

日水研年報, (5) : 47-60, 1959.

Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (5) : 47-60, 1959.

海中における卵の浮游状態から考察した  
マイワシ脊椎骨数の変異の問題

西 村 三 郎

**A Note on the Problem of the Vertebral Number Variation in  
Sardine, as Considered by the Results of Studies  
on the Buoyancy of its Eggs in the Sea**

BY

SABURO NISHIMURA

**Abstract**

In the previous paper, the writer has discussed by the results of the simultaneous horizontal samplings at different depths made on the sardine spawning ground off Noto Peninsula in the middle Japan Sea that the sardine eggs would, contrary to the common-sense expectation, not be subject to strong eddy turbulences in the sea, the eggs floating in the upper layers presumably not being mixed with those floating in the lower layers, but that they would be kept rather unchanged in their relative positions to each other and would rise or sink as a whole egg mass or would stay in neutral buoyancy (NISHIMURA, S. : *Jap. J. Ecol.*, 7 (2) : 77-80, 1957).

It has in the present paper been demonstrated that the discussion presented above would hold generally true not only for the Noto spawning ground but also for many other grounds of sardine reproduction found in the middle (and northern, also ?) Japan Sea, taking into account the features of oceanographic structure on the sardine spawning grounds formed throughout the Tsushima current region of Japan, *i. e.*, the home range of the Japanese sardine, *Sardinops sagax melanosticta* (TEMMINCK et SCHLEGEL). In the middle Japan Sea, a marked thermocline is developed on the sardine spawning grounds, making a barrier, as it were, to the intermingling of the sardine eggs floating in the upper layers with those in lower layers. The situation such as this would lead to the development of difference in meristic characters between the embryos proceeding with ontogeny in the upper warmer, less haline, lighter, more oxygen-saturated layers and those in the lower colder, more haline, darker, less oxygen-saturated layers. The former would attain a smaller value in the number of vertebral centra or myotomes than the latter, with the result reached that the variance of mean vertebral or myotome number would be relatively large for this school of sardine. Off the west Kyushu and in the southern Japan Sea, on the other hand, no thermocline is developed on the sardine spawning grounds, suggesting that there is some probability of intermingling of the upper-floating and the lower-floating eggs. This situation would give a relatively

homogeneous nature in the meristic characters and a smaller variance of, for example, mean vertebral or myotome number for the sardine school reproduced in this area.

From the consideration so far made, it is expected that a geographical cline would be detectable in the change of the variance of mean vertebral number for sardine schools from different spawning areas which have not yet been intermingled with each other in the course of pelagic life. Two instances (1953 and 1954) considered to be corroborative and one more instance (1955) thought presumably corroborative of this supposition have been obtained for the 0-age sardines caught in the Tsushima current region of Japan during the 5-year period of study: 1953 to 1957; the remaining two years are incomplete of the preparation of the vertebral count data.

## I. ま え が き

日本近海産マイワシ *Sardinops sagax melanosticta* (T. et S.) における脊椎骨数変異の問題はこれまで多くの研究者によつて調査されてきた。その結果は、あるいは種族の分離(相川・小西, 1940), あるいは平均値における地理的傾斜の認識(雨宮・阿部, 1933; 雨宮・ほか, 1934), あるいは地域的発生集団の存在およびその後における混合過程の推定(中井, 1938; 村上・真道, 1949; 中井・ほか, 1955), さらに季節的発生集団の存在(横田, 1953), 年級群による変動(渡辺, 1958)などとさまざまであつた。しかし、これらの研究の多くが、マイワシ脊椎骨数の変異には、遺伝的な要素が交絡している可能性\*を否定はしないけれども、それよりもむしろ、環境と結びついた変異、つまり、発生時の環境条件によつて生起・指向させられたと考えるべき phenotypic な変異の存在することをのべている点で一致しており、これは注目すべきことである。そして、この変異と環境因子との結びつけに際しては、観測が容易で資料が比較的よくそろつており、欧米の研究者もふるくから注目していたところの水温がまずとりあげられたのは当然ななりゆきであつた。しかし、これまでの研究では、環境因子の形質発現におよぼす影響およびその機構についての実験的研究があまりおこなわれていなかったという理由を別にしても、この両者の結びつけはすぐれて観念的・非実体的な段階にとどまつていた。たとえば、マイワシの脊椎骨数は北方水域において高く、南方水域において低いという、いわゆる北高南低の説にしても、従来は、簡単に、北方の産卵場は南方のそれよりも水温が低いからであると片づけられてきた。しかし、一歩つつこんで、はたして両水域間で、産卵盛期における微視的な意味での主要産卵空間、あるいはその後の発育空間の水温が上述のごとき脊椎骨数の変異をもたらすようなくあいに相違しているかどうかと考えると、これは軽々しくは決定できない問題であることがわかるであろう。環境条件の変化に対してとくに敏感な発育期 (supersensitive period: TÄNING, 1952) にある胚体の海中における分布状態ならびにその時期における海洋構造についての十分な知見がなければこの問題はげんみつには決せられない。すなわち、形質変異と環境因子との結びつけについて、われわれはもつと具体的・微視的な立場から考えなおしてみる必要がある。

