

都市近郊の湧水路底生動物群集を指標とした 水辺環境の自然性の評価

馬場和彦¹・茅洪新²・岩島清³

¹正会員 (株)環境管理センター, 環境基礎研究所 (〒192-01 東京都八王子市下恩方323-1)

²農博 (株)環境管理センター, 環境基礎研究所 (〒192-01 東京都八王子市下恩方323-1)

³理博 (株)環境管理センター, 環境基礎研究所 (〒192-01 東京都八王子市下恩方323-1)

都市近郊(多摩地区)の湧水路9カ所において底生動物を調査し、43種類(水生昆虫類は35種類)を確認した。底生動物の群集構造と水路構造や周辺緑地との関係を解析し、湧水路底生動物群集の実態と水路環境の都市化に伴う底生動物の群集構造の変化特性を明らかにした。これらの結果を基に、底生動物群集の都市近郊型化の評価点、群集の多様性の評価点、河川構造および周辺環境の自然性の評価点の4つのパラメーターから構成した河川環境の自然性を総合的に評価する方法を検討した。

Key Words: springbrook, benthic macroinvertebrate fauna, urbanization, environmental indicator, evaluation of environmental quality

1. はじめに

東京都内多摩地区では武蔵野台地の段丘崖や多摩丘陵などの丘陵地の谷間から多くの湧水が湧き出ている。これらの湧水は中小河川の水源となるとともに、農業や生活用水として使用されてきた。しかし、近年の都市化に伴う地下水の汲み上げ、表土の不透水化、下水道の普及等によって、湧水量は減少し¹⁾、さらに、水路の改修や緑地の宅地化等も加わり、多摩地区では自然に近い状態で保存されている湧水を水源とする小河川(以降、湧水路と略す)は少なくなっている。このような現状にあるにもかかわらず、湧水路に生息する生物群集の実態を調査した事例は少なく^{2)~6)}、魚類ではミヤコタナゴやムサシトミヨなどのように既に東京都内からは絶滅している種類もある⁷⁾。

また、これまでの河川調査における底生動物の位置づけは、河川環境指標として取り上げられても、もっぱら底生動物種が持つ水質汚濁に対する指標性を利用した水質評価に重点が置かれている。多種多様な底生動物が生息・繁殖し、生活史を完結するためには水質環境要因以外にも必要不可欠な環境があ

り、それら様々な環境要素に関する生物情報を十分に生かしてきいていないのが現状である。

さらに、多自然型川づくりの推進や建設環境政策大綱の制定などの環境を内部目的化とする建設行政の変化、今後の河川環境行政の方針となる「今後の河川環境のありかた」を示した河川審議会の答申等、従来の治水・利水を第一目的とした河川行政から、より河川環境に配慮し、良好な河川環境の創造が求められるようになり、河川環境施策を推進するにあたって、河川環境の実態と問題点を的確に評価できる環境指標が必要になってきた。

そこで、流況が安定し、有機性汚濁も軽微と考えられる多摩地区の湧水路を調査場所として、その底生動物群集の実態を把握するとともに、水系や地域による底生動物の群集構造の違いに着目して、底生動物群集構造を指標とした河川環境の自然性を評価する方法の開発を試みた。その結果、湧水路や丘陵地を流れる小規模な河川の自然性を、比較的良好に評価できる方法を開発することができたので、その評価方法と評価結果について報告する。

