

馬瀬川におけるアユ漁不振漁場の環境要因

原 徹, 莉谷哲治

Environmental Factors of Fishing ground for a low haul of Ayu,
Plecoglossus altivelis altivelis, in the Maze River

TORU HARA ,TETSUJI KARIYA

近年、アユ漁業の不振が続き、当県のアユ漁獲量は、1992年の1,726t¹⁾をピークに、2005年には461t²⁾まで落ち込んでいる。アユ漁業不振の要因の一つとして、河川での冷水病の発生があげられている。³⁾アユの冷水病は、*Flavobacterium psychrophilum* を原因とする細菌感染症で、河川における冷水病の主要な発生原因は、冷水病菌を保菌したアユ種苗の放流によるものと考えられていた。³⁾そのため、河川上流域においては冷水病菌を保菌していない種苗の放流によってこの発生原因を抑制し、友釣り解禁日まで冷水病の被害を抑制できることが実証された。⁴⁾⁵⁾

しかし、漁業協同組合への聞き取りでは、河川上流域において冷水病菌を保菌していないアユ種苗を放流しても漁獲状況が良くない漁場が存在していることが明らかになった。

そこで、本報では冷水病菌を保菌していないアユ種苗を放流しても漁獲状況が良くない漁場の一つを調査し、漁獲状況に影響を与える環境要因について検討した。

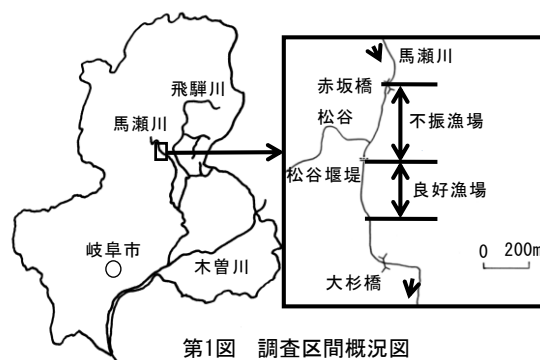
キーワード：アユ、漁獲不振、環境要因

方 法

調査河川の概況

調査河川の馬瀬川は、木曾川水系飛騨川の支流で、高山市清見町に源流を發し、下呂市馬瀬を流下し、下呂市金山町で飛騨川に合流する流程約53kmの河川で、河川形態は、Aa-Bb移行型に分類される。⁶⁾

第1図に馬瀬川の調査区間の概要を示した。松谷堰堤は落差1.2mで魚道がないため、松谷堰堤から上流の漁場はアユ種苗の放流量がアユの資源量となる。当該漁場の漁業権者である馬瀬川上流漁業協同組合(以下、馬瀬川上流漁協)への聞き取りでは、以前は松谷堰堤から上流の漁場にアユ種苗を放流して良好な漁獲が得られていた。しかし、ここ数年はこの漁場にアユ種苗を放流しても良好な漁獲



第1図 調査区間概況図

が得られなくなった。そこで、赤坂橋から松谷堰堤の間375mを不振漁場、対照区として、松谷堰堤から下流317mを良好漁場として調査を行った。

放流種苗

各漁場の放流種苗の概要を第1表に示した。不振漁場に放

第1表 馬瀬川放流種苗の概要

区 間	水面面積(m ²)	河床勾配	系 統	放 流 日	放流尾数	平均体重(g)	放流密度(尾/m ²)
不振漁場	5,824	1/100	阿木川ダム湖産系人工産アユ	2008年5月22日	4,752	15.07	0.816
良好漁場	4,852	1/97	琵琶湖産系人工産アユ	2008年5月9・22日	7,812	12.80	1.610

流した種苗は、(財)岐阜県魚苗センター産阿木川系人工産種苗で、脂鱗切除標識を行った。良好漁場には、馬瀬川上流漁協によって、(財)岐阜県魚苗センター産琵琶湖産系人工産種苗が放流された。

調査方法

冷水病の発生状況

潜水目視により冷水病の体表症状の有無を確認するとともに放流種苗や友釣り採捕魚の冷水病菌の保菌状況を調査した。

冷水病菌の保菌状況は培養法およびPCR法⁷⁾により調査した。アユの鰓および腎臓から滅菌綿棒を用いて採取した組織片を改変サイトファーガ寒天培地⁸⁾に塗抹し、4℃で培養した。約2週間後に培地上に形成された黄色コロニーからDNAを熱抽出し、プライマーペアPSY-G1⁹⁾および*fpP**PIC1*¹⁰⁾を用いてPCR反応を行った。PCRの反応条件等は、Izumi⁹⁾および吉浦ら¹⁰⁾に従った。相互のプライマーペアで目的の増幅断片が得られたものを陽性とした。