筆者は数年来マイワシ卵・仔魚の海中における垂直分布の問題について調査してきたが、その結果得られた知見が、上述したような立場から、従来察観されていたマイワシ脊椎骨数の変異の問題にも関連を有するようと思われたので、ここにその考察の一端をのべて、諸賢の批判を得たい。

本論に進むにさきだち、この研究に対してご協力とご援助を寄せられた日本海区水産研究所の伊東祐方、渡辺和春の両氏に感謝の意を表する。

## II. 海中におけるマイワシ卵の浮游状態

筆者は、さきに、能登半島沿海においておこなわれたマイワシ卵・仔魚の各層同時水平採集\*\*の結果にもとづいて、マイワシ卵は表層のみならず下層にもかなり浮游しているが、その際には、同一の age

\* 江上 (1953, 1951a, 1951b) は野性メダカ *Oryzias latipes* (T. et S.) について、遺伝子構成の差異にもとづく尾ひれ軟条数の異なる地方群の存在をのべているが、長期間の浮游性幼期を有す海産魚の場合には、一般に長い世代にわたる隔離はおこなわれにくく、したがつて、遺伝子構成を異にする地方群の形成ないし維持は考えがたい。

\*\* 採集水深はだいたい 3, 8, 13, 23, 33, 53, 73m の 7 層 ; 採集時間は 30 分。

category\*に属するものでも、上層採集の卵群ほど発生過程のより進んだ段階にある卵を含んでいることを認め、これはマイワシ卵は上層に浮遊しているものと下層のものとあまり混合することなく、おそらく放出時の水深によつて規定されるのであろう相互の位置関係（ただし、垂直方向の成分だけを考える）を比較的不変に保つたまま、全体として浮上・沈降あるいは中立浮遊をしているものであるらしく、これが現場の水温垂直分布の状況を反映して、上記のような現象を成り起せしめたのであろうと推測した（西村、1957）。

いまの場合、上層に浮遊している卵群と下層のそれとはあまり混合しないだろうとの結論を重視した。これは、上記の採集が可能であつたほどの天候条件の下では、マイワシ卵の浮遊層における質量交換（Austausch）、あるいは渦動拡散（eddy diffusion）があまり著しくないことを暗示しているが、本節ではこの結論がどの程度の一般性を備えているものであるかについて考えてみることにする。

前記の論文において、筆者は卵の垂直方向の混合はあまりおこなわれないう前提の下に、上述したような浮遊深度による卵の発生速度の相違をもたらす直接的な原因は水温の垂直分布状態であると考えられることの証拠のひとつとして、水温躍層が発達していない場合には卵の発生速度の相違も小さいが、躍層が顕著に発達している場合にはそれが存在する深度付近において卵の発生速度もまた飛躍的に変化しているという事実\*\*、すなわち、発生速度の急変と水温躍層との同時存在性をあげたが、じつは、水温躍層の形成され易さと卵の垂直混合のおこなわれ難さとは同じことであつて、ともに垂直安定度の大小にかかつており、垂直安定度が大きいところでは水温躍層が形成されやすく、同時に卵の垂直混合はおこなわれがたい。そして、いつたん水温躍層が形成されると、その場所の垂直安定度が一層大きくなり、渦動の発生が抑制されて、渦動熱伝導率および渦動拡散率がともにいちぢるしく小さくなる（SVERDRUP *et al.*, 1942 : pp. 91—92）：すなわち、躍層はますます顕著となり、また、卵の垂直混合は一層おこなわれにくくなる。その結果は、上にのべた発生速度の急変と水温躍層との同時存在性となつて現象するわけであらうと考えられる。つまり、水温躍層は単に卵の発生速度を相違させるという反応速度論的な作用だけでなく、卵の垂直混合を抑制するという力学的な作用をもおよぼしているわけである。

上にのべた卵の垂直混合と水温分布との関係は、躍層という急激な変化の場に対してだけでなく、もつとゆるやかな水温垂直変化の場に対しても本質的には同様に成立するもので、この場合にはただ垂直安定度がそれほど大きくないために、卵の垂直混合の抑制が上の場合ほど効果的でないというちがひがあるだけである。そもそも、水温垂直分布に傾度があるということ自体、渦動による熱伝導が上下における水温差をうち消すにたるほど大きくはないということの意味しているが、保存濃度の渦動拡散と渦動熱伝導とは同じプロセスの2面にすぎないことを考えると、このような場合には、マイワシ卵にあつても上層浮遊のものと下層のものとの集団として大規模に混合しあうという可能性が考えられないことは当然である\*\*\*。

以上の考察から、われわれは海中におけるマイワシ卵の浮遊状態に関して一般論として次のようにいえることができるであらう：水温傾度が観測されるほどの場合には、マイワシ卵は上層から下層にわたるほどの大規模な垂直混合をおこなうことはなく、その拡散はおそらく小さな乱子を通じておこなわれるのみで、したがつて上層浮遊の卵と下層のそれとが入れまじる確率は高くないと考えられる。とくに水温傾度の大きい場合（＝水温躍層の発達している場合）には、その上下の卵の混合は、いちぢるしく阻害される。したがつて、卵は相互の位置関係を比較的不変に保つたまま浮遊している。そして、これが水温傾度を反映して、上層浮遊のものと下層浮遊のものと間で発生速度に差異をきたすこととなるわけである\*\*\*\*。

