

論文

アユおよび水質、堆積物組成からみた高津川の河川環境

程木 義邦*・大林 夏湖**・湊 友宏***・石賀 裕明***

Assessment of river environments from analysis of environmental components and Ayu, *Plecoglossus altivelis* in the Takatsu River, Shimane, Japan.

Yoshikuni Hodoki*, Kako Ohbayashi**, Tomohiro Minato*** and Hiroaki Ishiga***

Abstract

We examined water quality, the amount of attached algae and sediment composition in the Takatsu River, Shimane Prefecture, Japan. Our aim was to assess the current environmental status of the river and the impacts of human activities on the river environment and fishery stocks of sweetfish, Ayu (*Plecoglossus altivelis*). The Takatsu River is known to have better water quality than other rivers in the Chugoku region. However, village areas are present in the upper reaches of the Takatsu River and in the midstream part of the tributary Tsuwano River. Inflows of pollutants arising from human activities have significant effect on the water environment in the downstream reaches. Analyses of water quality revealed that concentrations of total phosphorus and nitrogen in the middle and upper reaches of the Takatsu River were greater than those in the downstream part. The amounts of attached algae in the upper reaches of the Takatsu and the Tsuwano rivers were higher than those in the lower reaches of the Takatsu River and other tributaries. Observations of gut contents of Ayu (*P. altivelis*) showed that cyanobacteria (*Homoeothrix janthina*) dominated the ingested algae at all sample sites. Samples of sediments from the Tsuwano River analyzed by X-ray fluorescence have greater arsenic and zinc contents than those from the Takatsu and Hikimi rivers. Compiling the data set described the above, analyzed parameters yield consistent results for environmental evaluation. Loadings from Muikaichi city (located in the upper reaches of the Takatsu River) and Tsuwano city significantly affect river water quality and the environment of the lower reaches of the Takatsu River. In addition, it seems that dilution effects by the tributaries functions to maintain low nutrient concentrations in the river water in the lower reaches of the Takatsu River.

Key words: attached algae, Ayu (*Plecoglossus altivelis*), cyanobacteria, river environment, X-ray fluorescence analysis

はじめに

高津川は、鳥根県西部に位置し益田平野を通過して日本海に注ぐ、幹川流路延長 81 km、流域面積 1,090 km² の一級河川である。最上流部の六日市町付近には、隣接する錦川水系との河川争奪の影響で谷底平野が広がっている。そのため、一級河川にはめずらしく水源が特定できる(六日市町内大蛇ヶ池)水系の一つである。中流域では、著しく屈曲した穿入蛇行区間がみられ、高尻川や福川川、匹見川など、本川よりも標高の高い水源をもつ支流が合流する(第 1 図)。また、支流のひとつである津和野川中流域は、古い町並みを残した観光地としても有名で、年間 100 万人を超える観光客が訪れる(国土交通省河川局, 2005)。

高津川河川水は、中国地方一の良好な水質を維持し、全国的にも清澄な河川として知られている。また、現在までにダ

ム等の大規模な河川横断構築物が建設されていないこともあり、天然アユが多く遡上する河川としても知られており、その漁獲高は中国地方では江の川に次ぐ 2 位であること、体格や味が他の河川産のものよりも優れているとの理由で「天然アユがのぼる 100 名川」にも選定されている(国土交通省河川局, 2005)。

上述のとおり、全国もしくは中国地方の他の河川と比較した場合、高津川は良好な水環境および漁場環境が維持されていることに疑問の余地はない。しかし、現在の高津川の河川環境にもいくつかの問題が存在している。例えば、高津川の水源となる上流域は比較的標高の低い谷底平野部で市街地が広がっていること、観光地として栄えている津和野川中流域も同様であるため、上~中流部における人間活動が活発であり、これらの人為的影響が下流河川の環境に強く広範囲に影響することが考えられる。また、内水面漁業についても、鳥根県におけるアユの全漁獲量は、現在、ピークであった 1970-1980 年代の 3 分の 1 程度まで減少しており、高津川でも同様の傾向がみられることが指摘されている(鳥根県内水面漁業協同連合会・鳥根県, 2006)。

そこで本研究では、鳥根県高津川水系を対象とし、化学的、生物学的、地質学的観点からの調査を行い、現在の河川環境

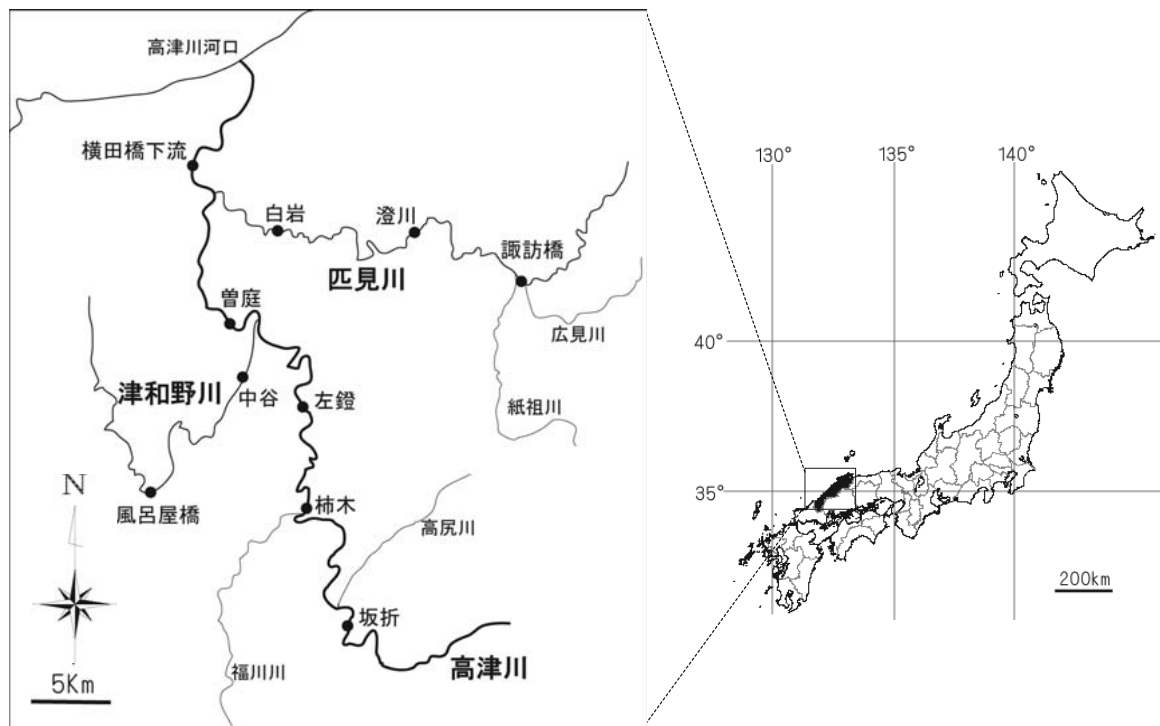
* 鳥根大学汽水域研究センター(日本学術振興会特別研究員)

