

小丸川の底生動物相と水質

廣池勇太¹⁾ 島田玲子 赤崎いずみ 中山能久
溝添光洋¹⁾ 中村公生 三角敏明

Zoo-benthos and Water Analysis of the Omaru River

Yuta HIROIKE, Reiko SHIMADA, Izumi AKAZAKI, Yoshihisa NAKAYAMA,
Mitsuhiro MIZOZOE, Kimio NAKAMURA, Toshiaki MISUMI

要旨

平成 27 年度に小丸川の 2 地点（鬼神野(きじの), 神門(みかど)）で水質理化学検査及び生物学的な水質評価を行った。いずれも環境基準点ではないが、水質理化学検査では、神門の BOD が河川の A 類型に、それ以外は全て AA 類型に、また、全窒素 T-N と全りん T-P は湖沼の II 類型にそれぞれ適合していた。生物学的な水質評価は、平均スコア法(ASPT)によると鬼神野が「清水性」、神門が「やや清水性」と判定された。また、ASPT のほかに、Shannon-Wiener の多様度指数や Simpson の多様度指数による解析を試みたところ、水環境及び生物多様性に優れていることが分かった。

キーワード：底生動物，水質理化学検査，生物学的な水質評価，平均スコア法，生物多様度指数

はじめに

当研究所では、平成 4 年度から本県を流れる河川の水質について、水質評価方法の一つである底生動物を用いた生物学的な水質評価を行っている。

特に河川水という限定された環境に生息する底生動物は、水質に敏感に反応する¹⁾ほか、河床構造や水深、河川周辺の環境など理化学検査では測ることができない調査地点の包括的な生物環境を示す。そのため、底生動物は当該水域の水質指標となり、理化学検査を補完することができると考えられる²⁾。

平成 27 年度に行った小丸川の計 2 地点での調査概要を報告する。

方法

1 調査河川及び地点

小丸川は、宮崎県東臼杵郡椎葉村三方岳(1,479m)に源を発し、渡川などを合せながら木城町を南北に貫流した後、下流で宮田川などを合せ



図 1 調査地点

日向灘に注ぐ、流域面積約 474km²、幹川流路延長約 75km の一級河川である。

高城橋から神門までの区間は、ダム湖や地形の問題から調査を行うことが困難であったため、比較的平坦な鬼神野及び神門の 2 地点で調査した。調査対象河川及び調査地点を図 1 に、また、調査地点の概要を表 1 に示す。

環境科学部 ¹⁾ 現 都城保健所

表 1 調査地点の概要

地点番号	地点名	概要
St.1	鬼神野	小丸川上流域、瀬と淵が交互に繰り返される中間溪流型の河川形態。渓谷のため巨大な岩が多く目立つ。川岸（付近）に人頭大の石がある。全体的に砂の底質。
St.2	神門	小丸川上流域、美里町の中心部末端で、中下流型の河川形態。大きな一枚岩が所々埋もれているほか、こぶし大～人頭大の石も多く、表面は赤褐色の苔で覆われている。底質は砂泥。

