

発電用水路に迷入した魚類

田子 泰彦

(1995年3月30日受理)

Investigation on the fishes entered unintentionally the waterway
of electric power station

Yasuhiko TAGO*¹⁾

Abstract

Species and population size of fishes entered the waterway of electric power station unintentionally were investigated at Wadagawa Common Waterway which is connected with the Shou River in Toyama Prefecture in 1993. Total 123 individuals identified to five species were collected using casting nets and gill nets (Table 1). Two diadromous species, ayu, *Plecoglossus altivelis*, and masu salmon, *Oncorhynchus masou*, which are important in the fishery of the Shou River, were included in the fishes collected.

It was supposed that they had entered the waterway by accident through the divergent gate directly from the Shou River. The accident was supposed to be caused by that the apparatus of air curtain to prevent the invasion of fishes to the waterway worked only from 1 June to 30 September, some diadromous fishes had run up the waterway more early, or by that the apparatus of air curtain could not prevent the invasion of fishes completely.

We need to prolong the working period of the apparatus of air curtain from 1 April to 30 September, and to improve the apparatus more effectively.

Key words : diadromous species, divergent gate, entered, waterway

河川での水産上の重要な魚類には、アユ *Plecoglossus altivelis* やサクラマス *Oncorhynchus masou* など通し回遊魚が多い。アユの稚魚は本州の日本海側では4月～6月に(石田 1988)、サクラマスの親魚は1年の海洋生活を経て、富山県では2月～6月にかけて海から河川に遡上してくる(田子 1992, 1993a)が、河川へ入った後も随時上流域への遡上行動がみられる。また、河川滞在期のサクラマス幼魚も盛んに遡上行動を起こすことが知られている(真山 1987)。

しかし、本県の場合、県内1, 2を占める重要な河川漁場である神通川や庄川においては、アユやサクラマスの遡上範囲はダムのために河口から24～25 kmの範囲に限られている。遡上を阻まれた魚類は、魚道が設置されたところでは、一部は魚道を遡るか、あるいは再び下流に下がり、

*富山県水産試験場 (Toyama Prefectural Fisheries Research Institute, Namerikawa, Toyama 936, Japan)
富山県水産試験場業績A第40号

そのうちの一部は新たな遡上口を見つけて遡上行動を起こすと思われる。このため、現在の河川環境では通し回遊魚が河口または放流地点からの遡上途中において、発電用放水路や農業用放水路などに進入するものも多いと考えられる。最下流に位置するダムで遡上を阻まれた魚類が再び遡上口を求める場合も同様である。特に、発電用放水路は農業用放水路と比較して水量が多いので、進入してくる可能性はより大きいであろう。

本県全体の漁業権に基いたアユ稚魚とサクラマス稚魚の放流尾数は、それぞれ814万尾と72万尾(1991~1993年平均)であり*、この他に多数の海産遡上アユや天然のサクラマス稚魚と親魚が生息しているが、水路等への進入の実態は明かではない。アユやサクラマスが発電用水路や農業用水路への位入り込むかは、水路関係者の事情もあってか調査されたことは全国的にみても少ない。わずかにサクラマス幼魚に関しての兵藤ら(1992)の農業用の頭首工の取水口からの降下の報告がみられるだけで、放水口(排水口)からの遡上、特に数十トンの放水量がある水路への遡上調査例はほとんどないものと思われる。

筆者は通し回遊魚の用水路への進入を確認するために、庄川から和田川へ主に発電用水を導水している和田川共同水路(通常30~70トン/秒の流量がある)で魚類の採捕調査を行ったので報告する。

調査水路の概要

和田川共同水路は、関西電力雄神発電所放水口から庄東第1発電所ゲートまで延長約7.3kmの水路(Fig.1,2)で、主として発電用のほか、工業用水、水道水用水路としての役割があり、1967年に和田川総合開発事業の一環として建設されたものである。共同水路の構造は開きよの部分が多いが、トンネルと蓋で覆われた部分もある。水路の構造のうち雄神にある分水口部分、開きよ部分及び庄東第1発電所ゲートに近い水槽部分の断面図をFig.3に示した。開きよ部分は水面が幅9.5m、低面が幅4.4m、深さ3.7mで、水槽部分は水面が幅15.3m、低面が幅12.0m、深さ7.0mである。

