

日水研年報 (4): 87-103, 1958.

Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. (4): 87-103, 1958.

ネット採集によるプランクトン標本中にみられるマイワシ卵  
の卵黄崩壊現象とそれに関連した2, 3の問題

西 村 三 郎

**Occurrence of the Abnormal Sardine Eggs in the  
Plankton Sample Obtained by Net Hauling, with  
Some Ecological Notes Thereupon**

BY

SABURO NISHIMURA

**Abstract**

1. The abnormal or deteriorated sardine eggs, *i. e.*, those eggs which have their vitelline membrane go to a rupture followed by the ejection of yolk matter into the perivitelline space, as often found in the plankton-net catches are considered due to the death possibly caused by mechanical agitation in the sampling process and consequently supposed to have floated in sea water in a condition as healthy as the normally developing eggs just until sampling. It need not therefore separate these two categories, normal and abnormal, when count is made of the number of sampled eggs.

2. It may be mentioned, by referring to the occurrence of abnormal eggs following the developmental stages, that the resistance of sardine eggs to mechanical stimuli such as vibration, shock and pressure is rather strong just after fertilization, weak during the period from the cleavage stage to the closure of blastopore, and lastly very strong from the closure of blastopore onwards. This pattern of variation by developmental stages in the resistance power to mechanical stimuli is just the same as what has been observed in the developing eggs of such fishes as salmon, trout and cod.

3. The duration of the so-called critical period which may extend from the cleavage stage to the closure of blastopore is rather short in the sardine egg under the water temperature commonly met with on spawning grounds, and consequently is it considered that the probability with which the sardine egg encounters during such short-time period with so intensive mechanical agitation of wind waves and rain-falls as to destroy the egg may be undoubtedly low, with the conclusion reached that natural mortality of sardine eggs due to these mechanical causes may not be so high.

## I. ま え が き

プランクトン・ネットによつて海水中より採集されたマイワシ *Sardinops melarosticta* の卵群を鏡検していると、正常に發育した卵にまじつて、卵黄が崩壊して围卵腔が白濁しているものを見出すことが稀でない。この白濁卵（以後、卵黄が崩壊して围卵腔が白濁している卵をこのように呼ぶことにする）の出現率は、のちにものべるように、時にきわめて高い値に達することがある。さらに、白濁卵はマイワシのほか、ウルメイワシ、カタクチイワシ、マサバ、その他の魚種の卵についても観察されている。研究者によつて、この白濁卵を正常卵と區別して計数したり、あるいは暗黙のうちに白濁化はネット採集の際の擾乱によるものと仮定して、正常卵と區別せずに計数したりしているが、いずれにしても、その白濁化の原因についてはとくに詳しく吟味はされていないようである。この白濁化がネット採集によつてひきおこされたものであるか、あるいはまた、採集以前にすでに海水中においてなんらかの他の原因で死亡して白濁化していたものであるかを明らかにすることは、卵の採集量から産卵総量を推定する際において、また卵期における自然減耗の割合を推定するに当つても、きわめて重要な問題点であると思われる。

筆者は、マイワシ卵を材料としてこの点に関して若干の考察をおこない、また白濁卵の發生段階別の出現状況について調査し、さらにこれに関連ある2, 3の生態学的問題についても考察したので、ここにその結果をとりまとめて報告する。

本論に進むにさきだち、御校閲・御批判を賜つた日本海区水産研究所の加藤源治および伊東祐方の両氏、卵の採集に御援助をいただいた同じ研究所の渡辺和春および笠原昭吾の両氏に深甚の謝意を捧げる。

## II. 資 料

資料として用いたマイワシ卵は、1953—55年の4月から5月にかけて、能登半島沿海のマイワシ産卵場から採集されたものである。採集は垂直曳 (vertical haul) と水平流し (horizontal drift) の2方法によつた。前者の方法は、 $\Phi$  ネット (口径 45cm, 円錐部の長さ 85cm, 網目の大きさはミューラー・ガーゼ No. 3 に近い) を所定の深さ (50m, 150m, あるいは海底直上) から表面まで 1~2 m/sec の速度で垂直に曳き揚げて採集するものである。後者の水平流しとは、口径 20cm, 円錐部の長さ 100cm の小型プランクトン・ネット 7個あるいは6個をロープで連結し、その遊離端に錘をつけて海水中に垂下し、船を固定して、海流によつて運ばれてくるプランクトンを深度の異なる7層あるいは6層において濾過して採集する方法である (詳細に関しては西村 (1957b), あるいは NISHIMURA (1957a) を参照されたい)。これらのネットのガーゼは $\Phi$  ネット用のものを用いた。ネットを流す時間は30分とした。

採集されたプランクトンはただちにフオルマリンで固定し、研究室に持ち帰つてから、そのなかに含まれているマイワシ卵を摘出し、發生段階によつてわけ、それぞれの段階ごとに正常卵と白濁卵との数をかぞえた。

發生段階の分けかたは次のようにした：

AA ……卵殻がまだ扛挙しない時期で、受精後から卵割期のはじめまで

AM ……卵殻が扛挙してから桑実期まで

Aa ……桑実期以後、卵を側面から観察して胚膜がその外縁に直交する卵黄の直径の $\frac{1}{2}$ を占めるまでの期間

Ab ……Aa 以後、卵黄の直径を前述の方法で観察して、その $\frac{1}{2}$ が胚膜によつて被われるまでの期間

Ac ……Ab 以後、胚膜が卵黄の全面を被い、胚口が閉鎖するまでの期間

Ba-b ……胚口が閉鎖してから、尾芽の先端が油球付近に達し、まだ尾芽の隆起が顕著でない期間

Bc ……尾芽が顕著に隆起し、その先端が卵黄を離れるまでの期間

Ca ……尾芽が卵黄から離れて伸長し、その遊離した部分の長さが卵黄に密着した胚体の長さの $\frac{1}{2}$ になるまでの期間

Cb ……同じく尾芽の遊離部分の長さが胚体の密着部分の長さと同しくなるまでの期間

Cc ……Cb 以後、孵化するまでの期間

時に Ca と Cb とを合して Ca-b として表わしたこともある。

白濁卵と正常卵との区別については倍率 20 倍の解剖顕微鏡で観察して、卵 (ovum) の表層原形質膜 (vitelline membrane) が破れて、そこから卵黄物質あるいは油球がすこしでも囲卵腔内に放出されていると認められるものはすべて白濁卵として扱うことにした。

