ワカサギ人工受精卵の孵化ならびに孵化仔魚の生残に対する飼育水の塩分濃度の影響

誌名	水産増殖
ISSN	03714217
著者名	岩井,寿夫 長間,弘宣
発行元	水産増殖談話会
巻/号	34巻2号
掲載ページ	p. 95-102
発行年月	1986年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

〔水産増殖34巻2号（1986）
THE AQUICULTURE〕

ワカサギ人工受精卵の孵化ならびに孵化仔魚の生残に対する飼育水の塩分濃度の影響

岩井寿夫・長間弘宣*1)
（三重大学水産学部）

Effects of Salinity on the Developing Eggs and Early Survival of the Hatched Pond Smelt, *Hypomesus olidus* (PALLAS)

Toshio IWAI and Hiroyoshi OSAMA
(*Fac. Fish., Mie Univ., Tsu, 514*)

わが国におけるワカサギの増殖事業は，古く1909年に始まり，とくに1915年霞ケ浦より諏訪湖に移殖して，その成績が著しく良好であったことから，各地への移殖事業は活発となった[1,2]。また本種に関しては，生物学的・生態学的かつ資源学的に広範囲にわたり詳細な研究が行なわれており[3,4,5]，環境に対する適応性が広く，水中の濁度・塩分・水温などの変動が大きい水域にも生息が可能であり，かつ移殖・孵化放流も比較的容易であることが明らかとなり，これらの成果が基盤となって全国各地の湖沼にも広く，かつ頻繁に放流され，人工湖においてもそれぞれ相当の成績をあげて現在にいたっている[1,2,6,7]。全国のワカサギの漁獲量は年による変動は大きいが，1977年度は3,988 t に達し，その後は漸減の傾向があり，1983年度は3,509 t である[8]。

ワカサギの増殖事業が上述のように歴史が古く，かつ全国に普及しているのは，本種の人工採卵・人工孵化放流が比較的容易であることと，環境に対する適応力が大きいためと考えられるが，孵化後の成育が天然の生産力に依存している現状では，水域の水質汚濁などの影響は避けられず，これがワカサギ生産量に影響し，更には翌年の種苗の安定供給に支障を来すものと考えられる。このような現状から，本種の放流用種苗の大量確保のための人工種苗生産技術の確立は，今後の計画的な増殖事業を推進する上に不可欠であらう。

本研究は，このような観点から，ワカサギの人工採苗技術の確立を目標とし，その基礎的研究の一環として，人工採苗の際の飼育用水をとりあげた。前述のように，ワカサギは海水から淡水に及ぶ広範囲の移殖ができるのは，本種は塩分耐性が大きいからに外ならない。しかしワカサギと塩分濃度に関しては，不明な点が多い。本研究では人工受精卵の孵化用水としての塩分濃度と孵化率の関係，ならびに孵化仔魚飼育用水の塩分濃度と，仔魚の絶食生残の関係を明らかにする目的で本実験を行なった。

Ⅰ．ワカサギ人工受精卵の孵化に対する塩分濃度の影響

方　　法

卵　実験に用いた卵は1978年3月29日朝，長野

＊1）現在　上野製薬KK
連絡先：〒514三重県津市江戸橋2-80
三重大学水産学部　岩井寿夫

県諏訪湖の上川で採捕した親魚群より採卵，人工受精したものである。受精卵は魚巣に付着させ，当日本学へ輸送した。輸送時のクーラー内の温度は9.5℃で，乾燥を防ぐため魚巣の上下を充分水分を含んだスポンジで覆った。輸送後，受精卵は直ちに，あらかじめ準備した塩分濃度の孵化用水に収容した。卵の収容量は，ほゞ500粒を見当に魚巣を細かく切り，それを孵化用水に浸漬した。水温は10℃に調節した。実験期間は3月29日から4月22日の24日間で，その間は卵の消毒は行なわなかった。

