

## 結 言

琵琶湖産アユは河川放流や養殖の種苗として、全国アユ種苗供給量の約70%に当る200～350トンが出荷され、内水面増養殖業の振興に大きく寄与している。しかしながら現在進行中の琵琶湖総合開発事業の水資源開発後は湖水の放水量が多くなり、その結果湖水位は大幅に且つ頻繁に変動するようになり、秋期河川の下流部の瀬で産卵するアユにとっては、資源的に大きな被害を受ける。したがって将来にわたって本種の資源を従来通り維持するためには、効果的な増殖対策を打ち立て、強力におし進める必要がある。

そこで琵琶湖湖岸に人工河川形式の大規模産卵場を設置し、これに湖水を通水させ湖中棲息のアユ親魚を遡上させるとともに、養成親魚をも放流し、人工河川内の産卵床に自然産卵させる事を立案した。これによって得られた大量の仔魚を琵琶湖に流下させるという増殖方法は、水資源開発後の大幅な水位変動で最も被害を受ける遡上、産卵ならびに仔魚の流下に対して、適切な対処の方法であると考えられた。本計画について昭和48年に滋賀県の要請により水資源開発公団は実験的な規模の人工河川を建設した。この施設を利用して昭和48年から53年までの6年間、これに関連する諸問題<sup>34)</sup>について検討した。

これらの調査研究成果から人工河川を用いた自然産卵法は、単位面積当りでは天然河川の10倍にもおよぶ産卵が可能となったが、琵琶湖産アユ資源を維持していくためには、莫大な仔魚量の資源添加が必要であり、これに適する増殖方法には現在行なわれている2,3の資源維持の方法と比較しても、人工河川利用による方法が最適であるとの結論に達した。

この調査結果は水資源開発公団が委託した琵琶湖アユ資源維持対策委員会（委員長、大島泰雄東大名誉教授）で種々検討された結果、現在では人工河川によるふ化仔魚放流が最良の方法であり、その技術的開発をより進める以外にないとしながらも、効果的な増殖を進める上で、また適切な規模の人工河川を設置するためにも、是非琵琶湖産アユの資源量の正確な把握が必要であるとの意見が出された。<sup>28)</sup>

アユ資源に関する調査研究は、人工河川でのふ

化仔魚の放流とも関連して、第1段階として琵琶湖に流入するアユの総仔魚量、次いで各漁具でのアユの漁獲量を調査することにした。

本報告は、流下仔アユ量に関する調査の報告であるが、調査には多くの不十分な点もあり、今後の補正が可能ないように、得られた数値は出来るだけ記載することにし、また今後の調査の参考となるような問題点についても付記した。

## 謝 辞

本調査を実施するに当たり、東京大学農学部、日比谷京教授、東京大学海洋研究所、田中昌一教授ならびに北里大学水産学部、鈴木敬二助教授には調査実施計画ならびに資料とりまとめに際し懇切なご指導ご助言を賜った。ここに記して深謝の意を表する。

また三重大学水産学部、伊藤隆教授には調査ならびにとりまとめに際し、終始適切にご助言ならびにご指導ご鞭撻を賜り、ここに厚く御礼申し上げます。

琵琶湖アユ資源維持対策委員会委員長、東京大学名誉教授、大島泰雄、委員の三重大学教授、伊藤隆、淡水区水産研究所資源研究室長、石田力三、ならびに京都大学助教授、三浦泰蔵の委員の方々には、委員会開催のつど本調査の実施を強く要望され、その御意見によって各関係機関の理解が得られ、本調査を円滑に遂行することが出来た。ここに深謝の意を表する。

また本調査の実施計画を立案するに当たり、静岡県水産試験場浜名湖分場、野中忠場長、神奈川県淡水魚増殖場増殖研究第1科長、鈴木規夫、増殖研究第1科主任研究員、石崎博美、東海区水産研究所、主任研究官、小川良徳<sup>あか</sup>には調査研究資料の収集ならびに調査全般についてご指導を受けた。また国立科学博物館、中村守純博士には文献収集に際し、ご便宜を載いた。ここに深謝の意を表する。

なお仔魚の採集に際し、夜間の重労働に快く参加して下さった中村重樹、松岡正富両氏ならびに北里大学、三重大学の水産学部の学生諸氏、および採集現場での種々のご協力、御便宜を載いた北舟木、浜分、百瀬、塩津、南浜、上多良、彦根、彦根市磯田、能登川町、中主町、守山の各漁業協

同組合と各組合員の方々に厚く御礼申し上げます。  
本調査研究費は水資源開発公団の委託費による。

1979年 3 月

担 当 者

滋賀県水産試験場長 古 川 優

本調査は下記のもので担当し、取りまとめを行った。

滋賀県水産試験場

中 賢治  
伏木省三  
大野喜弘  
田沢 茂  
里井晋一  
的場 洋

調査対象河川

野洲川南流  
野洲川北流  
日野川  
愛知川  
宇曾川  
芹川  
姉川  
余呉川  
塩津大川  
知内川  
生来川  
北仰の川  
石田川  
安曇川北流  
安曇川南流

