

Ⅶ 報 文

道路近傍における浮遊粉じん等の実態について（Ⅲ報）

藤島 直司 小玉 幹生
斎藤 学 *信太 穰

1 はじめに

近年、東北・北海道の都市部を中心に、スパイクタイヤが道路を摩耗して発生する浮遊粉じん等が、生活環境を悪化させるとして社会問題となっている。

本県でも、昭和58年11月に「スパイクタイヤ使用自粛指導要綱」を制定し、使用自粛期間を定めるなどしてこの問題にとりくんでいる。

当センターでは、昭和57年度からその実態について調査しているが、昭和59年度は、浮遊粉じん、浮遊粒子状物質濃度のほか、道路からの降下堆積物の調査や、道路近傍の土壌中のベンゼン抽出物質量の調査などを行った。

2 調査方法

(1) 調査地点

調査地点は図-1の4地点で、その概要は表-1のとおりである。

表-1 調査地点の概要

No.	調査地点名	舗装状況	車線数	路線名	交通量(台/24h)
1	土崎自動車排出ガス測定局舎(土崎)	アスファルト	2	国道7号	26,000
2	環境技術センター前(八橋)	アスファルト	2	国道7号	34,000
3	中通自動車排出ガス測定局舎(中通)	アスファルト	5	秋田停車場	44,000
4	茨島自動車排出ガス測定局舎(茨島)	コンクリート アスファルト	2	国道7号	23,000

(注) 交通量は昭和58年道路交通センサスより抜粋

* 現：秋田県能代保健所

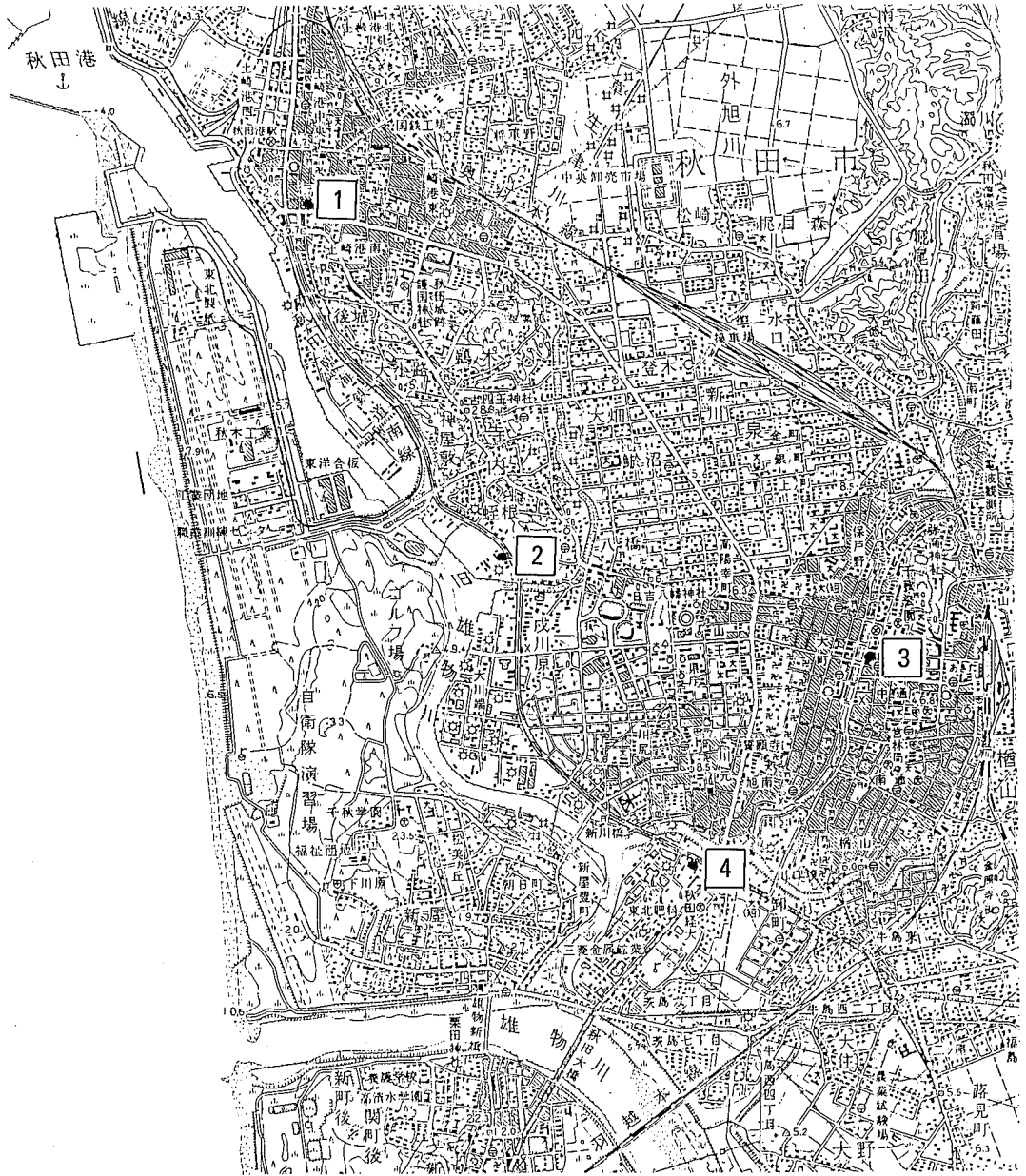


図-1 調査地点

(2) 調査時期および調査内容

調査時期は、昭和59年9、11、12月、昭和60年1、3、4月で、調査内容は表-2のとおりである。

表—2 調査内容

調査項目	使用機器	分析項目
浮遊粉じん	ハイボリウム・エアサンプラー (ろ紙：石英繊維ろ紙 2500 QAST)	浮遊粉じん濃度
浮遊粒子状物質	ローボリウム・エアサンプラー (ろ紙：ハイボリウムと同じ)	浮遊粒子状物質濃度
降下堆積物	プラスチック容器 (47cm×40cm×22cm)	不溶解性物質質量 溶解性物質質量 ベンゼン抽出物質質量
土 壌	—————	ベンゼン抽出物質質量
降下ばいじん	デポジット・ゲージ	不溶解性物質質量 溶解性物質質量

(注) 降下ばいじんは(財)秋田県分析化学センターに調査を委託

(3) 分析方法

○ 不溶解性物質質量

孔径 2 mm のふるいで夾雑物を除去した後ろ過し定量した。

○ 溶解性物質質量

不溶解性物質をろ過した後のろ液を電気炉で灰化し、放冷後定量した。

○ ベンゼン抽出物質質量

ソックスレー抽出法により行った。

3 調査結果

(1) 浮遊粉じんの経月変化

道路端 4 地点における浮遊粉じん濃度の経月変化は表—3 及び図—2 のとおりである。

表—3 浮遊粉じんの経月変化

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

年/月 地点名	59/ 9	59/12	60/ 1	60/ 3	60/ 4
土 崎	—	—	—	391 (91~807)	175 (127~221)
八 橋	110 (88~118)	317 (55~609)	88 (35~132)	379 (143~623)	—
中 通	—	—	—	561 (69~1161)	—
茨 島	—	—	—	479 (103~938)	275 (164~371)

注) () 内は最低・最高値

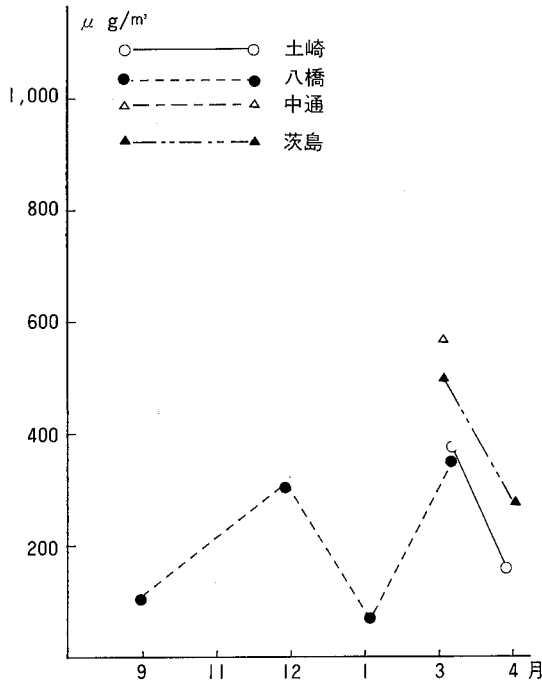


図-2 浮遊粉じんの経月変化

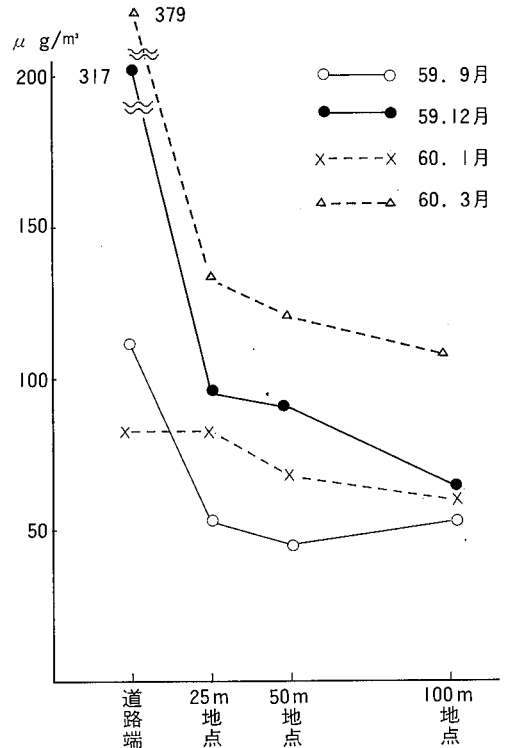


図-3 浮遊粉じんの距離減衰

継続的な調査は少なかったが、その結果はおおむね57、58年度と同様の傾向を示しており、スパイクタイヤ装着期のうち、路面が露出し、乾燥している日の多い12月と3月が浮遊粉じん濃度が高く、1月は積雪と路面の湿潤により浮遊粉じん量が減少している。

(2) 浮遊粉じんの距離減衰

浮遊粉じんの距離減衰の調査は、環境技術センター前（八橋）で行い、その結果は表-4及び図-3のとおりである。

これらを見ると、12月、3月は9月に比べると大きな距離減衰が見られ、25m地点の濃度は、9月は道路端濃度の約1/2なのに対して、12月、3月は共に約1/3となっている。

表-4 浮遊粉じんの距離減衰（八橋）

(μg/m³)

年/月 \ 地点	道路端	25m	50m	100m
59/9	110 (88~118)	53 (45~59)	48 (42~53)	52 (43~56)
59/12	317 (55~609)	99 (24~211)	85 (20~150)	67 (19~121)
60/1	88 (35~132)	88 (37~219)	67 (40~125)	59 (40~96)
60/3	379 (143~623)	132 (57~218)	122 (50~167)	109 (50~159)

注) () 内は最低・最高値

表-5 浮遊粉じんの垂直分布

(μg/m³)

年/月 \ 地点	地上	2階 (高さ4.8m)	3階 (高さ8.6m)
59/10	123 (86~145)	118 (89~134)	130 (89~189)
60/1	155 (96~315)	167 (102~333)	165 (103~323)
60/3	313 (124~521)	336 (124~581)	307 (99~583)

注) () 内は最低・最高値

距離減衰は25m地点までが著しく、その後はゆるやかであり、道路からの影響は浮遊粉じんの場合はおおむね25m以内であると言える。

なお、1月は、積雪と道路の湿潤により道路からの粉じん発生量が少なく、そのために距離減衰はほとんど見られない。

(3) 浮遊粉じんの垂直分布

浮遊粉じんの垂直分布の調査は、国道7号線に面した秋田経法大附属高校の校舎（3階建て）のベランダで行い、その結果は表-5及び図-4のとおりである。

これらを見ると、各高さとも10月<1月<3月と明確な季節変化は見られるものの、高さによる減衰は認められない。しかしながら、前述の距離減衰がほとんど25m以内で完了していることから、垂直方向についても、10m以内でなんらかの変化が認められることが推測される。今回の測定場所は道路に面した校舎であり、浮遊した粉じんは風によりすべてが校舎に衝突し、飛散がすまず、そのために垂直方向の減衰は認められなかったと考えられる。本来、粉じんの測定は、風が通り抜けできる地点で行うべきであり、今後はそのような地点を選定することにより、再度垂直分布状況を調査したいと考えている。

(4) 浮遊粒子状物質濃度の経月変化

浮遊粒子状物質濃度の経月変化は、表-6及び図-5のとおりである。

浮遊粒子状物質についても、浮遊粉じんとほぼ同様の傾向を示しており、スパイクタイヤ装着期のうち3月、4月、12月が高く、1月は積雪と路面の湿潤のため減少している。

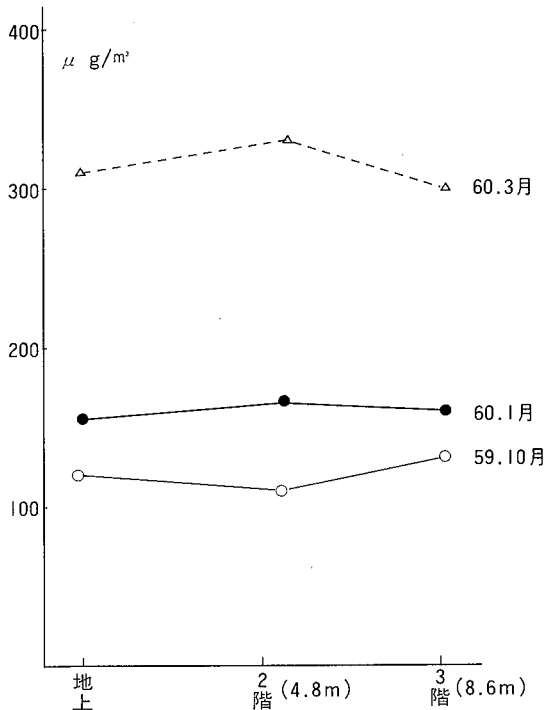


図-4 浮遊粉じんの垂直分布

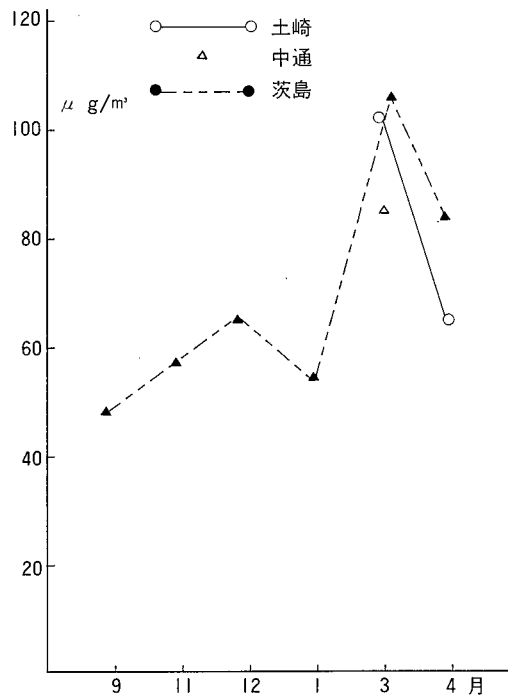


図-5 浮遊粒子状物質の経月変化

表—6 浮遊粒子状物質の経月変化

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

年/月 地点名	59/9	59/11	59/12	60/1	60/3	60/4
土崎	—	—	—	—	102	63
中通	—	—	—	—	88	—
茨島	49	57	65	55	110	83

表—7 降下堆積物の経月変化 (八橋)

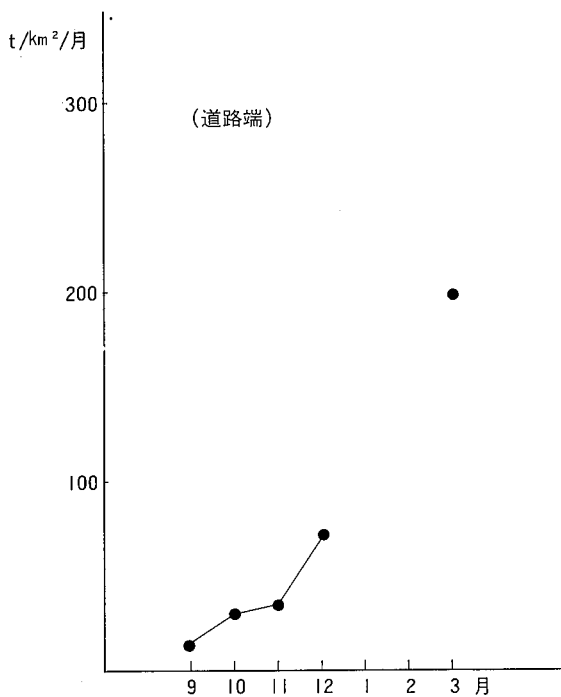
年/月	調査地点	降下堆積物量 ($\text{t}/\text{km}^2/\text{月}$)	ベンゼン抽出物質量 ($\text{t}/\text{km}^2/\text{月}$)	ベンゼン抽出物質量 重量濃度 (%)
59/9	道路端	16.5	—	—
	25 m	2.7	—	—
	50 m	3.4	—	—
	100 m	16.2	—	—
	道路端 (反対側)	43.9	—	—
59/10	道路端	25.3	—	—
	25 m	6.0	—	—
	50 m	3.9	—	—
	100 m	13.2	—	—
	道路端 (反対側)	54.7	—	—
59/11	道路端	29.5	0.80	2.7
	25 m	4.0	0.06	1.6
	50 m	3.9	0.10	2.6
	100 m	—	—	—
	道路端 (反対側)	58.1	1.22	2.1
59/12	道路端	72.5	3.70	5.1
	25 m	5.6	—	—
	50 m	4.5	0.14	3.2
	100 m	61.9	0.43	0.7
	道路端 (反対側)	75.8	4.40	5.8
60/3	道路端	202.3	9.31	4.6
	25 m	24.6	—	—
	50 m	19.2	—	—
	100 m	107.5	3.01	2.8
	道路端 (反対側)	621.0	26.08	4.2

(5) 降下堆積物の経月変化

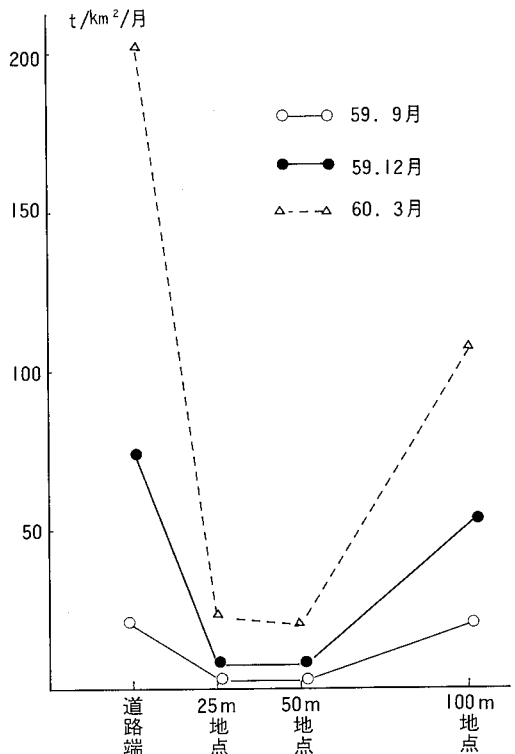
道路から飛散した粉じんは、やがて降下して道路近傍に堆積する（降下堆積物）が、その状況を簡易に調査するために、プラスチック製の採取器を環境技術センター前の各地点（地上）に設置し、降下堆積物量等を測定した。

その結果は表一七のとおりである。

そのうち、降下堆積物の道路の両端での平均値の経月変化は図一六のとおりである。これによると、スパイクタイヤ装着期の12月、3月は、9～11月に比べて降下堆積物量は増加している。なお、1月、2月は欠測であるが、これは測定期間中に採取器に多量の積雪があったためである。従って、この期間は圧雪状態の日が多く、降下堆積物量は12月、3月に比べてかなり減少していたと推測される。