稀釈海水　Cℓ 19‰ の Allen 処方人工海水*)を淡水（くみ置き水道水）で稀釈し，淡水，Cℓ 1，3，5，7，9，11，13，15，17，19‰ の各塩分濃度の稀釈海水を作った。実験には1ℓ容量のガラスビーカーを用い，上述の稀釈海水をそれぞれ1ℓ使用した。

孵化率・仔魚斃死率および奇形率　卵収容後，孵化までに生じた死卵は摘出，計数し，孵化終了後魚巣に残った死卵およびビーカーの底に沈下した死卵を全部計数し，それらの総計を死卵数とした。孵化仔魚は水中に孵出遊泳中の仔魚と，ビーカーの底に沈下した斃死仔魚数を別々に計数し，両者の和を孵出仔魚総数とした。従って死卵数と孵出仔魚総数の和が収容卵総数となる。孵化率は，孵出仔魚総数／収容卵総数，孵化直後の仔魚の孵死率は，斃死仔魚数／孵出仔魚総数，また奇形率は生残仔魚中の奇形仔魚数／生残仔魚数により算出し，それぞれ％で表した。

孵化仔魚の全長・卵黄径および体重の測定　孵化仔魚は塩分濃度別に直ちに10％ホルマリン液で固定した。その後，それぞれ50尾宛，無作為に抽出し，個体別に全長を測定した。測定は万能投影器により拡大して行ない，同時に仔魚の卵黄径(長径と短径を測定し，その平均値）も測定した。体重は取り上げ仔魚の湿重量を個体別には測定できないので，50尾の総重量を測定の上，平均体重を算出した。

孵化槽の水質　孵化槽の水質分析を行なった。水質の項目と，分析方法はつぎの通りである。pH（比色法），Cℓ（銀滴定法），溶存酸素量（D.O.メーター），NH_4-N（ネスラー法），NO_2-N（G.R.法），NO_3-N（ブルシン法），PO_4-P（Deniges Atkins 法）。水温，pH は3日に1回，他の項目については，実験終了時に分析した。

*) NaCℓ 28.17ｇ，$MgCℓ_2$ 2.55ｇ，KCℓ 0.77ｇ，$CaCℓ_2$ 1.20ｇ，$MgSO_4$ 3.50ｇ，$NaHCO_3$ 0.22ｇ，H_2O 1,000mℓ。

結　　果

孵化日数　実験結果は表1に示した。受精卵は8日後に発眼し，19日後から孵化が始まった。24日後までに大部分の卵は孵化を終えた。淡水から海水までの11段階の塩分範囲の中，孵化したのは淡水からCℓ 11‰ の範囲で，それ以上の高塩分では孵化しなかった。

孵化率・孵化仔魚の斃死率および奇形率　結果は一括して表1に示した。孵化率は，淡水の77.5％が最大，ついでCℓ 3‰で77.2％，Cℓ 5‰で76.0％，また，Cℓ 7‰で74.4％となり，これらの間には大差はなかった。Cℓ 1‰では65.3％とやゝ低い。一方，Cℓ 9‰では49.7％と低下し，Cℓ 11‰では24.5％，Cℓ 13‰以上の高塩分濃度では全く孵化しなかった。孵化直後の仔魚の斃死率はCℓ 1.3‰では0.2％，Cℓ 7‰では0.5％であった。淡水およびCℓ 5‰ではそれぞれ1.2％，1.1％であった。Cℓ 9‰では2.1％，Cℓ 11‰では3.3％となり，塩分濃度の高いほど，斃死率は若干高くなる傾向がみられた。

淡水からCℓ 7‰の範囲で孵化した仔魚の奇形率は0～0.9％で，いずれも低率であったが，Cℓ 9‰では4％，Cℓ 11‰では42％の高率となり，孵化仔魚の約半数が奇形であった。

