

後背地に広葉樹林あるいは針葉樹林を擁する小規模河川における  
底生動物による上流部の水質評価及び季節的変動（第3報）

関屋 幸一・岩切 淳・中村 公生  
赤崎 いずみ・中村 雅和・富山 幸子  
高木 正博\*<sup>1</sup>

**An Assessment of the Water Quality Based on Zoobenthos Including Seasonal  
Variations of Upper Stream Parts of a Small Scale River Which Has  
Broadleaf Forest or Coniferous Forest in the Hinterland (III)**

Koichi SEKIYA, Jun IWAKIRI, Kimio NAKAMURA, Izumi AKAZAKI,  
Masakazu NAKAMURA, Sachiko TOMIYAMA,  
and Masahiro TAKAGI

Abstract

We have been investigating water qualities of the rivers in Miyazaki Prefecture since 1993 using the ASPT(Average Score Per Taxon) value and DI(Diversity Index)

For three years from 2005 to 2007, we investigated 3 points of the upper reaches of the small scale river at the Tano forest science station of Miyazaki University.

The results of the investigation in the past 3 years were as follows.

- 1) The value of the pH, EC, Ca(Ca<sup>2+</sup>), Mg(Mg<sup>2+</sup>) of the river water of the sixth wood squad which have coniferous forest in the hinterland were significantly lower than those of the tenth wood squad which has broadleaf forest in the hinterlands and the twelfth wood squad which has both broad-leaved trees and coniferous trees. The broadleaf forests were found to have the function that raise pH of river water than coniferous forests.
- 2) As a results of evaluation by the ASPT value and the DI, the qualities of the water of all these three forests group were evaluated as `clear water`.
- 3) In tenth wood squad more zoobenthoses were observed than in sixth wood squad and twelfth wood squad.
- 4) We investigated some factors that affect the number of the inhabiting zoobenthos by multivariate analysis. As a result, we found that DO and Mg level in the river water affected that number in summer and that TN level and Fe level also affected that number in winter. The levels of these ingredients in the river of tenth wood squad were higher than those of the other two wood squads.

It was speculated that this phenomenon came from the numerousness of the fallen leaves that were characteristic to broadleaf forest.

Key words: ASPT, DI, zoobenthos, broadleaf forest, coniferous forest

## はじめに

当所では、大型底生動物（以下「底生動物」と略す。）による河川水域環境評価方法<sup>1)</sup>を用いて、平成5年度から、県内の各河川ごとに上流部から下流部にわたる水質評価を行い、季節的変動を含め状況の把握に努めてきた（文献2）～4）など）。

一方、酸性降水物（酸性雨）や森林、水環境の関わりについては、近年の研究において、例えば、降雨が森林樹冠部を流下する際に pH が変化することが知られており、その変化は広葉樹と針葉樹では異なること<sup>5)</sup>、広葉樹あるいは針葉樹が水質形成機能、特に水質浄化機能を有すること<sup>6)</sup>などが報告されている。

しかしながら、森林を構成する樹種の違いと水環境や底生動物との関連については、いまだ不明な点も多い。

そこで、筆者らは、広葉樹、針葉樹といった樹種の違いが底生動物相や水環境にどのような影響を及ぼしているかを明らかにするため、広葉樹林あるいは針葉樹林を擁する河川を選定し、平成17年度から3か年にわたって底生動物等による水環境の評価を実施してきた（第1報<sup>7)</sup>及び第2報<sup>8)</sup>）。

本報では、本研究の最終年度である平成19年度（以下「今年度」と称する。）の調査結果とともに、3か年の結果をとりまとめ、若干の知見を得たので、その概要を報告する。

## 調査方法

### 1 調査地点

調査対象河川及び調査地点は第1報のとおりである。すなわち、宮崎市田野町の北部に位置する宮崎大学農学部田野フィールド（演習林）内の小規模河川源流部（清武川水系）で、後背地に広葉樹林を擁する10林班、針葉樹林を擁する6林班及び針広混交林を擁する12林班の3地点を調査地点とした。

なお、この演習林は、高岡平野と田野盆地の間に隆起した高台の南向き斜面の一部を占め、標高150m～200m、年間降水量は2,800～3,100mm、年間平均気温は16.5℃で、温暖多雨である。

### 2 調査（試料採取）年月日

夏期：平成19年7月24日

冬期：平成20年2月27日

### 3 底生動物の採集

底生動物の採集は第1報と同様の方法で行った。

### 4 理化学的検査

底生動物の採集時に河川水を各採集地点で採水し、第1報と同様の方法で分析・測定した。ただし今年度は、Ca及びMgについてはCa<sup>2+</sup>及びMg<sup>2+</sup>として、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>及びCl<sup>-</sup>

Table 1 Comparison of the ASPT value and the DI

	ASPT value(本調査における基本評価方法)		DI(本調査における参考評価方法)	
	数値	用語による表現(暫定表現)	数値	用語による表現
水質評価	7以上 6以上～7未満 5以上～6未満 5未満	清水性 やや清水性 やや汚濁水性 汚濁水性	3以上 — 1以上～3未満 1未満	清水性 — 中汚染水性 強汚染水性
計算式	$ASPT\ value = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SC_i$ <p>SC<sub>i</sub> : 各科に与えられたスコア n : 出現した科数</p>		$DI = - \sum_{i=1}^s (n_i/N) \log_2(n_i/N)$ <p>(多様性指数) i=1</p> <p>N : 総個体数 n<sub>i</sub> : i番目の種(科)の個体数 s : 出現した種数(科数)</p>	
水質汚濁の考え方	低スコアの汚濁耐性種が1個体でも観察・採集 →さらに、より低スコアの汚濁耐性種が1個体でも 観察・採集→ASPT値の低下→水質汚濁		種(科)数が減少→程度によっては、少数の 汚濁耐性種の個体数が異常(優占的)に増加 →DIの低下→水質汚濁	

とともに、イオンクロマトグラフ法によって分析・測定した。

## 5 分類及び同定

底生動物の分類及び同定は第1報と同様の方法で行った。分類及び同定は基本的にはすべて幼虫を対象とし、同定は科のレベルまで行い、その個体数も記録した。

## 6 底生動物による河川水域環境評価方法

第1報で述べたように、河川水域環境評価方法ではスコア法（ASPT値）による評価方法を指定しているが、これに加え、参考として多様性指数（DI）による評価も実施した。これらの簡易比較表をTable 1に示した。