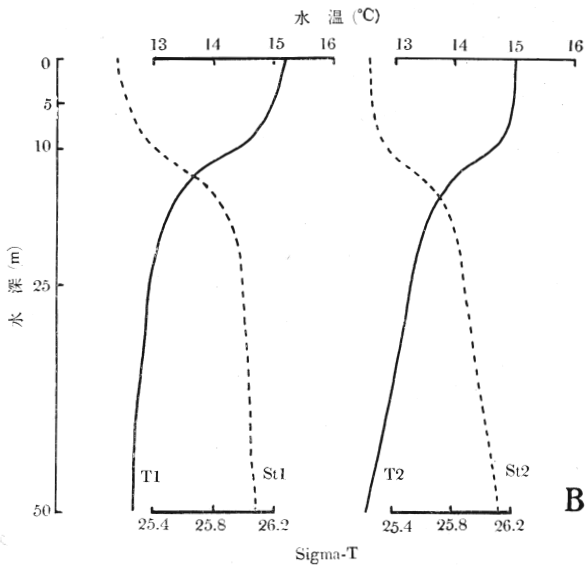
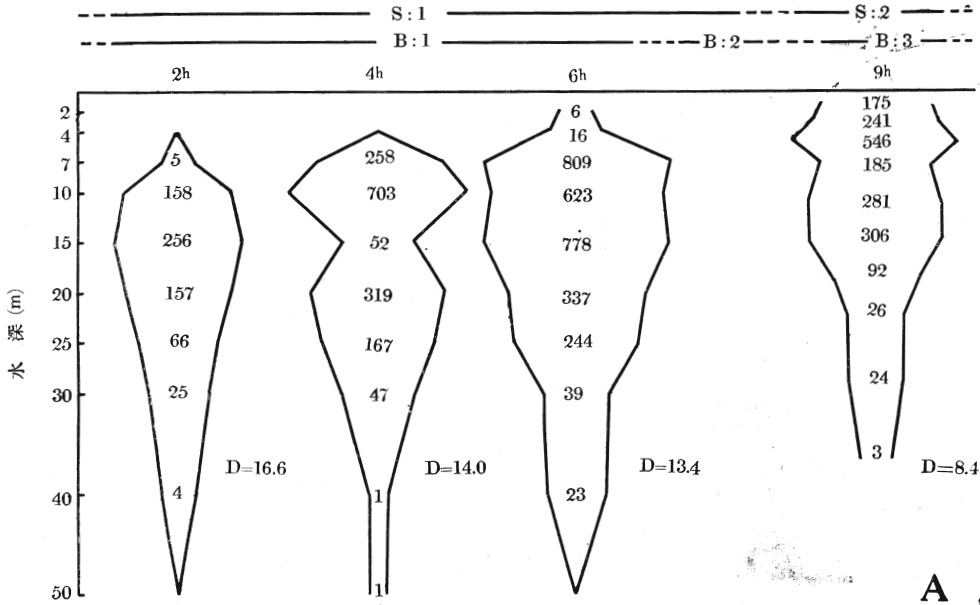
\* マイワシは一日のうちのある特定の時刻に集中的に産卵することが知られているが、この同じ日のほぼ同じ時刻に放出された卵群を同一の age category に属すると定義する。

\*\* このことは、マイワシ卵は海中にあつては中立浮遊あるいはそれに近い状態にあることを暗示する。したがつて、新たな産卵による添加と死亡による減耗とを考慮しなければ（本論文ではこれらの点については考えないことにする）、マイワシ卵は近似的に保存濃度（conservative concentration）とみなしてもよいだろう。筆者は発生初期にあるマイワシ卵については、その浮上速度はきわめて小さいことを観察した（未発表）。

\*\*\* ただし、マイワシ卵の拡散にもつとも有効な乱子（turbula）の大きさと、熱伝導に効果的なその大きさとが相違することは考えられる。

\*\*\*\* 前報（西村、1957）においては、卵に発生速度の差をもたらす原因として水温だけについてのべたが、上層と下層との間で大きく相違する光と圧力も可能な原因として挙げられるであらう。WORTH (1934) によれば、shad, *Alosa sapidissima* (WILSON) の卵は、同一水温下でも、直射日光の下では発生が促進され、暗黒および曇天下では遅滞するといわれ、WILLER (1923) も *Bachforelle*, *Salmo trutta fario* L. の発生は光の影響を受けることをのべている。また、水圧については、GOFF (1910) は *zebra fish*, *Brachydanio rerio* (HAMILTON) の卵発生が高圧下では遅滞させられることをのべている。