** 鳥根大学汽水域研究センター

Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, Matsue 690-8504, Japan

*** 鳥根大学総合理工学部地球資源環境学科

Department of Geoscience, Shimane University, Matsue 690-8504, Japan



第1図 高津川および匹見川、津和野川の各調査地点.

を総合的に評価することを目的とした。化学分析による河川水質の評価をはじめとし、河川堆積物元素組成の分析、付着藻類現存量の評価、アユの消化管内容物組成の分析結果より、高津川の河川環境の評価とともに、河川環境に影響を及ぼす要因について考察を行った。

方 法

1. 河川水質の評価

高津川本川および支流の匹見川・津和野川に合計10の調査地点を設け、河川水を採取し河川水の栄養塩分析を行った(第1図)。河川流心部の河川水を採水後、GF/Fフィルター(Whatman International Ltd, 孔径 $0.7\mu\text{m}$)を用い濾過処理を行い、フィルター上に捕集された懸濁物およびろ液を -20°C で凍結保存した。

採取したサンプルは、懸濁態有機リン(particulate organic phosphorus: POP)、懸濁態有機窒素(particulate organic nitrogen; PON)、溶存態無機リン(dissolved inorganic phosphorus; DIP)および溶存態無機窒素(dissolved inorganic nitrogen; DIN)の測定に用いた。DIPはモリブデン青法により、DINのうち亜硝酸態窒素($\text{NO}_2\text{-N}$)はBR法、硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)はカドミウム-銅カラムを用いて還元後、BR法により測定を行った(西條・三田村, 1995)。また、懸濁態有機リン(POP)は、5%ペルオキシニ硫酸カリウム中で 121°C 、30分の分解処理の後、モリブデン青法により測定を行った(西條・三田村, 1995)。懸濁態有機窒素(PON)は、アルカリ性ペルオキシニ硫酸カリウム(5%)で 121°C 、30分の条件で分解の後、硝酸態窒素と同様の手順で測定を行った。

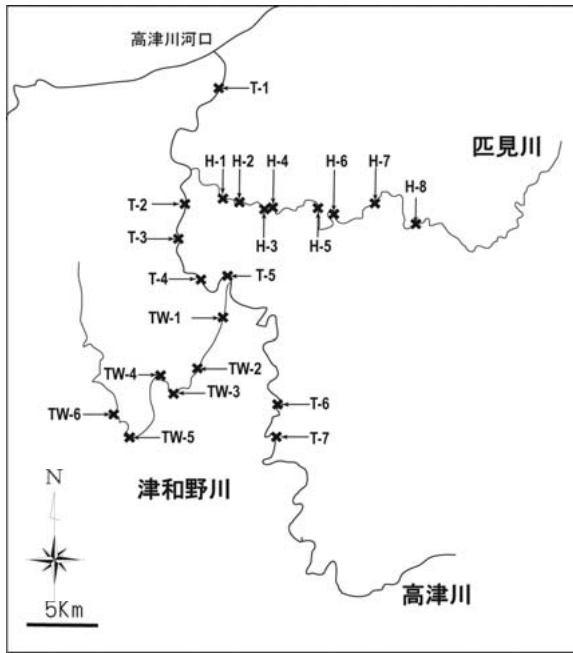
2. 付着藻類現存量の評価

高津川および支流の匹見川・津和野川において、河川水質調査と同じ地点で付着藻類の採取を行った。河川流心部の付着藻類の着いた石を、各地点、3個拾い上げ、付着藻類が存在する上面に金属製コドラート(面積 5.5cm^2)をあて、回りの付着藻類を歯ブラシで除去した後、コドラートをあてた面の付着藻類のみを剥離させ、100 mLの蒸留水に懸濁し冷蔵保存した。また、付着藻類を懸濁したサンプルの一部は、その日のうちにGF/Fフィルターによるろ過処理を行い、付着藻類をフィルターに濃縮し、 -20°C で凍結保存した。残りの付着藻類懸濁液は、25%グルタルアルデヒド溶液(最終濃度1%)により固定し、付着藻類組成の顕微鏡観察用のサンプルとした。

付着藻類の現存量は、クロロフィルa濃度として評価した。クロロフィルa濃度の測定は、Holm-Hansen et al.(1965)により行った。付着藻類をろ過したフィルターは、10 mLのジエチルホルムアルデヒド(DMF)の中に入れクロロフィル色素を一昼夜抽出後、蛍光光度計(AU 10-005, Turner Designs)を用いて測定した。

3. アユの体格・消化管内容物の評価

アユの採捕は2006年8月9日および8月30日の2回行った。高津川2地点、匹見川2地点の計4地点で採捕し、30日には津和野川1地点を追加した。アユの捕獲は刺網漁法で行った。日没後に投網し、水面を叩きアユを追い込んだ後、刺し網を回収した。アユは採捕後、ただちに氷冷した塩水中で保存し、数時間以内に体格測定を行った。体格測定は、各捕獲地点すべてのアユを対象とし、全長、体長、体高、背鰭



