

底生動物相による河川水質汚濁評価（第1報）

Biological Assessment of River Pollution

冠野 禎男 三好 健治 多田 薫
Yoshio KANNO Kenji MIYOSHI Kaoru TADA
中野 智 細川 仁
Satoru NAKANO Shinobu HOSOKAWA

昭和57年度から県内主要河川の底生動物相調査を実施した結果、次のことがわかった。

1. 山間部で貧腐水性の地点が多く、都市部中小河川ではほとんど α -中腐水性と汚濁が進行していた。
2. 生物学的水質判定法のうち、優占種法は他の方法と異なる結果を導く傾向が大きかった。
3. 各生物学の指標値（BI, PI, DI）は、BOD, COD, SSと有意水準1%で相関があった。
4. 県内主要河川に棲息する底生動物のうち、出現頻度の高いものについてその状況を調べたところ、次の特徴が見られた。
 - 1) β -中腐水性の指標種として取り扱ったヒラタドロムシ、キイロカワカゲロウ、ヒメカゲロウ属、ギフシマトゲケラについては、今回の調査では貧腐水性と判定された地点に最も多く棲息していた。
 - 2) 主要底生動物についてその出現状況を調べたところ、各種指標値に対し鋭い出現数のピークがある場合やなだらかな傾向もしくはバラツキの見られる場合があった。

はじめに

底生動物は魚類等に比べ移動性が少ないので汚染の影響を受け易く、様々な環境要素を長期的かつ総合的に反映している等の利点があり、理化学的指標とは相互の欠点を補う関係にある。

公害関係法令に基づく公共用水域の水質汚濁の評価には、従来からBOD, COD等の理化学的指標が用いられているが、底生動物の出現状況はこのように水質の指標として重要な意味を持つ。

従って、各々の長所を生かしつつ、理化学的方法と生物学的方法を並用することが汚染を監視していく上で重要であるため、本県では昭和57年度より5年計画で主要河川の底生動物相調査を実施しているので、その結果を報告するとともに、その解析により得られた若干の知見について述べる。

調査方法

調査地点は図1に示すとおりであり、環境基準類型指定河川の水質監視地点を中心とし、底生動物相調査に適した条件の地点をほぼ等間隔となるように設定した。その実施状況は表1に示すとおりである。



図1 調査地点

底生動物相調査は、水質管理計画調査報告書¹⁾に準じて実施した。すなわち、調査時期を年4回(4~5月, 7~8月, 10~11月, 1~2月)とし、河川の状態が比較的安定したときに行った。底生動物の採取は、石礫底の瀬の流心に近い場所で、底面積30×30cmのサーバーネット(図2)を用いて行い、標本は約5%のホルマリン溶液で固定した後、16メッシュのふるいにかけて、ふるい上に残ったものについてごみと生物を選り分けた。ただし、1地点での採取回数は2回である。なお、生物の同定は日本産水生昆虫検索図説²⁾、水生昆虫学³⁾、日本淡水生物学⁴⁾に従って行い、日本幼虫図鑑⁵⁾、原色昆虫大図鑑⁶⁾、原色日本昆虫図鑑⁷⁾、新日本動物図鑑⁸⁾、原色日本貝類図鑑⁹⁾、原色甲殻類検索図鑑¹⁰⁾等を参考とした。

また、理化学的水質調査法は、表2に示すとおりであり、生物採取時に採水した水について分析した。

使用した生物学的な水質判定法の概略を表3に示す。これらの方法はいずれも、水域の汚染程度を貧腐水性(os)β-中腐水性(β-ms)、α-中腐水性(α-ms)、強腐水性(ps)の4階級に区分し、生物の種がどの階級に主として出現するのを経験的にとりまとめた汚水生物学的指標生物表に基づいて判定するものである。すなわち、出現した生物の種をこの表に照らして、その場所の水質階級を知る方法である。今回の調査では、水生生物相調査解析結果報告書¹¹⁾に掲載されている指標生物表を用いた。表4は、表3のBeck & Tsuda法及びPantleu. Buck法に基づいて算出した指数と、それに対応する水質階級との関係を示したものである。