## 調査結果及び考察

### 1 理化学的検査結果による水質評価及び季節的変動

各調査地点における理化学的検査結果をTable 2に示した。河川の環境基準項目であるpH、DO及びSSの3項目によって水質を評価すると、平成17年度及び18年度（以下「過去2か年」と称する。）と同様に各調査地点ともAA類型<sup>9)</sup>に相当し、いずれも極めて清澄な

水質であると判断された。

Fig. 1に夏期及び冬期のpH、EC、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>及びCl<sup>-</sup>を示した。

冒頭に述べたように、酸性降水物については、森林樹冠部を降雨が流下する際、広葉樹ではpHが上昇し、針葉樹ではpHが低下するなど、樹種によってpH変化が異なることが報告されている<sup>5)</sup>。また、広葉樹あるいは針葉樹が水質形成機能、特に水質浄化機能を有することなども知られている<sup>6)</sup>。さらに、宮崎大学農学部演習林内において降雨水がpH4.8（平均値）であるのに対し渓流水はほとんどが7.0以上であり、酸性雨が森林や土壌を通過するとほぼ中性の渓流水となる<sup>10)</sup>ことも報告されている。

今回のpHの結果をみると、過去2か年と同様に、夏期・冬期とも、広葉樹林を擁する10林班（pH7.7）及び針広混交林を擁する12林班（pH7.6）のほうが針葉樹林を擁する6林班（pH7.0）よりも高い値を示した。すなわち全林班ともpHは7以上であり、広葉樹林は針葉樹林と比較してpHをより上昇させていることが観測され、前述の報告<sup>10)</sup>を支持する結果となった。

EC、Ca<sup>2+</sup>及びMg<sup>2+</sup>についても過去2か年と同様に、夏期・冬期とも、6林班は10林班及び12林班よりもイオン濃度が低く、ECも低

Table 2 Analytical results of water qualities at three points in the wood squads

Sampling points	St.1 10林班		St.2 6林班		St.3 12林班	
Sampling date	07/7/24	08/2/27	07/7/24	08/2/27	07/7/24	08/2/27
Water temperature °C	22.6	10.1	22.0	5.0	22.5	5.0
Depth of water cm	18	3	7	6	12	6
pH	7.6	7.8	6.8	7.2	7.4	7.8
EC $\mu$ s/cm	96	104	40	44	87	148
DO mg/L	7.8	10	7.8	12	7.8	12
SS mg/L	6	<1	<1	<1	<1	<1
TN mg/L	0.13	0.15	0.09	<0.05	0.26	0.09
TP mg/L	0.012	0.008	0.006	0.004	0.010	0.007
TOC mg/L	1.6	1.6	0.7	1.0	1.3	1.8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	3.5	4.8	3.1	3.7	9.8	17
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	0.40	1.0	0.33	0.37	0.67	0.89
Cl <sup>-</sup> mg/L	5.4	5.0	3.3	3.5	4.7	4.0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/L	0.21	<0.008	0.15	0.02	0.37	<0.008
Na <sup>+</sup> mg/L	5.8	7.1	4.2	4.5	8.7	18
K <sup>+</sup> mg/L	0.78	0.58	0.65	0.4	0.96	0.76
Ca <sup>2+</sup> mg/L	7.0	10	1.2	2.3	5.3	10
Mg <sup>2+</sup> mg/L	2.8	3.6	1.1	1.5	1.9	3.1
Fe mg/L	0.14	0.008	0.010	<0.005	0.012	<0.005

