

透過型・不透過型砂防ダムの存在する 山地溪流における底生動物群集の種多様性

SPECIES DIVERSITY OF BENTHIC FAUNAL COMMUNITIES ALONG A MOUNTAIN STREAM FRAGMENTED BY SLIT AND UNSLIT SABO DAMS

糠澤桂¹・風間聡²・渡辺幸三³

Kei NUKAZAWA, So KAZAMA, Kozo WATANABE

¹学生会員 東北大学大学院工学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06)

²正会員 博(工) 東北大学大学院工学研究科 (同上)

³正会員 博(工) Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB) (Mueggelseedamm 301, 12587 Berlin, Germany)

We investigated species diversity of benthic faunal communities along the Oisawa River fragmented by two slit and one unslit sabo dams. Eight study sites include inlet and outlet sites of the dams. A total of 601 individuals from 35 taxa were collected. As results, Shannon-Weiner diversity indexes and number of taxa at outlet sites of the slit dams increased from the inlet site. Multiple regression analysis indicated that variation of number of taxa and total population density among sites were significantly predicted by environmental variables such as particulate organic matters and mean grain size of sediment. Similarity index of species composition between communities suggested that both of the slit and unslit dams did not restrict dispersal of benthic animals along the corridor.

Key Words : *sabo dam, benthic faunal community, species diversity*

1. はじめに

砂防ダムは土砂を一時的に貯めることで、流量を調整し、河床勾配を緩和して河川の浸食を防ぐ役割を担う。このため土砂崩れや地滑りなど災害の防止や下流にある貯水ダムの堆砂を防ぐ効果が期待される。しかし、スリット化されていない不透過型砂防ダムは河川を本来流下している水や無機・有機物質の連続的な流れを阻害する。ダム上流では土砂の堆砂やそれに伴う上流の河床勾配の緩和や河床堆積物の均質化が起こり、下流では河床低下が発生するなど、砂防ダムが河川環境に与える影響は少なくない¹⁾。しかし、貯水ダムを対象とした河川生態影響に関する研究事例^{2), 3)}の多さに比べて、山地溪流の砂防ダムに関する研究はその設置数の多さにも関わらず少ない。

多くの砂防ダムは山地溪流に設置されている。溪流は流速が大きいので、水生昆虫の大部分は流れに逆らい遊泳せず、河床材に固着営巣するものや、流されないように石や岩を這い生息するもの、河床間隙層に潜り生活するタイプの種群が多い⁴⁾。このため、砂防ダムにより河床環境が変化した場合、溪流性水生昆虫に大きな影響を

与える可能性がある。砂防ダムの上流区間における水生昆虫群集の種多様性と土砂の中央粒径の相関が高いこと⁵⁾や、砂防ダムの上流と下流の河川区間で堆積有機物が異なることや、底生昆虫の生息密度が下流にいくに従って増加することが知見として得られている⁶⁾。水生昆虫の流下行動や遡上飛行などの河川に沿う移動行動は、個体群のコロニゼーションサイクルに必要な機能であり、溪流環境保全においても適切に維持される必要がある¹⁾。

近年、多くの不透過砂防ダムのスリット化(写真-1)が各地で進められている。これにより、不連続な河川の流れを自然に近い状態へと再生されるため、ダム上流へ



写真-1 大井沢第3ダム(透過型砂防ダム)

の土砂の過剰堆砂の防止や下流の貯水ダムへの土砂量を調節するのみならず、河川生態系への影響を緩和する効果も期待されている。このため、不透過型及び透過型の砂防ダム周辺における溪流生物相を比較し、生物相やその生活環境を決定付ける河川環境因子を明らかにすることは、将来における河川生態系と調和した砂防ダム建設やスリット化計画をより適切に進行するために有意義と考えられる。