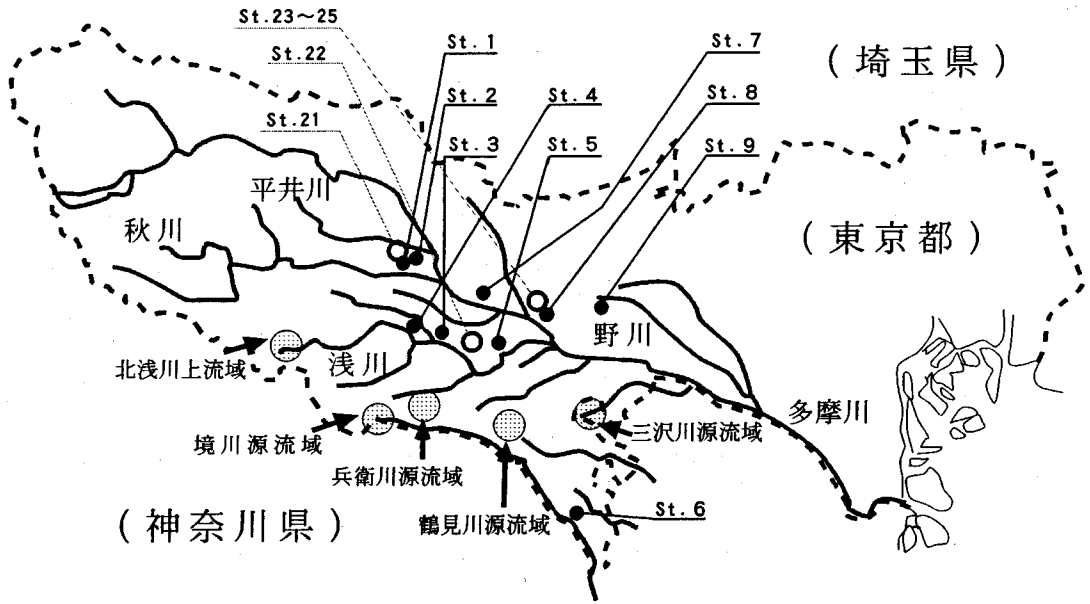


図-1 調査場所

2. 調査方法

表-1 湧水路の調査場所とその概況

St. 1	あきる野市二宮・二宮神社下の「お池」横 ・周囲の土地利用は主に宅地，神社内は樹林が豊富 ・水路はほぼ全域にわたり三面コンクリート張り
St. 2	あきる野市野辺・八雲神社内 ・周囲の土地利用は主に宅地 ・護岸は両岸ともコンクリート張り
St. 3	八王子市中野山王(二)・子安神社内 ・周囲の土地利用は主に宅地 ・護岸は両岸ともコンクリート張り
St. 4	八王子市叶谷町・叶谷町湧水池 ・周囲の土地利用は主に宅地 ・水路はほぼ全域にわたりコンクリート張り
St. 5	日野市豊田(二)・日野中央図書館下 ・周囲の土地利用は宅地，崖沿いに樹林が続く ・片岸はコンクリート張り，片岸は木材による護岸
St. 6	町田市南大谷・芹ヶ谷公園内 ・公園内で周囲には樹林が広がる ・湧口付近は湿性植物園で人工材による護岸はない
St. 7	昭島市宮沢町・諏訪神社内 ・周囲の土地利用は宅地，崖沿いには樹林が豊富 ・護岸は両岸ともコンクリート張り
St. 8	国立市谷保・老人ホームくにたち苑横(ママ下湧水) ・周囲の土地利用は農地，崖沿いに樹林が続く ・片岸は崖，片岸は畦道で水田に続く
St. 9	国分寺市東元町(三)・「真姿の池」横 ・周囲の土地利用は農地と宅地，崖沿いは樹林 ・湧き口付近は石積みによる護岸

河川の自然性の評価方法を検討するために調査した湧水路(St. 1~St. 9)の場所を図-1に、所在地と概況を表-1に示した。湧水路の物理的環境要素、水質環境要素および底生動物の調査・採集は、年間を通して水が流れ、さらに、生活排水が流入していない、湧き口から数十m以内の場所で行った。調査は、春期・夏期・秋期・冬期(平成5年4月、7月、11月および平成6年2月)の合計4回実施した。

湧水路の物理的環境要素としては、流速、水深、流路幅、水路幅を測定した。なお、流量は、流速(プロベラ式小型流速計)と水路の横断面から算出した。

湧水路の水質環境要素としては、水温(ガラス製棒状温度計)、pH(携帯用pH計)、電気伝導率(携帯用電気伝導度計)、COD(JIS-K0102-17)、アンモニウムイオン、硝酸イオン、塩素イオン、硫酸イオン等のイオン成分(イオンクロマトグラフ法)を測定した。

底生動物の生息基盤である水路の景観構成要素として、底生動物の採集場所の河川構造(横断面)、周辺の河川構造(横断面)、底質の性状、および水生植物の繁茂状況について、また、水路周辺の緑地環境の景観構成要素として、水際の被植状況、樹林の存在等に目視による評価点をつけた。

表-2 流況調査結果 (平均値)

	St. 1	2	3	4	5	6	7	8	9
流速 (m/s)	0.23	0.22	0.13	0.13	0.20	0.17	0.15	0.24	0.15
水深 (m)	0.06	0.07	0.15	0.04	0.06	0.03	0.05	0.11	0.04
流路幅 (m)	0.70	1.25	1.60	0.80	1.10	0.45	0.80	0.85	1.55
河川幅/流路幅	1.1	1.0	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0	1.1
流量 (l/s)	6.6	18.1	21.2	9.6	12.0	2.0	5.8	24.9	8.0

*) 平成5年4月, 7月, 11月および平成6年2月に調査

表-3 水質調査結果

	St. 1	2	3	4	5	6	7	8	9
水温の範囲 (°C)	13.9 ~ 16.2	14.3 ~ 16.7	15.4 ~ 16.7	12.5 ~ 16.7	15.4 ~ 16.7	15.8 ~ 16.2	14.1 ~ 16.7	15.8 ~ 17.9	15.8 ~ 16.4
(平均値)									
pH	6.3	6.1	6.0	6.4	6.5	6.7	6.9	6.7	6.3
EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	277	282	213	203	256	238	267	343	198
COD (mg/l)	1.0	0.7	<0.5	0.7	<0.5	0.5	<0.5	0.5	<0.5
NH ₄ -N (mg/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
NO ₃ -N (mg/l)	11.4	10.2	7.7	5.3	8.6	7.0	8.5	6.7	5.8
Cl ⁻ (mg/l)	16	17	14	11	14	14	10	14	13
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	33	30	22	22	31	10	33	76	9

近郊河川¹⁰⁾ (いずれも多摩川への合流直前)

	平井川 (多西橋)	秋川 (東秋川橋)	浅川 (高幡橋)	野川
水温の範囲 (°C)	7.4 ~ 22.2	4.0 ~ 22.8	8.1 ~ 28.0	8.5 ~ 24.0
(平均値)				
pH	7.8	7.8	7.3	7.3
EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	235	122	302	443
COD (mg/l)	2.2	1.3	6.8	7.8
NH ₄ -N (mg/l)	0.04	0.01	-	7.46
NO ₃ -N (mg/l)	3.05	1.09	-	4.27
Cl ⁻ (mg/l)	11	5	20	31

*) 湧水路は平成5年4月, 7月, 11月および平成6年2月に調査
近郊河川は平成3年5月, 8月, 11月, 平成4年2月の調査結果

底生動物は, 各調査場所とも25cm方形枠付きのサーバネット⁸⁾で3回採集し, 70%アルコールで固定した。底生動物の分類は, 「日本産水生昆虫検索図説」⁸⁾ および「川村日本淡水生物学」⁹⁾等に従った。なお, ユスリカ類は, 亜科の単位でまとめた。

3. 結果と考察

(1) 湧水路環境

湧水路の物理的環境要素である流速, 水深, 流路幅, 流量等の流況の調査結果 (平成5年4月, 7月, 11月および平成6年2月に調査) を表-2に示した。流速は0.13~0.24m/s, 水深は0.03~0.15m, 流路幅

は0.45~1.60m, 河川幅/流路幅は1.0~1.2, 流量は2.0~24.9l/sの範囲にあった。いずれの湧水路とも河川としては小規模な流れて, 横断構造は流路幅と河川幅がほぼ等しい単断面構造であった。