関西電力雄神発電所放水口から出る放水量は最大約90トン/秒で、放水量が約70トン/秒を越えると雄神にある分水口(関西電力雄神発電所放水口から約120m下流)(Fig.4)から余剰分の水(通常1~20トン/秒)が庄川本川へ分水放流される。分水口部分の水路は低面の幅6.0m、深さ3.9mで魚類の進入を防ぐためにエアカーテンの装置(Fig.3)が備えてあり、水門が上がり始めて分水口での水位が5~50cm(流速50~80cm/秒)の時にエアが出る仕組みになっている。分水放流がある場合にエアカーテンが作動するが、その期間は6月1日から9月30日の間である。

関西電力雄神発電所放水口から排出される水は、70トン/秒を越える分が雄神分水口から庄川へ流されるが、さらに安川操作所で一部の水(2.7トン/秒)が針山口六ヶ用水路に排水されるのみで、残りはすべて庄東第1発電所を経由して和田川へ放水される。庄東第1発電所より下流では和田川ダムから庄東第2発電所を経由して和田川に放水され、放水された水は一部農業用水路に取水されるが、大部分は河口から約6kmの大島町付近で庄川本川と合流している。

なお、庄川の河川概況については前報(田子 1993)に記述した。

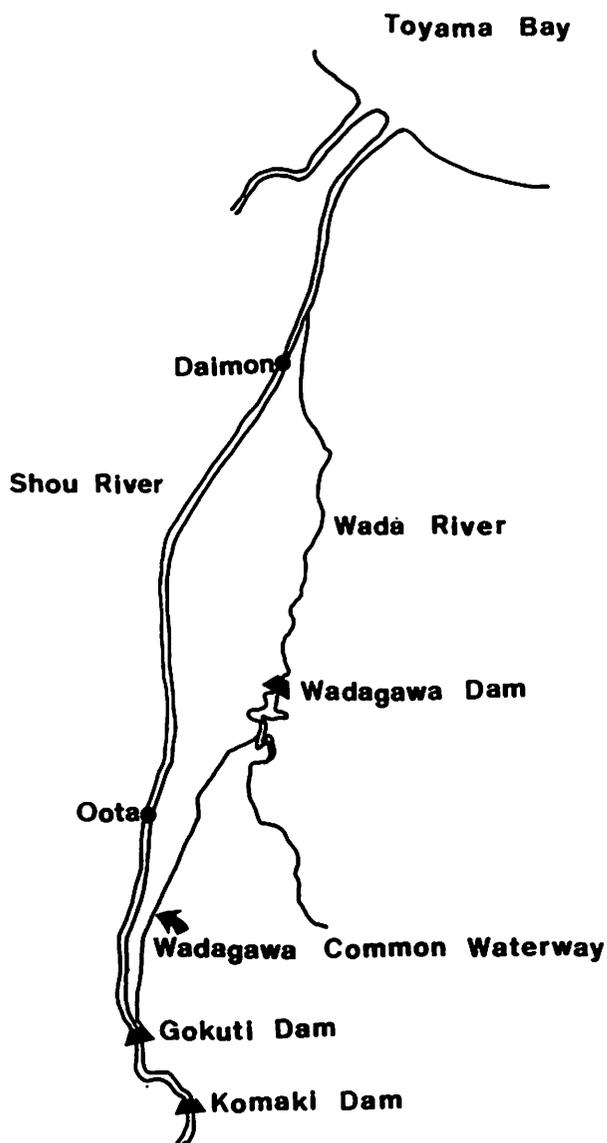


Fig.1 The location of the Shou River, the Wada River, Wadagawa Common Waterway, Daimon Town and Oota(Tonami City).

