

## 農村地域の水管理と指標生物

沖野外輝夫\* · 杉本剛士\* · 渡辺雄二\* · 倉澤秀夫\*

農耕地への化学肥料の投与と農村の生活水準の上昇によって、これまでは比較的清澈で問題の少なかった農村地域の小溪流でも水質の変化が起っている。特に、下流部に閉鎖水域としての湖沼なり人造湖が存在する場合にはこれらの地域から排出された有機物なり、窒素、燐といった植物にとっての栄養成分の影響で「水の華」の発生や赤潮現象が起ることが報告されている。農村に限らず各地域ごとでの水管理はこの面からも今後必要となることが指摘されている。そこで水管理上必要な指標を何にするかが問題となる。特に、下流平地部での水質汚染とはレベル的にも、内容的にも異なる農村地域の場合には水質の変化に敏感で、かつ容易に住民が識別することができる指標が必要となる。

これまで河川の水質を知るための一般的な方法は化学分析によるもので環境基準も大腸菌群の項目を除くと全てこの方法によっている。しかし、河川のように常時水流が通過する開放系の性格の水域では測定された水質は瞬間的な状況を把握し得るのみで、長期の状況を知ることが難しい場合が多い。特に上流部の農村地域の場合には化学分析の機関も、施設もないのでその場で直ちにその川の状況を判断することはできないという問題がある。このような場合、河川の或る地域内で、或る期間生息する生物を一つの指標として用いることは水管理のうえでも便利な面を有している。

### 河川水質管理のための生物指標

河川生態系の構成は水温、水質等の非生物的環境要因と各栄養段階の生物群集を含む生物的要因で成り立っている。生物的要因としては次のものが挙げられる。

- i). 基礎生産者— 附着性藻類、水草
- ii). 第一次消費者— 植食性底生生物、植食性魚類
- iii). 第二次消費者— 肉食性底生生物
- iv). 第三次消費者— 肉食性魚類
- v). 分解者— 細菌類

このうち、これまでに河川環境の指標生物として多用されているものは生物群集の基礎としての附着性藻類と消費者としての底生生物、特に水生昆虫である。それぞれに生息種と環境の関係から経験的にその水域の汚染度を知ることが目的としている。しかし、これらの指標は汚染度の高い水域に対して用いられている場合が多く農村

地域への適用には必ずしも適していない。

これまでの河川環境の調査で、河川生態系の把握にもっとも基本的な生態系要素の組み合わせは何かについて解析した例は少ないが、筆者らが中国地方江の川において行なった結果から次のようなことが分っている。江の川における各生態系要素の重回帰分析により得られた代表的項目は五つで

- (1) 水温 (生物の生息、季節変化)
- (2) 全燐濃度 (水域の富栄養化要因)
- (3) COD (水域の汚染要因)
- (4) 附着藻類量 (河川の生物生産力)
- (5) 水生昆虫密度 (生態系生物群集のKey 生物)

となり、このうち水生昆虫の生息密度が河川生態系の質的内容を示すもっとも中心となる項目と見られた。

水生昆虫は基礎生産者としての附着藻類から魚類に至る食物連鎖の中間部分に位置し、生態系内での物質循環のKey 的位置を占める生物群集である(図1)と同時に

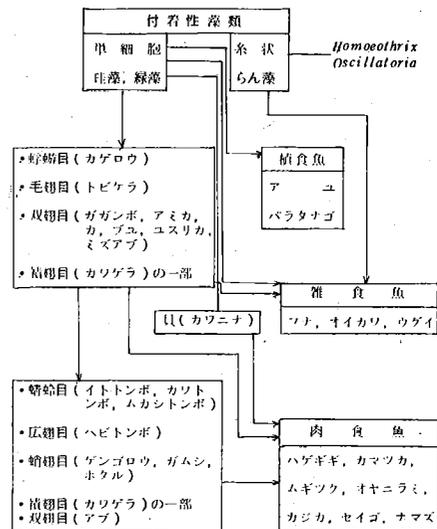


図1. 江の川(島根県)の食物関係の模式図

水質、河川形態の変化に敏感に反応する特質を有し、環境変化に応じてその生息種も敏感に変化する。津田(1953, 1962)はこれらの水生昆虫を生活形によって次のように分類している。