結果及び考察

1. 主要河川の汚濁状況

もとの報告書^{12)~15)}では、季節毎の判定は表3に示す4方法の判定結果のうち、3法以上の結果が一致した場合、その水質階級を総合判定結果としている。

更に年判定は、季節別、判定方法別の結果の内、最も多いものを年判定結果とし、図3に示した。

この結果から、山間部でosの地点が多いが、都市部中小河川ではほとんどα-msと汚濁の進行が見られた。

表1 調査実施状況

調査年度	調査地点
57	T1~T4, K1~K5
58	G1~G3, K01~K06
59	A1~A5, D1~D4
60	Ka1~Ka6, H1~H4

表2 測定項目及び測定方法

項目	測定方法
PH	JIS K0102, 12, 1に定める方法
DO	JIS K0102, 32, 1に定める方法
BOD	JIS K0102, 21に定める方法
COD	JIS K0102, 17に定める方法
SS	昭和57年環境庁告示41号付表6に掲げる方法
流量	JIS K0094, 6, 5に定める方法

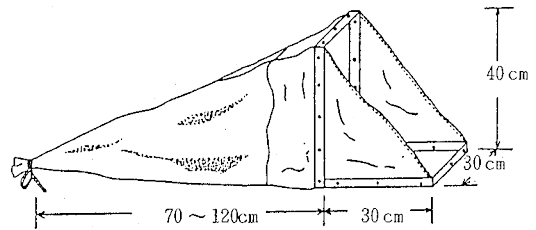


図2 サーバーネット(網目 N G G 40)

表3 生物学的な水質判定法

岡田法	もっとも出現頻度の高い種にもついで水質階級を決定する方法である。今回の調査では、ユスリカ類は種まで同定せず一括して取り扱ったため、ユスリカ類の出現頻度がもっとも高い場合は便法として2番目に出現頻度の高い種を採用した。
Kolkwitz法	個体数にかかわらず出現した全種の水質階級のうち、もっとも多くの種が示す水質階級を採用する。
Beck & Tsuda法	出現した全種の汚濁に対する耐忍性より、A(非汚濁耐性種数)グループとB(汚濁耐性種数)グループに分け、生物指数(BI)を2A+Bにより算出し、生物指数に対応する水質階級を採用する。一般には、貧腐水域に主として生息する種をAとし、それ以外の種はすべてBに含める。なお、ここでは耐忍性の不明な種はBとして取り扱った。
Pantleu. Buck法	サブロビ指数とも呼ばれ、以下のように各出現種の汚濁階級(s)に1~4の値を、また個体数(h)に1~3の値を与え、汚濁指数(P)を $\sum (s \times h) / 2$ により算出し、汚濁指数に対応する水質階級を採用する。なお、種の水質階級が複数にまたがる場合は、汚濁階級指数の高い値を採用する。 s: 汚濁階級指数 1 = 貧腐水性種 2 = β-中腐水性種 3 = α-中腐水性種 4 = 強腐水性種 h: 個体数 1 = 1個体 2 = 2~9個体 3 = 10個体以上

表4 生物学的な水質階級

階級	略語	意味	生物指数	汚濁指数
強腐水性 Polysaprobic	ps	大変きたない	0~5	3.6~4.0
α-中腐水性 α-mesosaprobic	α-ms	きたない	6~10	2.6~3.5
β-中腐水性 β-mesosaprobic	β-ms	少しよこれた	11~19	1.6~2.5
貧腐水性 oligosaprobic	os	きれい	20以上	1.0~1.5

