

サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) 卵の発生に
およぼす塩水処理の影響—Ⅲ

発生過程における処理の時期について

橋 本 進

The Effect of Treatment with Salt Water on the Development
of Chum Salmon, *Oncorhynchus keta* (Walbaum), Eggs……Ⅲ.

The Most Suitable Time of the Treatment
on the Eyed Stage

Susumu HASHIMOTO

The purpose of this work is to clarify the influence of the salt water treatment on the egg development from the relation between the suitable time of treatment and the time of appearance of the hatching enzyme gland following the previous report.

1. It is considered that the degree of abnormal hatching phenomena which occurred owing to the salt water treatment is closely related with the appearance and the growth of the hatching enzyme gland.

2. The hatching enzyme was clearly present in an embryo which was allowed to develop for 47 days after fertilization when the incubation period was 62 days. The hatching enzyme gland was considered to appear during this period.

3. Dead eggs and abnormal hatching did not occur, regardless of in what stage of development the eggs were treated, when the treatment period did not extend more than five minutes.

4. The increase in the period from the first hatching until the last hatching of treated eggs was unrelated to the period of treatment. This period saw a remarkable increase in the progress of the development of eggs which were treated on the 53rd day after fertilization.

5. When the eggs were treated within 35 to 53 days after fertilization, the number of days after fertilization until the last hatching increased according to the progress of egg development. This increase was unrelated to the treatment period.

6. If we consider the feeding of fry, the removing of the worthless eggs with salt water should be done immediately after eye spots appear or just before hatching.

ま え が き

死卵および発生不良卵の除去に塩水処理法が用いられる場合には、塩水の濃度、浸漬時間などの処理条件の如何によってはその後の発生過程において異常ふ化現象に起因するふ化率の低下が生じ、ふ化事業の大きな障害になる恐れのあることが前報の結果から知られた。

なお、塩水処理の影響については斎藤・佐野(1933)らによっても知られ、発眼時(水温8℃で受精後30H)に最大に達した抵抗力が、同じく45日以後急速に低下し、同じく50日以後に処理された卵にあってはふ化開始日が促進されることなどが観察されている。このことは、処理によるふ化率の低下および異常ふ化の発生が、処理時期と胚体の発生度合とが密接に関係していることを示唆しているように思われる。またこのことから、その原因は先の報告において推察されたように胚体における酵素腺の出現時期と密接な関係にあることがうかがわれる。

したがって本報では、発生度合の異なる卵を用いて塩水処理後に発生する異常ふ化現象の違いを観察し、胚体の発生過程におけるふ化酵素作用の発現時期を推定し、あわせて検卵に塩水処理法が適用されるための卵発生上の処理適期を検討した。ここにこれらの結果を報告し、今後の人工ふ化事業にいくらかでも参考になれば幸いである。

Ⅰ 材料および方法

1. 供試卵：千歳川において昭和37年11月26日、11月30日、12月8日および12月19日に採卵された受精卵を、前報の実験と同様に8℃の湧水で発育させた発眼卵を各試験区について100粒あて用いた。
2. 塩水濃度：卵への障害の度合ならびに塩水で検卵が行なわれる場合を考慮し、溶液1ℓ中に食塩(粗塩)を130g溶かしたものをを用いた。
3. 実験区分：第1表に示したように供試卵を採卵月日順にA・B・C・Dの4つに大別し、その夫々について浸漬時間が5分間、10分および15分の3つの試験区を設けた。

第1表 実験区分

| 採卵月日 | 11月26日 | | | 11月30日 | | | 12月8日 | | | 12月19日 | | |
|-------------|--------|-----|-----|--------|-----|-----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|
| 採卵から処理までの日数 | 58 | | | 55 | | | 47 | | | 35 | | |
| 浸漬時間(分) | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 |
| 区分 | 5A | 10A | 15A | 5B | 10B | 15B | 5C | 10C | 15C | 5D | 10D | 15D |