- I 瀬に多く生息するもの

\* 信州大学理学部 附属諏訪臨湖実験所

- (1) 造網型 (Net-spinning), 分泌絹糸を用いて捕獲網を作るもの (シマトビケラ科, ヒゲナガカワトビケラ科一毛翅目)。石面や石間に固着性の巣を作り, 捕獲網をはり, 流下藻類を捕食する (底質は石、礫)。
- (2) 固着型 (Attaching), 強い吸着器管または鈎差器管で他物に固着し, 大きく移動はしない (アミカ科, ブユ科)。
- (3) 匍匐型 (Creeping), (ナガレトビケラ属, ヒラタカゲロウ科, 積翅目, ドロムシ科, ヘビトンボ科)

## II 淵に生息するもの

- (4) 携巢型 (Case-bearing), 筒巢をもつ多くの毛翅目幼虫で, これも匍匐運動をする。
- (5) 游泳型 (Swimming), 移動は主として游泳で行なう (コカゲロウ科, ナベブタムシ)。
- (6) 掘潜型 (Burrowing), 砂, 泥の中に潜っている (モンカゲロウ, サナエトンボ科, ユスリカ科)

それぞれの生活型の水生昆虫が淵, 淵で量・質的に変ることを報告している例としては可児 (1938) 御勢 (1972) のものがある。農山村地域の河川は小溪流であるからこれまでの平地部の比較的大きい河川の例がそのままあてはまることはないが基本的には変わらない。

いずれにしても今後の農山村での水質管理を含めて, 河川環境を維持するために水生昆虫を指標生物とする可能性は多く, 松本市 (1978) でも採りあげられている。

### 調査地域および調査方法

調査地域は諏訪郡原村中新田地区を中心とする12の小河川で, それぞれに集落をはさんで上流, 下流に調査地点を設定した (図2)。原村は八ヶ岳南西麓に広がる広

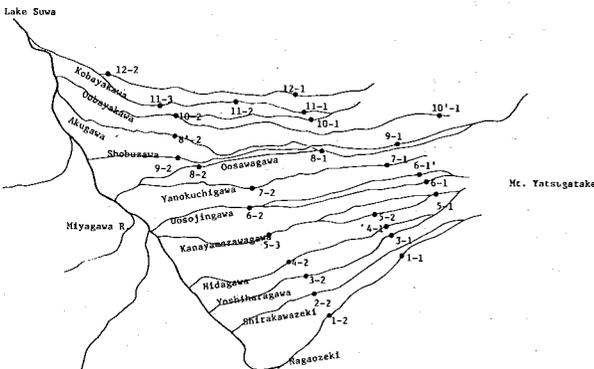


図2. 原村中新田の調査地点

大な農地を中心とする地域で, 中新田はそのほぼ中央に位置している。水田と畑の面積比は7:5程度で, やゝ水田が多い。この地域に関する人口は約4000人である。中新田周辺の小河川の対称として, 各小河川が合流する宮

川についても測点を設け, 両地点での水生昆虫相の比較を行なった。

採集方法は30×30cm<sup>2</sup>の方形サーバネットを使い, 各採集地点で10~20分間採集を行ない, 現場でネットからピンセットによって水生昆虫を拾い出し, 70%メタノールで固定, 保存し, 同定を行なっている。

同時に採水した河川水についてはCOD, NO<sub>3</sub>-N, T-PおよびCl'の定量を行なっている。それぞれの分析法を次に示す。

COD : 過マンガン酸カリ (N/80), 酸性 (硫酸1:2) 湯煎 (90℃以上), 30分。

NO<sub>3</sub>-N: イオンメーター使用 (ORION, Model 701, 金属膜電極)