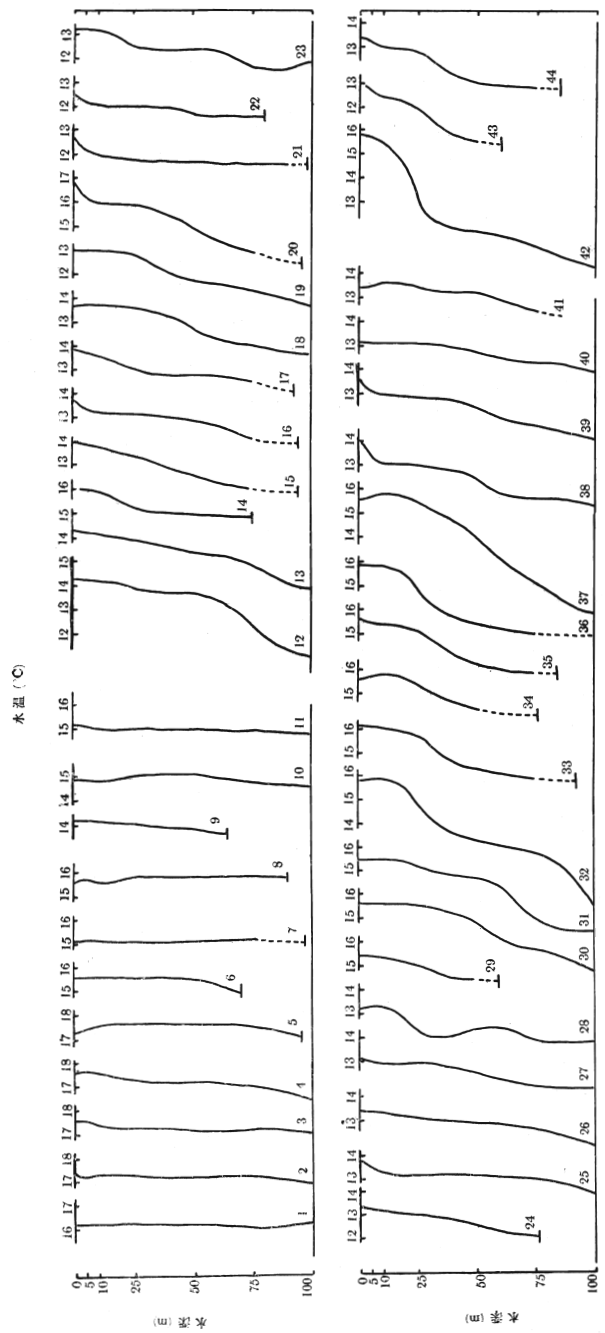
おわりに、上にのべたことを裏づける資料を、筆者の前報（西村，1957）以外の調査からひとつだけ引用して示そう。第1図は1958年5月11日，能登半島沿海のマイワシ産卵場（37°30' N, 136°42' E）において，漂流しながらポンプ採集\* をおこなつて得たサンプルにもとづいて描いたマイワシ卵の垂直分布の時間的推



第1図 Aは，1958年5月11日，能登半島沿海のマイワシ産卵場（37° 30' N, 136° 42' E）において得られた同一 age category に属するマイワシ卵群（発育段階：morula 期—blastula 期）の垂直断面の時間的推移。LOHMANN の球曲線法によつて示す。数字は海水 1.1m<sup>3</sup> 中の卵数。S：ウネリ階級，B：ビューフオート風力階級，D：卵群の重心の深さ(m)。Bは5月10日22時（添字1を付す）および11日6時（添字2を付す）における採集地点の水温(T)および Sigma-T (St) の垂直分布。

移を示したものである。これは5月10日の20~22時ごろ放出された age category に属する同一卵群のプロファイルで LOHMANN (1908) の球曲線法 (Kugelkurvenmethode) によつて示してある。これから，時間の経過とともに卵群の重心が徐々に浮上していつている様子がうかがわれる。2時採集のものと4時採

\* エムロ MA I 型動力ポンプ（武蔵興業株式会社製）をもちいて、2, 4, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50mの11層から、おのおの1.1m<sup>3</sup>を揚水，ネットで濾してサンプルを得た。



第2図 対馬暖流域内マイワシ主要産卵場における水温垂直分布 (1954年)。資料は西海区水産研究所 (1956)：西海区鱈資源調査資料 B輯 (1954年度) および日本海区水産研究所 (1956)：日本海区鱈資源調査資料 B輯 (1954年度) からとった。◎ネット (口径45cm, 長さ90cm, 縮絹 GG 54) の深度150mにおける海底直上からの垂直曳採集によつてマイワシ卵が11個以上得られた点を主要産卵場にあるものとみなし, その点における水温分布を示した。  
1~11:九州西海・日本海南部 (熊本県~山口県); 12~41:日本海中部 (鳥取県~富山県); 42~44:日本海北部 (山形県~秋田県)。

