

スコア法を用いた神明川の水質判定

澁江 航

1. はじめに

当社では、新人研修の一環として、千葉県鴨川市を流れる神明川において底生動物相調査を行っている。1994年度から始まった底生動物相調査の多くは下流域を中心に行われ、2006年度と2007年度の2ヵ年においてのみ中・上流域でも調査が行われた（水谷・藤原，2007；伊藤ら，2008）。本調査では、過年度調査でのデータが少ない中・上流域に焦点を絞り、2006年度及び2007年度と同じ地点で底生動物調査を行い、10年以上が経過した神明川中・上流域の水質変化を、生物学的水質判定で把握することを試みた。

生物学的水質判定法として、生物指数法（Beck-Tsuda法）、汚濁指数法（Pantle u Buck法）、優占種法、平均スコア法などの様々な方法が知られている。これらのうち、平均スコア法は、定性的に底生動物を採集し、その底生動物を種や属ではなく科レベルに同定して水質判定を行う方法で、最も簡便な水質判定方法と考えられる。事実、本判定方法は、国土交通省の「河川水辺の国勢調査」や多くの地方自治体の調査で採用されている（例えば、堀内，2002；藤岡ら，2007）。また、昨年には「水生生物による水質評価法マニュアル-日本版平均スコア法-」（環境省，2017）が公表され、一般の人たちでも広く活用できる公定法として知られている。

過年度の神明川中・上流域における底生動物調査では、生物指数法（Beck-Tsuda法）、汚濁指数法（Pantle u Buck法）、優占種法を用いた生物学的水質判定は行われているが（水谷・藤原，2007）、平均スコア法による水質判定が行われたことはない。また、経年比較する際、同定の基準を合わせる必要があるが、

2006年度調査での底生動物分析は平成12年度河川水辺の国勢調査生物リストに、2007年度調査では平成17年度生物リスト、今年度調査では平成29年度生物リストにそれぞれ準拠しており、その同定のよりどころとしたリストは統一していない。毎年更新される河川水辺の国勢調査生物リストは属以下レベルの変更が多く、属以下レベルで出現種の経年比較をする際、変更履歴を過去のリストをたどりながら修正する必要があるが、出現種数が多くなるとその作業は煩雑になる。一方で、リスト更新の際、科レベルでは変更が少ないため、科レベルの同定結果で水質を判定する平均スコア法は経年比較をする際に有用である。

本調査では上記を踏まえ、平均スコア法を用いて神明川の水質の経年変化を把握し、平均スコア法の利用に関しての問題点と利点について考察する。

2. 材料と方法

2.1 調査地点概要

本調査の調査地点を図1に示す。神明川は、千葉県房総半島の南に位置し、鴨川市天津を水源地とする2級河川である。河川延長は約5km、流域面積は約3.8km²で太平洋に注いでいる。調査は、過年度（2006年度、2007年度）調査と同地点のSt.5～St.7の3地点と、地点間の流程が長いSt.6とSt.7のほぼ中間に設けた補足地点（St.6'）の4地点で行った。