孵化仔魚の全長　淡水からCℓ 11‰までの塩分濃度で孵化した仔魚の全長を測定し，その結果を度数分布で表し，図1に示した。仔魚の全長と塩分濃度の関係は，淡水では平均全長5.05㎜，Cℓ 1‰で5.54㎜，Cℓ 3‰で5.38㎜，Cℓ 5‰で5.20㎜，Cℓ 7‰で5.19㎜，Cℓ 9‰で4.84㎜，Cℓ 11‰で4.99㎜となる。Cℓ 1‰の孵化仔魚の全長がもっとも大きく，Cℓ 1‰以上では，塩分濃度が高いほど全長は小さく，また淡水の孵化仔魚も小さい，しかし全長の平均値の信頼限界を計算すると，差の有意性は認められなかった。

表1　ワカサギ卵の孵化と孵化用水の塩分濃度の関係

Cl (‰)	収容卵総数	ふ化仔魚	斃死仔魚	死卵数	孵化率 (%)	斃死率 (%)	奇形仔魚数	奇形率 (%)
0	970	752	9	218	77.5	1.2	3	0.4
1	709	436	1	246	65.3	0.2	4	0.9
3	711	549	1	162	77.2	0.2	0	0
5	1,352	1,028	11	324	76.0	1.1	1	0.1
7	837	623	3	214	74.4	0.5	2	0.3
9	764	380	8	384	49.7	2.1	15	4.0
11	358	91	3	267	25.4	3.3	37	42.0
13	1,636	0	—	1,636	0	—	—	—
15	820	0	—	820	0	—	—	—
17	807	0	—	807	0	—	—	—
19	754	0	—	754	0	—	—	—

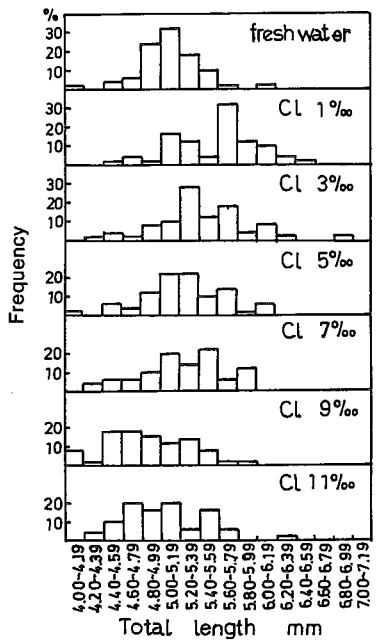

図1　ワカサギ孵化仔魚の全長の度数分布と孵化用水の塩分の濃度の関係

表2　受精卵への水生菌の着生・繁殖状況と孵化用水の塩分濃度の関係

Cℓ. of water	Fungal growth
Freshwater	+++
Cℓ 1 ‰	+++
3	++
5	+
7	—
9	—
11	—
13	—
15	—
17	—
19	—

+++ : very rich
++ : common
+ : rare
— no growth

水生菌の繁殖と塩分濃度の関係　死卵に付着する水生菌が，塩分濃度の違いによって，その繁殖にどのような影響があるかを明らかにするため，実験期間中に水生菌の着生状況，繁殖状況を観察した。結果は表2に示した。Cℓ 7‰以上の塩分濃度では水生菌は全く繁殖せず，Cℓ 5‰以下の低い塩分濃度においてのみ，その付着・繁殖がみられた。また低塩分ほど繁殖が著しい傾向があった。

孵化槽の水質　卵の収容から孵化までの各実験水槽の水温，pHの変化範囲，ならびに実験終了時における溶存酸素量，その他の水質分析結果は総括して表3に示した。水温は10.0～10.3℃の範囲，pHは塩分濃度が高いほど高くなる傾向があるが，実験期間中は著しい変動はみられなかった。Cℓ濃度はほゞ設定濃度を保った。実験終了時の溶存酸素量は3.64～5.14mℓ/ℓ，NH_4-Nは0.78～9.42mg/ℓ，NO_2-Nは0.11～2.04mg/ℓ，NO_3-Nは Tr.～0.56mg/ℓ，PO_4-Pは Tr.～0.18mg/ℓであった。これらの水質分析結果から判断して，塩分以外の水質が，卵の孵化に直接影響したとは考えられない。