三重大学水産学部

岩井寿夫  
藤岡康弘  
山田啓二  
小松秀樹  
成田達彦  
大原康之

調査対象河川

天野川  
犬上川

\* 現在は滋賀県水産試験場に所属し上記河川の取りまとめにも参加した。

調査方法  
アユのふ化流下仔魚調査研究の歴史  
表1. アユのふ化流下仔アユの調査研究

調査研究者・機関名, 発表年	調査年月日	目的	対象河川	採集		採集ネットの様式
				時刻・時間・層及び結果	方法	
徳島県水産試験場 1937	1937. 11. 26~12. 14	ふ化仔アユの餌料調査	徳島県 勝浦川 吉野川	日中, 10~20分間, 表層採集(舟)..... 14~16時(干潮時)10分間(200m)..... 水面下1~2尺	表層用フランクtonネット, その他不詳 φ7寸内外定量用フランクtonネット, その他不詳	
京都府経済部水産課 1953	1952. 10. 20~30	生活史の一部として 生態調査	滋賀県 姉川..... 京都府 宇川.....	定時採集 1時間毎に5分間 18時に流下の最大値.....	フランクtonネットその他不詳 φ25cmフランクtonネットその他不詳	
内藤寅二・外1名 1957	1950. 9. 21~22 1955. 10. 26~27	ふ化仔アユの流下状況 "	滋賀県 石田川 " 犬上川	2時間毎に採集(固定) 19~21時が流下のピーク 採集時間は2時間 19~23時が流下のピーク	前部蚊帳, 後部目合85μのネット他 口径20×口径80cm×長さ2m	
内藤寅二・外2名 1958	1956. 9. 19, 10. 10	"	滋賀県 犬上川 ・知内川・姉川	17~22時の調査, 2時間毎に 採集(固定), 採集時間2時間 18~21時が流下のピーク	同上	
淡水区水産研究所湖沼部 1958	1957. 9. 30~10. 13	流下時の水平, 水垂分布 日周期性 季節変化	滋賀県 知内川	2時間毎に24時間「水平, 水垂分布差異なし 採集(固定) 18時~20時に流下のピーク 9月下旬~10月上旬	口径5cm×口径45cm×長さ100cm(水垂 分布)稚魚ネット, 目合不詳 口径40cm×口径20cm×長さ100cm 稚魚ネット, 目合不詳	
和田吉弘・稻葉左馬吉 1967	1965. 9. 29~30 11. 5~12. 17	仔アユの降下期間の推定	岐阜県 長良川	表層採集(固定)	φ59cm, 前部から綿布, GG68×X100の 仔アユネット	
"	1966. 9. 29~12. 17	仔アユの生態	"	3時間毎に24時間, 表層採集(固定)	同上	
"	1966. 8. 20~1967. 1. 10	降下期間, 降下量の推移	"	連日20~21時に5分間採集(固定)	"	
"	1966. 9~10月	産卵場直下と20km下流点 での損耗率	"	24時間調査を3回, 採集(固定), 20kmの距離で損耗率64.5%	"	
"	1966. 10. 1~10. 2	降下中の仔アユの降海径 路の解折	"	流域4地点で24時間定時採集(固定), 仔アユの流下は水 の流下と一致する。	"	
大上皓久 1966	1966. 11. 16~17	アユ資源の保護増殖対策	静岡県 天冠川	2時間毎に5分間採集(固定) 18~22時にピーク	ラーバネットφ7.15cm×長さ1.96m, 網目GG28, 38	
大上皓久・橋谷雅之 1967	1967. 10. 3~12. 18	アユふ化仔魚の流下量	"	10日毎に24時間, 5日毎に20~21時に採集総流下数18~22 時にピーク18億5千万	φ74cm×1.7m, GG38 稚魚ネット	
大上皓久・外2名 1968	1968. 9. 26~12. 18	"	"	1週間に1回20時に定時採集, 表層5分間採集(固定) 流 域2地点で24時間採集2回, 22時にピーク13億8千万尾	φ74cm, 長さ1.7m, GG52, GG38の 稚魚ネット	

調査研究者・機関名・発表年	調査年月日	目的	対象河川	採集時刻・時間・層及び結果		採集ネットの様式
				方	法	
千田哲資 1967 小川良徳・外2名 1967	1965. 10. 5~11. 20 1966. 10月初 ~12月中旬	河口堰の影響調査 相模湾の稚アユ研究	岡山県 高梁川 神奈川県 相模川	昼間、表層水平曳採集(舟) 15分間 昼間及びび4時間毎の24時間調査を2回表層5分間 曳網採集(舟) 18~22時にビーク、総降下量推定5億尾	径71.5cm前GG28、後GG38のネット 径45cm, GG38のフランクトンネット	
中村守純・外7名 1968	1966. 10. 10~1967. 1. 30	日周、季節変化と流下量 と場所の関係調査	埼玉県妻沼大橋 より下流10kmの 利根川本川	調査回数13回、期間中1回5地点同時24時間調査、採集時 間2時間、表層採集(固定) 20~24時がビーク、流下期間 は9月中旬~1月末	口径0.3m×口径0.5m×長さ5.8m, 魚取部0.3mがサラシ布	
安部直哉・外2名 1968	1966. 10. 18~1967. 1. 17	相模湾産稚アユ資源調査	神奈川県 酒匂川	16~22時を主に調査回数19回、期間中3回の24時間調査、 河川表層ネットを設置(固定)採集時間30分~1時間、稚魚 は17時~1時に全部流下、総流下稚魚242万尾	径30cm×長さ100cm, NCG30とNCG 38のフランクトンネット	
村山隆夫・成岡俊男 1969	1967. 11. 14~1968. 1. 12	相模湾稚アユ資源調査	神奈川県 相模川	16~23時を主に採集、調査回数10回、期間中2回の24時間 調査、採集時間30分~60分、(表層採集固定)総流下仔魚 1,860万尾	径30cm×長さ100cm NCG38のフランク トンネット	
石崎博美・外3名 1970	1968. 10. 11~1969. 1. 16	"	"	15~22時を主に調査回数14回期間中4回の24時間 総流下仔魚 8,534万尾	"	
村山隆夫・外3名 1970	1968. 10. 8~1969. 1. 14	"	神奈川県 酒匂川	調査回数14回、期間中5回の24時間調査15~22時を主に採 集、採集時間1時間、表層採集(固定)、 流下総数2,205万尾	"	
東 幹夫・川那部浩哉 1970	1969. 11. 2~3	流下量の日周変化と河口 附近の分布	鳥根県 江川	24時間調査、流水中で5分又は5分間水平曳採集(舟)、 日出没時は1時間毎、その他は2時間毎、流下は20時がビ ーク	径71.5cm, GG38の仔魚網	
清野精次・外2名 1972	1970. 10. 12~11. 11	河川内の分布	京都府 由良川	期間中3回、昼間、表層、1.5m, 2.5mの3層水平曳(舟) 淡水域では中層に多く分布	モジ網と径45cm, イワシ産卵調査用ネッ ト(通称 <sup>①</sup> ネット)	
水谷英志・外2名 1978	1976. 10. 7~10	河口域の減耗と食害	滋賀県 芹川	18~22時は1時間毎、それ以後は2時間毎、採集は上流で1 分間設置(固定)、河口部で10m曳網(人力)、流下のビ ークは20時、河口部400m間の減耗率64%	口径30cm×口径20cm×長さ130cm, ××8,	

(\*印は1977年現在産卵調査対象河川)

### 調査対象河川の選定

琵琶湖に流入する河川では、産卵アユの主群は産卵のために湖中から遡上してくる小型のアユ(通称コアユ)であり、海に流入する一般河川のように河川上流から産卵のために降下するアユは少ない。それで対象河川の選定に当っては、8月末頃からコアユの遡上があり、しかも河床が産卵に適する河川から選んだ。これらの河川はいずれも琵琶湖北湖に流入する河川であり、南湖に流入する河川では、河川規模も極く小さく、水質、河床共に産卵河川として適さず、流量の推定には無視してもよいと思われる。南湖に流入する河川の内、アユの産卵に重要な10河川2派川では毎年産卵量の調査を行なっている。最近10年間の産卵調査結果は表2に示した。これについては、琵琶湖アユ資源維持対策検討委員会<sup>28)</sup>で指摘されているように、全産卵量を把んでいない、しかし、今回流下仔アユ量調査を併行させることによって、1947年以降継続実施している産卵調査結果がアユ資源調査の重要なデータとして利用できることになるので、すべて調査対象河川とした。その他には春期には遡上してくるが、秋の産卵は殆んどみられない宇曾川、日野川及び数多くある極く小規模の河川の内からも代表的なものとして2河川を選んだ。選定した河川は次のとおりで、河川規模で大きく分類した。河川的位置は図1に示した。