湧水路の水質環境要素の測定結果 (平成5年4月, 7月, 11月および平成6年2月に調査) と近郊河川の水質を表-3に示した。水温は夏期と冬期とに大きな格差はなく15°C付近で安定していた。pHは5.9~7.2, ECは192~412, CODは<0.5~1.8mg/l, アンモニア態窒素は<0.1mg/l, 硝酸態窒素は5.3~11.4mg/l, 塩素イオンは10~16mg/l, 硫酸イオンは9~76mg/lの範囲にあった。これらの結果を近郊河川の水質 (表-3の下段¹⁰⁾) と比較すると, 違い

表-4 景観構成要素の評価結果

	St. 1	2	3	4	5	6	7	8	9
採集場所の水路構造	2	2	2	2	3	4	2	4	3
周辺の水路構造	1	1	1	1	1	2	3	4	2
底質の性状	2	2	2	3	2	1	3	3	3
水生植物の繁茂状況	1	2	1	1	1	1	1	3	1
水際の被植状況	1	1	1	2	2	3	2	4	2
樹林の存在や連続性	3	1	2	1	3	4	3	4	4
(合計)	10	9	9	10	12	15	14	22	15

(評価基準)

採集場所の水路構造：3面コンクリート張り護岸；1，側面がコンクリート張り護岸；2，自然材（木や石で目どめがない）による護岸；3，自然に近い護岸；4

周辺の水路構造：同上

底質の性状：泥質；1，砂質；2，砂礫から小石；3，こぶし大以上の石；4

水生植物の繁茂状況：なし；1，散在して生えている；2，均等に数本から10本程度/㎡，密生して生えている；4

水際の被植状況：なし；1，所々に散在して生えている；2，片岸は自然に近く繁茂；3，両岸とも自然に近く繁茂している；4

樹林の存在や連続性：なし；1，わずかにある；2，近くにまとまってある；3，近くにまとまってあり，かつ連続している；4

として、水温の変動幅は小さい、pHはやや酸性、有機性の汚濁（COD）は小さい、硝酸態窒素濃度は高い等が挙げられる。総合的すると硝酸態窒素濃度は高いものの、排水の流入による有機性汚濁は少ない比較的清浄な水質であると考えられる。

湧水路景観要素の評価結果を表-4に示した。St 1, 2, 3, 4は、調査地点が住宅地や神社敷地内にあることや、湧き口が野菜洗いやすすぎ場等として利用されているために、護岸の人工化が進み評価は1~2と低く、さらに、水際の植生も乏しく評価は1~2であった。このため、これらの地点では、各要素の評価の合計点も低くなり、底生動物の生息環境としては良好ではないと考えられる。

(2) 底生動物

湧水路における底生動物の調査結果（平成5年4月、7月、11月の合計）と近郊河川の底生動物を表-5に示した。

全調査を通して43種類（正確には分類群数）の底生動物が確認され、個体数ではミズムシが最も多く出現した。水生昆虫類は35種類が確認され、その中で、ユスリカ類（*Chironomidae*），コカゲロウ（*Baetis spp.*），オナシカワゲラ（*Nemoura spp.*），コエグリトビケラ（*Apafania abberans*），アシマダラブユ（*Simulium spp.*）等が優占して出現した。なお、今回の調査は春、夏、秋の3回の調査であり、かつ、水生昆虫以外のミズムシ、ヒル、ミミズ等の一生涯を水中で過ごす底生動物種の種類数や個体数が占める割合が高かったために、水生昆虫類の繁殖（世代交代）に伴う出現種類数や個体数の季節変化

を把握するには至らなかった。

また、3回の調査を合計した調査場所毎の出現種類数は8~22種類、多様性指数（Shannon-WeaverのD1指数）は0.46~2.28の範囲にあった。

これらの結果を近郊河川の底生動物群集（表-5の下段¹¹⁾）と比較すると、湧水路の底生動物の群集構造は、流域の都市化が相当進行し、有機性の水質汚濁の影響が認められる浅川や野川の下流部の群集構造に類似しており、人間活動の影響が顕著に現れた群集構造であると考えられる。

(3) 湧水路環境と底生動物との関係

次に、湧水路の河川環境と底生動物の群集構造との関係を解明するための基礎的検討として、湧水路の物理的環境要素（表-2の流速、流路幅、流量）、水質環境要素（表-3の湧水路の水質調査結果の中で変動のある項目）、景観構成要素（表-4の景観構成要素の評価点）と各種生物指数（表-5の3回の調査の合計の種類数、総個体数、多様性指数）との相関性を分析した。結果を表-6に示した。

a) 物理的環境要素との関係

今回調査した湧水路の規模は小さく、かつ、湧水という水源特性から流量が比較的安定しているためか、湧水路の物理的環境要素である流速、流路幅、流量等の流況と底生動物の群集構造との間には、相関関係は認められなかった。