4. 方法：供試卵を規定の時間塩水に浸漬したのち清水に戻し、その後の発生過程における卵の斃死、異状ふ化、ふ化後に発生した仔魚の斃死などを観察した。

Ⅱ 結 果

1. 死卵ならびに異常ふ化の発生と処理時期との関係

卵の発生度合によって塩水処理の影響がどのように違うかを知るため、処理後に出現した死卵数、異常ふ化数およびふ化数を集計し第2表および第1図～第3図に示した。

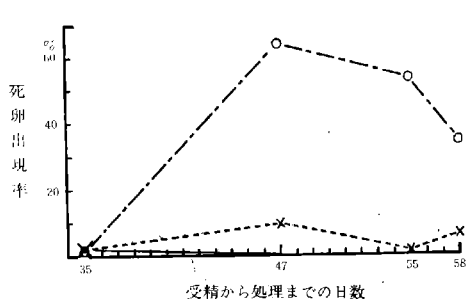
すなわち、第2表および第1図に示したように、死卵は受精後47日以上経過した卵を10分間以上浸漬した場合に主に出現し、浸漬時間が15分になると急激に増加することが知られた。またこの死卵は受精後47日に処理した場合に最も多く、それ以上発生の進んだ卵を処理すると再び減少した。

異常ふ化およびそれともなり斃死については、死卵と同様に受精後47日以上経過した卵を処理した場合に出現した。この場合異常ふ化は、処理時期の違いに比例して急激に増加した(第2図)。またその傾向については、先の報告からも知られたとおり浸漬時間が長いほど著しかった。特に受精後58日の卵を15分浸漬した場合には死魚の状態であらうものがみられた。なお、これらの塩水処理により出現した死卵と異常ふ化の合計数は、受精

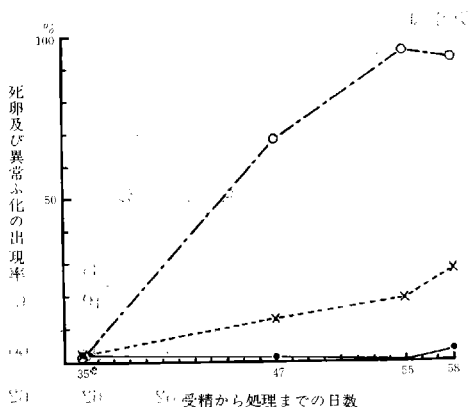
第 2 表 発生段階の異なる卵を塩水処理した場合に出現した死卵数，異常ふ化数の比較

| 受精から処理 までの日数 | 58 | | | 55 | | | 47 | | | 35 | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|----|-------|-------|--------|--------|--------|----|----|----|
| | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 |
| 死卵数(粒) | 0 | 6 | 34 | 0 | 1 | 53 | 0 | 9 | 63 | 2 | 2 | 1 |
| 異常ふ化数(尾) 計 ^{注1} | 3 | 22 | 59 | 0 | 18 | 42 | 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 異常ふ化 出現日 ^{注2} | 64(6) | 61(3) | 59(1) | — | 58(3) | 58(3) | 62(15) | 62(15) | 62(15) | — | — | — |

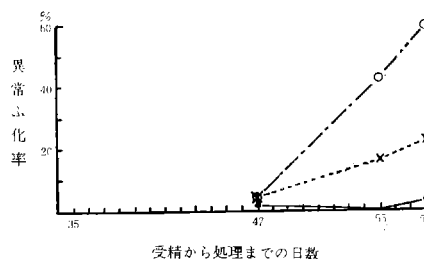
注¹ は異常ふ化の途中およびふ化直後に斃死するものも含め，注² は採卵日より起算したものである。表中()内の数字は処理から異常ふ化が出現するまでの期間を表わしたものである。



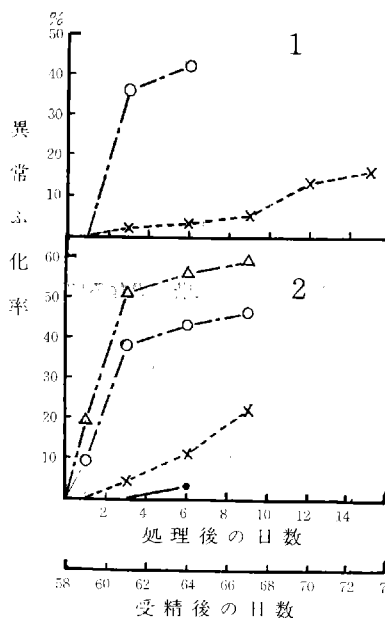
第 1 図 死卵出現率と塩水処理の時期および浸漬時間との関係
図内の記号は浸漬時間を表わす；●，5分；×，10分；○，15分。



