

神奈川県長期継代人工産アユ

相川英明

Successive-generation Reared Ayu, *Plecoglossus altivelis* in Kanagawa Prefecture.

Hideaki AIKAWA*

はじめに

神奈川県のアユの種苗生産事業は県下の内水面漁業の振興を目的として、1976年に神奈川県淡水魚増殖試験場で開始された¹⁾。これ以降、人工海水の組成、ふ化管理、餌料生物の培養、親魚養成などの方法の改良が行われつつ、毎年100万尾のアユが生産され、放流用、養殖用の種苗として、県内の漁業協同組合および養殖業者へ販売されてきた²⁾。1995年に淡水魚増殖試験場が水産総合研究所内水面試験場（更に2005年には水産技術センター内水面試験場に改称、以下、当場）と改称して相模原市緑区大島に移転したことに伴い、アユの種苗生産事業は淡水魚増殖試験場跡地に開所した神奈川県内水面種苗生産施設（以下、生産施設）において、（一財）神奈川県内水面漁業振興会（以下、振興会）が実施している。

当場はアユの親魚養成と生産施設へのアユ受精卵の供給を行うとともに³⁾、放流用種苗としての質についての研究に取り組んできた⁴⁾。

1976年のアユの種苗生産事業の開始から親魚で34代に渡って継代してきた種苗（以下、長期継代種苗）は、早期に成熟してしまうことや、冷水病に弱い傾向を示したことから2011年に生産を終了した⁵⁾。そして、2012年からは相模湾産の海産稚アユ由来で継代数が9代と継代数が少ない種苗（以下、短期継代種苗）に切り替えて受精卵を生産施設に供給している。

本県のアユ種苗生産事業は、アユの飼育試験から着手し種苗生産事業を開始して、1995年に当場から民間が実施するようになった。そして、種苗については漁業協同組合、養殖業者の要望に応えるため、2012年に長期継代種苗から短期継代種苗に切り替えた。

そこで、本報では神奈川県長期継代種苗とその生

産事業について、これまでの試験結果等を総括することとしたい。

親魚の由来

アユの飼育試験および種苗生産事業で淡水魚増殖試験場へ導入された親魚の由来を表1に示した。淡水魚増殖試験場では1964年に初めてアユの飼育試験が相模湾産の海産稚アユを用いて実施された⁶⁾。翌年の1965年に養成親魚から得たふ化仔魚で塩分濃度の試験で行われていることから⁷⁾、この養成親魚の由来は相模湾産の海産稚アユであり、親魚養成は1964年から試験的に行われていたことが窺われる。また、1965年には前述の塩分濃度試験と平行して相模川産親魚により種苗生産試験を実施している⁸⁾。これ以降、1966年は相模川産親魚⁹⁾を、1967年は相模湾産の海産稚アユおよび相模川産親魚¹⁰⁾を、1968～1970年は琵琶湖産種苗および相模川産親魚¹¹⁻¹³⁾を、1971年は相模川、酒匂川、長良川（岐阜県）、那珂川（栃木県）、狩野川（静岡県）産親魚および群馬県水産試験場産親魚¹⁴⁾を、1972年は相模川、長良川、狩野川、利根川（群馬県）産親魚および琵琶湖産種苗¹⁵⁾を、1973年は長良川、那珂川、狩野川、利根川産親魚および群馬県水産試験場産親魚¹⁶⁾を、1974年では、木曾川（愛知県）、長良川、相模川産親魚および群馬県水産試験場産親魚¹⁷⁾、1975年は木曾川産親魚¹⁸⁾を導入していた。

1976年の種苗生産事業開始以降、木曾川、多摩川、相模川の各河川の親魚、群馬県水産試験場産親魚および淡水魚増殖試験場の養成親魚から採卵が行われ、種苗生産事業が開始され¹⁾、1976年から1979年までの間、天然親魚と養成親魚の両方を用いていた¹⁹⁾。この養成親魚については、1976年から1994年までアユ種苗生産事業の担当者は「1979年までは、親魚を各地(木曾川が主、他に多

