<0.02)	16	0.12 (0.72～<0.02)	34
K^+ (〃)	0.23 (1.3～0.02)	19	0.11 (0.32～0.05)	17	0.10 (0.28～0.04)	15	0.11 (0.28～0.03)	16	0.17 (1.30～0.02)	34
Na^+ (〃)	0.83 (3.5～0.08)	19	0.74 (3.20～0.11)	17	0.54 (1.79～0.11)	15	0.82 (2.54～0.10)	16	0.70 (3.50～0.08)	34
Fe^{3+} (〃)	<0.05 (0.28～<0.05)	18	<0.05 (<0.05)	17	<0.05 (<0.05)	12	<0.05 (<0.05)	13	<0.05 (0.28～<0.05)	30

注）平均値は算術平均　（　）内は最高最低値を示す.

3.3.　雨水中の各イオン成分濃度

表1に各地点における雨水中のpH・E.C.及び各イオン成分の平均濃度，最高，最低濃度を示した.

同時期の香北・越知での各成分の平均値を比較すると，香北でK^+が若干高いが，他成分についてはほぼ同程度の濃度で地域差はみられなかった.また,香北・高知では工場が多く海岸線に近い高知がE.C.・SO_4^{2-}・Cl^-・NH_4^+・Ca^{2+}・Mg^{2+}・Na^+は高く，これらのうちE.C.・SO_4^{2-}・Mg^{2+}・Ca^{2+}は香北の約2～3倍の濃度を示した.

他県との調査方法が異なるため，単純な比較は困難だが，香北の年平均値と一降水全量採取した長野市，岩手県綾里の年平均値と比較すると，内陸地方都市の長野市の58年4月から59年3月までの平均値[11]はpH 5.06・SO_4^{2-} 3.2μg/mℓ・NO_3^- 2.04μg/mℓ・Cl^- 1.52μg/mℓ・NH_4^+ 0.88μg/mℓ・Ca^{2+} 1.04μg/mℓ・Mg^{2+} 0.09μg/mℓ・K^+ 0.10μg/mℓ・Na^+ 0.55μg/mℓであり，長野市がpHは5.06と高く，NO_3^-・Cl^-・NH_4^+・Ca^{2+}濃度も2倍程度高い値であった.綾里における58年1月から12月までの年平均値[10]はpH 4.6・SO_4^{2-} 1.53μg/mℓ・NO_3^- 0.71μg/mℓ・Cl^- 3.01μg/mℓ・NH_4^+ 0.12μg/mℓ・Ca^{2+} 0.4μg/mℓ・Mg^{2+} 0.22μg/mℓ・K^+ 0.14μg/mℓ・Na^+ 1.61μg/mℓであり，pHは4.6と同じであるがSO_4^{2-}・NO_3^-・NH_4^+は香北がやや高くCl^-・Na^+・Mg^{2+}は綾里が海岸線に近い地点であるためか，2倍程度高い値であった.

図5に香北におけるpH・E.C.及び各イオン成分の四季別平均濃度（採取雨量による加重平均）変化を示した.

pHは，夏から秋，冬はほぼ一定で季節変化は少ないが，E.C.は秋高く，春低い傾向を示した.

陰イオン濃度の季節変化は，Cl^-については8月下旬10号台風（8月20～22日にかけ東シナ海を北上）の影響を受け夏やや高いが，秋から冬，春はほぼ一定の濃度を示した．また，都市周辺で季節変動が大きいといわれているNO_3^-は年間を通して変化は少なくほぼ一定であるが，反対にSO_4^{2-}は季節変動が大きく，秋高く夏低い傾向を示した.

