

(57) ダム排砂が黒部川のアユに与える影響

南雲 克彦^{1*}・澤原 和哉²・北村 秀之¹・森 伊佐男³・白尾 豪宏³

¹国土交通省北陸地方整備局 黒部河川事務所(〒938-0042 富山県黒部市天神新173)

²国土交通省北陸地方整備局 富山河川国道事務所(〒930-8537 富山県富山市石金3-2-37)

³株式会社エコー 河川・環境部(〒110-0014 東京都台東区北上野264)

* E-mail : nagumo-k847v@hrr.mlit.go.jp

黒部川では、宇奈月ダム(2001年完成、国土交通省)及び出し平ダム(1985年完成、関西電力)により2001年から連携排砂を実施している。本調査は、排砂あるいは洪水がアユの生息と餌環境に及ぼす影響把握を目的として実施した。調査の結果、連携排砂の実施基準となった一連の洪水後、アユの採捕尾数が減じると共に、餌である付着藻類の剥離、これに伴う肥満度の減少等が見られたが、この現象が排砂か洪水によるものかは明確には把握できなかった。また、排砂から約1ヶ月後には、消化管内容物重量の上昇、肥満度の上昇等が見られた。さらに、洪水後海域へ流出したアユは、耳石調査の結果主に天然遡上個体が再遡上していることも分かった。

Key Words : *coordinated sediment-flushing, ayu Plecoglossus altivelis altivelis, condition factor, item of preys in a gut, otolith Sr/Ca ratio*

1. はじめに

黒部川は、富山県北アルプス3,000m級の山岳を源流としている。地質的には主に花崗岩類であり風化を受けやすく、また、地質年代的に比較的新しいこともあって、崩壊しやすく、流域には約7,000箇所もの崩落地が存在し、流域面積に対するその比率はおおよそ5%にも及ぶ。この崩落地からは、降雨や融雪による出水に伴って大量の土砂が流出し、流域からの総流出土砂量は年間平均で約140万m³と推定されている。

このように、黒部川においては流出土砂が非常に多いため、ダム貯水池においてそれを放置しておく、治水・利水機能に支障が生ずることになる。そこで、ダム機能の維持、下流河川の河床低下や海岸侵食の抑制等を考慮し、宇奈月ダムおよび出し平ダムにおいて貯水池に流入した土砂を排砂ゲートによりダム下流に排出する排砂を平成13年より実施しており、両ダムで連携して実施していることからこれを連携排砂と呼んでいる。

連携排砂の実施にあたっては、実施中から実施前後も含めて広範囲にわたる環境調査を行い、その影響を把握・監視している。この調査結果は速やかに公表するとともに、学識者で構成する「黒部川ダム排砂評価委員会」において科学的・客観的な審議・評価を頂いている。

本調査においては、連携排砂実施に伴う各種環境調査の一環として、排砂あるいは洪水がアユに及ぼす影響を把握するため、黒部川におけるアユの生息実態、並びに餌環境を中心とした調査検討を実施している。具体的には、①採捕調査：河川の縦断的アユの生息密度や成長(体長・体重・肥満度)の過程を時系列で把握する。②付着藻類調査：アユの餌となる付着藻類の現存量と活性度、ならびに種の変動を把握する。③消化管内容物調査：地点別アユの消化管内容物の組成、並びにこれらの強熱減量より、出水前後の消化管内への無機物の混入量変化から、洪水あるいは排砂の影響を把握する。④耳石調査：採捕した個体の Sr/Ca (ストロンチウム/カルシウム) 比より、海域から河川に遡上し、その後、洪水や排砂によって生活史がどのように変化するかを把握する。以上4項目にわたるアユ、並びに餌環境についての調査検討をもとに、洪水あるいは排砂が与える影響という観点から、考察した結果について報告するものである。

2. 調査の前提条件

(1) 調査対象河川の概要

調査対象河川である黒部川は、富山県北アルプスの中央部に位置する鷲羽岳(2,924m)を源流として、祖母谷、

小黒部谷、黒糠川等の支川等を合わせ、富山県黒部市及び入善町において日本海へ注ぐ、幹線流路延長85km、流域面積 682km²の一級河川である。また、黒部川水系では6基のダムが建設されており、最下流には多目的ダムである宇奈月ダムがある。その他は、黒部ダム、仙人ダム、小屋平ダム、出し平ダム、北又ダムで、いずれも発電ダムである。

河川の形状は、山岳部平均河床勾配 1/5～1/80 から平野部 1/100 の我が国屈指の急流河川であり、特に旧宇奈月町より上流ではV字渓谷の様相を呈する。それより下流の愛本橋付近までは、瀬と淵が存在する中流域の様相で、愛本橋より下流では、典型的な扇状地となっており、その中をほぼ直線状に流下する。

季節的な流量変化は、4～5月の融雪による出水と、6～7月にかけての梅雨前線による出水が多く、年総流出量のおよそ半分に相当する。また、水質については、平成16年度のBOD75%値は河口付近で0.6mg/l程度と非常に清冽である。