以上のような基準の下に材料を整理した結果を第 1～3 表に示す。このうち第 1 表と第 2 表とは垂直曳による採集結果であり、第 3 表は水平流しによる採集結果である。なお、若干の採集において、発生段階の判定しがたい卵が少数づつ含まれていたが、これらは分類不可能 (unclassified) として表中に示しておいた。これらの卵は少数であるので、考察から除いても結果にはほとんど影響を及ぼさないとと思われる。

### Ⅲ. どの発生段階において卵黄崩壊が起りやすいか

第 1～3 表をみてわかることは、マイワシ卵の卵黄崩壊は、もちろん、各採集毎にその出現の度合は多少変動はするが、一般的な傾向として、それは全発生段階を通じて平均に起るのではなくて、ある特定の期間すなわち：AA 期から Ac 期までの間、とくに Aa 期から Ac 期までの間に多数出現し、それ以後の発生段階では、これに比較してきわめて少数しか出現しないということである。卵黄崩壊を起した卵はおそらくただちに死亡し、それ以上発生を進めないと考えられるから、崩壊の原因がなににてもあれ、それに対する胚の抵抗力は受精直後はやや強いが間もなく低下し、Aa 期つまり胚盤形成期から Ac 期つまり胚孔閉鎖期までは非常に弱く、胚孔閉鎖後はきわめて強くなるといえるわけである。

### Ⅳ. 卵黄崩壊現象の観察

ここで、卵黄崩壊を起した卵はその結果としてどのような形態を示すか、またそれはどのような過程をへておこなわれるものと考えられるかについて、検鏡の結果判明したことがらをのべるが、その前に、マイワシ正常卵の一般的な構造について簡単にのべておこう。

マイワシ卵の卵殻 (egg capsule) の直径は 1.2～1.6 mm 前後、卵 (ovum) の直径は 0.6～0.8 mm 前後あり、囲卵腔はきわめて広い。囲卵腔は囲卵腔液によつて満たされ、その組成は海水のそれに近いと考えられる。卵黄は多数の多少角ばつた楕円体、時に球形の小塊 (以後、これを卵黄小塊と呼ぶ) がモザイク状に組み合わされたものからなり、表面からみると亀甲状の裂目が卵黄全体をおおっているように見える。なお、卵黄の植物極付近には 1 個の油球 (oil globule) がある。

さて、卵黄崩壊のありさまについては、もつとも普通にみられる Aa 期におけるそれと Ac 期におけるそれ、およびそれらとはやや異なつた性格を示す AA 期における崩壊についてのべることにする (第 1～3 図)。

#### 1. Aa 期における卵黄崩壊

この発生段階にあるマイワシ卵の白濁化は次のふたつの過程をへておこなわれるものであることが推定される：

- i) 胚盤の周辺部の下から表層原形質膜を破つて卵黄小塊が囲卵腔中にとびだす。
- ii) 植物極にある油球がその部分の表層原形質膜を破つて囲卵腔中にとびだし、さらにその孔から卵黄小塊がとびだす。

このふたつの過程がそれぞれ単独におこっている白濁卵もあれば、両者が同時におこっているものもある。また、ii) の形式によく似ているが、油球が囲卵腔中にとびだしていないが、まさにとびだそうとしている状態 (油球が内側から圧迫されて原形質膜をおしあげている状態) のものもよくみられる。さらに、囲卵腔中にとびだした卵黄小塊の状態については次の 2 型が区別される：

- a) とびだした卵黄小塊がそのまま囲卵腔中に分散しているもの。
- b) とびだした卵黄小塊が崩壊して囲卵腔の一部あるいは全部が一樣に白濁・不透明となつているもの。

この 2 型がそれぞれ単独に現われているものもあるが、両者が組み合わされて、とびだした卵黄小塊の一部分が崩壊しているものが多い。そして、卵黄内にある卵黄小塊は前述したように多少角ばつたものが多い

のであるが、圍卵腔中にとびだした卵黄小塊はほぼ真球形であり、これはおそらく海水にふれてから膨潤したものであろうと思われる。さらに膨潤が進めば破裂・崩壊するであろうと考えられるが、この過程を思わせる像もみられる。

## 2. Ac 期における卵黄崩壊

Ac 期では、ほとんどすべてが胚孔からの卵黄小塊のとびだし、およびその崩壊によつて白濁化がおこっている。また、胚孔が油球の近くに開いているので、油球がそこから圍卵腔内へとびだしているものが多い。

## 3. Aa 期における卵黄崩壊

げんみつにいうと、AA 期の白濁卵には次のふたつの型がみられる：

- i) 卵の表層原形質膜が破れて、そこから卵黄小塊が圍卵腔中にとびだし、その一部が崩壊して白濁・不透明となつているもの。原形質膜の破れの位置はこの場合には一定していない。
- ii) 卵はほとんど完全で、表層原形質膜の破れも観察されず、ただ圍卵腔がかすかに白濁しているもの。卵黄小塊の圍卵腔内への放出はまったくみられない。

そしてここでは、すでにのべた基準に従つて、これらのうちの i) のみを白濁卵として扱つた。この i) の型式の白濁化が、Aa 期以後にみられるそれと崩壊過程において相同的であり、ii) の型式はこれとは異なる性格のもの（おそらく、フオルマリン溶液に保存中に卵黄物質が圍卵腔液中にしみ出たものであろう）と考えられるからである。もし、ii) をも白濁卵のカテゴリーのなかに入れるとすれば、AA 期における白濁卵の出現率は、1953年4月25日採集した卵群の場合、91.7%となつて、Aa 期におけるそれとほとんどかわりないことになる（第1表参照）。

以上を要約すると、卵黄崩壊はいずれの段階においても表層原形質膜の破れと、そこから圍卵腔内へ卵黄小塊がとびだし、さらに膨潤・崩壊することによつてひきおこされているものであるといえる。表層原形質膜の破れの位置はAA 期を除いてはほぼきまつている。卵が胚膜で完全に被われてしまうとほとんど崩壊がおこらなくなるのである。

## V. 卵黄崩壊の原因について

マイワシ卵の卵黄崩壊をひきおこす原因について考察するに当つては、まずそれが採集以前のものが、あるいは採集・固定の過程のなかにあるものかが問題となるが、これについては、次にのべるような理由から、採集・固定の過程のなかにあるとするのが妥当であると判断される。