第2図 高津川水系における河川堆積物採集地点。

基底、体重の計測を行った。また、体長と体重の測定値から肥満度を求め、捕獲したアユの生理状態の指標とした。肥満度は以下の式で求めた。

$$\text{肥満度} = \text{体重 (g)} / (\text{体長 (cm)})^3 \times 1000$$

なお、体格測定を行った後、各地点 30 個体を無作為に選別し、消化管内容物分析用サンプルとして -20°C で凍結保存した。

消化管内容物の分析では、まずサンプルを半解凍し、腹部を解剖ハサミで切り開き消化管から内容物を取り出した。これを 100 mL の蒸留水に懸濁し、超音波処理により固形物を分散させた。消化管内容物の懸濁液の一部は、25% グルタルアルデヒド溶液（最終濃度 1%）により固定し、内容物顕微鏡観察用のサンプルとした。残りの懸濁液は、秤量済みの GF/F フィルターに濾過しフィルターを 110°C で乾燥後、再秤量を行いあらかじめ求めておいたフィルターの重さとの差分から消化管内容物を求めた。また、消化管内容物を求めたフィルターサンプルを 550°C 、20 分間燃焼し、有機物量および強熱残留物の含有率（灰分含有率）を求めた。また、グルタルアルデヒドで固定した消化管内容物は、プレパラートを作成後、双眼顕微鏡を用いて、内容物中の藻類（珪藻、ラン藻、緑藻）の含有率を測定した。

なお、濾過したフィルターの内、各地点の内容物量が多かった物を、8 月 9 日、30 日の調査分から各地点で 4 個体を無作為に選び、蛍光 X 線分析により元素組成を求めた。蛍光 X 線分析装置 RIX 2000（リガク社）を用いて微量元素（As, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr, V, Br, I [ppm]）、主元素組成（ Fe_2O_3 , P_2O_5 [wt%]）および TS（全イオウ [wt%]）を求めた。

4. 堆積物の採取と分析

堆積物の採取は、高津川 7 地点、匹見川 8 地点、津和野川

6 地点で行った（第 2 図）。河川岸に堆積していた細粒～中粒砂を採取した。

採取した試料を 110°C で 2 日間乾燥後、試料中に含まれる粒度の大きな物を除去し、自動メノウ乳鉢により粉碎した。粉碎したサンプルを粉末プレス法により蛍光 X 線分析装置 RIX 2000（リガク社）を用いて微量元素組成（As, Pb, Cu, Zn, Cr, V, Sr, Zr, Th, Sc, U, Br, I [ppm]）、主元素組成（酸化物として表示する。TiO₂, Fe₂O₃, CaO, P₂O₅ [wt%]）および TS（全イオウ [wt%]）を求めた。

結 果

1. 河川水質

高津川水系の全リン濃度（TP）および全窒素濃度（TN）の測定結果を第 3 図および第 4 図に示した。高津川本川の TP は、全調査実施日において上流域で濃度が減少し中流域で濃度が上昇した後、再び下流域で濃度が減少する傾向が見られた。特に上流の古迫と坂折の調査地点間で大きな濃度の減少が見られた。また、他の支流と比べると、匹見川の TP が最も低く、津和野川で高い傾向が見られた。

TN については、TP でみられたような高津川本川の中流域における濃度の上昇は明瞭でなく、むしろ下流に行くにしたがい TN の濃度が緩やかに低下してゆく傾向がみられた。また、TP と比べ本川と支流との差は小さく、むしろ高津川上流の坂折で高い傾向が見られた。

2. 付着藻類

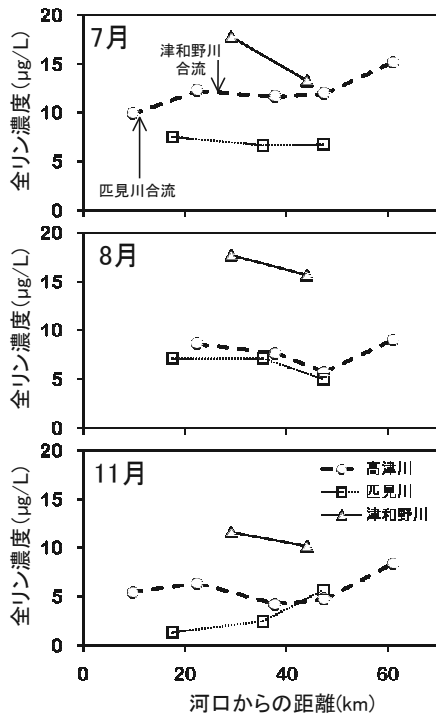
高津川水系の付着藻類現存量を第 5 図に示した。高津川では上流域から中～下流域にかけてクロロフィル a 量が低くなる傾向が見られた。同様の傾向は匹見川でも見られた。また、季節的には、高津川本川、匹見川、津和野川において 7 月に付着藻類現存量が低い傾向もみられた。

3. アユの体格および消化管内容物

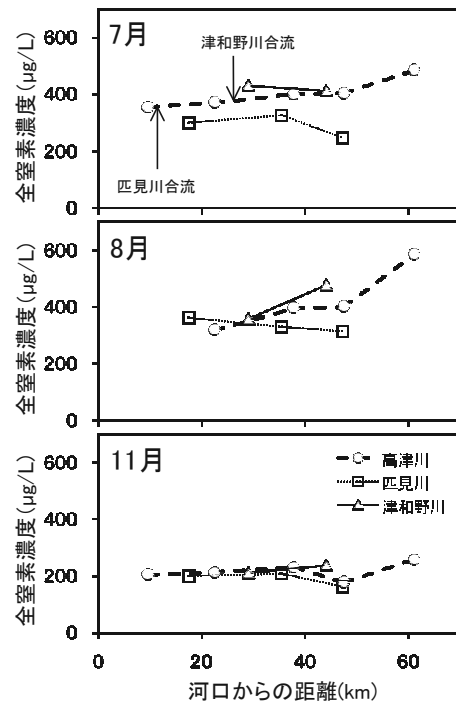
高津川水系における 8 月 9 日、30 日のアユの体形測定の結果を第 6 図および第 7 図に示した。統計検定（一元配置の分散分析および Tukey-Kramer 検定）の結果、8 月 9 日には体長および体重は各調査地点間に有意な差は見られなかったが、肥満度は高津川日原が他の地点と比べ有意に高かった。また、8 月 30 日には津和野川で捕獲された個体の体重は高津川左鐙や匹見川白岩よりも有意に大きいという結果が得られた。

消化管内容物の分析結果を第 8 図、第 9 図に示した。各調査地点における消化管内容物量（乾燥重量）および有機物量、強熱残留物（灰分）の含有率を求めた。統計検定の結果、消化管内容物量は 2 回の調査ともに地点間で有意差が見られなかった。一方、有機物量については、8 月 9 日の調査では匹見川白岩で、8 月 30 日の調査では高津川日原で他の地点よりも高い傾向をしめした。