陽性の検体について、PCR-RFLP法⁹⁾¹⁰⁾により遺伝型の判別を行った。PSY-G1⁹⁾のPCR増幅産物を試料として、制限酵素*Rsa*-I(*Afa*-I)を用いて断片型から遺伝型S型およびR型に判別した。⁹⁾また、*fpPPIC1*¹⁰⁾のPCR増幅産物を試料として、制限酵素*Hinf*-Iを用いて断片型から遺伝子型A型およびB型に判別した。¹⁰⁾

アユの生息密度

調査員一人が各漁場で8~13箇所まで潜水目視してアユの尾数を計数した。また、目視した場所の面積を計測してアユの目視平均生息密度を求めた。

アユの漁獲状況

各漁場において調査員3~4人で友釣りによって1時間アユを漁獲してCPUE(尾/時間/人)を算出した。

アユの生息密度に及ぼす環境要因

アユの生息密度に及ぼす環境要因を明らかにするため、アユの餌環境および生息環境の調査を行った。

餌環境

アユの餌環境として、付着藻類の現存量および日間増殖量を調べるとともに、シルトの堆積量や堆積速度も調査した。河床から付着藻類が均一に繁茂している石を選択して、5×5cm 枠のコドラート内の付着藻類等をナイロンブラシで採集し、氷冷して当所に持ち帰り、付着藻類の現存量およびシルトの堆積量の試料に供した。その後この石を魚類

の食害を受けないように金網で覆った金属製のケージに収容して1日後に同様の方法で石から付着藻類等を採集し、付着藻類の増殖量およびシルトの堆積速度の試料に供した。試料は、定法¹¹⁾に従いガラス繊維濾紙(Whatman GF/C)で吸引濾過し、ルツポに入れて80℃で24時間乾燥後乾燥重量(DM)を測定し、その後500℃で1時間焼却して灰分量(AM)を測定した。付着藻類の現存量および日間増殖量は乾燥重量と灰分量の差から強熱減量(AFDM)を求め、シルトの堆積量および増加速度は灰分量(AM)とした。

水深と流速

アユの生息環境として、河川の横断面の1m毎の水深と2m毎の流速、流心部の縦断面の1m毎の水深と2m毎の流速をそれぞれ測定した。

平均水温の推移

両漁場に自記式水温記録器(Onset社ストアウェイティドビット)を設置して1時間毎の水温を測定して日平均水温を計算し、水温の推移を比較した。

栄養塩類

両漁場で6月13日に採水した試料から栄養塩類を測定した。

日照条件

両漁場の日照条件を調査するために、デジタル照度計(SANSYO SLX-1332)で照度を計測するとともに、魚眼レンズ付きデジタルカメラ(OLYMPUS CAMEDIA C300Z)で各漁場において水面から上空を撮影し、画像を画像解析ソフトCanopon2(<http://takenaka-akio.cool.ne.jp/ect/canopon2/index.html>)で解析して開空率を求めた。

結 果

冷水病菌の発生状況

第2表に潜水目視による冷水病の確認状況を示した。冷水病に罹ったアユは、6月21日の友釣り解禁日までいずれの漁場でも確認されなかった。冷水病に罹ったアユが確認されたのは、7月15日および8月19日であった。

第2表 潜水目視による冷水病発症魚確認状況

区 間	6月12日	6月19日	7月15日	8月19日
不振漁場	×	×	×	○
良好漁場	×	×	○	○

○：冷水病の体表症状確認、×：冷水病の体表症状未確認

友釣り採捕魚の冷水病菌保菌率を第3表に示した。友釣り解禁日（6月21日）は両漁場の採捕魚が鰻でBS型、7月17日は不振漁場の採捕魚が鰻でBR型、8月21日は良好漁場の採捕魚が鰻でAS型の冷水病菌をそれぞれ保菌していた。