1. 白濁卵と、それと同一の age category\* に属すると判断される正常卵との間には発生過程の差がほとんど認められない。このことは、白濁化は採集・固定の過程におこつたか、あるいは、それ以前におこつたとしても採集のおこなわれる直前であることを示す。いま、この後の場合が正しいと仮定して白濁卵群の大きな部分が採集直前のある自然要因によるものとするれば、AA-Ac 期においては常に高い白濁卵の出現がみられることから、この要因による死亡のみを考えてもこの発生段階におけるマイワシ卵の瞬間死亡係数は著しく高いものとなり、これはわれわれのすでに得ている知見とあい入れない。\*\* したがつて、白濁化の原因は採集・固定の過程にあると考えるほうが妥当である。

2. マイワシ卵は生きている間は浮游しているが、死ぬと比重が大きくなつて沈降する（小林, 1944）。これは浮游性魚卵について一般的にいえることである（SHELBOURNE, 1956）。卵黄崩壊をおこしたマイワシ卵はおそらくただちに死ぬと考えられるから、早晚沈降するとして間違いないであろう。ところが、第3表によれば、水面下2~3 m層からも白濁卵はAa およびAc 期において、それが量的取扱いを許すほど多数

\* ある任意の日に放出・授精された卵群はすべて同一の age category に属すると定義される。マイワシの放卵時刻は1日のうちのきわめて短い限定された時間であることが知られている（伊東・ほか, 1951, 参照）。

\*\* たとえば、この発生期間において、卵は毎時10%づつ死亡・白濁してゆくものとすれば（この値が過小に偏つていようであろうことは白濁卵の出現率からみて明らかである）、この期間の継続時間は後ののべるように30~50時間であるから、胚孔閉鎖直後まで生き残る卵数は受精時のその5~10%と計算される。ところが、じつさいの採集結果からは、この段階まで生き残るものは受精時のその50%以上であり、さらに、前期稚仔期まで生き残るものも10%以上であると推定されている（中井・ほか, 1955）。

に採集された場合には、常に11~97%の高い率で出現していることがわかる。いま、死亡卵の海水中における沈降運動に対して STOKES の粘性抵抗の法則が適用できると仮定すれば (IMAI, 1955), 死亡卵と海水との比重差を 0.001以上\* とした場合の平均沈降速度は 1mm/sec 以上と計算される。

すなわち、海面近くに convection cell (WOODCOCK, 1941; STOMMEL, 1949) が発達して沈降中の卵群がそれに捕獲され、ながく保持されることがなければ (海中においては水は乱流状態にあるので、いつた cell 中に捕獲された卵群も乱流交換によつてだいに失われてゆくであろう), 海面において自然死亡した卵群は徐々に沈降してゆき、1時間後にはその重心の位置は海面下 3~4m 以上のところにくると考えられる。したがつて、白濁化の原因が採集・固定以前の自然過程のなかにあるとすれば、新たな死亡によつて補給されないかぎり、乱流拡散によつてその分布が均一化されるとはいへ、海面およびその直下においては白濁卵は早晩みられなくなるであろう。ところが、じつさいは、ほとんど常に (沈降卵の捕獲・保持にもつとも効果的であると考えられる “streaks” の間隔が数~10数 m の convection cell の発達がまったく認められない場合においても), 11~97%, 多くの場合には 20~40% もの高率で白濁卵 (Aa—Ac 期) が海面直下の 2~3 m 層にみられるということは、この発生段階にあるマイワシ卵は海面およびその直下で、たえず沈降による喪失とほぼ同じ速度で死亡・白濁化しつづくと考えなければならぬことを示す。そして、上のべたような沈降速度と白濁卵の出現率とを考慮すると、この帰結はわれわれの既知の経験とあいられないことは 1 の場合と同様である。

3. 前節において、2, 3 の発生段階における卵黄崩壊のおこりかたについてのべたが、それによると、崩壊は卵に対して圧力あるいは擾乱が加えられたためにおこつたのではないかと考えさせる要素が多い。とくに、Aa 期および Ac 期において油球が卵の表層原形質膜を破つて、あるいは胚孔の部分からその原形質膜を破つて囲卵腔中にとびだしている例が多くみられることは、卵に対してかなり強い圧力が加えられたためと考えさせる。もし、はたして圧縮あるいは機械的擾乱が卵黄崩壊の原因であるならば、このような刺戟は採集の過程中には著しく強く作用することが予想される：すなわち、卵がネットのガーゼに押しつけられ水の流圧を受けて卵黄が強く圧縮されること、および、ネットのコーン中における渦乱流によつて卵が加速度を得てその結果卵黄の内部構造が擾乱されることなどが考えられる。いつぼう、これに対して、海中にある場合に卵がこのような機械的刺戟を受ける可能性は大きいとは考えられず、また、たとえ受ける場合があるとしても、その範囲は限られ、その強度も一般には大きいものとは考えられない。すなわち、自然におけるこのような刺戟の源として考えられるのは、風波の飛沫による衝撃・振動、雨滴による衝撃、航行する船舶のスクリューによる擾乱、魚などの游泳行動による擾乱などであるが、これらのうち、最後のものを除いては、海面あるいはその直下に浮遊しているマイワシ卵に対してのみ作用するものであり、魚などの游泳行動による擾乱は深いところに浮遊している卵に対しても作用するが\*\*、その強度は大きいものとは考えられない。船舶のスクリューによる擾乱はネット採集時におけるそれをしのぐほどの大きさであるかもしれないが、それを受けるマイワシ卵は海中に存在する卵全体のうちのきわめて小さい部分にしかすぎないであろう。風波による衝撃および擾乱については、海面状態が悪くなればなるほど大きくなると考えられるが、そのような場合には、マイワシ卵は増大した乱流拡散のために海面からかなりの深度にいたるまでほぼ一様に垂直分布するようになり、衝撃・擾乱の影響を受ける卵は全体のうちのごく一部分にしかすぎなくなると考えられる。これと同様なことは雨滴による衝撃の場合にもいえる。いずれにしても、これらの原因の影響は著しいものとは考えられないうえに、さらに、これらの要因がほとんど作用していないと思われる時にも白濁卵は海面近くから採集されたサンプル中に多量に見出される (第3表参照) ことは、白濁化は卵が海中に浮遊している間に上述のような機械的刺戟が作用してひきおこすのであるとする見解を支持しがたいものとする。

以上のべてきたところから明らかなように、卵の白濁化の原因は採集・固定の操作中に存在すると考えられる。すなわち、白濁卵は採集されるまでは正常卵と同様に健全な状態で海中に浮遊していたものと考えられる。したがつて、白濁卵の多くのもの (正常卵と発生程度が同じであるもの) は正常卵と区別して計数す