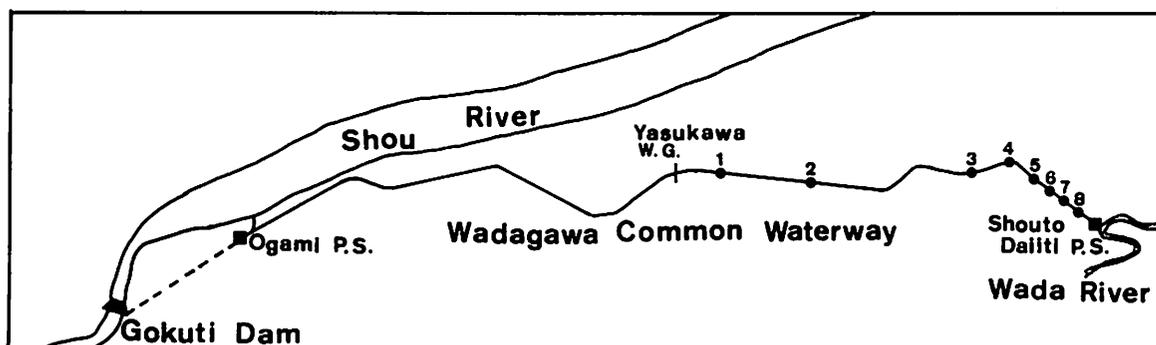


Fig.2 The location of Gokuti Dam, Ogami Power Station, Yasukawa Water Gate, Shoutou Daiiti Power Station and Wadagawa Common Waterway. The numbers show the sampling sites.

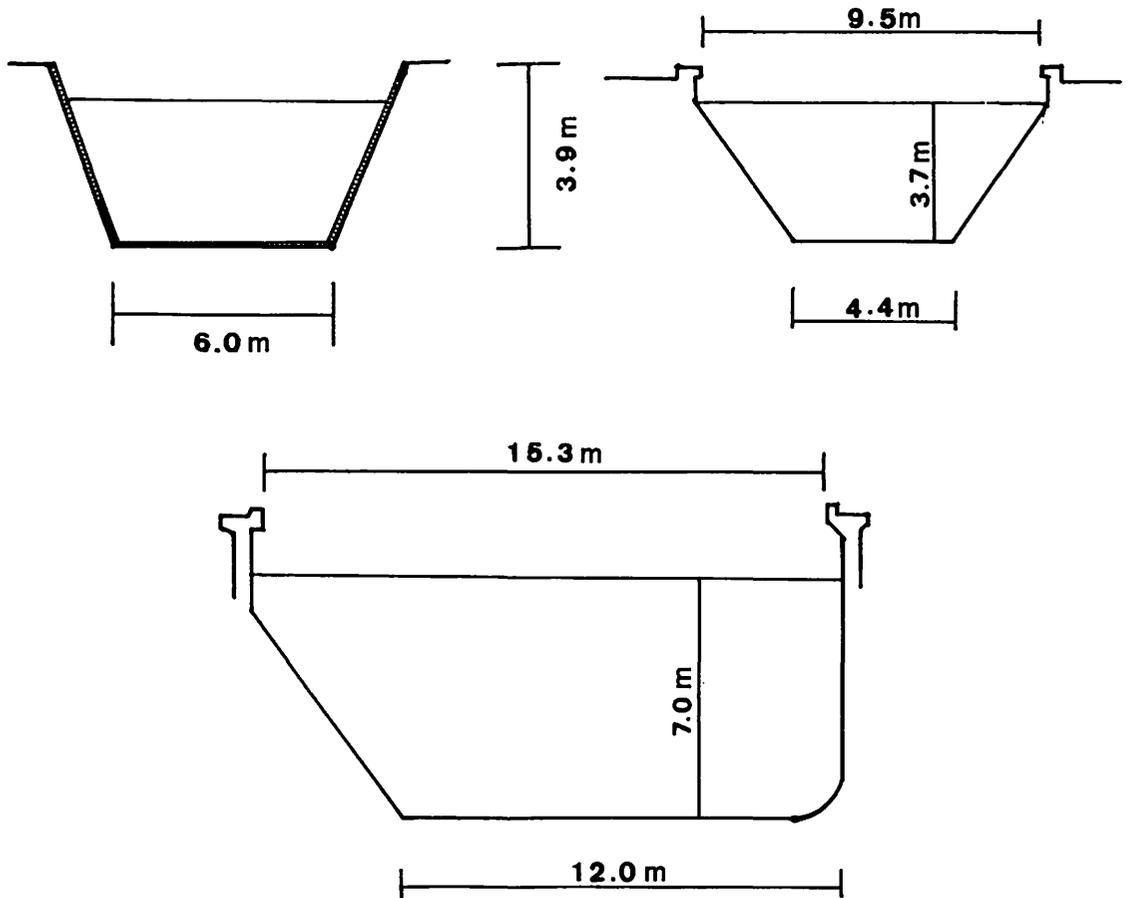


Fig.3 The cross section of Wadagawa Common Waterway. Upper (left side); divergent waterway with air curtain apparatus (the shaded portion) near Ogami Power Station. Upper (right side); main waterway. Lower; water pool near Shoutou Daiiti Power Station.