陽イオンではK^+・Mg^{2+}は明らかな季節変動は見られないが，Ca^{2+}・Na^+・NH_4^+の季節変動は大きく，Ca^{2+}は冬，春高く夏から秋に低く，NH_4^+・Na^+は秋高く冬から春に低い傾向を示した．冬，春にCa^{2+}濃度が高い理由としては，この季節には強い季節風が吹きやすく，表層の土壌等が大気中に放出され（典型的な例として大陸からの黄砂）雲滴や雨滴にとりこまれるか，ウォッシュアウトにより直接雨滴にとりこまれるためと考えられる．また，秋SO_4^{2-}・Na^+・NH_4^+濃

度が高いことは，他の季節に比べて降水量，降水日数が少ないためと考えられた．

なお，季節の区分は，春：59年４月，５月，60年３月，夏：６月，７月，８月，秋：９月，10月，11月，冬：12月，60年１月，２月とし60年３月は３週を１ヶ月とした．また，１週単位のサンプリングのため採取日が月を超える場合は，採取日数の多い月の試料とした．

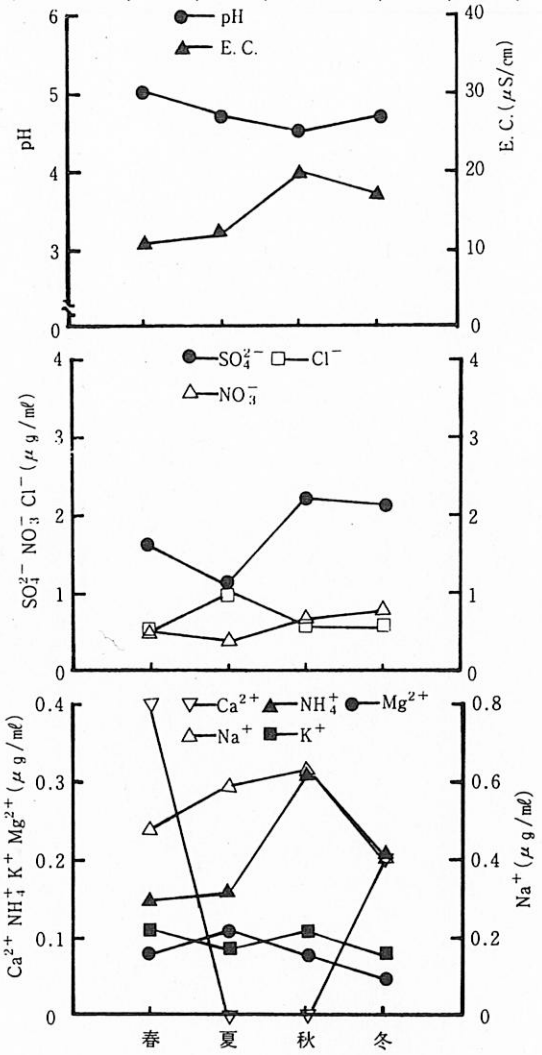


図５　香北町における四季別濃度変化

3.4.　雨水のイオン成分の地上降下量

３地点における雨水のイオン成分の１㎡当りの地上降下量を表２に示した．

同調査時期の香北・越知，香北・高知の降下量を比較すると香北・越知では K^+ を除く各イオン成分は約２倍越知に多く降下しており，香北・高知では各イオン成分とも高知が約２～４倍多く，特に Cl^- は約６倍多い降下が認められた．

また，各地点ともに降下物の中で SO_4^{2-}・NO_3^-・Cl^-・Na^+ の降下量が多く，この４成分の総降下量に占める割合は約83～86％であり，その順位は59年８月までの香北・越知では各々 $SO_4^{2-}>Cl^->Na^+>NO_3^-$・$Cl^->SO_4^{2-}>Na^+>NO_3^-$，９月以降の香北・高知では各々 $SO_4^{2-}>NO_3^->Na^+>Cl^-$・$SO_4^{2-}>Cl^->Na^+>NO_3^-$ の順であった．

雨水のイオン成分の降下量は濃度と降水量との関係できまる．したがって８月までの香北・越知における Cl^-・Na^+ の降下量が多いことは10号台風の影響によるもので，台風通過時の試料は香北で2,900mℓ（Cl^- 4.9μg/mℓ・Na^+ 2.5μg/mℓ），越知で4,020mℓ（Cl^- 6.1μg/mℓ・Na^+ 3.2μg/mℓ）と多く，調査期間中の Cl^-・Na^+ の総降下量に占める割合は香北・越知で Cl^- は62％，46％，Na^+ は50％，41％と多い．この試料を除くと４成分の順位は香北・越知で各々 $SO_4^{2-}>Cl^->NO_3^->Na^+$・$SO_4^{2-}>Cl^->Na^+>NO_3^-$ となり，通常の場合は３地点とも SO_4^{2-} の降下量がもっとも多くなる．