生息する魚類相は、冷水河川に特徴的なサケ科魚種が主であり、主な魚種はアユ、イワナ、サケ、ヤマメ、ウグイ、カジカなどである。

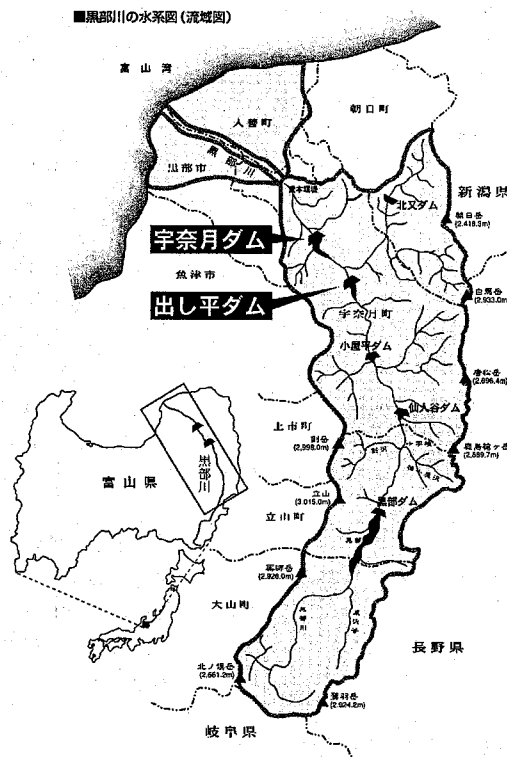


図-1 黒部川

(2) 連携排砂の方法

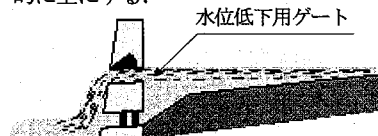
排砂は、宇奈月ダムと出し平ダムにおいて、より自

然の土砂流下に近い形で下流に土砂を排出することを基本としていることから、自然の出・洪水にあわせて行うものである。具体的には、毎年6月から8月までの間を排砂実施期間として、この間に洪水が発生した場合、宇奈月ダムでは洪水調節の後、出し平ダムでは洪水処理の後、放流によって貯水池内を空にして川の流れをつくり、掃流力を利用して一定時間にわたり貯まった土砂を排砂ゲートからダム下流に排砂させる。そして、この方法を「自然流下方式」と呼んでいる。この方式については、過去に、貯砂堰の建設、バイパストンネルの建設、機械掘削等の方式について、技術的、環境上の問題や安全性等の観点から比較した結果、最適方法とされている。

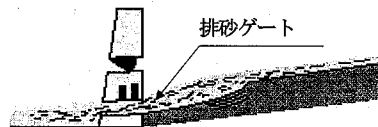
自然流下の後、貯水位を回復させ、ダム下流に局所的に残留している土砂を洗い流すために、ダムから一定流量を放流する操作を行っている。これを「排砂後の措置」という。なお、排砂実施期間を6月から8月までとすることについては、海面漁協、内水面漁協、農業関係者と協議するとともに、出水の発生頻度や環境への影響等も含め、総合的に考慮して決定したものである。

排砂のための設備としては、宇奈月ダムでは、水位低下用ゲート1門と排砂ゲート2門がある。これらの各ゲートの排砂時における運用を図-2に示す。

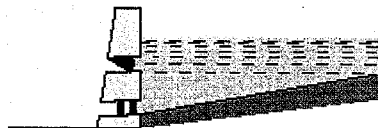
- ①貯水位低下：排砂はまず、土砂を運ぶ大きな水の流れを生み出すため、洪水後すぐに貯水池を一時的に空にする。



- ②排砂(自然流下)：ダム堤体下部の排砂ゲートから流水とともに土砂を排出する。



- ③貯水位回復：土砂を排出し終わった後はゲートを閉じ、再び貯水池に水をため込む。



- ④排砂後の措置：ため込んだ水の放流。

図-2 排砂方法

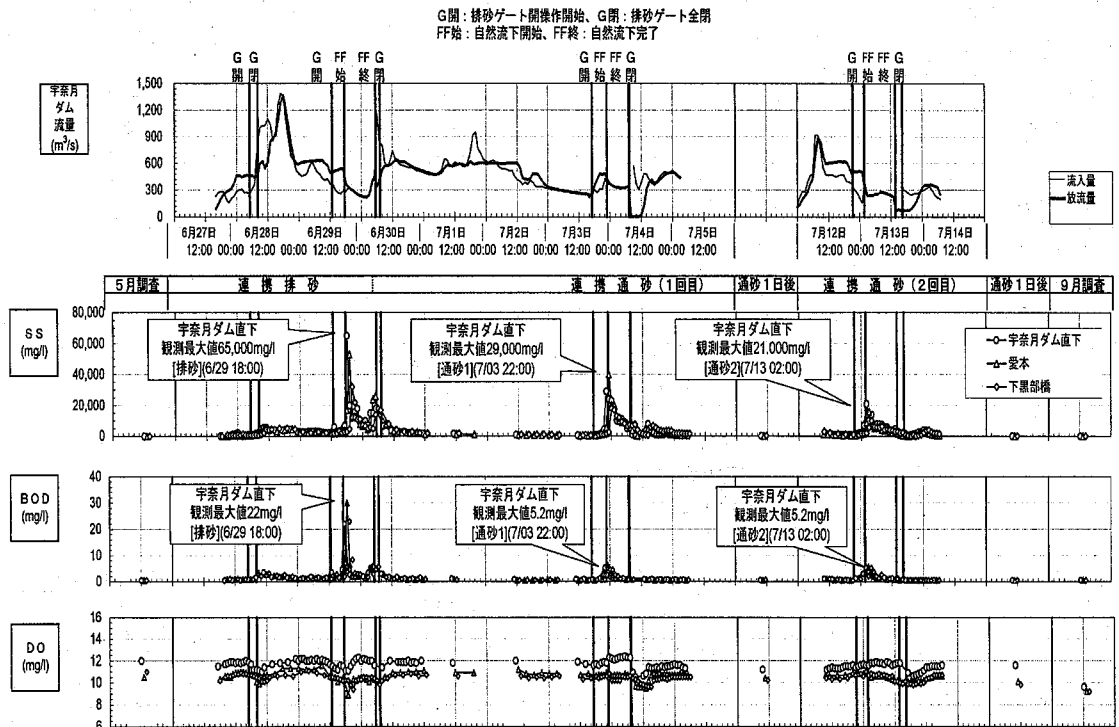


図-3 平成17年度6、7月連携排砂及び連携通砂時における流況・水質変化

さらに、排砂は、狭義には「排砂」と「通砂」に区分しており、「排砂」については6月から8月までの排砂実施期間内で一定規模以上の出・洪水時に最初に実施するもので、貯水池内の堆砂形状をできるだけ維持するよう、排砂期間外に堆積した土砂を排出することと定義している。また、「通砂」については、排砂実施期間内で排砂実施後の一定規模以上の出・洪水時に実施するもので、出・洪水に伴って流入してくる土砂を通過させることと定義している。

(3) 平成17年度の排砂実績

平成17年度は、連携排砂と引き続いて実施した1回目の連携通砂(6/27～7/5)及び2回目の連携通砂(7/12～7/14)を実施している。特に6/27～7/5にかけては断続的に大きな出水が発生し、この間に宇奈月ダム完成以降最大の洪水が発生している。図-3に、宇奈月ダムの流入量、貯水量、貯水位、並びに本調査対象水域である下流域におけるSS、DO、BODの変化を示す。これによると、連携排砂・通砂いずれの場合も、排砂ゲートからの放流が管路から開水路に変わる自然流下直後にSS、BODの急激な上昇が見られる。