第3表 友釣り採捕魚の冷水病菌保菌率

調査日	区間	N	鰻・AS型	鰻・BS型	鰻・BR型
6月21日	不振漁場	10	0/10	1/10	0/10
	良好漁場	30	0/30	12/10	0/30
7月17日	不振漁場	3	0/3	0/3	1/3
	良好漁場	2	0/2	0/2	0/2
8月21日	不振漁場	2	0/2	0/2	0/2
	良好漁場	8	1/8	0/8	0/8

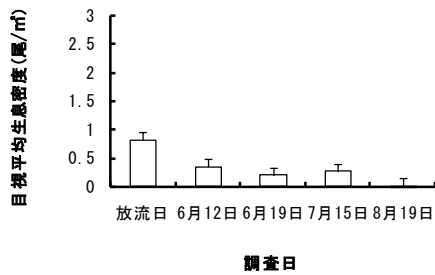
おとりアユの冷水病菌保菌率を第4表に示した。6月21日のおとりアユがAR型とBS型、7月17日のおとりアユがAS型、ABS型およびBS型の冷水病菌を保菌していた。

第4表 おとりアユの冷水病菌保菌率

調査日	N	鰻・AS型	鰻・BS型	鰻・ABS型	腎臓・AS型	腎臓・AR型
6月16日	6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6
6月21日	12	0/12	1/12	0/12	0/12	1/12
7月17日	8	4/8	1/8	2/8	4/8	0/8
8月21日	8	0/8	0/8	0/8	0/8	0/8

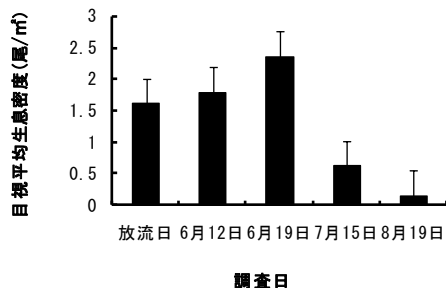
目視生息密度

不振漁場の放流密度と各調査日の目視平均生息密度を第2図に示した。目視平均生息密度は、友釣り解禁日まで放流密度より大きく低下し、6月12日に放流密度の約1/3、6月19日には放流密度の約1/4になっていた。



第2図 不振漁場における放流密度と各調査日の目視平均生息密度の比較

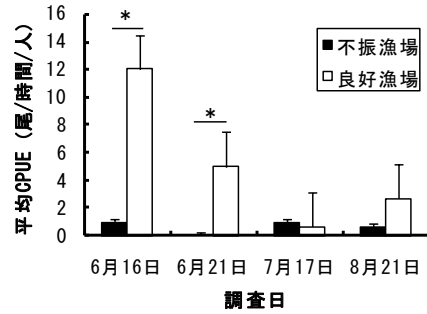
良好漁場の放流密度と各調査日の目視平均生息密度を第3図に示した。良好漁場の目視平均生息密度は、友釣り解禁日までの6月12日、19日で放流密度より高くなった。



第3図 良好漁場における放流密度と各調査日の目視平均生息密度の比較

漁獲状況

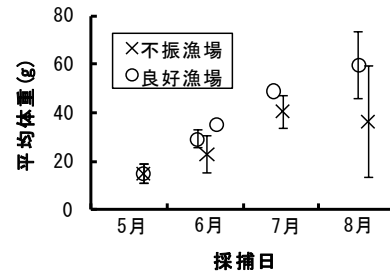
両漁場の友釣り平均CPUE(尾/人/時間)を第4図に示した。6月16日および21日の平均CPUEで、不振漁場と良好漁場の間に有意差が認められ、不振漁場は良好漁場より低い値であった(Wilcoxonの順位和検定、 $p=0.037, 0.046$)。



第4図 各調査日における両漁場の平均CPUEの比較 (Wilcoxonの順位和検定, $*0.01 < p < 0.05$)

放流種苗の成長

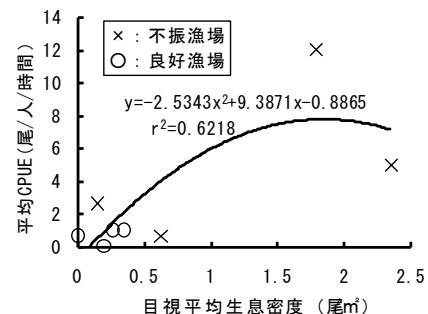
各調査日に不振漁場で採捕した標識魚および不振漁場から降下して良好漁場で採捕した標識魚の平均体重を第5図に示した。各調査日に両漁場で採捕されたアユの平均体重に有意差は認められなかった(Welchのt検定、 $p=0.204\sim0.369$)。