表３に香北における四季別地上降下量を示した．Ca^{2+} 以外のイオン成分は夏の降水に多く，年間を通

表２　地点別雨水中の各イオン成分地上降下量

測定期間	S 59.4～59.8				S 59.9～60.3				S59.4～60.3	
測定地点	香北町		越知町		香北町		高知市		香北町	
イオン成分	月平均	総降下量	月平均	総降下量	月平均	総降下量	月平均	総降下量	月平均	総降下量
SO_4^{2-} (mg/m²)	270	1,300	440	2,200	130	920	250	1,700	190	2,300
NO_3^- (〃)	86	430	150	770	44	310	77	540	62	740
Cl^- (〃)	200	1,000	470	2,300	27	190	150	1,100	100	1,200
NH_4^+ (〃)	34	170	58	290	15	110	38	270	23	280
Ca^{2+} (〃)	39	200	77	390	14	100	53	370	25	300
Mg^{2+} (〃)	24	120	47	230	3.5	24	13	91	12	140
K^+ (〃)	22	110	28	140	5.1	36	8.3	58	12	150
Na^+ (〃)	130	640	270	1,400	28	190	76	530	70	830

表3　香北町における四季別地上降下量

季節＼イオン成分	SO_4^{2-} (mg/m²)	NO_3^- (mg/m²)	Cl^- (mg/m²)	NH_4^+ (mg/m²)	Ca^{2+} (mg/m²)	Mg^{2+} (mg/m²)	K^+ (mg/m²)	Na^+ (mg/m²)	総降下量 (mg/m²)
春	690	220	200	63	160	33	47	210	1,600
夏	910	290	810	130	80	92	73	480	2,900
秋	290	97	80	42	17	9.8	14	81	630
冬	370	140	110	38	38	9.1	14	69	790

してもっとも多く降下するイオン成分は SO_4^{2-} 2,300mg/m²，次に Cl^- 1,200mg/m²・Na^+ 830mg/m²・NO_3^- 740mg/m²・Ca^{2+} 300mg/m²・NH_4^+ 280mg/m²・K^+ 150mg/m²・Mg^{2+} 140mg/m²の順であった．

3.5.　雨水中のイオン組成

雨水中の陽イオン和（H^+・NH_4^+・Ca^{2+}・Mg^{2+}・K^+・Na^+）と陰イオン和（SO_4^{2-}・NO_3^-・Cl^-）を測定地点別に図6～8に，また，雨水中の陽イオンと陰イオンの成分組成（当量濃度）を図9に示した．図6～8をみると H^+・NH_4^+・Ca^{2+}・K^+・Na^+・SO_4^{2-}・NO_3^-・Cl^- の9種のイオンで雨水中の陽イオンと陰イオンのバランスがほぼとれており，この9種のイオンで雨水中のイオン構成が判断されると思われる．