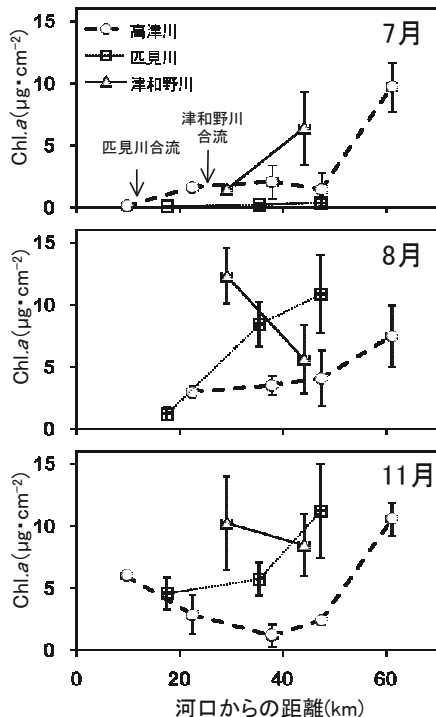
胃内容物の顕微鏡観察の結果、珪藻（*Cymbella* spp., *Cocconeis* spp. など）、ラン藻（*Homoeothrix janthina*, *Oscillatoria*



第3図 高津川水系における河川水中の全リン濃度の季節変化(2006年7月, 8月, 11月)。



第4図 高津川水系における河川水全中の全窒素濃度の季節変化(2006年7月, 8月, 11月)。



第5図 高津川水系における河床礫上の付着藻類現存量(クロロフィル a 濃度)の季節変化(2006年7月, 8月, 11月)。誤差線は標準偏差。

spp.), 緑藻(*Stigeoclonium* sp., *Chradophora* sp.)が見られた(第10図, 第11図)。各河川で捕獲したアユの消化管内容物の藻類組成を比較した場合, 8月9日, 30日ともに全捕獲地点の藻類組成はラン藻類, 特に *Homoeothrix janthina* が占有し

ていた。8月9日と30日のラン藻が占める割合を比較した場合, 30日に捕獲したアユの方が9日に比べ多い傾向が見られた。

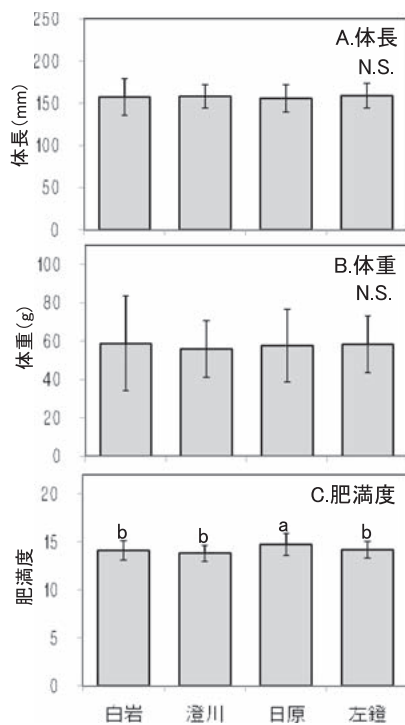
消化管内容物の元素組成分析結果から As-P₂O₅ 判別図を作成し第12図に示した。匹見川白岩, 澄川および高津川左鏡の値は判別図下部にプロットされた。津和野川は判別図の上方に集中して(狭い範囲に)プロットされ, 高津川日原もやや上方にプロットされた。

また消化管内容物の元素組成分析結果およびアユの体重当たりの消化管内容物量から, 8月9日, 30日における As, V, P₂O₅, Fe₂O₃ と消化管内容物量の判別図を作成し, 第13図から第16図に示した。As-消化管内容物量判別図(第13図)を見ると, 8月30日の高津川日原および津和野の調査地点の値が上方の As に富む領域にプロットされたが, 他の地点では消化管内容物量に対して As が低い領域にプロットされた。V-消化管内容物量(第14図)および Fe₂O₃-消化管内容物量判別図(第15図)においても同様に高津川日原および津和野の調査地点の値が上方の As に富む領域にプロットされた。P₂O₅-消化管内容物量判別図(第16図)を見ると, 消化管内容物量が低い程 P₂O₅ 含有値が高い領域にプロットされており, P₂O₅-消化管内容物量の間にも負の相関が見られた。

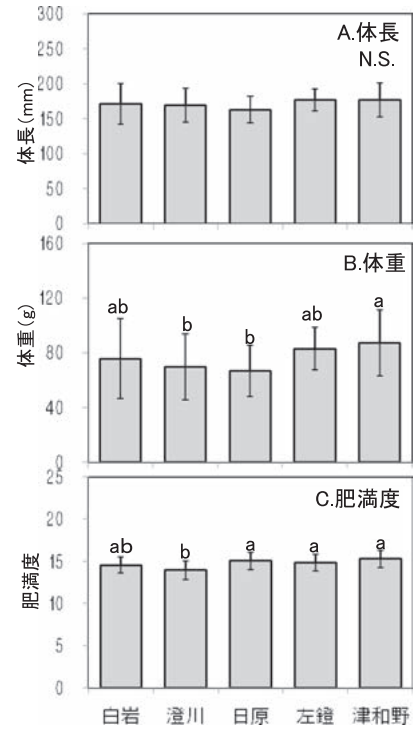
4. 堆積物の元素組成分析結果

(1) Zn-Fe₂O₃ 判別図

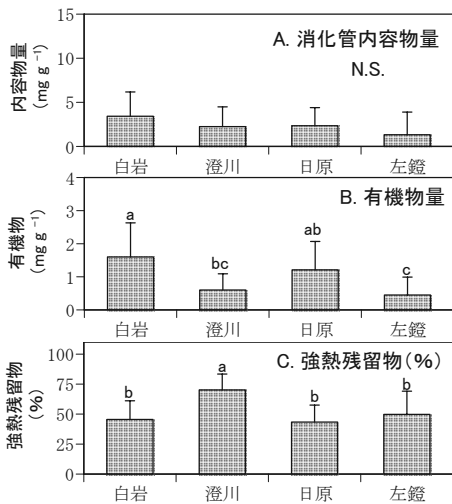
堆積物の元素組成分析結果(第1表)から Zn-Fe₂O₃ 判別図を作成し第17図に示した。この図には一般の堆積物の組成もあわせて示し比較する。一般の堆積物は Zn-Fe₂O₃ の間に