表 2 各指標の概要

	a) 平均スコア法	b) Shannon-Wienerの多様度指数	c) 修正Shannon-Wienerの多様度指数																				
計算式	$ASPT = \frac{TS}{n}$ TS : 出現した科のスコア合計値 n : 出現した科の総数	$H' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$ n _i : i 番目の個体数 N : 全個体数	$H^* = H' + \frac{A}{2N + \frac{A}{3.3}}$ ただし $A = (S + S_1) \times \frac{S}{s - s_1}$ N : 全個体数 S : 種数 S ₁ : 1個体のみの種数																				
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>数値</th> <th>表現</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$8 \leq ASPT$</td> <td>清水性</td> </tr> <tr> <td>$7 \leq ASPT < 8$</td> <td>やや清水性</td> </tr> <tr> <td>$6 \leq ASPT < 7$</td> <td>やや汚濁水性</td> </tr> <tr> <td>$ASPT < 6$</td> <td>汚濁水性</td> </tr> </tbody> </table>	数値	表現	$8 \leq ASPT$	清水性	$7 \leq ASPT < 8$	やや清水性	$6 \leq ASPT < 7$	やや汚濁水性	$ASPT < 6$	汚濁水性	<table border="1"> <thead> <tr> <th>数値</th> <th>表現</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$3 \leq H^*$</td> <td>清水性</td> </tr> <tr> <td>$1 \leq H^* < 3$</td> <td>中汚濁水性</td> </tr> <tr> <td>$H^* < 1$</td> <td>強汚濁水性</td> </tr> </tbody> </table>	数値	表現	$3 \leq H^*$	清水性	$1 \leq H^* < 3$	中汚濁水性	$H^* < 1$	強汚濁水性
				数値	表現																		
				$8 \leq ASPT$	清水性																		
$7 \leq ASPT < 8$	やや清水性																						
$6 \leq ASPT < 7$	やや汚濁水性																						
$ASPT < 6$	汚濁水性																						
数値	表現																						
$3 \leq H^*$	清水性																						
$1 \leq H^* < 3$	中汚濁水性																						
$H^* < 1$	強汚濁水性																						
スコア範囲	$1 \leq ASPT \leq 10$	$0 \leq H'$	$0 \leq H^*$																				
計算式	$J' = \frac{H^*}{H_{max}}$ ただし $H_{max} = -S \times \frac{1}{s \times \ln(\frac{1}{s})} = \ln S$ S : 種数 H* : 修正Shannon-Wienerの多様度指数	$D = 1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$ n _i : i 番目の個体数 N : 全個体数	$D^* = \log \frac{1}{D}$ D : Simpsonの多様度指数																				
				スコア範囲	$0 \leq J' \leq 1$	$0 \leq D \leq 1$	$1 \leq D^*$																

た。

2 調査年月日
平成 28 年 3 月 22 日

3 調査方法

1) 水質理化学検査

河川水は流心で採水し、水素イオン濃度 pH、生物化学的酸素要求量 BOD、溶存酸素量 DO、浮遊物質量 SS、全窒素 T-N、全りん T-P、亜鉛 Zn、硝酸性窒素 NO₃-N 及び亜硝酸性窒素 NO₂-N について、昭和 46 年環境庁告示第 59 号、日本工業規格 JIS K0102 等に準拠して分析した。

2) 生物学的水質評価

底生動物は D フレームネットを用い、環境庁及び国土交通省のマニュアル^{3),4)}を参考にし、瀬、淵、水際の植物付近などで採取した。

採取した底生動物の同定は、幼虫を対象として「日本産水生昆虫一科・属・種への検索」⁵⁾などの図鑑や文献⁶⁾⁻⁸⁾等を使い同定し、個体数も記録し

同定結果に基づく生物学的水質評価は、表 2 に示す 6 つの方法を用いた。

a) 平均スコア法(ASPT)

平均スコア法は河川の水質状況に加え、周辺地域の状況も併せた総合的な河川環境の良好性を示す指標⁹⁾である。

ASPT 値は 1 から 10 の範囲にあり、1 に近いほど汚濁の度合いが大きく、周辺の開発が進むなど人為影響が大きい河川とされ、逆に 10 に近いほど汚濁の度合いが小さく、自然状態に近いなど人為影響の少ない河川とされる³⁾。

ASPT 値の算出は環境庁水質保全局から平成 12 年 3 月に出された「平成 11 年度水生生物等による水環境評価手法検討調査」のスコア表を用いた。

また、ASPT 値に関する研究報告¹⁰⁾では、「ASPT 値が 8 以上であれば水質も良好であり、かつ周辺には自然要素が多く残された水環境」と判

定している。

b) Shannon-Wiener の多様度指数(H')