第 3 図 死卵および異常ふ化の出現と塩水処理の時期および浸漬時間との関係
図内の記号は第 1 図参照。



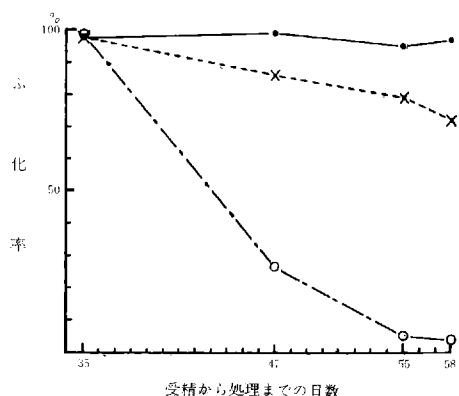
第 2 図 異常ふ化率と塩水処理の時期および浸漬時間との関係。
図内の記号は第 1 図参照。



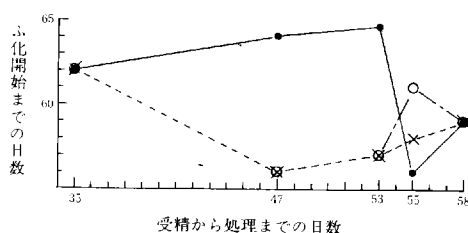
第 4 図 異常ふ化率の経時変化と処理時期との関係
1 および 2 はそれぞれ受精後 55 日および 58 日に処理された卵の異常ふ化率の経時的変化を示したものである。図内の記号は第 1 図参照。

後55日に処理した卵まで、処理時期との間にはほぼ直線的な関係で増加することが知られた(第3図)。

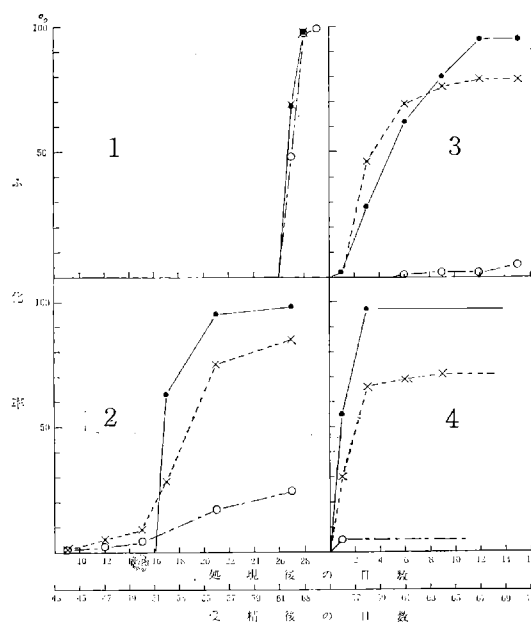
なお異常ふ化は、第2表および第4図に示したように受精後58日の卵を処理した場合には処理した次の日に、同じく55日では3日後に出現した。この現象は浸漬時間が15分の場合には、55日および58日に処理した卵とも極めて短時間で完了し、前報での結果(受精後53日の卵使用)より著しいことが知られた(第4図)。またこのために斃死する仔魚は、受精後55日に処理した卵では、浸漬時間が10分および15分の場合ともそれぞれ処理後3日目に現われ、また同じく58日の卵では浸漬時間が5分、10分および15分の場合それぞれ6日後、3日後および1日後に斃死魚が出現した。



第5図 ふ化率と処理時期との関係
図内の記号は第1図参照。



第7図 ふ化開始日の促進と処理時期との関係
図内の記号は第1図参照。



第6図 ふ化率の経時変化と処理時期との関係
1, 2, 3および4はそれぞれ受精後35日、47日、55日および58日に処理された卵のふ化率の経時変化を示したものである。図内の記号は第1図参照。