以上の背景から、本研究では透過型・不透過型砂防ダムが河川生態系に及ぼす影響を解明することを目的として、山形県大井沢川で底生動物群集及び河川環境を調査した。底生動物は定量的なサンプリングが容易であり、リーチスケールの局所的環境を反映しやすい。このため、砂防ダムによる溪流環境の変化との関係が大きいことが期待されるため、指標生物として選定した。河川環境は、平均流速、河床の粒度分布、水質環境、そして底生動物の餌資源となる粒状性有機物量について測定した。

2. 方法

(1) 対象領域

対象領域は山形県寒河江川流域内にある標高約450～700mに位置する山地溪流の大井沢川である（図-1）。寒河江川との合流地点以外には周辺に人家は無く、樹林に覆われている。大井沢川には3基の砂防ダムが存在する。大井沢第2ダムは1968年、第3ダムは1978年、第4ダムは1984年に完成している。また、第2ダムは2004年10月、第3ダムは2007年1月にスリット化工事が完成している透過型砂防ダムである。第4ダムはスリットが無い不透過型砂防ダムである。調査は、第4ダム、第3ダム、第2ダムそれぞれの直上・直下（st.3-st.7）およびダムの影響が無いと考えられる地点として第4ダムよりさらに約300m上流の1地点（st.1）、第2ダムよりさらに約1000m下流の1地点の計8地点（st.8）において行った。

(2) 底生動物

底生動物のサンプリングは平成21年4月17日から7月16日にかけて、全8地点で各1回ずつ行った。1つの地点で約20～30mの河川区間内において無作為に選んだ3箇所

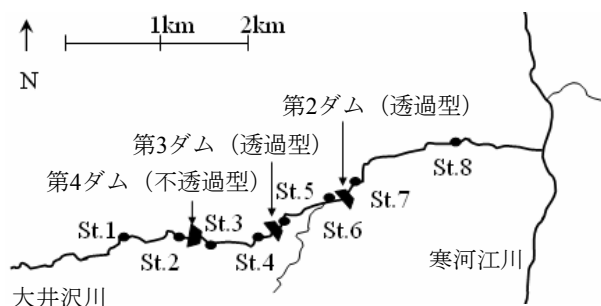


図-1 山形県大井沢川の調査地点

でコドラード付きサーバーネット(30cm×30cm, メッシュサイズ250μm)を用いて定量サンプリングを行った。各地点で3回サンプリングした個体数の合計を総個体数とした。サンプリングした底生動物は実験室に持ち帰りその日のうちに99.5%エタノールで固定した。サンプルは、150倍の実体顕微鏡を用いて日本産水生昆虫検索図鑑に従い可能な限り細かい分類レベル（種・属・科）の同定を行い、それらをまとめて分類群とした⁷⁾。

(3) 河川環境データ

全8地点において、底生動物と同日に河川環境調査を行った。平均流速は電磁流速計で10回計測した平均値とした。土砂の中央粒径（ D_{50} ）および均等係数（ $U_s=D_{60}/D_{10}$ ）は、河床から採取した土砂を乾燥機で十分に乾燥させた後、ふるい分析（ふるい目：9.5mm, 4.75mm, 2.0mm, 850μm, 425μm, 250μm, 125μm, 75μm）による粒度試験を行い算出した。溶存酸素濃度DO（計測器機：TOA-DKK, DO-24P）と電気伝導度EC（TOA-DKK, CM-21P）は現地で測定した。河床に堆積する粗粒状性有機物量（CPOM, 粒径>1mm）および微細粒状性有機物（FPOM, 250μm<粒径<1mm）は、底生動物と同時にサーバーネットで採取し、単位面積当たりの強熱減量としてそれぞれ評価した。

(4) 種多様性

a) 地点内の種多様性

各地点の種多様性を分類群数 S とShannon-Weiner多様度指数 H' ⁸⁾、Pielouの均等性指数 e ⁹⁾により評価した。種多様性は一般的に種数が多いほど高い。しかし、群集に含まれる種の数と同程度でも、特定の種の個体数が多く、ほかの種が少ない場合、種間の均等性を欠くため種多様性は低下する。 H' は種多様性における2つの要素（豊富さと均等さ）を区別すること無く群集の多様性を表す指標であり、 x_i を i 分類群の個体数密度、 N を全分類群の総個体数密度としたとき、以下の式から算出される。

$$H' = -\sum \left(\frac{x_i}{N} \right) \log \left(\frac{x_i}{N} \right) \quad (1)$$