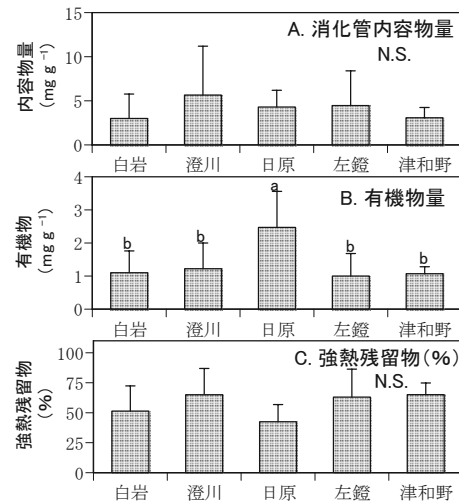
第6図 高津川水系で捕獲したアユの体長(A)、体重(B)および肥満度(C)の比較結果(2006年8月6日)。誤差線は標準偏差を表し、図中のN.S.は一元配置の分散分析の結果、有意差が認められなかったことを示す。また、Tukey-Kramer検定による多重比較の結果を棒グラフ上部にアルファベットで示し、有意差がみられたものをa, b, cで表した。



第7図 高津川水系で捕獲したアユの体長(A)、体重(B)および肥満度(C)の比較結果(2006年8月30日)。誤差線や図中の表記は第6図と同。



第8図 高津川水系で捕獲したアユの消化管内容物分析結果(2006年8月6日)。誤差線や図中の表記は第6図と同。

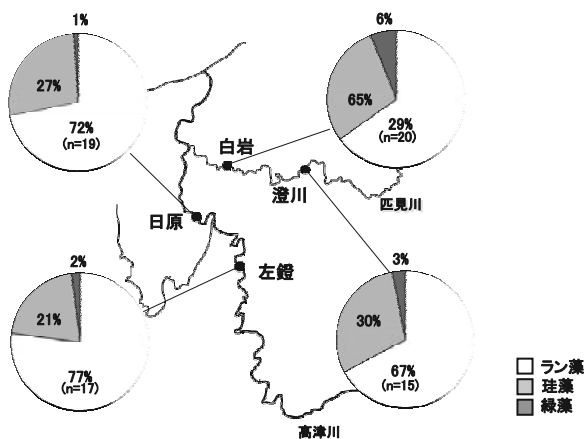


第9図 高津川水系で捕獲したアユの消化管内容物分析結果(2006年8月30日)。誤差線や図中の表記は第6図と同。

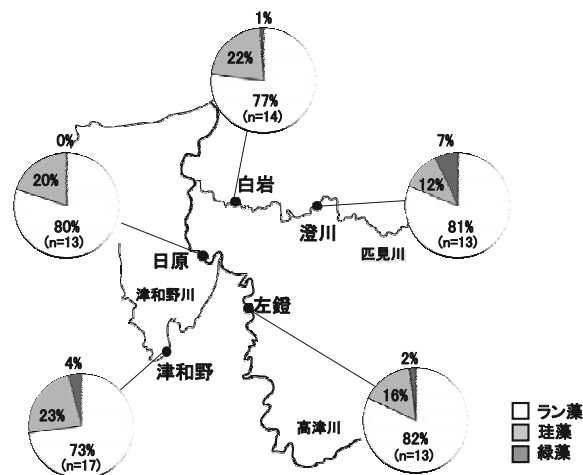
強い正の相関をもっており、これは堆積物の組成線を代表する(石賀・道前, 2003)。高津川の堆積物の組成は組成線に近くやや上方にプロットされ、同様の正の相関を示す。これに対して匹見川と津和野川の試料は組成線の上方にプロットされ、堆積物組成線よりもさらにZnに富む組成を示し、より傾きの大きな正の相関を示す。

(2) As-Fe₂O₃ 判別図

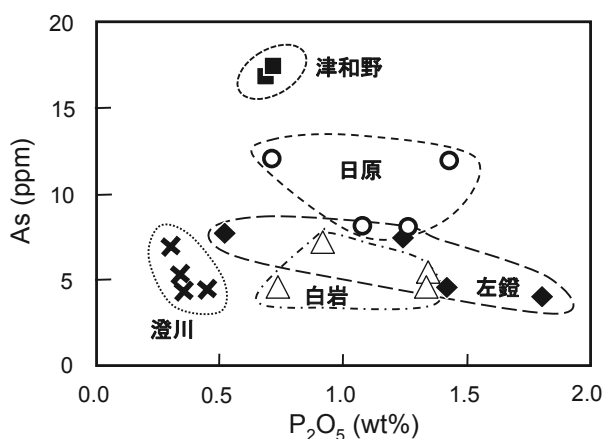
As-Fe₂O₃ 判別図を第18図に示した。この図には一般の堆積物の組成もあわせて示し比較する。一般の堆積物はAs-Fe₂O₃の間にわずかに正の相関をもっており、低い値を示している。高津川の堆積物の組成は組成線の近くやや上方にプロットされ、わずかに負の相関を示している。匹見川も同様に組成線の近くやや上方にプロットされているが、高津川とは逆に正の相関を示している。これに対して津和野川の試料



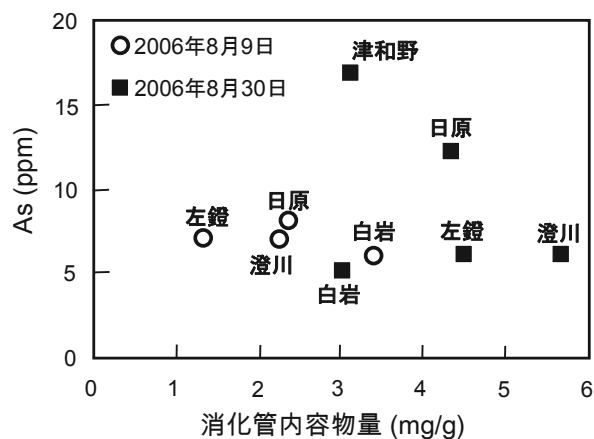
第10図 高津川水系で捕獲したアユの消化管内容物の付着藻類種組成 (2006年8月6日)。