自然流下直後におけるSSの急激な上昇は、貯水池上流から流下し、ダム堤体近くにあった高濃度の濁水が開水路になり一気に流下することによると考えられる。

BODについては、SSと同様な傾向を示すことから浮遊物質の表面に付着した有機物分などが関与しているものと考えられる。

DOについては、自然流下直後にやや低下するが、最小値でも愛本地点(河口から14.2km地点)で 8.9mg/l であり、環境基準の 7.5mg/l は十分にクリアしている。

(4) 平成17年度アユ種苗放流実績

黒部川におけるアユ種苗放流は、黒部川内水面漁業協同組合によって実施されている。放流状況は、同組合へのヒアリングにより把握した。その結果、放流は図-4に示すように下黒部橋(河口から0.4km地点)から山彦橋(河口から20.0km地点)までの、調査対象地区の広い範囲で行われており、合計63万5,200尾(11,820kg)の種苗放流が行われた。

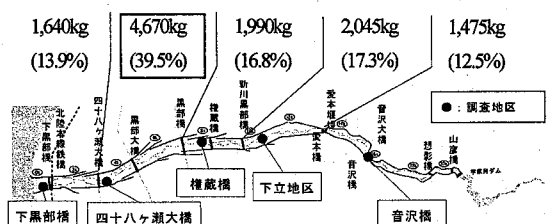


図-4 アユ種苗の放流地点

放流時期については、図-5に示すように、5月20日～10月19日にかけて行われている。特に10月上中旬においては、子持ちアユ(抱卵アユ)の放流を、下流の北陸本線鉄橋上流(河口から1.0km地点)で行われている。

これら放流種苗は、1.海産種苗(海域で稚魚を捕獲した後、海水～淡水で畜養した種苗)、2.海産系人工種苗(海域で親魚を捕獲した後、人工的に採卵・受精を行い、海水～淡水で畜養した種苗)、3.湖産種苗(淡水湖である琵琶湖において継代飼育された種苗)の3種類が含まれている。また、放流種苗の産地は、海産種苗：和歌山県産、海産系人工種苗：徳島県産、湖産種苗：滋賀県産となっており、数的な比率は、図-6に示すように湖産種苗の放流が75%と最も多い。

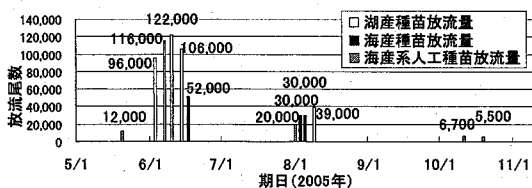


図-5 アユ種苗の放流期日と放流尾数

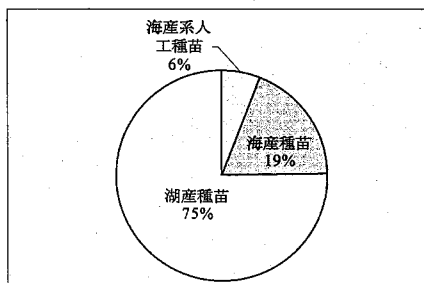


図-6 平成17年度放流種苗の内訳(尾数)

3. 調査内容

(1) 調査地区

調査は、対象河川である黒部川の5地区(下黒部橋、四十八ヶ瀬大橋、権蔵橋、下立地区、音沢橋)で行った。この地点については、図-7に示す。これらの調査地区の配置は、縦断的な生息状況の把握を目的として概ね等間隔に設定している。各調査地区の河口からの距離、河床勾配、河床形状(粒径)、セグメント区分について表-1に示す。

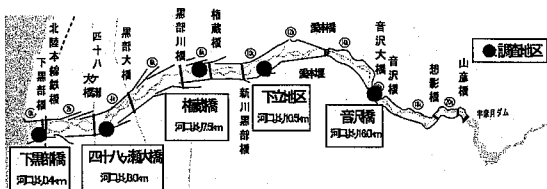


図-7 調査地区

表-1 調査地区の特徴

地点名	河口からの距離	河床勾配	河川形態	セグメント区分
下黒部橋	0.4k	1/119	Bb型	1
四十八ヶ瀬大橋	3.0k	1/119	Bb型	1
権蔵橋	7.5k	1/94	Bb型	1
下立地区	10.5k	1/94	Bb型	1
音沢橋	16.0k	1/83	Bb型	1

(2) 調査項目及び方法

本論文で取り上げた調査項目、及びそれぞれの調査方法については、図-8 調査フローに示す通りであり、内容について以下に詳述する。

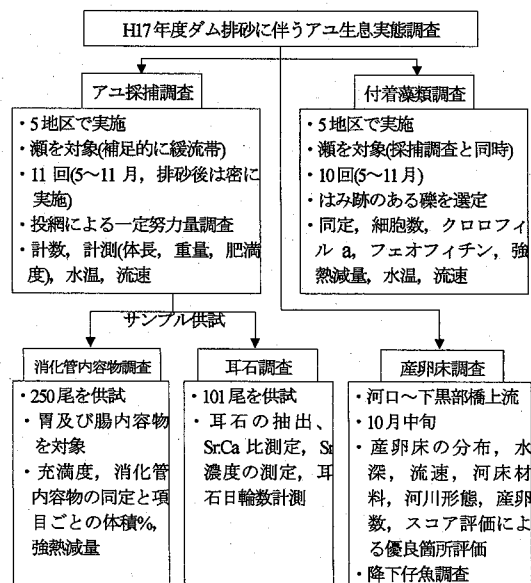


図-8 調査フロー

○アユ採捕調査

アユ採捕調査は、図-7に示す5地区において、5月下旬～11月にかけて、月1～2回のペースで計11回実施した。なお、8月調査は一連の排砂・通砂実施後の影響把握のため、密に調査を実施した。アユの採捕は、投網を用いて行った。使用した投網は、直径約5m、目合い26節(12mm)、16節(19.8mm)、18節(18mm)の3種類である。これらの選定は時期・環境により、漁協組合員である採捕協力者の意見を参考に決定した。実際の調査箇所は、各調査地区に設定した瀬頭7投、瀬尻7投、瀬尻7投の計21投を基本とし、ワンド等のアユが集まりやすい緩流帯についても補足的に3～5投の採捕を行った。採捕したアユは、その場で体長、体重を測定後、消化管内容物調査、並びに耳石調査のサンプル用として、特別採捕許可申請の取り決めにより、1地点最大10尾までをチ