4地点は、いずれも調査範囲に早瀬が含まれる、河床が礫で覆われる等、同様の環境を選択して行った。

2.2 採集方法・分析方法

本調査は2018年4月19日に実施し、各地点で定量

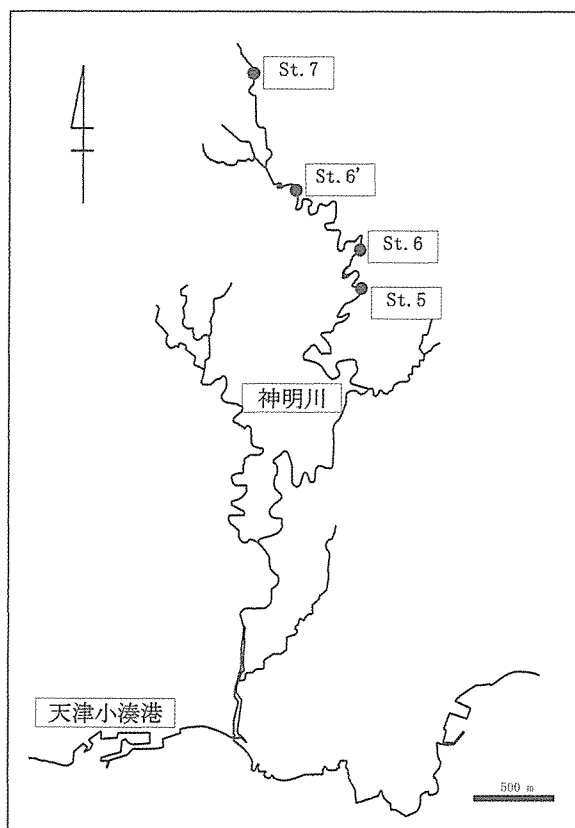


図1 調査地点 (伊藤ほか, 2008 をもとに作成)

採集と定性採集を行った。定量採集は50 cm × 50 cmのサーバーネット (目合い0.33 mm) を用いて、各地点とも底質が礫で水深20 cm ~ 30 cm程度の瀬の環境2箇所で行った。定性採集は、タモ網 (目合い3 mm) を用いて、各地点の環境を網羅できるよう配慮し、およそ20分間の採集を行った。両調査で採集したサンプルは、採集ビンに入れた後、10%ホルマリンにより現地で固定した。

固定したサンプルは実験室に持ち帰り、目合い0.5 mmの篩上に残った底生動物について、実体顕微鏡下で科の同定と個体数の計数を行った。

本調査で採集された底生動物は平成29年度河川水辺の国勢調査生物リストに準拠し同定を行った。また、過年度調査結果 (2006年度、2007年度) についても、本年度調査結果との比較を行うために、平成29年度版リストに準拠して修正を行った。なお、同定に際しての参考資料としては、平成29年度河川水辺の国勢調査生物リスト以外にも、各科の代表的な種の写真や記載が掲載された「河川生物の絵解き検索」 (環境省, 2017) が平均スコア法のマニュアルとともに環

境省から公表されている。

水質判定は3ヶ年の調査結果を用い、日本版平均スコア法を用いて、各年度・各地点の水質判定を行った。

3. 結果 (平均スコアによる水質判定)

今年度と過年度 (2006年度、2007年度) の底生動物の調査結果を科レベルでまとめ、総スコアと平均スコアを算出した一覧を付表に示す (付表1、2)。

平均スコア法は、定性採集した底生動物を“科”レベルで同定し、出現した科に与えられたスコアを加算した総スコア (TS; Total Score) を、出現した科数で割った平均スコア (ASPT; Average Score Per Taxon) で評価するものである (環境省, 2017)。平均スコアの値と河川水質の良好性の対応を表1に示す (環境省2017)。平均スコアは1.0 ~ 10.0の間で示され、数値が高いほど河川の水質状況が良好であるとされ、現在71の科や動物綱にスコアが与えられている。ただし、現在知られている底生動物の全ての科にスコアが与えられているわけではなく、スコアの与えられていない科は平均スコアの算出には含めない (谷田, 2010; 野崎, 2012)。

平均スコア法に定められている採集方法は定性採集のみとなっている。一方、定性採集と定量採集を行った2006年度と今年度の調査では、定量採集にのみ出現した分類群も見受けられた。2006年度の調査 (3地点) における地点別の出現科数は18 ~ 30科、2007年度の調査 (2地点) では31 ~ 34科 (2007年度のSt.5は増水により調査を実施していない)、今年度の調査 (4地点) では23 ~ 36科出現した。マニュアルに規定されている方法よりも採集努力量が大きくなったが、その分十分な科数が出現していることから、平均スコア法による比較を行う上では特に問題がないと考えられる。

そこで、本調査では、より多くの生物を網羅するため、定量採集及び定性採集を一律に扱った結果での水質判定を行った。過年度調査地点と同一であるSt.5、St.6、St.7の年度別の平均スコアを表2にまとめて示す。各年度の平均スコアと水質状況を見ると、2006年度は3地点とも7.6 ~ 7.7であり、水質状況は全て「とても良好」、2007年度は2地点で6.8と7.3で「良