表1 飼育試験に導入した種苗と種苗生産事業に用いた親魚の由来

年	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	2004	2011	2012		
天然																							
木曾川											○	○	●	●	●	●							
長良川								○	○	○	○												
那珂川								○		○													
狩野川								○	○	○													
利根川									○	○													
群馬水試								○		○	○					●							
琵琶湖					○	○	○			○													
多摩川													●	●									
酒匂川									○														
相模川		○	○	○	○	○	○	○	○		○								●	●			
相模湾	○			○																			
養成																							
長期継代		○													●	●	◎*	●	●	4代	●	●	34代
短期継代																					◎**	8代	●

○：飼育試験に導入した種苗
 ●：種苗生産事業に用いた親魚
 ◎：親魚の1代
 *：1981年に親魚が4代と報告があったことから、1978年の親魚を1代とした
 **：2004年に相模湾産を導入

摩川、相模川、群馬水試等)から導入して採卵していた。種苗生産過程では選別時に種苗の由来は考慮せず体サイズごとに池へ収容していたため、由来の異なる種苗が混合飼育された。そのうちのトビ(成長の良い個体)を親魚養成して採卵したため、無作為に異なる由来の種苗同士の交配があった。」としていること(私信)や前述の1964年から1975年までに導入された種苗が試験的に親魚養成されていたと窺われることから、長期継代種苗はこれらの種苗の混合群であると考えられる。

1980年以降、養成親魚のみから採卵して種苗生産が行われるようになり²⁰⁾、継代飼育が行われてきた⁵⁾。2011年に当場では長期継代種苗(34代)および短期継代種苗(2004年に採捕した相模湾産稚アユ由来の8代)の親魚から採卵を行い、生産施設では長期継代種苗(35代)および短期継代種苗(9代)の生産を行った⁴⁾。2012年は長期継代種苗(35代)の親魚養成は行わず、短期継代種苗(9代)に親魚を切り替えてアユの種苗生産を行うことになった⁵⁾。

親魚養成

1976年~2012年の記録のあるものについて親魚の1尾当たりの採卵数と雌の平均体重(g/尾)を図1に示した。淡水魚増殖試験場では4~6月の水温が14.1~19.8¹⁹⁾で雌親魚の平均体重が100~120g/尾であっ

た²¹⁾。1995年より親魚養成は当場の屋外池で行うこととなり、雌親魚は50.4g/尾と小型化した。このことは当場の4~6月の水温が12以下であったため、低水温による低成長が原因と考えられた³⁾。しかし、注水量を少なくして池の水温の低下を防ぐなど飼育方法を改良した結果、2011年の当場の雌親魚の平均体重は119.1g/尾となり⁴⁾、現在は100g/尾を目安に飼育している。

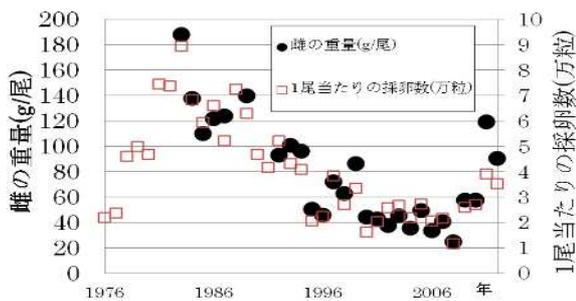


図1 親魚の大きさ
 神奈川県淡水魚増殖試験場報告第15~32号および平成7~24年度神奈川県水産技術センター業務概要より作成

円筒型ふ化器による受精卵の管理

アユの受精卵は、粘着沈性卵で、魚巢(図2)1本当たり受精卵4~6万粒を付着させた後、卵管理池(円形水槽7.5t、2面)に収容し、井水をかけ流してふ化まで管理していた。水生菌が発生するので、その対策としてマラカイトグリーンによる消毒を施していた。しかし、2005年8月の薬事法の改正、施行により、マラカイトグリーンが使用できなくなり、水生菌の発生による死卵が増加した。そこで、2006