ヤック付きビニール袋に小分けの上、クーラーボックスにて冷凍保存して持ち帰った。なお、採捕個体の残りは生かしたまま放流した。持ち帰る個体の選抜に当たっては、最大体長と最小体長の個体を抽出し、その他は無作為抽出により行った。

○付着藻類調査

付着藻類の調査は、アユ採捕調査と同地点において、5～11月の合計10回の調査を行い、基本的にアユ採捕調査の同日に実施した。なお、アユ採捕調査における9/14に対応した付着藻類調査を実施していないことから、合計で1回少ない調査回数となっている。付着藻類の採取は、瀬頭、瀬央、瀬尻において、基本的に、はみ跡が付いた長軸20cm前後の礫1個づつを対象に実施した。種組成、細胞数、強熱減量のサンプルは、5cm×5cmのゴム製パッチを用いて、歯ブラシによる研磨により、パット上に所定量の藻類をこすり落として採取した。採取した藻類は、サンプル瓶にて5%程度のホルマリン水溶液となるように固定の上持ち帰った。これらは室内にて、400～600倍の光学顕微鏡による検鏡による同定¹⁾²⁾を行い、800℃、1時間による強熱減量の測定を行った。なお、細胞数は視野面積倍率により換算し算出した。また、強熱減量測定の際の乾燥重量は、110℃、3時間の乾燥後、デシケータ内で冷却後に測定した。

○消化管内容物調査

消化管内容物の供試個体は、アユ採捕調査によって得られたサンプルの内、各調査回における地区ごとの最大対象と最小体長を含めた抽出を行い、合計で250尾を供試した。胃と腸を含めた消化管の単離は、個体の解凍後、2～3日以上10%ホルマリン水溶液への浸漬により固定を行った後、それぞれをサンプルバイアル瓶へ保存した。これらについて消化管内容物の取り出し前、取り出し後の重量測定による消化管内容物重量測定、沈殿管を用いた消化管内容物の体積測定を行った。消化管内容物の同定¹⁾²⁾³⁾は、動物については20～40倍の実体顕微鏡にて、藻類については400～600倍の光学顕微鏡により検鏡した。すべての個体において観察された消化管内容物は、視野中に占める割合により体積%を記録した。また、このうち珪藻綱については、下記の手順で細胞数から体積%の換算を行った。大きさの異なる主要な構成分類群を計測して、100万細胞当たりの平均体積を求めた。この結果0.002mlと算出され、個体ごとの消化管内容物に含まれる珪藻綱の細胞数合計値との積により、珪藻綱だけの体積を算出した。さらに、あらかじめ求めておいた消化管内容物総量の体積に占める比として体積%を求めた。また、強熱減量の測定法は、付着藻類と同様の方法により行った。

○耳石調査

耳石調査の供試個体は、消化管内容物の供試個体の

うち、各調査回における地区ごとに2～3尾を選抜し、計101尾を供試した。個体は解凍後、開頭の上、脳下垂体の左右に位置する耳石を摘出し、基本として左側の耳石を供試した。前処理としては、取り出した耳石をエポキシ樹脂に凹面を下にして水平に包埋し、ダイヤモンドカップ砥石と鉱物薄片作製装置により核が露出する直前まで研磨した。さらにOPS懸濁液で研磨面を琢磨し、核を露出させた後、イオンスパッタで白金パラジウム蒸着を施した。Sr/Ca比の測定¹²⁾¹³⁾は、波長分散型分析X線分析装置を用いて、耳石断面の核から縁辺に向かって5μm間隔で分析を行った。

4. 結果考察

(1) アユの採捕数の変動

採捕調査結果を表-2並びに、図-9に図示する。調査の結果、年間を通じた採捕尾数は、1,438尾にのぼった。

表-2 調査地区別採捕尾数

調査日	5/23	6/14	6/27	7/20	7/29	8/3	8/11	8/24	9/13	9/14	10/5	11/9	合計
下黒部橋	165	102	7/5	53	30	37	71	37	20	78	26	2	621
四十八ヶ瀬大橋	118	119		9	46	37	23	25	10	36	16	1	440
権蔵橋	0	18		5	10	4	74	13	15	1	1	0	141
下立地区	未調査	132		0	1	0	15	6	7	6	0	0	167
音沢橋	0	6		0	0	1	23	16	8	13	2	0	69
合計	283	377		67	87	79	206	97	60	134	45	3	1,438

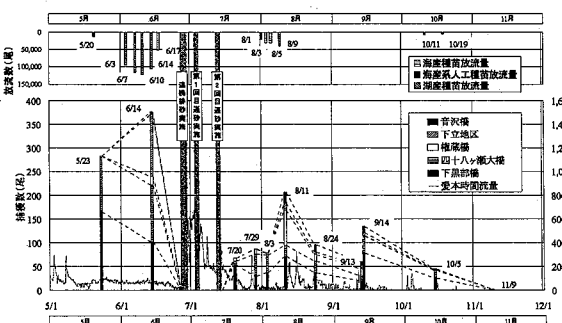


図-9 採捕調査結果

排砂・通砂実施前の5月23日、並びに6月14日においては、283尾、377尾が採捕され、特に下黒部橋、四十八ヶ瀬大橋(以下、下流部2地区という)の採捕尾数が多かった。これに対し、排砂・通砂実施後の第1回目調査である7月20日においては、採捕尾数は67尾と減少したが、その後採捕尾数は8月にかけて緩やかに上昇し、9月以降では産卵等による移動や自然減の影響も加わり、1月3日には下流部2地区で計3尾の捕獲となった。

上記排砂・通砂実施前における採捕数増加の理由としては、黒部川におけるアユの遡上時期であること、並びに大量の種苗放流によるものと考えられる。特に6月14日における下立地区では、放流直後のアユの群が、ワ

ンド内で132尾と大量に採捕されている。

また、排砂・通砂実施後における採捕数減少の理由としては、下流部2地区の採捕尾数が多いことに加え、実際に河口右岸側の海域で遊漁客等が多数のアユを採捕していた現地確認状況(データ未詳)から、海域も含め、下流域への個体流出が生じていたためと考えられる。