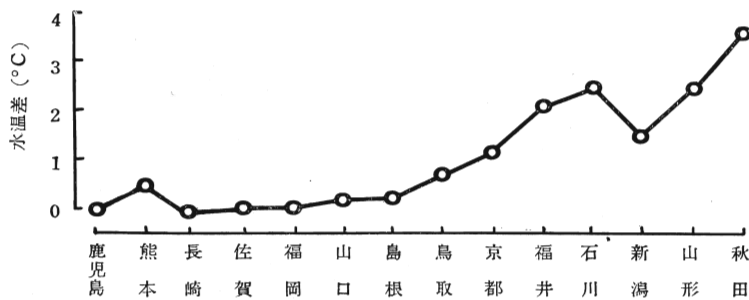
1. 熊本県: 32°33'N, 129°31'E; Feb. 17, 13: 00.
2. 熊本県: 32°23'N, 129°14'E; Mar. 18, 09: 45.
3. 熊本県: 32°31'N, 129°03'E; Mar. 18, 07: 50.
4. 熊本県: 32°24'N, 129°08'E; Mar. 17, 15: 25.
5. 長崎県: 33°34'N, 129°31'E; Jan. 27, 14: 26.
6. 佐賀県: 33°33'N, 129°20'E; Feb. 10, 18: 12.
7. 佐賀県: 33°21'N, 129°15'E; Feb. 10, 17: 16.
8. 佐賀県: 33°11'N, 129°19'E; Feb. 10, 16: 15.
9. 山口県: 34°21'N, 130°49'E; Feb. 23, 05: 55.
10. 山口県: 34°16'N, 130°06'E; Feb. 23, 11: 15.
11. 山口県: 34°22'N, 129°57'E; Feb. 23, 11: 15.
12. 鳥取県: 35°40'N, 134°18'E; Apr. 06, 06: 00.
13. 鳥取県: 35°45'N, 134°18'E; Apr. 6, 04: 00.
14. 福井県: 35°40'N, 135°50'E; May 11, 10: 22.
15. 石川県: 37°34'N, 137°14'E; May 8, 10: 40.
16. 石川県: 37°37'N, 137°10'E; May 8, 11: 30.
17. 石川県: 37°49'N, 136°50'E; May 8, 13: 30.
18. 石川県: 37°55'N, 136°40'E; May 8, 14: 25.
19. 石川県: 38°01'N, 136°30'E; May 8, 15: 10.
20. 石川県: 37°37'N, 137°10'E; June 4, 11: 15.
21. 日水研: 37°32'N, 136°46'E; Apr. 24, 07: 10.
22. 日水研: 37°20'N, 137°04'E; Apr. 26, 07: 40.
23. 日水研: 37°20'N, 136°40'E; Apr. 26, 07: 40.
24. 日水研: 37°24'N, 136°22'E; Apr. 26, 08: 23.
25. 日水研: 37°29'N, 136°33'E; Apr. 26, 16: 00.
26. 日水研: 37°28'N, 136°51'E; May 28, 06: 07.
27. 日水研: 37°20'N, 137°04'E; Apr. 26, 07: 40.
28. 日水研: 37°20'N, 136°33'E; Apr. 26, 16: 00.
29. 日水研: 37°28'N, 136°51'E; May 28, 06: 07.
30. 日水研: 37°32'N, 136°46'E; May 28, 07: 01.
31. 日水研: 37°37'N, 136°40'E; May 28, 07: 58.
32. 日水研: 37°55'N, 136°51'E; May 28, 22: 55.
33. 日水研: 37°41'N, 137°08'E; May 28, 00: 07.
34. 日水研: 37°44'N, 137°04'E; May 28, 22: 55.
35. 日水研: 37°41'N, 137°08'E; May 28, 00: 07.
36. 日水研: 37°37'N, 137°13'E; May 29, 00: 07.
37. 日水研: 37°39'N, 137°23'E; May 5, 17: 13.
38. 富山県: 37°10'N, 137°23'E; May 5, 14: 10.
39. 富山県: 37°15'N, 137°23'E; May 5, 15: 25.
40. 富山県: 37°20'N, 137°23'E; May 5, 17: 13.
41. 富山県: 37°25'N, 137°23'E; May 5, 17: 13.
42. 山形県: 38°28'N, 139°09'E; June 2, 08: 10.
43. 秋田県: 39°13'N, 139°53'E; May 7, 16: 30.

集のものとでプロファイルが急激に変化している。これがいかなる理由で生じたものか明らかでないが、後者において15m層にみられた“くびれ”は、次第に位置は上昇しているけれども、6時および9時採集のプロファイルにも同様に認められる。また、プロファイルの下方への細まり具合 (tapering) はいずれの時刻の採集のものにおいてもよく類似している\*。すなわち、これらは、急激な流動変化あるいは擾乱のない限り、マイワシ卵群の形状はあまり変化しない：つまり、大規模な渦動による移動・混合はほとんどおこなわれていないことを示すものと思われる。第1図にはまた、10日22時および11日6時における水温およびsigma-Tの垂直分布をも示してあるが、これから、表面から7~8mまでは均質上層 (upper homogeneous layer), 7~8mから15~16mまでの間が躍層であつたことがわかる\*\*。いつぼう、マイワシ卵群の頂上は、均質上層内にあつても、その濃度傾度は、海面がおだやかであつた6時まではきわめて大きく、風が出て海面が波立ちはじめてからようやくその傾度はゆるやかなものとなつたこと (9時のプロファイル) がわかるが、これは垂直安定度が小さい場合でもマイワシ卵群は渦動拡散の影響をあまり受けなかつた例として注目される\*\*\*。以上のべたことはいずれも、普通のおだやかな海中にあつてはマイワシ卵群は大きな垂直混合をおこなつていない：すなわち、卵相互の位置関係を比較的不変に保つたまま浮遊していることを示すものとみてよいだろう。