年から粘土の懸濁液（本山水節の20%濃度液）により卵の粘着性を除去した（脱粘処理）受精卵を円筒型ふ化器（容積20L）へ600～800万粒収容し、下方から流水で受精卵を浮遊させて卵管理を行う方法を導入した²²⁾（図3）。



図2 魚巣への着卵作業



図3 円筒型ふ化器

これにより、受精卵の高密度管理が可能となり、用水は魚巣に比べ約1/30に節減が図れるとともに換水率は約13倍を確保できるようになった。また、マラカイトグリーン代替薬のプロノポールの使用量を節減できるようになり、受精後7日までの受精卵600万粒の消毒に要するコストは約1/120に抑えられ、水生菌の抑制が可能となった。

魚巣による方法では搾出、媒精作業、魚巣への着卵作業および魚巣を池へ収容する作業の3グループに分

かれて行っていたが、ふ化器では受精卵を吸水のため一旦コンテナに貯めておくので、搾出、媒精を行う1グループのみで済むことから採卵にあたる労力の削減もできた。さらに魚巣、卵管理用の池等の飼育器材の消毒が不要となり、これら消毒用薬剤による環境への負荷も低減できるようになった。

生産施設の種苗生産において、ふ化後60日に魚体サイズを揃えるために実施する第1回目の選別の際（平均体重0.04g/尾）の生残率（生残尾数/収容卵数×100）は2003年から2005年までの従来の魚巣による結果が36.4～45.0%であったのに対し、ふ化器を用いた2006年から2007年は57.1～62.9%となり、ふ化器は生残率が高く、量産規模において安定した生産結果を得ることができている²³⁾。

受精卵の脱粘処理に用いる粘土の懸濁液は繰り返して使用すると、脱粘が不良となることが散見されたので、現在ではタンニン酸水溶液²⁴⁾を1回の使い切りで用いている。タンニン酸水溶液のみでは粘性が残るため、タンニン酸水溶液に前述の粘土の懸濁液を混合して作業を行っている。

種苗生産事業における飼育水

1976年の事業開始以降、飼育方法を改良しつつ、毎年100万尾のアユを生産してきた²⁾。淡水魚増殖試験場では、ふ化仔魚の飼育水として1978年まで天然海水を1/4濃度に希釈して循環飼育を行っていた。1979年以降はふ化後150日まで、1/5濃度の人工海水による循環飼育を行っていた。そして、ふ化後150日以降は湧水または河川水による掛け流し飼育が行われていた^{2, 19)}。

1995年にアユの種苗生産事業が生産施設へ移行して以降、生産施設では河川放流の出荷日まで一切飼育水を交換しない閉鎖式循環飼育が行われたため、18の飼育水²⁵⁾と4月の放流場所の河川水の水温13²⁶⁾との間に5程度の水温差が生じていた。

この水温差がアユの生残率および行動特性（とびはね率）へ及ぼす影響が調べられ、18.8の飼育水から直接、14.0の付着藻類を繁茂させた石を配置した屋外池へ収容し、配合飼料については無給時で46日間飼育した際の生残率の69.9%に比べ、6日間かけて徐々に水温を4低下させて、アユを低水温に馴致した際の生残率は87.2%となり、低水温馴致により生残率が向上することが分かった²⁷⁾。また、18.2の飼育水から直接、12.9のとびはね検定水槽²⁸⁾に収容した24時間後のとびはね率の69%に比べ、あらかじめ7日間、12.1で低水温馴致した際のとびはね率は87%となり、低水温馴致によりと

びはね率が向上することが明らかにされた²⁶⁾。その他、飼育水温がアユへ及ぼす影響が調べられ、平均水温20で飼育した長期継代種苗(26代)の胸腺の発達が抑制されることが明らかにされ、稚魚期に16以下の水温で一定期間の飼育が必要であると考えられている²⁹⁾。