第3表 発生段階の異なる卵を塩水処理した場合のふ化率ならびにふ化開始日の比較

| 受精から処理 までの日数 | 58 | | | 55 | | | 47 | | | 35 | | |
|-----------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 浸漬時間 | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 |
| ふ化率 % | 97 | 72 | 4 | 95 | 79 | 5 | 99 | 86 | 26 | 98 | 98 | 99 |
| ふ化開始日注 | 59 | 59 | 59 | 56 | 58 | 61 | 64 | 56 | 56 | 62 | 62 | 62 |

注：採卵日より起算したもの。

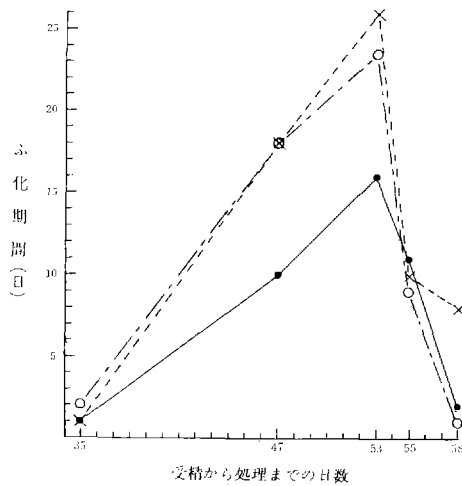
これらの結果ふ化率については、第3表および第5図に示したように受精後37日に処理された卵では、塩水処理に起因するふ化率の低下はほとんど認められなかった。しかし受精後47日以上経過して処理された卵のふ化率は、処理時期の遅れに比例して減少した。ことに15分浸漬された卵では、処理時期の遅れに対するふ化率の減少傾向が著しく、受精後55日および58日に処理された場合には大部分の卵が斃死した(第5図)。

2. ふ化開始日の促進およびふ化期間の増加と処理時期との関係

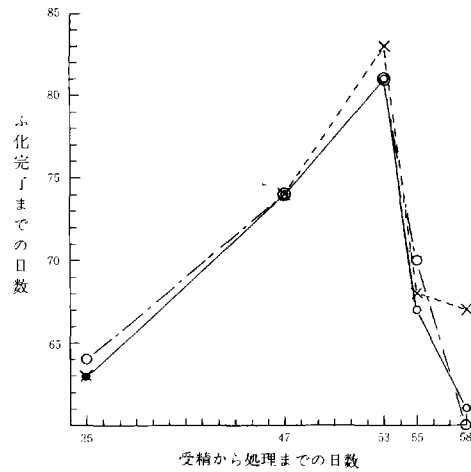
処理時期の違いがふ化開始日やふ化期間にどのように影響するかを調べ、その結果を第 3 表および第 6 図～第 9 図に示した。

すなわちふ化開始日は、受精後35日に処理された場合には浸漬時間の長短にかかわらずその影響が認められなかった（第 6 図—1，第 7 図）。しかしながら受精後 47 日以上経過した卵を処理した場合には、前報の結果と同様に著しいふ化の促進現象が認められた。この場合浸漬時間 5 分では、前報の結果を考慮すると受精後53日の処理卵までのふ化の促進現象が認められなかった（第 6 図—2～4，第 7 図）。

ふ化期間については受精後35日に処理された場合には、ふ化促進と同様にその影響がほとんど認められなかった（第 6 図—1，第 8 図）。しかしながらふ化期間は、ふ化促進の場合と異なり、前報の結果を考慮すると受精後53日の処理卵まで、浸漬時間の長短にかかわらず処理時期の遅れに比例して直線的に著しく増加し、その後は再び減少することが知られた（第 8 図）。この場合、10 分および 15 分浸漬された卵のふ化期間の増加は同じ、傾向を示し、浸漬時間 5 分のものより著しかった。



第 8 図 ふ化期間と処理時期との関係
図内の記号は第 1 図参照。



第 9 図 ふ化の阻害と処理時期との関係
図内の記号は第 1 図参照。

また受精からふ化完了までの日数については、第 9 図に示したようにふ化期間の増加現象と同様に受精後53日に処理された卵まで直線的に増加し、その後は急激に減少した。この場合、処理によるふ化完了日の遅れは、浸漬時間の長短にかかわらず処理時期（卵の発生度合）に応じて一定していた（第 9 図）。