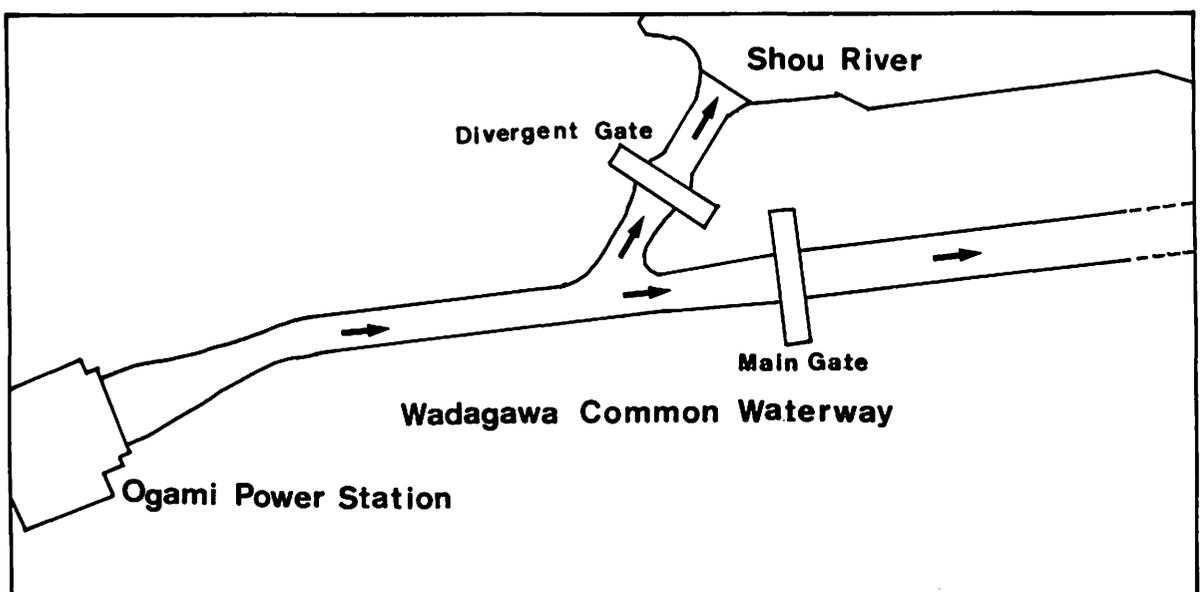


Fig.4 The divergent waterway from Wadagawa Common Waterway near Ogami Power Station. Arrows show the direction of water current.

材 料 と 方 法

魚類の採捕は1993年8月8日21時から同月9日3時にかけて行った。採捕地点は和田川共同水路のうち庄東第1発電所ゲートから安川操作所の水門の間(約3.6km)で、電力会社の協力により流れを止めた状態で、刺網(11節)と投網(12節)を用いて行った。止水時の水深は庄東第1発電所ゲート付近で7.0~8.5m, 安川操作所付近で1.6~1.7m, その間の水路は0.5~1.0mであった。刺網は下流の庄東第1発電所ゲート付近から8箇所に設置(Fig.2)し、投網は舟2隻で最初はst5付近から安川操作所付近まで打ち上がり、その後安川操作所付近から庄東第1発電所ゲート付近まで打ち下がった。なお、刺網はst4, st3, st2, st1, st5, st6, st7, st8の順に敷設した。

採捕した魚は舟上で選別の後、氷令して庄川養魚場に持ち帰り、種を同定の後、尾叉長と体重を測定し、次式により肥満度を求めた。

$$\text{肥満度} = (\text{体重} / \text{尾叉長}^3) \times 1000$$

ただし、サクラマス親魚については、秋季に採卵用親魚として使用するために、トラックで生きのまま庄川養魚場の蓄養池に持ち帰り収容した。

また、共同水路で採捕された魚類のうち、アユについて庄川本川の魚と魚体の大きさを比較するために、1993年8月13日の13時~16時の間に庄川の砺波市太田地先で友釣りであユを採捕した。

1992年と1993年の共同水路の雄神分水口での放水量と庄川本川の大門町地先での流量については、それぞれ富山県企業局と建設省の資料を用いた。

Table1. Fishes captured by casting nets and gill nets at the Wadagawa Common Waterway in1993.