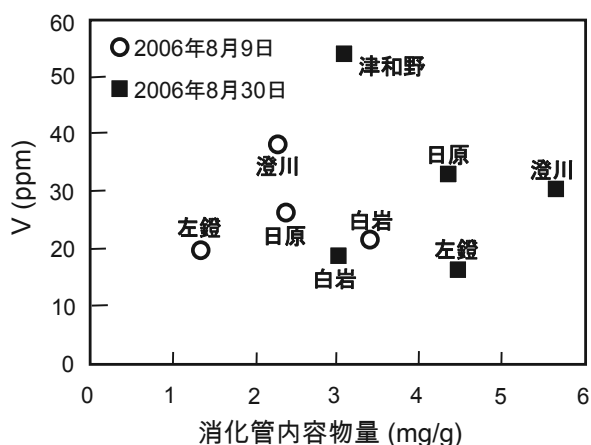
第11図 高津川水系で捕獲したアユの消化管内容物の付着藻類種組成 (2006年8月30日)。



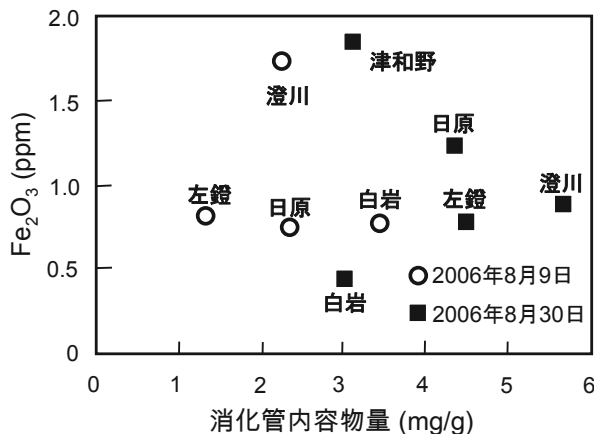
第12図 各地点におけるアユの消化管内容物の元素組成：As-P₂O₅ 判別図。



第13図 各地点におけるアユ消化管内容物の元素組成：As-消化管内容物量の判別図 (2006年8月6日, 30日)。



第14図 各地点におけるアユ消化管内容物の元素組成：V-消化管内容物量の判別図 (2006年8月6日, 30日)。



第15図 各地点におけるアユ消化管内容物の元素組成分析結果：Fe₂O₃-消化管内容物量の判別図 (2006年8月6日, 30日)。

は組成線より上方に広い範囲で位置し、Asに富んだ領域にプロットされている。

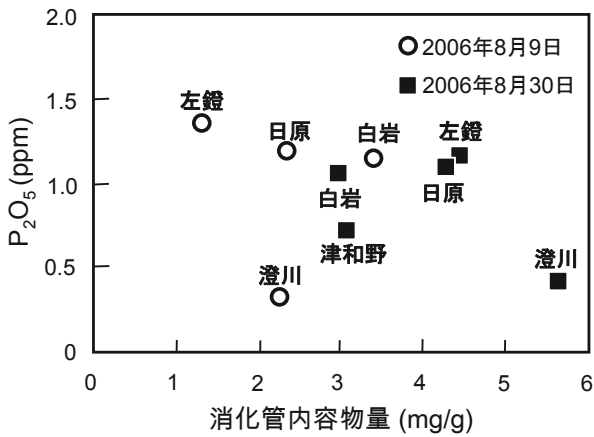
(3) Pb-Fe₂O₃ 判別図

Pb-Fe₂O₃ 判別図を第19図に示した。この図には一般の堆

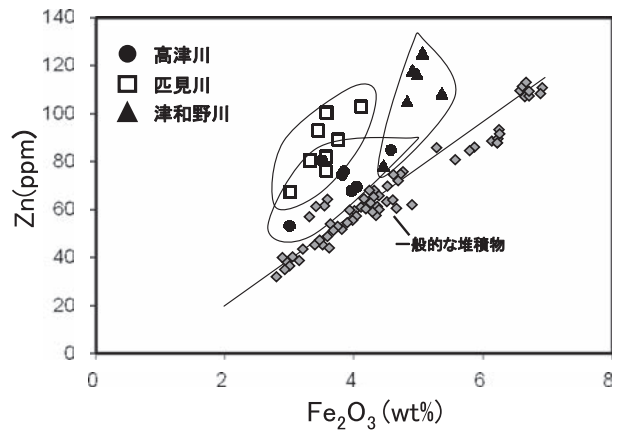
積物の組成もあわせて示し比較する。一般の試料はPb-Fe₂O₃の間に正の良い相関を持っている。高津川の堆積物の組成は組成線と同様もしくはやや下方にプロットされ、弱い正の相関を示している。匹見川の試料は組成線の上方にまとまって