その後の採捕数の若干の増加は、種苗放流や個体の再遡上(耳石調査の項において詳述)によるものと思われる。また、10月、11月における採捕尾数の減少は、産卵期における降下や、寿命⁹⁾によるものと考えられる。

これら採捕尾数の変動状況から見た、排砂・通砂実施がアユに与える影響としては、下流域への一時的な個体流出と考えられる。ただし、これらは通常の出水でも生じる現象であり、排砂・通砂後の現象だけとは考えにくいと思われる。

(2) 主要な餌である付着藻類の生育状況変化

付着藻類調査結果のうち、アユの採捕尾数が最も多く、付着藻類の生育が良好であった、最下流部に位置する下黒部橋の結果の中から、のべ種数変化並びに平均細胞数変化について、図-10、並びに図-11に示す。

この結果、排砂・通砂実施後の第1回目調査(7月21日)においては、のべ種数、平均細胞数ともに減少が見られた。特に平均細胞数については7月28日調査においてもごく少ない結果となっている。その後、のべ種数では8月4日、平均細胞数では8月11日と、排砂より約1ヶ月後に排砂前とほぼ同様のレベルまでの回復が見られている。また、平均細胞数では全体に占める藍藻綱の割合が多いことが特徴的であった。

排砂実施後における付着藻類の種数、並びに細胞数の一時的な減少は、排砂・通砂実施を含めた一連の出水により、河床材料の大規模な流出・移動が生じ、付着藻類の強制剥離⁹⁾が生じたことが考えられる。

確認された藍藻綱のうちの優占種は、調査を通じた藍藻綱の総細胞数の70%を占めた、糸状藍藻である *Homoeothrix jarthina* であった。本種をはじめとする藍藻優占群落は、珪藻優占群落に比べ、アユにとって栄養価が高い⁷⁾ことが近年の研究において報告されている。一般的に付着藻類群落の遷移初期には珪藻綱が優占するが⁹⁾、魚類による摂餌圧によって糸状藍藻が優占する藻類群落が形成される⁹⁾ことが知られている。このメカニズムは、魚類の摂餌によって、珪藻綱や、藍藻綱の糸状体部分は削りとられるが、基質に固着している藍藻綱の連鎖体部分は残存するため、結果として藍藻綱が優占するというものである⁷⁾。しかしながら、後述する消化管内内容物調査の結果、黒部川のアユは藍藻綱を主に摂餌していたとは言えない結果となっている。このため、本調査

結果で見られた藍藻綱の優占的な生育は、河川の特性和して、藍藻綱の生育に有利な、なんらかの物理的要因が寄与している可能性が推測される。

平均細胞数については、8月11日以降にもやや低い値となっているが、8月15日 16:00 の 327.6m³/s や、9月11日 15:00 の 162.9 m³/s などの通常の出水が断続的に発生した影響と考えられる。

これら付着藻類の生育状況変化から見た、排砂・通砂実施がアユに与える影響としては、洪水に伴う土砂移動により、礫表面の付着藻類の一時的な剥離が挙げられる。ただし、これらは通常の出水でも生じる現象であり、排砂・通砂実施だけの現象とは考えにくいと思われる。

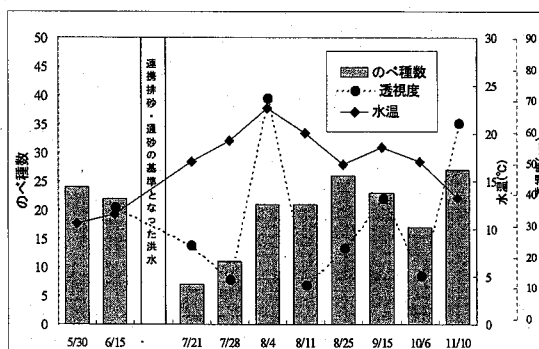


図-10 下黒部橋における付着藻類の種数変化

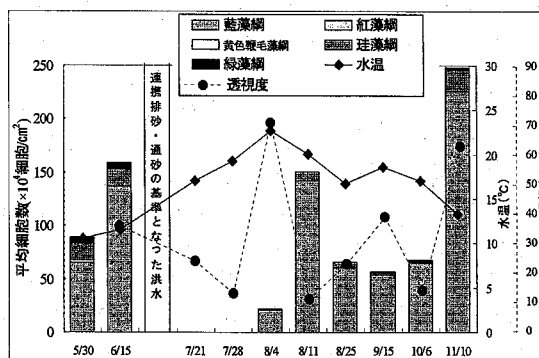


図-11 下黒部橋における付着藻類の細胞数変化

(3) 消化管内内容物組成からみた摂餌状況変化

消化管内内容物調査の結果として、摘出した消化管、並びに光学顕微鏡で得られたアユ消化管内内容物の写真を図-12に示す。消化管内内容物の光学顕微鏡写真において、画面左下などにある黒い不定形の塊として見えるものは、植物遺骸等の腐植(デトリタス)や不消化物と考え、有機物として分類した。また、画面右上の二つと右下に見える三日月型の藻類が珪藻綱、画面全体に散在する半透明の結晶構造を有する粒子は無機物として分類した。

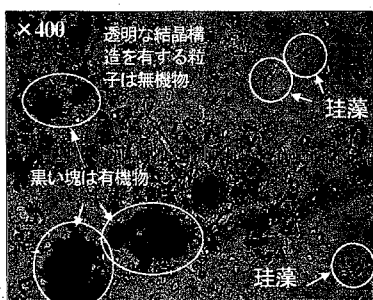


図-12 アユの消化管内容物顕微鏡写真

得られた消化管内容物の組成ごとの体積%変化について、下黒部橋の結果を図-14に示す。なお、グラフの縦軸は、供試個体の消化管内容物の平均湿重量であり、これらを各内容物の体積%で配分したものである。