b) 水質環境要素との関係

今回の調査は、流域からの雑排水の流入がない湧き口近くで行ったため、水質の有機性汚濁はほとんどなく、各種成分にも大きな差がなかった。このた

表-5 底生動物の調査結果

	St. 1	2	3	4	5	6	7	8	9
(平成5年4月)									
種類数	9	8	9	8	7	12	11	15	10
総個体数	347	1005	40	93	699	88	514	220	525
多様度指数	1.4	0.6	1.5	1.7	0.8	2.0	1.7	1.9	1.0
(平成5年4月)									
種類数	10	8	10	6	6	13	6	10	16
総個体数	244	174	80	154	378	69	93	189	688
多様度指数	1.0	1.1	1.8	0.8	1.0	1.9	1.1	1.6	1.1
(平成5年11月)									
種類数	9	9	8	8	7	8	10	12	13
総個体数	319	2488	30	51	193	60	93	72	182
多様度指数	1.1	0.3	1.8	1.6	1.1	1.6	1.5	2.1	1.7
(3回の調査の合計)									
ゴカイ目 <i>Baetis</i> spp.	94	1			217	56	189	1	9
モウカ目 <i>Ephemera strigata</i>						2			
フクシモウカ目 <i>E. japonica</i>						14			
オニヤ <i>Anofogaster sieboldii</i>	5					3			11
オヤマガキ <i>Oyamia gibba</i>							5		
ナシガキ <i>Nemoura</i> spp.	3		33		27	32		4	16
イトヒケ <i>Polycentropodidae</i>	5								
ゴカクシ <i>Cheumatopsyche brevilineata</i>	1	1					1	1	
ヒロア <i>Rhyacophila brevicephala</i>									4
ニホ <i>Goera japonica</i>	1		1				1	76	
ニホ <i>G. sp.</i>									15
アト <i>Apatania abberans</i>	94	84	19	20			2		
ク <i>Gumaga okinawaensis</i>								3	58
ア <i>Phryganopsyche latipennis</i>									4
ア <i>Oligotricha flavipes</i>									2
モ <i>Molanna moesta</i>			1						
ネ <i>Neoseverinia crassicornis</i>						4			
ゴ <i>Goerodes japonicus</i>							1	5	9
ヨ <i>Perissoneura paradoxa</i>						2			
ヒ <i>Hydroptila</i> sp.			2	1					54
ア <i>Mystacides</i> sp.				31					
ヒ <i>Elmidae</i>									1
ク <i>Pseudamphibus japonicus</i>								6	1
ト <i>Ectopria opaca</i>									2
シ <i>Simulium</i> spp.	90					9	176	2	
シ <i>Stratiomyidae</i>			1						
チ <i>Tipula</i> sp.						3			1
カ <i>Prionocera</i> sp.		1				1	3	1	
ト <i>Dicranota</i> sp.	1					4			
カ <i>Limnophila</i> sp.									4
カ <i>Ormosia</i> sp.						1			
ク <i>Pilaria</i> sp.									1
ス <i>Chironominae</i>		70	5	28	9	7	23	17	18
ス <i>Orthocladinae</i>	22	14	7	126	3	28	115	107	8
ス <i>Tanypodinae</i>	7	2	1	1		5	31	46	66
ス <i>Asellus hilgendorffii</i>	555	3305	32	37	832	37	126	42	975
ヒ <i>Hirudinea</i>		171	6	34	157		5	5	
ミ <i>Oligochaeta</i>	24	5	40	19	2	4	18	17	140
ア <i>Procambarus clarkii</i>								1	1
ア <i>Gammarus nipponensis</i>				1					
カ <i>Semisulcaspira libertina</i>			2		23	4		92	7
カ <i>Physa acuta</i>		3							
ア <i>Planariidae</i>	8	10				1	4		43
種類数	14	12	13	10	8	19	15	19	22
総個体数	910	3667	150	298	1270	217	700	481	1395
多様度指数	1.36	0.46	1.55	1.74	1.05	2.28	1.74	2.17	1.27

近郊河川¹¹⁾ (いずれも多摩川への合流直前)の範囲

	平井川(多西橋)	秋川(東秋川橋)	浅川(高幡橋)	野川
種類数	14~ 37	21~ 44	9~ 14	8~ 12
総個体数	82~ 969	68~ 761	70~ 512	407~ 707
多様度指数	2.63~3.49	2.73~4.23	1.67~2.60	1.32~2.09
水質階級	os~βms	os~βms	αms~ps	αms~ps

*) 近郊河川は平成3年5月, 8月, 11月, 平成4年2月の調査結果

表-6 湧水路環境と生物指数との相関分析結果
(*は危険率5%で有意性あり)

生物指数	類数	総個体数	多様度指数
(水質)			
pH	0.27	-0.39	0.63
EC	0.07	0.21	0.08
COD	-0.25	0.25	-0.19
硝酸態窒素	-0.34	0.48	-0.53
塩素イオン	-0.05	0.57	-0.49
硫酸イオン	0.00	-0.03	-0.20
(景観構成要素)			
採集場所の水路構造	0.57	-0.26	0.53
周辺の水路構造	0.63	-0.27	0.61
底質の性状	0.12	-0.06	0.05
水生植物の繁茂状況	0.23	0.26	0.07
水際の被植状況	0.49	-0.41	0.72 [*]
樹林の存在や連続性	0.73 [*]	-0.38	0.52

めか、水質環境要素と底生動物の群集構造との間には、有意な相関関係は認められなかった。このことから、水質環境要素や前述の物理的環境要素以外の環境要素の変化に伴う底生動物の群集構造への影響が抽出可能であると考えられた。

b) 景観構成要素との関係

今回調査した湧水路では、湧水路の景観構成要素である水路構造や緑地環境と、底生動物の群集構造との間に比較的高い相関関係が認められた。このことから、今回調査した湧水路の湧き口付近では、周辺の都市化に伴う護岸の改修(コンクリート化)や周辺の緑地環境(樹林)の衰退が、底生動物群集を大きく攪乱する要因であったと考えられる。

c) 湧水路環境の都市化と底生動物群集との関係

そこで、次に、底生動物の群集構造による湧水路の河川環境、特に河川環境の自然性を評価する方法を検討するために、湧水路の河川環境の都市化に伴う群集構造の変化メカニズムの解明を試みた。

河川環境の都市化と関連が強いと考えられる4つの景観構成要素の評価点の合計、ユスリカ類を除く水生昆虫類の種類数(x)、ユスリカ類と水生昆虫以外の底生動物種の種類数(y)、および種類数の比を表-7に示した。

河川環境の都市化が進行している湧水路では、ユスリカ類を除く水生昆虫類の種類数が少なくなる傾向があるものの、ユスリカ類と水生昆虫類以外の底生動物種の種類数には同様な傾向は見られなかった。このことから、水質汚濁の進行がなくても、河川環境の都市化(水路の人工化、緑地の衰退)にともなう、多くの水生昆虫類(カゲロウ類・カワゲラ類・トビケラ類)が姿を消し、ユスリカ類や一生涯を水中で生活する水生昆虫類以外のミズムシ、ヒル、イトミミズ等から構成される多様性の低い底生動物群集に遷移することが明らかとなった。