Pielouの均等性指数 e は各地点の種間の個体数密度の均等性を評価する指標であり、次式から算出した。

$$e = \frac{H'}{\log S} \quad (2)$$

b) 地点間の種多様性（群集相違度）

各地点間の群集構造の類似性を、Piankaの類似度指数 α ¹⁰⁾を用いて評価した。 α は0から1の間の値をとり、1の場合には相互の種構成と出現比率は同一となる。 α は以下の式から算出した。

$$\alpha = \sum \frac{P_{Ai} \cdot P_{Bi}}{\sqrt{\sum P_{Ai}^2 \cdot \sum P_{Bi}^2}} \quad (3)$$

$$p_{Ai} = \frac{n_{Ai}}{N_A} \quad p_{Bi} = \frac{n_{Bi}}{N_B}$$

ここで、 N_A 、 N_B は地点A、Bの総個体数、 n_{Ai} 、 n_{Bi} は地点A、Bにおける*i*分類群の個体数である。

また、各地点間の群集構成の違いを、群衆類似度 α を用いて群集相違度 $\theta=1-\alpha$ により評価した。 θ は0から1の値をとり、0のときは地点間の群集構成が一致することを表す。

(5) 統計分析

総個体数密度N、分類群数S、Shannon-Weiner多様度指数H'、そしてPielouの均等性指数eの各生物指標を目的変数、7項目の各環境指標を説明変数とする重回帰分析を行った。説明変数の選択は、ステップワイズ法（変数増減法）を用いてそれぞれの目的変数について説明力の高い変数を選択した¹¹⁾。また、群集相違度 θ を連関測度とするUPGMA（unweighted pair-group method using arithmetic averages）によるクラスター分析を浜本ら¹²⁾に倣い行った。

3. 結果と考察

(1) 底生動物群集データ

表-1に、調査した8地点における優占5分類群の個体数密度（/0.27m²）、総個体数密度N（/0.27m²）、分類群数S（/0.27m²）、Shannon-Weinerの多様性指数H'及び均等

性指数eを示す。

8地点間で、総個体数密度は46（st.1）から100（st.2）、分類群数は10（st.1）から20（st.7）の範囲で変動した。内訳は、カゲロウ目9分類群、カワゲラ目3分類群、トビケラ目10分類群、コウチュウ目6分類群、双翅目7分類群、鱗翅目1分類群が確認された。コカゲロウ属はst.1～st.5に、ミヤマタニガワカゲロウ属は全地点に優占し、この2分類群だけで全採取個体の36.8%を占めていた。他にも1地点にごく少数だけ存在した分類群も少なからず存在したため、分類群数だけでなく均等性を考慮して種多様性を評価する必要があると考えられる。Shannon-Weiner多様度指数は0.82-1.02、Pielouの均等性指数は0.75-0.91の範囲で測定された。

(2) 河川環境

調査により得られた河川環境データを表-2に示す。平均流速はst.4から下流の5地点で高い値を示した。土砂中央粒径と流速の間に有意な相関は見られないことが確認された。主な河床材料は、多くの地点で礫が優占したが、不透過型ダムの直上（st.2）及び最下流地点（st.8）において砂となり、特にst.8では石、礫はほとんど見られないことが確認された。電気伝導度ECと溶存酸素濃度DOは共にst.3から下流にいくにつれて増加する傾向を示した。粒状性有機物量はCPOMとFPOM共にst.7とst.8で顕著に増加した。