表1 平均スコアによる水質階級 (出典: 水生生物による水質評価法マニュアル-日本版平均スコア法-, 環境省, 2017)

平均スコアの範囲	河川水質の良好性
7.5以上	とても良好
6.0以上7.5未満	良好
5.0以上6.0未満	やや良好
5.0未満	良好とはいえない

表2 地点別平均スコアの経年変化

地点	年度	2006	2007	2018
	St.5		7.6	-
St.6		7.7	6.8	7.4
St.7		7.6	7.3	7.3

好」、今年度は3地点で7.3~7.6で「良好」~「とても良好」であった。地点毎の経年変化を見ると、St.5では2006年と今年度で、ともに「とても良好」な水質状況を示した。また、St.6とSt.7では2006年度に「とても良好」から2007年度に「良好」に変化し、今年度も「良好」であった。

以上の結果から、過年度(2006年度、2007年度)の調査から10年以上が経過しても極端な水質状況の変化はなく、年度により平均スコアの上下は認められるものの、各地点ともに良好な水質環境が維持されていることが示された。良好な水質が長期間維持されている要因として、中・上流域では周辺に田畑や民家がほとんどなく、排水による影響がないこと、また河川及び周辺の環境を変化させるような開発や地滑りなどがなかったことが考えられる。

4. 考察

4.1 平均スコア法の問題点と利点

本調査では水質判定を行うための手法として平均スコア法を利用したが、その使用に際し、いくつかの問題点が浮き彫りになった。まずは、生物出現の有無だけで判定を行うため、スコア値の低い生物がわずか1個体出現するだけで、平均スコアの値が大きく変化することが挙げられる(例えば、スコア値1のチョウバエ科やエラミズ等)。個体数を反映しない平均スコア法の問題点は、生物多様性が低い環境の場合や、生物多様性が高くとも採集努力量が十分でない場合に重大となり得る。2つめとして、環境を十分反映さ

せる生物分類群数を確保するためには多様な環境に相応する努力量が必要であり、努力量に相反して簡便さが阻害されてしまうことが挙げられる。本調査では、過年度の調査方法に合わせ十分な出現科数を得たことを先に述べたが、その反面簡便さが阻害され、マニュアルに規定されている方法よりも時間と労力をかけることとなった。3つめとして、現状では知見が不足していることによりスコア値が設定されていない科が多く存在することが挙げられる。今後知見が増え、これらの科にスコア値が与えられた場合には、今回得られた平均スコア値が変わってしまう可能性は十分考えられる。

これら諸問題を考慮してなお、マニュアルに準じた採集方法が非常に簡便であること、同定が科レベルで良いため誤同定が減少し、一般の人でも専門家と同一の結果を得られることは利点であろう。更に、底生動物の分類学的変更は属・種レベルに比べ科レベルではほとんどないため、属・種レベルでの比較が難しくなった過去のデータとも容易に比較できる利点は他の生物学的水質判定法に類を見ない。

これらの問題点と利点を踏まえると、平均スコア法の利用に関しては、簡便性を損なわない程度に採集努力量を規定し出現科数を確保する必要がある。また、利点としての簡便性を活かして、調査地点数や調査回数及び継続年数を増やすことで高頻度で長期的かつ河川全体を網羅した調査結果を得ることが期待される。

4.2 生物学的水質判定法の比較

代表的な生物学的水質判定法の生物指数法(Beck-Tsuda法)、汚濁指数法(Pantle u Buck法)、優占種法、平均スコア法の概要と長所と短所を表3にまとめた。

生物指数法(Beck-Tsuda法)は、出現した生物を汚濁に耐えられない種(A群)と汚濁に耐えられる種(B群)に分け、 $2A+B$ という式から得られる汚濁生物指数により水質を判定する。平均スコア法との大きな差異は、採集生物全ての種同定が必要な点である。種同定には高度な専門知識と経験が必要となるため、一般の人が行うのは困難であるが、種ごとに付与された情報を扱うため、水質判定の情報量は平均スコア法