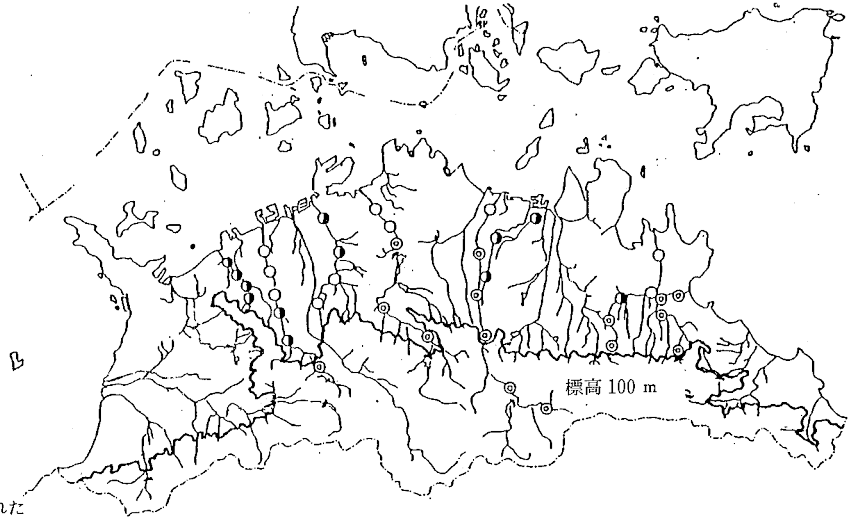


図3 調査結果一覽図

2. 各生物学的判定法の結果と総合判定結果との比較

表5は、表3に示す4法のうち3法の評価が一致した場合、残りの1法がどのような判定を行ったのかを示している。

総合判定結果と異なる判定を導く割合が最も高いのは優占種法で、より汚濁の強い判定をする傾向が見られ、特にosがβ-msへずれる例が多かった。

逆に、Kolkwitz法は総合判定のβ-msをosとより清澄な判定を導く傾向が見られた。

また、Beck & Tsuda法は、総合判定によく一致したが、α-msをpsとより汚濁の進んだ結果となった例が多く見られた。

Pantle u. Buck法ではβ-msの判定が多く、総合判定のos及びα-msがいずれもβ-msへずれた例があった。

以上のような判定傾向の特徴が見られたが、これは前回の中間報告¹⁶⁾とよく一致した。

表5 各判定法の結果と総合判定結果との比較

総合判定		os	β-ms	α-ms	ps	総合判定と異なった割合(%)
各判定						
優占種法	os	38	2			25.9
	β-ms	13	21	1		
	α-ms	3	4	27		
	ps			7		
Kolkwitz法	os	54	11			13.7
	β-ms		9			
	α-ms		3	25		
	ps					
Beck & Tsuda法	os	53				8.6
	β-ms	1	26	1		
	α-ms		1	27		
	ps			7		
Pantle u. Buck法	os	39				17.2
	β-ms	15	27	5		
	α-ms			30		
	ps					

表6 各測定項目間の相関

	PH	DO	BOD	COD	SS	BI	PI	DI	水温	流速	流量
PH	1.000										
DO	.579**	1.000									
BOD	.027	-.081	1.000								
COD	.095	-.119	.873**	1.000							
SS	-.114	-.253**	.281**	.37**	1.000						
BI	-.081	.012	-.286**	-.469**	-.266**	1.000					
PI	.136	-.037	.444**	.663**	.258**	-.782**	1.000				
DI	-.11	-.012	-.337**	-.511**	-.239**	.784**	-.751**	1.000			
水温	.184*	-.317**	-.029	.106	.1	-.092	.195**	-.032	1.000		
流速	.053	.028	-.069	-.034	-.155*	.03	-.071	.057	-.017	1.000	
流量	.072	-.021	-.107	-.052	-.057	.082	-.115	.078	.101	.637**	1.000

注) 1 ** : 1%有意水準で相関関係がある。
 2 * : 5% "

3. 各測定項目間の相関

表6は11の測定項目間の相関行列を示したもので、個々のデータについてはもとの報告書に記載してある。

太枠で囲んだ部分は、生物学的指標と理化学的指標との間の相関関係を表わしており、ここで用いたDIとは群集構成の複雑さを示す多様性指数である。今回は、Shannonの指数について検討した。これは総個体数(N)と各種個体数(n)から、 $DI = \sum (ni/N) \log_2 (ni/N)$ により算出するもので、一般的に汚濁が進んだ水域ではこの値が低下することが知られている(渡辺¹⁷⁾1973)。