表-1 底生動物群集の総個体数密度、種多様性および優占5分類群の個体数密度（/0.27m²）

生物指標	st.1	st.2	st.3	st.4	st.5	st.6	st.7	st.8	平均
総個体数密度 N (/0.27m ²)	46	100	92	72	96	60	60	75	75.1
分類群数 S (/0.27m ²)	10	13	15	13	15	13	20	11	13.8
Shannon-Weiner多様度指数 H'	0.83	0.89	0.88	0.90	1.02	0.98	1.18	0.82	0.94
Pielou均等性指数 e	0.83	0.80	0.75	0.81	0.87	0.88	0.91	0.79	0.83
優占5分類群									
コカゲロウ属 <i>Baetis sp</i>	11	32	33	16	11	4	0	4	13.9
ミヤマタニガワカゲロウ属 <i>Cinygmula sp</i>	15	7	11	22	24	8	7	16	13.8
オオマダラカゲロウ <i>Drunella basalis</i>	2	16	12	4	9	10	8	25	10.8
ユスリカ科	2	8	1	4	13	12	9	0	6.1
ミドリカワゲラ科 <i>Chloroperlidae sp</i>	5	0	4	9	9	5	4	4	5.0
合計	35	63	61	55	66	39	28	49	49.5

表-2 河川環境データ（主な河床材料は、砂<2mm、2mm<細礫<4.75mm、4.75mm<中礫<19mmとする）

環境項目	st.1	st.2	st.3	st.4	st.5	st.6	st.7	st.8
平均流速 (m/s)	0.71	0.58	0.66	0.90	0.84	0.91	0.98	0.86
中央粒径 D ₅₀ (mm)	6.5	1.2	2	2.6	1.6	12	2.4	10
主な河床材料	中礫	砂	細礫	細礫	細礫	中礫	細礫	砂
均等係数 U _s	11.9	3.5	5	3.2	4	20	5.1	21.5
電気伝導度 EC (μS/cm)	27.6	32.7	35.1	30.6	36.9	48.1	48.8	48.4
溶存酸素濃度 DO (mg/L)	1.8	2.66	2.86	2.14	2.25	7.24	7.97	7.59
粗粒状性有機物量 FPOM (AFDM g/m ²)	0.56	0.96	0.37	0.33	0.48	0.52	1.44	1.41
細粒状性有機物量 CPOM (AFDM g/m ²)	10.33	7.11	4.11	3.56	9.07	10.48	21.22	20.52
st.1からの距離 (km)	0.00	0.30	0.39	0.97	1.09	2.20	2.30	3.41

(3) 種多様性

図-2に各地点のShannon-Weiner多様度指数 H' と分類群数 S の結果を示す。両指標とも、二つの透過型ダムのダム直下で直上の地点に比べて増加する傾向が見られた。この傾向は、スリット化が比較的古代に行われた第2ダム直下(st.7)の方が顕著に見られた。各地点の種多様性は、その場の環境状態で決まる種数の環境容量と外部から種の移入のしやすさの二つの因子で決まる。透過型ダム直下の種多様性が増加した潜在的原因として、1) ダム直下の環境が再生して新たな種が定着した、2) 物理的遮断が緩和されてダム上流から新たな種が移入した、の二つが考えられる。最下流のst.8で観察された種多様性の低下は、主な河床材料が砂であり、本来溪流に見られる、石、礫がほとんど見られないため、多くの溪流性水生昆虫の生息が困難であることに起因すると考えられる。st.8は砂防ダム直下に位置する地点ではないため、この河床の特性は砂防ダムの設置に起因するものではなく、地勢等その他の環境条件に因るものと考えられる。