T-P : 過硫酸カリ, 110℃, 1気圧加圧, 90分。

モリブデン酸アンモン第一スズ発色

Cl' : モール法

NO<sub>3</sub>-Nについてのイオンメーター使用は1mg/l以上の濃度では問題がないが, 図3に示すように1mg/l以下ではカドミウムカラム法より精度が悪く高目の数値が得られるので注意が必要である。

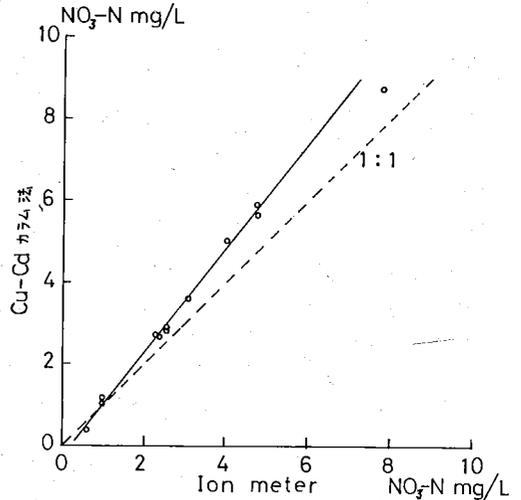


図3. Cu-Cd法とイオンメーター法による硝酸態窒素の定量比較

### 結果

各地点の水質について第1表に示した。すでにこれまでに明らかになっているように各河川ともに農耕地を経由して下流に至るとNO<sub>3</sub>-N濃度は増加し, 最高19.2mg/lの高濃度に達している地点もある。CODは最高で3.23mg/lで他はほとんどが2mg/l以下となっており, 下流部の汚染された水域にくらべるときわめて水質は良好といえる。全燐も集落に近い部分を除くと微量で, 最高は0.266mg/lとなっている。NO<sub>3</sub>-NとT-Pの間には相関は低くT-PはむしろCODとCl'と関係が強い。この

第1表 原村中新田調査地点の水質

Station No.	COD (mg/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	T-P (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)
1-1	2.12	4.10	0.034	2.60
1-2	1.61	9.92	0.042	7.48
2-2	1.78	1.44	0.034	8.67
3-1	0.56	1.12	0.000	1.63
3-2	1.11	8.08	0.000	6.61
4-1	0.50	0.91	0.000	3.25
4-2	0.90	12.7	0.000	5.59
5-1	0.61	0.63	0.000	3.25
5-2	1.40	3.27	0.054	0.65
5-3	3.23	5.14	0.266	5.96
6-1	0.36	1.56	0.000	1.73
6-1'	0.34	0.66	0.000	0.65
6-2	1.69	10.3	0.050	9.21
7-1	0.90	6.58	0.080	3.04
7-2	0.70	1.38	0.050	9.97
8-1	0.90	4.36	0.000	4.88
8-2	1.79	19.2	0.050	12.79
8'-2	1.04	3.41	0.000	4.88
9-1	0.50	0.42	0.000	0.98
9-2	0.88	2.08	0.000	2.71
10-1	1.04	3.85	0.000	4.88
10'-1	0.50	0.2以下	0.000	2.82
10-2	1.06	4.93	0.020	6.50
11-1	0.68	2.08	0.000	3.25
11-2	0.86	2.89	0.000	4.66
11-3	0.63	3.85	0.034	6.61
12-1	0.54	2.89	0.000	2.60
12-2	2.51	6.58	0.126	10.95
Miyagawa				
Ankokuji	0.72	5.36	0.039	6.40
Bashi	1.13	5.82	0.017	6.07
Sakamuro	0.97	4.73	0.015	5.85
Kanazawa	1.00	6.85	0.015	6.07