表3 代表的な生物学的な水質判定法の特徴

	生物指数法	汚濁指数法	優占種法	平均スコア法
概要	<ul style="list-style-type: none"> 採取した生物を汚濁に耐えられない種 (A群) と耐えられる種 (B群) の2種類に分け、2A+Bから得られる汚濁生物指数により判定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 出現した生物を出現頻度別に3段階に分け、同様に4つの水質階級に分ける。それぞれの値を規定の計算式に当てはめることで水質の判定を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> もっとも出現数の多い種が持つ水質階級をその水域の水質とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 採集した生物を科レベルで同定し、出現した科に与えられたスコア値を合計した総スコアを出現した科で割った平均スコアで水質の評価をする。
長所	<ul style="list-style-type: none"> 計算方法が単純で明快。 数値で表されるため比較しやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> 種類数だけでなく、出現頻度を判定に取り入れていることで、詳細な水質判定が行える。 	<ul style="list-style-type: none"> 出現数の最も多い1種で判断するため、現地でも水質の概要を把握できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 科レベルの同定のため、一般の人でも専門家と同等の結果を得られる。 分類群の変更が少ない科レベルの為、過去調査データとの比較が可能 個体数の計数が不要。
短所	<ul style="list-style-type: none"> 種同定を行うための知識と経験が求められる。 種を基準とするため、同定精度の影響が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 全ての種に水質階級が設定されているわけではないため、設定されている種から判断される。 出現した生物の種と出現頻度を明らかにする必要があるため、種同定の専門知識と計測の手間を要する。 	<ul style="list-style-type: none"> 第1優占種の水質階級が不明の場合に水質判定を行うことができない。 第1優占種の優占比率が大きくない場合、その他の水質階級を持つ生物の方が比率が大きくなってしまう。 	<ul style="list-style-type: none"> 出現の有無だけで評価するため、多様性の低い環境では値の低い科が一個体出現するだけで平均スコアに影響する。

よりも多いと考えられる。

汚濁指数法 (Pantle u Buck 法) は出現した生物を出現頻度別に3段階、水質階級で4段階に分け、それぞれの値を規定の式に当てはめて得られた汚濁指数により水質判定を行う。生物学的な水質判定法のなかでも、出現頻度を取り入れていることで、特に詳細な判定が行えるとされているが、やはり種同定の専門性の高さや個体数計数が重要なため、生物指数法と同様に、高度な専門知識と経験が必要となる。

優占種法は出現した生物中、最も優占している種の持つ水質階級をその水域の水質とする手法である。卓越した優占種が認められる場合、この方法は最も簡便と考えられるが、正確に優占種を判断するためには、個体数の計数と種同定を行わなければならない、判断基準となる優占種の持つ水質階級が不明の場合にはそもそも水質判定が行えないことがある。

以上のように、どんな評価方法にも一長一短があり、これらの評価方法は目的に応じて選択されるべき

と考える。しかし、特に、長期にわたる環境変化を把握する調査 (例えば、河川水辺の国勢調査) や予算や労力の限られた調査においては、調査・同定の簡便さと経年比較の容易さという点で、平均スコア法は有用な方法と思われる。

参考文献

藤岡敏修・山本 淳・鷹野 洋. 2007. 県内河川における底生動物相調査. 岡山県環境保健センター年報, 31, 1-3.
 堀内康男. 2002. 物部川における底生動物相による水質評価. 高知県環境研究センター所報, 19, 45-63.
 伊藤哲也・宮崎 靖・藤原 直. 2008. 小湊研修報告 神明川の底生動物調査. 株式会社日本海洋生物研究所2008年年報, 5-14.
 環境省 (2017) 「水生生物による水質評価法マニュアル-日本版平均スコア法-」 <http://www.env.go.jp/water/mizukankyo/hyokahomanual.pdf>, 2018年10月30日確認
 環境省 (2017) 「河川生物の絵解き検索」 <http://www.env.go.jp/water/mizukankyo/nazotokikensaku.pdf>, 2018年10月30日確認
 水谷悦子・藤原 直. 2007. 小湊研修報告 神明川の水生生物調査. 株式会社日本海洋生物研究所2007年年報, 32-42.
 野崎 隆夫. 2012. 大型定性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 第35巻 第4号. 118-121.
 谷田一三. 2010. 河川環境の指標生物学. II 生物指標をめぐって 水生昆虫から河川環境を判定する-日本版平均スコア法の紹介-, 114-119. 北隆館.