第5図 各調査日に両漁場で採捕した標識魚の平均体重

目視平均生息密度と漁獲状況

不振漁場および良好漁場の目視平均生息密度と友釣り平均CPUEの関係を第6図に示した。目視平均生息密度と友釣り平均CPUEに正の相関が認められた($r=0.789, p=0.034$)。



第6図 不振漁場および良好漁場における目視平均生息密度と平均友釣りCPUEの関係

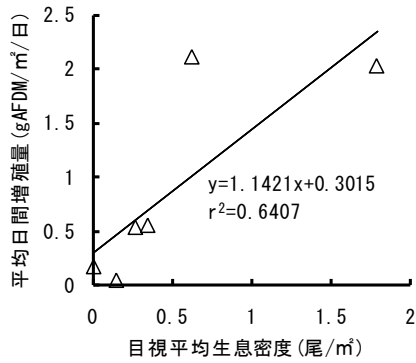
アユの生息密度に及ぼす環境要因

第5表にアユの目視平均生息密度と環境要因の各項目との相関係数を示した。アユの目視平均生息密度と付着藻類の平均日間増殖量との間に正の相関が認められた($r=0.800$, $p=0.056$)。目視平均生息密度と付着藻類の平均日間増殖量との関係を第7図に示した。

第5表 目視平均生息密度と環境要因の各項目との相関係数(r)

項目	相関係数(r)
付着藻類平均現存量(gAFDM/m ²)	0.6530
付着藻類平均日間増殖量(gAFDM/m ² /日)	0.8004*
シルト平均堆積量(gAM/m ²)	0.2178
シルト平均堆積速度(gAM/m ² /日)	0.2976
平均水深(m)	0.2780
平均流速(m/sec)	0.3182
照度	0.6307

* $p < 0.05$

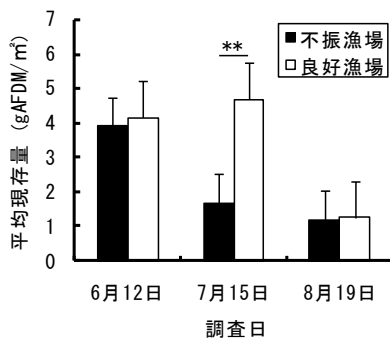


第7図 目視平均生息密度と付着藻類の平均日間増殖量の関係

不振漁場と良好漁場の環境要因の比較

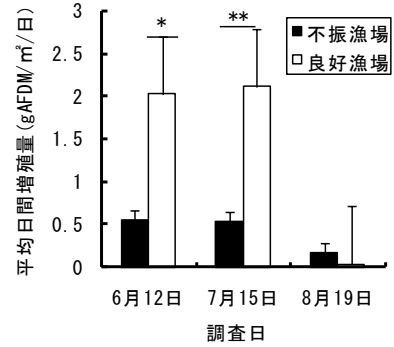
付着藻類

各調査日の不振漁場および良好漁場の現存量を第8図に示した。7月は良好漁場が不振漁場より多かったが(Welchのt検定、 $p < 0.001$)、6月および8月は良好漁場と不振漁場の現存量に有意差は認められなかった(Welchのt検定、 $p=0.815$, 0.727)。



第8図 両漁場の付着藻類の平均現存量の比較 (Welchのt検定, ** $p < 0.01$)

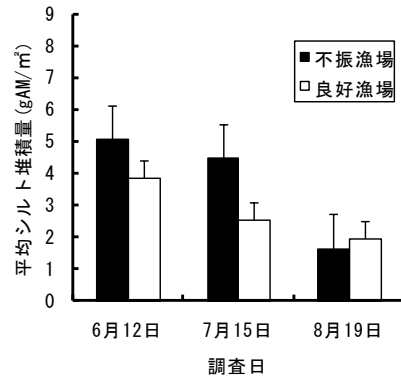
各調査日の良好漁場および不振漁場の付着藻類の平均日間増殖量を第9図に示した。6月および7月の不振漁場の平均日間増殖量は良好漁場より低い値であった(Welchのt検定、 $p=0.044$, 0.010)。