これらのことから、2011年に生産施設では飼育方法の見直しを行い、アユ稚魚期に循環濾過を併用した湧水による掛け流し飼育に変更して、河川放流前に河川水温に近づけてアユの飼育を行うようになった。

疾病について

種苗生産事業開始以前の1972年にアユの種苗生産試験のなかで、ふ化後100日にグルゲア症が発生し³⁰⁾、採卵時の胞子の除去と卵収容時の魚巢の洗浄及び飼育池の消毒(過酸化水素)などの対策が取られた³¹⁾。

種苗生産事業開始の1976年から1988年にかけては、アユの種苗生産時にピブリオ病が発生していた。そこで、飼育水を天然海水から人工海水に切り替えた。加えて、生物餌料のワムシを食塩水で洗浄したり³²⁾、オキシリン酸の投与を行なった¹⁹⁾。また、この間にピブリオ病以外では、トリコジナ症^{19, 33)}やシュードモナス症³⁴⁾などが発生している。1990年、1991年は細菌性鰓病が発生し、塩水浴を実施した^{35, 36)}。1994年には県下では初めて冷水病の発生が確認され、加温飼育などで対処が行われた^{37, 38)}(表2)。

表2 アユの種苗生産時の疾病の発生と対処

年	病名	対処	効果
1972	グルゲア症	採卵時の胞子の除去、卵及び飼育池の消毒	有り
1976	ピブリオ病	薬浴、投薬*	無し
1978	トリコジナ症	記載無し	
1979	ピブリオ病	オキシリン酸の投与	有り
1981	シュードモナス症	ニフルスチレン酸の薬浴及びオキシリン酸の投与	有り
1982	鰓部及び体部白濁症	ニフルスチレン酸の薬浴及びオキシリン酸の投与	有り
1984	ピブリオ病	樟脳剤の経口投与**	有り
1986	トリコジナ症	記載無し	
1988	ピブリオ病	ニフルスチレン酸の薬浴及びオキシリン酸の投与	無し
1990	細菌性鰓病	塩水浴	有り
1991	細菌性鰓病	塩水浴	有り
1994	冷水病	河川水の使用を中止、加温	有り

*: 文献に薬剤の名称は無いが、ニフルスチレン酸の薬浴及びオキシリン酸の投与と考えられる
***: 文献に薬剤の記載は無いが、オキシリン酸の投与と考えられる

1995年以降は、生産施設では閉鎖式循環飼育中に水質管理のため、クルマエビ養殖用の底質改善材(商品名マリンベッド; ミヤコ化学(株))の添加を行っている

が、細菌性疾病が発生していない。この底質改善材に含まれるバチルス菌*Bacillus sp.*には魚病細菌に対する溶菌作用があることが確認され、魚病の予防に関与していることが考えられている²⁵⁾。現在、生産施設では、閉鎖式循環飼育中に水質管理のため、ろ過槽に市販の硝化細菌や上記の底質改善材が添加されており、種苗生産過程で魚病の発生は無くなっているが、これら対策の効果が窺われる。

一方、当場の親魚養成では毎年ではないものの冷水病が発生しており、スルフィソゾールの投与で対処している³⁹⁾。また、マイクロカプセルによる冷水病ワクチンの経口投与⁴⁰⁾や浸漬試験が実施され、ワクチンの実用化に向けて研究が進められている⁵⁾。親魚に冷水病の自然発病があった際の死亡率は対照区の23.3%に対し、浸漬ワクチン区は5.3%と有意に浸漬ワクチン区の死亡率が低くなり、試作ワクチンの有効性が確認されている⁵⁾。このように自然発病による評価では浸漬ワクチンの効果が認められているものの、攻撃試験による評価では効果が安定していないことから、現在のところ浸漬ワクチンの実用化には至っていない。