図一六 降下堆積物の経月変化



図一七 降下堆積物の距離減衰

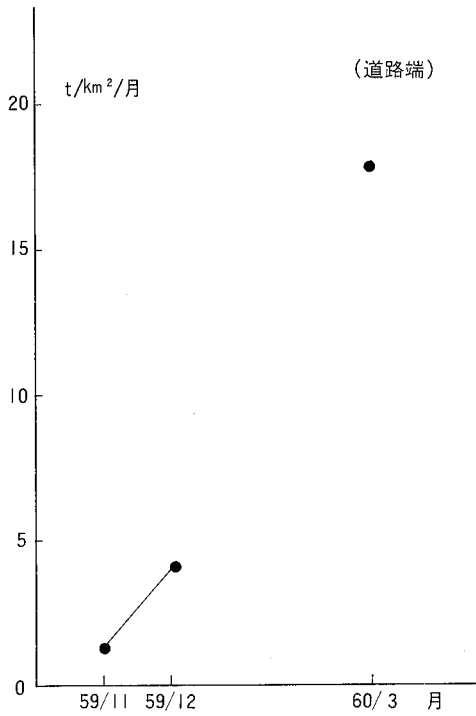
(6) 降下堆積物の距離減衰

降下堆積物の距離減衰を図一七に示す。

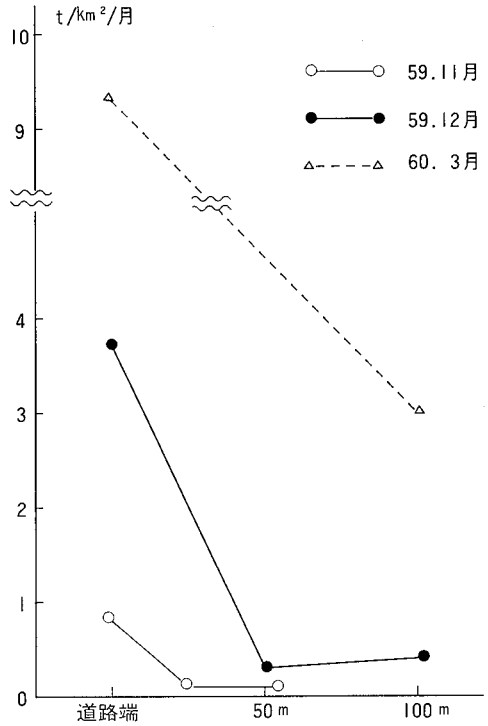
これによると降下堆積物量は浮遊粉じんと同様に25m地点で大部分が減衰しているが、100mの地点では逆に若干増加している。これは、100m地点が空地のそばであり、空地から飛散して来た粉じんの影響であると思われる。

(7) 降下堆積物中のベンゼン抽出物質

表一七から、降下堆積物中のベンゼン抽出物質の経月変化と距離減衰を図示したのが図一八及び図一九である。



図一八 降下堆積物中のベンゼン抽出物質の経月変化



図一九 降下堆積物中のベンゼン抽出物質の距離減衰

これらによると、降下堆積物量とほぼ同様の傾向を示している。すなわち、経月変化は11月に比べて12月、3月が高く、距離減衰はデータ数が少ないが、おおむね25～50m付近で大部分が減衰している。ベンゼン抽出物質は道路のアスファルト成分の指標の一つであるので、このことからスパイクタイヤはアスファルトの道路をけずり、その近傍に道路粉じんを飛散させていることがわかる。

なお、図一九において、50m地点から100m地点にかけてベンゼン抽出物質の増加が見られないことから、図一七における降下堆積物量の増加は道路粉じんに寄因するものではないと考えられる。

(8) 土壌中のベンゼン抽出物質

道路のアスファルト成分の土壌への堆積状況を調査するため、秋田市内の道路近傍6地点で土壌を採取し、ベンゼン抽出物質濃度を測定した。その結果は表一八のとおりである。

表一八 土壌中のベンゼン抽出物質濃度

(59年10月)

地点名 粒径	山王大通 (中央分離帯)	山王大通 隣接の公園	八橋 (中央分離帯)	土崎(1) (中央分離帯)	土崎(2) (中央分離帯)	経法大 附高(花壇)
74 μm 以上	1.59	2.69	2.29 (0.26)	2.91 (0.20)	2.64 (0.23)	0.32
74 μm 未満	2.15	2.24	1.57 (1.49)	2.64 (0.94)	3.00 (0.95)	0.85

(注1) () の値は表層下30cmの値。(注2) 単位は%。

これによるとほとんどの地点(表層)が1.6~3.6%であり、かなり高濃度を示している。経法大附高の花壇では比較的低い値を示したが、これは客土や植物の入れ換えのためと思われる。また、表層での値は、表層下30cmの値に比べて1.1~15倍高く、道路近傍の土壌はアスファルト成分の堆積が著しい。

また、粒径(74 μm)により2つにふるい分けしたが、表層の土壌については、ほとんど差が見られない。ただし、表層下30cmでは粒径の小さい方がベンゼン抽出物質濃度が高いが、これは夏期の高温と長い間の降雨等により土壌中に浸積したアスファルト成分が、小粒径の粒子として土壌中に存在しているか、または相対的に表面積の大きい小粒径の粒子の表面に付着しているためと思われる。

4 考 察

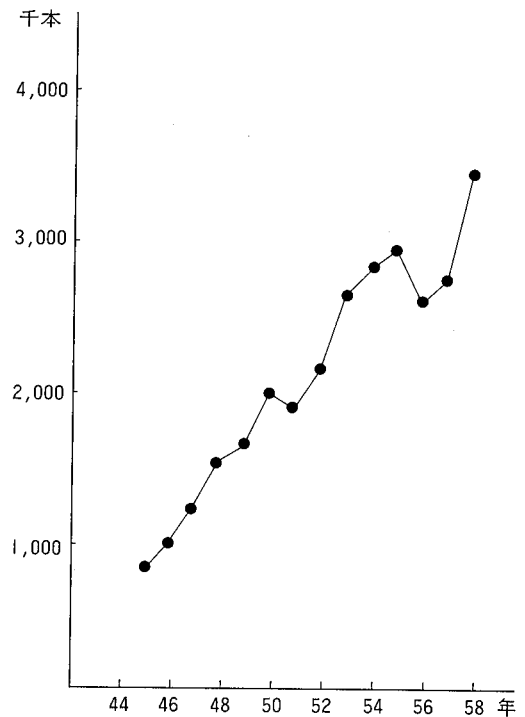
(1) 経年変化

これまでの結果と、57、58年度の調査結果を総合すると、本県においても近年自動車のスパイクタイヤにより道路が摩耗し、道路粉じんを発生させている。

スパイクタイヤは昭和38年頃から使用されていたが、急速に普及し始めたのは昭和45~47年頃と言われており(図一10)、それに伴って都市の道路近傍で道路粉じんの影響が見られるようになってきている。

昭和45年度以降の、秋田市内における降下ばいじん量を、各測定地点(6~10地点)の平均値の経年変化で図示すると図一11(A)のようになる。

これによると、1年間の平均値、スパイクタイヤ装着期(以下「ST期」)である12~4月の平均値及び非装着期(以下「非ST期」)で



図一10 全国のスパイクタイヤ販売本数の経年変化

ある5～11月の平均値ともそれほど大きな変化は見られない。

また、図-11(B)は、測定地点のうち最も道路近傍にある茨島の旧工業試験場前での結果であるがこれを見ると、1年間の平均値は45、46年度頃が高く（これは付近にある石膏工場等の影響と思われる。）、その後減少し、49年度以降は漸減している。57年度以降再度上昇傾向を示しているが、これは調査地点を道路側に移動させたためである。また、S T期の値は、51年度以降は常に1年間の平均値を上回っており、S T期に降下ばいじん量が増加することを示しているが、経年的には増加傾向は見られない。そこで次に、この値と各年度の積雪の状況との関係をもてみると、表-9及び図-12のようになる。すなわち、積雪期間日数（最初に積雪が観測された日（ただしS T期間内）から最後に積雪が観測された日までの日数）から積雪日数（積雪期間中で積雪が観測された日数）を引いた日数とS T期の降下ばいじん量との関係をプロットすると図-12のようになり、51～56年度、57～59年度のデータとも、それぞれ正の相関が認められる。仮に積雪期間とスパイクタイヤ装着期間が等しいと仮定すると、このことは積雪期間であって道路に積雪がない日数と降下ばいじん量との間に正の相関があることになり、道路近傍におけるS T期の降下ばいじん量の変化は積雪の状況に大きく影響をうけることになる。

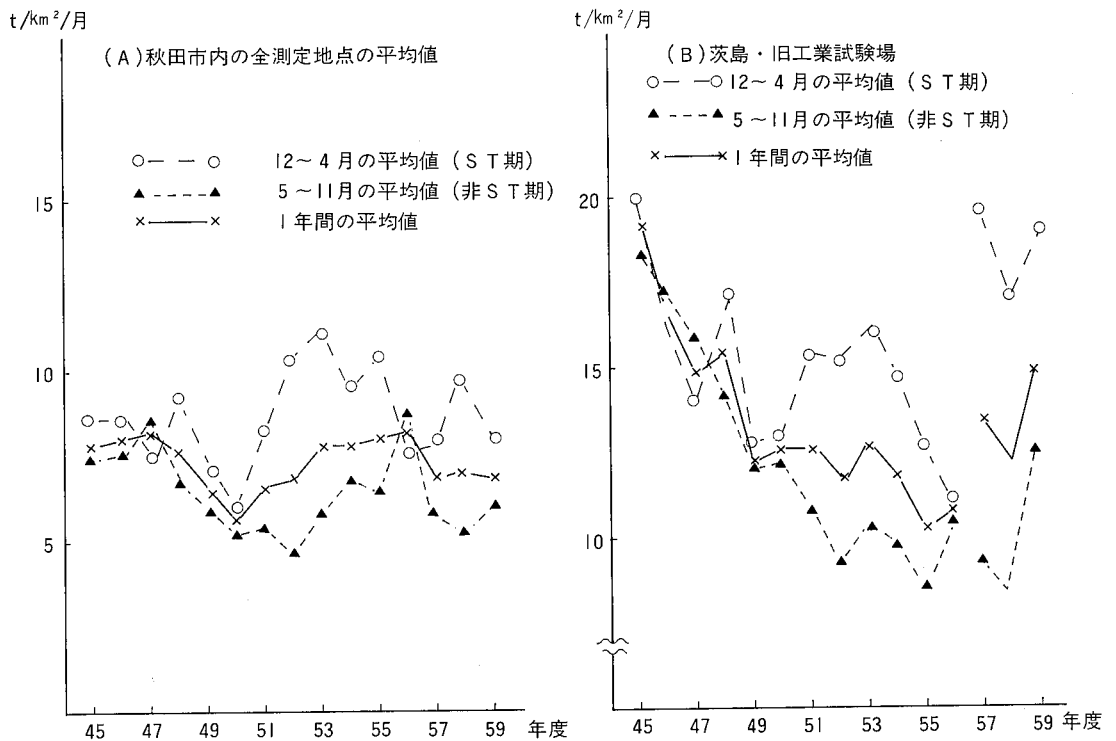
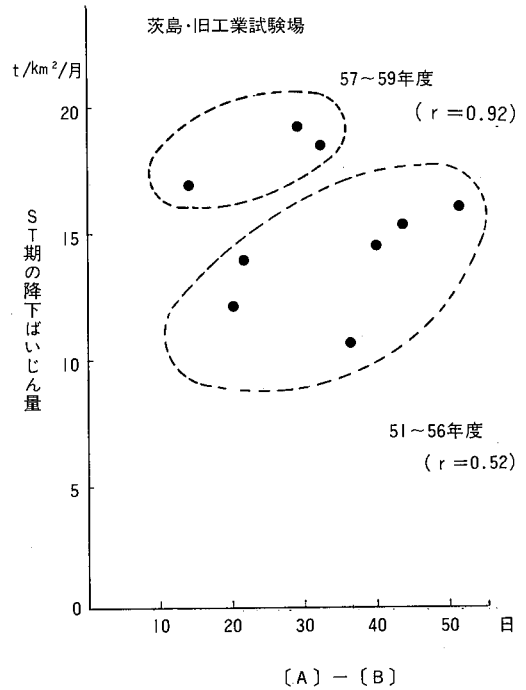


図-11 降下ばいじん量の期間別の経年変化

表一 9 積雪状況とST期の降下ばいじん量との関係

年度	(A)積雪期間 (最終の積雪日 - 最初の積雪日) (日)	(B)積雪日数 (積雪が観測 された日数) (日)	(A)-(B) (日)	ST期の 降下ばいじん量 (t/km ² /月)
51	124	84	40	15.4
52	102	80	22	15.1
53	108	60	48	16.1
54	125	88	37	14.8
55	116	96	20	12.7
56	117	86	31	10.8
57	109	79	30	19.5
58	129	115	14	17.1
59	121	88	33	18.9



図一12 積雪状況とST期の降下ばいじん量との関係

(2) 他県との比較

本県の道路粉じんの発生状況を他県と比較するために一般環境測定局での浮遊粉じんの測定結果を用いて経月変化をみてみた。それを図一13に示す。

ただし、測定地点はいずれもある程度道路近傍と見なされ得る都市計画法に定める商業地域の地点とした。

これによると本県と同様にスパイクタイヤ装着地域である北海道、宮城でもST期には顕著な浮遊粉じんの増加は見られず、自動測定機のデータでスパイクタイヤによる道路粉じんの影響を把握することは困難であることが判明した。

次に、浮遊粉じんと同様に主要都市の降下ばいじんの経月変化を図一14に示す。測定地点は、やはり道路近傍と見なし得る都市計画法の商業地域の地点とした。この図を見ると、秋田県と宮城県は他の4県と著しく異った傾向を示している。すなわち、他の4県は経月変化が比較的小さいのに対して、秋田県と宮城県はST期である12~4月に降下ばいじん量が大きく増加しており、特にスパイクタイヤによる道路粉じん問題が深刻な宮城県(仙台市)ではその傾向が顕著である。

秋田県(秋田市)の特徴は1月及び2月に降下ばいじん量が減少することであり、このことは、図一2及び図一5に示されるように浮遊粉じん及び浮遊粒子状物質についても同様の傾向である。これは前述のとおり、積雪と道路の湿潤のためであり、この時期は道路粉じんに関する問題はほとんどない。

12月だけが、ST期のうちで宮城県より高い値を示しているが、これは若干早くスパイクタイヤ

注1.値は各測定地点の平均値である。
 注2.各測定地点は、いずれも都市計画法の商業地域である。

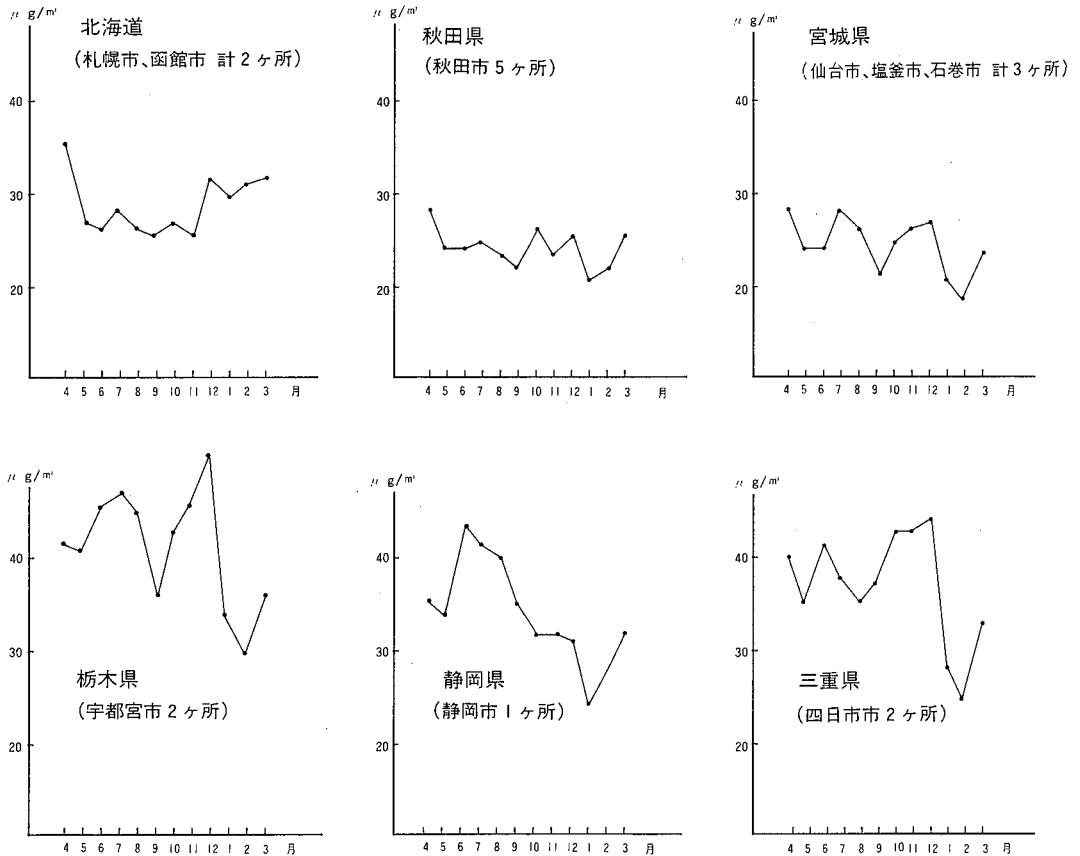


図-13 一般環境における浮遊粉じんの経月変化 (56~58年度)

を装着するためと思われる。しかし、12月の後半には降雪の日が多くなり、道路粉じんは飛散せず堆積される。

従って、本県においては、3月に速やかに道路及びその周辺を清掃することにより、道路粉じんの発生はかなり抑えられるものと考えられる。また、本県の「スパイクタイヤ使用自粛指導要綱」にあるとおり、各運転者にスパイクタイヤ使用自粛期間を遵守させ、使用自粛期間外においても、明らかにスパイクタイヤが不要な場合には、できるだけその使用を自粛するよう呼びかけるなど、この問題に対して各個人の意識の啓蒙を図ることが現段階においては最も重要な対策である。

注1.値は各測定地点の平均値である。
 注2.各測定地点は、いずれも都市計画法の商業地域である。

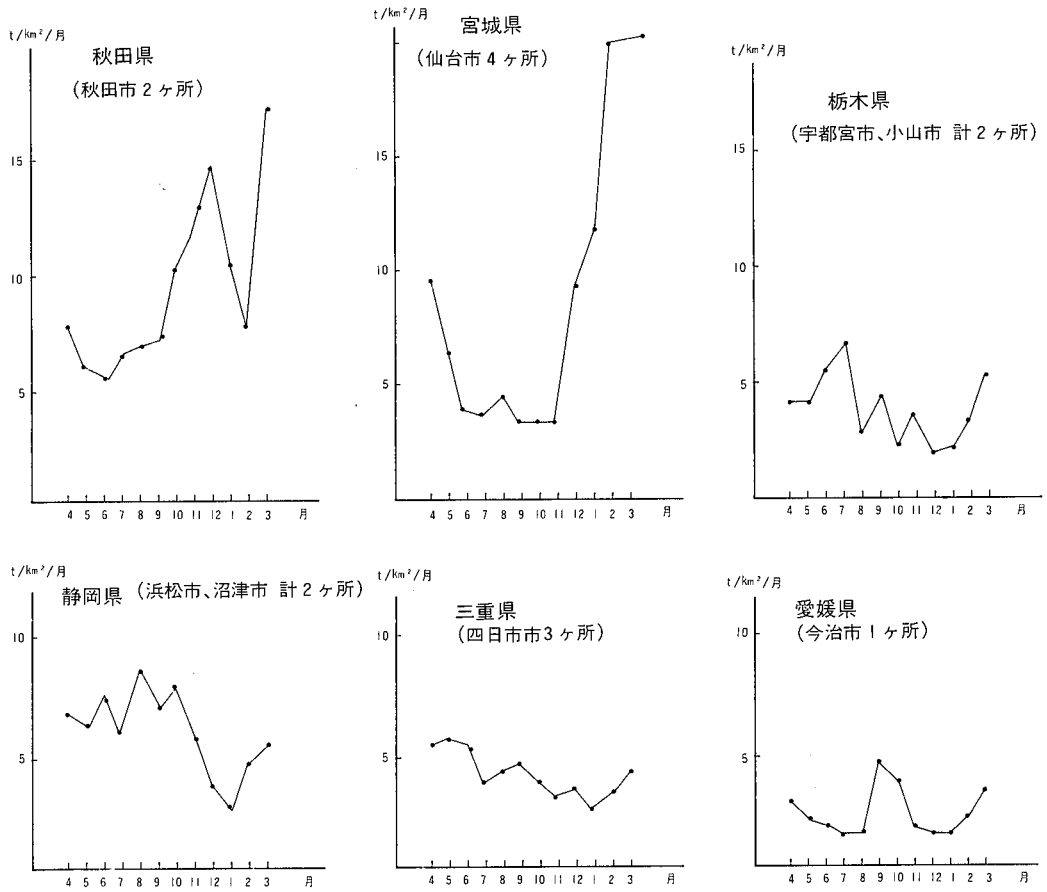


図-14 降下ばいじんの経月変化 (56~58年度)