表-7 湧水路の景観構成要素の評価点と底生動物の種類数

	St. 1	2	3	4	5	6	7	8	9
景観評価点	7	5	6	6	9	13	10	16	11
種類数(x)	9	4	6	3	2	12	8	11	14
種類数(y)	5	8	7	7	6	7	7	8	8
x/y比	1.8	0.5	0.9	0.4	0.3	1.7	1.1	1.4	1.8

*) 景観評価点 : 採集場所および周辺の水路構造、水際の被植状況および樹林の存在や連続性の4つの評価点の合計
種類数(x) : ユスリカ類(3亜科)を除く水生昆虫類の種類数
種類数(y) : ユスリカ類(3亜科)と水生昆虫類以外の底生動物種の種類数

川崎市の湧水調査結果⁴⁾では、川崎市内の湧水の優占種はオナシカワゲラ科及びミズムシであったと報告し、都市化による生物相への影響を懸念している。また、Jonesらは北部バージニアの小川¹³⁾において、都市化が進行すると、大部分の昆虫類は減少、双し目は増加する等の分類学上の構成に影響を及ぼしていることを報告している。今回の調査においても、同様な結果が得られ、多くの湧水路の底生動物群集は、今後の水路周辺の都市化次第によっては壊滅的な状況に陥る可能性があるものと考えられる。湧水の清浄さと水量の確保に加えて、多様な底生動物群集を維持するためには、周辺の自然環境についても積極的に保全する必要がある。

(4) 水辺環境の自然性の評価方法

今回の調査では、湧水路という河川の立地特性から、水量をはじめとする物理的環境や水質環境と底生動物群集との関係を検討できる結果は得られなかったため、景観構成要素の指標性を中心として、底生動物群集による河川の自然性を評価する方法を検討した。

以下に、評価方法と適用結果を示した。

a) 底生動物群集の都市近郊型化の評価

今回の都市近郊湧水路の9カ所における調査で、3カ所以上で出現し、かつ、3回の調査の個体数の合計が50個体以上であった主要な底生動物15種(表-8)を、「都市近郊型底生動物種」と呼ぶことにし、その個体数の合計が総個体数に占める割合を求め(式; 1a)で、底生動物群集の都市近郊型度(Ci)として評価する。

$$C_i = (n/N) \times 100 (\%) \quad (1a)$$

nは都市近郊型底生動物種の個体数の合計、Nは出現した底生動物の総個体数である。底生動物群集

表-8 主要な底生動物（都市近郊型底生動物）

カゲロウ目；	コカゲロウ <i>Baetis spp.</i>
カワゲラ目；	オナシカワゲラ <i>Nemoura spp.</i>
トビケラ目；	ニンギョウトビケラ <i>Goera japonica</i> , コエグリトビケラ <i>Apatania abberans</i> , グマガトビケラ <i>Gumaga okinawaensis</i> , ヒメトビケラ <i>Hydroptila sp.</i>
双翅目；	アシマダラブユ <i>Simulium spp.</i> , ユスリカ亜科 <i>Chironominae</i> , エリユスリカ亜科 <i>Orthocladinae</i> , モンユスリカ亜科 <i>Tanypodinae</i>
その他；	ミズムシ <i>Asellus hilgendorffii</i> , ヒル <i>Hirudinea</i> , ミミズ類 <i>Oligochaeta</i> , カワニナ <i>Semisulcospira libertina</i> , プラナリア <i>Planariidae</i>

表-9 水辺環境の評価基準の一覧

イ) Ciの範囲	CiI	都市近郊型化は？
Ci ≤ 40	0	進行していない
40 < Ci ≤ 70	1	進行しはじめている
70 < Ci ≤ 80	2	進行している
80 < Ci ≤ 90	3	相当進行している
90 < Ci ≤ 95	4	極めて進行している
95 < Ci ≤ 100	5	〃
ロ) CiI → UC		都市近郊型化は？
5 → 0		極めて進行している
4 → 0		〃
3 → 1		相当進行している
2 → 2		進行している
1 → 3		進行しはじめている
0 → 4		進行していない
ハ) Vaの範囲	VaI	多様性は？
Va ≤ 20	0	低い
20 < Va ≤ 40	1	やや低い
40 < Va ≤ 60	2	やや高い
60 < Va ≤ 80	3	高い
80 < Va	4	極めて高い
ニ) STの範囲	STI	水路構造の自然性は？
ST ≤ -60	-4	極めて低い
-60 < ST ≤ -30	-3	かなり低い
-30 < ST ≤ -20	-2	〃
-20 < ST ≤ -10	-1	低い
-10 < ST ≤ 10	0	〃
10 < ST ≤ 20	1	やや高い
20 < ST ≤ 30	2	高い
30 < ST ≤ 60	3	〃
60 < ST	4	高い
ホ) SGの範囲	SGI	緑地環境の自然性は？
SG ≤ -60	-4	極めて低い
-60 < SG ≤ -30	-3	かなり低い
-30 < SG ≤ -20	-2	〃
-20 < SG ≤ -10	-1	低い
-10 < SG ≤ 10	0	〃
10 < SG ≤ 20	1	やや高い
20 < SG ≤ 30	2	高い
30 < SG ≤ 60	3	〃
60 < SG	4	かなり高い
ヘ) WNの範囲	WNI	水辺環境の自然性は？
WN ≤ -6	E	極めて低い
-6 < WN ≤ -2	D	かなり低い
-2 ≤ WN ≤ 2	C	低い
2 < WN ≤ 6	B	やや高い
6 < WN ≤ 10	A	高い
10 < WN	S	かなり高い