表 1. 高津川水系における河川堆積物の元素組成

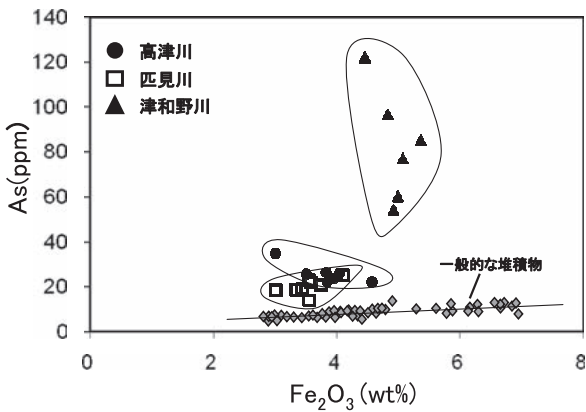
Sample #	ppm															wt%					
	As	Pb	Zn	Cu	TS	Ni	Cr	V	Sr	Y	Nb	Zr	Th	Sc	Br	I	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	CaO	MnO
Takatsu																					
T-1	26	21	80	17	296	12	36	48	109	24	7	131	9	6	2	25	3.51	0.09	0.31	1.02	0.09
T-2	26	18	69	17	256	12	26	75	111	22	7	124	9	7	1	15	4.05	0.08	0.36	0.95	0.09
T-3	26	17	75	22	264	18	30	67	99	24	8	129	9	5	1	20	3.83	0.08	0.35	0.95	0.08
T-4	24	18	68	19	266	10	42	77	113	22	7	131	9	6	1	24	3.97	0.08	0.38	1.04	0.08
T-5	22	20	76	14	296	7	39	80	103	24	8	140	9	6	1	21	3.85	0.08	0.41	1.03	0.07
T-6	22	22	85	11	265	6	36	93	109	26	10	150	10	7			4.58	0.07	0.52	1.16	
T-7	35	17	53	8	259	8	44	30	62	28	8	114	11	7			3.01	0.05	0.23	0.76	
Hikimi																					
H-1	25	29	103	27	301	13	37	61	103	26	9	143	11	7	2	20	4.12	0.08	0.38	1.07	
H-2	22	29	100	21	281	12	34	42	106	28	8	131	11	4	2	18	3.59	0.07	0.28	0.99	
H-3	19	27	93	20	290	15	42	42	117	27	7	131	10	5	2	24	3.45	0.08	0.28	0.97	
H-4	21	26	89	17	287	14	40	54	108	26	8	141	9	6			3.76	0.08	0.31	1.06	
H-5	18	24	80	16	281	12	51	39	109	26	8	133	9	7			3.34	0.07	0.24	1.04	
H-6	14	23	82	18	297	14	38	48	120	26	8	135	9	7			3.57	0.08	0.27	1.10	
H-7	18	22	67	14	254	8	22	31	102	27	8	132	10	4			3.02	0.06	0.24	1.03	
H-8	23	24	76	17	279	8	34	37	103	27	9	135	11	6			3.57	0.07	0.28	1.09	
Tsuwano																					
TW-1	54	30	118	37	355	15	37	71	137	21	7	134	8	7	1	20	4.93	0.10	0.31	1.04	0.09
TW-2	60	18	117	27	311	15	48	69	135	22	7	132	8	8	1	23	5.00	0.10	0.39	1.07	0.09
TW-3	97	21	105	23	357	12	46	72	146	22	7	134	7	9	0	21	4.84	0.11	0.40	1.08	0.07
TW-4	122	16	78	23	300	11	32	65	142	22	6	126	7	7		20	4.47	0.10	0.29	0.96	0.07
TW-5	77	23	126	49	270	18	48	86	68	24	7	137	7	9	0	20	5.08	0.09	0.41	0.69	0.12
TW-6	85	21	109	40	305	17	42	91	90	22	7	137	7	10			5.38	0.10	0.39	0.76	



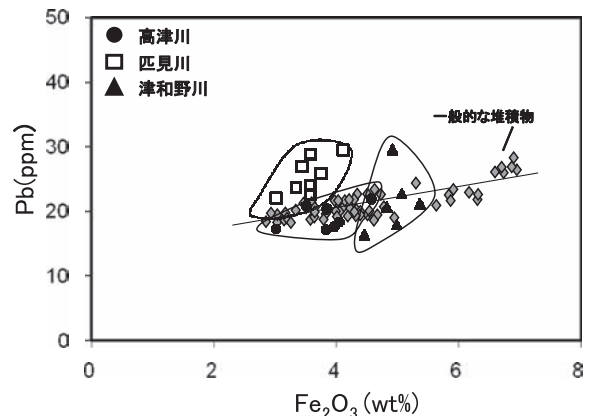
第 16 図 各地点におけるアユ消化管内容物の元素組成分析結果：P₂O₅-消化管内容物量の判別図(2006年8月6日, 30日)。



第 17 図 高津川水系における河川堆積物の元素組成分析結果から見た Zn-Fe₂O₃ 判別図。



第 18 図 高津川水系における河川堆積物の元素組成分析結果から見た As-Fe₂O₃ 判別図。



第 19 図 高津川水系における河川堆積物の元素組成分析結果から見た Pb-Fe₂O₃ 判別図。

プロットされ、正の相関を示している。津和野川の試料は組成線の上方および下方に広がってプロットされており、強い正の相関を示している。

考 察

1. 高津川の河川環境

一般的な河川の水源は標高の高い山間部に位置し、人間活動の影響を受けることは少ない。また、中流から下流域にかけ人口の増加や流入負荷量の増加により、程度の差こそあれ栄養塩等の増加がみられる。また、水質や河川勾配とともに生物相も変化し、このような上流から下流にかけての物理・化学的環境や生物相の変化は、河川連続性(仮説)と呼ばれている(Vannote et al., 1980; 香川, 1999)。

これに対し、高津川の水源は標高 400 m 程度の谷底平野部であり、平野内に市街地がある。その後、本流よりも標高の高い山岳部(1000 m)の奥地を水源とする支流が合流するため、上流から中流域まではむしろ栄養塩濃度の低下がみられる。特に高津川古迫と高津川坂折の調査地点間では大きな濃度の減少が見られ、比較的栄養塩濃度の高い河川水が上流の六日市町から流入し、その後、高尻川や福川川などの支流合流による希釈や水生昆虫などのろ過食者による懸濁物の捕集・除去の効果(古屋, 1998)により下流部にゆくにしたい水質が回復したものと考えられる。また、TP を見ると、一度下がった濃度が高津川曾庭の調査地点に向かい濃度が上昇している。これは、高津川曾庭の上流で TP 濃度の高い津和野川が流入し、再び濃度が上昇したものと考えられる。なお、同様の傾向は TN では見られないため、高津川上流の六日市町と津和野川とでは栄養塩の負荷源が異なることも示唆される。

以上のように、高津川では上流から下流への水質変化は、その周辺での土地利用と支流の影響を反映した変化を示し、特に上流域では人間活動に起因して河川水中の栄養塩濃度が上昇し、下流に行くに従って支流の合流による希釈効果で水質が回復するという、一般的な河川連続性とは逆転した水質変化が生じていることが考えられる。

2. アユ資源と餌量

高津川の付着藻類現存量の河川縦断方向および季節的な変化を見ると、7月、水域全体で付着藻類の現存量が低い傾向が見られた。これは、8月、11月にかけ付着藻類現存量がほとんどの地点で増加していることから、梅雨時期の降水に伴う河川流量の増加により、付着藻類の剥離が促進されたことが原因と考えられる。なお、高津川本川において中流から下流域において付着藻類現存量が低下する傾向がみられるが、この理由については、栄養塩などの水質を反映していることに加え、アユ等による捕食の影響、渓谷状の地形のため付着藻類が光制限を受けている可能性なども考えられる。