H' は、情報量理論に基づく指数で、 H' 値の下限値は 0、上限値は種数によって変わる。底生動物の種数が多く、かつ各種の均等度が高いほど大きい値となる。なお、対数は自然対数を用いた。

c) 修正 Shannon-Wiener の多様度指数(H^*)

H' は種数は同じでも、ある種類の個体数が 1 個体だった場合に小さく算定されてしまうことから、これを修正したものが Shannon-Wiener の多様度指数 H^* である。 H^* 値が 3 以上を清水性、1 以上 3 未満を中汚染水性、1 未満を強汚染水性とする Cairns の区分¹¹⁾に従って評価した(表 2)。なお、 H' と同様、自然体数を用いた。

d) Pielou の均衡度指数(J')

J' は、 H' を用いて採取された種数の多さと均等度を表す。 J' 値は 0 から 1 の範囲にあり、底生動物が偏って生息している場合は 0 に近い値となり、均等に生息している場合は 1 に近い値となる。

J' 値を求める数式は、多くの論文で H' が用いられているが、本稿では 1 個体の影響を小さくするために H^* を使った。

e) Simpson の多様度指数(D)

D は確率論に基づく指数で、 D 値は 0 から 1 の範囲にあり、1 に近いほど多様度が高くなる。

f) 対数逆 Simpson 指数(D^*)

D^* は前項の D を用いて定義され、 D^* 値に上限はなく、大きい値ほど多様度が高くなる。 D^* 値は 1 以上の値が取れるので、0 から 1 までの D よりも河川間の比較には優れていると考えられている。なお、対数は常用対数である。

結果と考察

1 理化学検査結果

各地点の水質理化学検査結果を表 3 に示す。

鬼神野では、pH、BOD、DO、SS は環境基準(河川)AA 類型に適合していた。神門では、pH、DO、SS は AA 類型に適合していたが、BOD は AA 類型には適合していなかった。T-N、T-P は、河川の環境基準は定められていないが、富栄養化の要因の一つとされているため、湖沼の環境基準と比較したところ II 類型に適合していた。

2 生物学的水質評価結果

生物学的水質評価結果を表 4 に、採取した生物一覧表を表 5 に示す。

1) St.1 鬼神野

調査地点の写真を図 2 に示す。

溶岩地層が隆起してできた溪谷を流れている地点である。大きな岩が目立ち、それらが瀬や淵を形成していた。全体的には砂利の底質をしており、はまり石が多く見られた。

底生動物は総科数 22、総個体数 531、総スコアは 176 で ASPT 値は 8.0(清水性)となった。また、 H^* 値でも清水性と評価された。

水質や環境変化に敏感であるカゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目の中でスコアの設定された底生動物(以下「スコア設定生物」という。)は、それぞれ 6 科、4 科、6 科と多くの科が出現していた。

トビケラ目は、本県の他の河川においてシマトビケラ科とナガレトビケラ科が多くの個体数を占める傾向にあるが、鬼神野では上記 2 科以外のトビケラの個体数が多かった。

カゲロウ目は、いくつかの種に個体数が集中していたが、 J' 値が 1 に近いことから全体的に均一に生息しているものと考えられた。

また、 D 値と D^* 値から、底生動物は多様性が

表 3 理化学検査結果

調査地点	調査年月日	調査項目								
		水温(°C)	pH	BOD(mg/L)	DO(mg/L)	SS(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素(mg/L)	亜鉛(mg/L)
St.1 鬼神野 (AA)	平成28年3月22日	11.4	7.4	1.0	11	<1	0.14	0.008	0.17	<0.005
St.2 神門 (AA)		14.6	7.4	1.1	10	<1	0.19	0.008	0.21	<0.005