表-10 都市近郊型底生動物の景観的環境構成要素の指標点

	水路構造環境 (sti')	周辺緑地環境 (sgi')
カゲロウ	-4.5	6.2
カワゲラ	-1.1	4.6
ニンギョウトビケラ	5.7	5.7
ゴエグリトビケラ	-6.1	-6.1
グマガトビケラ	4.3	4.9
ヒメトビケラ	5.3	5.4
アシマダラブユ	3.1	4.8
ユスリカ亜科	-4.5	-4.8
エリユスリカ亜科	5.6	5.8
モンユスリカ亜科	5.6	5.8
ミズムシ	-8.9	-8.9
ヒル	-6.3	-6.0
ミミズ類	4.0	5.4
カワニナ	5.9	6.0
プラナリア	2.6	4.0

の都市近郊型度 (Ci) の評価基準とその評価点 (CiI) を表-9のイ) に示した。

出現する底生動物群集が表-8に示した種で占められる場合には、構成種の都市近郊型化が高いと評価され、底生動物群集の都市近郊型化が進行していると考え。

b) 底生動物群集構成種の多様性の評価

出現種数に占める都市近郊型底生動物種以外の種の割合を求め (式; 2a), それを底生動物群集構成種の多様性 (Va) として評価する。

$$Va = (s/S) \times 100 (\%) \quad (2a)$$

sは都市近郊型底生動物以外の種類数, Sは出現した底生動物の総種類数である。出現種の多様性 (Va) の評価基準とその評価点 (VaI) を表-9のハ) に示した。

表-8に示した都市近郊型底生動物種以外の底生動物種の種類数が多い場合には、構成種の多様性が高いと評価され、底生動物群集の構成種に自然性の高い水域でよく出現する種が豊富に含まれていると考え。

c) 景観的環境構成要素：水路構造環境と周辺緑地環境の自然性の評価

まず、表-8の都市近郊型底生動物種について、今回調査した湧水路における出現特性から、それぞれの底生動物種に水路構造環境指標点 ($st i'$) を(式; 3a)で、と周辺緑地環境指標点 ($sg i'$) を(式; 3b)で求める(表-10)。

$$st i' = | \ln | \Sigma (m' \times t i'') | \quad (3a)$$

m' は各都市近郊型底生動物種(表-8)のそれぞれの個体数(表-5の3回の調査の合計)、 $t i''$ は各調査場所の河川構造点で、表-4の目視による採集場所と周辺の河川構造評価点の合計(2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)を、それぞれ(-3, -2, -1, 1, 2, 3, 4)に変換して得る。

なお、 $-1 \leq I(m' \times t i'') \leq 1$ の場合は $st i'$ は0とし、 $I(m' \times t i'') < -1$ の場合は $st i'$ に一符号を付ける。

$$sg i' = | \ln | \Sigma (m' \times g i'') | \quad (3b)$$

m' は各都市近郊型底生動物種(表-8)のそれぞれの個体数(表-5の3回の調査の合計)、 $g i''$ は各調査場所の緑地点で、表-4の目視による水際の被植状況と樹林の存在の評価点の合計(2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)を、それぞれ(-3, -2, -1, 1, 2, 3, 4)に変換して得る。

なお、 $-1 \leq I(m' \times g i'') \leq 1$ の場合は $sg i'$ は0とし、 $I(m' \times g i'') < -1$ の場合は $sg i'$ に一符号を付ける。

次に、都市近郊型底生動物の河川構造の環境指標点と個体数(自然対数)の積の総和を求め(式; 4a)、底生動物からみた河川構造環境の自然性(ST)として評価する。

$$ST = \Sigma (st i' \times \ln (n')) \quad (4a)$$

$st i'$ は各都市近郊型底生動物種のそれぞれの種毎の河川構造環境指標点、 n' は各都市近郊型底生動物種のそれぞれの種毎の個体数である。河川構造環境の自然性(ST)の評価基準とその評価点(STI)を表-9の二)に示した。

また、周辺緑地の環境指標点と個体数(自然対数)の積の総和を求め(式; 4b)、底生動物からみた周辺緑地環境の自然性(SG)として評価する。

$$SG = \Sigma (sg i' \times \ln (n')) \quad (4b)$$

$sg i'$ は各都市近郊型底生動物のそれぞれの種毎の緑地環境指標点、 n' は各都市近郊型底生動物のそれぞれの種毎の個体数である。周辺緑地環境の自然性(SG)の評価基準とその評価点(SGI)を表-8のホ)に示した。

表-10に示した都市近郊型底生動物種のうちコエグリトビケラやアユスリカ亜科以外の水生昆虫類が多く出現する多様性の高い底生動物群集の場合には、景観構成要素の自然性の評価は高くなり、都市内および都市近郊の河川としては自然環境が良好に保たれていると考える。逆に、ミズムシ、ヒル、ユスリカ亜科等が優占する底生動物群集の場合には、景観構成要素の評価は低くなり、自然環境が衰退していると考えられる。ただし、山地溪流のような都市近郊型底生動物の種類数が少ない場合には、景観構成要素の評価には適さなくなる。

d) 水辺環境の自然性の総合評価

底生動物群集の都市近郊型化の評価点Cilを表-8のロ)の非都市近郊型化の評価点に変換した評価点(UCI)、多様性の評価点(VaI)、河川周辺の景観構成要素である河川構造の自然性の評価点(STI)、および周辺緑地の自然性の評価点(SGI)を総合評価のパラメータとし、合計(式; 5a)したものを、底生動物からみた河川環境の自然性の総合評価点とする。河川環境の自然性の総合評価(WN)の評価基準とその総合評価ランク(WNI)を表-8のヘ)に示した。

$$WN = UCI + VaI + STI + SGI \quad (5a)$$

総合評価点が高い場合(河川環境の自然性の総合評価ランクWNIがSあるいはAランク)には、底生動物群集は多くの種から構成され、その底生動物群集の生息する河川環境の自然性は良好であると考えられる。

なお、今回の総合評価では、4つのパラメータ(UCI, VaI, STI, SGI)を、暫定的に、単に合計するだけにとどめた。今後、水質や流況等の他の環境要素と底生動物群集との関係についても調査し、パラメータ化する項目を検討・選定して、各評価点の重みを考慮した総合評価方法を確立すべきであると考えている。