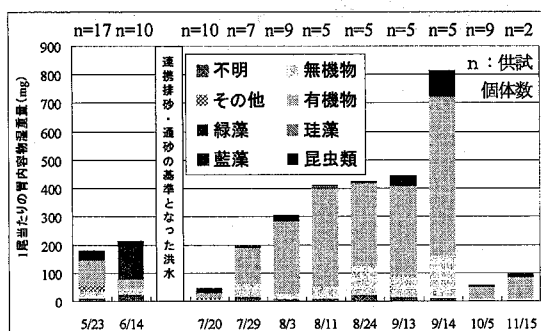


図-14 下黒部橋における消化管内容物組成変化

この結果、量的には、排砂・通砂実施後に減少するが、その後徐々に回復し、8月3日では上記洪水前よりも増加している。また、組成については、全体として有機物が占める量が多い。消化管内容物の量的な時間変化は、排砂・通砂実施より約1ヶ月後に回復が見られる点で、前述の採捕尾数の変化や後述する付着藻類の生育状況の変化と比較的似た傾向となっていると考えられる。組成の変化では、排砂・通砂実施前では藻類が多くを占めていたが、洪水後では有機物が占める量が多くなっている。この要因としては、分解の進んだ腸内容物も供試対象としたことや、昆虫類の摂餌量が比較的多かったことなどが要因となっていると考えられる。

同地点における供試個体の肥満度¹⁰⁾の変化を図-15に示す。肥満度(%)は、体重(g)/(体長(cm))³×1,000で表される健全性の指標である。肥満度の変化については、消化管内容物と同様に、排砂・通砂実施直後に低下しているが、約1ヶ月後の8月3日において上昇が認められている。このことから、図-14で示された有機物は、少なくともアユの栄養になっているものと考えられる。

一方、全供試個体を対象とした、消化管に含まれる

無機物量と有機物量を強熱減量試験により求めた結果を表-3に示す。この結果、排砂・通砂実施前後を含めた無機物：有機物の重量比は、5月から10月までの調査期間を通じておよそ8：2であった。なお、11月9日における有機物量の増加は、生息尾数の寿命による減耗により採捕供試個体が3尾と少なかったことと、この内の2尾が有機物である水生昆虫を多く摂餌していたことから、このような特異な結果となった。

一方、アユの摂餌行動は、礫上の藻類を非選択的に消化管内に取り込む様式である。また、今回確認された5月～8月におけるアユの消化管内容物に含まれる無機物量は、年間を通じてほぼ一定の比を示していた。これらのことから、河川内の礫上に堆積する無機物量は、排砂や通砂とは関係なく礫上に堆積している可能性が考えられる。

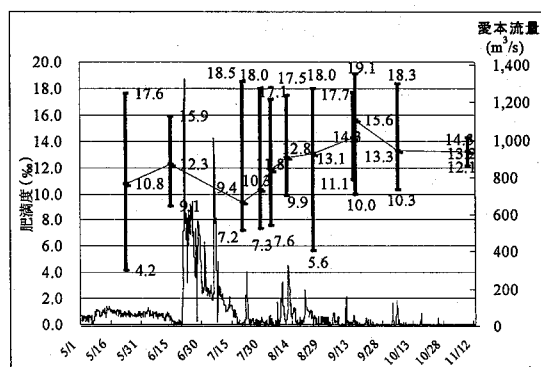


図-15 下黒部橋における供試個体の肥満度変化

表-3 全供試個体の消化管内に含まれる無機物と有機物の重量比

調査日	1尾当たりの消化管内容物乾燥重量 (mg)	無機物量 (mg)	有機物量 (mg)	無機物重量 (強熱減量残留物) (mg)	有機物重量 (強熱減量) (mg)	供試個体数
5/23	89	80.2	19.8	71.4	17.6	25
6/14	102	82.9	17.1	84.6	17.4	44
排砂を伴う大規模な出水						
7/20	20.7	73.4	26.6	15.2	5.5	23
7/29	126.2	86.8	13.2	109.5	16.7	22
8/3	192.9	77.0	23.0	148.5	44.4	23
8/11	172.5	84.6	15.4	145.9	26.6	23
8/24	143.7	87.3	12.7	125.4	18.3	23
9/13	176.7	81.7	18.3	144.4	32.3	23
9/14	196.3	84.9	15.1	166.6	29.7	21
10/5	97.3	84.7	15.3	82.4	14.9	20
11/9	40.8	56.1	43.9	22.9	17.9	3
平均		80.0	20.0			計250

(4) 耳石調査からみた個体の流出履歴

排砂・通砂実施の基準となつた一連の洪水により、海域に流出したアユの河川への再遡上状況、並びにアユの生活史を把握する目的で、耳石調査を行った。耳石は、魚類の脳の後方に左右一対ある、平板状の平衡感覚や振動の感覚器官であり、樹木の年輪と同様に、日ごとに外

側へ成長することが知られており、魚類の日齢査定が可能である¹¹⁾。また、海水域で形成される耳石に対し、淡水域で形成される耳石のSr/Ca比は低くなることに着目し、孵化時からの日齢査定とアユの海水中、淡水中における生息期間とを関連づけることで、アユの生活史の推定が可能である¹²⁾¹³⁾。

アユが出水により海域に流出した場合を想定し、淡水で飼育した天然遡上個体を、濃度の異なる4パターンの海水に2尾づつ投入することで、その生息状況の観察を行った。なお、供試個体は、2005年5月中旬に黒部川で採集後、黒部川内水面漁業協同組合内の河川水(水温約13℃)の生簀で約1ヶ月間飼育の後、7月に富山県水産試験場内の地下水を使った室内水槽(水温約18℃)に移送され、1週間程度の馴致を行い、個体のストレスを除去した上で供試された天然遡上個体である。

実験の結果、すべての濃度の海水に、淡水で飼育したアユを投入したところ、2日間以上経過した後も、通常の生息状況と変わりなく生息し続けた。供試個体数が各試験区において2尾、計8尾と少ないことから断定はできないが、黒部川のアユは急激に海水中に流出した場合でも、少なくとも2日間は生残可能である可能性が高いと考えられた。なお、アユを投入した海水濃度について、実験開始前、実験開始後について、それぞれ表-4、表-5に示す。これによると、実験前後における塩分の変化はほとんど生じていないことがわかる。

表-4 淡水アユを投入した海水濃度 実験開始前 (2005.7.12)

海水濃度	電導度比	水温(℃)	塩分(‰)
全海水	0.96371	21.6	33.5800
3/4海水	0.75475	21.6	25.5700
1/2海水	0.45839	21.6	14.7700
1/4海水	0.30317	21.6	9.4200

表-5 淡水アユを投入した海水濃度実験開始後 (2005.7.15)