\* 補註 (p. 93) を参照されたい。

\*\* マイワシ卵がかなり深い層にまで浮遊していることについては西村 (1957b), あるいは NISHIMURA (1957b) を参照されたい。

る必要はないわけである。

かつて、カリフォルニア・サージンの *Sardinops caerulea* の abnormal egg (AHLSTROM (1948) によれば、その出現率は時に 45%にも達することがある。OPPENHEIMER (1955) によると、abnormal egg は “cloudy appearance” を呈していることによつて正常卵と区別されるというから、われわれのいう白濁卵と同じものと考えられる) について、OPPENHEIMER (1955) は、その大きな部分が海水中の病源性バクテリアによつて感染されて自然死亡した卵よりなるのであろうとのべているが、筆者はこの見解に対しては疑問を抱いている。AHLSTROM (1954) が与えたカリフォルニア・サージンの卵・稚仔期における生残り曲線を、MARR (1956) による注釈を考慮に入れつつ検討してみると、さきにマイワシについてのべたのと同じことがこの場合にもいえるからである。おそらく、AHLSTROM (1948) らのいう abnormal egg も、その大多数は (全部ではないにしても) 採集・固定の操作によつて人為的に生じたものであろうと思う\*。

## VI. 一般的考察

種々の外的刺激に対する胚の抵抗性に関する研究は主として淡水魚、とくにサケ・マス類の卵についてなされてきた。いま、振動、衝撃などの機械的刺激に対する抵抗性の研究の若干を挙げてみると、中野・川尻 (1924) はマス *Oncorhynchus masou* の卵について落下による衝撃に対する胚の抵抗力を調べたが、その結果、受精直後は比較的強く、発生の進展とともに抵抗力は急激に減じ、胚体形成期前後がもつとも弱く、その後は次第に抵抗力を増し、発眼期以後はきわめて強くなることが判明した。畑 (1927, 1929) はマスおよびニジマス *Salmo irideus* の卵について振動に対する胚の抵抗性を調べて、受精直後は比較的強く、その後次第に弱くなり、眼胞原基がやや発達する頃に最低となり、その後は急激に抵抗力が増大することを見た。ROLLEFSEN (1932) は大西洋産マダラ *Gadus morrhua* の卵の落下による衝撃に対する抵抗力の変化について上とまったく同様な事実を観察し、発眼期以後の抵抗力の増大は卵が胚膜によつて完全に被われることによるとした。HAYES & ARMSTRONG (1942) および BATTLE (1944) によれば、大西洋のサケ *Salmo salar* およびカワマス *Salvelinus fontinalis* の卵には死亡率の高い時期が 2 回あり、ひとつは卵割期から発眼期までの間、他のひとつは孵化直前であるという。そして、発眼以前における高い死亡は卵の表層原形質膜の破れ (rupture) に起因すると考えられており、このような死亡は光、振動、加圧、加熱、冷却、電撃などの種々の刺激によつて同様にひきおこされるものであることが確かめられた (HAYES, 1949; AFFLECK, 1953; GODFREY, 1957)。発眼期以後の抵抗力の増大は、卵が胚膜によつて完全に被われてしまうことによつて達せられるのであるという (HAYES, 1949)。また、孵化直前の高い死亡は酸素の供給不十分による胚の窒息によるらしく、発眼以前における死亡とはややその性格を異にしている。電撃、振動などの刺激に対する抵抗性はこの時期には非常に高い (HAYES, 1949; GODFREY, 1957)。

以上の結果からみると、サケ・マス類およびマダラの卵の機械的刺激に対する抵抗力は卵割期まではやや強く、その後減少して最低の状態となるが、胚孔閉鎖期あるいは発眼期以後にはきわめて強くなることはいえる。白濁卵の出現状況から推定されたマイワシ卵の外的刺激に対する抵抗性の変化はまさにこれと一致する\*\*。そして、上にのべた HAYES (1949) その他の研究を考慮すると、マイワシ卵の胚の抵抗力は機械的刺激のみならず光・熱的刺激に対してもまた上述のような変化をたどるのであろうと想像される。したがつて一般的に、化学的刺激以外の外的刺激に対するマイワシ卵の危機期は受精後胚孔閉鎖まで、とくに胚盤形成以後胚孔閉鎖までの期間であるということが許されるであろう。

カリフォルニア・サージンに関する AHLSTROM (1943) の研究によれば、受精後胚孔閉鎖までの継続時間は、もちろん、水温によつて相違するが、産卵場で普通に遭遇する水温下ではだいたい次のように推定されている：

\* その後、Dr. E. H. AHLSTROM (合衆国魚類学研究所) は筆者からの質問に対して、同氏も OPPENHEIMER (1955) の結論に対しては疑問をもっており、abnormal egg の大多数は採集・固定の過程における震動による人為的であるとする筆者の見解に同意である旨の書信 (1953年3月5日付) を寄せられた。

\*\* このことは、マイワシ卵の白濁化は機械的刺激にその原因を有し、そしてそのような刺激は採集の操作中に作用する可能性がもつとも大きいとする筆者の見解を裏づけるひとつの根拠となるであろう。

12°C .....	51 hrs	15°C .....	34 hrs
13°C .....	45	16°C .....	30
14°C .....	39	17°C .....	26

そして、これらの値はマイワシについてもほぼ当てはまると考えられている（伊東，未発表）。胚盤形成までに要する時間は3～4時間の程度と考えられるから、マイワシ卵が物理的刺戟に対してもつとも弱い期間の継続時間は上掲の数値よりもさらにもうすこし短い。このような短時間の中に、海水中に浮遊しているマイワシ卵がそれを死亡せしめるほどの強烈な暴風あるいは降雨に遭遇する確率は高いものではないであろう。この点、ROLLEFSEN（1930）が暴風雨の頻度とその卵・稚魚の生き残りについて研究した **Lofoten** 諸島近海のマダラ *Gadus morrhua* 卵は発生期間がきわめて長いのと相違している。さらに、個々の卵の船舶と遭遇する確率はきわめて低いであろうと推定される。とくにこの影響を受けるのは海面が平穏で卵が海面あるいはその直下に多数集積した時であるが、このような時はまた海面付近の渦動伝導が小さくなるために表層の水だけが極度に昇温して卵の発生を促進する結果\*、卵の危機期は一層短縮されて、上述の外的刺戟との遭遇確率は一層低くなるであろうと考えられる。