第9図 両漁場の平均日間増殖量の比較 (Welchのt検定, * $0.01 < p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

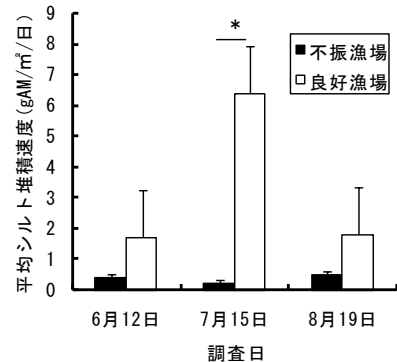
シルト

各調査日の不振漁場および良好漁場の堆積量を第10図に示した。調査日に関係なく好漁場と不振漁場の堆積量に違いは認められなかった(Welchのt検定、 $p=0.357 \sim 0.511$)。



第10図 両漁場のシルト平均堆積量

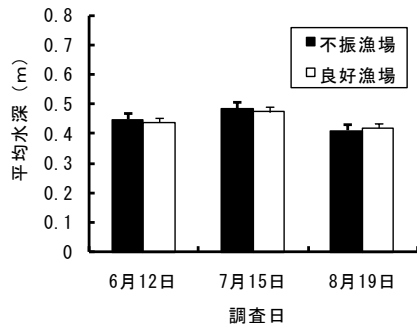
各調査日の良好漁場および不振漁場のシルト堆積速度を第11図に示した。7月は両漁場に有意差が認められたが(Welchのt検定、 $p=0.030$)、6月および8月は両漁場で有意差は認められなかった(Welchのt検定、 $p=0.288$, 0.126)。



第11図 両漁場の平均日間堆積速度の比較 (Welchのt検定, * $0.01 < p < 0.05$)

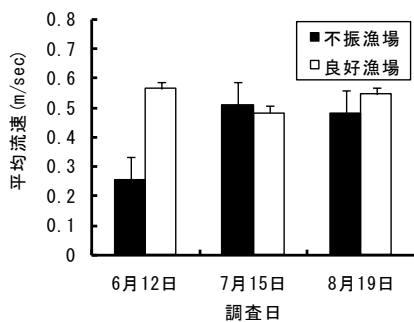
水深および流速

各調査日の両漁場の平均水深を第12図に示した。どの調査日においても両漁場に有意差は認められなかった(Welchのt検定、 $p=0.878\sim 0.903$)。



第12図 両漁場の平均水深の比較
(Welchのt検定、 $p>0.05$)

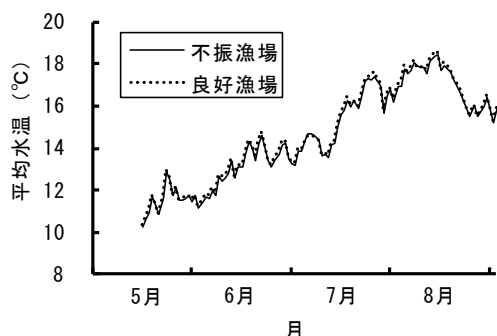
また、各調査日の両漁場の平均流速を第13図に示した。どの調査日も両漁場に有意差は認められなかった(Welchのt検定、 $p=0.062\sim 0.878$)。



第13図 両漁場の平均流速の比較
(Welchのt検定、 $p>0.05$)

平均水温の推移

両漁場の平均水温の推移を第14図に示した。両漁場の水温の推移に大きな違いは認められなかった。



第14図 不振漁場および良好漁場の平均水温の推移

栄養塩類

6月13日に両漁場で採水した水の栄養塩類の測定結果を第6表に示した。両漁場の測定結果に大きな違いは認められなかった。

第6表 両漁場の栄養塩類の測定値(mg/l)*

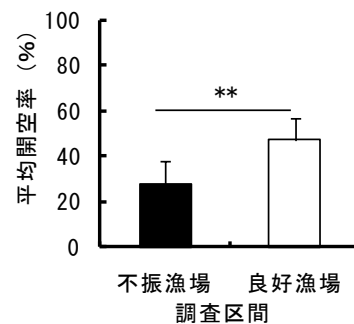
項目	不振漁場	良好漁場
NH ₄ -N	0.0000	0.0000
NO ₂ -N	0.0010	0.0010
NO ₃ -N	0.0880	0.0940
PO ₄ -P	0.0100	0.0100
TN	0.1070	0.1110
TP	0.0100	0.0100