表3　孵化用水の水質

Cℓ (‰)	W. T. (℃)	pH	Cℓ	D. O. (mℓ/ℓ)	NH_4-N (ppm)	NO_2-N (ppm)	NO_3-N (ppm)	PO_4-P (ppm)
0	10.2～10.3	6.8～7.0	9.00mg/ℓ	4.72	5.64	0.11	0.56	0.05
1	10.0～10.3	7.1～7.3	1.06‰	5.14	5.22	0.86	0.36	0.02
3	10.0～10.3	7.3～7.4	3.07	4.78	5.04	0.97	0.43	Tr.
5	10.2～10.3	7.3～7.6	5.09	4.64	9.42	2.04	0.17	0.03
7	10.0～10.3	7.5～7.6	7.05	4.75	4.50	0.96	0.30	Tr.
9	10.0～10.3	7.5～7.8	9.14	4.38	3.06	1.28	0.06	Tr.
11	10.0～10.3	7.7～8.0	11.42	4.07	2.10	1.12	0.17	0.03
13	10.0～10.3	7.9～8.1	13.23	4.33	3.78	1.00	0.06	0.18
15	10.0～10.3	7.8～8.1	15.00	3.64	3.12	0.84	0.06	0.03
17	10.0～10.3	7.9～8.2	16.96	3.78	2.34	0.96	0.06	0.07
19	10.0～10.3	8.1～8.2	19.56	3.86	0.78	0.92	Tr.	0.07

Ⅱ．ワカサギ孵化仔魚の絶食生残に対する塩分濃度の影響

ワカサギの人工受精卵を淡水で孵化させ，その孵化仔魚を塩分濃度の異なった飼育水に放養し，絶食生残と飼育用水の塩分濃度の関係を明らかにする実験を行なった。

第1次実験

方　　法

実験材料と期間　実験に用いた孵化仔魚は，1978年3月10日，諏訪湖上川で採卵，人工受精させた卵で，3月29日に本学へ輸送，孵化させたものである。受精から輸送までの19日間は，卵は現地湖水に浸漬して置いた。水温は5～7℃であった。輸送は前項と同じ方法である。輸送卵は，あらかじめ水温10℃に調節した循環濾過式孵化槽に収容した。孵化用水は淡水である。収容卵の孵化は4月3日から始まった。実験は4月5日～5月1日の26日間行なった。実験に用いた孵化仔魚の平均全長は5.53mm，平均卵黄径は262μ，平均体重は0.21mgであった。

飼育用水と放養尾数　飼育用水には前項の孵化実験と同様，Allen処方の人工海水を淡水で稀釈し，所定の塩分濃度の飼育水を作った。実験濃度は淡水，Cℓ 1，3，5，7，9，11，13，15，17，19‰の11種類とした。淡水は水道水を7日前からくみ置き，脱塩素の上，充分通気したものを用いた。実験には500mℓ容量のガラス製ビーカーを用い，上記の稀釈海水を500mℓ宛入れた。それぞれの塩分濃度飼育水には，孵化仔魚を20尾宛放養し，実験期間中は無給餌とし，放養仔魚の絶食生残を調べた。実験水温は10℃に調節した。

飼育水の水質　飼育水の水質調査はつぎの項目について実施した。水温，pHは3日に1回の割合，溶存酸素量，NH_4-N，NO_2-N，NO_3-N，PO_4-Pは実験終了時（仔魚が全滅した時）に分析した。分析方法は前項と同じである。