Species	Number of fish	Fork length (cm)	Body weight (g)	*Condition factor
		Mean±S.D. (Range)	Mean±S.D. (Range)	Mean±S.D. (Range)
<i>Tribolodon hakonesis</i>	85	14.6±3.5 (9.4~25.8)	60.4±47.0 (14.1~247.2)	17.2±2.6 (7.2~23.5)
<i>Plecoglossus altivelis</i>	22	15.3±1.2 (13.0~18.3)	42.7±11.2 (25.8~69.2)	11.6±0.9 (10.4~13.7)
<i>Oncorhynchus masou</i>				
River resident type	9	15.1±4.4 (10.4~24.0)	66.2±60.8 (16.1~210.0)	15.2±0.8 (13.9~16.3)
Sea run type (adult)	2	—	—	—
<i>O. mykiss</i>	4	14.5±8.2 (9.3~28.7)	112.1±172.6 (10.5~411.0)	14.5±2.0 (12.3~17.4)
<i>Zacco platypus</i>	1	12.4	38.9	20.4

*Condition factor (Body weight) / (Fork length)³ × 1000

結 果

本調査で採捕された魚類の尾叉長、体重及び肥満度をTable 1に示した。採捕された魚種はウグイ *Tribolodon hakonesis* 85尾、アユ22尾、サクラマス11尾（うちヤマメ9尾）、ニジマス *O. mykiss* 4尾、オイカワ *Zacco platypus* 1尾の計123尾であった。サクラマス親魚については魚体への影響を考慮して測定をしなかったが、体重は2～3kgと推定された。各魚種の肥満度の平均値の範囲は11.6～20.4と高かった。

安川操作所の水門からst 3にかけての区間での採捕結果についてみると、投網で合計約30回打網したにもかかわらず、安川操作所の水門付近で小型のニジマスとウグイ数尾が採捕されたのみで、st 1からst 3の区間では1尾も採捕されなかった。刺網でもst 1とst 2でウグイがそれぞれ2尾のみの採捕であった。st 4からst 8にかけての区間では、投網ではほとんど採捕できなかったが、刺網ではウグイやアユが多数採捕された。st 8から庄東第1発電所ゲートの間は水深が7～8mと深くなっているが、ここでは投網でサクラマス親魚1尾とヤマメ数尾が採捕された。サクラマス親魚はこの他にst 7の刺網で採捕された。

共同水路で採捕したアユ22尾と庄川の太田地先で採捕したアユ33尾の体重と尾叉長の関係をFig. 5に示した。体重と尾叉長の関係式は、共同水路のアユは $Y = -93.6 + 8.90X$ ($r = 0.948$)、太田地先のアユは $Y = -69.4 + 7.22X$ ($r = 0.956$)で示され、ほぼ同様な成長を示しているが、共同水路のアユは太田地区よりも大型の個体が多い傾向にあった。