地域の水質特性は上流部でありながらNO<sub>3</sub>-Nが相対的に高いことにある。

水性昆虫についてはこれまでにより広域の同地方の調査結果を得ている。図4はその結果で諏訪湖集水域内の各水生昆虫の分布特性が示されている。カゲロウ、カワゲラ、トビケラの3目についてそれぞれの分布特性をみると次のようになっている。カゲロウとトビケラは溪流から平地まで広く分布し、カワゲラは源流部の竜源橋や宮川の各支流といった溪流部のみにもみられるが平地流にはみられない。しかし、溪流部である白樺湖下は白樺湖の汚染に影響されて、河川型がAaまたはAa-Bb移行型であるにもかかわらず採集されなかった。このことは山地溪流の場合カワゲラの存否が水質を反映し、生物指標として使用可能なことを示している。

カゲロウ、トビケラについてみると科、亜科の段階で

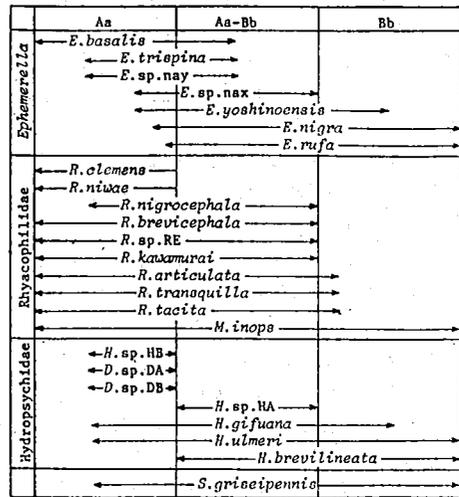


図4. 河川型と各水生昆虫の分布範囲の整理 (諏訪湖集水域での調査より)

は分布特性を判断するには適せず、種の単位ではじめて溪流だけの種、平地だけの種といった分布特性が認められた。分布特性の認められたマダラカゲロウ属、ヒラタカゲロウ科、ナガレトビケラ科、ヒケナガトビケラ科、シマトビケラ科についてそれぞれの種の分布特性を以下に示す。

#### マダラカゲロウ属の分布

もっとも溪流性の強いマダラカゲロウは *Ephemerella basalis* で源流部にも生息していた。次いで *E. trispina*、*E. sp. nay* も溪流性が強い。Aa-Bb移行型に生息するのが *E. sp. nax* で、この種は前記3種ほどには溪流性は強くない。*E. yoshinoensis* は溪流から平地流まで多くみられる。*E. rufa* も溪流から平地流まで広く分布する種で水質汚染にも強い。むしろこの種は平地流を好む傾向が認められる。*E. nigra* も平地流を好むが、耐汚水性としては *E. rufa* の方が強い。

#### ヒラタカゲロウ科の分布

ヒラタカゲロウ科のうち溪流部でのみみられる種は *Epeorus hiemalis*, *Ep. aesculus*, *Ecdyonurus kibunensis*, *Cinygma* sp. である。他の5種は溪流から平地まで広く分布しているが *Ep. uenoi* と *Ep. curvatus* はやゝ溪流性、*Ep. latifolium*, *Ep. uenoi*, *Ec. yoshida* は汚染にやゝ強い。

#### ナガレトビケラ科

*Rhyacophila articulata*, *R. transquilla*, *R. tacita* は溪流から平地流までに分布する。一方、*R. clemens*, *R. niwae* は溪流のみで得られ、やゝ平地流まで分布するものに *R. nigrocephala*, *R. brevicephala*, *R. sp. RE* と *R. kawamurai* の3種が得られた。ヤマトビケラ亜科

の *Mystrophola inops* は溪流から平地流にまで広く分布している。

**ヒゲナガカワトビケラ科, シマトビケラ科の分布**

これら二つの科は溪流から平地流まで広く分布しているが、源流部ではみられない。溪流部でのみみられるものには *Dipsectrona* sp. DA と *D.* sp. DB および *Hydropsyche* sp. HB がある。一方、平地流でみられるものとして *Hydropsychodes brevilineata* の他多くのものがこれにはいる。