雨水中のイオン成分組成は図9より，陽イオンについては香北と越知で同じ傾向を示し $Na^+ > H^+ > Ca^{2+}$

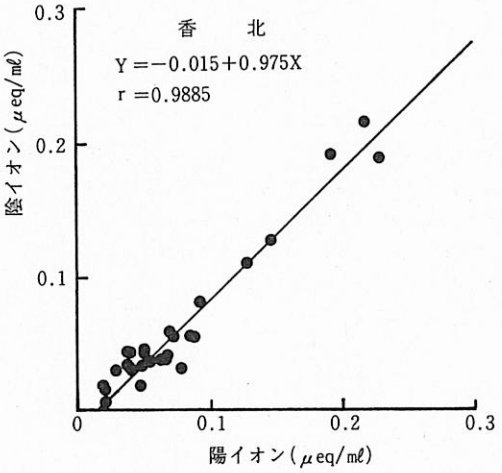


図6　雨水中の測定した陽イオンと陰イオンのイオンバランス

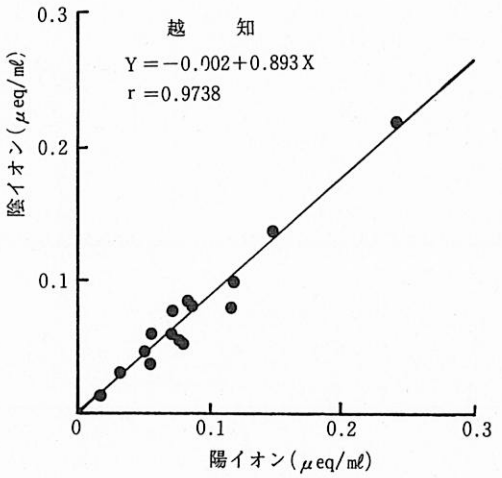


図7　雨水中の測定した陽イオンと陰イオンのイオンバランス

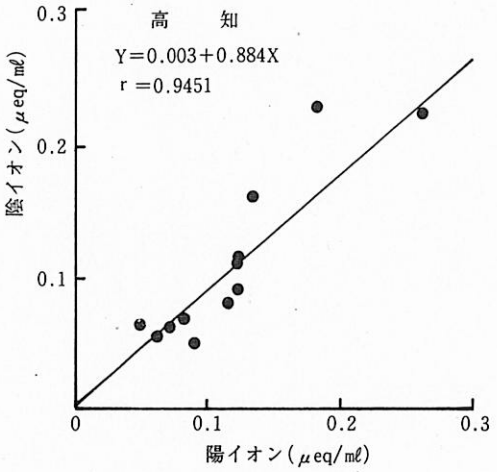


図8　雨水中の測定した陽イオンと陰イオンのイオンバランス

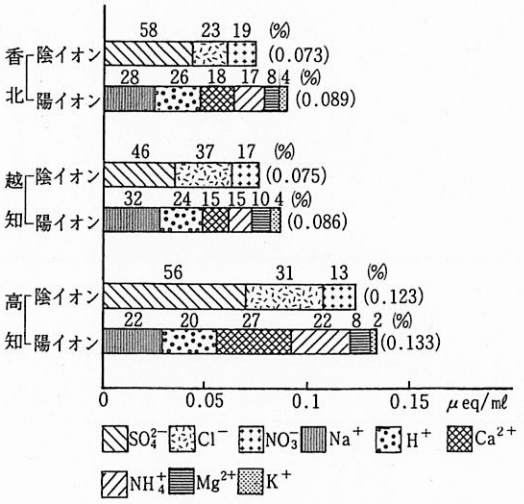


図9　雨水中の陽イオンと陰イオンの成分組成

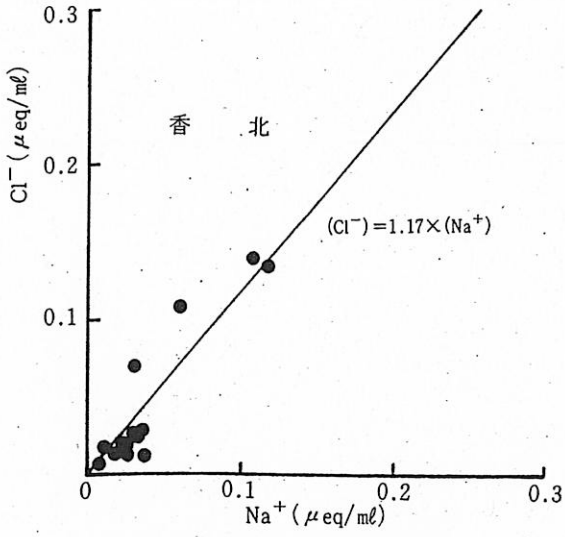


図10　雨水中の Cl^- と Na^+ との関係

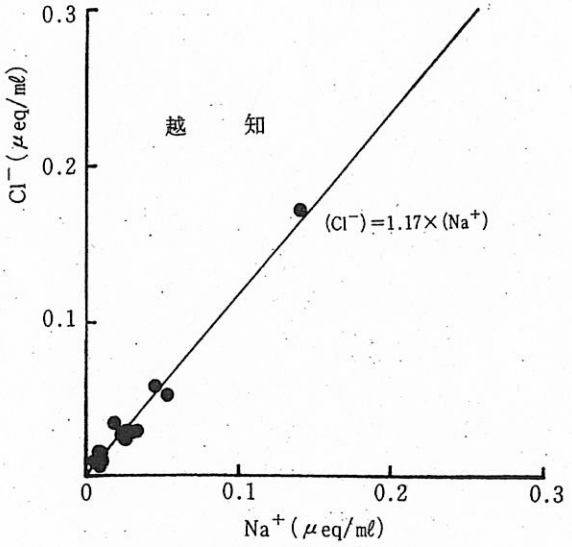


図11　雨水中の Cl^- と Na^+ との関係

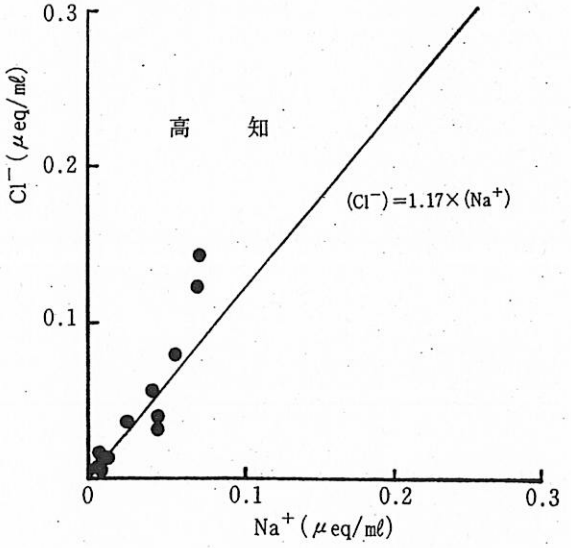


図12　雨水中の Cl^- と Na^+ との関係

$=NH_4^+>Mg^{2+}>K^+$ の順であり，高知では $Ca^{2+}>NH_4^+=Na^+>H^+>Mg^{2+}>K^+$ の順であった．陰イオンについては香北，越知及び高知の3地点とも同じ傾向を示し $SO_4^{2-}>Cl^->NO_3^-$ の順であった．

地点別に比較すると香北と越知は同じ傾向を示しており，この2点に比べ高知は全体の濃度が増加しているとともに，Ca^{2+} と NH_4^+ の構成割合が増加していた．