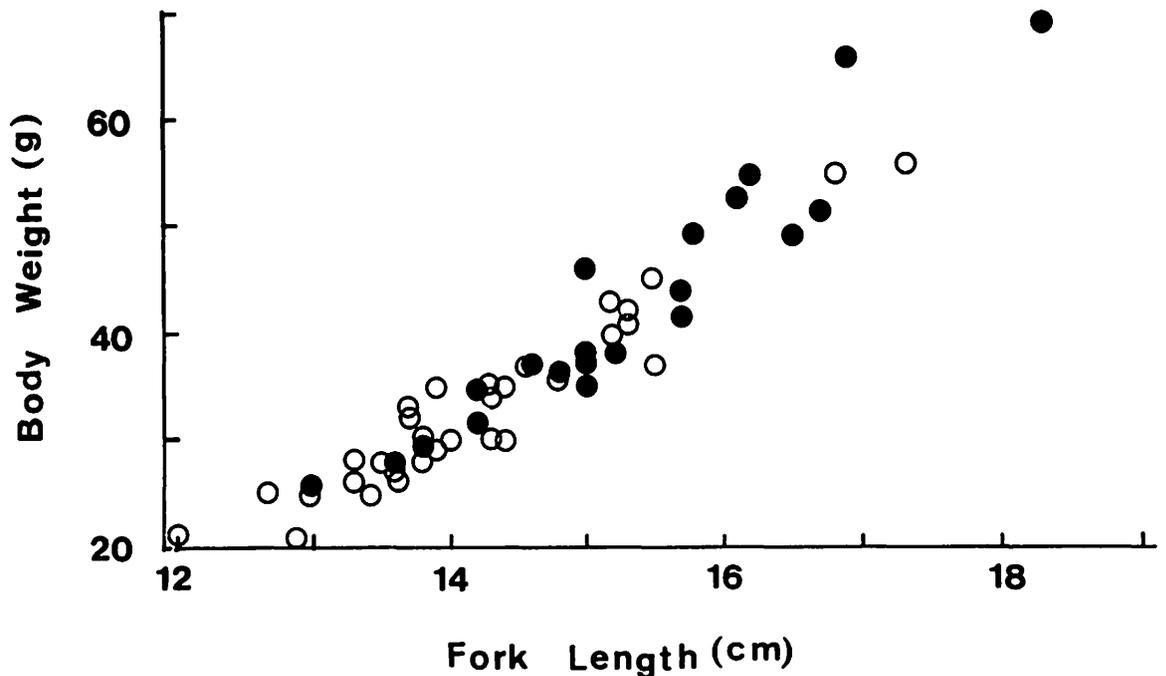


Fig.5 The relationship between fork length and body weight of ayu. Closed circles show the ayu caught at Wadagawa Common Waterway and open circles show the ayu caught at Oota in the Shou River.

Table3. Changes of daily average flow at Dimon in the Shou River from May to September during 1992-1993.

Date	1992					1993				
	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
1	12.73	5.22	15.28	7.48	7.46	28.17	8.88	64.46	10.08	14.00
2	10.89	10.04	10.74	6.32	6.88	56.64	8.99	44.90	9.15	16.74
3	11.24	10.04	10.38	6.32	7.46	81.91	9.68	87.33	12.31	24.90
4	11.11	9.69	10.04	6.32	7.16	56.76	10.78	73.96	12.83	59.52
5	9.69	10.38	9.69	5.78	8.07	29.74	17.52	88.93	19.90	11.08
6	9.18	10.04	10.04	6.59	6.88	43.29	18.16	92.25	34.85	47.99
7	9.80	10.38	9.69	6.05	7.77	60.76	15.14	78.82	23.70	16.84
8	14.62	12.29	9.36	6.32	8.07	33.67	10.26	71.37	11.58	21.01
9	21.72	9.36	8.70	26.84	7.76	36.75	10.94	50.14	19.67	83.72
10	13.00	9.02	7.76	9.04	9.52	78.67	11.52	53.23	29.79	82.55
11	12.80	8.70	8.09	7.46	7.46	74.47	9.35	90.30	14.06	74.43
12	13.15	8.38	7.46	6.60	7.76	49.61	7.73	212.18	18.36	102.64
13	13.20	8.38	7.46	14.35	8.38	43.23	8.24	556.60	13.54	102.54
14	13.02	8.38	9.22	6.59	7.46	229.96	14.47	439.50	52.74	156.16
15	11.47	7.76	15.70	6.88	7.46	40.54	11.64	290.27	65.45	114.42
16	16.19	7.46	11.54	6.59	7.16	15.88	9.33	202.05	130.29	97.26
17	11.47	8.07	9.36	5.51	7.16	14.90	8.05	172.80	260.99	64.01
18	10.74	8.38	11.11	5.26	6.88	14.69	7.76	155.65	227.05	81.51
19	10.38	8.07	9.07	5.51	7.46	12.93	28.48	149.30	157.85	71.24
20	11.11	12.04	7.46	6.88	6.59	12.11	36.00	130.28	178.42	63.30
21	11.11	19.30	6.88	7.77	6.73	11.94	16.01	91.83	164.38	68.56
22	10.40	15.54	6.60	7.76	6.59	13.33	14.70	72.96	146.44	81.76
23	11.14	13.39	6.59	7.16	7.16	12.83	18.09	71.98	120.07	45.56
24	10.38	15.68	6.59	9.50	6.88	12.45	25.18	28.85	83.29	83.18
25	10.38	14.00	6.88	13.14	8.39	12.15	22.53	26.96	63.95	71.00
26	10.04	14.49	6.59	8.70	8.38	10.47	26.43	13.93	59.64	57.19
27	11.11	14.23	6.32	7.76	7.76	10.84	13.63	12.31	70.17	31.38
28	9.70	14.17	6.32	7.46	7.76	10.08	13.74	19.92	26.94	21.69
29	10.04	14.40	6.04	7.16	7.76	8.72	20.71	10.79	10.04	63.08
30	10.04	16.01	6.04	6.88	7.76	8.92	83.97	11.31	9.41	84.46
31	10.04		6.04	7.16		8.72		11.23	8.54	
average	11.67	11.11	8.68	8.04	7.53	36.62	17.26	112.14	66.63	63.79