**ヨコエビとミズムシの分布**

*Asellus hilgendorffii* は溪流から平地流まで広く分

布し, *Anisogammarus annandalei* は諏訪湖より下流で得られた。津田(1944, 1961)によると *Asellus hilgendorffii* を  $\alpha$ -中礫水性水域の指標生物として採用しているが、諏訪湖集水域の場合は比較的上流部の非汚染域からも出現している。

**原村中新田地域の調査結果**

これまで述べてきた諏訪湖集水域全体の結果をさらに小地域の農村地帯に適用し、指標生物の抽出を行なうために、中新田地域をより細く調査した。第2表は上流部での出現種を第3表には下流部の出現種を示した。結果

第2表 中新田、上流部での水生昆虫の出現種

	①- 1	③- 1	④- 1	⑤- 1	⑤- 2	⑥- 1	⑥- 1'	⑦- 1	⑧- 1	⑨- 1	⑩- 1	⑩- 1	⑪- 1	⑫- 1
<b>EPHEROPTERA</b>														
<i>Ephemera japonica</i>	○	○		○	○	○	○	○	○	○				○
<i>Isonychia japonica</i>			○	○										
<i>Epeorus latifolium</i>				○										
<i>Ecdyonurus tobiironis</i>		○	○	○	○	○		○	○				○	
<i>E. kibunensis</i>		○?												
<i>Paraleptophlebia</i> spp.				○				○		○		○		
<i>Ephemerella</i> spp.				○				○	○	○	○			
Baetidae				○				○	○		○	○	○	
<b>TRICOPTERA</b>														
<i>Rhyacophila</i> sp. RF										○				
<i>R. clemens</i>		○	○	○	○			○	○	○				○
<i>R. tranquilla</i>										○				
<i>Mystrophora inops</i>										○				
<i>Steropsyche griseipennis</i>										○				
<i>Hydropsychodes brevilineata</i>		○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
<i>Hydropsyche gifuana</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○
<i>H. ulmeri</i>														
<i>H. sp.</i> (HB)										○				
<i>Diplectrona</i> sp. (DA)											○			
<i>D. sp.</i> DB									○					
<i>D. sp.</i> DC				○										
<i>Psilotretu Kisoensis</i>				○										
<i>Goera japonica</i>														
<i>Gumage okinawaensis</i>	○	○	○	○	○		○	○		○		○	○	○

第3表 中新田地域、下流での水生昆虫の出現種

	①- 2	②- 2	③- 2	④- 2	⑤- 3	⑥- 2	⑦- 2	⑧- 2	⑧'- 2	⑨- 2	⑩- 2	⑪- 2	⑪- 3	⑫- 2
<b>EPHEMEROPTERA</b>														
<i>Ephemera japonica</i>			○	○				○	○	○		○	○	○
<i>Isonychia japonica</i>			○					○						
<i>Epeorus latifolium</i>														
<i>Ecdyonurus tobiironis</i>														
<i>E. kibunensis</i>														
<i>Paraleptophlebia</i> spp.														
<i>Ephemerella</i> spp.								○		○			○	
Baetidae		○		○				○	○		○		○	○

TRICOPTERA														
<i>Rhyacophila</i> sp. RF														
<i>R. clemens</i>	○		○	○				○			○			
<i>R. tranquilla</i>														
<i>Mystrophora inops</i>													○	
<i>Steropsyche griseipennis</i>														
<i>Hydropsychodes brevilineata</i>			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Hydropsyche gifuana</i>	○		○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
<i>H. ulmeri</i>												○	○	○
<i>H. sp. (HB)</i>														
<i>Diplectrona</i> sp. (DA)														
<i>D. sp. DB</i>														
<i>D. sp. DC</i>	○													
<i>Psilotretu kisoensis</i>														
<i>Goera japonica</i>	○													
<i>Gumaga okinawaensis.</i>	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○