結　　果

孵化仔魚の絶食生残　ワカサギ孵化仔魚を淡水から海水までの11段階の塩分濃度飼育水に放養し，全滅に至るまでの経過は生残率曲線で纏め，図2に示した。淡水の飼育水では，1日後の生残尾数は7尾，生残率35％となり，仔魚の2/3が死亡，2日後には1尾のみ生残，3日後に全滅した。Cℓ 1～19‰の範囲では，塩分濃度が低いほど仔魚の生残は良く，全滅に至るまでの日数はCℓ 1，3，5‰では26日であったが，Cℓ 7，9，11‰では23日，Cℓ 13‰では17日，Cℓ 15‰では16日，Cℓ 17及び19‰では14日となり，高塩分ほど生残日数は短くなった。

飼育水の水質　実験期間中の各飼育水の水温，pHの変化範囲と，終了時のCℓ，溶存酸素量，栄養塩類等の水質分析結果は，総括して表4に示した。水温は実験期間中，ほゞ10℃に保った。pHは塩分濃度が高いほど高い。塩分濃度は，ほゞ設定濃度を保った。その他の水質の分析結果を検討したが，これらの水質が，仔魚の生残に著しい

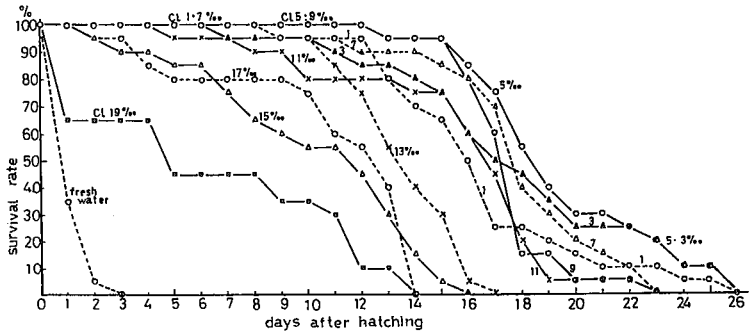

図2　ワカサギ仔魚の生残率曲線と飼育水の塩分濃度の関係

表4　ワカサギ孵化仔魚の飼育水の水質（第1次実験）

Cl (‰)	W. T. ℃	pH	Cl	D. O. (mℓ/ℓ)	NH_4-N (ppm)	NO_2-N (ppm)	NO_3-N (ppm)	PO_4-P (ppm)	全滅に至る日数(day)
0	10.0	7.1	9.8mg/ℓ	6.55	0.40	0.046	0.68	Tr.	3
1	〃	7.2～7.3	0.98‰	6.72	1.92	0.180	0.74	Tr.	26
3	〃	7.3～7.6	3.00	5.80	2.70	0.140	0.43	Tr.	26
5	〃	7.5～7.7	5.04	5.88	1.30	0.080	0.44	Tr.	26
7	〃	7.6～7.8	7.07	6.04	0.23	0.071	0.18	Tr.	23
9	〃	7.7～7.9	8.90	5.85	Tr.	0.031	0.25	Tr.	23
11	〃	7.9～8.1	10.90	5.89	Tr.	0.038	0.18	Tr.	23
13	〃	8.0～8.1	12.90	5.82	0.48	0.048	0.38	Tr.	17
15	〃	8.0～8.2	15.20	5.07	Tr.	0.042	0.38	Tr.	16
17	〃	8.1～8.2	17.10	5.61	Tr.	0.035	0.25	Tr.	14
19	〃	8.1～8.2	19.0	5.50	Tr.	0.032	0.30	Tr.	14

影響を与えたとは考えられない。

第2次実験

第1次実験から，ワカサギ孵化仔魚の生残と飼育水の塩分濃度の関係は，生残のもっとも良い塩分濃度はCℓ 3.5‰であって，それよりも低塩分では，濃度の低いほど生残が悪く，淡水がもっとも悪い結果となった。そこで第2次実験では，産卵群の異なる材料で更に検討するために実験を行なった。