考 察

今回の和田川共同水路下流部における調査で、アユ、ウグイを初めとする魚類が123尾採捕された (Table 1)。関西電力雄神発電所から庄東第1発電所ゲートまでの和田川共同水路の水面が他の水面に接している箇所は、関西電力雄神発電所放水口、庄東第1発電所取水口、庄川本川と接している雄神にある分水口、安川操作所の4箇所である。このうち、関西電力雄神発電所放水口から排出される水は発電所のタービンを経由していること、庄東第1発電所取水口からの魚類の進入も同じく発電所のタービンを経由しなければならないこと及びゲートからの進入も高低差が大きく物理的に不可能であること、安川操作所排水口からの進入も排水口と取水口との高低差

が大きく物理的に不可能であることから、採捕された魚類はすべて庄川本川と接している雄神にある分水口から共同水路へ進入したと考えられる。

共同水路での採捕状況を見ると、魚類が採捕されたのは安川操作所付近の深みと庄東第1発電所ゲート付近の深みで、st1からst3の区間ではウグイが4尾採捕されただけであった。これは通常は流量が多いため、普通的水路部分(st1からst3の区間)(Fig.2)では流れが強くて適当な水勢があるところが少なく、魚類が棲みにくく、深みのある部分(Fig.3)に生息場所が限られるか、あるいは、急に水の流れが止まったため、通常的水路部分にいた魚類も驚いて深い部分に逃げ込んだためと考えられる。いずれにせよ、この水路のように多量の水が流れるところでは、通常断面部分では表層には魚類の棲める適当な水勢の所がなく、底層のごく一部に限られると思われる。安川操作所付近の深みまたはダムのゲートで流れが緩くなる庄東第1発電所取水口からst4付近までの部分が魚類の主な生息域となるのであろう。st8から庄東第1発電所ゲート(水深が7~8m)の区間でサクラマスや大型のニジマスとヤマメがアユ用の投網で数回の打網で採捕されたことは、この間の深みには相当数の魚類のいる可能性があるとして示唆される。

今回の調査は夜間であったこと、また調査時間が長く一定の時間内に魚類の採捕ができなかったことから食性の分析は行わなかったが、採捕された各魚類とも肥満度が高かった。また、アユでは本川の太田地先で採捕されたアユと魚体の大きさはほぼ同じか大きい傾向を示した。友釣りで採捕されたアユの魚体は投網で採捕されたものより大きく、また友釣りの漁法そのものが大きい魚体の魚が選択的に掛かる傾向にある(石田1964)ことを考慮すると、共同水路にはアユを初め各魚類の餌は十分にあったと思われる。

庄川の主な漁場は合ロダムから和田川との合流点までの約20kmで、主な魚種はサケ、アユ、ウグイなどの遡上性の強い魚類である(Table4)*。雄神分水口からアユ稚魚を初めとする遡上性の強い魚類の和田川共同水路への進入は、従来から漁業者の間では懸念されていたところであるが、今回の調査で初めて確認することができた。庄川ではアユ稚魚とサクラマス稚魚を毎年それぞれ180万尾と22万尾(1991~1993年平均)放流している上に、海産アユとサクラマス親魚の遡上及びサクラマス稚魚の生息もみられる。1992年と1993年の5月から9月までの雄神分水口からの放水回数を見てみると、1992年では11回、1993では77回であった(Table2)。雄神分水口の下流には大きな淵があり、遡上して来た魚類は一時はそこで滞留すると思われる。その時に放水があれば雄神分水口への魚類の進入は多くなり、また渇水時の放水(Table2,3)ほど漁業に及ぼす影響が大きいことが考えられる。特に4月から6月にかけてはアユ稚魚とサクラマス親魚のそ上時期にあたり、その可能性は大きくなる。また、分水口への進入は水勢から考えて水門の上がり始めと水門が閉まる前の頃に多いと思われるが、共同水路の流量(約70トン/秒)と分水口から放水される水量(約20トン/秒)の水流の強さを考えると、一旦共同水路に進入した魚類が再び庄川本川に戻ることはほとんど考えられない。