各生物指標は、BOD、COD、SSと有意水準1%で相関があった。

4. 香川県内河川に生息する出現頻度の高い底生動物について

(1) 水質階級別の総出現個体数

県内主要河川で出現頻度の高かった10種類の生物について、各総個体数を総合判定による水質階級別に振り分け、図4に示した。ミズムシ、コガタシマトビケラ、サホコカゲロウについては、osからα-msまで広範囲に出現するが、最も多い個体数が出現した水質階級は、用いた指標生物表のものに一致した。また、ヒラタドロムシ、キヨロカワカゲロウ、セメカゲロウ属、ギフシマトビケラの指標性はβ-msとなっていたが、今回の調査結果ではosと判定された地点で最も多く棲息していた。

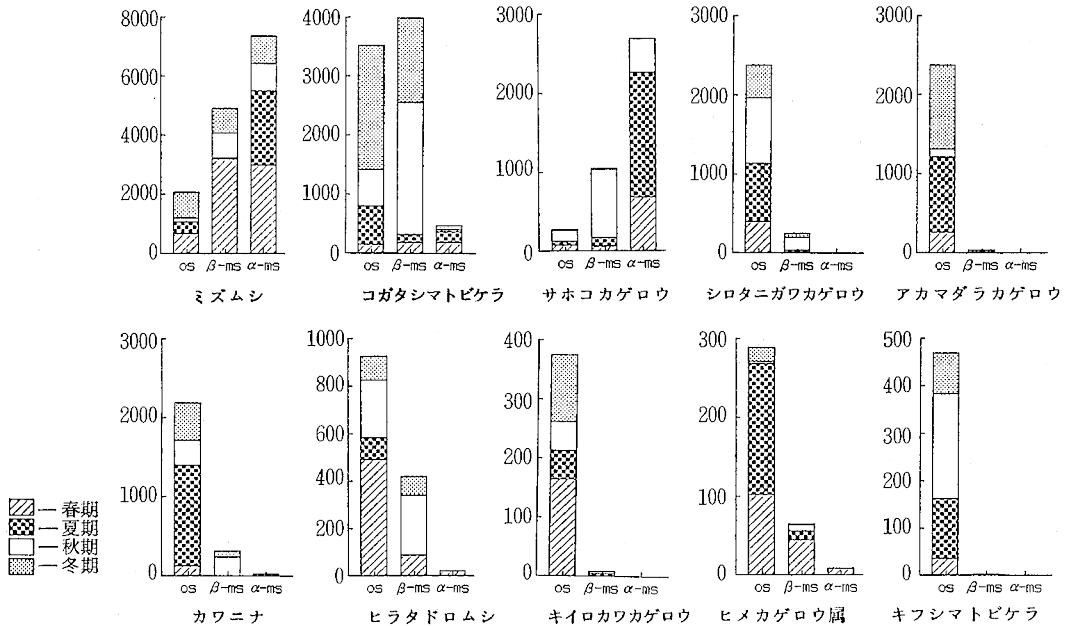


図4 水質階級別の総出現個体数

(2) 主要底生動物の出現状況

今回実施した全調査回数の内、半数以上の調査で出現が確認されたのは、ミズムシ、コガタシマトビケラ、サホコカゲロウ、シロタニガワカゲロウであり、これら4種の出現状況を図5に示した。横軸には水質及び多様性の指標値、縦軸には指標値の各範囲内で出現した生物の個体数を該当する調査回数で割った値を用いた。

ア) ミズムシ

BODが4.1~7.0 mg/l, CODが7.1~10.0 mg/l, SSが8.1~10.0 mg/lの範囲で1回の調査

(0.18m²)あたりの出現数は最大となったが、これより清澄でも汚濁が強まっても出現数は減少する傾向が見られた。

pHは8.1~8.5 mg/lで出現数のピークが見られたがDOについてはかなりバラツキがあった。

PIは2.01~2.50の間で、またDIは0.6~1.0の間で最も多く出現する傾向が見られ、BIについては20までは平均的に出現し、20以上ではその数が減少した。