- 大型河川 安曇川 { 南流\* 姉川\* 愛知川\*  
                  { 北流\*
- 野洲川 { 南流\*  
                  { 北流\*
- 中型河川 石田川\* 知内川\* 天野川\*  
          芹川\* 犬上川\* 宇曾川 日野川
- 小型河川 塩津大川\* 余呉川
- 極小型河川 生来川 北仰の川

表3. 1977年河川別調査次別産卵量

(有効産着卵数 ×10<sup>3</sup>粒)

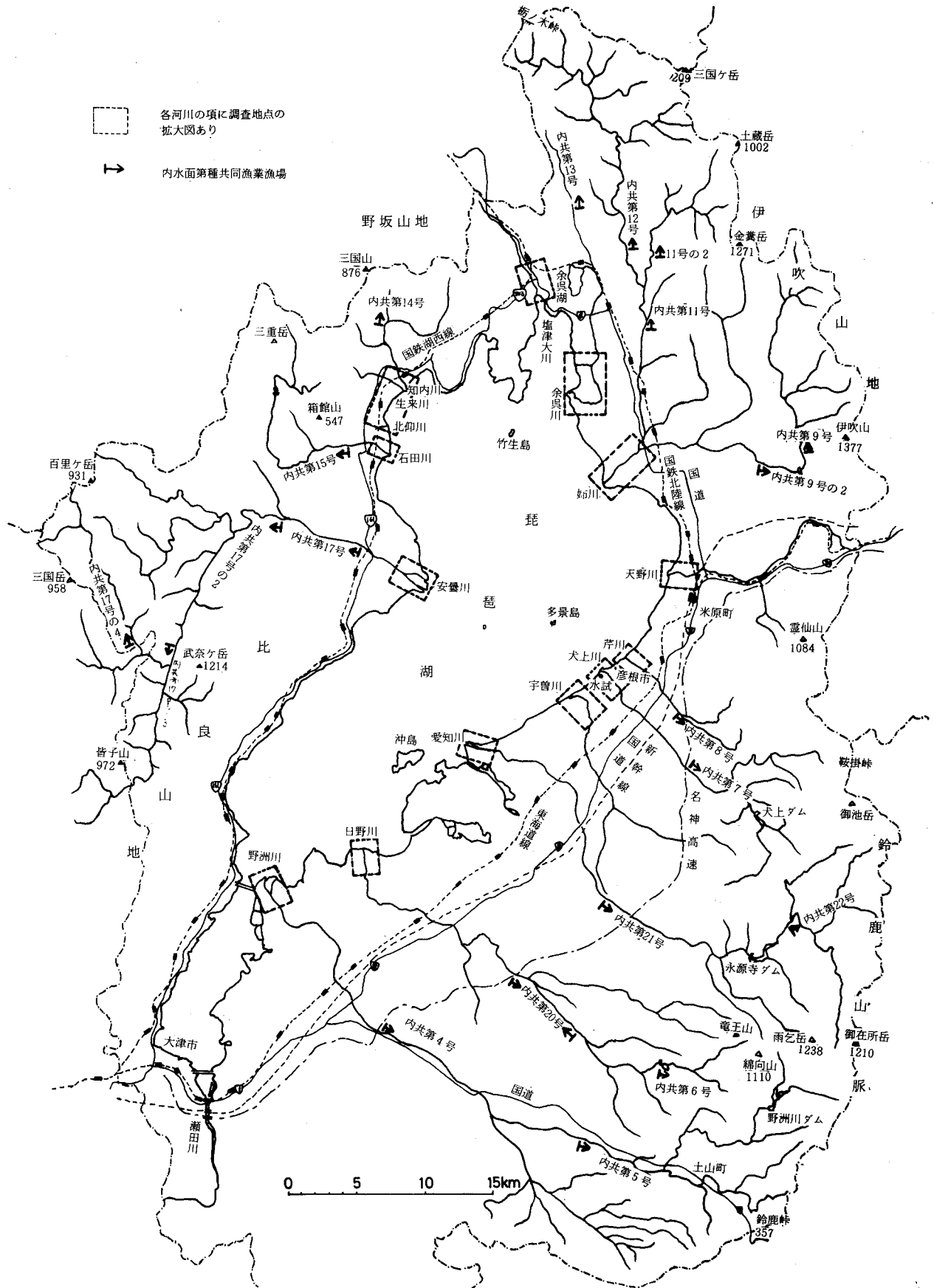
河川名	調査次 調査日	第1次 9/8	第2次 9/14~24	第3次 10/6~8	第4次 10/20~24	第5次 11/4~7	計
野洲川南流		0	0	0	(171) 228	0	(171) 228
野洲川北流		0	0	(2,385) 2,544	(392,022) 396,458	0	(394,407) 399,002
愛知川		0	(141,993) 146,586	(25,211) 25,211	(44,576) 49,060	(17,480) 17,806	(229,260) 238,663
犬上川		(2) 2	(86,339) 87,263	(130,724) 134,393	(8,534) 10,219	(16,583) 17,032	(242,182) 248,909
芹川		0	(4,399) 4,485	(35,484) 36,047	(56,054) 60,294	(47) 52	(95,984) 100,874
天野川		(2,185) 2,326	(5,969) 6,206	(18,627) 21,252	(6,350) 6,456	64 64	(33,177) 36,304
姉川		0	(9,845) 10,661	(852,157) 1,192,717	(46,370) 56,195	0	(908,372) 1,259,573
塩津大川		0	(17,640) 17,910	(5,459) 5,555	0	0	(23,099) 23,465
知内川		(1,199) 1,256	(102,285) 106,017	(87,805) 104,329	(3,064) 3,078	0	(194,353) 214,680
石田川		0	(114,328) 151,328	(66,978) 167,620	(46,617) 51,096	0	(227,923) 269,726
安曇川南流		0	(343,512) 349,131	(432,059) 446,339	(465,627) 486,688	(2,222) 2,434	(1,243,420) 1,284,589
安曇川北流		0	0	0	(469) 469	0	(469) 469
計		(3,386) 3,584	(826,310) 879,269	(1,656,889) 2,036,004	(1,069,854) 1,120,241	(36,378) 37,388	(3,592,817) 4,076,486

表2. 1968~1977年の有効産着卵数

(単位10<sup>3</sup>粒)