雨水中の Cl^-/Na^+（当量比）は図10～12にみるように，海水中の $Cl^-/Na^+=1.17$ に近い値であった．

3.6.　雨水成分相互の関係

雨水成分及び降水量の相互の相関係数を測定地点別に表4～5に示した．地点別に表をみると香北においては pH と Cl^-・Ca^{2+}・Mg^{2+}・K^+・Na^+ のそれぞれの項目間で有意な相関はみられなかったが，これら以外の項目間では有意な相関が認められた．

越知と高知は同じ傾向を示し，pH と他の項目間の相関はみられないものの，E.C. と他の項目間の相関が認められた．また，海塩粒子の影響が考えられる Cl^-・Mg^{2+}・Na^+ のグループとその他の SO_4^{2-}・NO_3^-・NH_4^+・Ca^{2+}・K^+ のグループに分けて表4および表5をみた場合，それぞれのグループ内の相互の相関は認められるが，別のグループに属する項目との間の相関はほとんど認められない．これは，越知及び高知の雨水成分は海塩粒子の影響を強く受けているためと考えられた．

4．おわりに

昭和59年4月から昭和60年3月までの期間に香北（1年間），越知（5ヶ月間），高知（7ヶ月間），において一週単位で雨水を採取し pH・E.C. 及び NH_4^+・Ca^{2+}・SO_4^{2-}・NO_3^- 等の成分調査を行った結果次のことがわかった．

4.1.　pH の出現範囲は3.8～5.9で平均 pH は4.5～4.6と地域差はみられず季節変動もあまりなかった．また，酸性雨といわれている pH 5.6以下の雨水は3地点で92％～95％あり，明らかな酸性化の傾向が認められた．