参 考 文 献

1. 秋田県土木部道路課：昭和58年道路交通センサス (1984)
2. 建試協アスファルト第2分科会：寒冷地に対応した舗装補修・修繕について (1984)
3. 秋田地方気象台：秋田県気象月報
4. 環境庁大気保全局大気規制課：日本の大気汚染状況

都市中小河川の水質日変動と生活パターンとの関連性について

湯川 幸郎 高田 熙 瓜生 信彦
石郷岡 晋 斎藤 勝美

1 はじめに

本県における河川水質の状況は、全般的には良化の傾向にあるものの、都市周辺部の中小河川については高い汚濁水準にあり、環境基準を達成していない水域もある。¹⁾

都市中小河川では、周辺地域の下水道が整備されるにつれて汚濁物質は年々減少する傾向にあるものの、汚濁源の大部分を占める生活排水の影響により、高い汚濁水準にあると考えられる。また、水質は生活排水の影響を受けているため、短時間の間に著しく変動するという報告もある。²⁾

こうしたことから、都市中小河川の水質日変動と生活パターンとの関連性について検討を試みた。

2、対象河川の概要

対象とした河川は、約30万人の人口を持つ中都市の秋田市市街地の北部を流域としている草生津川と県南部にある約5万人の人口を持つ小都市の大曲市市街地を流域としている丸子川とした。

草生津川は、秋田市北東部の農業用水路にその源を発し、農用地を通り市街地の北部から中心部を貫流し、旧雄物川へ注ぐ延長8kmの小河川である。

流域面積は約19km²、流域人口は約65,000人、また、洗たく業、ガソリンスタンド等の工場・事業所は約40ヶ所で、その大部分が中流から下流部に集中している。

丸子川は、奥羽山脈の裾野にその源を発し水田地帯を貫流し、大曲市街地において雄物川と合流する延長19kmの中河川である。

流域面積は204km²で、その大部分が山地および農用地である。流域人口は約21,000人、また、旅館業、ガソリンスタンド等の工場・事業所は約60ヶ所で、その大部分は下流部に集中している。

両河川には公共用水域水質測定の実測点があり、月1回の水質測定が行なわれている。

図一1に示す両河川の下流部におけるBODの経年変化をみると、草生津川は昭和53年度にBODが急激に高くなり、昭和58年度は10mg/ℓの平均値を示している。丸子川は、昭和46年度から昭和58年度まで1～2mg/ℓで推移している。

このように、草生津川と丸子川は流域に市街地をもっているが、下流部における水質はかなり異なっている。

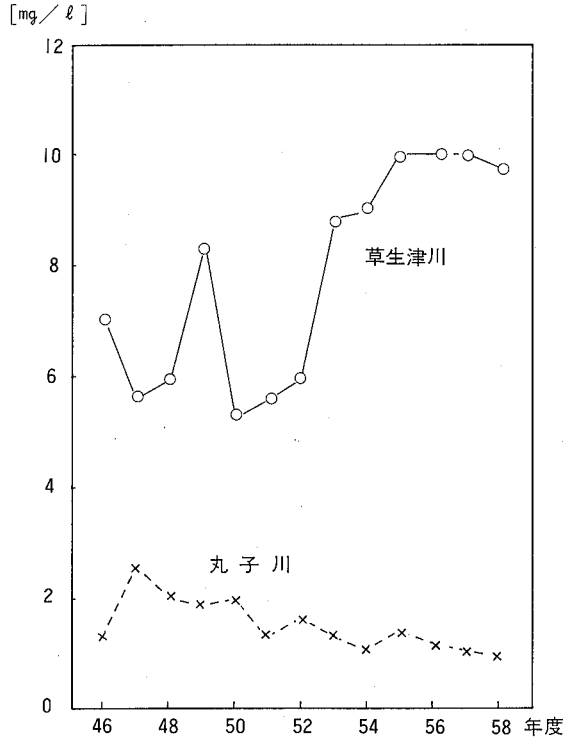


図-1 BODの経年変化

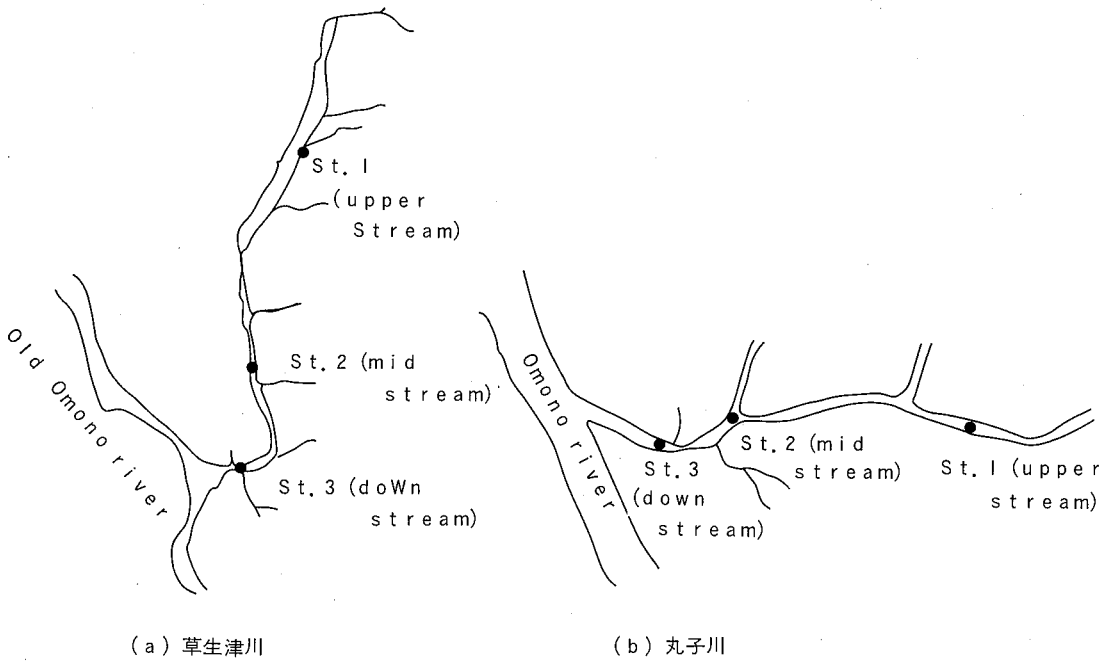


図-2 採水地点

3、調査の内容

採水地点を、図-2に示す。

草生津川の upstream 部は2本に分流されているが、その内の本流をSt、1とした。upstream 部では水路が多数流入しているが、ほとんど全て農業排水路からなっている。合流後、下水路が数本流入した地点を中流部St、2、川の末端を下流部St、3として調査した。

丸子川は、延長19kmの中河川であるが、upstream 部は負荷源がほとんどなく、水質が一定しているため、末端から約5kmの地点をSt、1とし、河川が数本流入後の中流部St、2、末端を下流部St3として調査した。St、3のすぐ近くには生活排水が多量に流入する下水路があり、水質の変動が激しくなっている。

採水月日、時間を表-1に、調査項目および試験方法を表-2に示す。

表-1 採水月日および時間

区分	年月日	地点	時間	回数
草生津川	渇水期 昭和59年11月 6~7日	上流および 中流	10時、14時、19時、22時、5時	5回
	豊水期 昭和60年5月 27~28日	下流	10時から翌日の9時まで1時間間隔	24回
丸子川	渇水期 昭和59年11月 13~14日	上流および 中流	10時、14時、19時、22時、5時	5回
	豊水期 昭和60年5月 9~10日	下流	10時、12時、14時、16時、18時、19時、20時、21時 22時、2時、5時、6時、7時、8時、9時	15回

表-2 分析項目と分析方法

分析項目	分析方法
導電率	JIS K0102-1981 13
PH	JIS K0102-1981 12.1
DO	JIS K0102-1981 32.1
BOD ₅	JIS K0102-1981 21
COD _{Mn}	JIS K0102-1981 17
SS	環境庁告示(S46.12)59付表6
NH ₄ -N、NO ₂ -N NO ₃ -N、T-N PO ₄ -P、T-P	日本テクニコンオートアナライザーII型
クロロフィル- <i>a</i>	海洋観測指針 9.6
Ca	JIS K0102-1981 50.2
Mg	JIS K0102-1981 51.2
Na、K	原子吸光法

Cl ⁻	上水試験法 35
MBAS	JIS K0102-1981 30.1
ヘキサソ抽出物質	環境庁告示(S46.12)59付表9
動植物油脂類 鉱物油	ヘキサソ抽出物質を四塩化炭素で溶解後フロリジルカラムで分離し、日本分光IR-810型赤外分光光度計で定量
大腸菌群数	環境庁告示(S46.12)別表2.1(1) 備考3
TOC	島津 TOC-500形(燃焼-非分散形赤外線ガス分析法)
溶解性 COD _{Mn} T-N T-P TOC	グラスファイバーフィルター(ワットマンGF/C)で濾過後、上記分析法で行った。

備考：ヘキサソ抽出物質の検水は、川の中央部で5ℓの広口ガラスビンに表層水を採取した。

採水は、これまでの月降水量、³⁾水質測定結果⁴⁾および融雪の時期、農業用水の利用状況から、5月を豊水期、11月を渇水期とした。

4、両河川の水質特性

表-3に各水質項目の分析結果を示す。

上流では、草生津川BOD 1.4～2.7 mg/ℓ、平均1.9 mg/ℓ、丸子川0.9～2.8 mg/ℓ、平均1.5 mg/ℓ、また両河川とも渇水期、豊水期をとわずヘキサソ抽出物質0.5 mg/ℓ以下、MBAS 0.05 mg/ℓ以下を示しており清浄な水質をたもっている。

中流では、草生津川BOD 3.5～12 mg/ℓ、平均7.4 mg/ℓ、ヘキサソ抽出物質平均0.6 mg/ℓ、MBAS平均0.43 mg/ℓと汚濁が進行してきている。丸子川では、BOD平均1.2 mg/ℓ、ヘキサソ抽出物質0.5 mg/ℓ以下、MBAS 0.05 mg/ℓ以下で、上流と同様に清浄な水質をたもっている。

下流では、草生津川BOD 3.9～20 mg/ℓ、平均9.5 mg/ℓ、ヘキサソ抽出物質平均5.3 mg/ℓ、MBAS平均0.54 mg/ℓとさらに汚濁が進行してきている。丸子川では、BOD 0.6～13 mg/ℓ、平均5.1 mg/ℓ、ヘキサソ抽出物質最大値1.2 mg/ℓ、MBAS 0.18 mg/ℓとやや汚濁が進行してきている。

表-3 水質の分析結果

(1) 上流(st1)

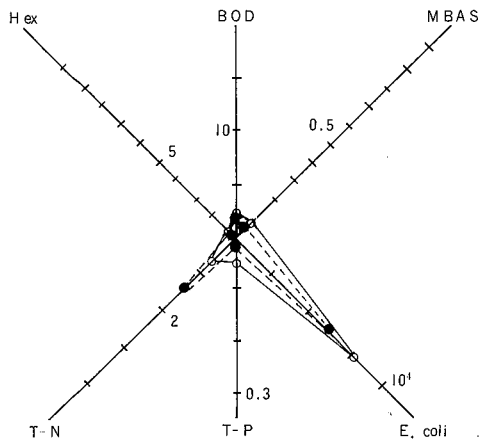
項目	草 津 川						丸 子 川							
	水 期			水 期			水 期			水 期				
	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE
導電率 ($\mu s/cm$)	110	130	110	130	120	110	130	120	130	150	140	120	150	130
PH	6.6	6.8	6.3	6.6	6.4	7.1	7.3	6.4	7.1	7.3	7.2	6.9	7.0	7.0
DO	9.4	12	7.1	10	8.8	11	13	12	9.3	11	10	10	10	10
BOD	1.4	2.7	1.4	2.3	1.8	1.1	2.8	1.9	0.9	1.5	1.1	1.1	1.1	1.1
COD	3.5	4.8	4.7	6.7	5.8	1.0	1.7	1.4	1.9	2.7	2.2	2.2	2.2	2.2
SS	6	13	4	15	9	1	3	2	9	21	14	14	14	14
NH ₄ -N	0.05	0.10	0.87	1.41	1.08	0.02	0.09	0.05	0.30	0.38	0.35	0.35	0.35	0.35
NO ₂ +NO ₃ -N	0.33	0.39	0.17	0.28	0.22	0.42	0.55	0.47	0.62	0.79	0.69	0.69	0.69	0.69
T-N	0.62	0.80	1.22	1.66	1.41	0.49	0.81	0.60	1.03	1.82	1.48	1.48	1.48	1.48
PO ₄ -P	0.02	0.02	<0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02
T-P	0.04	0.06	<0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02
chl-a ($\mu g/l$)	1.3	3.0	5.7	6.6	6.1	0.6	1.2	1.0	0.7	2.0	1.5	2.0	1.5	1.5
Hex (mg/l)	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
油 分	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
動植物油脂類	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
鉱物油	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
MBAS	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Ca	6.2	18	5.3	5.8	5.6	8.7	10	9.5	6.3	9.1	8.0	6.3	9.1	8.0
Mg	2.2	6.0	1.7	2.0	1.8	2.7	3.1	2.9	2.3	2.6	2.5	2.3	2.6	2.5
Na	8.7	10	9.5	13	10	8.5	9.1	8.7	9.4	11	9.8	9.4	11	9.8
K	1.4	2.3	2.2	2.5	2.3	0.5	0.9	0.7	1.4	1.9	1.6	1.4	1.9	1.6
Cl ⁻	13	17	13	15	14	14	15	15	15	17	16	15	17	16
E.coli (MPN/100ml)	7.8×10 ²	3.3×10 ³	1.7×10 ²	7.9×10 ²	4.5×10 ²	7.9×10 ²	1.1×10 ⁴	4.0×10 ³	3.5×10 ²	7.0×10 ³	2.8×10 ³	3.5×10 ²	7.0×10 ³	2.8×10 ³

(2) 中流 (st 2)

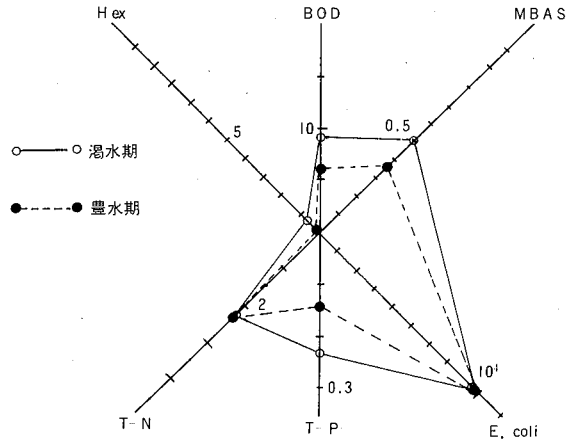
項目	草 生 津 川										丸 子 川													
	濁		水		期		豐		水		期		濁		水		期		豐		水		期	
	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE
導電率 ($\mu s/cm$)	250	340	280	160	210	180	140	150	140	140	140	140	150	140	140	140	130	160	130	160	140	130	160	140
PH	6.7	6.9	6.8	6.5	6.7	6.6	6.5	6.7	6.6	6.6	6.6	7.1	7.2	7.1	7.1	7.1	6.4	6.9	6.4	6.9	6.8	6.4	6.9	6.8
DO	5.6	8.6	6.9	5.2	7.0	6.0	5.2	7.0	6.0	6.0	6.0	11	12	11	11	11	9.5	11	9.5	11	10	9.5	11	10
BOD	5.9	12	8.7	3.5	8.7	6.0	3.5	8.7	6.0	6.0	6.0	0.8	1.8	1.4	1.4	0.8	0.8	1.3	0.8	1.3	1.0	0.8	1.3	1.0
COD	8.0	10	9.0	7.4	9.3	8.0	7.4	9.3	8.0	8.0	8.0	1.0	1.6	1.3	1.3	2.0	3.4	2.0	3.4	2.7	2.0	3.4	2.7	2.7
SS	6	17	13	8	13	10	8	13	10	10	10	1	5	3	3	11	28	11	28	20	11	28	20	20
NH ₄ -N	0.68	0.82	0.54	1.30	1.80	1.56	1.30	1.80	1.56	1.56	1.56	<0.01	0.06	0.04	0.04	0.36	0.59	0.36	0.59	0.48	0.36	0.59	0.48	0.48
NO ₂ +NO ₃ -N	0.64	0.99	0.79	0.29	0.55	0.46	0.29	0.55	0.46	0.46	0.46	0.33	0.43	0.39	0.39	0.74	1.03	0.74	1.03	0.86	0.74	1.03	0.86	0.86
T-N	1.87	2.63	2.25	1.85	2.81	2.30	1.85	2.81	2.30	2.30	2.30	0.41	0.58	0.52	0.52	1.41	2.06	1.41	2.06	1.62	1.41	2.06	1.62	1.62
PO ₄ -P	0.06	0.07	0.06	<0.01	0.10	0.63	<0.01	0.10	0.63	0.63	0.63	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02
T-P	0.21	0.26	0.23	0.04	0.24	0.14	0.04	0.24	0.14	0.14	0.14	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.04	0.01	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02
chl-a ($\mu g/l$)	1.4	3.4	2.2	3.0	6.3	4.5	3.0	6.3	4.5	4.5	4.5	0.5	1.2	0.8	0.8	0.6	2.6	0.6	2.6	1.5	0.6	2.6	1.5	1.5
Hex (mg/l)	<0.5	1.3	0.8	<0.5	0.7	<0.5	<0.5	0.7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
油分	<0.5	1.1	0.8	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
動植物油脂類	<0.5	1.0	0.8	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
鉍物油	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
MBAS	0.39	0.66	0.50	0.08	0.61	0.36	0.08	0.61	0.36	0.36	0.36	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Ca	10	13	12	7.1	8.6	7.9	7.1	8.6	7.9	7.9	7.9	9.0	9.5	9.3	9.3	7.2	8.3	7.2	8.3	7.8	7.2	8.3	7.8	7.8
Mg	3.8	4.7	4.2	2.5	2.8	2.7	2.5	2.8	2.7	2.7	2.7	2.8	2.9	2.8	2.8	2.3	2.6	2.3	2.6	2.4	2.3	2.6	2.4	2.4
Na	18	36	24	14	22	17	14	22	17	17	17	8.2	8.6	8.4	8.4	8.1	9.2	8.1	9.2	8.8	8.1	9.2	8.8	8.8
K	3.5	5.1	4.4	2.7	3.4	3.1	2.7	3.4	3.1	3.1	3.1	0.2	1.1	0.6	0.6	1.6	1.8	1.6	1.8	1.7	1.6	1.8	1.7	1.7
Cl-	29	58	40	18	22	23	18	22	23	23	14	15	15	15	12	16	14	16	14	14	12	16	14	14
E.coli (MPN/100ml)	1.3×10 ⁴	3.3×10 ⁴	2.3×10 ⁴	4.9×10 ³	5.4×10 ⁴	2.9×10 ⁴	4.9×10 ³	5.4×10 ⁴	2.9×10 ⁴	2.9×10 ⁴	2.9×10 ⁴	7.9×10 ²	4.9×10 ³	1.9×10 ³	4.9×10 ³	1.8×10 ³	5.4×10 ⁴	1.8×10 ³	5.4×10 ⁴	1.3×10 ⁴	1.8×10 ³	5.4×10 ⁴	1.3×10 ⁴	1.3×10 ⁴