河川名	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
野洲川南流	産着卵なし	3,114	調査不能(大増水)及び産着卵なし	産着卵なし	354,351	増水	産着卵なし	増水及び濁水で調査不能及び産着卵なし	884	171
野洲川北流	20,172	2,955	33,902	産着卵なし	濁水及び工事中	増水	産着卵なし	増水及び濁水で調査不能及び産着卵なし	濁水で調査不能及び産着卵なし	394,407
愛知川	47,117	濁水	7,500	1,829,115	18,677	375,703	71,026	35,543	2,832	229,260
犬上川	123,666	151,944	52,905	4,613,383	93,926	124,254	118,663	185,332	483,066	242,182
芹川	188,313	21,733	44,835	7,951,337	165,160	215,942	28,001	12,918	575,880	95,984
天野川	50,640	33,095	3,036	15,319,176	301,562	134,857	136,592	18,183	6,402	33,177
姉川	293,836	221,676	34,976	8,322,589	418,351	1,193,322	704,300	133,807	81,959	908,372
塩津大川	18,704	28,917	17,838	93,906	145,786	178,017	50,801	産着卵なし	84,541	23,099
知内川	43,763	49,226	50,931	2,595,207	112,221	128,722	58,773	工事中調査不能	濁水(工事中)産着卵なし	194,353
石田川	70,718	16,656	23,133	5,604,785	88,403	12,663	156,493	49,177	29,167	227,923
安曇川北流	31,712	濁水	90,641	濁水(工事)及び千粒以下	2,596	13,556	産着卵なし	濁水	濁水	469
安曇川南流	192,058	59,034	189,451	5,043,007	5,976	465,587	165,077	12,610	116,761	1,243,420
計	1,080,699	588,350	549,148	51,372,505	1,707,009	2,842,623	1,489,726	447,572	1,381,456	3,592,817
順位	7	8	9	1	4	3	5	10	6	2

図1. 琵琶湖および調査河川全図



## 採集定点の位置の選定

各河川の詳細については各河川の項でのべるので、ここでは考え方の基礎についてのべる。これまでに数多く行なわれた流下仔アユに関する調査では、神奈川県酒匂川にみられるように河口まで河川勾配が大きい場合に河口近く(540m)に採集ネットを固定して流水中で採集が可能であるが、海域へ流入する河川の場合は船で曳網採集する例が多い。琵琶湖の場合流下仔アユ、卵の採集点は理想的には河口である琵琶湖湖岸に設けるべきであり、そうすることによって原因は別として流下中の種々の減耗<sup>15)</sup>を考慮<sup>27)</sup>したことになる。しかし実際には湖岸から採集点までの距離が20mと最も短い石田川、北仰の川を除いては採集点より下流に淵や相当な流程があるため、琵琶湖に流入するふ化流下仔アユ量に問題が残ることになる。滋賀県の場合大型河川であっても他府県と比較すれば規模は小さく、河口では出水時を除くと流量が少なく流速も小さいため、ネットを用いて固定しての採集が困難になる。又湖水に波浪がある場合は湖水が河口に逆流してネットが波にあおられて採集は困難になる。湖水位の変動によっては河口部がかなりの水深になる場合があるのと水位の上昇に伴って河口幅が拡大しても、大抵の場合それに見合う水量があるのは出水のあった後の短い期間であり同様に採集は困難になる。流量や流速は小さいが水深のある河口部での採集方法として水中ポンプの利用についても考えたが、電源、小舟の設備、採水時のポンプ操作や水量の計量等、人員の面からも可成りの無理が生じるので今回は取り止めた。いずれにしても湖岸に採集地点を設定することには問題が多いので今回各河川の採集定点は、結局最下流の産卵場の下で流れのある場所に設ける事になった。各河川の採集地点図\*に示すように、1977年は8月以降、降水量が少なく湖水位が下がっていたため、例年であると流速の小さい深みのある場所も流れがあって瀬が出来ており、このため採集定点は通常年よりは、より下流になった。通常年に採集を行なうとすれば、多分、より上流に移ることになるであろう。このような河川は生来川、塩津大川、姉川、芹川、犬上川、愛知川、野洲川南流がある。そして調査期間中に湖水位の上昇が

あって、採集に支障を生じる場合は、各河川共通に上流に採集点を移すということで調査を開始した。採集定点を決めるに当っては調査担当者が出来る限り多く参加して決めた。採集の容易さから水平方向の採集点の少ない場所、河川断面では水深があって川幅の狭い所を選び易いが、これは少しの増水時にも渡渉が困難になるため採集現場での経験から少しの増水時でも川幅の広がり易い場所を選べば、増水に伴って採集点は多くなるが調査の中止が少なくてすむことになるので、その様な場所を選んだ。

## 採集方法

1. 採集ネット 流下仔アユ調査の採集ネットの目合は小さい方では $\times\times 10$ <sup>12)</sup>、 $\times\times 8$ <sup>27)</sup>又はサラシ布が用いられており、濾水率を大きくすることを考えて、可能な限り大きな目合にした場合には、GG30<sup>21)</sup>、GG38<sup>21)</sup>が用いられている。又稚魚ネットの型式のものでは最終ネットはGG38の場合が多い。今回の調査では $N\times 8$ (180 $\mu$ )を使用した。これは前年の芹川の調査に使用された目合で、これより大きい目合では仔魚が網目に尾部から刺さるためである。ネットの構造は図2の規格のものを22張作成し、全河川の調査に用いた。ネットの構造を決めるについては1973~1977年の実験人工河川で用いたネットの構造を基に前年の芹川調査よりも口径を14.4 $\times$ 21.5cmと約半分の面積とし、採集時間を1分に縮めることによって濾水率について配慮した。

2. 採集ネットの濾水率 海洋、湖沼のプランクトンの定量採集におけるプランクトンネットの濾水率については、多くの検討結果が出され、一般に濾水計の回転数を用いて、 $F = t/T$ によって算出されている。

しかし、河川水流中のアユのふ化流下仔魚の定量採集ネットの濾水率の大きさ、河川流速との関係については、従来殆んど検討されていない。そこで本調査で、アユのふ化流下仔魚の定量採集に使用した採集ネットの濾水率の算出法、大きさ、および河川流速との関係を明らかにするため、本調査に使用したネットおよび流速計によって実測した結果を解析し検討することにした。

1) 濾水率の算出法 河川断面の数測点にお

\* 建設省国土地理院発行 25,000 : 1 地図を使用

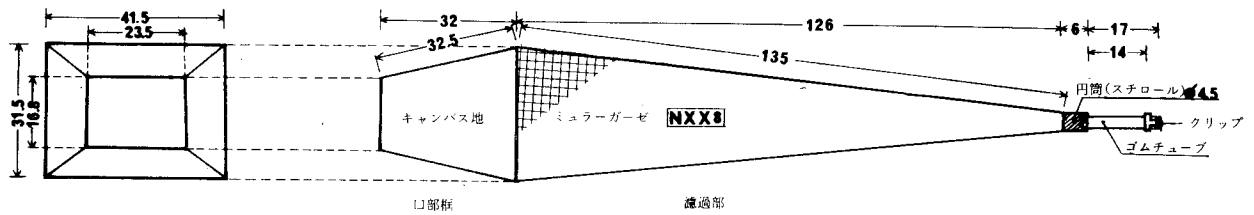


図2. ネット構造図 (計測寸法は外径)