4.2.　雨水のアニオン，カチオンの当量濃度和の平均値は，香北で0.073 μeq/mℓ・0.089 μeq/mℓ，越知で0.075 μeq/mℓ・0.086 μeq/mℓ，高知で0.123 μeq/mℓ，0.133 μeq/mℓであり，測定された SO_4^{2-}・NO_3^-・H^+・NH_4^+・Ca^{2+} 等の9種のイオン成分でアニオン，カチオンのイオンバランスは比較的よくとれていた．

4.3.　今回，我々が使用した雨水採取器はレイアウト，ウォッシュアウトによる物質の雨水への取り込みの他に，雨水により乾性降下物の可溶性成分が溶出し，

表4　雨水成分の相関係数

香　北

	降　水　量	pH	E. C.	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+
Na^+	−0.5373 (34) ＊＊	−0.1596 (34)	0.7440 (34) ＊＊	0.6155 (32) ＊＊	0.5897 (34) ＊＊	0.8908 (22) ＊＊	0.5236 (34) ＊＊	0.5195 (22) ＊＊	0.9182 (30) ＊＊	0.8350 (34) ＊＊
K^+	−0.6546 (34) ＊＊	−0.2136 (34)	0.8347 (34) ＊＊	0.7492 (32) ＊＊	0.7333 (34) ＊＊	0.8364 (22) ＊＊	0.7397 (34) ＊＊	0.7028 (22) ＊＊	0.8086 (30) ＊＊	
Mg^{2+}	−0.4080 (30) ＊	−0.1612 (30)	0.6905 (30) ＊＊	0.6173 (28) ＊＊	0.5445 (30) ＊＊	0.8367 (21) ＊＊	0.4366 (30) ＊	0.6971 (21) ＊＊		
Ca^{2+}	−0.5949 (22) ＊＊	0.0391 (22)	0.4888 (22) ＊	0.5603 (21) ＊＊	0.5821 (22) ＊＊	0.6855 (18) ＊＊	0.5306 (22) ＊			
NH_4^+	−0.7440 (37) ＊＊	−0.4975 (37) ＊＊	0.8294 (37) ＊＊	0.7573 (34) ＊＊	0.8030 (37) ＊＊	0.6839 (25) ＊＊				
Cl^-	−0.5114 (26) ＊＊	−0.3643 (26)	0.8352 (26) ＊＊	0.7260 (24) ＊＊	0.6498 (26) ＊＊					
NO_3^-	−0.8383 (38) ＊＊	−0.4683 (38) ＊＊	0.8513 (38) ＊＊	0.8157 (35) ＊＊						
SO_4^{2-}	−0.7417 (35) ＊＊	−0.4877 (35) ＊＊	0.9278 (35) ＊＊							
E. C.	−0.7807 (39) ＊＊	−0.6100 (39) ＊＊								
pH	0.3852 (39) ＊									

越　知

	降　水　量	pH	E. C.	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+
Na^+	−0.1434 (17)	0.0261 (17)	0.5954 (17) ＊	0.3818 (17)	0.1914 (17)	0.9274 (16) ＊＊	0.2884 (17)	0.3064 (11)	0.6835 (16) ＊＊	0.4341 (17)
K^+	−0.7598 (17) ＊＊	−0.2002 (17)	0.6902 (17) ＊＊	0.7693 (17) ＊＊	0.7889 (17) ＊＊	0.3125 (16)	0.7784 (17) ＊＊	0.7756 (11) ＊＊	0.1672 (16)	
Mg^{2+}	0.2842 (16)	0.0377 (16)	0.3604 (16)	0.1752 (16)	−0.1289 (16)	0.5490 (15) ＊	0.0817 (16)	−0.1786 (11)		
Ca^{2+}	−0.8204 (11) ＊＊	0.0791 (11)	0.4605 (11)	0.5137 (11)	0.6748 (11) ＊	0.1779 (11)	0.4911 (11)			
NH_4^+	−0.6411 (18) ＊＊	−0.3741 (18)	0.8067 (18) ＊＊	0.8607 (18) ＊＊	0.8380 (18) ＊＊	0.1819 (17)				
Cl^-	−0.2677 (17)	0.2592 (17)	0.6378 (17) ＊＊	0.3886 (17) ＊＊	0.1509 (17)					
NO_3^-	−0.8478 (18) ＊＊	−0.3814 (18)	0.7289 (18) ＊＊	0.8018 (18) ＊＊						
SO_4^{2-}	−0.7618 (18) ＊＊	−0.1592 (18)	0.9200 (18) ＊＊							
E. C.	−0.6489 (18) ＊＊	−0.2796 (18)								
pH	−0.0423 (18)									