イ) コガタシマトビケラ

BODは1.6~2.0 mg/l, CODは6.1~8.0

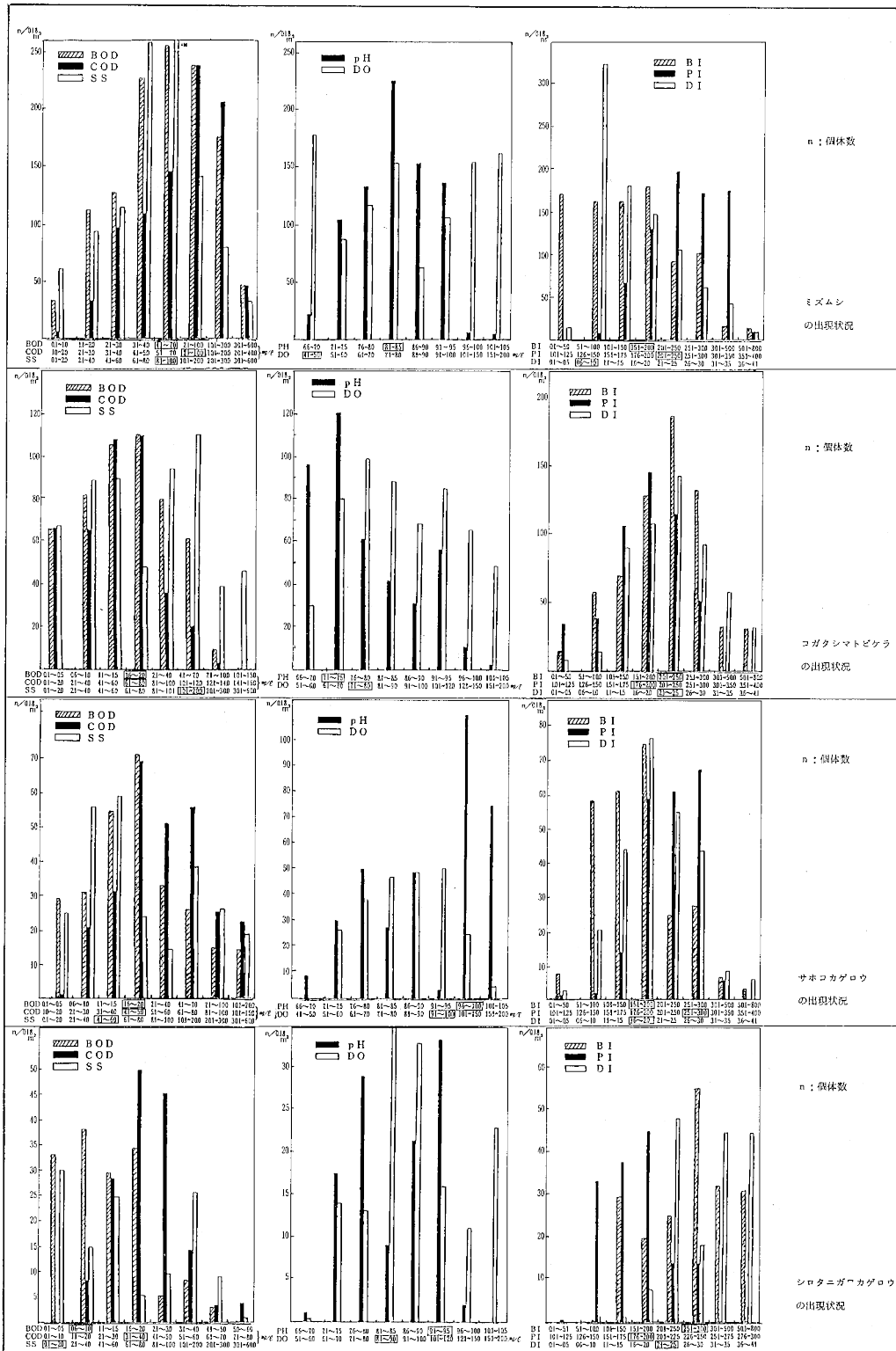


図5 主要底生動物の出現状況

mg/lの範囲で出現数が最大となるが、SSに対してはバラツキが見られた。

pHは7.1~7.5で、DOは7.1~8.0 mg/lで出現数は最大となった。

BI, PI, DIに対しては、各々20.1~25.0、1.76~2.00、2.1~2.5の範囲でピークが見られた。

ウ) サホコカゲロウ

BOD, COD, SSに対しては、各々1.6~2.0 mg/l, 4.1~5.0 mg/l, 4.1~6.0 mg/lの範囲で出現数が最大となった。

pHについては、9.6~10.0で出現数が最大となったが、分布状況にバラツキがあり、DOについては9.1~10.0の範囲になだらかなピークが見られた。

DIについては、1.6~2.0の範囲に出現数のピークがあるが、BI, PIに対しては、各々5.1~20.0、1.76~3.00の広範囲で出現数が多かった。

エ) シロタニガワカゲロウ

CODについては3.1~4.0 mg/lの範囲で出現数のピークが見られたが、BODについては2.0 mg/l以下では平均的な高い出現数が認められ、2.0 mg/lを超えるとかなり減少した。SSに対しては、バラツキが見られた。

pHについては、7.1~9.5の範囲でほとんどの個体が出現した。DOについては、6.0 mg/l以下ではほとんど出現していない。

BIについては10.0以下で、PIについては、1.25以下もしくは2.51以上で、DIについては、1.5以下ではほとんど出現しなかった。

ま と め

1. 山間部ではosの地点が多いが、都市部中小河川ではほとんど α -msと汚濁が進行していた。
2. 生物学的な水質判定法のうち、優占種法は他法によるosの判定を β -ms, Kolkwitz法は β -msをos, Beck & Tsuda法は α -msをps, Pantle u. Buck法はos及び α -msを β -msと各々判定する 경우가多かった。
3. 各生物学的指標は、BOD, COD, SSと有意水準1%で相関があった。