### Ⅲ. マイワシ産卵場における水温垂直分布

前節において、筆者は、マイワシ卵は海中にあつてはふつう大規模な垂直混合をおこなつてはいないであろう；とくに水温傾度の大きい時にはそれが顕著に抑制されているであろうことをのべた。ここでは、じつさにマイワシ産卵場ではどのような水温垂直分布になつているかを調べてみることにする。

第2図には1954年における対馬暖流域内にあるマイワシ主要産卵場の水温垂直分布のプロファイルを示した。これから、九州西海・日本海南部 (熊本県~山口県) の産卵場においては水温傾度はほとんどないか、あるいはきわめて小さく、また、ここには示さなかつたが、塩素量の傾度もほとんどないか、あるいはごくわずかにマイナスであることが多く、ほとんど海底まで均質な水によつて占められており、したがつて不安定であること；日本海中部 (鳥取県~富山県) においては水温傾度はやや大きく (とくに50mと100mとの間で大きい)、とくに産卵期後半 (たとえば、第2図における29~37) には大きくなり (この場合には、50mから100mの間、あるいは10mから50mの間で大きい)、したがつて次第に安定となること；日本海北部 (山形県~秋田県) にいたつて水温の傾度は一層大きくなり (10mから50mの間でとくに大きい)、安定な成層構造を示すようになることがわかる。第3図は産卵場における表面と50m層との水温差を緯度の順に配列し



第3図 マイワシ産卵盛期における表面と50m層との水温差の地理的変化。  
[伊東 (1957) より；すこしく改変。]

\* この下方への細まり具合は、初期条件的には、親魚群による放卵行動によつて決定されたものであらうと考えられる。

\*\* 今回のポンプ採集の場合は、採集時の擾乱がひどかつたためと思われるが、マイワシ卵のほとんどが白濁 (西村, 1958) しており、卵群が放出されてからまだ短い時間しか経過していないこととあいまつて、躍層の上下での発生進行度を比較しうほどの細かい観察は不可能であつた。

\*\*\* この場合の均質上層は風の擾乱 (stirring) によつて形成されたものではなく、夜間における放熱の結果、海面が冷却し、卵の拡散にはあまり影響がない程度の微細な乱子による熱対流がおこつて形成されたものと考えられる。

たものであるが、上にのべたことが明瞭に認められるであろう。すなわち、産卵場の位置が北偏するにしたがつて\*、その水温傾度は次第に大きくなり、したがって垂直安定度も大きくなる。しかも、水温傾度の大きい層（＝躍層）の深度は日本海の中部から北部に向つて浅くなる様子がうかがわれる。これらの傾向はほかの年次にも同様に認められる。

以上の結果を前節でのべたことに結びつけると、次のような推測が可能となる：もし、マイワシ卵が表層のみならず50～100m層にも、あるいは、水温躍層以深にも浮游しているものならば、九州西海・日本海南部の産卵場では卵は上層浮游のものと下層のものとが混合する可能性があるが、日本海中部、とくに日本海北部では卵の垂直混合は効果的に抑制され、上層のものと下層のものとはいれかわることなく、独自の発生を進める可能性が大きい。

#### IV. マイワシ卵の浮游深度

マイワシ卵の海中における垂直分布状態については、これまで断片的な報告がなされているにすぎないが、これから、はたしてどのくらいの深さまで浮游しているものであるかさぐつてみよう。早野（1953）は九州西海の産卵場において階層的採集をおこない、得られた結果から、マイワシ卵は50m以深にも相当量浮游しており、とくに発生の若いもの＝前期卵は深層に多いようであると述べている。筆者が登登半島沿海でおこなつた各層同時水平採集の結果は、1955年度の分の一部は前報（西村，1957）で挙げたが、その残り部分および1954年度の成績を一括して第1表に示しておいた。これらは、水深による流速の差異がなければ、

第1表 登登半島沿海におけるマイワシ卵各層同時水平採集の結果（1954—55年）。

| A. 1954年5月16日   |             | 採集位置：37° 31' N, 137° 00' E |    |    |    |    |    |  |
|-----------------|-------------|----------------------------|----|----|----|----|----|--|
| 時 刻             | 採 集 水 深 (m) |                            |    |    |    |    |    |  |
|                 | 3           | 8                          | 13 | 23 | 33 | 53 | 73 |  |
| 17: 10 — 17: 40 | 39          | —†                         | 14 | 21 | 17 | 6  | 25 |  |
| 19: 10 — 19: 40 | 32          | 45                         | 39 | 26 | 16 | 8  | 19 |  |