(3) 下流 (st 3)

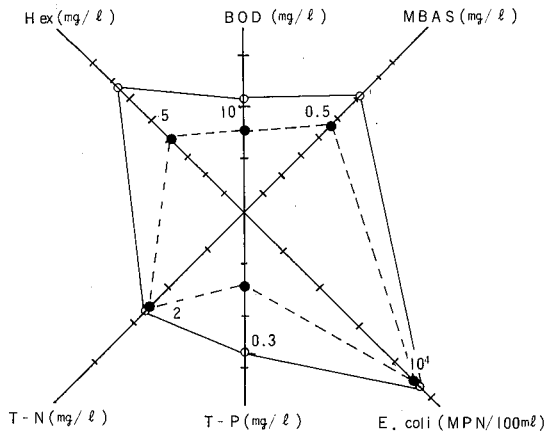
項目	草 津 川										丸 子 川													
	濁		水		期		豐		水		期		濁		水		期		豐		水		期	
	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE	MIN	MAX	AVE
導電率 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	200	350	280	160	240	190	160	240	190	140	280	190	140	280	190	170	270	200	170	270	170	270	200	
PH	6.6	6.9	6.7	6.5	6.8	6.6	6.5	6.8	6.6	7.0	7.6	7.1	7.0	7.6	7.1	6.2	7.3	7.0	6.2	7.3	6.2	7.3	7.0	
DO	4.9	7.5	6.0	4.2	6.4	5.2	4.2	6.4	5.2	8.2	11	10	8.2	11	10	6.3	10	8.6	6.3	10	6.3	10	8.6	
BOD	6.5	20	11	3.9	16	7.9	3.9	16	7.9	0.6	13	5.6	0.6	13	1.1	5.8	4.5	1.1	5.8	1.1	5.8	4.5	4.5	
COD	7.6	12	9.4	7.1	11	8.7	7.1	11	8.7	1.4	11	4.3	1.4	11	3.2	7.9	5.1	3.2	7.9	3.2	7.9	5.1	5.1	
SS	10	21	15	3	14	9	3	14	9	4	27	10	4	27	10	34	22	10	34	10	34	22	22	
NH ₄ -N	0.60	2.49	1.00	1.50	2.36	1.85	1.50	2.36	1.85	<0.01	0.53	0.18	<0.01	0.53	0.20	0.87	0.63	0.20	0.87	0.20	0.87	0.63	0.63	
NO ₂ +NO ₃ -N	0.52	3.92	0.84	0.25	0.60	0.42	0.25	0.60	0.42	0.29	1.38	0.59	0.29	1.38	1.04	1.44	1.18	1.04	1.44	1.04	1.44	1.18	1.18	
T-N	1.89	7.61	2.67	1.92	3.29	2.51	1.92	3.29	2.51	0.58	2.66	1.14	0.58	2.66	1.79	2.58	2.25	1.79	2.58	1.79	2.58	2.25	2.25	
PO ₄ -P	0.05	0.17	0.07	<0.01	0.11	0.06	<0.01	0.11	0.06	0.01	0.29	0.08	0.01	0.29	0.04	0.18	0.09	0.04	0.18	0.04	0.18	0.09	0.09	
T-P	0.16	0.42	0.27	0.04	0.33	0.14	0.04	0.33	0.14	0.02	0.41	0.15	0.02	0.41	0.05	0.39	0.13	0.05	0.39	0.05	0.39	0.13	0.13	
chl-a ($\mu\text{g}/\ell$)	0.7	3.3	1.6	2.7	8.2	3.8	2.7	8.2	3.8	0.8	1.3	1.0	0.8	1.3	0.9	2.8	1.6	0.8	1.3	0.9	2.8	1.6	1.6	
Hex (mg/ℓ)	<0.5	55	6.7	<0.5	19.9	3.9	<0.5	19.9	3.9	<0.5	1.2	0.5	<0.5	1.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
油 分	<0.5	47	5.9	<0.5	17.0	3.2	<0.5	17.0	3.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
動植物油脂類	<0.5	17	4.1	<0.5	16.3	2.9	<0.5	16.3	2.9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
鉍 物 油	<0.5	31	1.7	<0.5	2.1	<0.5	<0.5	2.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
MBAS	0.25	0.92	0.62	0.15	0.85	0.46	0.15	0.85	0.46	<0.05	0.65	0.17	<0.05	0.65	<0.05	0.48	0.18	<0.05	0.65	<0.05	0.48	0.18	0.18	
Ca	12	15	14	7.4	9.0	8.2	7.4	9.0	8.2	9.8	15	11	9.8	15	8.2	11	9.0	9.8	15	8.2	11	9.0	9.0	
Mg	3.9	5.2	4.4	2.6	2.9	2.7	2.6	2.9	2.7	3.0	3.8	3.3	3.0	3.8	2.5	3.1	2.8	3.0	3.8	2.5	3.1	2.8	2.8	
Na	15	32	23	17	23	18	17	23	18	8.1	30	16	8.1	30	11	34	19	11	34	11	34	19	19	
K	4.0	6.5	4.7	2.8	3.5	3.2	2.8	3.5	3.2	0.4	2.7	1.2	0.4	2.7	1.8	3.4	2.5	0.4	2.7	1.8	3.4	2.5	2.5	
Cl ⁻	26	54	37	18	32	23	18	32	23	15	35	21	15	35	16	28	21	15	35	16	28	21	21	
E.coli (MPN/100ml)	2.4×10^3	5.4×10^5	7.6×10^4	2.0×10^3	2.8×10^5	7.1×10^4	2.0×10^3	2.8×10^5	7.1×10^4	1.7×10^3	1.6×10^5	3.4×10^4	1.7×10^3	1.6×10^5	3.4×10^4	6.2×10^2	9.2×10^4	1.5×10^3	6.2×10^2	9.2×10^4	6.2×10^2	9.2×10^4	1.5×10^3	1.5×10^3



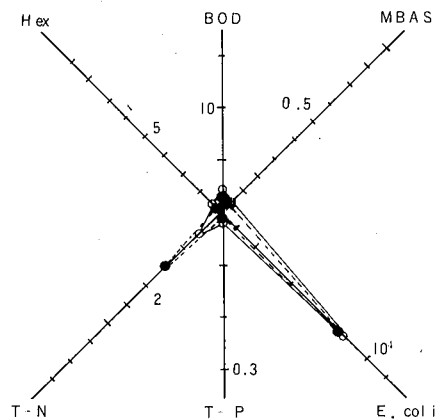
(a) 草生津川上流



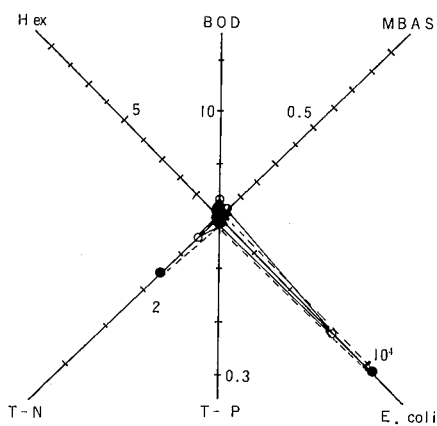
(b) 草生津川中流



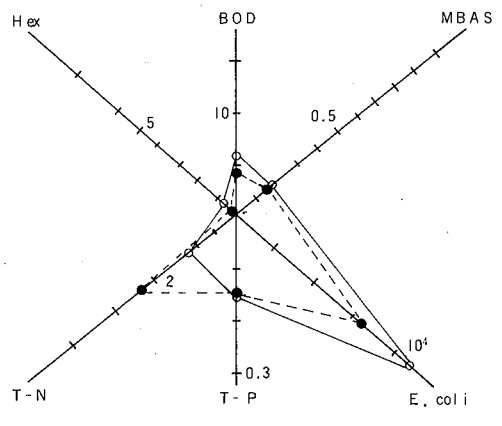
(c) 草生津川下流



(d) 丸子川上流



(e) 丸子川中流



(f) 丸子川下流

図-3 水質平均値のダイヤグラム

図-3に各地点における水質平均値のダイヤグラムを示す。

(a)、(d)、(e)が同じ傾向で農業排水流入型、(b)、(f)が同じ傾向で生活排水流入型⁵⁾を示している。(c)は(b)、(f)と同様な傾向を示しているが、ヘキサン抽出物質が突出しており待異な形態を示している。

しかし、草生津川渇水期で $55\text{mg}/\ell$ 、 $20\text{mg}/\ell$ 、豊水期で $20\text{mg}/\ell$ 、 $14\text{mg}/\ell$ と高い値を示しており、それらを除くと $3.8\text{mg}/\ell$ 、 $2.7\text{mg}/\ell$ となりほぼ同様な形態を示している。

表-4に両河川下流における水質目間の相関係数を示す。

両河川共に、渇水期と豊水期で大きく変動している項目もあるが、BOD~COD~MBAS、T-N~T-Pに高い相関があった。

表-4 水質項目間の相関係数

		BOD	COD	SS	T-N	T-P	Hex	MBAS
草生津川 (n=24)	BOD		0.79	0.03	-0.07	0.23	-0.11	0.61
	COD	0.76		-0.16	0.15	0.45	-0.17	0.53
	SS	0.45	0.46		-0.29	-0.15	0.61	0.33
	T-N	0.55	0.35	-0.10		0.85	-0.11	0.10
	T-P	0.36	0.23	-0.26	0.85		-0.06	0.43
	Hex	0.27	0.19	0.24	0.21	0.14		0.22
	MBAS	0.63	0.41	0.15	0.85	0.78	0.18	
丸子川 (n=15)	BOD		0.88	0.38	0.72	0.73	0.35	0.74
	COD	0.79		0.65	0.74	0.79	0.32	0.65
	SS	-0.17	0.15		0.50	0.76	0.05	0.27
	T-N	0.10	-0.09	-0.35		0.90	0.57	0.71
	T-P	0.17	0.17	-0.31	0.61		0.44	0.68
	Hex	0.16	0.02	0.32	0.07	-0.15		0.39
	MBAS	0.83	0.93	0.03	0.03	0.24	0.02	

渇水期
豊水期

都市河川ではT-P~MBASに高い相関があり、リンは主として洗剤に由来するという報告⁶⁾もあるが、我々の調査では草生津川0.43、0.78、丸子川0.68、0.24の相関係数であった。やや高い相関が認められる場合もあるが、リン=洗剤という関係が弱くなり無リン洗剤の普及により洗剤からのリンの負荷が減少しつつあると思われる。

5、水質の日変動

上流では、両河川共渇水期、豊水期をとわずSSと大腸菌群数にわずかな日変動がみられるが、他の項目はあまり変動がなかった。

中流では、草生津川は渇水期、豊水期共ほとんどの項目において変動が激しくなっているが、丸

子川は上流と同レベルにある。

下流では、両河川ともほとんどの水質項目が激しく変動している。下流において日変動を把握するため、特異的な値を除いた変動係数の値が10%以上か以下によって区分し表-5に示した。

表-5 下流における各項目の日変動状況

草生津川		丸子川	
変動のある項目			
DO、BOD、SS、NH ₄ -N、T-P、MBAS、Na、Cl ⁻ 、E-coli			
変動のない項目	変動のある項目	変動のない項目	変動のある項目
COD、T-N、PO ₄ -P	chl-a、Hex	油分、動植物油脂類	COD、T-N、PO ₄ -P
変動のない項目			
導電率、PH、(NO ₂ +NO ₃)-N、鉍物油、Ca、Mg、K			

両河川共に変動のある項目は、BOD、SS、MBAS等9項目、変動のない項目は、pH、導電率、鉍物油等7項目であった。草生津川では、動植物油脂類の変動が激しかったが、丸子川では油分がほとんど検出されないため変動がみとめられなかった。

図-4に両河川下流のT-N、NH₄-N、T-P、PO₄-Pの日変動と、草生津川豊水期の溶解性T-N、T-Pを示した。

草生津川では、T-N、NH₄-Nの変動はあまり認められなかったが、T-Nに対するNH₄-Nの比率は渇水期で38%、豊水期で75%と大きく異っていた。

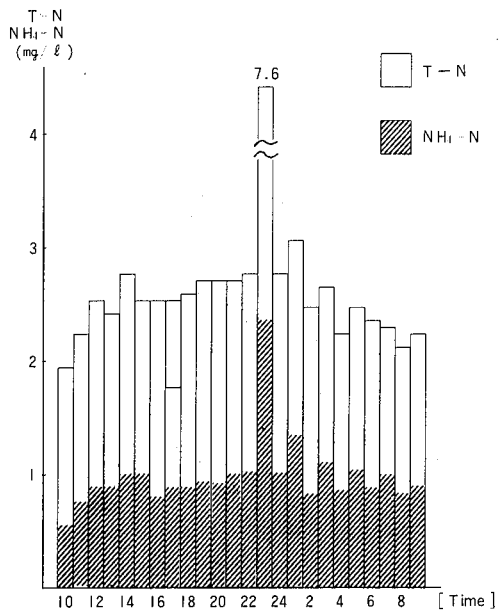


図-4(a) 草生津川下流 渇水期
T-N、NH₄-N

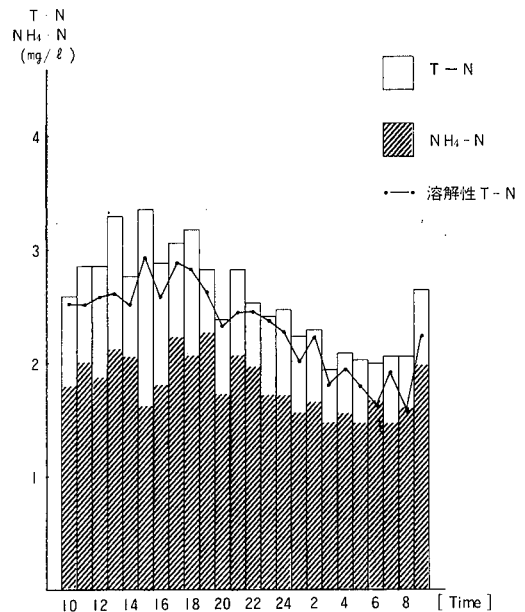


図-4(b) 草生津川下流 豊水期
T-N、NH₄-N

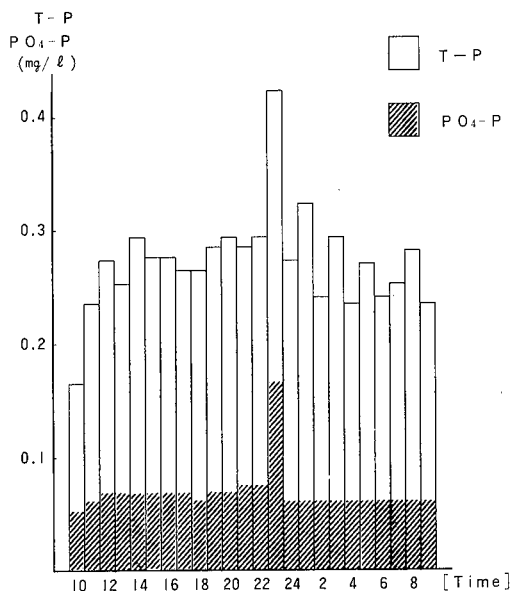


図-4(c) 草生津川下流 渇水期
T-P、 PO_4-P

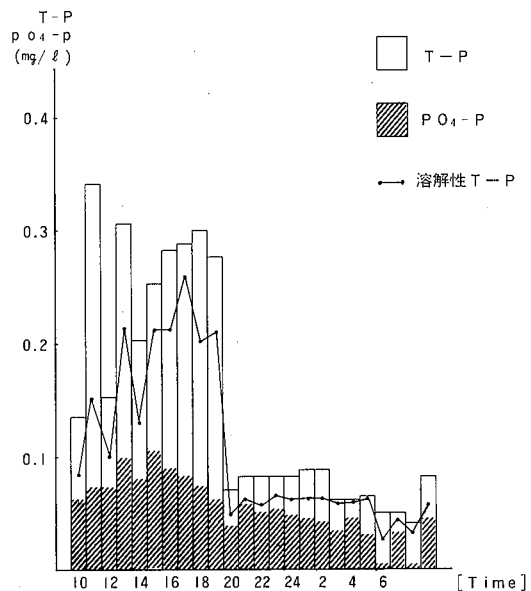


図-4(d) 草生津川下流 豊水期
T-P、 PO_4-P

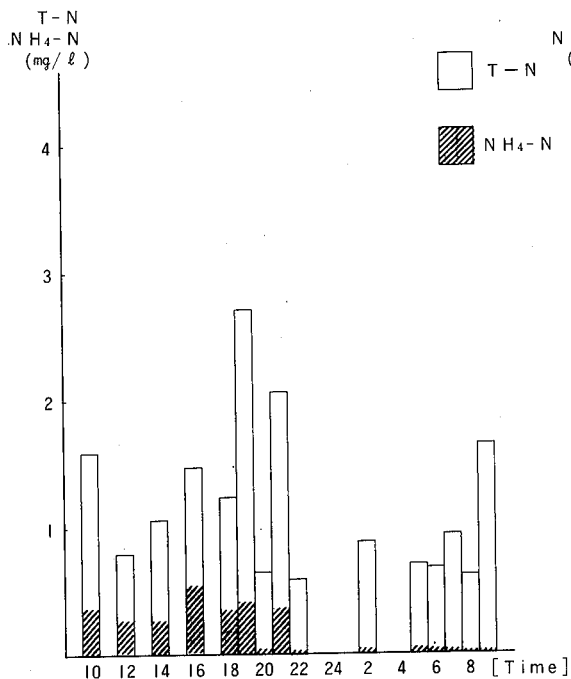


図-4(e) 丸子川下流 渇水期
T-N、 NH_4-N

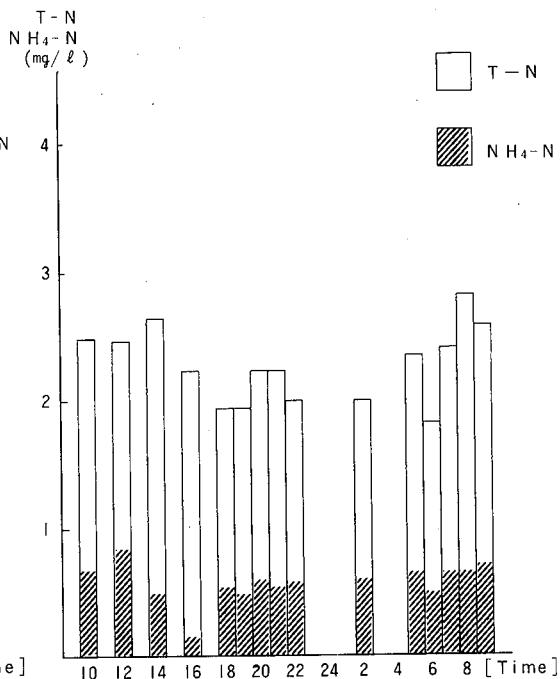


図-4(f) 丸子川下流 豊水期
T-N、 NH_4-N

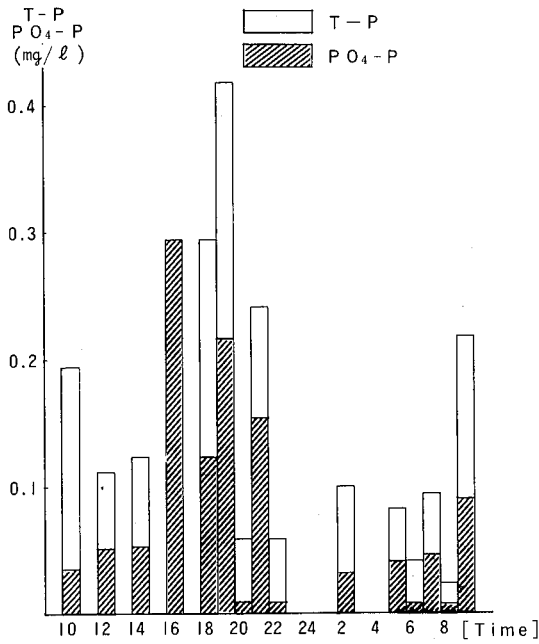


図-4(g) 丸子川下流 渇水期
T-P、PO₄-P

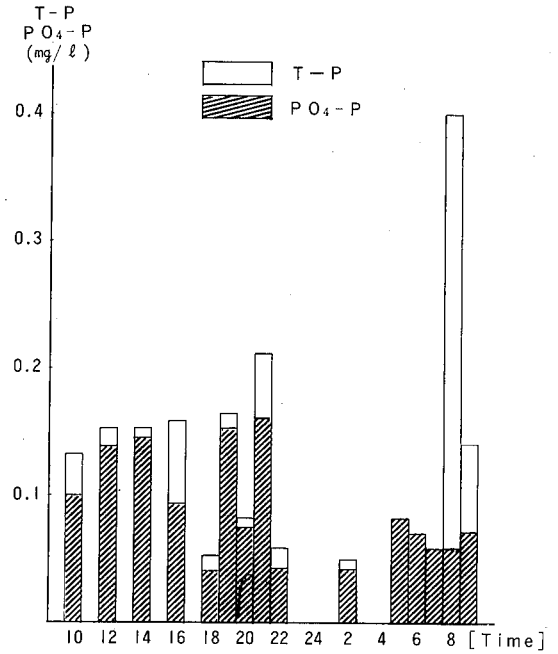


図-4(h) 丸子川下流 豊水期
T-P、PO₄-P

また、T-N中溶解性成分が92%と大部分を占めていた。T-Pは渇水期では変動はあまり認められなかったが、豊水期では夜に対して日中が3~4倍の値を示した。T-Pに対するPO₄-Pの比率は、渇水期25%、豊水期48%を示した。また、T-P中溶解性成分が77%と大半を占めていた。