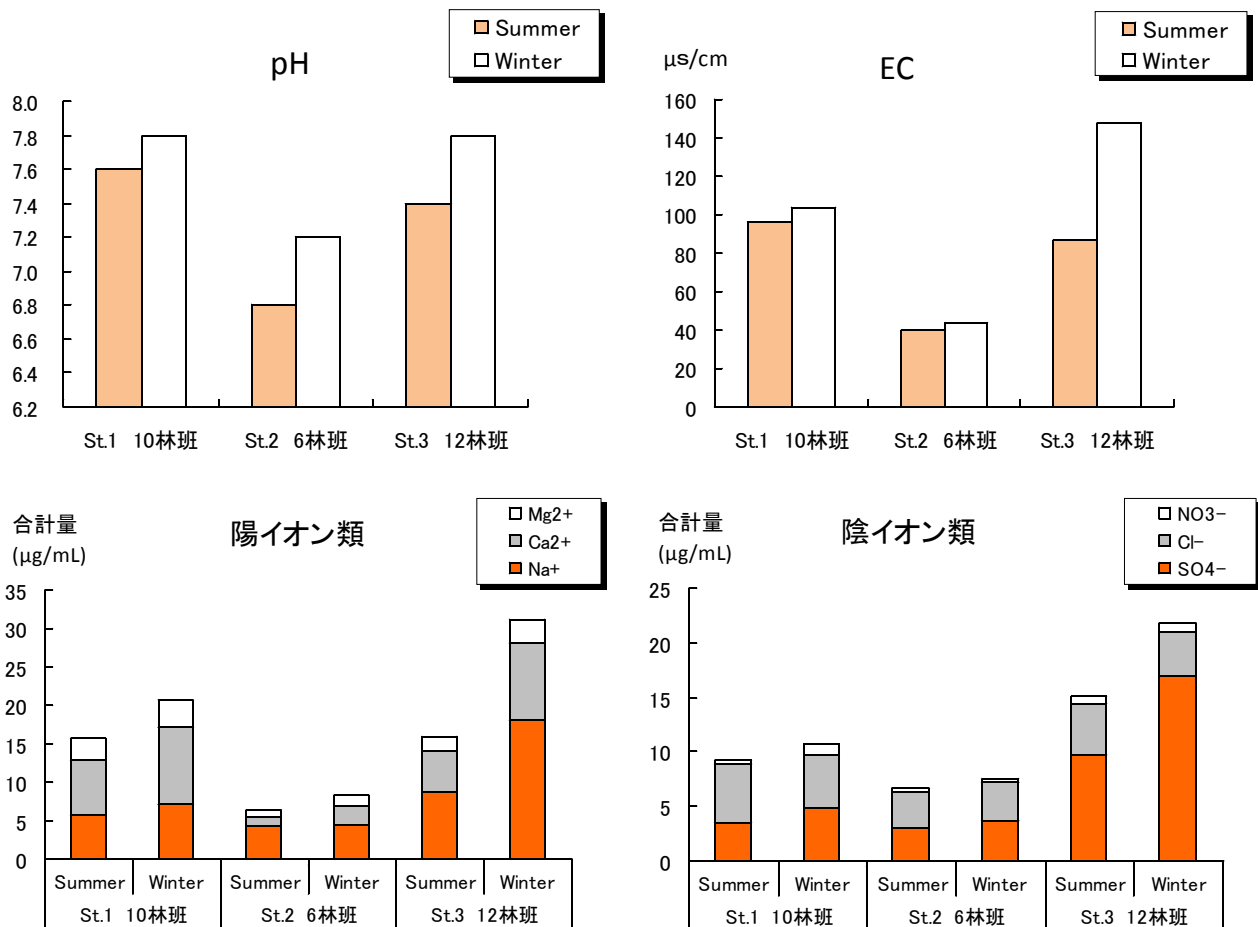


Fig.1 Seasonal variations of analytical results of water qualities

い、より清澄な水質であった。Na<sup>+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>及びCl<sup>-</sup>についても同様であった。

また、調査地点ごとの季節変動をみると、全林班とも、夏期に比較して冬期のほうが、pHが高く、ECも高くCa<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>等主な陽イオンの濃度が高い傾向にあった。

## 2 底生動物相による水質評価及び季節的変動

各調査地点における底生動物相を Table 3 に、また、周辺概況及び水質評価を Table 4 に示した。

### 1) 10林班 (St.1)

A S P T値算出用の科数は夏期 13、冬期 15と冬期のほうがやや多めの状況であった。A S P T値は夏期 6.6、冬期 6.9 (年間平均 6.8) であり「やや清水性」の水質と判断され、D Iでは、夏期 3.4、冬期 3.5 (年間平均 3.5) となり「清水性」に分類された。

本調査地点は、過去2か年にもみられたように、底生動物の総個体数及び総科数が他の林班に比較して多い傾向にあった。ここは「広葉樹林型」であり、小規模溪流の周辺に背の低い樹林が密に覆っているので開けてはいないが、日射量はわずかにある。夏期は倒木が多かった。

河床の状況としては、通常は幅の広い落葉が非常に多いところである。

過去2か年の調査において本林班に特徴的に多く観測されていたアシエダトビケラ科コバントビケラ属(以下「コバントビケラ属」と記す。)は、このような落葉を利用して小判型の巣を作る携巢型であり、指標外ではあるが清流に生息することが知られている。しかし今年度の調査では、夏期は0個体、冬期は8個体と大幅に減っていた。これは、6月上旬から7月調査日前日までの雨量が著しく多かったため<sup>11)</sup>、落葉が流されてしまったことが原因しているのでは

Table 3-1 The variety of zoobenthos species at three points in the wood squads (Summer)

Sampling points		St.1 10林班	St.2 6林班	St.3 12林班				
Sampling date		07/7/24	07/7/24	07/7/24				
Family name	Score	Number of the individuals	Occupation percentage	Number of the individuals	Occupation percentage	Number of the individuals	Occupation percentage	
<i>Heptageniidae</i>	ヒラタカゲロウ	7	1	2.3	7	25.9	4	18.2
<i>Baetidae</i>	コカゲロウ	6	1	2.3	3	11.1	1	4.5
<i>Leptophlebiidae</i>	トビイロカゲロウ	7	1	2.3	3	11.1		
<i>Calopterygidae</i>	カワトンボ	8					2	9.1
<i>Gomphidae</i>	サナエトンボ	7	3	7.0	2	7.4	1	4.5
<i>Perlidae</i>	カワゲラ	7	1	2.3	1	3.7	3	13.6
<i>Hydropsychidae</i>	シマトビケラ	6	2	4.7			3	13.6
<i>Rhyacophilidae</i>	ナガレトビケラ	8	1	2.3	1	3.7		
<i>Phryganopsychidae</i>	マルバネトビケラ	6	4	9.3				
<i>Lepidostomatidae</i>	カクツツトビケラ	9	3	7.0	4	14.8	2	9.1
<i>Sericostomatidae</i>	ケトビケラ	7	9	20.9	1	3.7	3	13.6
<i>Chironomidae(-)</i>	ユスリカ(腹鰓なし)	3	3	7.0	1	3.7		
<i>Dugesidae</i>	ドゲツシア	6	8	18.6				
<i>Gammaridae</i>	ヨコエビ	7	5	11.6			1	4.5
<i>Potamidae</i>	サワガニ	8			1	3.7	1	4.5
ここから下はすべて指標外の生物である								
	ヤンマ科	-	1	2.3	1	3.7		
	アシエダトビケラ科 (コバントビケラ属)	-			2	7.4		
	エビ目	-					1	4.5
Number of the total individuals(DI算出用)		43	100	27	100	22	100	
Diversity index(DI)		3.4		3.2		3.3		
Number of the total families(ASPT値算出用)		13		10		10		
Total scores(ASPT値算出用)		86		69		72		
ASPT value		6.6		6.9		7.2		

Table 3-2 The variety of zoobenthos species at three points in the wood squads (Winter)