長期継代種苗の特性

長期継代種苗の特性を表3にとりまとめた。とびはね検定水槽²⁸⁾による比較試験では、長期継代種苗(30代)のとびはね率が69~81%に対して、天然海産種苗は88~95%で、長期継代種苗は天然海産種苗に比べ劣っていた。短期継代種苗(4代)との比較では長期継代種苗(30代)が83~91%に対して、短期継代種苗(4代)は88~96%で、長期継代種苗と短期継代種苗のとびはね率は同等であった。

なわばり個体の出現率は長期継代種苗(30代)が36.7%に対して、天然海産種苗は43.3%で、長期継代種苗は天然海産種苗と同等であった。

遊泳力については長期継代種苗(30代)は、天然海産種苗に比べて劣り、短期継代種苗(4代)と同等であった⁴¹⁾。

河川放流後の状況については、長期継代種苗(30代)は河川放流後に冷水病の発生はないこと⁴²⁾、長期継代種苗(18~20代)は放流地点に留まること⁴³⁾、長期継代種苗(28~29代)は4月の河川放流時(平均体長約7cm)から1ヶ月後の5月には成長(体長約7.5~15cm)して漁獲加入していることが窺われたこと⁴⁴⁾などの特性が確認された。

表3 長期継代種苗の特性

項目	長期継代種苗	短期継代種苗	天然海産種苗	群馬県産継代種苗
とびはね率	30代 69 ~ 81%	<	88~95%	
	30代 83 ~ 91%	=	4代 88~96%	
なわばり個体の出現率	30代 36.7%	=	43.3%	
遊泳力*	30代 1433 ± 812	<	2158 ± 783	
	30代 1142 ± 624	=	4代 1014 ± 494	
冷水病の死亡率	35代 65 ~ 95%	>	2代 0 ~ 5%	
	35代 65 ~ 95%	≧	9代 45 ~ 60%	
	27代 3%	<		34代 39%
飼料効率(閉鎖循環飼育)	27代 71.0%	>	4代 45.5%	
親魚の採卵率	28代 84.0%	>	2代 43.6%	
発眼率	28代 53.5%	>	2代 38.0%	
親魚の成熟時期	23代は8月下旬		天然海産種苗は10月下旬	
親魚の採卵時期	25代は9月中旬		2代は11月初旬	

> : 有意差が有り、左側が高いことを表す

≧ : 有意差は無いが、左側が数値の高い傾向を表す

= : 同等であることを表す

* : 遊泳力 = 遊泳時間(秒) × 流速(cm/秒) / 体長(cm) を各個体ごとに算出、平均値 ± 標準偏差

長期継代種苗の飼育上の特性については、閉鎖式循環飼育時の飼料転換効率(増重量/給餌量×100)は、長期継代種苗(27代)は71.1%に対して、短期継代種苗(4代)は45.5%であった⁴⁵⁾。また、長期継代種苗(28代)は採卵時期が集中することに加えて、採卵率産卵した雌親魚数/飼育した全雌親魚数×100)については、長期継代種苗(28代)は84.0%に対して、(短期継代種苗(2代)は43.6%であった⁴⁵⁾。

また、発眼率(発眼卵数/採卵数×100)については、長期継代種苗(28代)は53.5%に対して、短期継代種苗(2代)は38.0%であった。このように、長期継代種苗の採卵率および発眼率は短期継代種苗に比べ高いことから⁴⁶⁾、長期継代種苗は受精卵を一時期に大量に供給する際に優れていた。

一方で、雌親魚の成熟時期(GSIが10以上)は天然海産種苗が10月下旬であるのに対し、長期継代種苗(23代)は8月下旬であること⁴⁷⁾、雌親魚の排卵(採卵)時期は短期継代種苗(2代)が11月初旬であるのに対し、長期継代種苗(25代)は9月中旬であること⁴⁸⁾など、長期継代種苗の成熟時期が早い性質があった(表3)。また、長期継代種苗(34代)は採卵時期が早過ぎて、生産施設のアユの生産時期と合わなくなってしまうため、電照飼育により採卵時期を遅く調節する必要が生じる⁴⁾など、早期成熟の性質は当場の親魚