丸子川では、T-N、NH₄-Nは渇水期で大きな変動を示したが、豊水期ではあまり変動が認められなかった。T-Nに対するNH₄-Nの比率は渇水期で14%、豊水期で28%と小さくNO₃-Nが渇水期で51%、豊水期で47%と約半分を示した。T-P、PO₄-Pは、渇水期、豊水期共に大きな変動を示した。T-Pに対するPO₄-Pの比率は、渇水期44%、豊水期80%と大きく異なっていた。

図-5に草生津川下流の豊水期におけるCOD、溶解性COD、TOC、溶解性TOCの日変動を示す。

CODは20時、TOCは12時に高い値を示しているが、COD、TOC共に日中から夜にかけて高く、夜中から朝にかけてやや減少する傾向がみられた。溶解性成分は、COD77%、TOC81%と大半を占めていた。

人間生活によって影響の受けやすいと考えられる水質項目のBOD、MBAS、ヘキサン抽出物質および動植物油脂類、鉱物油の下流における日変動を図-6に示す。

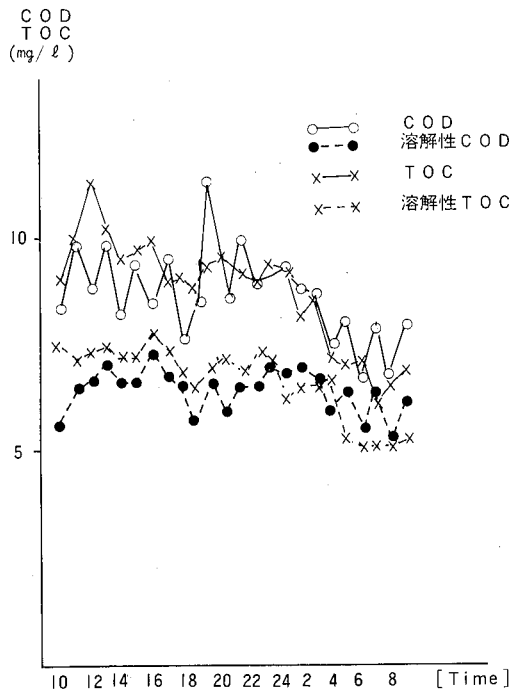


図-5 草生津川下流 豊水期
COD、TOC

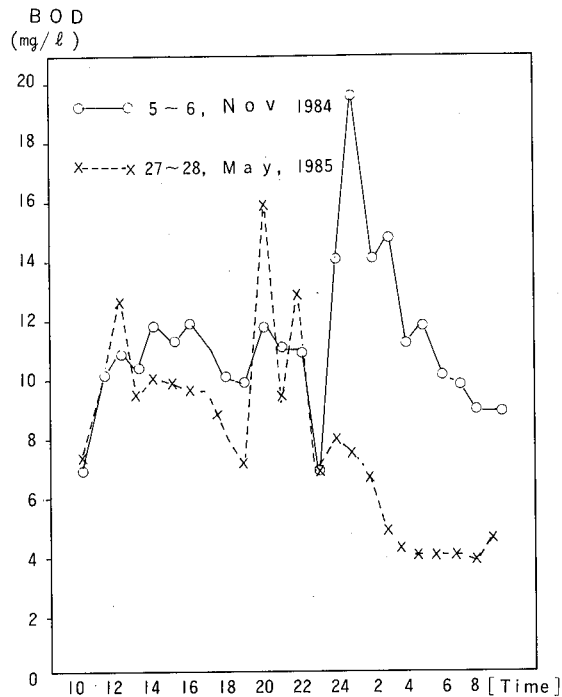


図-6(a) 草生津川におけるBODの日変動

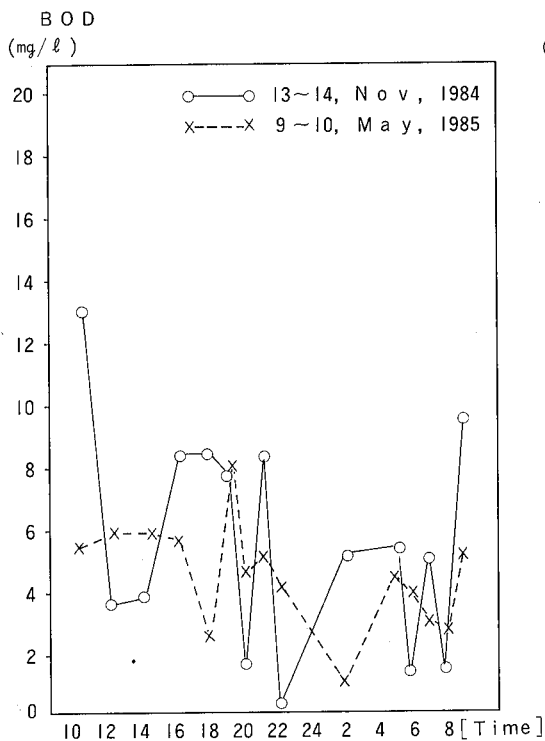


図-6(b) 丸子川におけるBODの日変動

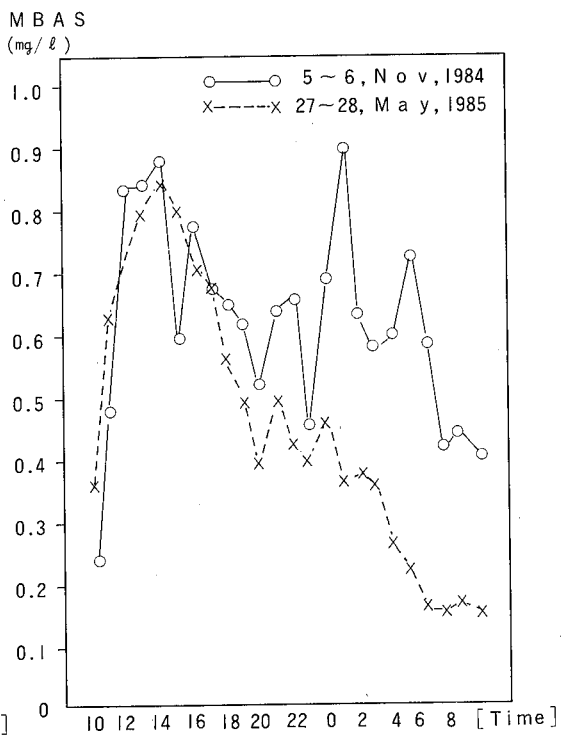
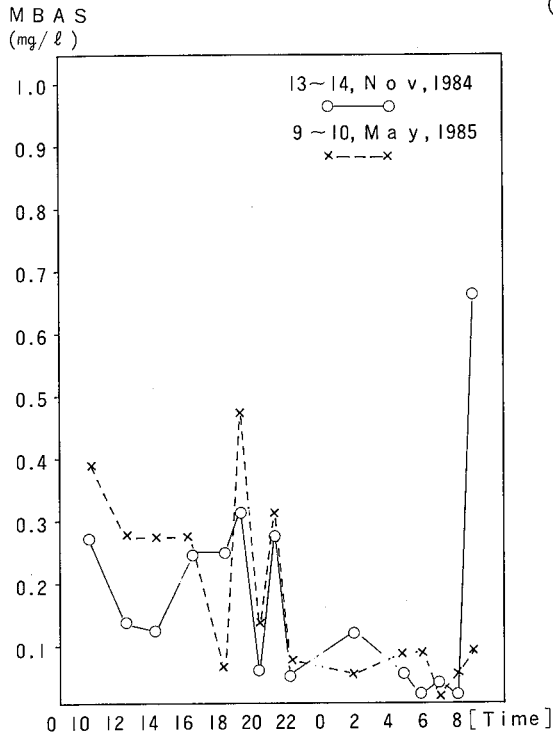
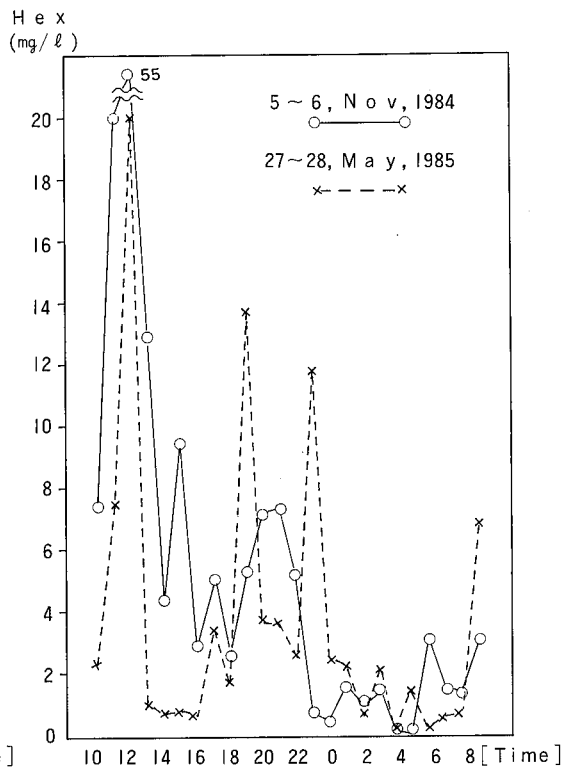


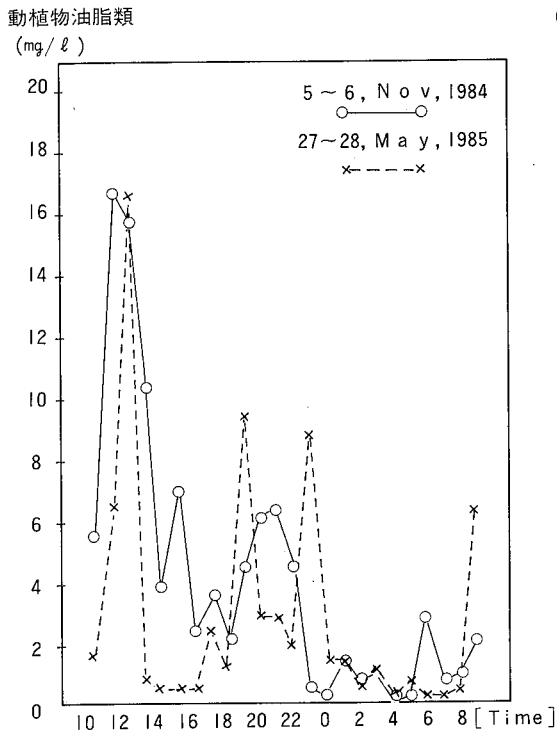
図-6(c) 草生津川におけるMBASの日変動



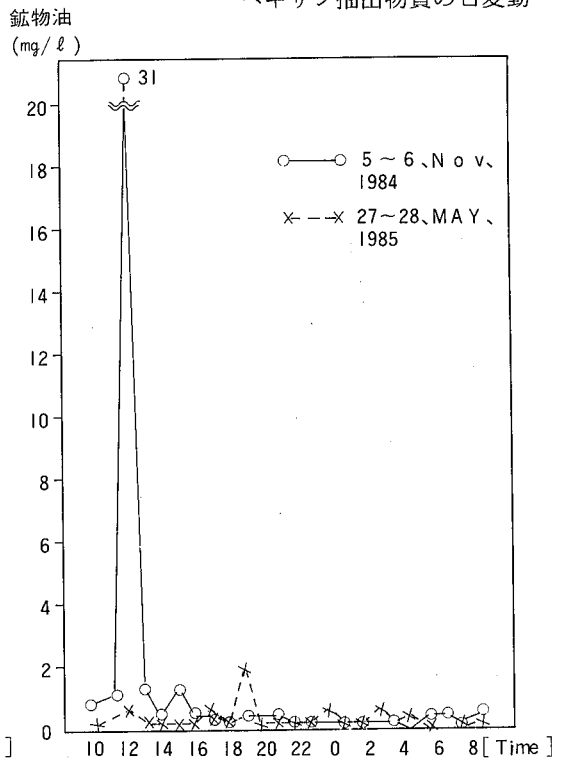
図一6(d) 丸子川におけるMBASの日変動



図一6(e) 草生津川における
ヘキサン抽出物質の日変動



図一6(f) 草生津川における动植物油脂類の日変動



図一6(g) 草生津川における鉱物油の日変動

BODは、草生津川では渇水期深夜1時豊水期12時と20～22時に、丸子川では渇水期9～10時にピークがあった。

MBASは、草生津川では渇水期12～14時と深夜、豊水期14時をピークとして午後、丸子川では渇水期9～10時と19～21時豊水期10時と19～21時にそれぞれピークがみられた。

ヘキサン抽出物質は、草生津川では渇水期、豊水期共12時にピークがみられたが、丸子川では油分はあまり検出されず採水時間による変化は認められなかった。

草生津川の動植物油脂類の日変動は、渇水期では11～12時に鋭いピーク、19～22時になだらかなピークが、また、豊水期では12時に鋭いピーク、19時、23時および9時にそれぞれピークがみられた。

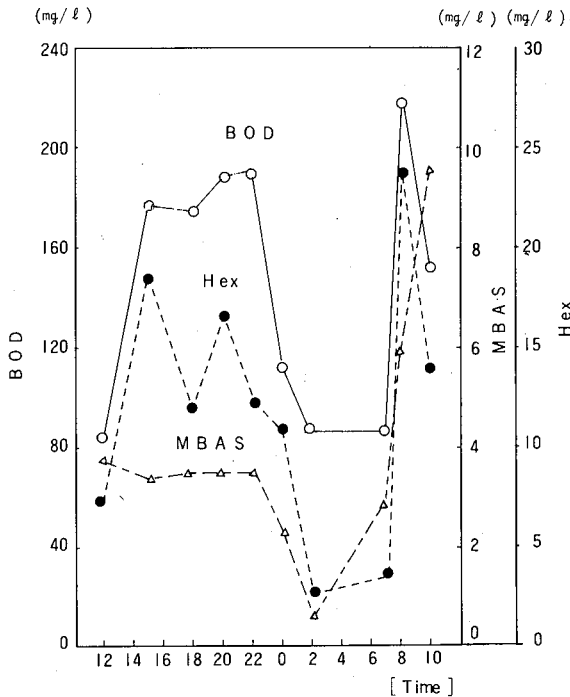
草生津川の鉱物油の日変動は、渇水期で12時、豊水期で19時と突発的に出るもののほとんど変動は認められなかった。

動植物油脂類は、ヘキサン抽出物質とほぼ同様の傾向を示した。

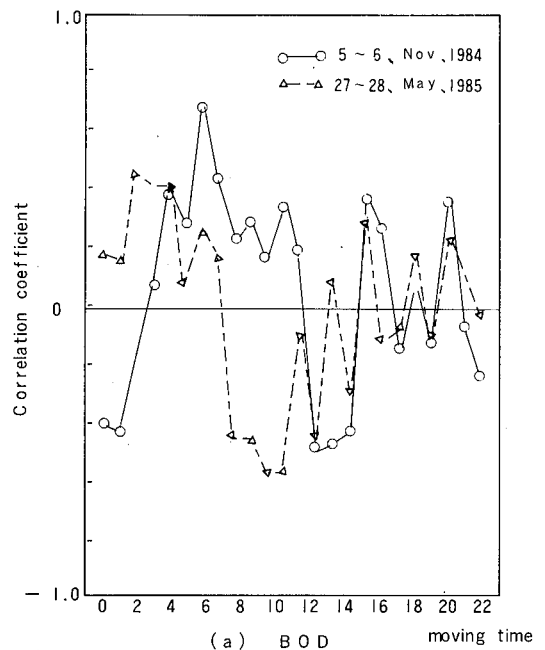
動植物油脂類と鉱物油の比率は、渇水期12時に0.5の値を示す以外は動植物油脂類が大きく、渇水期7.9、豊水期10.6の平均値を示し、鉱物油に対して動植物油脂類が油分中渇水期で85%、豊水期で89%を占めている。

6、生活排水と下流における水質日変動の関連性

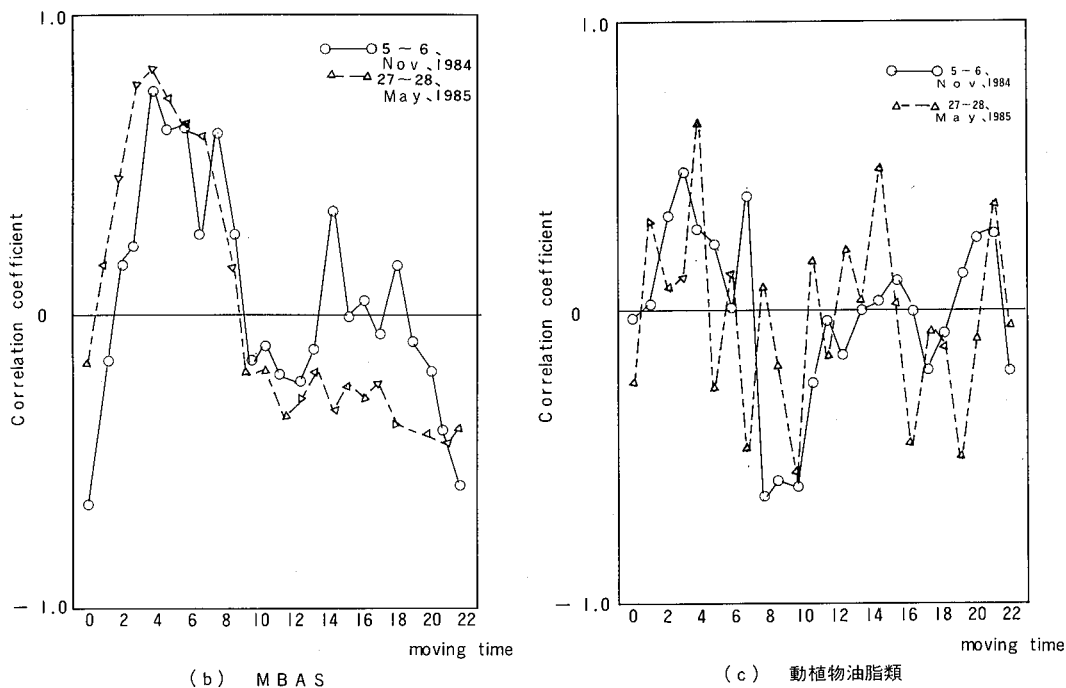
図一7に、秋田市内の手形山団地における生活排水の日変動を示した。⁷⁾



図一7 団地排水の日変動
(手形山団地、1983～1984)