Sampling points		St.1 10林班	St.2 6林班	St.3 12林班				
Sampling date		08/2/27	08/2/27	08/2/27				
Family name	Score	Number of the individuals	Occupation percentage	Number of the individuals	Occupation percentage	Number of the individuals	Occupation percentage	
<i>Heptageniidae</i>	ヒラタカゲロウ	7	6	10.5	13	24.1	7	25.0
<i>Baetidae</i>	コカゲロウ	6	1	1.8	2	3.7	1	3.6
<i>Ephemerellidae</i>	マダラカゲロウ	7	2	3.5				
<i>Ephemeridae</i>	モンカゲロウ	7	3	5.3	4	7.4		
<i>Gomphidae</i>	サナエトンボ	7	1	1.8	3	5.6		
<i>Nemouridae</i>	オナシカワゲラ	8			4	7.4	1	3.6
<i>Leuctridae</i>	ハラジロオナシカワゲラ	10	3	5.3	1	1.9		
<i>Perlodidae</i>	アミメカワゲラ	9			1	1.9		
<i>Perlidae</i>	カワゲラ	7	3	5.3	1	1.9		
<i>Corydalidae</i>	ヘビトンボ	7			1	1.9		
<i>Philopotamidae</i>	カワトビケラ	8	1	1.8	1	1.9		
<i>Hydropsychidae</i>	シマトビケラ	6	2	3.5			6	21.4
<i>Rhyacophilidae</i>	ナガレトビケラ	8			2	3.7	2	7.1
<i>Phryganopsychidae</i>	マルバネトビケラ	6			3	5.6		
<i>Limnephilidae</i>	エグリトビケラ	7	1	1.8	3	5.6	1	3.6
<i>Lepidostomatidae</i>	カクツツトビケラ	9	15	26.3	2	3.7	1	3.6
<i>Sericostomatidae</i>	ケトビケラ	7			2	3.7	1	3.6
<i>Psephenidae</i>	ヒラタドROMシ	6			1	1.9		
<i>Tipulidae</i>	ガガンボ	7	1	1.8			1	3.6
<i>Chironomidae(-)</i>	ユスリカ(腹鰓なし)	3	1	1.8			5	17.9
<i>Pleuroceridae</i>	カワニナ	6	2	3.5				
<i>Gammaridae</i>	ヨコエビ	7	6	10.5				
ここから下はすべて指標外の生物である								
	ヤンマ科	-					1	3.6
	アシエダトビケラ科 (コバントビケラ属)	-	8	14.0	7	13.0		
	ツバツツトビケラ科	-			3	5.6		
	エビ目	-	1	1.8			1	3.6
Number of the total individuals(DI算出用)		57	100	54	100	28	100	
Diversity index(DI)		3.5		3.7		3.1		
Number of the total families(ASPT値算出用)		15		16		10		
Total scores(ASPT値算出用)		104		119		68		
ASPT value		6.9		7.4		6.8		

Table 4 Assessment of the water qualities and the weather conditions etc.  
in three wood squads

	St.1 10林班		St.2 6林班		St.3 12林班	
標高(m)	150~200					
周辺地質	頁岩及び礫岩		礫岩及び泥質砂岩		砂岩頁岩及び礫岩	
河川の状況及び河川形態	後背地に広葉樹林を擁する小規模河川. 山地溪流		後背地に針葉樹林を擁する小規模河川. 山地溪流		後背地に針広混交林を擁する小規模河川. 山地溪流	
空間的に開けているか	背の低い樹林が密に覆っているので開けてはいないが、日射量はわずかにある。夏期は倒木が多く、落葉が少なかった		かなり開けている。日射量は十分にある		背の高い樹林が覆ってはいるが開けているので、弱いながらも日射量はある。夏期は倒木が多かった	
周辺環境	樹林地		樹林地		樹林地	
水際線の状況	砂礫		砂礫		砂礫	
河床の状況	頭大(はまり石, 載り石), こぶし大, 小粒の石, 砂泥		巨大, 頭大(はまり石, 載り石), こぶし大, 小粒の石		頭大(はまり石, 載り石), こぶし大, 小粒の石, 砂泥	
季節別	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期
宮崎市における気象状況 <sup>(1)</sup>	6月1日~7月23日までの降水量:1131mm, 7月14日は台風4号が県南部を通過	12月1日~2月26日までの降水量:194mm	同左	同左	同左	同左
流水部幅(m)	0.8	0.9	0.8	1.0	1.1	0.9
水深(cm)	18	3.0	7.0	6.0	12	6.0
流速(cm/s)	水深が浅く流速計による測定不能(目視では、緩い流れ)		同左	同左	同左	同左
DI(参考評価方法)	3.4	3.5	3.2	3.7	3.3	3.1
DIによる水質評価(年間平均)	3.5 (清水性)		3.5 (清水性)		3.2 (清水性)	
ASPT値(基本評価方法)	6.6	6.9	6.9	7.4	7.2	6.8
ASPT値による水質評価(年間平均)	<b>6.8</b> (やや清水性)		<b>7.2</b> (清水性)		<b>7.0</b> (清水性)	

ないかと推察された。

また、夏期・冬期を通じてトビケラ目が多く観察されたことも特徴の1つである。

このほか、冬期において第3優占種であるカゲロウ目ヒラタカゲロウ科は、夏期・冬期ともに、すべてタニガワカゲロウ属と同定された。タニガワカゲロウ属は、同科のヒラタカゲロウ属よりも流速の弱いところに生息し、有機汚濁にも強いことが知られている<sup>13)</sup>。

## 2) 6林班 (St.2)

ASPT値算出用の科数は夏期 10, 冬期 16 と冬期のほうが多く観測された。ASPT値は夏期 6.9, 冬期 7.4 (年間平均 7.2) であり昨年度と同様に「清水性」と判断され、DIでも、夏期 3.2, 冬期 3.7 となり「清水性」に分類された。

本調査地点は、夏期・冬期とも総個体数及び総科数が10林班よりも少ない傾向にあった。

Table 4に記載したとおり、ここは「針葉樹林型」であり、小規模溪流の周辺は開けていた。

河床の状況としては、10林班に比較すると幅の広い落葉が少ないところである。これは針葉樹林型の大きな特徴の一つである。針葉樹林地における1枚の葉の寿命は2~13年で、一般に落葉中に含まれる窒素が炭素に比較して少ないため微生物による分解が悪く、腐植質の堆積が著しい<sup>14)</sup>。このことは、底生動物にとって落葉からの栄養分の供給不足につながるため、従来から述べてきている生息環境要因[水温, 水質(特にDO:溶存酸素), 流速, 水深, 底質, 光量等]<sup>15)</sup>とともに、個体の成長や種類の増減など底生動物相の構成に対して影響を及ぼ