調査地点の括弧内は当該地点での河川環境基準の類型を表す

高いものと考えられた。

表 4 生物学的水質評価結果

調査地点 指標	St.1 鬼神野	St.2 神門
ASPT	8.0	7.8
H'	3.3	3.2
H^*	3.5	3.3
J'	0.84	0.80
D	0.93	0.94
D^*	1.17	1.22



図 2 St.1 鬼神野

2) St.2 神門

調査地点の写真を図 3 に示す。

宮崎県美郷町の中心部の下流で、やや土地が開けており、流れが緩やかな地点であった。川岸には植物が繁茂し、右岸には淵が形成されており落葉が堆積していた。河床には埋もれた大きな岩や人頭大程度の石のほか砂泥が多く、その表面は赤褐色のコケで覆われていた。

底生動物は総科数 22、総個体数 647、総スコアは 171 で ASPT 値は 7.8(やや清水性)となったものの、 H^* 値では清水性と評価された。ASPT 値と H^* 値による評価が異なった理由として、1 個体だけ採取された底生動物の割合が鬼神野よりも大きかったことが考えられる。

カゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目のスコア設定生物は、それぞれ 7 科、3 科、5 科が出現していた。

トビケラ目は、鬼神野と同様に、シマトビケラ科とナガレトビケラ科以外の個体数が多く、特に

携巢性のトビケラが多く採取されていた。

また、 D 値と D^* 値から多様な底生動物が生息していることが分かるが、個体数が少なく均一性が低くなったことが鬼神野との J 値の差になったと考えられた。



図 3 St.2 神門

まとめ

小丸川の鬼神野と神門の水質について理化学検査と生物学的水質評価を実施した。その結果、両者に差異はみられず、どちらの地点も良好な水質であった。

採取された生物では、溪流の河川形態をしていた鬼神野でカワゲラ目が多く、流れの緩やかだった神門では携巢性のトビケラ目が多く生息していた。

文献

- 1) 森下郁子：川の健康診断 清冽な流れを求めて 日本放送出版協会，12，(1991)
- 2) 森下郁子：指標生物学 生物モニタリングの考え方 [普及版]，9-12，(1986)
- 3) 環境庁水質保全局：大型底生動物による河川水環境評価マニュアル，(1996)
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境科：平成 18 年度版 河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル[河川版](底生動物調査編)，(2012)
- 5) 川合禎次，谷田一三共編：日本産水生昆虫一科・属・種への検索一，東海大学出版会，(2005)
- 6) 川合禎次編集：日本産水生昆虫検索図説，東海大学出版会，(1985)
- 7) 石田昇三，石田勝義，小島圭三，杉村光俊：日本産トンボ幼虫・成虫検索図説，東海大学出版会，(2004)

- 8) 富川光, 森野浩: 日本産淡水ヨコエビ類の分類と見分け方, タクサ 日本動物分類学会誌, 32, 39-51, (2012)
- 9) 野崎隆夫: 大型底生動物を用いた河川環境評価—日本版平均スコア法の再検討と展開—, 水環境学会誌, 35(4), 118-121, (2012)
- 10) 山崎正敏, 野崎隆夫, 藤澤明子, 小川剛: 河川の生物学的な水域環境評価基準の設定に関する研究—全国公害研協議会環境生物部会共同研究成果報告—, 全国公害研会誌, 21(3), 114-145, (1996)
- 11) 森谷清樹: 多様度指数による水域環境の生態学的評価, 用水と廃水, 18(6), 729-748, (1976)