付表2 2006年度及び2007年度底生動物出現結果(科数)結果

No.	門	綱	目	科	学名	2006												2007			
						St.5				St.6				St.7				St.6		St.7	
						定性		定量		定性		定量		定性		定量		定性	定量	定性	定量
						個体数	スコア値	個体数	スコア値	個体数	スコア値	個体数	スコア値	個体数	スコア値	個体数	スコア値	個体数	スコア値	個体数	スコア値
1	扁形動物	有棒状体	三歧腸	サンカクアタマウズムシ	Dugesidae sp.			11	7			3	7	2	7	6	7	10	7	5	7
2			-	-	Rhabditophora sp.			1	-					1	-						
3	軟体動物	腹足	新生腹足	カワニナ	Pleuroceridae sp.	1	8			3	8										
4	環形動物	ミミス	-	-	Oligochaeta													2	4	1	4
5	節足動物	クモ(蛛形)	ダニ	-	ACARINA sp.	1	-	1	-			29	-	1	-	2	-	2	-	1	-
6		軟甲	エビ	スマエビ	Atyidae sp.	48	-	1	-	177	-			7	-			10	-	6	-
7				テナガエビ	Palaemonidae sp.	1	-			1	-										
8				サワガニ	Potamidae sp.					1	8			1	8	1	8	2	8	6	8
9		昆虫	カゲロウ(蜉蝣)	トビイロカゲロウ	Leptophlebiidae sp.	24	9	5	9	2	9	13	9	10	9	25	9	50	9	344	9
10				モンカゲロウ	Ephemeraeidae sp.			1	8	31	8			9	8	4	8	16	8	77	8
11				シロイロカゲロウ	Polymitarcyidae sp.													1	8		
12				ヒメシロカゲロウ	Caenidae sp.			6	7			6	7			45	7	9	7	284	7
13				マダラカゲロウ	Ephemerehlidae sp.							3	8			1	8	1	8		
14				ヒメフタオカゲロウ	Ameletidae sp.							9	8	15	8	10	8	1	8	5	8
15				コカゲロウ	Baetidae sp.	1	6					57	6	18	6	16	6	38	6	346	6
16				フタオカゲロウ	Siphonuridae sp.													3	8	82	8
17				ヒラタカゲロウ	Heptageniidae sp.			2	9	1	9	47	9	29	9	55	9	22	9	465	9
18			トンボ(蜻蛉)	アオイトトンボ	Lestidae sp.	1	-														
19				カワトンボ	Calopterygidae sp.					1	6							1	6		
20				ヤンマ	Aeschnidae sp.					6	-							2	-	7	-
21				サナエトンボ	Gomphidae sp.					2	7									8	7
22				オニヤンマ	Cordulegasteridae sp.													1	3	2	3
23				エゾトンボ	Cordulidae sp.					1	-										
24			カワゲラ(セキ翅)	クロカワゲラ	Capniidae sp.			1	-	21	-										
25				ホソカワゲラ	Leuctridae sp.							6	-								
26				オナシカワゲラ	Nemouridae sp.	1	6			1	6	2	6	3	6	5	6	12	6	17	6
27				ミドリカワゲラ	Chloroperlidae sp.											1	9				
28				カワゲラ	Perlidae sp.	2	9	1	9	11	9			7	9	1	9	16	9	18	9
29			カメムシ(半翅)	アメンボ	Gerridae sp.	5	-			1	-					2	-	1	-	2	-
30			ヘビトンボ	ヘビトンボ	Corydalidae sp.	1	9			3	9	2	9	6	9	1	9	7	9	25	9
31				センブリ	Sialidae sp.	1	-														
32			トビケラ(毛翅)	シマトビケラ	Hydropsychidae sp.							21	7	2	7			7	7	17	7
33				イワトビケラ	Polycentropodidae sp.											1	9			3	9
34				クダトビケラ	Psychomyiidae sp.												2	8			