方　　法

実験材料と期間　1978年4月10日，諏訪湖上川で採卵，人工受精した卵を現場（湖水水温約10℃）に浸漬して置き，4月27日に本学へ輸送，あらかじめ水温5℃に調節した循環濾過式孵化槽（淡水）に収容した。孵化は5月15日から始まり，16日に多数の孵化仔魚が得られた。実験は5月17日から始めた。実験期間は5月17日～6月17日の31日間である。実験に用いた仔魚の平均全長は5.69mm，平均卵黄径は203μ，平均体重は0.19mgである。

飼育用水と放養尾数　飼育水の塩分濃度は，淡水，Cℓ 0.2，0.5，0.7，1，2，3，5‰とし，Allenの人工海水を稀釈して作った。実験には500mℓ容量のガラス製ビーカーを用い，飼育水は500mℓとした。これらの飼育水に孵化仔魚を20尾宛放養した。実験期間中は無給餌とし，放養仔魚の絶食生残を調べた。実験水温は10℃に調節した。

飼育水の水質　水質の調査項目，方法などは第1次実験と全く同じである。

結　　果

孵化仔魚の絶食生残　淡水からCℓ 5‰までの各種塩分濃度におけるワカサギ孵化仔魚の生残率

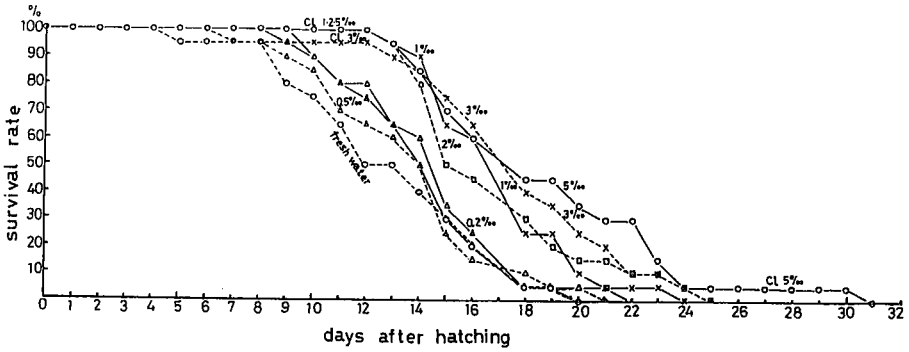

図3　ワカサギ仔魚の生残率曲線と飼育水の塩分濃度との関係

表5　ワカサギ孵化仔魚の飼育水の水質（第2次実験）

Cℓ (‰)	W. T. (℃)	pH	Cℓ	D. O. (mℓ/ℓ)	NH_4-N (ppm)	NO_2-N (ppm)	NO_3-N (ppm)	PO_4-P (ppm)	全滅に至る日数 (day)
0	10.0	7.0	10.2mg/ℓ	6.89	0.55	0.050	0.60	Tr.	20
0.2	〃	7.0～7.1	0.17‰	6.93	0.45	0.040	0.45	Tr.	20
0.5	〃	7.0～7.2	0.45	6.24	0.38	0.028	0.46	Tr.	21
0.7	〃	7.0～7.3	0.69	6.09	0.58	0.037	0.30	Tr.	22
1	〃	7.1～7.3	0.95	6.32	0.53	0.031	0.44	Tr.	24
2	〃	7.2～7.3	1.80	6.07	0.44	0.036	0.30	Tr.	25
3	〃	7.3～7.4	2.69	6.15	0.34	0.030	0.30	Tr.	25
5	〃	7.3～7.5	4.64	5.98	0.35	0.043	0.38	Tr.	31