最後に、人工授精の実験をおこなった小林（1944）によれば、マイワシ卵はある特定の発生段階を除いては、外的刺戟に対してきわめて強い抵抗力を示すという。

以上のべたことを総合すると、波浪、雨滴、その他の機械的刺戟によるマイワシ卵の障害はおそらく著しいものではないであろうと推定されるのである。

## VII. 要 約

1. ネット採集によつて得られたプランクトン標本中にしばしばみられるマイワシ卵の卵黄崩壊現象あるいは白濁現象は、採集過程中的機械的刺戟に基く死亡によるものであつて、採集の直前まではほかの正常卵と同様に健全な状態で海水中に浮遊していたものと考えられる。したがつて、計数に際しては、正常卵と区別する必要はない。

2. 白濁卵の出現状況からみて、マイワシ卵の機械的刺戟に対する抵抗力は受精直後はやや強く、卵割期から胚孔閉鎖までは弱く、胚孔閉鎖後はきわめて強くなるといえる。これは、サケ・マス類およびマダラなどの卵の同様な刺戟に対する抵抗力の変化の状況とまつく同じである。

3. 卵割期以後胚孔閉鎖までの、いわゆる危機期の継続時間は、普通に遭遇する産卵場の水温範囲においては短時間であつて、この期間中に、自然状態の下で機械的刺戟として作用する諸要因——たとえば、風波・降雨などとマイワシ卵が遭遇する確率はおそらく低いものと推定され、したがつて、これらの諸要因によるマイワシ卵の自然減耗は大きくないと考えられる。

## 補 註

死亡によるマイワシ卵の比重増加を模型的に考えてみる。生きている間は魚卵の表層原形質膜は水および塩類に対する透過性がきわめて低いが、死亡すると急激に透過性が高まると考えられている（山本，1943；SHELBOURNE，1956）。死亡による卵の比重変化は、その **ovum** 内における体液の海水による置換のみによつてひきおこされるものと仮定する。Ovum の死亡前および後の重量を  $Y_1$  および  $Y_2$ 、ovum 以外の部分の重量を  $R$ 、卵の容積を  $V$ 、ovum の容積を  $v$  とすれば、卵の比重変化は：

$$\frac{Y_2+R}{V} - \frac{Y_1+R}{V} = \frac{1}{V} (Y_2 - Y_1) = \frac{v}{V} \left( \frac{Y_2}{v} - \frac{Y_1}{v} \right).$$

いま、マイワシ卵が 16.0°C、34.00% S の海水中に浮遊している場合を考える。この海水の比重は 1.0250 である。マイワシ卵は比重 1.0235 の海水中で中立浮遊をし、周囲の海水が単位量だけその比重を変化するご

\* たがし、これには限界があり、一般に、表層水が約 22°C 以上に昇温すると、水の比重が卵よりも小さくなるので卵は沈降する（西村，1957a を参照されたい）。また、それ以上に昇温すると、かえつて卵の発生は阻害されると思われ、マイワシ卵の採集される水温範囲は 11.1～19.1°C で、13～16°C がもっとも多い（中井・ほか，1955）。

とに卵もその約0.85倍だけの比重変化をおこなうから (NISHIMURA, 1957b), 上の海水中におけるマイワシ卵の比重は1.0248となる. すなわち卵は浮上する.

さて, MILROY (1898), DAKIN (1912), SVETLOV (1929) などによれば, 卵黄中の体液の塩分濃度は成魚の血液のそれにほぼ等しい. 海産硬骨魚類の血液の塩分濃度は海水のその $\frac{1}{8}$ であるから (BALDWIN, 1949), 卵黄中の体液の比重は1.0078 (16.0°C) の程度とみなされる. また, 卵黄中における体液の重量組成については, 魚種によつて差があるがだいたい0.6~0.7であるから (藤田, 1933; 大谷・富士川, 1937), ここでは0.65をとることにする. 体液の容量組成を $P$ とすれば, 死亡による ovum の比重変化は, 仮定によつて:

$$\frac{Y_2}{v} - \frac{Y_1}{v} = (1.0250 - 1.0078) \times P.$$

体液以外の ovum の成分がタンパクと脂肪とよりなるとすれば, 多くの魚卵においてはタンパクが脂肪と比較してきわめて多いから (藤田, 1933; 大谷・富士川, 1937. ただし, これらの分析は主として淡水魚卵および海産沈降性魚卵についておこなわれた. 海産浮游性魚卵については, SHELBORNE (1956) ものべているように, それらの魚卵におけるほど脂肪が少ないことはないであろう), その平均比重は体液のそれよりも大きいであろう. したがつて,  $P$  は0.65よりもやや大きい値をとるであろうと推定される:

$$\frac{Y_2}{v} - \frac{Y_1}{v} \geq (1.0250 - 1.0078) \times 0.65.$$

Ovum の直径は卵のその $\frac{1}{2}$ であるから:

$$\frac{v}{V} = \left(\frac{1}{2}\right)^3.$$

したがつて, 死亡によるマイワシ卵の比重変化は:

$$\geq \left(\frac{1}{2}\right)^3 (1.0250 - 1.0078) \times 0.65 = 0.0014.$$

すなわち, 死亡後の卵の比重は1.0262以上となり, 海水との比重差は+0.0012以上となることが期待される. したがつて, 死亡卵は沈降するにいたる. 以上の論議は卵黄が崩壊しない死亡卵についてであつたが, 白濁死亡卵にもあてはまるであろう.

おわりに, じつさいにマイワシ白濁卵の沈降速度を実験室内で測定した結果について記す. ただし, 生まの材料が手に入らなかつたのでフォルマリン液浸標本についておこなつた. したがつて, じつさいの海中の沈降速度とはやや相違していると思われる. Aa~Ab 期にある卵6個を比重1.0250の静止した人工海水を落下せしめ, 終端速度に安定してからそれを測定した (ただし, 実験に先きだつて, 卵を同濃度の海水に十数分浸しておいて, 卵腔内の液の塩分濃度を周囲の海水のそれと等しくしておいた. 実験中の海水温度は15.3~15.6°Cであつた). 6個についてそれぞれ2回測定した結果, 沈降速度として3.0~3.7 mm/sec (平均3.47 mm/sec) という値が得られた.