養成にも影響を及ぼすようになっていた。

長期継代種苗のアユ冷水病の耐病性については、菌液に浸漬する攻撃試験を実施して、神奈川県の長期継代種苗(27代)の死亡率は3%に対して、群馬県産(34代)は39%で神奈川県の長期継代種苗の耐病性が高かった⁴⁹⁾。しかし、長期継代種苗(35代)は短期継代種苗(2代)に比べ劣り、9代に比較してもやや劣る傾向が見られた⁵⁾。

一方、漁業者から「神奈川県の長期継代種苗は河川で釣れない」との問題提起がなされたことから、2006年から2010年にかけて、振興会が漁業者、種苗生産担当者、県水産課および現場で構成する人工アユ生産検討会(以下、検討会)を開催し、神奈川県産の人工種苗の課題と対策を検討した。このなかで「長期継代種苗については、早期成熟するので漁期後半の漁獲が期待できない。放流場所の浅瀬に1ヶ月間群れている。遊泳力が弱く川に流される。継代を長年繰り返したので河川に適応できない。飼育方法については、飼育水温と放流域水温の差が大きいので、河川に適応できない。」などの問題点が挙げられ、その対策として「親魚を短期継代種苗への切り換えること。生産施設における放流前の低水温馴致飼育すること。」などが検討された。

また、養殖業者からも「長期継代種苗は成熟による体色の黒化(サビ)が早く進行して、商品価値が著しく低

下するので、単価の高い活魚で販売できる期間が短い。」など、成熟時期の早い性質は長期継代種苗の欠点として指摘されていた。

染色体工学手法による研究

アユは1年魚で、秋に生まれたアユは翌年の秋に産卵して死亡するが、3倍体化して不妊化すると2年生存し、雌型の3倍体は成熟期に体表の黒化(サビ)が起こらず大型になる。また、アユはその卵巣が好まれるため雌の商品価値が高いことなど、不妊化や性統御による優れた形質を持つ養殖品種の作出が望まれた時代背景から、1986年に染色体工学手法によるアユの3倍体作出研究が開始された⁵⁰⁾。アユの全雌2倍体魚及び全雌3倍体魚の生産に必要な性転換雄⁵¹⁾やアユの全雌3倍体魚⁵²⁾の作出手法が開発され、2002年には全雌3倍体アユ種苗生産が事業化されたが⁴⁸⁾、県内のアユの養殖業者は、河川放流用や友釣りの罔アユの出荷などの直接には食用とならないアユの生産の比率が高いことや、周年アユの養殖を行う実態が無かったことから、現場におけるアユの染色体工学研究は終了した。

まとめ

神奈川県の長期継代種苗(23~35代)は、閉鎖式循環飼育時の成長および飼料轉換効率、採卵率および発眼率が高く、採卵時期が集中し効率的に大量生産する際の優れた特性があった。また、水槽実験における行動特性は天然海産種苗には劣るものの、短期継代種苗とは同等であった。また、放流後の特性についても知見が集められた。

一方、欠点はアユ冷水病の耐病性が、短期継代種苗(2代)に比べ劣り、9代に比較しても劣る傾向が見られ、親魚の成熟時期が早いことがあった。成熟時期については、漁業者および養殖業者から早期成熟が指摘され、短期継代種苗の生産が求められていた。

短期継代種苗(2代)は親魚の採卵時期が集中しない性質があるが⁴⁸⁾、親魚の電照飼育により採卵時期を調整し、効率的に受精卵が確保できるようになった⁵⁾。また、短期継代種苗は閉鎖循環飼育では成長は長期継代種苗に比べ劣っていたが、生産施設では稚魚期に閉鎖循環飼育をやめ、湧水による掛け流し飼育を導入したことから、短期継代種苗の欠点を解消できた。