布川ら⁹⁾は、砂防ダム下流河川区間に流下方向に設置した複数地点で底生動物の調査を行い、ダムから遠く離れた下流側の地点ほど底生動物の総個体数密度が回復する傾向を報告している。本研究において、仮に不透過型ダムのみが総個体数密度を低下させ、透過型ダムは密度を低下させる影響を及ぼさないと仮定すると、不透過型ダム直下地点(st.3)から透過型ダム直下地点(st.7)にかけて5地点の河川区間で下流地点ほど総個体数密度が増加することが期待されたが、その傾向は見られなかった(表-1)。一方、分類群数及び多様度指数はst.3からst.7にかけて増加する傾向が見られた(図-2)。これは、透過型ダムが底生動物群集の種多様性を低下させないことを示唆する結果であり、不透過型ダムの影響で局所的に低下した種多様性が、透過型ダムの有無によらず、不透過型ダムから離れるほど回復していたことを示唆している。

Shannon-Weiner多様度指数 H' は分類群数 S 及び均等性指数 e の双方と強い正の相関($R=0.90$, $R=0.82$)を示した(表-3)ため、多様度指数 H' は群集内の分類群数の多さと共に、分類群間の密度の均等性も表現できる指標であることが確認された。総個体数密度は H' , S 及びPielouの均等性指数 e のいずれの種多様性指数とも強い相関を示さないことが確認された。総個体数密度が種多様性(H' , S , e)と相関が無いのは、ある特定の分類群の生息適性度が高い環境下では、その一部の分類群の高い個体群密度を反映して、総個体数密度が高まる場合があるが、多くの種の生息が可能になるとは限らないことを説明している。総個体数密度は均等性指数 e と比較的強い負の相関($R=-0.44$)を示したため、総個体数密度の増加した地点では、群集内の一部の分類群が極端に優占し、分類群間の密度の均一性が崩れていたものと理解される。実際、総個体数密度の増加したst.2やst.3ではコ

カゲロウ属やオオマダラカゲロウなどの密度が極端に高まり、均等性指数 e が低下していた。

表-4に4つの生物指標(H' , S , e , N)を目的変数として、河川環境変数で説明する重回帰モデルの推定結果を示した。説明変数の数が増加するに従い決定係数が1に近づく傾向を修正するため自由度調整を行った決定係数(補正 R^2)は、多様度指数 H' で0.97(説明変数5項目)、分類群数 S で0.89(説明変数6項目)、均等性指数 e で0.36(説明変数1項目)、総個体数密度 N で0.99(説明変数6項目)を示した。このうち、 S , N においては有意($P<0.05$)なモデルが推定されたが、 H' , e については有意なモデルは推定されることが確認された。均等性指数は、本研究で調べた環境変数以外の環境項目の影響を強く受けていると考えられる。

分類群数、総個体数密度は、底生動物の餌資源となる粒状性有機物量と強く関係していた。本来、山地溪流には、河岸や河川水面を覆う樹林から多く供給される落ち葉等の粗粒状性有機物(CPOM)を捕食するように適応

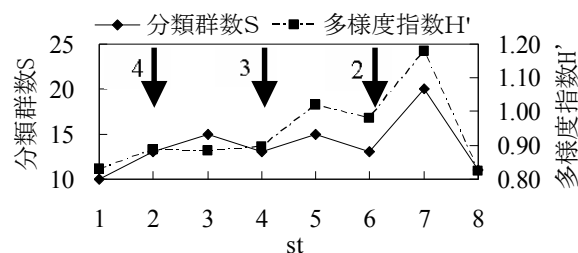


図-2 多様度指数 H' と分類群数 S の流程分布

下向き矢印は砂防ダムの流程における位置を、数字は砂防ダムの名前を示す。2: 大井沢第2ダム(透過型), 3: 大井沢第3ダム(透過型), 4: 大井沢第4ダム(不透過型)

表-3 各生物指標の相関係数

ここで分類群数を S , Shannon-Weiner多様度指数を H' , 均等性指数を e , 総個体数密度を N とする(*は $P<0.05$ を満たす)

生物指標	H'	S	e	N
H'	-			
S	0.90*	-		
e	0.82	0.49	-	
N	-0.09	0.14	-0.44	-

表-4 各説明変数と生物指標の重回帰モデル

数値は各説明変数の標準化偏回帰係数を示す。(*は $P<0.05$, **は $P<0.01$ を満たす)