についてはまだ詳しい解析を行なう段階に至っていないが概略を以下に示す。中新田全域に出現する種は *Asellus hilgendorffii* (図5), *Hydropsyche gifuana* (図6), *Hydropsychodes brevilineata* と *Gumaga okinawaensis* (図7) で、これに対して上流部のみでみられるものに *Ecdyonurus tobiironis* (図8), 下流部のみみられるものが *Hydropsyche ulmeri* (図9) となった。これらの結果から宮川本流の平地流との関係で今後適当な指標水生昆虫を抽出し、農村地域での水管理のためモニタリングとする可能性を今後検討する手がかりを得ることができた。

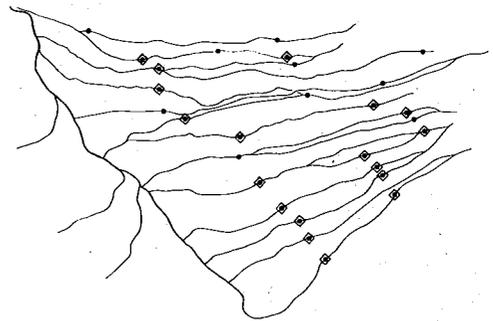


図7. クマガトビケラ (*Gumaga okinawaensis*) の分布

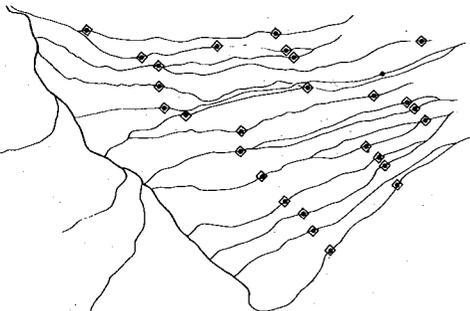


図5. ミズムシ (*Asellus hilgendorffii*) の分布

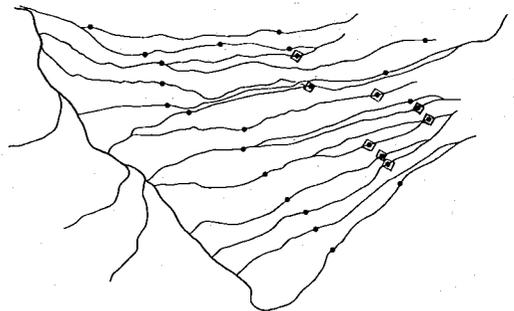


図8. クロタニガワカゲロウ (*Ecdyonurus tobiironis*) の分布

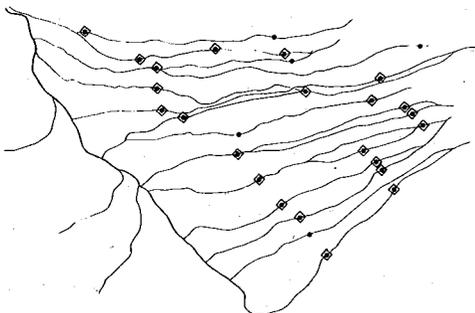


図6. ギフシマトビケラ (*Hydropsyche gifuana*) の分布

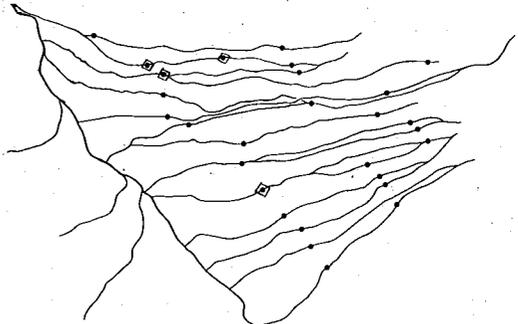


図9. ウルシマトビケラ (*Hydropsyche ulmeri*) の分布