## 引用文献

- AFFLECK, R. J. (1953). The stability of the vitelline membrane and the requirements of developing trout ova. *Australian J. Mar. Freshwater Res.*, 4: 82-94.\*
- AHLSTROM, E. H. (1943). Influence of temperature on the rate of development of pilchard eggs in nature. *U. S. Dept. Interior, Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rep.*, No. 23. 26 p.
- (1948). A record of pilchard eggs and larvae collected during surveys made in 1939 to 1941. *U. S. Dept. Interior, Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rept.*, No. 54, 76p.
- (1954). Distribution and abundance of egg and larval populations of the Pacific sardine. *U. S. Dept. Interior, Fish and Wildlife Service, Fishery Bull.* 93, Vol. 56: 83-140.

\* 印は間接引用を示す.



- BALDWIN, E. (1949). *An introduction to comparative biochemistry*. (3rd ed.) Cambridge Univ. Press. (物質代謝研究会訳: 比較生化学入門. みすず書房, 1954).
- BATTLE, H. I. (1944). The embryology of the Atlantic salmon (*Salmo salar* Linnaeus). *Canadian J. Res.*, D, 22 (5): 105-125.\*
- DAKIN, W. J. (1912). Aquatic animals and their environment. The constitution of the external medium, and its effect upon the blood. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 5 (1): 53-80.\*
- 藤田経信 (1953). 水産蕃殖学. 厚生閣, 427p.
- GODFREY, H. (1957). Mortalities among developing trout and salmon ova following shock by direct-current electrical fishing gear. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 14 (2): 153-164.
- 畑 久三 (1927). 鱒卵ニ及ボス四種ノ振動ノ影響ニ就テ. 水講試報, 23 (3): 105-109.  
 ----- (1929). 魚卵ニ及ボス振動時間ノ影響ニ就テ. 水講試報, 24 (5): 149-152.
- HAYES, F. R. (1949). The growth, general chemistry, and temperature relation of salmonid eggs. *Quart. Rev. Biol.*, 24 (4): 281-308.\*
- HAYES, F. R. & F. H. ARMSTRONG (1942). Physical changes in the constituent parts of developing salmon eggs. *Canadian J. Res.*, D, 20 (5): 99-114.\*
- IMAI, K. (1955). On the turbulent diffusion of dynamical substances. *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci.*, A, No. 4: 37-44.
- 伊東祐方 (未発表). マイワシ卵の孵化時間と水温との関係.  
 伊東祐方・ほか (1954). 能登海域におけるマイワシの産卵時刻と夜間の行動. 日本研年報, No. 1: 1-16.
- 小林久雄 (1944). 真鱈卵人工孵化の研究. 海洋の科学, 4 (7): 33-38.
- MARR, J. C. (1956). The "critical period" in the early life history of marine fishes. *Cons. Perm. Int. Explor. Mer. J. du Cons.*, 21 (2): 160-170.
- MILROY, T. H. (1893). The physical and chemical changes taking place in the ova of certain marine teleosts during maturation. *Rept. Fish. Bd. Scot., 16th Year (1897)*, Pt 3: 135-152.\*
- 中井甚二郎・ほか (1955). 鱈資源協同研究経過報告 (昭和24-26年). 東海区水産研究所, 東京, 54p.  
 中野宗治・川尻稔 (1924). 冷水性魚族ノ卵及稚魚ノ生態的研究— (1). 鱒卵ノ落下ニ対スル抵抗力試験. 水講試験, 20(1): 81-85.
- 西村三郎 (1957a). 卵黄吸収完了時におけるマイワシ稚魚の体重の推定. 日本研年報, No. 3: 73-75.  
 ----- (1957b). 浮游深度によるマイワシ卵の発生速度の相違について. 日生態誌, 7 (2): 77-80.
- NISHIMURA, S. (1957a). Vertical distribution of the floating eggs of *Maurollicus japonicus* ISHIKAWA, a gonostomatid fish, in the sea. *Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, No. 3: 13-22.  
 ----- (1957b). On some plankton animals occurring in spring off Wajima, Noto Peninsula, Japan Sea, with special reference to their vertical distribution. *Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, No. 3: 61-71.
- OPPENHEIMER, C. H. (1955). The effect of marine bacteria on the development and hatching of pelagic fish eggs, and the control of such bacteria by antibiotics. *Copeia*, 1955, No. 1: 43-49.
- 大谷武夫・富士川豊 (1937). 魚類の化学. 厚生閣, 504p.
- ROLLFFSEN, G. (1930). Torskeegg med deformerte fostre. *Lofotfisket 1929. årsberetning vedkommende Norges Fiskerier 1929* (2): 85-95.\*  
 ----- (1932). The susceptibility of cod eggs to external influences. *Cons. Perm. Int. Explor. Mer. J. du Cons.*, 7(3): 367-373.
- SHELBOURNE, J. E. (1956). The effect of water conservation on the structure of marine fish embryos and larvae. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 35 (1): 275-286.
- STOMMEL, H. (1949). Trajectories of small bodies sinking slowly through convection cells. *J. Mar. Res.*, 8 (1): 24-29.
- SVETLOV, P. (1929). Entwicklungsphysiologische Beobachtungen an Forelleneiern. *Arch. Ent. Mech. Org.*, Bd. 114: 771-785.\*
- WOODCOCK, A. H. (1941). Surface cooling and streaming in shallow fresh and salt waters. *J. Mar. Res.*, 4(2): 153-161.
- 山本時男 (1943). 魚類の発生生理. 養賢堂, 221p.

Table 1. Records of catch of sardine eggs, normal and abnormal, following the developmental stages from waters off Noto Peninsula, Japan Sea, on April 25, 1953. Samplings were made by vertical haul from 50 m. to the surface with the hauling speed of 1 to 2 m. per sec.

Stage	Time of sampling								Total		Percentage ratio of abnormal egg
	21:00		21:20		21:40		23:00				
	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	
AA	41	16	32	20	39	21	56	25	163	82	48.8
AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Aa	162	123	157	141	130	118	105	103	554	485	87.6
Ab	0	0	6	5	1	1	83	67	90	73	81.2
Ac	12	2	38	25	15	10	8	4	73	41	56.2
Ba-b	261	1	243	15	228	4	183	2	915	22	2.4
Bc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Ca	185	0	192	1	184	8	178	1	739	10	1.4
Cb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Cc	50	0	35	0	22	1	63	0	170	1	0.6
Unclass.	2	2	3	3	2	2	8	8	15	15	-

Abbreviations: T for the total number of sampled eggs and A for the number of abnormal eggs.