説明変数	H'	S	N
平均流速	-0.29		
土砂の中央粒径 D_{50}	3.65	-0.28**	-1.22
均等係数 U_s	-4.54		1.23
電気伝導度 EC	2.12		2.42*
溶存酸素濃度 DO	-1.41	0.28**	-2.38*
細粒状性有機物量 $FPOM$		-0.20*	1.21*
粗粒状性有機物量 $CPOM$	0.90	0.10	-1.50*
補正 R^2	0.97	0.89	0.99

した種群が多い。このため、CPOM量が多い地点ほど分類群数が増加する傾向が推定されたモデルから表現されたものと考えられる。

微細粒状性有機物（FPOM）量が多い地点では、主にFPOMを捕食するユスリカ科、コカゲロウ属の密度が増した結果として総個体数密度が増加したが、これら一部の種群に生息スペースが占められたため、多くの種の生息が難しくなり、分類群数の偏回帰係数が負の有意な数値として表現された可能性がある。

総個体数密度を有意に説明する4変数（電気伝導度EC、溶存酸素濃度DO、FPOM、CPOM）のうち、EC及びDOの寄与の度合いが大きかった。これは、水生昆虫の総個体数密度が、生息場における餌資源の多寡よりも生息場の水質環境の優劣に依存するという事実を示唆する。

また、河床土砂の中央粒径 D_{50} が小さい地点ほど分類群数が有意に増加する傾向が見られた。これは河床に細砂やシルトが優占した結果、ユスリカ科等の砂に潜り生活する掘潜型の生活型の分類群が増加したことに起因すると考えられる。

(4) 群集相違度

地点間の直線距離と群集相違度の関係を図-3に示す。地点間の地理的距離と相違度には強い相関が見られた。最上流地点（st.1）と最下流地点（st.8）の距離は約3.41kmであるが、標高差は約120mである。平均河床勾配が1/28の溪流河川の大井沢川では、中下流河川に比べて、距離が少し離れた場合でも、標高、水温、水勢などの環境条件が大きく変化すると考えられる。以上より、最大距離が4km未満の地点間でも、群集組成が距離に依存して異なるという結果は理解できる。

図-4に群集相違度 θ を連関測度としたクラスター分析により作成された樹形図を示す。これを見ると、上流5地点（st.1-st.5）と下流3地点（st.6-st.8）の群集組成がグループ分けされていることが分かる。下流3地点では電気伝導度と粒状性有機物量（FPOM及びCPOM）、土砂の中央粒径及び均等係数の値がそれぞれ増加していた。電気伝導度の増加は湧水や土壌水などが河川に混合し溶存イオンが増加する効果、粒状性有機物の増加は河畔陸上植物を由来とする有機物が流入する効果が下流に進むほど積分された結果として理解できる。また、各地点の標高は、上流5地点は約540-580mに、下流3地点は約500-470mに渡り分布しているため、st.5とst.6には約40mの標高差がある。加えて、st.5とst.6は約1.2km離れている（表-2）。このため、下流3地点と上流5地点は、st.5と

st.6の間を境界として、地理的に比較的隔離されたグループであり、それぞれの環境に適應することの出来る分類群の違いが現れ、グループ間の群集組成に大きな違いが生じたものと思われる。

流下方向に隣接する2地点間の群集相違度 θ を、ダム無し区間（st.1-st.2間及びst.7-st.8間）、透過型ダムが存在する区間（st.4-st.5間及びst.6-st.7間）、不透過型ダムが存在する区間（st.2-st.3間）ごとに整理して表-5に示した。