35				キブネクダトビケラ	Xiphocentridae sp.															2	-
36				ヤマトビケラ	Glossosomatidae sp.															1	9
37				カワリナガレトビケラ	Hydrobiosidae sp.							1	9								
38				ヒメトビケラ	Hydroptilidae sp.											1	4	2	4		
39				ナガレトビケラ	Rhyacophilidae sp.									1	9					1	9
40				コエグリトビケラ	Apataniidae sp.															4	9
41				ツノツツトビケラ	Beraeidae sp.					9	-	5	-								
42				カクスイトビケラ	Brachycentridae sp.									9	10			1	10	1	10
43				アシエダトビケラ	Calamoceratidae sp.					1	-										
44				ニンギョウトビケラ	Goeridae sp.									6	7	3	7				
45				カクツツトビケラ	Lepidostomatidae sp.	2	9	1	9	1	9	2	9	9	9	9	9	9	9	30	9
46				エグリトビケラ	Limnephilidae sp.									8	8			2	8	3	8
47				マルバネトビケラ	Phryganopsychidae sp.													1	-		
48			ハエ(双翅)	ガガンボ	Tipulidae sp.			2	8	1	8	2	8	1	8	1	8	1	8	16	8
49				チョウバエ	Psychodidae sp.													4	1	1	1
50				スカカ	Ceratopogonidae sp.					1	7	2	7								
51				ユスリカ	Chironomidae sp.	21	6	41	6			30	6	17	6	21	6	41	6	199	6
52				ホソカ	Dixidae sp.															6	-
53				ブユ	Simuliidae sp.									1	7					2	7
54				ナガレアブ	Athericidae sp.			2	8			5	8					1	8	45	8
55				アブ	Tabanidae sp.					1	6	3	6							1	6
56				オドリバエ	Empididae sp.					1	-							4	-	2	-
57				-	DIPTERA sp.															2	-
58			コウチュウ(鞘翅)	ゲンゴロウ	Dytiscidae sp.			2	5										1	5	
59				コガシラミズムシ	Haliplidae sp.													2	-		
60				ガムシ	Hydrophilidae sp.									1	4						
61				マルハナノミ	Scirtidae sp.			2	-	14	-	13	-								
62				ヒメドロムシ	Elmidae sp.							15	8	1	8	1	8			3	8
63				ヒラタドロムシ	Psephenidae sp.															1	8
64				ナガハナノミ	Ptilodactylidae sp.															3	-
合計個体数/全量・総スコア						108	62	64	70	244	96	249	114	160	161	207	146	271	164	2030	190
合計科数 (スコア値の科)・平均スコア						12(8)	7.8	12(9)	7.8	16(12)	8.0	18(15)	7.6	24(21)	7.7	21(19)	7.7	31(24)	6.8	34(26)	7.3
地点毎の総スコア						99				169				197							
合計科数 (スコア値の科)・平均スコア						18(13)		7.6		29(22)		7.7		30(26)		7.6					

注1: 学名とその並び順は、原則として「河川水辺の国勢調査のための生物リスト 平成29年度版」に準拠した。
 注2: 有棒状体綱、ダニ目、スマエビ科、テナガエビ科、アオイトトンボ科、ヤンマ科、エゾトンボ科、クロカワゲラ科、ホソカワゲラ科、アメンボ科、センブリ科、キブネクダトビケラ科、ツノツツトビケラ科、アシエダトビケラ科、マルバネトビケラ科、ホソカ科、オドリバエ科、ハエ目、コガシラミズムシ科、マルハナノミ科、ナガハナノミ科は巻末の参考文献においてスコア値が与えられていないため、谷田(2010)並びに野崎(2012)に従い、ASPT値の算出からは除外した。