表 5 採取された生物一覧

目	科	ASPT スコア	属	種	小丸川	
					St.1 鬼神野	St.2 神門
蜉蝣目 (カゲロウ目)	ヒラタカゲロウ科	9	ヒメヒラタカゲロウ属	ヒメヒラタカゲロウ属の数種		7
			ヒメヒラタカゲロウ属	ヒメヒラタカゲロウ		1
			ヒメヒラタカゲロウ属	サツキヒメヒラタカゲロウ		8
			ヒラタカゲロウ属	ヒラタカゲロウ属の一種	2	1
			ヒラタカゲロウ属	タニヒラタカゲロウ	7	55
			ヒラタカゲロウ属	ウエノヒラタカゲロウ		3
			ヒラタカゲロウ属	ナミヒラタカゲロウ	5	14
			ヒラタカゲロウ属	キイロヒラタカゲロウ	1	1
			タニガワカゲロウ属	タニガワカゲロウ属の一種	4	4
			タニガワカゲロウ属	ミナミタニガワカゲロウ		11
			タニガワカゲロウ属	ミドリタニガワカゲロウ		3
			タニガワカゲロウ属	クロタニガワカゲロウ	2	
			タニガワカゲロウ属	キブネタニガワカゲロウ	1	32
			ミヤマタニガワカゲロウ属	ミヤマタニガワカゲロウ属の一種	15	5
	マダラカゲロウ科	9	アカマダラカゲロウ属	アカマダラカゲロウ		10
			トウヨウマダラカゲロウ属	トウヨウマダラカゲロウ属の一種	4	
			トウヨウマダラカゲロウ属	クロマダラカゲロウ	56	88
			トゲマダラカゲロウ属	トゲマダラカゲロウ属の一種	10	1
			トゲマダラカゲロウ属	オオマダラカゲロウ	3	25
			トゲマダラカゲロウ属	ヨシノマダラカゲロウ	24	85
			トゲマダラカゲロウ属	ミツトゲマダラカゲロウ	6	5
			トゲマダラカゲロウ属	フタコブマダラカゲロウ		1
			トゲマダラカゲロウ属	フタマタマダラカゲロウ	2	
			エラブタマダラカゲロウ属	エラブタマダラカゲロウ	1	1
			マダラカゲロウ属	ホンバマダラカゲロウ	2	
			マダラカゲロウ属	マダラカゲロウ属の一種		2
	ヒメシロカゲロウ科	7	ヒメシロカゲロウ属	ヒメシロカゲロウ属の数種	2	2
	モンカゲロウ科	9	モンカゲロウ属	モンカゲロウ属の一種	1	
	トビロカゲロウ科	9	トビロカゲロウ属	トビロカゲロウ属の一種	4	35
			トビロカゲロウ属	ナミトビロカゲロウ	4	
	カワカゲロウ科	8	キイロカワカゲロウ亜属	キイロカワカゲロウ		1
	ヒメフタオカゲロウ科	-	ヒメフタオカゲロウ属	ヒメフタオカゲロウ属の一種	9	
			ヒメフタオカゲロウ属	ヒメフタオカゲロウ	60	19
			ヒメフタオカゲロウ属	マエグロヒメフタオカゲロウ	17	
	フタオカゲロウ科	9	フタオカゲロウ属	フタオカゲロウ属の一種		1
	コカゲロウ科	6	コカゲロウ属	コカゲロウ属の一種	11	
コカゲロウ属			シロハラコカゲロウ	98	28	
コカゲロウ属			Fコカゲロウ	10		
コカゲロウ属			Mコカゲロウ	17	3	
コカゲロウ属			Jコカゲロウ	10	2	
コカゲロウ属			ヨシノコカゲロウ	1		
コカゲロウ属			サホコカゲロウ	2		
フタバコカゲロウ属			フタバコカゲロウ	5	3	
蜻蛉目 (トンボ目)	サナエトンボ科	7		サナエトンボ科の一種		2
			ダビドサナエ属	ダビドサナエ属の一種	6	