これらの研究結果および検討会の議論を受けて親魚を長期継代種苗(34代)から短期継代種苗(9代)へ

切り替え、長期継代種苗の生産は2011年に終了した⁵⁾。

漁業者および養殖業者は更なる継代数の少ない人工種苗の供給を求めていることから、現場では新規に海産稚アユを導入して親魚養成を行っている。しかし、この親魚は電照飼育により採卵時期の調整を試みても、採卵を計画する10月の当場の井戸水の水温が20℃を越え、季節変化のなかで最も水温が高くなるためか、計画よりも採卵のピークが遅くなることがあり、親魚の採卵時期と生産施設のアユの生産時期が一致しない状況となっている。このため、生産施設において、相模湾産海産稚アユ由来の1代の種苗生産事業には至っていない。今後、相模湾産海産稚アユ由来の親魚からの大量採卵の課題を解決し、生産施設において、相模湾産海産稚アユの1代の種苗生産事業を行い、より良い種苗を漁協や養殖業者に供給できるように努めていきたいと考えている。

引用文献

- 1) 高橋昭夫・他(1979)：アユ種苗生産事業，神奈川県淡水魚増殖試験場報告，15，9-13．
- 2) 高橋昭夫(1986)：アユの種苗生産事業について，相模川の魚たち，神奈川新聞社，178-182．
- 3) 神奈川県(1996)：平成7年度神奈川県水産総合研究所業務概要，90-91．
- 4) 神奈川県(2012)：平成23年度神奈川県水産技術センター業務概要，92-93．
- 5) 神奈川県(2013)：平成24年度神奈川県水産技術センター業務概要，74-81．
- 6) 成岡俊男・鈴木規夫(1965)：配合餌料によるアユ飼育予備試験，神奈川県淡水魚増殖試験場報告，2，55-56．
- 7) 鈴木規夫・他(1966)：海水塩分のアユ卵およびふ化稚魚に対する影響 - ，神奈川県淡水魚増殖試験場報告，3，43-47．
- 8) 鈴木規夫・他(1966)：アユふ化稚魚の飼育試験 - ，神奈川県淡水魚増殖試験場報告，3，32-35．
- 9) 鈴木規夫・片瀬悦雄(1968)：アユ人工ふ化仔魚の飼育実験，神奈川県淡水魚増殖試験場報告，5，22-24．
- 10) 成岡俊男・清水泰宣(1969)：アユの養殖餌料試験，神奈川県淡水魚増殖試験場報告，6，11-14．
- 11) 石崎博美・清水泰宣(1969)：アユ養殖適正餌料試験，神奈川県淡水魚増殖試験場報告，7，18-23．
- 12) 鈴木規夫・他(1970)：アユ種苗生産試験について，