地点間の底生動物の移動分散が強い地点間ほど、地点間で種が混合されやすいので、群集相違度が低下する可能性がある。非透過型砂防ダムは水生昆虫の幼虫の流下行動や成虫の遡上飛行による交流を物理的に遮断する可能性があり、透過型ダムはスリットを通して、その遮断効果が緩和されている可能性がある。これらの可能性から、群集相違度を移動分散の弱さを表す指標として考えると、相違度の大きさは、不透過型ダム区間>透過型ダム区間 $\geq$ ダム無し区間となることが予想された。ところが、予想と正反対に、不透過型ダムが存在するst.2-

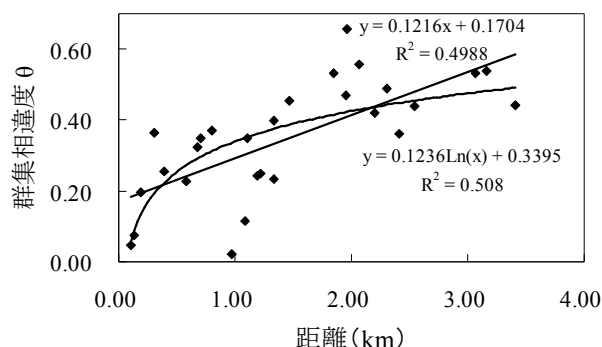


図-3 地点間の直線距離と群集相違度

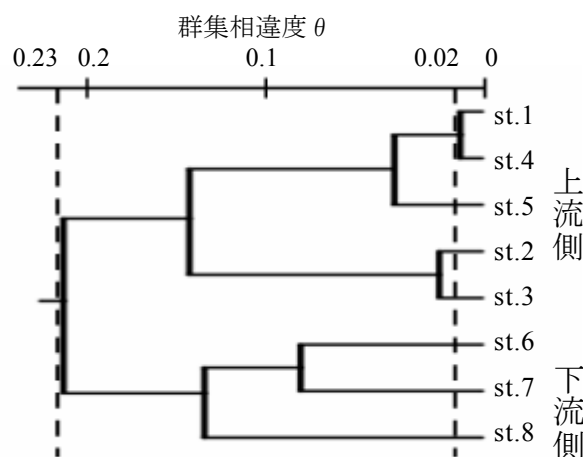


図-4 群集相違度のクラスター分析結果

表-5 流下方向に隣接する地点間の群集相違度 θ

調査区間	st.1-st.2	st.2-st.3	st.4-st.5	st.6-st.7	st.7-st.8
調査区間の砂防ダム	ダム無し	不透過型ダム	透過型ダム	透過型ダム	ダム無し
完成期日/スリット化期日	-	1984	1978/2007	1968/2004	-
地点間の群集相違度 θ	0.37	0.05	0.07	0.2	0.35

st.3間 ($\theta=0.05$) で群集相違度は最も低く、透過型ダムがあるst.4-st.5間 ($\theta=0.07$) 及びst.6-st.7間 ($\theta=0.2$) においても低い値を示し、砂防ダムの存在しないst.1-st.2間 ($\theta=0.37$) とst.7-st.8間 ($\theta=0.35$) で高い値を示した。この結果は、これら砂防ダムはそもそも移動分散を阻害しておらず、スリット化により阻害が緩和されていないことを説明している。したがって、(3) で挙げた透過型ダム直下の種多様性が増加した二つの潜在的原因のうち、後者の遮断が緩和されてダム上流から種が移入した効果よりも、前者のダム下流の環境改善による効果の可能性がより高いと考えられる。規模が比較的大きな貯水ダムでは、水生昆虫の移動分散が遮断される場合¹³⁾があるが、比較的小さい砂防ダムでは、スリット化されていなくても、成虫期にダムを飛び越えて上下流間で交流できる可能性が考えられる。

しかし、群集相違度は地点間の移動分散の強さをあくまでも間接的に示す指標であることに注意を払う必要がある。これは、地点間で個体の移動が容易な場合でも、各地点の生息環境が異なる場合は生息する種に違いが生じ、逆に移動が弱くても生息環境が類似した地点間では種構成が類似するためである。このため、より直接的に砂防ダムによる底生動物の交流遮断効果を評価するためには、DNAマーカーに基づく地点間の遺伝子流動の測定¹³⁾など更なる検証が必要と考えられる。