4. 出現した総個体数を年判定による水質階級に振り分けると、今回用いた指標性と異なる階級に多く出現する傾向の見られる種があった。

5. 主要底生動物について、水質や多様性の指標値に対する0.18m²当たりの出現数をヒストグラムで調べたところ、明確なピークを示す場合のみならず、広範囲に及ぶ出現傾向を持つもの、バラツキの見られるもの等があった。

本調査を行うにあたり技術的な御指導を、また報告書の作成の際には適切な御助言をいただいた香川大学教育学部渡辺直教授をはじめ、研修でお世話になった兵庫県公害研究所、長崎県衛生公害研究所、環境庁公害研修所の皆様方に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 社団法人日本の水をきれいにする会：水質管理計画調査報告書21(1981)
- 2) 川合楨次他：日本産水生昆虫検索図説 東海大学出版会(1985)
- 3) 津田松苗他：水生昆虫学 北隆館(1979)
- 4) 上野益三他：日本淡水生物学 北隆館(1980)
- 5) 朝比奈正二郎他：日本幼虫図鑑 北隆館(1981)
- 6) 中根猛彦, 大林一夫, 野村鎮, 黒沢良彦：原色昆虫大図鑑(II) 北隆館(1981)
- 7) 中根猛彦他：原色日本昆虫図鑑(上) 保育社(1981)
- 8) 岡田要, 内田清之助, 内田享：新日本動物図鑑(中) 北隆館(1982)
- 9) 吉良哲明：原色日本貝類図鑑 保育社(1981)
- 10) 武田正倫：原色甲殻類検索図鑑(1982)
- 11) 社団法人日本の水をきれいにする会：水生生物相調査解析結果報告書16(1980)
- 12) 香川県公害課・公害研究センター：水生生物による河川水質汚濁調査…鴨部川・津田川(1982)
- 13) 香川県公害課・公害研究センター：水生生物による河川水質汚濁調査…香東川・御坊川(1983)
- 14) 香川県公害課・公害研究センター：水生生物による河川水質汚濁調査…綾川・大東川(1984)
- 15) 香川県公害課・公害研究センター：水生生物による河川水質汚濁調査…金倉川・弘田川(1985)
- 16) 冠野禎男, 三好健治：香川県公害研究センター所報, 9, 83(1984)
- 17) 渡辺 直：用水と曝水, 15, 6, 725(1973)