曲線は図3に示した。仔魚の生残状態は，淡水からCℓ 0.7‰までの低塩分濃度で悪く，Cℓ 1～5‰ではよい傾向がみられた。全滅に至る日数で比較すると，淡水及びCℓ 0.2‰では20日，Cℓ 0.5及び0.7‰では22日，Cℓ 1‰では24日，Cℓ 2及び3‰では25日，Cℓ 5‰で31日となった。以上の実験結果から，仔魚の生残と飼育水の塩分濃度の関係は，全体的には低塩分濃度ほど生残が悪い。とくに淡水で悪く，Cℓ 5‰の範囲では高塩分ほど生残がよい傾向がみられ，この結果は前回の第1次実験結果とも共通する。

飼育水の水質　実験期間中の飼育水の水質分析結果は，一括して表5に示した。前回の実験と同様に，塩分濃度以外の水質が，実験に大きく影響したとは考えられない。

Ⅲ．総括ならびに考察

人工受精卵の孵化と塩分濃度の関係　孵化用水の塩分濃度と卵の孵化率の関係を総括して図4に示した。Cℓ 7‰を上限として，それより高塩分では孵化率は著しく低下し，Cℓ 13‰以上では孵化しない。またCℓ 11‰では，孵化仔魚の約半数が奇形である。淡水からCℓ 7‰の範囲では，孵化率は70%以上あり，とくに淡水では孵化率77.5%と最高であった。ワカサギ卵の発生と塩分濃度の関係は，従来の研究では海水の7.5%以下（Cℓ 1.4‰に相当）の場合は順調に孵化することが知られている[1]。またワカサギの産卵生態は，海に生息するものについては，付近の河川に遡上して産卵するといわれ，天然水域での産卵が淡水域で行なわれていることから，塩分濃度の高い孵化用水は，孵化に適さないといえよう。

孵化仔魚飼育用水の塩分濃度と仔魚の絶食生残　ワカサギの人工孵化仔魚の絶食生残に対する飼育水の塩分濃度の影響については，2回の実験を行ない，その結果は必ずしも一致しない。とくに淡水での絶食生残日数は，産卵群の違いによって