Table 2. Records of catch of sardine eggs, normal and abnormal, by developmental stages from waters off Noto Peninsula, Japan Sea, during the period April 26 to 28, 1955. Eggs were collected by vertical haul from 150m. or just above the bottom to the surface with the hauling speed of 1 to 2 m. per sec. Collections were made at 23 stations, of which 14 stations yielded egg catch and here are shown of the results.

Stage	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 8		St. 11	
	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A
AA	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aa	413	300	7	5	15	3	8	4	0	0	0	0
Ab	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ac	61	43	10	9	20	8	1	1	1	1	0	0
Ba-b	66	4	44	0	20	0	16	1	0	0	8	0
Bc	0	0	6	0	10	0	0	0	0	0	1	0
Ca	9	0	8	0	10	1	7	0	0	0	6	0
Cb	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0
Cc	38	3	4	0	12	0	1	0	0	0	14	0
Unclass.	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbreviations: T for the total number of sampled eggs and A for the number of abnormal eggs.

Table 2. (continued)

Stage	St. 12		St. 13		St. 14		St. 15		St. 16		St. 18	
	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A
AA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AM	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Aa	63	49	6	4	105	48	58	37	6	3	0	0
Ab	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ac	13	13	8	4	9	6	4	4	0	0	0	0
Ba-b	7	0	10	0	16	1	10	0	1	0	0	0
Bc	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	8	0	11	0	13	0	4	1	27	0	1	0
Cb	3	0	4	0	2	0	0	0	0	0	1	0
Cc	0	0	12	0	29	2	0	0	0	0	0	0
Unclass.	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0

Table 2. (continued)

Stage	St. 19		St. 20		Grand total		Percentage ratio of abnormal egg
	T	A	T	A	T	A	
AA	0	0	0	0	2	0	—
AM	0	0	0	0	2	1	—
Aa	0	0	0	0	681	458	67.3
Ab	0	0	0	0	1	0	—
Ac	0	0	0	0	127	89	70.1
Ba-b	0	0	0	0	198	6	3.0
Bc	0	0	0	0	20	0	0
Ca	1	1	1	0	106	3	2.8
Cb	0	0	0	0	16	0	—
Cc	0	0	2	0	112	5	4.5
Unclass.	0	0	0	0	5	5	—

Table 3. Records of catch of sardine eggs, normal and abnormal, following the developmental stages from waters off Noto Peninsula, Japan Sea, in 1954 and 1955. Samplings were made by horizontal drift method, covering seven or six different depths from 2-3 m. to about 70 or 50 m.

I. May 13, 1954, 17:20-17:50 (Partly clouded; rippled surface)

Stage	Total catch from six layers*			Catch from the 2-3m. layer		
	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality
AA	0	0	-	0	0	-
AM	0	0	-	0	0	-
Aa	1	1	-	0	0	-
Ab	29	16	55.2	0	0	-
Ac	66	46	69.7	1	1	-
Ba-b	6	0	-	0	0	-
Bc	27	0	0	2	0	-
Ca-b	10	1	-	2	0	-
Cc	16	0	-	1	0	-
Unclass.	0	0	-	0	0	-

\* Including the catch from the 2-3 m. layer.

Table 3. (continued)

II. May 14, 1954, 03:05-03:35 (Partly clouded; rippled surface)

Stage	Total catch from six layers			Catch from the 2-3m. layer		
	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality
AA	0	0	-	0	0	-
AM	0	0	-	0	0	-
Aa	75	24	32.0	20	8	40.0
Ab	0	0	-	0	0	-
Ac	7	3	-	3	2	-
Ba-b	35	1	2.9	9	0	-
Bc	0	0	-	0	0	-
Ca-b	119	2	1.7	54	0	0
Cc	9	0	-	0	0	-
Unclass.	3	3	-	0	0	-

Table 3. (continued)

III. May 17, 1954, 18:55-19:25 (Blue sky; rippled surface)

Stage	Total catch from seven layers			Catch from the 2-3m. layer		
	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality
AA	1	0	-	1	0	-
AM	0	0	-	0	0	-
Aa	21	20	95.2	3	3	-
Ab	25	22	88.0	7	7	-
Ac	120	110	91.7	59	57	96.6
Ba-b	2	0	-	0	0	-
Bc	23	1	4.4	3	0	-
Ca-b	28	0	0	21	0	0
Cc	22	0	0	3	0	-
Unclass.	1	1	-	0	0	-

Table 3. (continued)

IV. May 18, 1954, 03:05-03:35 (Blue sky; rippled surface)

Stage	Total catch from seven layers			Catch from the 2-3m. layer		
	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality
AA	0	0	-	0	0	-
AM	9	6	-	0	0	-
Aa	19	19	-	0	0	-
Ab	0	0	-	0	0	-
Ac	47	19	40.4	20	7	35.0
Ba-b	151	4	2.7	47	1	2.1
Bc	9	1	-	6	0	-
Ca-b	61	1	1.6	8	1	-
Cc	21	0	0	0	0	-
Unclass.	0	0	-	0	0	-

Table 3. (continued)

V. April 22, 1955, 15:00-15:30 (Partly clouded; slight surface)

Stage	Total catch from seven layers			Catch from the 2-3m. layer		
	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality
AA	0	0	-	0	0	-
AM	0	0	-	0	0	-
Aa	621	155	25.0	104	40	38.5
Ab	4	4	-	0	0	-
Ac	164	109	66.5	57	41	72.0
Ba-b	81	0	0	25	0	0
Bc	29	0	0	18	0	-
Ca	155	0	0	38	0	0
Cb	0	0	-	0	0	-
Cc	133	1	0.8	19	1	-
Unclass.	2	2	-	0	0	-

Table 3. (continued)

VI. April 22, 1955, 17:01-17:31 (Blue sky; smooth surface)

Stage	Total catch from seven layers			Catch from the 2-3m. layer		
	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality
AA	0	0	-	0	0	-
AM	0	0	-	0	0	-
Aa	142	31	21.8	101	21	20.8
Ab	0	0	-	0	0	-
Ac	46	13	28.3	26	10	38.5
Ba-b	8	0	-	1	0	-
Bc	34	0	0	20	0	0
Ca	65	0	0	14	0	-
Cb	0	0	-	0	0	-
Cc	71	0	0	1	0	-
Unclass.	0	0	-	0	0	-

Table 3. (continued)