海水濃度	電導度比	水温(℃)	塩分(‰)
全海水	0.96633	21.7	33.6800
3/4海水	0.75717	21.7	25.6600
1/2海水	0.45888	21.7	14.7900
1/4海水	0.30416	21.7	9.4500

次に前述の採捕調査で得られた合計101尾の供試個体について、耳石中のSr/Ca比変化より、これらの由来(海産天然遡上、海産種苗、湖産種苗)の推定¹²⁾¹³⁾を行った。なお、由来の判定に当たっては、あらかじめ由来が分かっている和歌山産、徳島産の種苗各5尾についても別途分析を行い、これらのSr/Ca比変化との比較や、既往文

献¹⁵⁾等を参考に行った。さらに、淡水への遡上後、耳石中に高Srのバンドが生じ、海域への流出履歴が読み取れる個体を対象に、耳石の日輪測定を行い、海域への流出期間や生活史の把握を行った。

調査の結果得られた、典型的な海産アユと湖産アユの耳石中に含まれるSr濃度を示すX線強度画像を図-16に、典型的な海産アユと湖産アユの耳石核-耳石縁辺までのSr/Ca比グラフを図-17、図-18に示す。これらの結果判定された供試個体の由来は、表-6に示す通りである。

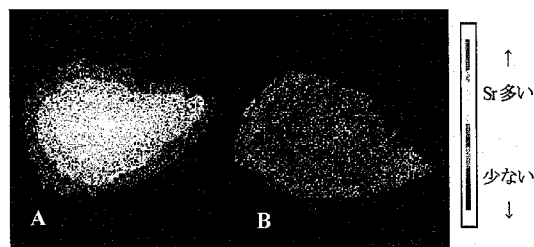


図-16 耳石中に含まれるSrのX線強度(A:海産アユ, B:湖産アユ)

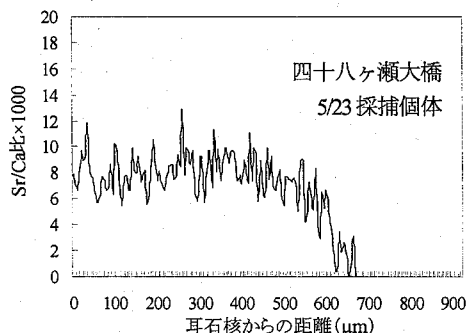


図-17 典型的な海産アユの耳石中のSr/Ca比変化

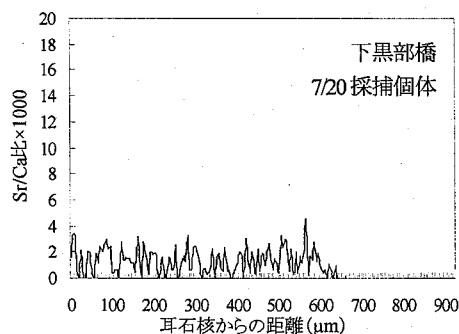


図-18 典型的な湖産アユの耳石中のSr/Ca比変化

表-6 供試個体の由来・再遡上判定結果

	海産			湖産種苗	計
	天然遡上	海産種苗	由来不明		
尾数	60	27	1	88	101
%	59.4%	26.7%	1.0%	87.1%	100.0%
再遡上尾数	7	1	0	8	8
%	6.9%	1.0%	0.0%	7.9%	7.9%
	(7/101)	(1/101)		(8/101)	(8/101)

この結果、101尾の供試個体のうち、天然遡上個体60尾、海産種苗27尾、湖産種苗が13尾の他、海産由来不明1尾が含まれた結果となった。また、全供試個体101尾に占める由来別再遡上個体の割合は、天然遡上個体で6.9%、海産種苗で1.0%、合計7.9%となった。この値については、供試個体のすべてが出水を経験した個体ではない(出水の後放流された個体を含んでいる)ことや、出水前に河川内に生息していたすべての個体が海域へ流出する訳ではないことから、一概には評価できないが、由来別に見ると天然遡上個体の再遡上率が高いことがいえる。なお、本調査で得られた由来別構成比は、供試個体の抽出の際、河川内に分布するアユに対して、瀬を中心に採捕したことから、河川全体における各由来別アユの構成比とは異なる可能性が考えられる点を付記しておく。

さらに、分析の結果、再遡上が確認された8尾のうち、1尾を取り出し、耳石表面の日輪計測によって海域滞在期間を日単位で割り出すことで、生活史の推定を行った。この結果を図-19に示す。対象としたのは、9月14日に権蔵橋で得られた個体である。日輪計測により割り出された個体の生活史は以下のように、約2週間の海域生活後、河川内に再遡上していることが分かった。

- ①11/10～4/28：孵化後、河川を流下し、海域に入る。
その後、約170日間の海洋仔魚期生活。
- ②4/29～6/27：海域からの遡上。河川内生活に入る。
その後、約60日間の河川内生活。
- ③6/28～7/15：海域への流出。バンドの始め(6/28)が、ちょうど排砂実施直前の大規模出水が生じた頃と重なる。約16～18日間の海域内生活。
- ④7/16～9/14：海域からの遡上。その後、採捕されるまでの約60日間、再び河川内生活を送る。
- ⑤9/14：個体が権蔵橋にて採捕される。

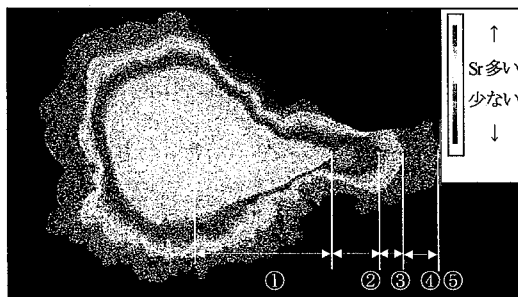


図-19 海域流出履歴個体の耳石中SrのX線強度

ここで、耳石の日輪の読み取りは、200日齢ほどまでの読み取りは比較的正確であるが、それ以降は2%程度の誤差が生じる¹²⁾。供試個体は309日齢と推定されたことから、海域への流出時点において約2日間の誤差が見込まれる。一方で海域への流出時点と推定された6/28は排砂実施直前の大規模出水時期に相当するが、この2日