図一8 生活排水と草生津川下流に
おける対応性



図一八 生活排水と草生津川下流における対応性

団地排水の流量の変動パターンは、朝と夜にピークがあり朝のピークが顕著であるが、BODは流量の日変動と同様に8時と20時に、MBASは10時に、ヘキサン抽出物質は8時と15時および20時にそれぞれピークがみられた。

生活排水と河川下流における水質の日変動の関連性を検討するため、下流の水質データを1時間ずつ移動させながら生活排水の水質データとの相関をとった。

図一八に草生津川、図一九に丸子川の0時間から23時間までの相関係数を示した。

草生津川では、渇水期はBOD 6時間、MBAS 4～6時間また動植物油脂類は3時間、豊水期はBOD 2～4時間、MBAS 3～5時間また動植物油脂類は3時間、豊水期はBOD 2～4時間、NBAS 3～5時間また動植物油脂類は4時間移動のときにそれぞれ高い相関があった。

丸子川では、渇水期はBOD 1時間と20時間、MBAS 1時間と23時間、豊水期はBOD 1時間と11時間、MBAS 0時間と9時間移動のときにそれぞれ高い相関があった。

図一十に草生津川渇水期における中流から下流における流速変動、図一十一に潮汐の影響を見るために秋田港潮位日変動を示す。流速は、水を入れた100 mlポリビンを河口約3.6 km上流から追跡して測定した。

流速は中流から0.3～0.4 m/sで推移しているが、河口0.75 km上流で0.2 m/s、0.4 km上流で0.15 m/sと減少している。潮位差は約15 cmと変動はあまりないが、河口付近では流速0.01 m/sと滞留している。

中流部採水地点よりやや下に下水路が流入しているが、流速から判断すると約2時間後に、St.10、St.11の付近にも下水路があり、それぞれ40分後、10分後に下流へ到達すると思われる。

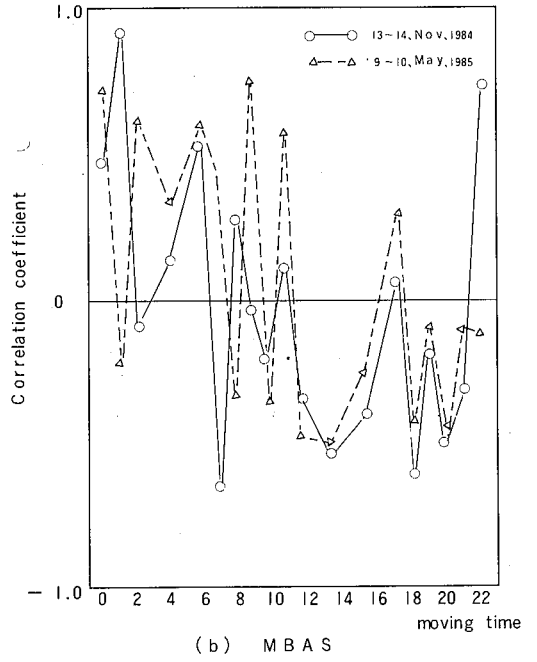
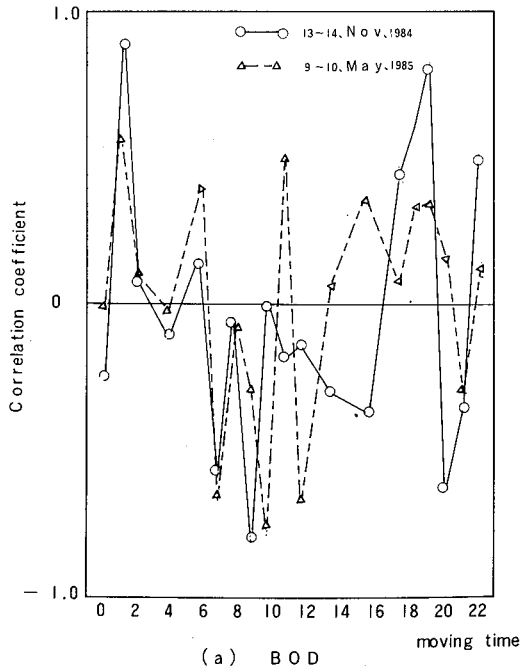
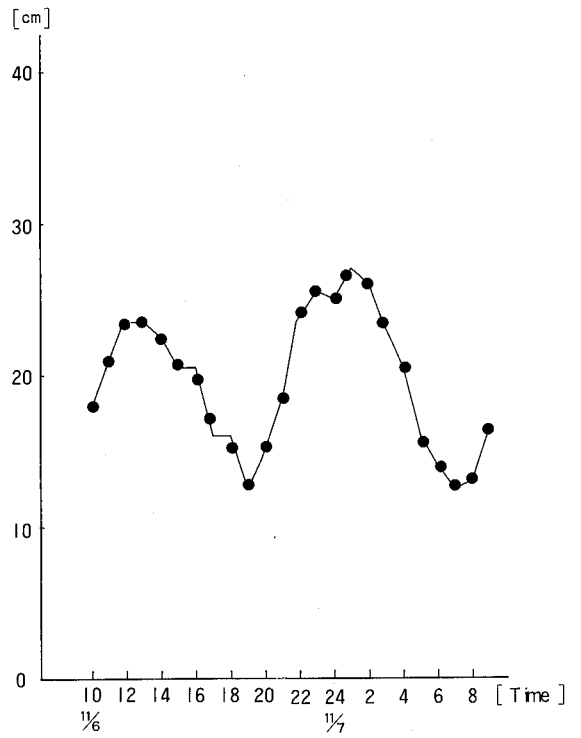
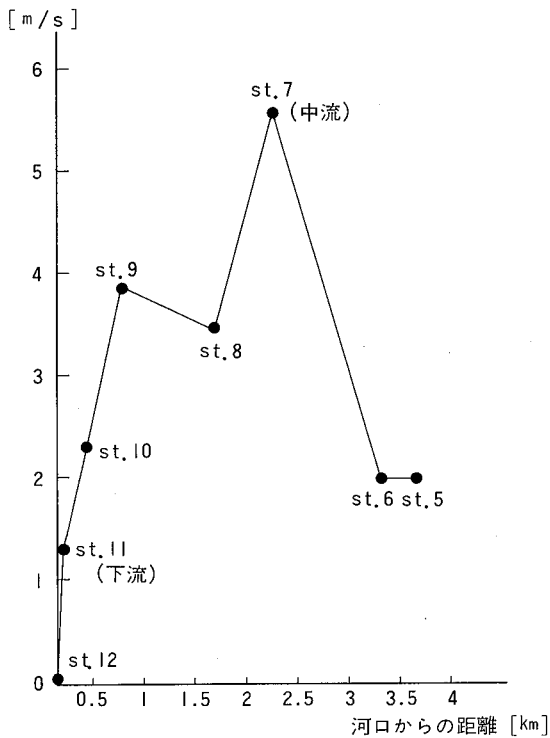


図-9 生活排水と丸子川下流における対応性



両河川の流速、下水路の距離、流速および団地排水との対応等から考慮すると、草生津川では渇水期3～6時間、豊水期2～5時間、丸子川では渇水期、豊水期とも1時間遅れて生活排水が下流に到達し、都市河川の水質日変動に影響をおよぼすと考えられる。

7、まとめ

草生津川と丸子川を対象に、水質の日変動および生活排水との関連性を検討し、次のような結果が得られた。

- (1) 草生津川上流、丸子川上流～中流は農業排水流入型、草生津川中流～下流、丸子川下流は生活排水流入型を示しており、草生津川は中流から、丸子川は下流から日変動が激しく汚濁が進行している。
- (2) 両河川共に、BOD～COD～MBASとT-N～T-Pに高い相関があった。T-P～MBASは無リン洗剤の普及によりやや相関が低かった。
- (3) 下流において両河川共に変動の激しい項目は、BOD、MBAS等9項目、変動の少ない項目は、PH、鉍物油等7項目であった。
- (4) 両河川共に、渇水期、豊水期でT-N、NH₄-N、T-P、PO₄-Pの比率および変動が激しかった。

豊水期における草生津川下流のCOD、TOC、T-NおよびT-Pの各成分は、溶解性が大半を占めた。

- (5) 草生津川下流における動植物油脂類対鉍物油の値は9.2を示しており、油分中動植物油脂類が大部分を占めた。
- (6) 団地排水と両河川のBOD、MBASおよび油分の移動相関を取り、草生津川では2～6時間、丸子川では1時間遅れて生活排水が下流に到達し、水質日変動に影響をおよぼすことがわかった。

参 考 文 献

- 1) 秋田県;環境白書昭和58年度版
- 2) 門司直三、高井康雄;陸水と人間活動
- 3) 秋田地方气象台;秋田県気象月報1979～1983
- 4) 秋田県;公共用水域水質測定結果1979～1984
- 5) 第16回水質汚濁学会講演集;都賀川の水質について
- 6) 公害と対策 Vol.14 ; 生活排水による水域の汚濁 (I)
NO.1 ; 一印旛沼流入河川桑納川の汚濁負荷解析一
- 7) 秋田県環境技術センター年報第11号;生活排水の汚濁負荷量調査について

秋田市内における雨水成分の調査結果について（第2報）

齊藤 学 ※信太 穰
小玉 幹生 藤島 直司

1 はじめに

酸性雨による環境破壊、および人体被害問題については、欧米諸国をはじめ、我国においてもその原因究明のための調査が行われてきている。本県においても、昭和58年度から現況把握を目的として、秋田市内で雨水の成分調査を実施し、その結果、かなり高い頻度で酸性雨が観測されること、また、市街地よりも郊外で酸性化の度合いが高い等の知見を得ている。

そこで、59年度は、秋田市内についてはこれまでの調査を継続させるとともに、秋田市以外の5市にも調査地点を設けて県内の雨水成分の現況を把握してみた。

2 調査方法

(1) 調査年月日

A. 降雨別調査 昭和59年4月～12月

B. 一週間単位の降雨調査

イ、秋田市内 昭和59年4月～60年3月

ロ、他5市 昭和59年7月

(2) 調査地点および採水器設置状況

降雨別調査における地点は、昨年度と同様に市街地は中通、郊外は藤倉を選定し、一週間単位の降雨調査の秋田市内は藤倉、中通、茨島、八橋の4地点で、秋田市以外の5市は、大館、能代、男鹿、本荘、横手である。

調査地点および設置状況は図-1、2および表-1に示す。

(3) 採水方法

イ、降雨別調査

採水器は、小笠原式雨水採水器のR-150型を使用した。これは、降りはじめから5mm目までを1mm毎に分取するものであり、乾性降下物の影響を軽減するため、捕集面を移動させる仕組みになっている。図-3参照

ロ、一週間単位の降雨調査

環境庁大気保全局大気規制課の「昭和58年度酸性雨成分分析調査実施細則」により指示のあった雪採取器（以下、簡易式雨水採水器と言う）を改良したものであり、図-4に示す。

※現在能代保健所

(4) 分析項目および分析方法

降雨別調査については、PH、EC、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ の6項目。一週間単位の採水調査については、この6項目に Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ の4項目を加えた10項目について分析した。分析方法は表-2に示すとおりである。

表-1 調査地点および採水器設置状況

地 点	採水器名	設置場所
秋 田 市	藤 倉	小笠原式雨水採水器 地上
	藤 倉	簡易式雨水採水器 地上 2.2 m
中 通	小笠原式雨水採水器	地上 8.3 m
	簡易式雨水採水器	地上 8.4 m
茨 島	〃	地上 4.0 m
八 橋	〃	地上 4.0 m
大 館	〃	地上 4.0 m
	〃	地上 7.0 m
能 代	〃	地上 7.0 m
男 鹿	〃	地上 4.0 m
本 荘	〃	地上 7.0 m
	〃	地上 7.0 m
横 手	〃	地上 7.0 m

表-2 分 析 方 法

測 定 項 目	分 析 方 法	単 位
水素イオン濃度 (pH)	ガラス電極法	—
導 電 率 (EC)	電気電導度計	$\mu\text{S}/\text{cm}$
硫 酸 イ オ ン (SO_4^{2-})	塩化バリウム比濁法	$\mu\text{g}/\text{ml}$
硝 酸 イ オ ン (NO_3^-)	サリチル酸ナトリウム法	
塩 素 イ オ ン (Cl^-)	チオンアン酸第二水銀法	
アンモニウムイオン (NH_4^+)	インドフェノール法	
カルシウムイオン (Ca^{2+})	原 子 吸 光 法	
マグネシウムイオン (Mg^{2+})		
カリウムイオン (K^+)		
ナトリウムイオン (Na^+)		

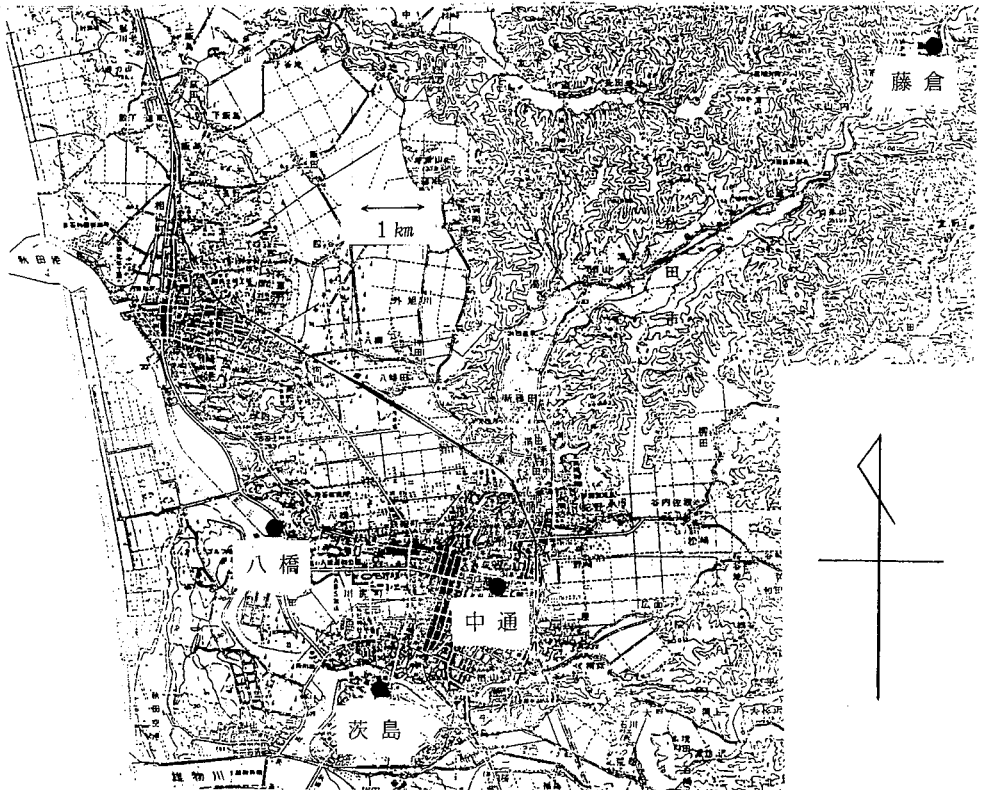


図-1 秋田市内地点略図

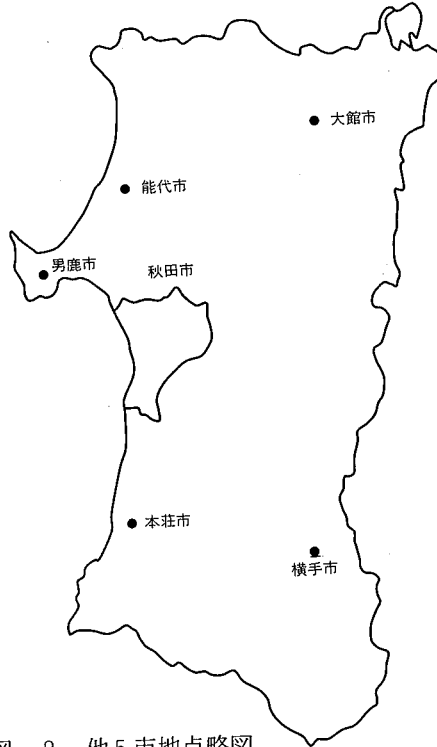


図-2 他5市地点略図

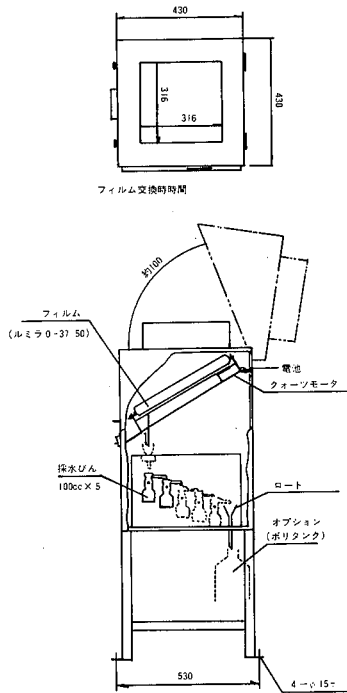


図-3 小笠原式雨水採水器

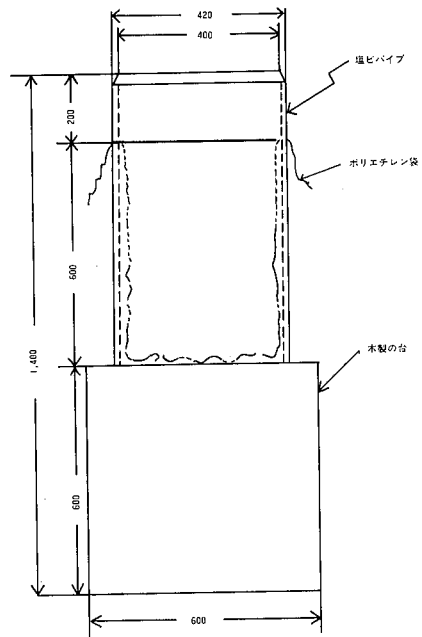


図-4 簡易式雨水採水器

3 調査結果と考察

(1) 降雨別調査結果

イ、前年度および他都市の調査結果との比較

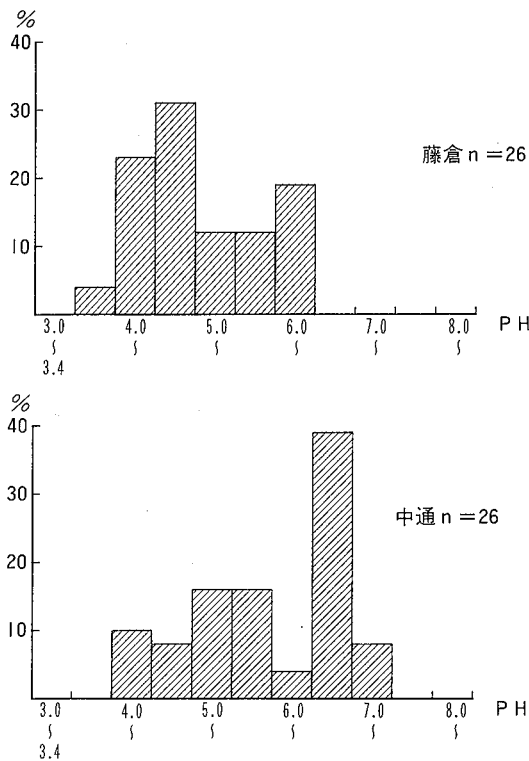
表一3に、初期降雨1mm目から5mm目までのPH、EC、およびイオン成分調査結果を示した。