* 6月13日に採水

開空率および照度

両漁場の平均開空率を第15図に示した。不振漁場の平均開空率は良好漁場より低い値であった(Welchのt検定、 $p=0.006$)。

また、両漁場で測定した照度を第7表に示した。不振漁場の照度は良好漁場より低い値であった。



第15図 不振漁場および良好漁場の平均開空率の比較
(Welchのt検定、 $**p < 0.01$)

第7表 両漁場の照度の測定値(LUX)

調査日	天候	不振漁場(時間)	良好漁場(時間)
5月15日	晴れ	7,450(14:45)	93,200(14:50)
6月12日	晴れ	14,050(11:20)	139,000(11:25)
8月20日	晴れ	8,360(10:30)	124,000(10:35)

底質の組成割合の比較

両漁場の河川横断の底質の組成割合を第8表に示した。不振漁場は良好漁場と比較して基質の岩盤が露出している箇所が多かったため、石の割合が低く岩の割合が高かったが、砂利や砂泥の割合は両漁場で違いは認められなかった。

第8表 両漁場の底質の組成割合

組成	粒径(mm)	不振漁場(%)	良好漁場(%)
岩	>500	54	20
巨石	250~500	15	20
石	50~250	8	30
砂利	4~50	23	30
砂泥	<4	0	0
河床の状態		浮き石	浮き石

考 察

不振漁場に放流したアユ種苗は冷水病菌を保菌していなかった。友釣り解禁日の採捕魚が鰓でBS型の冷水病菌を保菌していたものの、友釣り解禁日までの潜水目視調査で冷水病の外観症状の認められるアユは確認されなかった。本調査においてもこれまでの知見^{4,5)}と同様に、冷水病菌を保菌していないアユ種苗の放流により友釣り解禁日まで冷水病の被害を抑制できる事例が得られた。冷水病の発生は友釣り解禁後に見られ、冷水病菌の持ち込みの原因についても、これまでの知見^{4,5)}と同様におとりアユに一因があると考えられた。

不振漁場では、冷水病の発生が確認されていないにもかかわらず、友釣り解禁日までの間に目視平均生息密度が放流密度と比較して1/3~1/4まで低くなっていた。不振漁場には、放流したアユ種苗が定着できない要因があるものと考えられた。

両漁場の目視平均生息密度と友釣り平均CPUEの間に相関が認められたことから、アユの生息密度が低い場所は漁獲状況が良くないことがうかがわれた。両漁場の友釣り解禁日までの目視平均生息密度を比較すると不振漁場の値は良好漁場より低く、友釣り解禁日までの友釣り平均CPU Eについても不振漁場の値は良好漁場より低かった。

これらの結果から、不振漁場はアユの生息密度が低いために漁獲状況が悪くなっていると推察された。

アユの目視平均生息密度に影響を及ぼす環境要因として、付着藻類の日間平均増殖量との間に相関が認められた。不振漁場と良好漁場の付着藻類の日間増殖量を比較すると、6月12日および7月15日の不振漁場は良好漁場より低くなっていた。不振漁場では、付着藻類の日間増殖量が低かったために放流種苗が漁場に定着できなかったと推察された。

付着藻類の増殖に影響を及ぼす環境要因には、栄養塩、光、水温¹²⁾および河床材料(底質)の状態¹³⁾があるとされている。両漁場の栄養塩類および水温の推移を比較すると大きな違いは認められなかった。しかし開空率および照度については、不振漁場は良好漁場と比較して低い値であった。不振漁場は良好漁場と比較して高木層の河畔林に覆われている。それによって不振漁場は良好漁場と比較して日照条件が悪いため、付着藻類の増殖量が低くなっていると考えられた。以前は漁獲状況が良かったが、ここ数年悪くなった原因として、河畔林の成長に伴い、開空率が低下して日照条件が悪くなった可能性も推察される。また両漁場の河床の状態を比較すると、両漁場とも浮き石状になって

いた。河床の種類組成は砂利や砂泥の割合に大きな違いは認められなかったが、不振漁場は良好漁場と比較して石の割合が低く岩の割合が高くなっていた。馬瀬川流域では2004年10月の台風23号の出水によって大きな被害を受けたために流域では河床が低下している場所が見られるようになった。本調査の不振漁場においても河床低下の痕跡が認められたため、台風による自然的河床攪乱によって底質の石が減り、基質の岩盤が露出した箇所ができたと考えられた。この河床の種類組成の違いが付着藻類の増殖にも影響している可能性も考えられた。