(5) 評価試案の適用

前記(4)の評価方法を、データを収集した湧水路とは異なる湧水路の底生動物の調査結果に適用し、河川環境の評価を行った。底生動物の採集調査は平成5年11月に実施した。調査した湧水路の場所(St. 21~St. 26)を図-11に、その概況を表-11に、評価結果を表-12に示した。

St. 21(草花公園)の総合評価はBランク、St. 23(矢川上流)の総合評価はAランクと判定された。ともに河川の構造は人工化が進んでいるものの、周辺の緑地が良好であることを反映する結果と

表-11 評価方法を適用した湧水路の調査場所とその概況

S t. 21; あきる野市原小宮・草花公園内
 ・芝地の公園内で、右岸側は草木が茂る土手
 ・護岸は練り石積み、クレソンが生い茂っている

S t. 22; 八王子市大谷町・都立小宮公園内
 ・雑木林内を流れ、水際には草はほとんどない
 ・基盤が露出し、淵には泥と落葉が堆積している

S t. 23; 立川市羽衣町(三)・矢川緑地保全地区内(矢川)
 ・湿地と雑木林に挟まれている
 ・水路の護岸は練り石積みで、水草が生えている

S t. 24; 国立市青柳・国立第六小学校校庭前(S t. 23の下流)
 ・周辺の土地利用は宅地、校庭、畑
 ・護岸は練り石積み、堰で流れが淀んでいる
 ・枯れた水草などが堆積物している

S t. 25; 国立市青柳・滝乃川学園敷地内への流入直前(S t. 24の下流)
 ・周囲の土地利用は宅地で、雑排水の流入がある
 ・護岸はコンクリート張りであるが、下流側の学園内は雑木林内を自然な形態で流れている

表-12 評価方法を適用した湧水路の水辺環境の評価結果

	S t.	21	22	23	24	25
C i l		2	4	0	2	5
U C I		2	0	4	2	0
V a l		3	2	1	0	0
S T I		-2	-3	1	-2	-4
S G I		3	-1	2	1	0
(合計UCI~SGI)		6	-2	8	1	-4
W N I		B	C	A	C	D

表-13 丘陵地の小河川および溪流の調査場所とその概況

三沢川源流域(S t. M1, M2, M3, M4): 川崎市麻生区黒川地区の小規模河川
 ・丘陵地の谷間を流れる河川、周囲の土地利用は主に農用地(水田や畑)、流幅は0.5m程度
 ・S t. M1の底質は基盤が露出し、所々泥が堆積している、上流側は湿地
 ・S t. M3はほぼ全域三面コンクリート張りの河川

鶴見川源流域(S t. T1, T2, T3): 町田市上小山田地区の小規模河川
 ・丘陵地の谷間を流れる河川、周囲の土地利用は主に農用地(水田や畑)、流幅は0.5m程度
 ・S t. T2の上流側の谷頭は宅地造成により埋め立てられている
 ・S t. T3は休耕田(荻原となっている)の脇

境川源流域(S t. S1, S2, S3, S4): 町田市相原地区と神奈川県城山町川尻地区の小規模河川
 ・丘陵から山地への移行地域の谷間を流れる河川、周囲の土地利用は主に農用地(水田や畑)、流幅は0.5~1m程度
 ・S t. S1の上流には公共の研修施設がある
 ・S t. S4の左岸はバスの回転所、宅地、工場等がある

兵衛川源流域(S t. H1, H2, H3): 八王子市宇津貫地区の小規模河川
 ・丘陵地の谷間の河川、周囲の土地利用は主に農用地(水田や畑)と宅地、流幅は0.5~1m程度、周辺では大規模な宅地造成が進行している
 ・S t. H2とH3は民家からの排水の流入が認められる

北浅川上流域(S t. K1, K2, K3): 八王子市上恩方地区の小規模溪流
 ・山間を流れる溪流、周囲の土地利用は主に林地(スギ植林)、流幅は1~3m程度
 ・S t. K2には養魚場からの排水が流入する

表-14 丘陵地の小河川および溪流の水辺環境の評価結果

S t.	M1	M2	M3	M4	T1	T2	T3	S1	S2	S3	S4	H1	H2	H3	K1	K2	K3
C i l	3	4	5	5	2	5	0	3	0	1	3	4	5	5	0	0	0
U C I	1	0	0	0	2	0	4	1	4	3	1	0	0	0	4	4	4
V a l	1	2	2	1	2	0	2	3	1	0	1	2	2	2	4	4	4
S T I	1	3	-2	3	3	3	1	4	3	4	4	1	3	2	1	1	1
S G I	2	3	1	4	4	3	4	3	3	3	2	4	4	4	3	3	4
(合計UCI~SGI)	5	8	1	8	11	6	11	11	11	10	8	7	9	8	12	12	13
W N I	B	A	C	A	S	B	S	S	S	A	A	A	A	A	S	S	S

なった。

S t. 22は雑木林内を流れ、水路は人工化されていないが、Dランクと判定された。川床基盤が露出しコンクリート張りと同様であることや、泥や落ち葉が堆積し、底質が単調で著しく不安定であることを反映した結果であると思われる。

S t. 24およびS t. 25は、Aランクと判定されたS t. 23の下流側ではあるが、周辺の宅地化が進んでいる現状を反映する結果となった。

次に、多摩丘陵内の農村の環境が残る地域や東京近郊の低山地の渓流域を流れる小規模な河川の河川環境の評価に適用した。底生動物の採集調査は平成6年4~5月に実施した。調査した河川の場所を図-1に、その概況を表-13に、評価結果を表-14に示した。いずれも、水質の有機性汚濁は少ない。

三沢川源流域の底生動物群集は都市近郊型化している。また、河川の景観的環境の自然性も一部で低下し、水辺環境の総合評価はCからAランクと判定された。ほぼ三面コンクリート張りのS t. M3はC、基盤が露出しているS t. M1はBと判定され、河川構造を比較的良好に反映した結果となった。