いて、流速計を用い、1測点で数回測定し、各測点の河川平均流速 ( $v$ , cm/sec) を求める。次に、河川平均流速を求めた同測定点に採集ネットをセットし、同様な方法でネット入口平均流速 ( $u$ , cm/sec) を求めた。流速の測点は、河川幅15m~25m、水深38cm~47cmの場所で行ない、ネットの設置によって河川およびネット入口流速に影響のないと思われる場所を選んだ。

この採集ネットの濾水率  $f$  は、 $f = u/v$  によって算出出来る。

琵琶湖流入河川の河川流速14~82cm/secの4測点で測定された採集ネット入口流速、河川流速、およびネットの濾水率は、表4.に示した。

表4. 採集ネット入口流速と河川流速

測定点	ネット入口流速		河川流速		濾水率 $f = u/v$
	流速 cm/sec	平均流速 cm/sec	流速 cm/sec	平均流速 cm/sec	
1.	79.9	81.6	77.9	78.1	1.045
	81.9		77.3		
	79.9		77.0		
	83.9		78.1		
	81.6		78.7		
2.	82.5	49.0	79.9	47.7	1.027
	49.7		48.6		
	50.3		46.4		
	50.3		48.0		
	47.4		47.4		
3.	26.5	25.8	23.9	24.4	1.057
	25.4		25.9		
	25.1		23.0		
	27.4		24.5		
	25.4		23.6		
4.	24.8	14.1	25.1	11.5	1.226
	16.3		10.9		
	14.6		11.4		
	13.5		11.7		
	12.9		11.7		

2) 採集ネットの入口流速、濾水率と河川流速との関係 表4.に掲げた河川平均流速と採集ネット入口平均流速との関係をプロットし、図3.に示した。両表との間には明らかに直線式  $y = a + \alpha x$  が成立する。最小自乗法によって、 $a$  と  $\alpha$  を求めると、この直線式は  $y = 1.513 + 1.017x$  を以て表わされる。この直線においては、 $\alpha = 1.017$ 、 $a = 1.513$  で  $\alpha$  は1.0より若干大きく、また  $a$  は0よりも可成り大きいようである。そこで、共変量分析法によ

り  $\alpha = 1.0$ 、 $a = 0$  かどうか検定してみると、前者については  $F_0 = 0.55$ 、後者については  $F_0 = 1.93$  となり、いずれも有意な差は認められず、この直線  $y = 1.513 + 1.017x$  は、直線  $y = 0 + 1.0x$  と有意な差は認められないといつてよい。すなわち、採集ネット入口流速は河川流速と完全に比例するといえる。

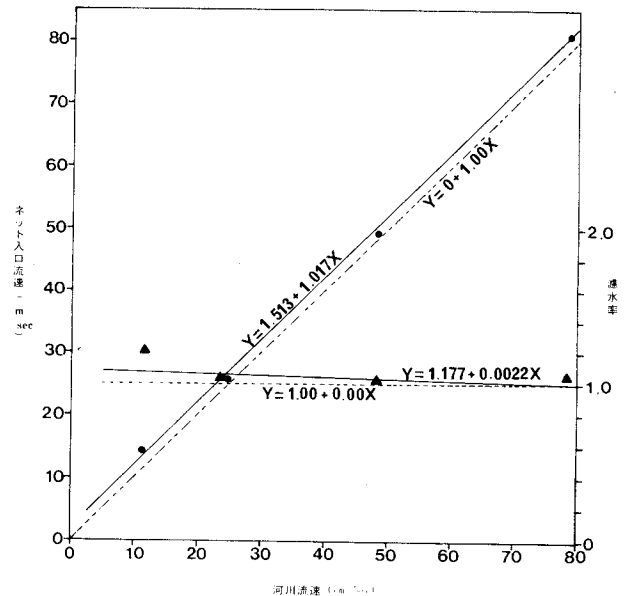


図3. 流下仔アユ採集ネット入口流速、濾水率と河川流速との関係

次にこの採集ネットの濾水率 ( $u/v, y$ ) と河川流速 ( $v, x$ ) との関係をプロットすると、図3.の下部に示したようになり、濾水率は河川流速が小さい時には大きく、河川流速が大きくなると若干小さくなる傾向がある。両者の関係の回帰直線  $y = b + \beta x$  を求めると、 $y = 1.177 - 0.0022x$  となり、逆相関があるように見える。しかし、 $\beta$  の値は0に近く、また  $b$  の値は1.0に近い。そこで、共変量分析法により、 $\beta = 0$ 、 $b = 1.0$  かどうかを検定すると、前者に関しては  $F_0 = 1.86$ 、後者については、 $F_0 = 5.40$  となり、いずれも仮説は棄却されない。したがって、直線  $y = 1.177$



—0.0022x は、横軸と平行 ( $\beta = 0$ ) であり、かつ濾水率の値は 1.0 と見なしてよいと云える。

本調査に使用された採集ネットの濾水率は、1.23 ~ 1.03, 平均 1.089 で 1.0 より若干大きく、採集ネット入口の流速は、河川流速より幾分大きくなる傾向がある。しかし統計的にみると、濾水率は 1.0 とみてよく、河川流速には無関係であるといえる。したがって、本調査時のふ化流下仔アユ数の推定においては、濾水率による補正は、その他の種々の誤差も考え合わせると、その必要性は認められないといえよう。

3) 濾水率 1.0 と採集ネットの構造 各種河川流速の条件下で、採集ネットの口部框 (キャンパス張りの部分) のみについて測定した框入口流速 ( $y$ , cm/sec) と河川流速 ( $x$ , cm/sec) の測定結果を表 5. に示した。結果によると河川流速が小

表 5. 採集ネット口部框のみの入口流速と河川流速

測定点	ネット口部框入口流速		河川流速		濾水率 $f' = \frac{y'}{x'}$
	流速 $y'$ cm/sec	平均流速 $\bar{y}'$ cm/sec	流速 $x'$ cm/sec	平均流速 $\bar{x}'$ cm/sec	
1.	76.98	77.73	65.38	65.67	1.18
	79.59		67.12		
	76.98		64.51		
	78.72		65.09		
	76.40		66.25		
2.	36.67	37.08	27.97	28.67	1.29
	37.25		26.81		
	37.83		28.55		
	37.54		29.42		
	36.09		30.58		
3.	22.17	22.05	16.08	16.08	1.37
	21.88		14.63		
	21.30		16.66		
	22.46		16.66		
	22.46		16.37		
4.	14.34	14.15	8.84	8.75	1.62
	13.76		8.83		
	13.18		9.41		
	15.21		8.83		
	14.05		8.12		
5.	5.35	5.47	3.32	3.09	1.77
	5.35		3.32		
	5.06		2.74		
	5.64		3.32		
	5.93		2.74		