58年度の1～5mmのPH、ECの平均値と比較してみると、藤倉、中通ともやや高い値を示した。また、58年度同様、PHについては郊外の藤倉が市街地の中通より酸性側の測定値を示し、ECについては市街地の中通が高い値を示した。しかし、58年度、藤倉では降雨の経過、即ち、ECの減少に伴ってPHが上昇し、中通では低下していく傾向を示したが、今年度は明瞭な傾向は見い出せなかった。

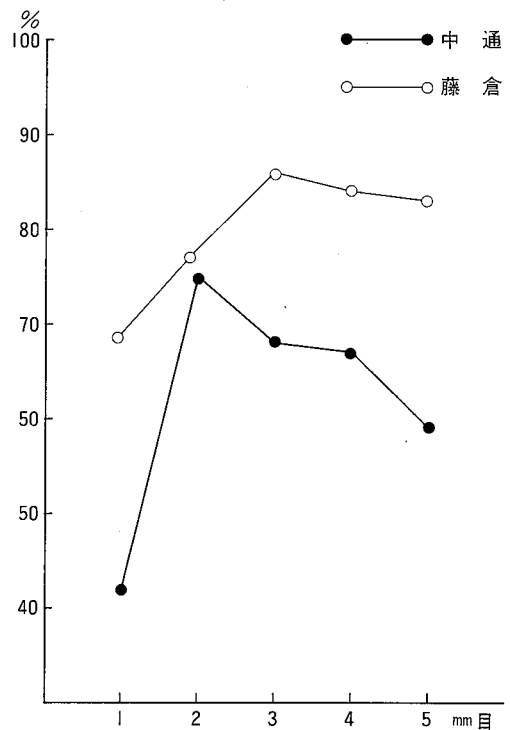
昭和57年度に八戸、横浜、奈良、神戸、および広島で行われた調査結果¹⁾によれば、初期降雨1mm目の平均値は、PHが4.5～5.4、 SO_4^{2-} が2.2～4.3、 NO_3^- が0.66～3.8、 CL^- が1.2～2.9、 NH_4^+ が0.34～1.0 $\mu g/ml$ であり、ECは21～57 $\mu S/cm$ であった。この調査結果と比較すると、中通でPH、EC、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ が上限よりやや高い値となっているが、 CL^- 、 NO_3^- は範囲内にあり、藤倉では NH_4^+ が上限より若干高いのみで、他は全て他都市並の値を示した。

ロ、PHの階級別出現率

図一5に降水1mm目のPHの階級別出現率を示した。雨水が大気中の CO_2 との平衡で成り立つPH≒5.6未満の雨水を酸性雨と定義した場合、藤倉でPH4未満の強い酸性雨が4%出現している一方、中通ではPH7以上のアルカリを示す雨水が7.7%出現した。また、最多出現率は藤倉で4.5～5.0



図一5 PHの階級別出現率(降水1mm目)



図一6 PH 5.6未満の酸性雨出現率

表一3 初期降雨調査結果

区分	藤					倉					中					通				
	1~5	1	2	3	4	5	1~5	1	2	3	4	5	1~5	1	2	3	4	5		
PH	最大値	6.88	6.42	6.61	6.52	6.59	6.88	7.34	7.34	7.12	6.85	6.58	7.34	7.34	7.31	7.12	6.85	6.58		
	最小値	3.98	3.98	4.12	4.22	4.31	4.25	4.16	4.17	4.17	4.38	4.48	4.16	4.17	4.16	4.17	4.38	4.48		
	平均値	5.07 (4.78)	5.09 (4.65)	5.11 (4.72)	4.99 (4.82)	5.05 (4.82)	5.07 (4.92)	5.51 (5.30)	5.97 (5.58)	5.37 (5.35)	5.40 (5.22)	5.35 (5.16)	5.33 (5.15)	5.97 (5.58)	5.37 (5.35)	5.40 (5.22)	5.35 (5.16)	5.33 (5.15)		
EC	最大値	130.5	130.5	95.5	65.8	76.6	56.5	221	221	79.7	63.9	47.7	221	221	112.6	79.7	63.9	47.7		
	最小値	6.3	13.4	6.3	6.5	7.4	8.3	5.4	15.8	7.3	5.7	5.4	5.4	10.1	10.1	7.3	5.7	5.4		
	平均値	30.6 (24.6)	47.1 (39.3)	32.2 (24.4)	24.9 (19.6)	22.9 (18.5)	19.6 (18.7)	37.4 (28.7)	62.4 (38.9)	38.6 (29.5)	31.3 (24.8)	26.9 (21.5)	20.9 (25.7)	62.4 (38.9)	38.6 (29.5)	31.3 (24.8)	26.9 (21.5)	20.9 (25.7)		
SO ₄ ²⁻	最大値	19.2	19.2	17.2	7.8	7.5	5.0	22.5	22.5	10.3	7.3	5.6	22.5	22.5	10.5	10.3	7.3	5.6		
	最小値	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0		
	平均値	2.0	3.4	2.3	1.4	1.5	0.9	2.9	5.6	2.1	1.6	1.3	2.9	5.6	2.9	2.1	1.6	1.3		
NO ₃	最大値	11.72	11.72	10.02	5.92	4.62	3.56	13.77	13.77	4.64	2.86	2.86	13.77	13.77	4.64	3.78	4.26	2.86		
	最小値	0.15	0.30	0.17	0.18	0.15	0.18	<0.01	0.61	0.22	0.20	0.18	<0.01	0.61	0.22	<0.01	0.20	0.18		
	平均値	1.76	2.66	1.96	1.35	1.45	1.03	1.85	3.32	1.88	1.26	0.95	1.85	3.32	1.88	1.36	1.26	0.95		
Cl ⁻	最大値	5.63	3.69	4.13	4.62	5.63	3.58	7.50	7.50	4.48	5.08	2.94	7.50	7.50	5.13	4.48	5.08	2.94		
	最小値	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.07	0.04	0.02	<0.01	<0.01	0.07	0.04	0.04	0.02	<0.01		
	平均値	1.06	1.34	1.09	1.04	0.98	0.74	1.33	1.81	1.40	1.06	0.91	1.33	1.81	1.40	1.25	1.06	0.91		
NH ₄ ⁺	最大値	3.59	3.59	1.32	1.66	0.92	2.55	4.57	4.57	2.13	0.82	0.82	4.57	4.57	1.40	2.13	1.23	0.82		
	最小値	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.27	<0.01	0.51	0.24	<0.01	<0.01	<0.01	0.51	0.26	0.24	0.18	<0.01		
	平均値	0.66	1.29	0.60	0.53	0.44	0.57	0.70	1.14	0.67	0.48	0.41	0.70	1.14	0.67	0.62	0.48	0.41		
試料数	107	26	23	21	19	18	110	26	24	21	17	110	26	24	22	21	21	17		

(単位はPHがなし、ECが $\mu s/cm$ 、他は $\mu g/ml$ ()内数は58年度の値)

で、中通では6.5～7.0であった。いずれも二山型に近い形を示しているが、藤倉は酸性側に、中通はアルカリ側に高い山を持っており、両地点の雨水の性状に違いがあることを意味しているものと考えられた。

図一6に、PH5.6未満の、いわゆる酸性雨について降雨順毎の出現率を示した。藤倉、中通とも1mm目の出現率は低いが、藤倉では2mm目、3mm目と出現率が高くなっていき、3mm目以降は横ばい傾向になるのに対し、中通では2mm目にピークを持ち、3mm目以降は徐々に低くなっていく傾向を示した。また、1～5mmの全試料の酸性雨の出現割合は、藤倉で79%、中通で62%であり、初期降雨5mmまでの酸性雨は市街地より郊外で出現する割合が高いことがわかった。

ハ、降雨順別のPH、EC、イオン成分濃度の推移

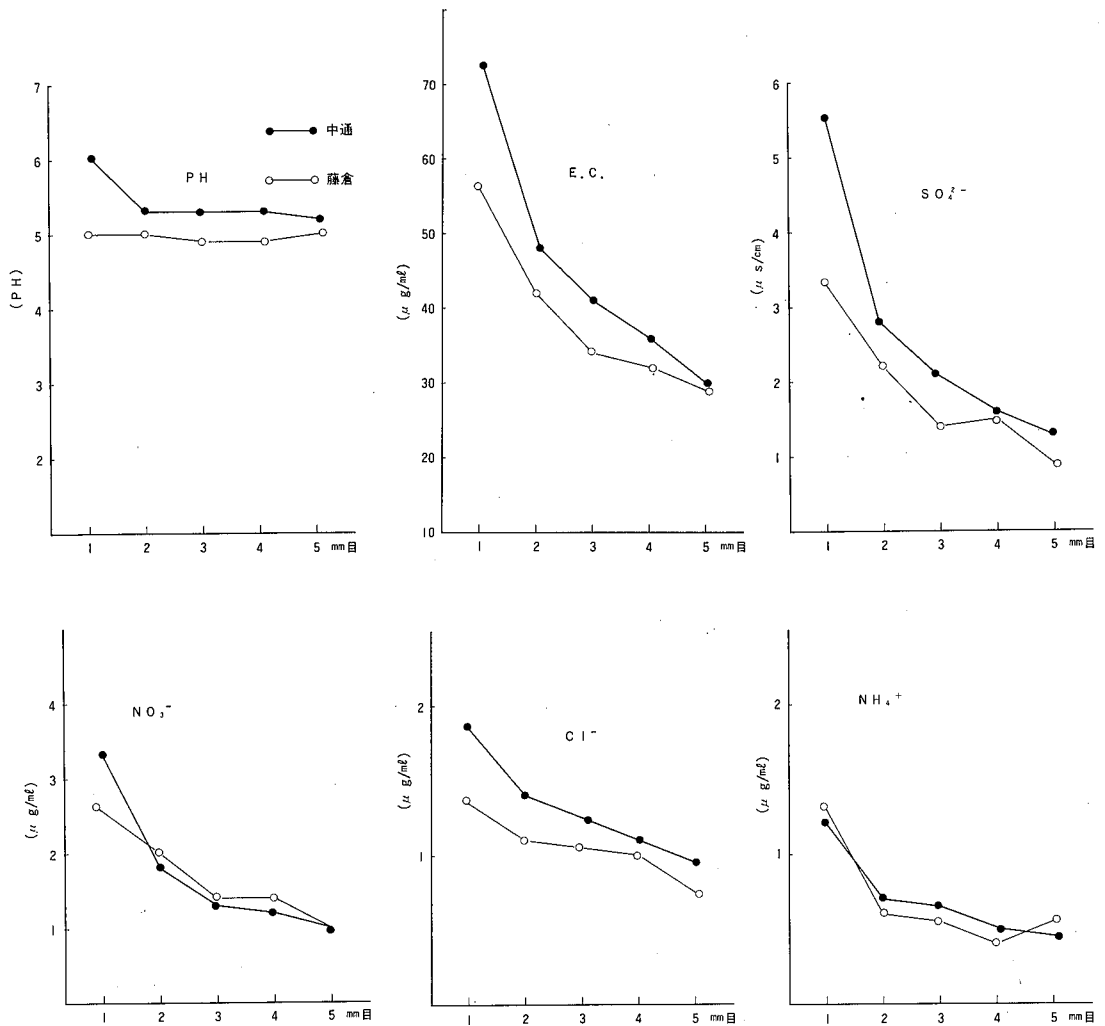
図一7に、各測定項目の降雨順別の推移を示した。PHについてみると、中通では1mm目に最も高い値を示し、2mm目以降は1mm目を100とすると、約10%の減少率でほぼ横ばいで推移する傾向を示した。また、藤倉では3mm目がわずかに低い値になっているが、降雨順による変化はみられず、1mm目を除いて、中通より約0.2～0.4低い値でほぼ平行に推移する傾向となっていた。一方、EC、およびイオン成分濃度においては、藤倉、中通とも1mm目が最も高く、2mm目の減少率が最大となっていた。また、2mm目以降は漸減し、 NH_4^+ を除いては、両地点で1mm目に濃度差の大きかったものも、5mm目ではほとんど差がなくなる傾向を示していた。これは、初期降雨が5mm目付近までの間に、ウォッシュアウト効果により市街地と郊外の大気汚染物質の取り込みを終えたためと考えられた。

NH_4^+ については、1mm目から5mm目まで両地点に濃度差がほとんどないことから、 NH_4^+ の発生源は人為的な起源より、自然的起源によるものが大であると推定された。

次に、1mm目のPHとEC、およびイオン成分濃度について検討してみると、カチオンである NH_4^+ が両地点でほぼ同じ値を示し、アニオン3項目のイオン成分濃度と、ECの値が中通の方が大きいにもかかわらず、PHは藤倉より中通が高いということは、市街地である中通で NH_4^+ 以外にPHを高めるのに大きく寄与しているカチオンが存在することを予想できた。

ニ、成分間の相関

表一4に、降水1mm目における成分間の単相関係数を示した。比較的高い正の相関を示したものは、藤倉、中通とも $\text{SO}_4^{2-}-\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}-\text{Cl}^-$ 、 $\text{EC}-\text{Cl}^-$ で、 H^+ や NH_4^+-EC は、ほとんど相関を示さなかった。



図一七 降雨順別のPH・E.C.、イオン成分濃度の推移

表一四 降雨別雨水の成分間の相関係数（降水1mm目）

		H ⁺	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺		
中 通	H ⁺		0.2377	0.0775	0.3149	0.2582	-0.3063	藤 倉	
	EC	-0.0662		0.5845	0.3930	0.6521	0.0030		
	SO ₄ ²⁻	-0.2558	0.5950		0.8714	0.6363	0.2341		
	NO ₃ ⁻	-0.0891	0.3410	0.8713		0.6212	0.0555		
	Cl ⁻	-0.3143	0.6748	0.7209	0.4429		-0.1110		
	NH ₄ ⁺	-0.0722	0.1267	0.3587	0.4848	0.4177			

(2) 一週間単位の降雨調査結果

イ、秋田市内4ヶ所の調査結果

降雨別による初期降雨成分調査は、降りはじめの雨水に強酸性のものが出現し、目が痛くなる等、主として人体被害があることから、その性状を把握することを目的としている。これに対し、一週間単位の降雨調査は、一降雨のみならず、一週間のBulKによる雨水を調査することで、主として樹木等の生態系への影響を調査することを目的とするものであるが、59年度においては、イオン成分量の地域差について検討してみた。

表一5に、秋田市内4ヶ所の調査結果を示した。

PHについてみると、降雨別調査結果と同様、市街地より郊外の藤倉が低く、平均値で4.75を示した。これは、初期降雨1～5mmの平均値5.07よりも低い値であった。先に示した図一7のPHの降雨順別推移、図一6の降雨順別の酸性雨出現率からみてもわかるように、藤倉では初期降雨のみならず、全雨的にPHの低い雨が降っているものと考えられた。

各地点の溶存イオン量をみると、茨島>八橋>中通>藤倉の順となっており、近隣に肥料工場、石膏工場があり、また、交通量の多い道路を有する茨島がイオン量が多く、郊外の藤倉が少ない傾向が明確に現れていた。また、主に海塩粒子の飛散に由来する Cl^- 、 Na^+ のイオン量は、八橋>茨島>中通>藤倉の順で、これは海岸線からの距離順と一致していた。

地点間の濃度に差があるものは SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} であり、茨島が高く、藤倉が低い値を示した。また、2地点間における NO_3^- の濃度に差は少なかった。通常、 NO_3^- の値に変化は少ないとしても、 SO_4^{2-} の値が大きい茨島が、藤倉より低い値を示すものと考えられるが、結果は逆の傾向となっていた。これは、降雨別調査結果でも触れたように、市街地である茨島では、アニオンの存在量も多いが、PHを中和の方向に導くカチオンの存在量も多いこと、また、藤倉ではPHを低下させる SO_4^{2-} の存在量は少ないが、PHを高めるカチオン、特に Ca^{2+} の存在量が少ないためPHの上昇につながらず、2地点間に濃度差の少なかった NO_3^- のイオン量の存在が大きくなり、PH低下となっているものと考えられた。

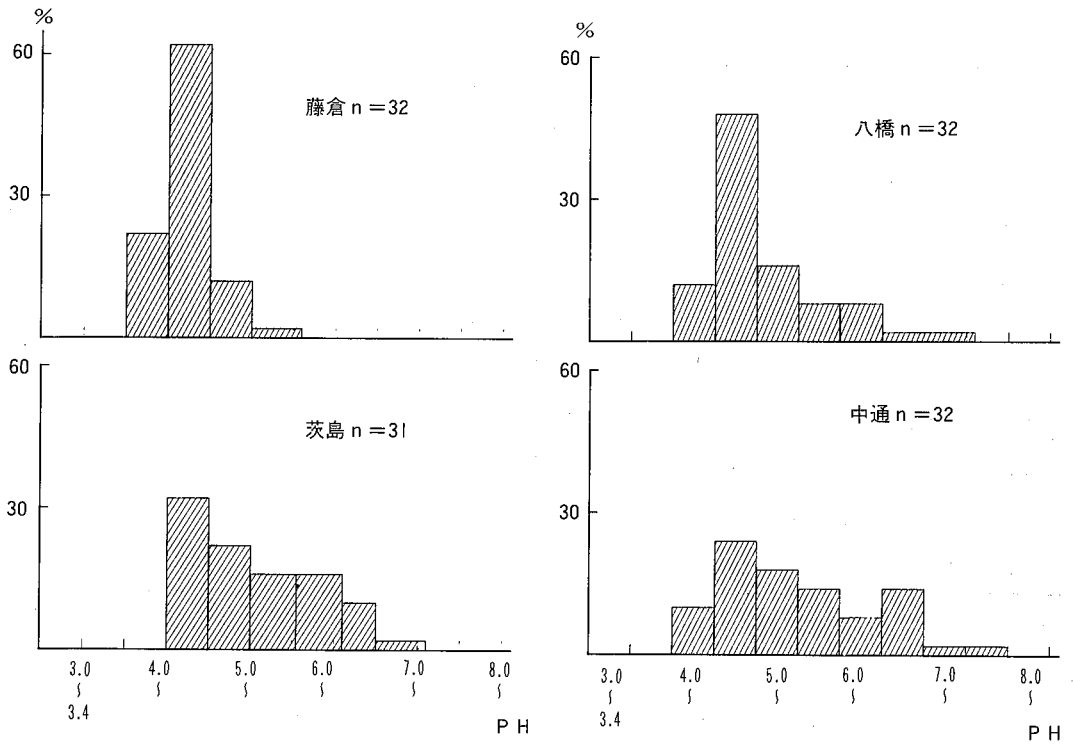
ロ、PHの階級別出現率

図一8に、各地点のPHの階級別出現率を示した。各地点とも4.5～5.0に最多出現率を示したが、藤倉を除いた3地点は、いずれもアルカリ側に長く裾を伸ばした形を示していた。また、図一5の初期降雨1mm目のPH階級別出現率と比較すると、藤倉ではPHの出現範囲が狭くなっており、中通ではPHの範囲に変化は少ないものの、ピーク間の差が減少していた。これは、藤倉では初期降雨によるウォッシュアウト効果後の大気汚染状況が比較的一定していくのに対し、中通では一定しにくい状況下にあるためと考えられた。