すと考えられる。総個体数が「広葉樹林型」の10林班よりも少ない傾向にあるのは、このようなことが要因の1つと考えられる。

本調査地点で第1優占種であったヒラタカゲロウ科については、夏期・冬期ともヒラタカゲロウ属とタニガワカゲロウ属の両者が混在していた。

### 3) 12林班 (St.3)

ASPT値算出用の科数は夏期・冬期ともに10であり、季節による変化はみられなかった。ASPT値は夏期7.2, 冬期6.8(年間平均7.0)であり「清水性」と判断され、DIでも、夏期3.3, 冬期3.1(年間平均3.1)となり「清水性」に分類された。

夏期・冬期ともに総個体数及び総科数は10林班よりも少ない傾向にあった。ここは「針広混交林型」であり、小規模溪流の周辺には背の高い樹林が覆ってはいるが、開けている。

河床の状況としては、幅の広い落葉も見られるところであるが、コバントビケラ属は夏期及び冬期とも全く観察されなかった。ヒラタカゲロウ科はほとんどがタニガワカゲロウ属であった。

### 3 カゲロウ目、トビケラ目及びカワゲラ目について

カゲロウ目、トビケラ目及びカワゲラ目は、河川生態系における重要な担い手であり、清流でよく見られる底生動物である。本調査においても、カゲロウ目及びトビケラ目は多く観察されたが、カワゲラ目については過去2か年と同様に全林班とも個体数及び科数が少ない傾向にあった (Table 3)。

カワゲラ目の生活型をみると、一般に流水に生息し、川底の間隙を動き回るか砂の中に潜っており、ほとんど泳がない。通常は山地溪流の石礫の底や砂底に生息し<sup>13)</sup>、したがって、カワゲラにとって適当な大きさの石礫の存在は必須要件であるとされる。また、カワゲラ目は、カゲロウ目やトビケラ目に比較してDOに感受性であり、気温、水温の上昇によるDOの減少の影響を受けやすいことが知られている。

食性の観点からみると、観察されたカワゲラ目が中・小型の種類であることから、川底の付

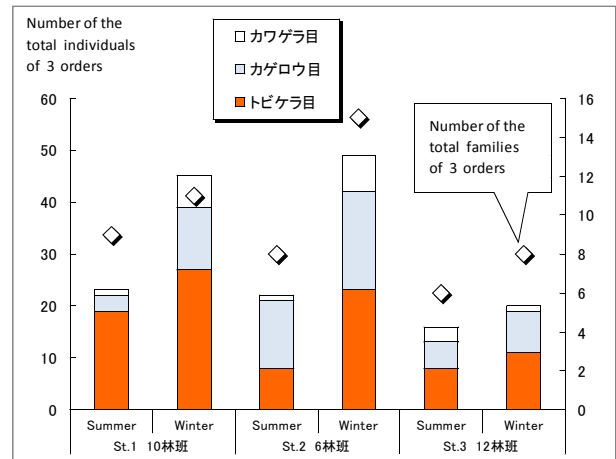


Fig.2 Number of the total individuals and families of three orders

着藻類や落葉などの植物遺体を食べる型であると考えられる<sup>13)</sup>。

今回の調査地点は、Table 4で示したように全林班とも流速が緩く、水深が数cm ~ 20cmと極めて浅いため、特に夏期にはDOが不足する恐れがあり、かつ、適度な大きさの石礫も少ないため、カワゲラ目にとっては生息しにくい環境であると考えられた。このような悪条件であるにもかかわらず多少なりともカワゲラの生息が確認されたのは、本調査地点の水質が良好であること、加えて、付着藻類や落葉に富むなどカワゲラの食性に適した水環境が保たれているためであろうと推察された。

付着藻類を主食とするカゲロウ目が多かったことから、カワゲラの食性に適した水環境であることが伺える。

カゲロウ目、トビケラ目及びカワゲラ目の合計個体数及び合計科数を Fig.2 に示した。過去2か年では広葉樹林型の10林班が個体数・科数合計ともに多い傾向にあったが、平成19年度調査では、明確な差異は認められなかった。

### 4 底生動物個体数に及ぼす要因について

これまで述べてきたとおり、底生動物について調査した結果、広葉樹林を擁する10林班と針葉樹林を擁する6林班との大きな違いは、その個体数である。平成17年度から19年度までの総個体数及び1科当たりの個体数(総個体数 N / 総科数 s)を林班別にみると、両者と

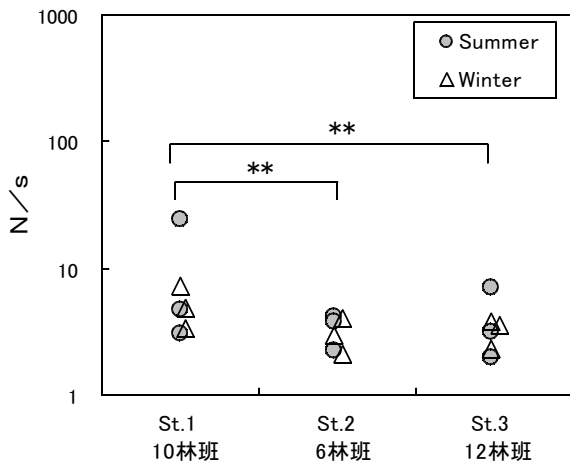


Fig.3 Comparison of N/s at three points in the wood squads

N: Number of the total individuals  
s: Number of the total families  
\*\*:  $F > F(0.01)$

も、10林班が6林班及び12林班に比較して著しく有意に多いことが認められた (Fig.3).