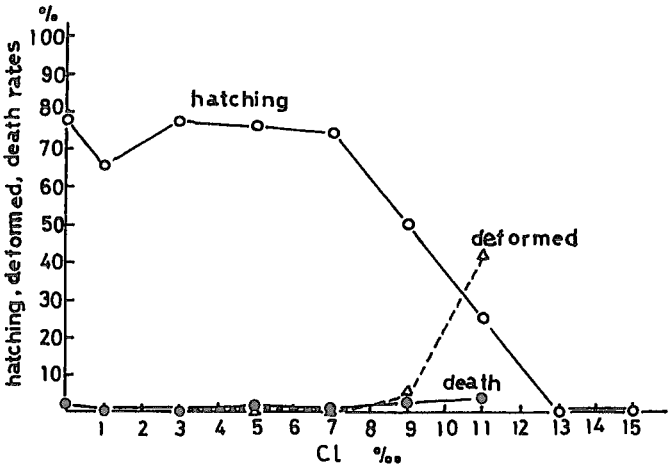

図4　ワカサギ卵の孵化率・奇形率・斃死率と孵化用水の塩分濃度の関係

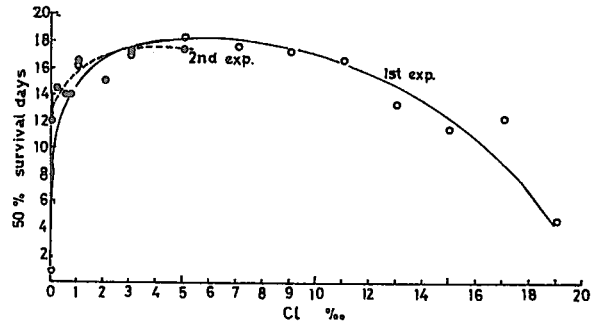

図5　ワカサギ仔魚の50%生残日数と飼育水の塩分濃度の関係

著しい差がみられた。この理由については，現段階では充分解明できないが，その一因として卵質の良否が考えられ，今後更に検討したい。しかし生残に対する影響濃度の傾向は，2回の実験ともよく一致しており，淡水の絶食生残日数は，もっとも短い。実験結果を半数生残日数で取り纏め，飼育水の塩分濃度との関係は図5に示した。半数生残日数のもっとも長いのはCℓ 5‰で，第1次実験では18.3日，第2次実験では17.4日となる。これに対して淡水では，もっとも短く，それぞれ1日と12日となった。2回の実験結果には差が大きく，これについては今後検討が必要である。ワカサギを淡水から海水に移した場合，普通海水の濃度までは殆んど影響を受けないといわれ，また本種の分布は，かなり広く，水温にも塩分にも適応性が広い[4]。今回の実験で明らかのように，孵化仔魚を直接海水に移した場合には影響は避けられないが，図5にも明らかのように，塩分濃度に対しては，かなり適応範囲が広い傾向がある。

飼育水の塩類組成と魚類の関係については，魚類は無機塩類を環境水から直接取り込むこと[9]，水の中のP濃度が10mg/ℓまで高まる場合にはチョウザメの一種 *Acipenser* の稚魚の成長は著しく促進される[10]などの報告がある。これらの研究から，いくらかの無機塩類は直接に魚類によって同化されると考えられる。稚魚の生残・成長と塩

類濃度の関係については，海産魚で多数の報告があるが[11,12]，淡水魚に対し，塩分変化と稚仔魚の抵抗性の問題については，ボラ・コイ・フナ[1]・アユ[13,14]に関して若干の研究例はあるが，不明な点が多い，ワカサギを用いた今回の実験結果から，仔魚の抵抗力が，飼育水に塩分を含むことによって若干大きくなることから，仔魚の歩留り向上に有利と考えられるが，発育段階によっても塩分耐性が変化するので，これらの問題については更に今後検討したい。

最後に受精卵を提供され，有益な助言を与えられた長野県水産試験場諏訪支場の山本長場長および薄井孝彦技師に深謝する。

文　　献

1）鈴木權次郎（1957）：ワカサギの養殖，内水面増殖，421～429，大日本水産会.
2）科学技術庁資源調査所監修（1969）：つくる漁業，資源協会.（東京）
3）白石芳一（1967）：ワカサギ，養魚学各論，163～179，恒星社厚生閣.（東京）
4）松原喜代松・落合明（1969）：魚類学（下），507～512，恒星社厚生閣.（東京）
5）白石芳一（1961）：ワカサギの水産生物学的ならびに資源学的研究，淡水研報，10（3），1～263.
6）稲葉伝三郎（1976）：ワカサギの養殖，淡水増殖，恒星社厚生閣.（東京）
7）宮地伝三郎・川那部浩哉・水野信彦（1976）：原色淡水魚類図鑑，保育社.（東京？）
8）農林水産省統計情報部．昭和58年漁業・養殖業生産統計年報.（1985）.（東京）
9）益子師来也（1977）：魚類生理（川本信之編），恒星社厚生閣，（東京）354～370.
10）ニコルスキー（1963）：魚類生態学（亀井健三訳），新科学文献刊行会（米子）．P 61～64.
11）中村中六（1957）：水産学集成，11～50，東大出版会.（東京）
12）HOLLIDAY F. G. T. (1971)：Marine Ecology Vol. 1, Part 2 (Ed. O. KINNE), 997～1033.
13）伊藤隆・岩井寿夫・古市達也・堀木信男（1967）：アユ種苗の人工生産に関する研究 XLI．人工受精卵のふ化に対する塩分濃度の影響．木曽三川河口資源調査報告，4，733～830.
14）伊藤隆・岩井寿夫・古市達也（1967）：アユ種苗の人工生産に関する研究 XLV．人工ふ化仔魚の初期生残および成長に対する飼育水の塩分濃度の影響，同誌，4，967～984.