鶴見川源流域の底生動物群集は部分的に都市近郊型化しているが、河川の景観的環境の自然性は良好に保たれ、河川環境の総合評価はBあるいはSランクと判定された。谷頭が造成により埋め立てられているS t. T2は他の2地点に比べてランクが低く、周辺環境の違いを反映する結果となった。

境川源流域の底生動物群集は都市近郊型化していない。さらに、景観的環境の自然性は良好に保たれ、河川環境の総合評価はAあるいはSランクと判定された。周辺の宅地化が進行しているS t. S4は他の3地点に比べて低いAランクとなり、周辺環境の違いを反映する結果となった。

兵衛川源流域の底生動物群集は都市近郊型化しているが、景観的環境の自然性は比較的良好に保たれ河川環境の総合評価はAランクと判定された。この地域は、同じ丘陵地内の近接する鶴見川源流域や境川源流域に比べると都市化が進行しているためか、Sランクと判定される地点はなかった。また、大規模な宅地造成が進行していることから、今後、周辺環境の、さらなる悪化が懸念される地域である。

北浅川上流域の底生動物群集は都市近郊型化の進行が認められず、非都市近郊型化や構成種の多様性の評価が高くなることにより、河川環境の総合評価はSランクと判定された。しかし、景観的環境構成要素の河川構造の評価は低いものであった。これは、本報で用いた評価方法は、都市近郊型底生動物種の景観的環境構成要素の指標点で評価を行うため、

都市近郊型底生動物種の少ない水域（自然性の高い渓流域）の景観的環境構成要素の評価には適さなかったためである。この問題を解決するためには、今後、渓流域の景観的環境構成要素を的確に評価できる底生動物種の検索を行う必要がある。

4. おわりに

東京多摩地区の湧水路底生動物群集を調査し、

(1) 湧水路の都市化による河川護岸の改修や周辺の緑地の衰退が底生動物群集を大きく攪乱する要因であり、都市化が進行すると多種多様な底生動物群集から、ユスリカ、ヒル、ミズムシ等から構成される多様性の低い底生動物群集に遷移することが明らかとなった。

(2) 湧水路に出現した底生動物種の出現パターンから、底生動物群集の都市近郊型化、構成種の多様性、河川構造や周辺緑地などの景観構成要素の自然性の評価点を求め、この4つの評価点をパラメータとした河川環境の自然性を総合的に評価する方法を検討した。

(3) 評価方法を適用したところ、都市近郊の湧水路や丘陵地の農村地域を流れる小河川において、十分に適用できることを確認した。

現在、評価方法の信頼性の向上のために継続的にデータを収集し、新たなパラメータ（流況、水質）やパラメータの重みづけを検討して、山間渓流や水質汚濁の進行した河川も含め広い範囲の水域環境の自然性を詳細、かつ総合的に評価できる方法へと改良を進め、河川環境の改善のために必要な具体的な施策や対策を提示できる評価手法への応用を検討している。

参考文献

- 1) 飯田輝男:東京の湧水,環境管理, No.17, pp.46-50, 1993.
- 2) 岸由二, 深田晋一, 関原慎也, 柳瀬博一:鶴見川最源流スギ谷戸の魚類相, 慶応義塾大学日吉紀要自然科学No.13, pp.62-69, 1993.
- 3) 岸由二, 柳瀬博一, 深田晋一:鶴見川最源流田中谷戸の魚類相, 慶応義塾大学日吉紀要自然科学No.14, 53-59, 1993.
- 4) 林幸子, 入口政信, 千田千代子, 林美恵子, 橋本孝一, 斎藤充司, 小林勲:市内における湧水の分布及び水質調査, 川崎市衛生研究所年報, No.27(1991), pp.106-116, 1993.
- 5) 茅洪新, 馬場和彦, 坂井り子, 岩島清:都市水系湧水路における底生動物の群集構造, 日本昆虫学会第53回大会・第37回日本応用動物昆虫学会大会合同大会講演要

- 旨, pp.58, 1993.
- 6) 馬場和彦, 茅洪新, 磯部正: 東京都内多摩地区の湧水路に出現する底生動物の群集構造—湧水路の環境と底生動物の群集構造との関係について—, 第9回自然環境復元シンポジウム資料, pp. 80-83, 1993.
- 7) 東京都環境保全局: 東京の川と海のいきもの, 1990.
- 8) 河合禎次編: 日本産水生昆虫検索図説, 東海大学出版界, 1985.
- 9) 上野益三編: 川村日本淡水生物学, 北隆館, 1973.
- 10) 東京都環境保全局: 平成3年度公共用水域の水質測定結果(資料編), 1992.
- 11) 東京都環境保全局: 平成3年度水生生物調査結果報告書, 1993.
- 13) Jones, R.C., Clark, C.C.: Impact of Watershed Urbanization on Stream Insect Communities, *WATER RESOURCES BULLETIN*, Vol.23, NO.6, pp.1047-1055, 1987.
- (1995.4.14受付)

EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL QUALITY BY INDICATION OF BENTHIC MACROINVERTEBRATE FAUNA ON SEVERAL URBAN SPRINGBROOKS

Kazuhiko BABA, Hongxin MAO and Kiyoshi IWASHIMA

The benthic macroinvertebrate faunas and the habitat factors were investigated on urban springbrooks in the Tama area of Tokyo. A total of 43 taxa were found, 35 of which were insects. An isopod, *Asellus hilgendorffii* was the most abundant, and Chironomidae, *Baetis* spp., *Nemoura* spp., *Apatania abberans* and *Smiulium* spp. were usual as insect. The correspondence relationship between the fauna and the habitat factors was analyzed, and the biotic indices for environmental quality of springbrook were estimated on the main taxa. With the results, new methods were examined, which be expected to use for evaluation of environmental quality on springbrooks.