そこで、1科当たりの個体数 (N/s) に及ぼす要因について検討するため、調査した3年間の水質に関する調査項目データから相関係数行列を求め、主成分分析を試みた。

1) 夏期において底生動物個体数に及ぼす要因

夏期における相関係数行列を Table5-1 に示す。N/s と有意な相関が認められたのは、総個体数、DO 及び Mg であった。主成分分析の結果、第1主成分は、プラスの固有ベクトルが Mg, Ca, pH, EC, N/s, 総個体数, DO, TP 等であり、この軸が大きな値を示すほど、ミネラルや TP 等の栄養成分、DO が多く、底生動物が成育しやすい環境であると解釈できた。第2主成分は、プラスの固有ベクトルが TN, TP, TOC, マイナスが SS, 総科数等であることから、可溶性の汚濁成分を表す軸と解釈できた。同様に、第3主成分は浮遊物質や生物多様性を表し、第4主成分は水温の低さや水環境指標 (ASPT 値及びDI) の良さなどを表す軸であると解釈できた。

第1主成分と第4主成分を利用して散布図を作成したところ、Fig.4 に示したとおり、10林班、6林班、12林班を分類することが可能

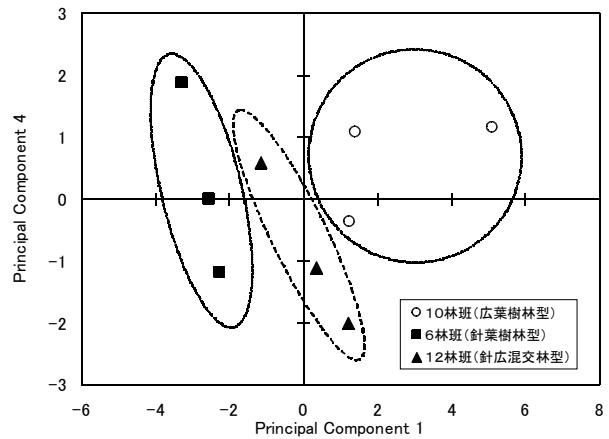


Fig.4 Principal component scores of water quality at three points (Summer) (PC1 vs PC4)

であった。さらに、この散布図では、針広混交林型の12林班が、広葉樹林型の10林班と針葉樹林型の6林班との間に位置していることから、本調査で得られたデータは、針葉樹、広葉樹の特性を少なからず反映していることが示唆された。

2) 冬期において底生動物個体数に及ぼす要因

冬期における相関係数行列を Table5-2 に示す。N/s と有意な相関が認められたのは、総個体数のほか、TN 及び Fe であった。主成分分析の結果、第1主成分は、プラスの固有ベクトルが Mg, Ca, pH, EC, 水温, TN, TP, TOC 等、マイナスが DO であり、この軸が大きな値を示すほど、無機物や有機物など栄養成分が多く、水温も暖かいが、DO が少ない環境であることを示していた。第2主成分は、プラスの固有ベクトルが N/s, 総個体数, Fe, TN であることから、値が大きいほど TN や Fe が十分に存在し、底生動物が成育しやすい環境を表す軸であると解釈できた。第3主成分はプラスが水深 (水量)、無機物、マイナスが生物多様性であり、第4成分は水環境指標の大小を表すと解釈できた。

第1主成分と第2主成分を利用した散布図では、Fig.5 に示したとおり、10林班、6林班、12林班を分類することが可能であり、ここでも12林班は10林班と6林班との間に位置



Table 5-1 Correlation coefficient matrix (Summer)

\*: 5%有意(&gt;0.666); \*\*: 1%有意(&gt;0.798)

	N	科数合計	ASPT値	DI	N/s	水温	水深	pH	EC	DO	SS	TN	TP	TOC	Ca2+	Mg2+	Fe
N	1	0.619	-0.516	-0.455	<b>0.995**</b>	-0.337	0.141	0.352	0.336	<b>0.722*</b>	0.164	-0.107	0.378	-0.496	0.578	<b>0.694*</b>	0.334
科数合計	0.619	1	-0.473	0.142	0.559	-0.331	0.480	0.327	0.301	-0.026	<b>0.757*</b>	-0.403	-0.087	-0.555	0.418	0.428	0.339
ASPT値	-0.516	-0.473	1	0.412	-0.534	-0.250	-0.199	-0.311	-0.214	-0.290	-0.360	0.327	-0.013	0.511	-0.334	-0.396	-0.503
DI	-0.455	0.142	0.412	1	-0.534	-0.182	0.111	-0.212	-0.260	<b>-0.687*</b>	0.522	-0.314	-0.279	0.386	-0.326	-0.322	0.141
N/s	<b>0.995**</b>	0.559	-0.534	-0.534	1	-0.288	0.128	0.363	0.346	<b>0.771*</b>	0.102	-0.062	0.406	-0.494	0.588	<b>0.701*</b>	0.312
水温	-0.337	-0.331	-0.250	-0.182	-0.288	1	0.259	-0.011	-0.192	-0.179	0.024	-0.037	-0.285	-0.068	-0.220	-0.291	-0.195
水深	0.141	0.480	-0.199	0.111	0.128	0.259	1	0.440	0.282	-0.016	0.644	-0.094	0.207	0.035	0.410	0.402	0.240
pH	0.352	0.327	-0.311	-0.212	0.363	-0.011	0.440	1	<b>0.961**</b>	0.338	0.392	0.605	0.635	0.019	<b>0.946**</b>	<b>0.841**</b>	0.459
EC	0.336	0.301	-0.214	-0.260	0.346	-0.192	0.282	0.961**	1	0.330	0.269	<b>0.697*</b>	0.618	-0.024	<b>0.938**</b>	<b>0.806**</b>	0.350
DO	<b>0.722*</b>	-0.026	-0.290	<b>-0.687*</b>	<b>0.771*</b>	-0.179	-0.016	0.338	0.330	1	-0.317	0.307	<b>0.753*</b>	-0.027	0.555	<b>0.696*</b>	0.255
SS	0.164	<b>0.757*</b>	-0.360	0.522	0.102	0.024	0.644	0.392	0.269	-0.317	1	-0.308	-0.095	-0.204	0.323	0.291	0.392
TN	-0.107	-0.403	0.327	-0.314	-0.062	-0.037	-0.094	0.605	<b>0.697*</b>	0.307	-0.308	1	0.582	0.279	0.551	0.388	-0.154
TP	0.378	-0.087	-0.013	-0.279	0.406	-0.285	0.207	0.635	0.618	<b>0.753*</b>	-0.095	0.582	1	0.483	0.743*	<b>0.830**</b>	0.504
TOC	-0.496	-0.555	0.511	0.386	-0.494	-0.068	0.035	0.019	-0.024	-0.027	-0.204	0.279	0.483	1	-0.053	0.025	0.326
Ca2+	0.578	0.418	-0.334	-0.326	0.588	-0.220	0.410	<b>0.946**</b>	<b>0.938**</b>	0.555	0.323	0.551	<b>0.743*</b>	-0.053	1	<b>0.954**</b>	0.466
Mg2+	<b>0.694*</b>	0.428	-0.396	-0.322	<b>0.701*</b>	-0.291	0.402	<b>0.841**</b>	<b>0.806**</b>	<b>0.696*</b>	0.291	0.388	<b>0.830**</b>	0.025	<b>0.954**</b>	1	0.615
Fe	0.334	0.339	-0.503	0.141	0.312	-0.195	0.240	0.459	0.350	0.255	0.392	-0.154	0.504	0.326	0.466	0.615	1