さい程、口部框入口流速は大きくなる傾向があり回帰式は  $y = 3.46 + 1.14x$  となり、ネット地を張った正常な採集ネットの場合の  $y = 1.513 + 1.017x$  に比べて、 $a$ ,  $\alpha$  共に著しく大きい。このことは、この採集ネットの口部形態が河川水をよく通すことを意味し、また濾過部 (ネット地, NXX8) の抵抗により、河川流速にはほぼ等しくなり、濾水率  $f$  を 1.0 近くに保つ結果になったと考えられる。したがって、この採集ネットの構造は略々妥当なものであるといえる。

### 3. 採集時刻と時間 仔アユの流下時刻につ

いては清石 (1941) が日没から夜半 (滋賀県内河川, 河川名不明)<sup>2)</sup> 宮地・外 (1952) が京都府宇川 滋賀県姉川の両河川とも 18 時がピークとし、<sup>3)</sup> さらに (1955) に京都府大堰川で人口受精卵を沈めた場合宇川と同じく仔魚の流出は 18~20 時が最大となりその後急に減少し昼間は全くないとしている。<sup>4)</sup> 内藤・外 (1957) は 1950 年に滋賀県石田川での調査では 19 時~21 時の流下数が最も多く全体の 82%, 1955 年滋賀県犬上川では 19~23 時の流下数が最も多く全体の 82% に達した事から、流下仔アユは日没後 4 時~5 時間の間にこの大部分が流下するものとみて差支えなかつると、のべている。又内藤・外 (1958) は、1956 年滋賀県犬上川, 姉川, 知内川でのふ化仔アユの流下状況を、流下数の時間的变化は河川により異なるが最多時刻は 18~21 時の間で、その前後は急激に減少したとのべている。1958 年淡水区水産研究所湖沼部は滋賀県知内川で 18 時から 20 時に流下の山があって仔アユの数量の把握は 18 時~24 時で大部分を採集することが出来るとしている。<sup>5)</sup> 和田・稲葉 (1967) は、ふ化時間 (16 時~20 時) と浮子による流下速度とから、採集場所による流下通過時刻の違いを検討したところ、水の流下時間と仔アユの降下所要時間は一致するとみて差支えないとしている。<sup>6)</sup> 神奈川県が行なった一連の相模湾産稚アユ資源調査で安部・外 (1968) は神奈川県酒匂川で河口から数 km 以内に産卵床が形成されることから主に 16 時~22 時に採集を行っており、村山・外 (1969) は神奈川県相模川で産卵場が河口から 6.5 km 及び 18 km 上流にみられ、採集は河口から 6 km で行ない 16 時~23 時を主に採集しており、石崎・外 (1970) は同じく相模川で 1969 年と同じ範囲の産卵場、同採集地点で 15 時~22 時を主に採集している。いずれも調査期間中数回の 24 時間調査を行なって日間の流下傾向を補正している。小川 (1967) は神奈川県相模川河口で表層 5 分間曳きの 24 時間調査から 18 時~22 時に流下仔アユのピークがあるとのべている。静岡水試が天竜川におけるアユふ化仔魚の流下量調査で大上・幡谷・外 (1966~1968) は河口から約 10.5 km (筆者注) の産卵場に対して、河口から 3.5 km の所で採集して 18 時~22 時にピークが認められている。東・川那部 (1970) は島根県江川の河口から 7 km 上流の採集点において、それよりも約 2 km (筆者注) 上流に産卵場があって流下仔ア

ユのピークは18時であったとのべている。中村・外(1968)の利根川河口堰に関する調査で、流下仔アユについて埼玉県大里郡妻沼町地先の流域で行なった調査では、採集場所を産卵場の直ぐの下流と、そこから約8km下流とに設けたところ、仔アユの流下は夕刻より深夜に最大となるが、流下がピークに達する最多時刻は採集日と採集場所が異なることにより変化するとおのべており<sup>20)</sup>、又利根川の場合は石田<sup>29)</sup>の河川勾配と産卵場の形成場所からいわれるように、産卵場が河口から150kmの中流域に形成され、その範囲も30kmに及ぶとのべられているように、採集場所による流下仔アユのピークは和田<sup>16)</sup>、稲葉<sup>16)</sup>がのべていると同様に水の流下の速さによって変わるの自然と思われる。

これら天然河川とは別に、滋賀水試で行なった実験人工河川における水谷・外(1973)によるアユ卵の産着、ふ化率の検討の中で人工造成の産卵場直下で採集した結果では19時にふ化流下のピークがあって他の時間は極端に小さい値であることから、アユ卵のふ化は短時間内に集中していることは明らかである。そこで主な採集時刻を決めるについては、採集点から産卵場までの距離と、その時々々の河川水の流速が問題になってくるが、滋賀県内河川の流量に関するデータは皆無に近く、水試が行なうアユの産卵調査時の断片的な資料しかないので、上記の他府県の河川の場合を参考にしながら県内河川の主要な産卵場の河口からの距離と既に一度でも調査されたことのある県内河川についてみると、河口から主要産卵場までの距離は、1967年から'77年のアユ産卵調査野帖によると4.0kmの範囲であった。

石田川<sup>6)</sup>(19時~21時) 知内川<sup>7)</sup>(18時~21時) 姉川<sup>7)</sup>(17時~20時) 犬上川<sup>6,7)</sup>(19時~23時, 18時~22時) 芹川<sup>30)</sup>(20時) ((内は流下のピーク時刻)の結果とも併せて17時~23時を主な採集時間帯とすることとし、この時間帯では1時間毎に採集を行なうことにした。調査期間中には主な採集時間帯の採集だけでなく、流下仔アユの日周変化を知るために24時間の採集も行なうこととし、この場合は17時~23時の時間帯を除いては2時間毎の採集とした。採集は毎時00分からとし、採集時間はネットの口径面積から0.5m/secの流速でほぼ1<sup>m<sup>3</sup></sup>/minの水を濾過出来るので、ネットの濾水率の変化を出来るだけ小さくするためにも1分間とした。

次に、本調査に使用した採集ネットの、時間経過と濾水率の変化をみるため、採集ネットの流入口の流速を指標として測定した。流入口の流速測定は1分間の間隔を置いて30秒間測定し、その平均流速を求めた。表6は、その結果である。濾水率に大きな変化はなく、1分間の採集時間では濾水率は変化はないといえる。しかし、異常な濁水時や、異常な減水や濁水時の後の大出水では種々の流下物のため当然濾水率に変化があるものと考えられる。

表6. 流下仔アユ採集ネットの流入口の流速変化

測定点	(m/sec)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
I	0.27	0.27	0.26	0.26	0.27	0.26	0.25	0.26	0.28
II	0.85	0.82	0.82	0.81	0.84	0.83			