† 採集せず；以下同様。

| B. 1954年5月17—18日 |             | 採集位置：37° 26' N, 137° 26' E |     |    |    |    |    |  |
|------------------|-------------|----------------------------|-----|----|----|----|----|--|
| 時 刻              | 採 集 水 深 (m) |                            |     |    |    |    |    |  |
|                  | 3           | 8                          | 13  | 23 | 33 | 53 | 73 |  |
| 17: 15 — 17: 45  | 96          | 97                         | 134 | 87 | 61 | 45 | 41 |  |
| 18: 55 — 19: 25  | 97          | 24                         | 30  | 37 | 41 | 10 | 4  |  |
| 21: 00 — 21: 30  | 29          | 13                         | 11  | 9  | 33 | 3  | 10 |  |
| 00: 56 — 01: 26  | 20          | 17                         | 32  | 29 | 12 | 26 | 17 |  |
| 03: 05 — 03: 35  | 81          | 43                         | 50  | 53 | 34 | 41 | 15 |  |
| 05: 17 — 05: 47  | 136         | 41                         | 50  | 47 | 42 | 42 | 26 |  |
| 07: 00 — 07: 30  | 751         | 42                         | 49  | 34 | 23 | 18 | 35 |  |
| 09: 00 — 09: 30  | 202         | 145                        | 29  | 9  | 32 | 12 | 6  |  |
| 11: 00 — 11: 30  | 107         | 182                        | 79  | 16 | 28 | 13 | 8  |  |
| 15: 00 — 15: 30  | 79          | 45                         | 27  | 44 | 38 | 14 | 7  |  |
| 17: 06 — 17: 36  | 55          | 20                         | 30  | 22 | 30 | 5  | 7  |  |

\* あるいは、シーズンが進むにしたがつてといつてもよい。

C. 1955年4月22日

採集位置：37° 28' N, 136° 56' E

| 時刻            | 採集水深 (m) |     |     |    |    |    |    |
|---------------|----------|-----|-----|----|----|----|----|
|               | 3        | 8   | 13  | 23 | 33 | 53 | 73 |
| 13:02 — 13:32 | 166      | 575 | 470 | 28 | 25 | 21 | 25 |
| 15:01 — 15:31 | 261      | 632 | 227 | 31 | 9  | 8  | 22 |
| 17:01 — 17:31 | 163      | 90  | 87  | 6  | 3  | 3  | 11 |
| 19:00 — 19:30 | 119      | 159 | 212 | 53 | 20 | 9  | 7  |
| 21:03 — 21:33 | 130      | 197 | 179 | 40 | 20 | 4  | 11 |

D. 1955年5月10—11日

採集位置：37° 29' N, 136° 55' E

| 時刻            | 採集水深 (m) |       |     |     |     |     |     |
|---------------|----------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
|               | 3        | 8     | 13  | 23  | 33  | 53  | 73  |
| 18:35 — 19:05 | 44       | 167   | -   | 187 | 69  | 106 | 49  |
| 20:35 — 21:05 | 12       | 128   | 185 | -   | 56  | 129 | 110 |
| 22:33 — 23:03 | 8        | 77    | 298 | 346 | 104 | 64  | 107 |
| 02:35 — 03:05 | 1,304    | 1,648 | 634 | 349 | 449 | 148 | 166 |
| 04:35 — 05:05 | -        | 303   | 456 | 214 | 287 | 117 | 141 |

E. 1955年5月15日

採集位置：37° 29' N, 136° 56' E

| 時刻            | 採集水深 (m) |     |     |     |     |    |    |
|---------------|----------|-----|-----|-----|-----|----|----|
|               | 3        | 8   | 13  | 23  | 33  | 53 | 73 |
| 10:30 — 11:00 | 414      | 287 | 328 | 327 | 62  | 41 | 46 |
| 12:30 — 13:00 | 550      | 302 | 113 | 90  | 80  | 23 | 32 |
| 14:30 — 15:00 | 454      | 148 | 184 | 105 | 79  | 15 | 17 |
| 16:30 — 17:00 | 689      | 253 | 390 | 213 | 102 | 62 | 39 |
| 18:35 — 19:05 | 846      | 205 | 194 | 457 | 85  | 60 | 29 |
| 20:30 — 21:00 | 491      | 486 | 303 | 311 | 122 | 71 | 79 |