表一5 一週間単位の降雨調査結果（4月～12月）

項目 地点	PH		EC		SO ₄ ²⁻		NO ₃ ⁻		Cl ⁻		NH ₄ ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺		K ⁺		Na ⁺		H ⁺	
	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)	平均 (最小～最大)
藤倉	4.75	37.06	1.2	1.00	1.12	0.43	0.90	0.31	0.24	2.18	0.024	0.0035 (～0.085)										
n=32	(4.07～ 6.46)	(7.48～ 91.90)	<1.0～ 3.90)	(0.07～ 4.78)	(0.01～ 6.62)	(0.01～ 0.99)	(0.03～ 5.16)	(0.02～ 1.23)	(0.08～ 0.56)	(0.20～ 8.20)	(0.00035 ～0.085)											
中通	5.61	50.48	2.4	1.31	1.50	0.75	2.69	0.45	0.30	2.97	0.009	0.00002 (～0.046)										
n=32	(4.34～ 7.78)	(10.65～ 161.00)	<1.0～ 7.10)	(0.34～ 7.66)	(0.08～ 6.19)	(0.10～ 1.53)	(0.41～ 16.68)	(0.03～ 2.40)	(0.09～ 0.99)	(0.14～ 15.40)	(0.00002 ～0.046)											
茨島	5.48	60.28	5.9	1.13	1.62	1.48	2.67	0.52	0.55	3.40	0.009	0.00007 (～0.030)										
n=31	(4.52～ 7.16)	(14.40～ 181.30)	<1.0～ 18.90)	(0.23～ 4.44)	(0.10～ 7.52)	(0.05～ 5.03)	(0.51～ 8.80)	(0.03～ 2.32)	(0.08～ 2.75)	(0.14～ 13.65)	(0.00007 ～0.030)											
八橋	5.19	54.68	3.0	1.53	1.63	0.92	2.05	0.53	0.39	3.47	0.014	0.0005 (～0.040)										
n=32	(4.40～ 7.34)	(11.51～ 175.30)	<1.0～ 11.70)	(0.15～ 7.33)	(0.07～ 8.24)	(0.07～ 4.99)	(0.20～ 9.94)	(0.03～ 2.60)	(0.04～ 1.55)	(0.26～ 16.55)	(0.0005 ～0.040)											

(単位はPHがなし、ECが $\mu s/cm$ 、他は $\mu g/ml$ 、H⁺はPHより換算)



図一八 PHの階級別出現率

ハ、成分間の相関

表一六に、各地点の成分間の相関係数を示した。比較的高い相関を示したのは、各地点ともECと Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ の海塩性起源のイオンであった。また、この3項目のイオンについては、お互いのイオン間においても相関がみられた。

表一六 一週間単位の降雨の成分間相関（4月～12月）

	H ⁺	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	
中	H ⁺	0.6138	0.0920	0.3835	-0.2220	0.3233	0.5956	0.1842	0.2847	0.1429	藤 倉
	EC	0.1927	0.4328	0.2892	0.1257	0.2698	0.4939	0.8483	0.8532	0.8283	
	SO ₄ ²⁻	-0.1081	0.7947	0.1947	0.7139	0.3415	0.1087	0.4550	0.4548	0.4314	
	NO ₃ ⁻	-0.2159	0.4361	0.6220	-0.0526	0.5369	0.5848	-0.1208	0.0597	-0.1546	
	Cl ⁻	-0.2716	0.3464	0.4322	0.0129	0.0241	-0.1122	0.2884	0.3259	0.3113	
通	NH ₄ ⁺	0.0140	0.4833	0.6718	0.6521	0.1263	0.3938	0.0504	0.2344	-0.0239	
	Ca ²⁺	-0.2250	0.4895	0.5797	0.9021	0.0310	0.5243	0.0431	0.3379	0.0408	
	Mg ²⁺	0.2053	0.8654	0.5881	0.0151	0.2892	0.2378	0.0439	0.8514	0.9894	
	K ⁺	-0.0470	0.7729	0.7110	0.3398	0.4796	0.5378	0.3369	0.6852	0.8586	
	Na ⁺	0.2404	0.8444	0.5404	-0.0413	0.3216	0.1942	-0.0077	0.9896	0.7103	

		H ⁺	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	
八 橋	H ⁺		0.2334	-0.0134	-0.1476	-0.2598	-0.2568	-0.0461	0.2226	-0.1963	0.1872	茨 島
	EC	0.2069		0.8261	0.2337	0.2985	0.4895	0.5893	0.9659	0.5260	0.9494	
	SO ₄ ²⁻	-0.1583	0.7144		0.4199	0.4280	0.4645	0.6492	0.7260	0.7262	0.7341	
	NO ₃ ⁻	0.1319	0.4038	0.6363		-0.0351	0.6394	0.5861	0.1089	0.4892	0.0417	
	Cl ⁻	-0.2017	0.2897	0.2834	-0.0571		0.1056	-0.0188	0.2776	0.3605	0.3490	
	NH ₄ ⁺	-0.0467	0.3900	0.8231	0.7211	-0.0665		0.3896	0.3980	0.5009	0.3816	
	Ca ²⁺	-0.1406	0.5575	0.7429	0.7778	0.0410	0.7102		0.4930	0.4696	0.4244	
	Mg ²⁺	0.1537	0.9229	0.4980	0.0882	0.3778	0.0995	0.2443		0.4350	0.9741	
	K ⁺	-0.1162	0.8151	0.8905	0.4968	0.1756	0.7331	0.6922	0.6610		0.5408	
	Na ⁺	0.1672	0.8899	0.4062	0.0162	0.3715	0.0010	0.1768	0.9913	0.5847		

EC—SO₄²⁻については、藤倉で低いものの、他地点では比較的高い相関を持っていた。

H⁺は、降雨別調査結果と同様、相関を示すイオンはなかった。

二、雨水成分の季節別変化

図-9に、各地点における雨水成分の季節別変化を示した。ただし、冬季は雪を室温で溶解した降水を測定したものである。これによると、PHは各地点とも秋に低い値を示し、中通を除いて春に高い傾向を示すことがわかった。都市部の東京²⁾、千葉³⁾、神戸⁴⁾では夏に低PHの出現が多いこと、また、秋田で1971年、1981年に測定した結果、冬にPHが低い既報の結果とは異なる傾向となったが、採水方法が異なるため、明確な比較はできなかった。

ECは秋から冬にかけて高くなっていくが、Na⁺、K⁺、Mg²⁺の海塩性起源も同傾向であることから、秋冬において海から吹きつける季節風が、イオン量を増加させているものと考えられた。

NO₃⁻については夏が高く、CL⁻は春が高い傾向であった。

NH₄⁺、Ca²⁺については、茨島が冬期に高くなる傾向を除いて変化は少ないが、中通で夏にCa²⁺が高く、これはPHで中通のみが夏に高い値を示していることと一致していた。

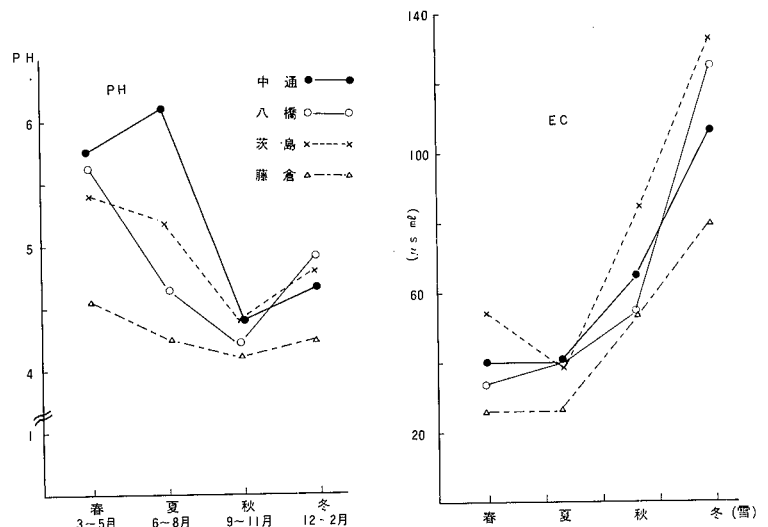
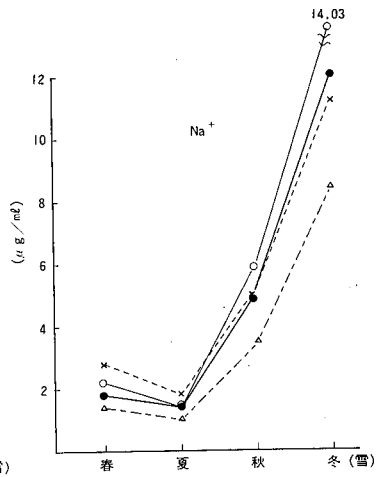
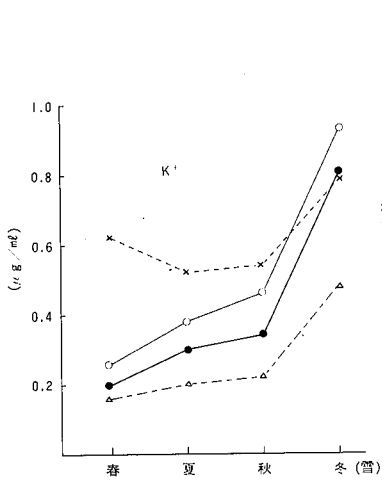
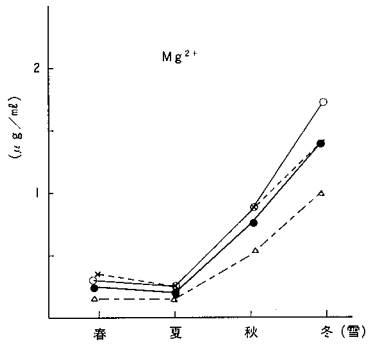
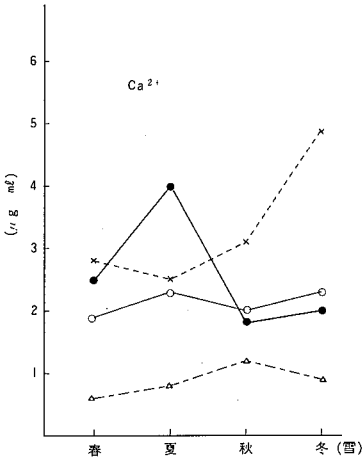
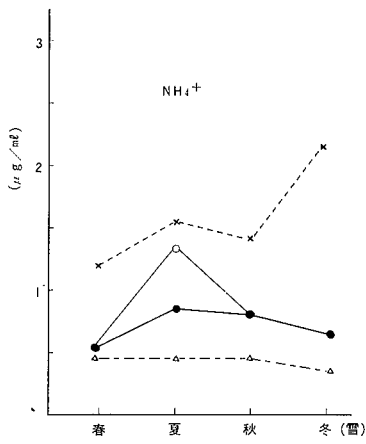
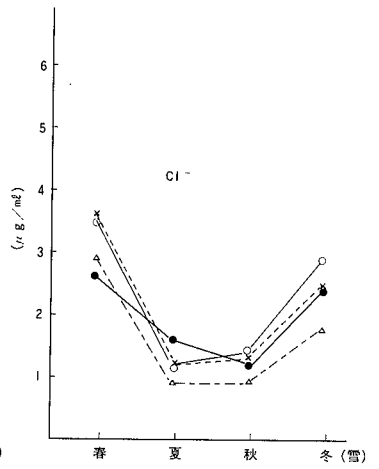
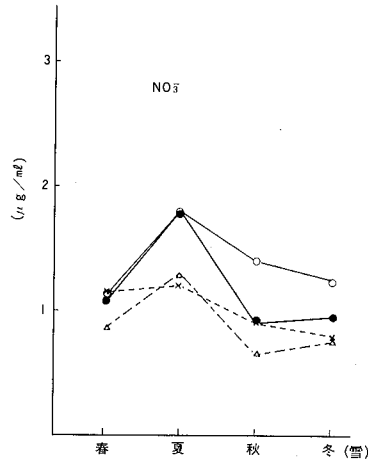
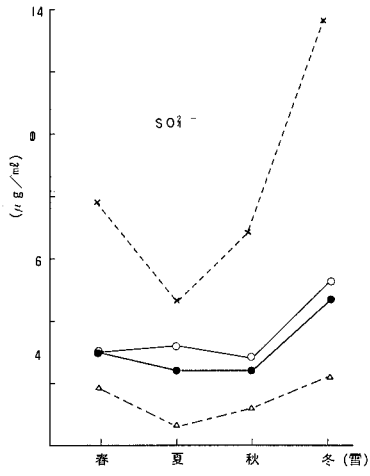


図-9 雨水成分の季節別変化



ホ、秋田市内と県内他5市との比較

表一七に、7月における秋田市内4地点と、県内他5市の降雨調査結果を示した。

溶存イオン量が少ない地点は、秋田市内では藤倉、他市では大館、横手で、ともに内陸部であった。これは、海塩性起源の Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- のイオン量が、内陸部に入るに従って減少していったためと、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} が3地点とも低い値を示したためと考えられた。

PHについてみると、藤倉が4.61と最も低く、他地点の5.2～5.79と比較して差が大きかった。溶存イオン量で同傾向を示した大館、横手と藤倉を比べて、PHに差が生じたのは、藤倉の NO_3^- が大館、横手より高い平均値を示したためと考えられた。

ヘ、降雨による各イオンの降下量

表一八には、表一七に示した各地点のイオン成分濃度をもとに、降雨による各イオンの1ヶ月間の降下量（濃度×雨量）を1 m^3 当りに換算して見積ってみた。降下量は雨量の違いによって値が変わるが、調査期間である7月に限定して考えてみると、 H^+ では藤倉が5に対し、他地点では1～2（ $\text{mg}/\text{m}^3/1$ ヶ月）で2.5～5倍の地域差があった。また、 SO_4^{2-} では中通、茨島、八橋が多く281～305で、藤倉は71（ $\text{mg}/\text{m}^3/1$ ヶ月）と最も低かった。しかし、 NO_3^- では他地点が100～155なのに対し、藤倉が496（ $\text{mg}/\text{m}^3/1$ ヶ月）と、ほぼ3.5～5倍のイオン量が降下していた。

昭和57年度の八戸、横浜、奈良、神戸、および広島で行われた調査結果¹⁾で、最もイオンの降下量が多かった横浜の結果をみると、10～11月の2ヶ月間で H^+ が5.4、 NH_4^+ が72、 SO_4^{2-} が190、 NO_3^- が340（ $\text{mg}/\text{m}^3/2$ ヶ月）であり、降雨量は246.5 mm であった。この結果と藤倉のイオン降下量を比較してみると、7月の梅雨期に調査した藤倉の降雨量が横浜の2ヶ月間の降雨量とほぼ同量となっていることもあり、単純に比較はできないが、降下イオンの絶対量で、藤倉の7月は横浜の10～11月に比べ SO_4^{2-} が約 $\frac{1}{2}$ 、 NH_4^+ が約 $\frac{1}{6}$ 、 H^+ がほぼ同量、 NO_3^- が約1.5倍となり、 NO_3^- の降下量が

表一七 一週間単位の降雨調査結果（7月）

地点	項目	pH	EC	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+
秋 田 市	藤倉	4.61	27.74	0.7	2.13	0.86	0.37	1.27	0.05	0.17	0.48
	中通	5.56	37.85	2.8	2.26	1.87	0.83	4.34	0.12	0.36	1.07
	茨島	5.63	35.28	4.3	1.53	1.21	1.78	2.32	0.22	0.62	1.47
	八橋	5.53	35.10	3.7	1.98	1.06	1.69	2.35	0.15	0.50	0.62
他 市	大館	5.44	14.94	0.9	1.14	0.59	0.64	0.85	0.04	0.11	0.29
	能代	5.79	34.30	3.6	2.80	0.93	1.37	2.63	0.19	0.57	0.96
	男鹿	5.20	29.35	3.1	2.22	1.61	0.49	1.90	0.21	0.43	1.41
	本荘	5.61	24.60	4.0	1.81	1.02	0.94	1.42	0.11	0.40	1.03
	横手	5.57	12.66	0.8	1.13	0.70	0.70	0.34	0.03	0.23	0.51

（単位は pH がなし、EC は $\mu\text{s}/\text{cm}$ 、その他は $\mu\text{g}/\text{ml}$ ）

表一 8 降雨によるイオンの降下量 (7月)

項目 地点	H ⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	降雨量mm	Cl ⁻ /Na ⁺ (モル比)	
秋 田 市	藤倉	5 (5)	71 (0.7)	496 (8.0)	239 (6.7)	58 (3.2)	85 (2.1)	11 (0.5)	35 (0.9)	120 (5.2)	274	1.29
	中通	1 (1)	304 (3.2)	151 (2.4)	273 (7.7)	114 (6.3)	362 (9.0)	14 (0.6)	38 (1.0)	126 (5.5)	215	1.40
	茨島	1 (1)	305 (3.2)	100 (1.6)	227 (6.4)	113 (6.3)	121 (3.0)	10 (0.4)	33 (0.8)	155 (6.7)	227	0.96
	八橋	2 (2)	281 (2.9)	129 (2.1)	192 (5.4)	153 (8.5)	128 (3.2)	13 (0.5)	49 (1.3)	91 (4.0)	187	1.35
他 市	大館	2 (2)	132 (1.4)	155 (2.5)	139 (3.9)	64 (3.5)	111 (2.8)	7 (0.3)	20 (0.5)	63 (2.7)	230	1.44
	能代	1 (1)	144 (1.5)	106 (1.7)	144 (4.1)	63 (1.8)	97 (2.4)	7 (0.3)	23 (0.6)	71 (3.1)	196	1.32
	男鹿	2 (2)	156 (1.6)	100 (1.6)	312 (8.8)	22 (1.2)	81 (2.0)	22 (0.9)	29 (0.7)	190 (8.3)	158	1.06
	本荘	2 (2)	1114 (11.6)	148 (2.4)	169 (4.8)	91 (5.0)	94 (2.3)	10 (0.4)	20 (0.5)	101 (4.4)	194	1.09
	横手	1 (1)	99 (1.0)	108 (1.7)	132 (3.7)	77 (4.3)	42 (1.0)	4 (0.2)	30 (0.8)	74 (3.2)	191	1.16

(単位はmg/ml/1ヶ月 ()内数は、モル数/ml/1ヶ月 H⁺はpHから換算)

多いことが注目された。

次に、主に海塩粒子に由来するCl⁻、Na⁺のモル比についてみると、最大は大館で1.44、最低は茨島の0.96で、ほぼ海水組成(Cl⁻/Na⁺モル比1.17)のモル比でイオン量が降下していることがわかった。しかし、海岸部、内陸部のモル比について、明瞭な関係はみられなかった。

4 結語

降雨別調査、および一週間単位の降雨調査結果から、秋田市の郊外である藤倉が前年度同様、最も酸性雨の出現が多いことがわかった。その要因としては、市街地に比べてNO₃⁻の濃度に差が少ないこと、これに対し、PHを中和する働きを持つCa²⁺の存在量が少ないことが考えられた。また、藤倉と似た溶存イオン量を示す県内内陸部の大館市と横手市では、藤倉ほどPHは低くなかった。それは、藤倉よりもNO₃⁻が少ないからであろうと推定された。これらのことより、雨水のPHを主要に規定しているイオンは、アニオンではNO₃⁻、カチオンではCa²⁺であろうと考えられた。また、酸性雨が出現しやすい地域は、藤倉のように、工場地帯や市街地の後背地にあり、かつ、Ca²⁺等のカチカチオンのイオン量が少ない地域と考えられた。次年度においては、この結果を更に明確にするため、市街地から後背地に向けた線上に、降雨別の調査地点を数地点設定し、測定項目も一週間単位の降雨調査と同様の10項目を増やして、イオン成分濃度の距離減衰と、PHの関係について調査してみる。

次に、雨水の季節別変化からは、秋季にPHが低くなること、また、ECは秋季が高い値を示すことがわかった。これは、海塩性粒子の濃度推移からみて、海から吹きつける季節風による影響であると考えられた。

また、降雨によるイオン降下量からは、7月に限ってみれば、藤倉でのH⁺、Na⁺の降下量が多く、これは、他都市と比べても少なくないことから、今後、更に調査をする必要があるものと考えられ

た。

最後に、一週間単位の採水方法は、降雨時以外の乾性降水物を受け入れること、また、夏季において、水分の蒸発により、イオン成分が、濃縮されること等の欠点があるため、装置自体を改善する必要があると思われた。

参 考 文 献

- 1 昭和57年度環境庁委託業務結果報告書;分析の自動化に対する研究(酸性雨測定方法), (1983)
- 2 小山功、他、東京都公害研究所年報(1981)
- 3 千葉県環境部;「酸性雨」調査報告書(昭和50~56年度調査結果), (1981)
- 4 玉置元則、平木隆年、日化、(1981)
- 5 近藤忠三、秋田大学教育研究記要、(1971)
- 6 寺田信一、藤田慎一、電力中央研究所報告、(1981)