VII. April 22, 1955, 19:00-19:30 (Blue sky; smooth surface)

Stage	Total catch from seven layers			Catch from the 2-3m. layer		
	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality
AA	1	0	-	0	0	-
AM	2	1	-	1	1	-
Aa	120	21	17.5	57	6	10.5
Ab	1	0	-	0	0	-
Ac	116	43	37.1	25	3	12.0
Ba-b	22	0	0	10	0	-
Bc	99	6	6.1	12	0	-
Ca	84	3	3.6	2	0	-
Cb	28	0	0	10	0	-
Cc	105	0	0	2	0	-
Unclass.	1	1	-	0	0	-

Table 3. (continued)

VIII. April 22, 1955, 21:00-21:30 (Blue sky; rippled surface)

Stage	Total catch from seven layers			Catch from the 2-3m. layer		
	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality
AA	0	0	-	0	0	-
AM	0	0	-	0	0	-
Aa	184	43	23.4	53	13	24.5
Ab	0	0	-	0	0	-
Ac	77	28	36.4	20	8	40.0
Ba-b	59	0	0	18	0	-
Bc	84	5	6.0	19	0	-
Ca	66	2	3.0	14	0	-
Cb	25	0	0	5	0	-
Cc	84	0	0	1	0	-
Unclass.	2	2	-	0	0	-

Table 3. (continued)

IX. May 10, 1955, 22: 33-23: 03 (Blue sky; calm-glassy surface)

Stage	Total catch from seven layers			Catch from the 2-3m. layer		
	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality
AA	1	0	-	0	0	-
AM	4	4	-	0	0	-
Aa	0	0	-	0	0	-
Ab	100	78	78.0	0	0	-
Ac	555	432	77.8	1	1	-
Ba-b	124	6	4.8	1	0	-
Bc	147	3	2.0	0	0	-
Ca	13	0	-	1	0	-
Cb	26	2	7.7	0	0	-
Cc	34	1	2.9	5	0	-
Unclass.	0	0	-	0	0	-

Table 3. (continued)

X. May 11, 1955, 02: 35-03: 05 (Blue sky; rippled surface)

Stage	Total catch from seven layers			Catch from the 2-3m. layer		
	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality	Total egg	Abnormal egg	Percentage ratio of abnormality
AA	14	5	-	5	4	-
AM	3856	1607	41.7	1196	553	46.3
Aa	0	0	-	0	0	-
Ab	3	1	-	0	0	-
Ac	392	156	39.8	39	14	35.9
Ba-b	88	2	2.3	28	0	0
Bc	106	1	0.9	3	0	-
Ca	155	0	0	16	0	-
Cb	18	0	-	5	0	-
Cc	48	1	2.1	9	0	-
Unclass.	18	18	-	3	3	-



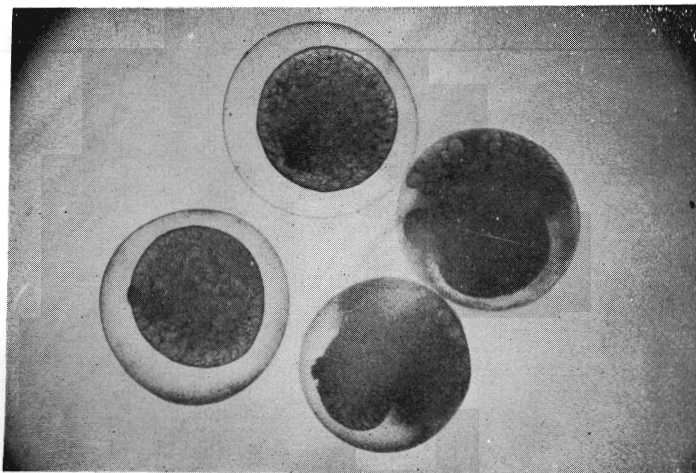


Fig. 1. Microphotograph of sardine eggs at developmental stage AA. The uppermost is a normal egg, the right two are abnormal eggs and the left is a slightly abnormal one. In the abnormal eggs a large amount of yolk spherules are ejected into perivitelline space and in the slightly abnormal egg the yolk sap is oozed out dispersedly in the perivitelline space.

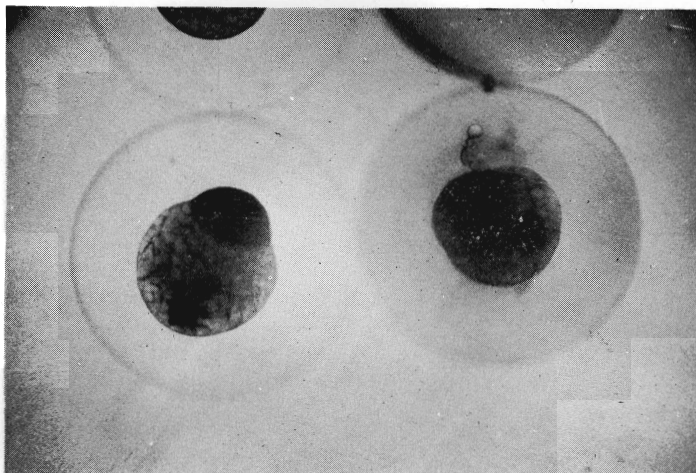


Fig. 2. Sardine eggs at stage Aa. The left is a normal and the right is an abnormal egg. In the latter, some ejected and decomposed yolk spherules are seen dispersed in the perivitelline space.

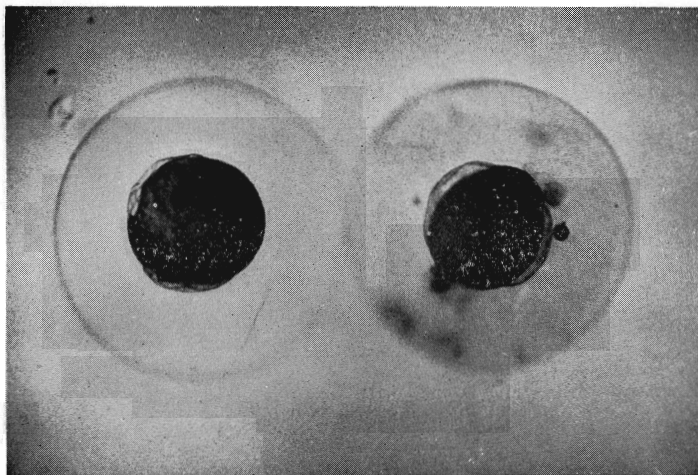


Fig. 3. Sardine eggs at stage Ac. The left is a normal and the right is an abnormal egg. In the latter, some ejected and decomposed yolk spherules are seen dispersed in the perivitelline space.