高木層の河畔林等による日照の低下は、付着藻類の増殖量を低下させる。それを餌としているアユの生息には適していないが、河畔林は陸生昆虫の育成に重要な役目を果たしているため、¹⁴⁾¹⁵⁾それを餌としているアマゴやイワナ等の溪流魚の生息には適した漁場になっている可能性がある。今後この不振漁場の有効利用として、対象魚種をアユからアマゴやイワナ等の溪流魚に切り替えることも漁場を有効利用する方策と考えられた。

要 約

1. 不振漁場と良好漁場のアユの生息密度と漁獲状況、河川環境を調査し、不振漁場の漁獲状況に与える環境要因を調査した。
2. 冷水病菌を保菌していないアユ種苗を放流することにより、友釣り解禁日まで冷水病の被害を抑制できる事例が得られた。
3. 両漁場の目視平均生息密度と友釣り平均CPUEの間に相関が認められたことから、アユの生息密度が低い場所は漁獲状況が良くないことがうかがわれた。
4. アユの目視平均生息密度と付着藻類の日間平均増殖量との間に相関が認められたことから、付着藻類の日間増殖量の低い場所のアユの目視平均生息密度が低くなる傾向がうかがわれた。
5. 不振漁場は高木層の河畔林に覆われているために良好漁場と比較して日照条件が悪かった。日照条件が悪いために付着藻類の増殖量が低くなり、放流したアユ種苗が漁場に定着できなかったと考えられた。
6. 不振漁場の対象魚種をアユからアマゴやイワナ等の溪流魚に切り替えることも漁場を有効利用する方策と考えられた。

文 献

- 1) 岐阜県. 平成 4 年岐阜県統計書 1993 ; 142.
- 2) 岐阜県. 平成 17 年岐阜県統計書 2006 ; 140.
- 3) 井上潔. アユの冷水病. 海洋と生物. 2000;22:35-38.
- 4) 原 徹, 桑田知宣, 斉藤 薫. 河川における冷水病菌の動態, 冷水病菌を保菌していないアユ種苗の放流事例. 岐阜河環研研報 2007 ; 1-4.
- 5) 原 徹, 桑田知宣, 斉藤 薫. アユの河川内での冷水病感受性および放流効果の系統差. 岐阜河環研研報 2007 ; 5-10.
- 6) 可児藤吉. 可児藤吉全集全一卷, 思索社 1978 ; 1-17.
- 7) Beverton RJH and Holt SJ. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. Ser. II 1957;19:533.
- 8) Izumi S, Wakabayashi H. Use of PCR to detect *Cytophaga psychrophila* from apparently healthy juvenile ayu and coho salmon eggs. Fish. Pathology 1997;32:169-173.
- 9) Izumi S, Aranishi F, Wakabayashi H. Genotyping of *Flavobacterium psychrophilum* using PCR-RFLP analysis, Dis. Aqua. Org. 2003;56:207-214.
- 10) 吉浦康寿, 釜石隆, 中易千早, 乙竹充. Peptidyl-prolyl is-trans isomerase C 遺伝子を標的とした PCR による *Flavobacterium psychrophilum* の判別と遺伝子型. 魚病研究 2006;41(2):67-71.
- 11) 西村和紀, 安東生雄. 付着藻類の増殖量測定法とアユによる摂餌状況. 日水誌 1991;57:391-396.
- 12) 野崎健太郎, 内田朝子. 河川における糸状緑藻の大発生. 矢作川研究 2000;4:159-168.
- 13) 田代喬, 渡邊慎多郎, 辻本哲朗. 掃流砂礫による付着藻類の剥離効果算定に基づいた河床攪乱作用の評価について. 水工学論文集 2003;47:1063-1068.
- 14) 中野繁. 森林と草地を流れる小河川におけるサケ科魚類の餌資源に対する陸生無脊椎動物の寄与. 川と森の生態学 2003;207-238.
- 15) 長坂有, 柳井清治, 佐藤弘和. 河畔林から川への落下昆虫とサクラマス胃内容物の比較検討. 北海道林試研報 1996;33:70-77.