また、アユの体格については調査地点間での顕著な差は見られなかったが、消化管内容物については、8月9日、30日ともに全調査地点でラン藻類の *H. janthina* が優占していた。

Abe et al. (2000, 2001) および片野ほか (2006) によれば、アユの密度が高く藻類への摂食圧が高い環境下では、増殖速度が低くアユの摂食によって速やかに除去されてしまう珪藻類の現存量は著しく低下し、増殖速度が高くアユに摂食されてもその一部が石に固着して残存するような糸状ラン藻類、特に *H. janthina* が優占することが指摘されている。これらのことを踏まえると、2006年度は海産アユの遡上量が多かったことに加え、6月末から7月中旬までの降雨量も多く出水による付着藻類現存量の低下の影響もあり、アユによる藻類への摂食圧が高かった可能性も示唆される。

消化管内容物の元素組成分析結果を見ると、As-P₂O₅ 判別図で津和野および高津川日原で As の値が高くなっている。As や Pb などの重金属は有機物に吸着される性質があり、藻類にはある程度の Fe, Zn, As といった元素が濃縮される(石賀・道前 2003)。そのため、消化管内容物中の元素組成の内、As の値が高いのは内容物中の付着藻類に濃縮していると考えられる。津和野川が最も高く、ついで高津川日原の値が高いが、これは日原が津和野川と高津川の合流地点に近いためだと考えられる。

また、As-消化管内容物量判別図では、8月30日の高津川日原および津和野の調査地点の値が As に富む領域にプロットされている。これは、先に述べた消化管内容物中の元素組成分析結果で、高津川日原および津和野の値が高かった傾向と同様に藻類に濃縮されているためだと考えられる。他の地点では全体的に As が低い領域にプロットされており、アユの消化管内容物量に関わらず As は低い値を示す傾向があると考えられる。

なお、P₂O₅-消化管内容物量判別図を見ると、P₂O₅ と消化管内容物量の間には負の相関が存在し、消化管内容物量が少ない程 P₂O₅ の値が高くなる傾向がみられる。P₂O₅ は藻類の生体を構成する主要な元素の一つであり、消化管内容物中に占める付着藻類の割合を表していると考えられる。よって P₂O₅-消化管内容物量判別図でみられる傾向は、消化管内容物量が少ないものほど藻類の含有率が多く、消化管内容物量が多くなるに従い藻類以外の物質や無機物(灰分)の割合が増加することを示していると考えられる。

3. 堆積物の元素組成から見た河川環境

高津川水系における堆積物の Zn-Fe₂O₃ 判別図を見ると、全流域で一般的な堆積物の組成線より上方にプロットされ、Zn に富む組成を示している。特に匹見川、津和野川では一般的な堆積物の組成線より傾斜が大きな正の相関を示し、Fe に対して Zn が堆積物に濃縮していると考えられる。

As-Fe₂O₃ 判別図を見ると、高津川および匹見川の試料は一般的な堆積物の組成線よりやや上方にまよってプロットされ、津和野川の試料は組成線のかなり上方に広くプロットされた。高津川および匹見川の試料は組成線より上方にプロットされたため一般的な堆積物に比べやや As に富んだ組成と言えるが、あまり大きな差はないと考えられる。津和野川の試料は組成線のかなり上方にプロットされており、一般的な堆積物に比べ Fe に対して As が堆積物に濃縮している

と考えられる。

Pb-Fe₂O₃ 判別図を見ると、高津川の試料は一般的な堆積物の組成線と同様な組成を示していると考えられる。匹見川の試料は組成線より上方にまとまってプロットされ、より傾斜の大きな正の相関を示している。これは一般的な堆積物に比べ Fe に対して Pb が堆積物に濃縮していると考えられる。津和野川の試料は組成線の上方から下方にかけて広くプロットされており、地点によっては Pb に富む組成であるが全体的に一般的な堆積物と同じ組成であると考えられる。

謝 辞

本調査研究を行うにあたり、高津川漁業協同組合の石川憲司組合長をはじめとした高津川漁協の皆様にご多大なるご協力をいただいた。益田興産(株)大畑悦治社長にはアユの調査研究について激励をいただき、便宜を図っていただいた。また、(株)大建コンサルタントの皆様には調査の折に援助いただいた。ここに記して感謝いたします。

引用文献

- Abe, S., Katano, O., Nagumo, T. and Tanaka, J., 2000, Grazing effects of ayu, *Plecoglossus altivelis*, on the species composition of benthic algal communities in the Kiso River. *Diatom*, **16**, 37-43.
- Abe, S., Uchida, K., Nagumo, T., Ioriya, T. and Tanaka, J., 2001, Effects of a grazing fish, *Plecoglossus altivelis*, on the taxonomic composition of freshwater benthic algal assemblages. *Arch. Hydrobiol.*, **150**, 581-595.
- 古屋八重子, 1998, 吉野川における造網性トビケラの流程分布と密度の年次変化, とくにオオシマトビケラ(昆虫, 毛翅目)の生息域拡大と密度増加について. 陸水学雑誌, **59**, 429-441.
- Holm-Hansen, O., Lorenzen, C. J., Holmes, R. W. and Strickland, J. D. H., 1965, Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **30**, 3-15.
- 石賀裕明・道前香緒里, 2003, 堆積物の元素組成から見た球磨川, 川辺川流域の環境評価. 日本自然保護協会報告書, no.49, 47-52.
- 香川尚徳, 1999, 河川連続体で不連続の原因となるダム貯水による水質変化. 応用生態工学, **2**, 141-151.
- 片野 修・阿部信一郎・中村智幸, 2006, アユの生態系における他生物との関係, 水産総合研究センター報告書別冊, **5**, 203-208.
- 国土交通省河川局, 2005, 高津川水系の流域及び河川の概要, 1-10.
- 西條八東・三田村緒佐武, 1995, 新編 湖沼調査法, 講談社.
- 鳥根県内水面漁業協同連合会・鳥根県, 2006, しまねの鮎づくりプラン.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Gummins, K.W., Sedell, J.R. and Cushing, C.E., 1980, The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquatic Sci.*, **37**, 130-137.

(受付: 2007年9月28日, 受理: 2007年11月26日)