- 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 8, 47-54.
- 13) 鈴木規夫・他(1972):アユ種苗生産試験 - , 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 9, 35-39.
- 14) 鈴木規夫・他(1972):アユ種苗生産試験 - , 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 10, 33-44.
- 15) 鈴木規夫・他(1974):アユ種苗生産試験 - , 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 11, 20-25.
- 16) 高橋昭夫・他(1975):アユ種苗生産試験 - , 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 12, 10-14.
- 17) 高橋昭夫・他(1977):アユ種苗生産試験 - , 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 13, 9-12.
- 18) 高橋昭夫・他(1977):アユ種苗生産試験 - , 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 13, 49-50.
- 19) 戸田久仁雄・他(1981):アユ種苗生産事業, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 17, 58-62.
- 20) 高橋昭夫・他(1982):アユ種苗生産事業, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 18, 58-62.
- 21) 高橋昭夫・他(1995):アユ種苗生産事業, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 31, 75-76.
- 22) 相川英明(2007):孵化器によるアユ卵の孵化管理の簡略化, 神奈川県水産技術センター研究報告, 2, 67-71.
- 23) 相川英明(2008):円筒型孵化器によるアユ卵の管理, 神奈川農林水産統計・情報, 3, 8-11.
- 24) 川之辺素一(2007):タンニン酸を用いたアユ受精卵の粘着性除去, 長野県水産試験場研究報告, 9, 52.
- 25) 相川英明・山本裕康(2010):魚病細菌に対するパチルス菌の溶菌作用, 神奈川県水産技術センター研究報告, 4, 39-41.
- 26) 神奈川県(2010):平成21年度神奈川県水産技術センター業務概要, 73.
- 27) 神奈川県(2009):平成20年度神奈川県水産技術センター業務概要, 81.
- 28) 塚本勝巳(1988):アユの回遊メカニズムと行動特性, 「現代の魚類学(上野輝彌・沖山宗雄編)」, 朝倉書店, 東京, 100-113.
- 29) 原日出夫・他(2006):飼育水温および飼育密度がアユの胸腺の発達に与える影響, 日本水産学会誌, 72, 182-185.
- 30) 鈴木規夫・他(1974):アユの種苗生産試験 - , 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 11, 20-25.
- 31) 高橋昭夫・他(1975):アユ種苗生産試験 - , 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 12, 10-14.
- 32) 高橋昭夫・他(1977):アユ種苗生産試験 - , 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 13, 9-12.
- 33) 高橋昭夫・戸井田伸一(1988):アユの人工配合飼料の研究, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 24, 7-12.
- 34) 戸田久仁雄・他(1983):アユ種苗生産事業, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 19, 5-6.
- 35) 高橋昭夫・他(1992):アユ種苗生産事業, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 28, 92-93.
- 36) 高橋昭夫・他(1993):アユ種苗生産事業, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 29, 73-74.
- 37) 高橋昭夫・他(1995):アユ種苗生産事業, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 31, 75-76.
- 38) 相澤康(1996):神奈川県下で発生したアユの冷水病について, 神奈川県水産総合研究所研究報告, 1, 63-67.
- 39) 神奈川県(2011):平成22年度神奈川県水産技術センター業務概要, 85.
- 40) 原日出夫(2004):アユの冷水病に対する経口ワクチンの研究 - , 神奈川県水産総合研究所研究報告, 9, 65-68.
- 41) 相川英明(2008):海産アユとアユ人工種苗の行動特性, 神奈川県水産技術センター研究報告, 3, 59-63.
- 42) 神奈川県(2008):平成19年度神奈川県水産技術センター業務概要, 62-63.
- 43) 戸井田伸一(2002):種苗判別指標と種苗ごとの行動特性に関する調査, アユ種苗総合対策事業報告書, 水産庁, 161-180.
- 44) 相澤康・中川研(2008):神奈川県早川におけるアユの生物生産と適正資源量の検討, 神奈川県水産技術センター研究報告, 3, 79-85.
- 45) 神奈川県(2005):平成16年度神奈川県水産技術センター業務概要, 49.
- 46) 神奈川県(2006):平成17年度神奈川県水産技術センター業務概要, 53.
- 47) 神奈川県(2001):平成12年度神奈川県水産総合研究所業務概要, 57.
- 48) 神奈川県(2003):平成14年度神奈川県水産技術センター業務概要, 55.
- 49) 鈴木究真・他(2005):人工継代アユの遺伝的・形態的特性および冷水病耐性, 群馬県水産試験場研究報告, 11, 41-43.

- 50) 高橋昭夫(1988)：淡水魚類の雌性化技術開発 染色体工学手法によるアユの3倍体作出 - , 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, **24**, 1-3.
- 51) 高橋昭夫(1994)：淡水魚類の雌性化技術開発 ホルモンによるアユの性転換 - , 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, **30**, 1-3.
- 52) 高橋昭夫(1998)：染色体操作による全雌三倍体アユの作出と飼育特性, 神奈川県水産総合研究所研究報告, **3**, 69-77.