4. 河川流量、ネット濾水量の測定 河川流量は採集点とほぼ同位置で測定した。具体的には河川の流水の幅に応じて等間隔に水深(cm)を測定し、水深を測定した点と点の中央の流速(cm/sec)を測定し、河川断面をいくつか区切って、一区切りずつの流量を計算し、これらを加えたものを河川流量(m<sup>3</sup>/sec)とした。ネット濾水量は採集位置で流速を測定し、これにネットの口径面積を乗じた。水深が浅く流速計が使えない場合は一定距離間に漂流物を流して測定した。流速計は東邦電探製CM-1B型である。三重大大学の場合は東邦電探製CM-10S型である。<sup>5)</sup>

5. 採集水深、採集点数 白石<sup>5)</sup>は滋賀県知内川における調査で流下仔アユの河川の流水中の垂直分布を調べて、ほぼ等分に流下していると中間報告をしている。この時の水深は45~50cmで、各5cm深さ刻みの採集の結果によるものである。琵琶湖へ流入する河川では平常の通水状態では、水深は50~60cm以下で、全調査河川共、採集地点では渡渉可能である。又採集地点はさききのべたように河川断面の勾配の緩やかな所を選んだので多少の増水では川幅は広がるが、水深は急激に深くなりにくいから、知内川の例から流下仔アユの垂直分布は均等なものとして取り扱い、採集点の水深の中層にネットを設置した。水平分布については、流量によって採集点数は増減するが、いくつかある流心部を採集点に含めるようにして、作業的に可能な採集点数を選んだ。犬上川、天野川については水平分布を採集点と採集数から検討し

た。また採集点が産卵場直下の場合は水平分布に片<sup>21)</sup>よりがあることも考慮して採集するようにした。

6. 採集現場での作業手順、採集物の保存および計数 調査開始前の8月末に調査対照の全河川を調査担当者全員で視認し、採集定点を決め採集定点を結ぶ線上に杭を打ち、流下仔アユの採集場所である事を明示した。調査当日現場では採集開始時刻の直前に川幅、水深、流速、採集ネットの位置の流速を測定し、採集ネットを引掛ける細いロープを杭と杭の間に張った。必要な場合は河床や河岸にスコップやジョレンで手を加えて採集しやすくした。採集地点附近の河床を変える事に疑問もあったが、流量計算、流下仔アユ、卵数の算出には大変都合がよく、小河川や減水時にはむしろ積極的に河川を工作した方がよいと感じた。採集時刻が近づくと、予めホルマリン原液を入れた採集物保存用の1ℓ容のポリエチレン透明瓶、データ記録用の塩化ビニール板、水溫計を入れたカゴを採集点の杭に吊り下げ、採集用ネットと、ストップウォッチとネット口径より水深が小さい場合に水深を測定する直定規を持って水中に立ち込んで作業した。採集時に船は使用しなかった。河川内への立ち込みはゴムの胴長靴で入れる深さ迄であるが、流速が大きいとか、増水時には夜間のことでもあるので危険と思われる時は中止した。採集ネットは速やかに流水中の中層に下ろし、1分間採集のち速やかに取り上げ、その場でネットを外側から洗って、ネット後部に採集物を集めこれを濯いでは保存瓶に移し、これを3回くり返した。保存瓶中のホルマリン濃度は5~10%である。採集物が入った瓶は採集点近くの杭に吊したカゴに入れて次々と採集していった。採集物は調査期間中には計数が出来なかったもので、全調査終了まで水試内に保管した。

採集仔アユ、卵の計数はゴミ等の流下物を除いた後、すべての採集標本について全数を計数した。計数後の流下仔アユ、卵は別の小型容器に収容し保存した。

### 流下仔アユ・卵数の算出方法

1. 河川流量、河川断面積 流速のデータは通常調査開始時刻と終了時刻に実測値がありこの2つの測定値を用いて流量を算出し、その他の時

刻の流量は、調査時間中の異常な減水、増水を除いては流量変化は直線的であるとみなして算出した。河川流量の算出は各河川によって間隔は異なるが河川幅を一定間隔 $a_i$ に区切って区切られた地点の水深を測定し、水深の測定点と次の測定点の間で、中層の流速を測定して、 $a_i$ 間隔毎に流量を計算し $a_i$ から $a_n$ まで加えたものを河川流量( $m^3/sec$ )とした。

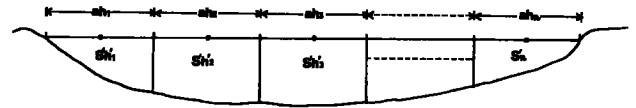


図4. 流下仔アユ・卵数算出における河川断面の区分例

$$\begin{aligned} \text{採集点} & i = 1, 2, 3, \dots, n \\ \text{採集時刻} & h = 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 18, 19, \\ & 20, 21, 22, 23, \\ h \text{ 時刻の河川断面} & S^h_{hi} = \sum_{i=1}^n S^h_{hi} \\ h \text{ 時刻の流速} & V^h_{hi} \\ h \text{ 時刻の河川流量} & Q^h = \sum_{i=1}^n S^h_{hi} \cdot V^h_{hi} \end{aligned}$$

(単位  $m^3/sec$ )

2. 採集ネットの濾水量 ネットの口径面積 $S^h_{hi} = 0.214m \times 0.144m$ であるが、網口の水深が、0.144m未満の場合は、実測した水深を乗じて、ネットの口径面積を求める。

$$\begin{aligned} \text{網口流速} & V^h_{hi} \\ \text{濾水率} & f = 1 \\ h \text{ 時刻の採集点でのネットの濾水量} & Q^h_{hi} = S^h_{hi} \cdot V^h_{hi} \end{aligned}$$

3. 流下仔アユ、卵の計算 採集点を含む $S^h_{hi}$ の河川断面には、流下仔アユ、卵は均等に分布しているとみなして $i$ 採集点を含む、川幅の流量を計算しこの流量を $i$ 採集点のネット濾水量で除して1分間のネット採集数を乗じ $S^h_{hi}$ の断面を1分間に通過する流下数とし、同様の方法で残りの断面についても計算しこれを集計して $h$ 時刻の1分間( $h:00 \sim h:01$ )に河川断面を通過した流下数とした。その結果は各河川の項に示した。以下流下仔アユ、卵数共に算出方法は同じなので流下仔アユについて記す。

1) 1 時間の流下数

$h$  時刻に  $i$  採集点で 1 分間に採集された仔アユ数

$$F_{hi}$$

$h$  時刻の 1 時間 ( $h:00 \sim h:01$ ) の流下数

$$NF_h = \sum_{i=1}^n F_{hi} (S_{hi} \cdot V_{hi} / S_{hi} \cdot V_{hi})$$

2) 採集時刻間の流下数(1 時間又は 2 時間)

時刻間の流下数は直線的に変化するとして、採集時刻と次の採集時刻の 1 分間の流下数の平均値に欠測分数を乗じて求めた。定時の採集時刻に欠測のある場合も同様に取扱った。