Table 5-2 Correlation coefficient matrix (Winter)

\*: 5%有意(&gt;0.666); \*\*: 1%有意(&gt;0.798)

	N	科数合計	ASPT値	DI	N/s	水温	水深	pH	EC	DO	SS	TN	TP	TOC	Ca2+	Mg2+	Fe
N	1	<b>0.823**</b>	-0.427	0.513	<b>0.932**</b>	0.107	0.474	-0.081	-0.072	-0.470	-0.059	<b>0.802**</b>	-0.208	-0.081	-0.091	0.029	0.546
科数合計	<b>0.823**</b>	1	-0.213	<b>0.813**</b>	0.585	0.291	0.089	-0.138	-0.265	-0.540	-0.350	0.575	0.143	0.183	-0.162	-0.035	0.093
ASPT値	-0.427	-0.213	1	0.102	-0.480	-0.170	0.045	-0.208	-0.258	0.350	-0.298	-0.439	-0.122	-0.408	-0.349	-0.370	-0.100
DI	0.513	<b>0.813**</b>	0.102	1	0.244	0.365	-0.156	0.012	-0.253	-0.521	-0.592	0.240	0.103	0.432	-0.158	-0.015	-0.225
N/s	<b>0.932**</b>	0.585	-0.480	0.244	1	0.061	0.638	-0.049	0.031	-0.395	0.155	<b>0.787*</b>	-0.339	-0.258	-0.015	0.094	<b>0.735*</b>
水温	0.107	0.291	-0.170	0.365	0.061	1	-0.130	0.475	0.116	<b>-0.865**</b>	-0.315	0.342	0.638	0.453	0.471	0.629	-0.105
水深	0.474	0.089	0.045	-0.156	0.638	-0.130	1	0.191	0.406	0.067	-0.079	0.623	-0.274	-0.662	0.238	0.243	<b>0.714*</b>
pH	-0.081	-0.138	-0.208	0.012	-0.049	0.475	0.191	1	<b>0.897**</b>	-0.365	-0.605	0.376	0.326	0.410	<b>0.939**</b>	<b>0.937**</b>	-0.202
EC	-0.072	-0.265	-0.258	-0.253	0.031	0.116	0.406	<b>0.897**</b>	1	-0.023	-0.457	0.356	0.144	0.141	<b>0.915**</b>	<b>0.839**</b>	-0.085
DO	-0.470	-0.540	0.350	-0.521	-0.395	<b>-0.865**</b>	0.067	-0.365	-0.023	1	0.221	-0.576	-0.299	-0.419	-0.297	-0.484	-0.147
SS	-0.059	-0.350	-0.298	-0.592	0.155	-0.315	-0.079	-0.605	-0.457	0.221	1	-0.226	-0.365	-0.354	-0.468	-0.480	0.456
TN	<b>0.802**</b>	0.575	-0.439	0.240	<b>0.787*</b>	0.342	0.623	0.376	0.356	-0.576	-0.226	1	0.069	-0.070	0.377	0.468	0.573
TP	-0.208	0.143	-0.122	0.103	-0.339	0.638	-0.274	0.326	0.144	-0.299	-0.365	0.069	1	0.467	0.455	0.473	-0.507
TOC	-0.081	0.183	-0.408	0.432	-0.258	0.453	-0.662	0.410	0.141	-0.419	-0.354	-0.070	0.467	1	0.325	0.373	<b>-0.685*</b>
Ca2+	-0.091	-0.162	-0.349	-0.158	-0.015	0.471	0.238	<b>0.939**</b>	<b>0.915**</b>	-0.297	-0.468	0.377	0.455	0.325	1	<b>0.975**</b>	-0.192
Mg2+	0.029	-0.035	-0.370	-0.015	0.094	0.629	0.243	<b>0.937**</b>	<b>0.839**</b>	-0.484	-0.480	0.468	0.473	0.373	<b>0.975**</b>	1	-0.125
Fe	0.546	0.093	-0.100	-0.225	<b>0.735*</b>	-0.105	<b>0.714*</b>	-0.202	-0.085	-0.147	0.456	0.573	-0.507	<b>-0.685*</b>	-0.192	-0.125	1

N: Number of the total individuals ; s: Number of the total families

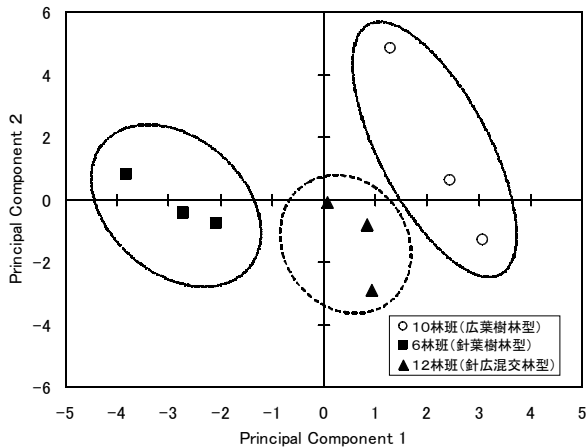


Fig.5 Principal component scores of water quality at three points (Winter) (PC1 vs PC2)

した。

このように、N/sに影響を及ぼす要因として、夏期においては河川水中のDO及びMgが、冬期においてはTN、Feがそれぞれ考えられた。

夏期においては水温上昇により飽和DOが低下するため、DOのわずかな増減が底生動物の生息に影響するのに対し、冬期では飽和DOが多いため、多少の変動が起こっても生物への影響は少ないと考えられる。今回の解析結果は、これを裏付けるものと考えられた。

また、DO以外の水質成分（夏期のMg、冬期のTN、Fe）についても、底生動物が必要とする要素のうち、水環境中の濃度が十分でない場合に、その成分のわずかな増減が底生動物の生息に影響しているものと考えられる。これらの成分濃度は、6林班や12林班に比較して広葉樹林型である10林班で高く、それが個体数に反映されたものと考えられた。