なお、塩水処理卵は、第 6 図に示したように受精後47日経過した卵を処理した場合にはS字曲線的なふ化経過を示し、同じく55日以上経過した卵では始めから急激にふ化し、同じく58日経過した卵では受精後35日に処理した卵のふ化傾向に近づくことが知られた。

3. 正常ふ化と異常ふ化との関係

異常ふ化とふ化開始日の促進現象は、先に述べたように受精後 47 日以上経過した卵を処理したときにみられた。そしてこれらの現象がみられた卵の中で発生の最も遅れていた受精後47日の卵では、受精後異常ふ化が始まるまでの日数は同じく正常ふ化の開始までの日数と考えられる処理時期が受精後35日の卵のふ化開始までの日数と同じであった。また異常ふ化の出現数は極めて僅かであった（第 4 図—1，第 6 図—1）。しかし受精後 55 日および58日に処理された卵では、異常ふ化と促進された正常ふ化が同じ頃に観察された。なお、ふ化の促進は浸漬時間が 5 分および10分の卵に著しくみられたが、異常ふ化は同じく15分のものに著しく出現した（第4図-2,3,第6図-3,4）。

4. ふ化後の仔魚の斃死

ふ化後の仔魚の斃死のうちふ化時に発生するものは、卵黄部が不透明になり、明らかに異常ふ化にもなる機械的損傷に起因することが考えられた。このためこれらの斃死魚は、ふ化の途中で斃死するものも含めて異常

ふ化による斃死とした(第2表)。したがって塩水処理がふ化後の仔魚の健康に及ぼす影響については、ふ化直後のものを除いた浮上までの斃死率から検討した。

第4表 ふ化後の斃死率の比較

| 受精から処理 までの日数 | 58 | | | 55 | | | 47 | | | 35 | | |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 |
| 浸漬時間 | | | | | | | | | | | | |
| 斃死率 | 2 | 2 | 2 | 5 | 4 | 0 | 0 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 |

その結果、斃死魚は第4表に示したように受精後47日以上経過した卵を処理した場合に発生した。しかしながらこれらの斃死魚は、受精後47日に処理した卵ではふ化期間内に、同じく55日および58日の卵ではふ化完了後3~4日目に現われたただけであった。

III 考 察

斎藤・佐野(1933)は、発眼卵の塩水に対する抵抗力は受精後32日前後に最大になり、その後は卵の発生が進むにつれて減少すること、また受精後50日の卵ではふ化の促進が認められたことなどを観察している。また異常ふ化ならびにふ化の促進現象は、前報で述べたようにほぼふ化酵素の作用によることが考えられる。したがって塩水浸漬による検卵は、卵の発生に障害をもたらさない、またふ化率を低下させないような時期に行なわれなければならない。

本実験では、死卵は浸漬時間5分のものを除いて受精後47日に処理された卵から出現し、異常ふ化も同時期のものから現われた。したがってこれらの結果を考慮すれば、塩水検卵の時期については出来るかぎり受精後47日以前(水温8℃)に行われる必要がある。

さて、さけ卵のふ化は前報に述べたように森脇(1910)、犬飼・国弘・相岡(1938)らにより、ふ化酵素腺より、分泌される酵素の作用により卵殻の内層が消化されて薄くなり、このための内部の仔魚の運動により卵殻が破れることによって行われていることが明らかにされている。この酵素腺はふ化前10~12日(受精後40日)に現われ、卵の発生が進むにつれて数を増し、ふ化後に消失することが知られている。またこの酵素腺については、内容物がふ化時(同じく52日)に特異な染色反応を呈するものが増えることが知られている。なお田中(1943)によれば、さけ卵の耐圧力はふ化開始前13時間になんらの変化が認められないのに11時間前から低下し、3時間前に急に減少することが知られている。したがって、ふ化酵素腺の成熟および酵素の分泌はふ化前12時間頃より始まると推定されている。