$h$  から  $h+1$  時刻間の流下数 (17時~23時)

$$NF_{(h \sim h+1)} = (NF_h + NF_{h+1}) \cdot 60 / 2$$

$h$  から  $h+2$  時刻間の流下数 (23時~17時)

$$NF_{(h \sim h+2)} = (NF_h + NF_{h+2}) \cdot 120 / 2$$

$$\text{調査日 24 時間の流下数 } NF_{(0 \sim 24)} = \sum_{h=17}^{23} (NF_h + NF_{h+1}) \cdot 60 / 2 + \sum_{h=23}^{17} (NF_h + NF_{h+2}) \cdot 120 / 2$$

3) 17 時から 23 時の時間帯の流下数の 24 時間への引伸し 24 時間調査日の総流下数に占める 17 時~23 時の流下数の流下率  $\alpha_j$  を求める。

$$\alpha_j = NF_{(17 \sim 23)} / NF_{(0 \sim 24)}$$

引伸し係数  $r_j$  は流下率の逆数である。

$$r_j = 1 / \alpha_j$$

4) 引伸し係数  $R_j$  の適用

4-1) 24 時間の調査日と次の 24 時間調査日の引伸し係数の平均値を、2 つの 24 時間調査日間の 17 時から 23 時の時間帯調査日の流下数に乗じて 24 時間の流下数  $NF_{(0 \sim 24)}^{**}$  に引伸した。

$$NF_{(0 \sim 24)}^{**} = R_j \cdot NF_{(17 \sim 23)}$$

$$NF_{(0 \sim 24)}^{**} \div NF_{(0 \sim 24)}$$

$$R_j = (r_j + r_{j+1}) / 2$$

4-2) 24 時間調査日が 1 回しかない場合や調査回数は多くても次の 24 時間調査日、または前の 24 時間調査日がない場合には、17 時~23 時の時間帯調査日に最も近い 24 時間調査日の  $r_j$  を適用して引伸した。

$$NF_{(0 \sim 24)}^{**} = r_j \cdot NF_{(17 \sim 23)}$$

5) 欠測日の流下数 24 時間調査日の流下数

$NF_{(0 \sim 24)}$  と引伸し係数を乗じた 24 時間流下数  $NF_{(0 \sim 24)}^{**}$ ,  $NF_{(0 \sim 24)} \div NF_{(0 \sim 24)}^{**}$  を用いてその間の欠測日の流下数は直線的に変化するとみなして、調査日  $k$  から次の調査日までの日数を  $l$  とし、 $k+l$  を次の調査日とすると欠測日の流下数  $NF_l$  は

$$NF_l = \frac{NF_{(0 \sim 24)} \cdot k + NF_{(0 \sim 24)} \cdot (k+l) \times (l-1)}{2}$$

$$= NF_{(0 \sim 24)} \cdot k + 1 + NF_{(0 \sim 24)} \cdot k + 2 + NF_{(0 \sim 24)} \cdot k + 3 + \dots + NF_{(0 \sim 24)} \cdot k + (m-1)$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, q$$

$$l = 2, 3, 4, \dots, m$$

6) 調査期間中の総流下数

$$\text{総流下数 } T_F = \sum_{k=1}^q NF_{(0 \sim 24)} \cdot k +$$

$$\sum_{k=1}^{q-1} \sum_{l=2}^m \frac{NF_{(0 \sim 24)} \cdot k + NF_{(0 \sim 24)} \cdot (k+l) \times (l-1)}{2}$$

( $l-1$ )

24 時間調査日の流下数、または引伸し係数を乗じた 24 時間流下数  $\sum_{k=1}^q NF_{(0 \sim 24)} \cdot k$

$$\text{欠測日の流下数 } \sum_{k=1}^{q-1} \sum_{l=2}^m NF_l$$

今回の算出方法は犬上川、天野川の調査で明らかかなように流下仔アユ、卵が河川内を均一に流下しないことから、河川断面を幾つかに区切って、各区分毎に流下数算出のための基礎数値を算出した。

7) 引伸し係数の適用を異にする場合の流下数への影響 次に前述の 4) 項において、17 時~23 時の時間帯調査日の流下数を 1 日の流下数に引き伸す時に、相近接する 24 時間調査日の引伸し係数  $r_j$  の平均値、または調査日に最も近い  $r_j$  を用いて 1 日に引伸した流下数  $NF_{(0 \sim 24)}^{**}$  を算出したが、引伸し係数の適用の仕方を変えた場合の河川の期間中の流下数を計算し、比較してみた。



類別	河川名	月日											
		11	12	13	14	15	16	17	18	19			
大型河川	安曇川南流												
	〃北流												
	姉川												
	愛知川												
中型河川	野洲川南流												
	〃北流												
	石田川												
	知内川												
	天野川												
	犬上川												
小型河川	産川												
	宇曾川												
極小型河川	日野川												
	塩津大川												
	余呉川												
	生来川												
	北卯の川												

日以降は無降水日が続き、10月下旬には、安曇川、姉川が渇水状態で、芹川、愛知川、野洲川、犬上川や琵琶湖からのポンプアップしている石田川も渇水寸前の状態で県下の主要な産卵河川中では知内川、塩津大川、天野川が減水ながらも他の河川よりやや条件がよいという状態であった。その後11月4日、16日に降雨があったが既にアユの産卵期を過ぎており遡上産卵への影響は小さかったと言える。調査期間中、渇水又は異常な減水状態が特に多かった河川は安曇川、姉川、石田川、野洲川であった。

### 1977年7月から12月の 気象と河川概況

降水量、湖水位 滋賀県気象年報<sup>32)</sup>によると、空梅雨につづいて7月下旬からも少雨で8月も依然少雨傾向であった。8月末から太平洋高気圧が勢力をもち返し残暑となった。雨を期待した9月上旬の台風9号も高気圧の勢におされて本土に接近できなかつた。その後10月末までは移動性高気圧におおわれることが多く、特に10月10日以降全く雨がなく無降水継続日数の記録が更新された。

又本年は台風発生数が少なく、その活動も不活発で本土に接近、上陸もなかつた。このため湖水位は7月初めの-40cmから下降傾向で10月末には-50cmとなった。そして11月20日には-58cmの最低記録を示した。11月4日からの降雨で水位もやや回復したが河川の出水は僅かであった。11月16日、17日の降雨で11月の降水量としては平年より多かったが集中的な降雨で、その後12月14日迄はやはり少雨が続く、水位は多少回復のきざしもあったが、12月下旬まで低水位は続いた。

河川概況 空梅雨以後の少雨で、各河川とも減水しており、アユの産卵が憂慮されていた。9月2～3日、7～8日の降雨で河川水はやや増えたが好天続きの後の少雨では河川水の回復には至らなかつた。9月29日の降雨前では安曇川、姉川、石田川、愛知川は渇水、又は渇水寸前であった。9月29日の降雨で各河川とも増水し、採集不能となる事があった。しかしその後10月3～4日の少雨があったのみで減水が続く、常水河川の塩津大川、天野川、知内川や湧水のある極小河川を除いては産卵、ふ化環境は悪化する一方であった。10月10