さらに、これらの成分濃度が10林班で有意に高かった原因は、主として広葉樹林型の特徴である落葉の多さにあると推察された。すなわち、広葉樹林型では、落葉の分解生成物をはじめ、雨水が樹幹を通過する際のイオン供給などによって、より多くの無機物やその他の栄養成分を供給し、生物が生息するのに良好な水質を形成しているものと考えられた。

なお、落葉は、栄養成分の供給に加え、底生動物の住みかにも供給しており、このような点で

も生物の生息にプラスの効果をもたらしていると考えられる。

## まとめ

宮崎大学農学部演習林内の小規模河川源流部における、3か年にわたる底生動物調査を通じて、広葉樹林及び針葉樹林の樹種の違いが水環境に与える影響を調査・解析し、次の結果を得た。

1 後背地に針葉樹林を擁する6林班の河川水は、pH、EC、Ca(Ca<sup>2+</sup>)及びMg(Mg<sup>2+</sup>)が、広葉樹林を擁する10林班及び針広混交林を擁する12林班よりも低く、3林班の中で最も清澄な水質であった。

また、広葉樹林、針葉樹林ともに酸性雨緩衝能を有し、水質のpHを高める効果は、広葉樹林型の10林班のほうが大きい傾向にあった。

2 底生動物による水質評価（ASPT値とDI）を試みた結果、広葉樹林型、針葉樹林型で特段の差異はなく、今回調査したいずれの林班も「清水性」あるいは限りなく「清水性」に近い良好な水質であった。

3 本調査によって、宮崎市内の源流部（標高150m～200m）の底生動物相を把握することができた。カゲロウ目、トビケラ目及びカワゲラ目をはじめとする底生動物が観察され、その総個体数及び1科当たりの個体数は、広葉樹林型の10林班が針葉樹林型などに比較して多いことが認められた。

4 底生動物1科当たりの個体数に着目し、これに影響を及ぼす要因を多変量解析によって抽出したところ、夏期においては河川水中のDO及びMgが、冬期においてはTN及びFeが考えられた。これらの成分は、広葉樹林を擁する10林班において他の林班よりも濃度が高い傾向にあり、これは、広葉樹林の特徴である落葉の多さなどが起因しているものと考えられた。

以上の結果から、針葉樹林型の特徴をあげるとすれば、酸性雨緩衝能によって pH を中性に調整するとともに、河川水へ溶解成分の少ない極めて清澄な水質を提供することにある。

一方、広葉樹林型の特徴は、落葉等に由来すると思われる無機物や有機物が河川水に豊富に溶け込んでおり、そのため、針葉樹林型に比較して酸性雨緩衝能が大きく、また、栄養源に富むことから底生動物にとって良好な水環境を提供することにあると思われる。

このように、針葉樹林、広葉樹林はそれぞれに特徴をもって水環境に対し重要な影響を与えており、本調査でその一端を明らかにすることができた。

調査地点は、清武川水系の源流部に位置し、人為的な汚染のない場所であるため、定期的なモニタリングによって、酸性雨や温暖化等の地球環境の視点から、環境変動の兆候をいち早く察知できる可能性がある。今後、このような意義も含め、本調査地点における継続的な調査が求められる。

## 文 献

- 1) 環境庁水質保全局：大型底生動物による河川水域環境評価のための調査マニュアル（案），（1992）
- 2) 関屋幸一，杉本貴之，富山典孝，安藤ゆかり，河野謙一，小畑聰子：底生動物による清武川の水質評価及び季節的変動調査，宮崎県衛生環境研究所年報，8，111-118，（1996）
- 3) 関屋幸一，杉本貴之，富山典孝，安藤ゆかり，河野謙一，小畑聰子：底生動物による水質評価及び季節的変動調査－酒谷川の上流及び日南ダム周辺の支流について－，宮崎県衛生環境研究所年報，10，159-170，（1998）
- 4) 関屋幸一，杉本貴之，富山典孝，河野和子，河野謙一，弓削洋一：底生動物による五十鈴川の水質評価及び季節的変動調査，宮崎県衛生環境研究所年報，11，109-120，（1999）
- 5) 松本嘉孝：降雨の樹冠通過過程に伴う pH 変化の解明，第 37 回日本水環境学会年会熊本市，（2003）
- 6) 高木正博：常緑広葉樹林と針葉樹人工林の環境調節機能に関する研究，宮崎大学学内合同研究「森と人と文化」研究成果報告書，（2000）
- 7) 関屋幸一，森下敏朗，青山好文，迫 昭男，赤崎いずみ，徳山和秀，高木正博：後背地に広葉樹林あるいは針葉樹林を擁する小規模河川における底生動物による上流部の水質評価及び季節的変動（第 1 報），宮崎県衛生環境研究所年報，17，69-77，（2005）
- 8) 関屋幸一，森下敏朗，青山好文，迫 昭男，赤崎いずみ，高木正博：後背地に広葉樹林あるいは針葉樹林を擁する小規模河川における底生動物による上流部の水質評価及び季節的変動（第 2 報），宮崎県衛生環境研究所年報，18，78-86，（2006）
- 9) 宮崎県：環境白書（平成 16 年度版），（2004）
- 10) 野上寛五郎：平成 16 年度調査研究報告書「宮崎県清武川支流森林地帯の雨水と渓流水の成分の特性」，宮崎県治山林道協会，（2005）
- 11) 宮崎地方气象台：宮崎県気象月報，（2007，2008）
- 12) 独立行政法人国立環境研究所：福岡県下の河川源流部の大型底生動物相－酸性雨森林生態系影響調査より－，第 20 回全国環境研究所交流シンポジウム予稿集，つくば市，（2005）
- 13) 大串龍一：水生昆虫の世界，東海大学出版会，（1981）
- 14) 岩波書店編：岩波生物学辞典第 3 版，岩波書店，（1983）
- 15) 津田松苗編：水生昆虫学，北隆館，（1983）
- 16) 平松公男：千曲川中流域におけるユスリカ科成虫の出現パターンと洪水の及ぼす影響，第 36 回日本水環境学会年会，岡山市，（2002）