＊＊　$\alpha=0.01$で有意　　＊　$\alpha=0.05$で有意　　(　)は試料数

表5　雨水成分の相関係数

高　知

	降水量	pH	E.C.	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+
Na^+	−0.1082 (16)	0.1741 (16)	0.7160 (16) **	0.2625 (16)	0.4828 (16)	0.9245 (15) **	0.2748 (15)	0.5097 (15)	0.9268 (15) **	0.8726 (16) **
K^+	−0.4174 (16)	0.1451 (16)	0.8610 (16) **	0.5775 (16) *	0.7511 (16) **	0.8135 (15) **	0.5948 (15) *	0.7851 (15) **	0.8462 (15) **	
Mg^{2+}	−0.2665 (15)	0.2350 (15)	0.6515 (15) **	0.3344 (15)	0.4327 (15)	0.9332 (14) **	0.1861 (14)	0.6042 (14) *		
Ca^{2+}	−0.8471 (15) **	0.0382 (15)	0.8017 (15) **	0.8161 (15) **	0.8625 (15) **	0.5284 (14)	0.7600 (14) **			
NH_4^+	−0.5978 (15) *	−0.4836 (15)	0.8162 (15) **	0.8880 (15) **	0.9118 (15) **	0.2632 (14)				
Cl^-	−0.3428 (16)	0.0349 (16)	0.7461 (16) **	0.3856 (16)	0.5082 (16) *					
NO_3^-	−0.7320 (17) **	−0.3703 (17)	0.9090 (17) **	0.8921 (17) **						
SO_4^{2-}	−0.8611 (19) **	−0.4198 (19)	0.8846 (19) **							
E.C.	−0.8560 (21) **	−0.2042 (21)								
pH	0.0360 (21)									

** $\alpha=0.01$で有意　　* $\alpha=0.05$で有意　　（ ）は試料数

雨水に取り込まれ，イオン成分濃度に影響を与えていると考えられ，今後雨水の化学的性状をより正確に把握するためには，乾性降下物と雨水別に捕集する必要があると考えられた．

高知県には大規模な大気汚染発生源はほとんどないが，酸性雨は大気汚染物質の長距離輸送に伴う，広域的な汚染現象の１つであることから，今後も酸性雨の成因やその影響などについて監視を続ける必要があると考えられた．

参考文献

1）鶴田治雄：大気汚染物質の長距離輸送，変質および除去過程，天気，28，(12)，3～22，1981.

2）平石伊彦：酸性雨に係る国際的動向，環境技術，12，(12)，828～834，1983.

3）光化学二次生成物質検討会（湿性分科会）：湿性大気汚染調査報告書（総括編），2～33，1981.

4）酸性雨対策検討会：酸性雨に係る情報収集整理結果報告書，3～16，1983.

5）高知県：高知県の公害（昭和58年度年次報告）.

6）高知地方気象台：高知県気象月報，昭和54年１月～昭和60年３月.

7）玉置元則：我が国の雨水の化学的性状，環境技術，14，（2），134，1985.

8）玉置元則：大気の汚染と雨水の酸性化，PPM，15，（3），2～11，1984.

9）環境庁水質保全局：昭和57年度環境庁委託業務結果報告書，分析の自動化に関る研究（酸性雨測定方法），昭和58年.

10）気象庁：大気バックグラウンド汚染観測年報，1982，1983.

11）佐々木一敏：長野県における雨水調査，環境技術，14，（2），161，1985.

高知県公害防止センター所報

第一号

昭和59年度

編　集
発　行：高知県公害防止センター

〒780 高知市丸の内2丁目4番1号

電話 0888-75-6658

印刷所：西 村 謄 写 堂

〒780 高知市上町1丁目6番4号

電話 0888-22-0492(代)