4. まとめ

本研究は透過型・不透過型砂防ダムの存在する山地溪流河川の大井沢川の下8地点において底生動物群集と河川環境の現地調査を行った。本研究で得られた主な結論を以下にまとめる。

(1) 底生動物群集のShannon-Weiner多様度指数 H' 及び分類群数は共に透過型ダム直下地点でダム直上地点に比べて増加する傾向が見られた。これはスリット化した後、ダム直下にそれまで不在の種がダム上流から移入したことで、透過型ダム直下の地点の種多様性が増加したことが要因の一つと考えられる。この傾向は、スリット化が比較的以前に行われた第2ダム直下の方が顕著に見られた。

(2) 総個体数密度と3つの種多様性指標をそれぞれ目的変数とし、環境項目を説明変数として推定した重回帰分析の結果、分類群数と総個体数密度は底生動物の餌資源となる粒状性有機物等の環境変数で有意に説明されることが示された。これは、山地溪流を覆う樹林から供給される落ち葉等の粗粒状有機物 (CPOM) を捕食するため適応した種が多いため、CPOM量が多い地点ほど分類群数及び総個体数密度が増加したためと考えられる。

(3) 流下方向に隣接する地点間の群集相違度は、透過型・不透過型のダム上下流区間において低い値を示した。これは、透過型と不透過型砂防ダム上下流間の底生動物の移動分散の相違は大きくないことを示唆している。

謝辞： 本論文は河川環境管理財団から助成を受けた。ここに深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 北村泰一・石松誉至: 砂防構造物施工区間における水生昆虫の流下 (drift) 特性に関する一考察, 南九州大学研報 No.34(A):pp19-31, 2004
- 2) Daniel Gillenwater, Timothy Granata, Ulrike Zika: GIS-based modeling of spawning habitat suitability for walleye in the Sandusky River, Ohio, and implications for dam removal and river restoration. Ecological Engineering 28 pp311-323, 2008
- 3) 渡辺幸三, 大村達夫: ダム放流水が河川底生動物群集に及ぼす季節的影響, 土木学会論文集G, Vol.63, No2, pp.93-101, 2007
- 4) 大串龍一: 水生昆虫の世界, 東海大学出版会, 2004
- 5) 湯本宏紀, 大久保博, 前川勝朗: 砂防ダム流入部の物理環境と水生昆虫の多様性, 農業土木学会大会講演要旨集, pp454-455, 2005
- 6) 布川雅典・菊池俊一: 北海道南部の砂防堰堤の存在する河川における底生昆虫の生息密度と滞留有機物量の縦断分布, J. of Community Cooperative Research Center, Senshu Univ., pp57-62, 2007
- 7) 川合禎次 (編): 日本産水生昆虫 - 科・属・種への検索, 東海大出版会, 2005
- 8) Shannon CE: A MATHEMATICAL THEORY OF COMMUNICATION, BELL SYSTEM TECHNICAL JOURNAL Vol27, Issue3, pp379-423, 1948
- 9) E.P.オダム著, 三島次郎訳: 基礎生態学, 培風館, 1991
- 10) 中村寛志: 生物群集の解析手法と環境アセスメント, Journal of the Faculty of Agriculture SHINSHU UNIVERSITY Vol36 No.1, 2000
- 11) 阿部圭司: Excelで学ぶ回帰分析, 株式会社ナツメ社, 2004
- 12) 浜本洋, 風間聡, 渡辺幸三, 澤本正樹, 大村達夫: 宮城県中南部に生息する河川底生動物群集の種多様性の空間階層構造, 水工学論文集, 第52巻, 2008
- 13) Watanabe, K. and Omura, T: Relationship between reservoir size and genetic differentiation of the stream caddisfly *Stenopsyche marmorata*, Biological Conservation 136: pp203-211, 2007

(2009. 9. 30受付)