表5 (続き)採取された生物一覧

目	科	ASPT スコア	属	種	小丸川	
					St.1 鬼神野	St.2 神門
横翅目 (カワゲラ目)	カワゲラ科	9	オオヤマカワゲラ属	オオヤマカワゲラ属の一種	2	1
			カミムラカワゲラ属	カミムラカワゲラ属の一種	9	13
			フタツメカワゲラ属	フタツメカワゲラ属の一種	1	11
			モンカワゲラ属	モンカワゲラ属の一種	2	
			クラカケカワゲラ属	スズキクラカケカワゲラ	5	
	アミメカワゲラ科	9		アミメカワゲラ科の一種	6	
			ヒロバナアミメカワゲラ属	ヒロバナアミメカワゲラ属の一種	3	2
			コグサヒメカワゲラ属	コグサヒメカワゲラ属の数種		1
			ヒメカワゲラ属	ヒメカワゲラ属の一種	1	
	ミドリカワゲラ科	9		ミドリカワゲラ科の一種	7	
			セスジミドリカワゲラ属	セスジミドリカワゲラ属の一種	12	
オナシカワゲラ科	6	オナシカワゲラ属	オナシカワゲラ属の一種		1	
		フサオナシカワゲラ属	フサオナシカワゲラ属の一種	3	5	
毛翅目 (トビケラ目)				トビケラ目の巢(砂粒)	3	5
	ヒゲナガカワトビケラ科	9	ヒゲナガカワトビケラ属	ヒゲナガカワトビケラ	5	
	シマトビケラ科	7	シマトビケラ属	ウルマーシマトビケラ	6	24
			コガタシマトビケラ属	コガタシマトビケラ属の一種		3
			コガタシマトビケラ属	ガロアシマトビケラ		2
	ナガレトビケラ科	9		ナガレトビケラ科の一種	1	
			ナガレトビケラ属	ニッポンナガレトビケラ		10
			ナガレトビケラ属	ヒロアタマナガレトビケラ	2	1
			ナガレトビケラ属	カワムラナガレトビケラ	4	
			ナガレトビケラ属	クレメンスナガレトビケラ	1	
	ナガレトビケラ属	Rhacophila sp. X-2	1			
	カワリナガレトビケラ科	-	ツメナガナガレトビケラ属	ツメナガナガレトビケラ		2
	カワトビケラ科	9		カワトビケラ科の一種	1	
	ヤマトビケラ科	9		ヤマトビケラの巢		2
			ヤマトビケラ属	ヤマトビケラ属の一種		1
			ヤマトビケラ属	ニチンカタヤマトビケラ		1
			ヤマトビケラ属	イノブスヤマトビケラ		4
	カクツツトビケラ科	9		カクツツトビケラ科の巢(葉片)	1	4
				カクツツトビケラ科の巢(砂粒&葉片)	7	19
			カクツツトビケラ属	カクツツトビケラ属の数種	7	37
	ニンギョウトビケラ科	-		ニンギョウトビケラ科の巢		3
ニンギョウトビケラ属			ニンギョウトビケラ		5	
ニンギョウトビケラ属			キョウトニンギョウトビケラ	1		
ヒゲナガトビケラ科	8		ヒゲナガトビケラ科の一種		1	
		タテヒゲナガトビケラ属	タテヒゲナガトビケラ属の一種		2	
		アオヒゲナガトビケラ属	アオヒゲナガトビケラ属の一種		2	
エグリトビケラ科	10		エグリトビケラ科の一種	1		
双翅目 (ハエ目)	ガガンボ科	8	ヒゲナガガガンボ属	ヒゲナガガガンボ属の一種	11	4
			ウスバガガンボ属	ウスバガガンボ属の一種	2	1
			Dicranota		5	
	ユスリカ科 (血鯉なし)	3		ユスリカ科の一種	11	16
ブユ科	7		ブユ科の一種	3	1	
ヌカカ科	7		ヌカカ科の一種		1	
三岐鰯目 (ウズムシ目)	ドゲッシア科	7	ナミウズムシ属	ナミウズムシ	1	2
端脚目 (ヨコエビ目)	ヨコエビ科	9	ヨコエビ属	ニッポンヨコエビ	4	1
総個体数					531	647
総科数					22	22
総スコア					176	171
ASPT値					8.0	7.8