雄神分水口の入口には魚類の進入を防ぐ措置としてエアカーテンの設備が設置されてある(Fig.3)。現在のエアカーテンの稼働は6月から9月だけであるが、4月からアユやサクラマスの遡上がみられることから、今後は稼働期間を4月から9月に延長するとともに、より強力なエアカーテンに改造するなどの処置が望まれるところであろう。また、魚類の進入防止策としてはエアカーテンの他に光、音、電気及び水車を使用する装置が考えられるが、特にアユでは赤い光を嫌うことが

Table4. The yearly average catch of fishes at the Shou River in five years from 1988 to 1992.

Species	Catch (ton)	Ratio (%)
<i>Oncorhynchus keta</i>	111.6	58.2
<i>Plecoglossus altivelis</i>	50.8	26.5
<i>Tribolodon hakonesis</i>	12.6	6.6
<i>O. mykiss</i>	5.0	2.6
<i>Cyprinus carpio</i>	5.0	2.6
<i>O. masou</i>		
River Resident Type	3.2	1.7
Sea Run Type	0	
<i>Salvelinus leucomaenis</i>	2.2	1.1
<i>Anguilla japonica</i>	1.4	0.7
.....		
Total	191.8	100.0

知られており（日野 1979, 小山 1978），サクラマス幼魚も夜間は光を嫌うことから（兵藤ら 1993），光を使った進入防止装置の使用も有効と思われる。

しかし，どのような進入防止策を用いたとしても，放水がある以上，すべての魚類の進入を防ぐことは現状では不可能に近いと思われる。庄川では産卵期のアユ親魚は不足しており，1990年からは天然のアユ資源を増やすために毎年産卵期に琵琶湖産や海産のアユ親魚を購入して，河川敷にある一時的に人工的に作った小河川に放し，そこで産卵させている。サクラマスも漁業権魚種でありながら，現在資源増大のため漁業を自粛しており，採捕は春から夏にかけての流し網や投網による増殖用の親魚の捕獲に限られているが，これで捕獲される親魚も数十から百数十尾と非常に少ない（田子 1992, 1993a）。この捕獲を逃れたサクラマス親魚も夏場の本川の流量が非常に少ないため（Table 3, 田子 1993b），産卵期である秋まで生き残れる可能性は非常に低くなる。また，養魚場でアユやサクラマスを養成するには，人件費，電気代，餌代などの経費がかかる。

このような庄川の漁業の現状と庄川水系の変則的な水の流れを考えれば，今後はこのような水路に迷入した魚類についても水産上有効に利用する調査研究を積極的に進める必要がある。

謝 辞

本調査にご協力いただいた関西電力雄神発電所、富山県企業局電気課、同庄東発電所管理事務所及び庄川沿岸漁業協同組合連合会の各位並びに本論文をとりまとめるのに当り、御助言、御校閲をいただいた富山大学教育学部教授田中晋博士に深謝します。

文 献

- 日野椒美 1979. アユの光に対する忌避テストの概要について. 徳島県水産試験場事業報告書 昭和40年度－昭和51年度：42－45.
- 兵藤則行・関泰夫・塚本勝巳・大矢真智子・大久保久道 1992. 加治川におけるサクラマス幼稚魚の農業用水への迷入. 新潟内水試研報 18：21－30.
- 兵藤則行・星野正邦・大久保久道 1993. 光を用いたサクラマス幼稚魚の迷入防止の可能性. 新潟内水試研報 19：1－7.
- 石田力三 1988. アユその生態と釣り. つり人社, 東京, 162PP.
- 石田力三 1964. 友釣りにかかるアユの大きさ. 淡水区水産研究所研報 14(1) 29－36.
- 小山長雄 1978. アユの生態. 中公新書 中央公論社, 東京, 176PP.
- 真山 紘 1987. 魚道型実験水路におけるサクラマス幼魚のそ上行動. 北海道さけ・ますふ化場研報 41：137－153.
- 田子泰彦 1992. 平成3年度さくらます資源増殖振興事業報告書. 富山県水産試験場：1－36.
- 田子泰彦 1993a. 平成4年度さくらます資源増殖振興事業報告書. 富山県水産試験場：1－42.
- 田子泰彦 1993b. 庄川へ放流したサクラマス降海幼魚の大きさと降海時期. 富山県水産試験場研報 4：41－52.