後の6/30に自然流下(実質上の排砂)を行っている。6/30は誤差の範囲内となることから、この時点における海域への個体流出も考えられることになる。

従って、個体流出の直接要因は、大規模出水なのか、排砂実施によるものなのか、判然としない結果となった。なお、当該供試個体は海域で2週間過ごしているが、海域の滞在時間は個体差があると考えられる。

6. まとめ

各調査の結果より、連携排砂・通砂の実施基準となった一連の洪水が、黒部川のアユに与える影響については以下のように結論づけられたが、全体的には、その影響は排砂によるものか洪水によるものか断定するには至らなかった。

- ①排砂・通砂実施後、アユは下流部及び海域に流出・降下し、一時的に採捕尾数が減少したが、個体の再遡上、種苗の放流等によって、徐々に採捕尾数が多くなり、約1ヶ月程度で回復が見られた。
- ②アユの主要な餌である付着藻類は、排砂・通砂実施により、種数、細胞数が一時的に減少するが、その後約1ヶ月で回復が見られた。また、排砂を伴わない通常の出水でも付着藻類の成長に影響を及ぼすことが分かった。
- ③消化管内容物の量的な変動は、排砂・通砂実施後に一時的に減少するが、付着藻類の回復と同様に、約1ヶ月で回復が見られた。これに伴い、採捕個体の肥満度も同様な変化を示した。
- ④採捕個体の消化管内容物組成における無機物と有機物の重量比は、年間を通じて8:2とほぼ一定であり、排砂・通砂実施後に無機物量が増加するようなことはなかった。
- ⑤淡水中のアユを海水へ投入しても2日間以上生存した結果から、海域の流出個体は塩水に順応できず斃死することはないと考えられた。
- ⑥再遡上する個体は天然遡上個体が多いと考えられ、この内の1尾の供試個体では、約2週間の海域生活の後河川への遡上がみられた。

7. おわりに

本調査では、連携排砂・通砂の実施基準となった一連の洪水が黒部川のアユに与える影響として、個体数、餌環境、摂餌状況、生活史等の視点から考察を加えたが、結論として、連携排砂・通砂の実施基準となった一連の洪水後に変化は見られた。しかし、この変化が排砂によるものか、洪水によるものかは判然としなかった。今回対象とした洪水はピーク流量が大きく継続時間の非常に

長い洪水であったことを考え、今後は、連携排砂の実施基準となる洪水が中小出水である場合、アユにどのような影響を及ぼすかについて見極めていきたいと考える。

8. 謝辞

本調査の遂行に当たり、耳石の分析については、平成 16 年度に実施した黒部川アユに関する勉強会の委員を務められた石田力三先生、東京大学理学部の塚本教授、富山県水産試験場の田子泰彦氏の指導を受けた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 山岸 高旺：淡水藻類入門 淡水藻類の形質・種類・観察と研究、内田老鶴圃、1999.
- 2) 渡辺 仁治：淡水珪藻生態図鑑、内田老鶴圃、2005.
- 3) 河合 楨次：日本産水生昆虫検索図説、東海大学出版会、
- 4) 川那部浩哉、水野信彦：山溪カラー名鑑 日本の淡水魚、pp. 66-79、山と溪谷社、1989.
- 5) 財団法人 リバーフロント整備センター：川の生物図典、pp. 368-369、山海堂、1996.
- 6) 山本 亮介、松梨 史郎、下垣 久：移動粒子を伴う流れの付着藻類剝離効果、水工学論文集、第 47 巻、pp. 1069-1074、2003.
- 7) 阿部 信一郎：アユが自ら創る生活空間 —アユと付着藻類の相互作用を通して—、中央水研ニュース No.28、2002.
- 8) C. Hudon and E. Bourget : Initial colonization of artificial substrate : community development and structure studied by scanning electron microscopy, Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38, pp. 1371-1384, 1981.
- 9) M. E. Power, A. J. Stewart and W. J. Matthews : Grazing control of algae in an Ozark Mountain stream : effects of short-term exclusion, Ecology, 69, pp. 1894-1898, 1988.
- 10) 水野 信彦、御勢 久右衛門：河川の生態学、築地書館、1972.
- 11) 塚本 勝巳、望月 賢二、大竹 二雄、山崎 幸夫：河口水域におけるアユ稚魚の分布・回遊・成長、水産土木 Vol. 25 No.2, pp. 47-57, 1989.
- 12) 清家 暁、岡部 正也、佐伯 昭、海野 徹也、大竹 二雄、中川 平介：耳石 Sr/Ca 比による高知県伊尾木川および物部川産アユの由来判別、日本水産学会誌 68(6), pp. 852-858, 2002.
- 13) 海野 徹也、清家 暁、大竹 二雄、西山 文隆、柴田 恭宏、中川 平介：耳石微量元素分析による広島県太田川サツキマスの回遊履歴の推定、日本水産学会誌 67(4), pp. 647-657, 2001.
- 14) 国土交通省 北陸地方整備局 黒部河川事務所：平成 16 年度黒部川環境調査業務委託報告書、2004.
- 15) Tsukamoto K. and Kajihara T. : Age determination of ayu with otolith, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53(11), pp.1985-1997, 1987

(2006. 5. 26 受付)

Report on the influence that sediment-flushing from dams exercises over ayu (*Plecoglossus altivelis altivelis*) in the Kurobe River

Katsuhiko NAGUMO, Kazuya SAWAHARA, Hideyuki KITAMURA, Isao MORI, and Takehiro SHIRAO

Implementation of coordinated sediment-flushing of Unazuki Dam (completed in 2001 by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport) and Dashidaira Dam (completed in 1985 by the Kansai Electric Power Co., Inc.) in the Kurobe River has been a practice since 2001. This study has been conducted for the purpose of recognizing the impact that the sediment-flushing or floods make over the habitat and food environment of ayu (*Plecoglossus altivelis altivelis*) living in the river. The results of the research held after a flood, which came up to the implementation standard of sediment-flushing, revealed the decline of the catch and the exfoliation of algae, food for them, adhered to rocks and stones in water, the latter with the decrease of their condition factor, although it was not clear whether the phenomenon was caused by the sediment-flushing or the flood. Besides, one month after the survey, a gain in the weight of the contents of the digestive tract and the increase of their condition factor were observed. In addition, it was perceived that ayu flown into the sea after the flood, from an otolith examination, that mainly natural ascending population among them swim back upriver again.