本実験における異常ふ化は受精後47日(ふ化前約2週間)頃出現し、これはふ化酵素腺の出現時期と一致する。また異常ふ化は卵の発生の進みにつれて増加し、その様態については前報に述べたように全て頭部周辺の部分より起ることが知られている。したがって異常ふ化は、明らかにふ化酵素腺の出現ならびに酵素腺の成熟に起因するものと考えられる。なお、塩水に浸漬された卵は時間の経過と共に受精直後卵のように軟弱となり次第に卵表面に皺が生じてくる。このことから、塩水処理卵における異常ふ化の発生機構については、塩水と卵の滲透圧の関係から卵腔の水が脱水され、卵膜が酵素腺に接触して酵素による卵膜の局所的な消化が起るためと推察される。

酵素の分泌は通常ふ化開始前12時間頃と推定されているが、本実験では受精後47日ものもの異常ふ化が生じていることからこの頃から酵素作用の働いていることが推察される。この場合、酵素作用の発現機構については、脱水作用による卵膜の萎縮が酵素腺を圧迫して酵素を分泌させたのか或いは酵素が僅かではあるが分泌されていて卵膜が局所的に接触して作用を受けたのか推察の域を出ない。しかしながら、酵素腺の出現時期(水温8℃で受精後47日)には卵膜を消化する能力のある酵素が胚体に存在することが明らかに推察される。

以上のように塩水処理による異常ふ化はふ化酵素の作用によることが明らかであるが、また異常ふ化以外のすべてのふ化の異常、例えばふ化促進、ふ化期間の増加、浸漬時間とふ化開始後の仔魚の出現経過との関係ふ化直

前に処理された場合に死魚の状態ではふ化することなどは、卵の発生にともなうふ化酵素の作用ならびに酵素腺の発達との関係において説明される。

すなわち受精後47日以後に処理された卵においてその後の卵の発生にしたがい異常ふ化の増加すること（第2図）は、酵素腺の発達にともなう酵素量の増加と考えられる。また浸漬時間の増加による異常ふ化の増加は、卵膜が酵素腺により長く接触するかあるいは酵素腺をより強く圧迫することなどから、酵素作用を受ける時間が増加するかあるいは酵素分泌量が増加するためと考えられる。ふ化直前の卵を処理した場合に浸漬15分の卵で死魚の状態ではふ化するものがみられたが、それは次のように説明される。すなわちこの時期の卵には正常なふ化が行なわれるだけの酵素が内在され、塩水に長時間浸漬されることによりそれが卵膜を消化し、同時に卵殻は萎縮して破壊される。そしてこのような状態の卵が清水に戻されたときあたかも死魚がふ化するような状態を示したものと考えられる。

異常ふ化とふ化促進との関係については次のように考えられる。すなわち受精後47日の処理卵では、ふ化酵素腺の出現時期であるため内在する酵素量が少ない。したがって、この頃の酵素腺は異常ふ化を起させるだけの作用能力がなく、僅かな卵にふ化の促進をおこさせるにとどまったものと考えられる（第2表、第9図-3）。しかしながら受精後55日以後の胚体の酵素腺はかなりの量の酵素を包蔵していて、浸漬時間が増加した場合相対的に作用時間も増加し、大部分の卵が異常ふ化を起すに至ったものと考えられる（第4図-1, 2）。すなわち、この頃の胚体は、10分以上おもに15分の作用時間で異常ふ化をおこさせるほどの卵膜消化能力のある酵素を包蔵することが推察される。この結果、ふ化の促進現象は、浸漬時間15分では酵素の作用が強すぎて大半が異常ふ化をおこすため、浸漬時間10分および5分の卵にそれが現われたものと考えられる。そしてこのような浸漬時間では酵素腺の発達が著しいことから第9図-1, 2に示したようにふ化促進卵が急激に生じたものと考えられる。

次に処理によって生じたふ化期間の増加については、ふ化の促進が生じなかった浸漬時間5分の卵でふ化期間の著しい増加現象が認められたことから、単なるふ化促進にもとづく補償的現象に起因するものとは考えられない（第6図、第7図）。したがって塩水は、胚体の酵素腺の成熟を阻害する作用のあることが推察される。

しかしながら、浸漬時間10分および15分の卵のふ化時間は、同じく5分の卵より多く、この差は第9図からふ化開始日の促進に起因することが明らかである。したがって塩水の影響については、ある浸漬時間内では酵素腺の成熟を阻害し、浸漬時間が一定の限界を越すと前に述べたように酵素腺を圧迫し、ふ化を促進させることが推察される。

このような現象が生じる原因については、卵の発生にともなう酵素腺の発達が、同じ発生段階の卵でも個々の卵によって異なることが考えられ、このため塩水の影響は最も発達の遅れた卵には阻害作用として働き、浸漬時間が一定時間以上になると酵素腺が発達した卵には促進作用として働くためと考えられる。なお受精後58日の卵ではふ化開始日やふ化期間ならびにふ化の仕方が正常ふ化の状態に近づいたが、これはこの頃の酵素腺が全卵ともふ化を起こさせるに十分な酵素量を包蔵するようになり、第9図-1に示したかのように0次反応的なふ化が行なわれたようになったものと考えられる。

なお、ふ化酵素腺の出現時期は、受精後47日に処理された卵で著しくふ化の促進がみられたことから、犬飼・国弘・相岡らによって知られているとおり、水温8℃でふ化までの日数が62日前後の場合、受精後47日前後と推察される。

いずれにしても、塩水処理のふ化率に対する影響は、浸漬時間5分以内では処理時期の如何にかかわらずないものと考えられる。しかしながら、塩水処理の発眼後のある時期（水温8℃で受精後53日）までの間に行なわれる場合には、胚体の発生にともなうふ化期間が著しく増加し、特に浸漬時間が5分以上になるとふ化が促進されただけ増加することが明らかにされた。

したがって、通常のふ化事業体制において塩水処理が行なわれる場合には、少なくとも胚体に対する塩水の影響を5分以内にとどめることが出来るように行なわれなければならないものと考えられる。しかしながら、仔魚が浮上したのち飼育事業が行なわれる場合には、塩水処理によるふ化期間の増加は、餌付時の作業を非常に困難なものにし、飼育成績を低下させる恐れがある。したがってこのような場合には、塩水処理は発眼から酵素腺の出現時期までの間、特に発眼直後に、あるいはふ化直前に行なわれなければならないものと考えられる。

要 約

1. 前報に引続き、卵の発生に対する塩水処理の影響を、処理時期とふ化酵素腺の出現時期との関係から考察した。
2. 塩水処理による異常ふ化現象およびその程度は、酵素腺の出現、および発達と密接な関係にあることが推察された。
3. ふ化酵素は、ふ化日数62日（水温 8℃）の場合、受精後47日の胚体に明らかに存在し、酵素腺の出現時期はこの頃と推察された。
4. 死卵および異常ふ化は、どんな発生段階の卵（但し発眼以後）を処理しても、浸漬時間5分では出現しなかった。
5. 塩水で処理された卵のふ化期間は、浸漬時間の長短にかかわらず、増加した。この現象は卵発生の進みに応じて受精後53日（水温 8℃）の処理卵まで著しく増加した。
6. 受精後35日から53日の間に塩水で処理された卵の受精からふ化完了までの日数は、胚体の発生度合に応じて増加した。しかし、その日数は浸漬時間に無関係であった。
7. 塩水による検卵は、仔魚期の餌付を考慮すると、発眼直後またはふ化直前に行なわれなければならない。

文 献

1. 石田壽老 1948. 孵化酵素. 日本生物学業績V, 北隆館, 東京.
2. 斎藤光雄・佐野誠三 1933. 孵化槽に発生する水生菌と食塩水に依り、鮭及び虹鱒卵の水生菌被害防止に就いて. 北海道庁千歳鮭鱒孵化場試験報告第一冊, 1—15.
3. 高安三次・武田麻之輔・大野磯吉 1934. 西別鮭鱒孵化場鮭卵被害調査. 水産調査報告第37冊, 61—79.
4. 橋本 進 1970. サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) 卵の発生におよぼす塩水処理の影響—Ⅰ. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 25, 45—51.
5. 橋本 進 1970. サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) 卵の発生におよぼす塩水処理の影響—Ⅱ. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 25, 53—61.