F. 1955年5月21日

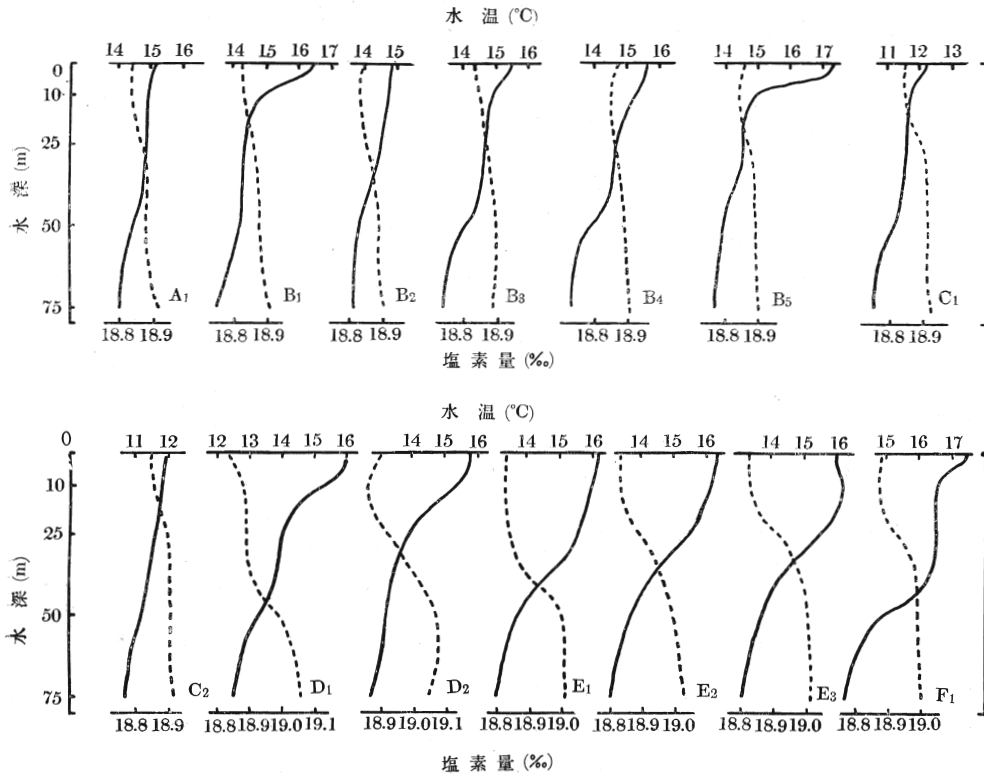
採集位置：37° 28' N, 136° 56' E

| 時刻            | 採集水深 (m) |    |     |    |     |    |    |
|---------------|----------|----|-----|----|-----|----|----|
|               | 3        | 8  | 13  | 23 | 33  | 53 | 73 |
| 10:35 — 11:05 | 146      | 76 | 98  | 59 | 106 | 30 | 26 |
| 12:30 — 13:00 | 64       | 70 | 116 | 72 | 105 | 11 | 16 |
| 14:30 — 15:00 | 48       | 96 | 90  | -  | 60  | 65 | 23 |

卵の垂直分布のプロファイルを与えるが\*, じじつはそうでないことが予想され, 一般に深層において表層におけるよりも流速が小さいと思われるので, じじつは表に示された値よりも多くの卵が深層に分布していることが推定される. 第4図にこの水平採集がおこなわれた時の水温・塩素量の垂直分布状態を示した.

\* この採集法は, 海流のプランクトン運搬力にのみ依存しているので, 流速の大小によって採集量が変わる. したがって, 相対的な分布密度を求めるには, 各層の流速によって補正しなければならないのだが, いまの場合これをこなわなかった.





第 4 図 能登半島沿海のマイワシ産卵場において卵の各層同時水平採集がおこなわれた時の、水温（実線）と塩素量（破線）の垂直分布（1954年および1955年）。

- A<sub>1</sub>. 37° 31' N, 137° 00' E; May 16, 1954; 17: 05.
- B<sub>1</sub>. 37° 26' N, 137° 26' E; May 17, 1954; 18: 52.
- B<sub>2</sub>. 37° 26' N, 137° 26' E; May 18, 1954; 02: 52.
- B<sub>3</sub>. 37° 26' N, 137° 26' E; May 18, 1954; 06: 55.
- B<sub>4</sub>. 37° 26' N, 137° 26' E; May 18, 1954; 10: 55.
- B<sub>5</sub>. 37° 26' N, 137° 26' E; May 18, 1954; 15: 07.
- C<sub>1</sub>. 37° 28' N, 136° 56' E; Apr. 22, 1955; 15: 00.
- C<sub>2</sub>. 37° 28' N, 136° 56' E; Apr. 22, 1955; 19: 00.
- D<sub>1</sub>. 37° 29' N, 136° 55' E; May 10, 1955; 20: 15.
- D<sub>2</sub>. 37° 29' N, 136° 55' E; May 11, 1955; 02: 08.
- E<sub>1</sub>. 37° 29' N, 136° 56' E; May 15, 1955; 12: 00.
- E<sub>2</sub>. 37° 29' N, 136° 56' E; May 15, 1955; 16: 05.
- E<sub>3</sub>. 37° 29' N, 136° 56' E; May 15, 1955; 20: 01.
- F<sub>1</sub>. 37° 28' N, 136° 56' E; May 21, 1955; 21: 16.

また、手動式ポンプによる50mまでの各層採集（1955年実施）の結果でも、時に30m層において8～10個/90l、50m層において2～5個/90lという分布密度が観察され、マイワシ卵は相当深い層にまで浮游している場合のあることがわかった（NISHIMURA, 1957）。さらに動力ポンプによる50mまでの採集（1958年実施）の結果でも、時に50m層にもかなりの卵が浮游していることが認められた（未発表）。この場合には50m以深にも相当量の卵が分布していたであろうことは疑いを容れない。

以上のべたところから、少なくとも九州西海と日本海中部の産卵場においては、マイワシ卵は50m以深のかなり深い層まで——水温躍層が発達している場合にはその下方にまで、その量は表層付近よりは少いであろうが、とにかく分布していることがわかった。日本海北部については資料がない。

ところで、ヨーロッパの pilchard, *Sardina pilchardus* WALBAUM の卵の垂直分布については、RUSSELL (1926) は、それが60m層にいたるも表層の % 程度の密度で浮游していた例を挙げている。この場合には25~35m付近に躍層が顕著に発達していた。すなわち、躍層以深にも多くの卵が浮游していたことになる。しかし、SILLIMAN (1943) は California sardine, *Sardinops sagax caerulea* (GIRARD) の卵の垂直分布は水温のそれと関連をもっており、躍層以深には卵は多くないという結果を得ている。

卵の垂直分布状態と躍層との関係については、さらに一層の研究を要する。

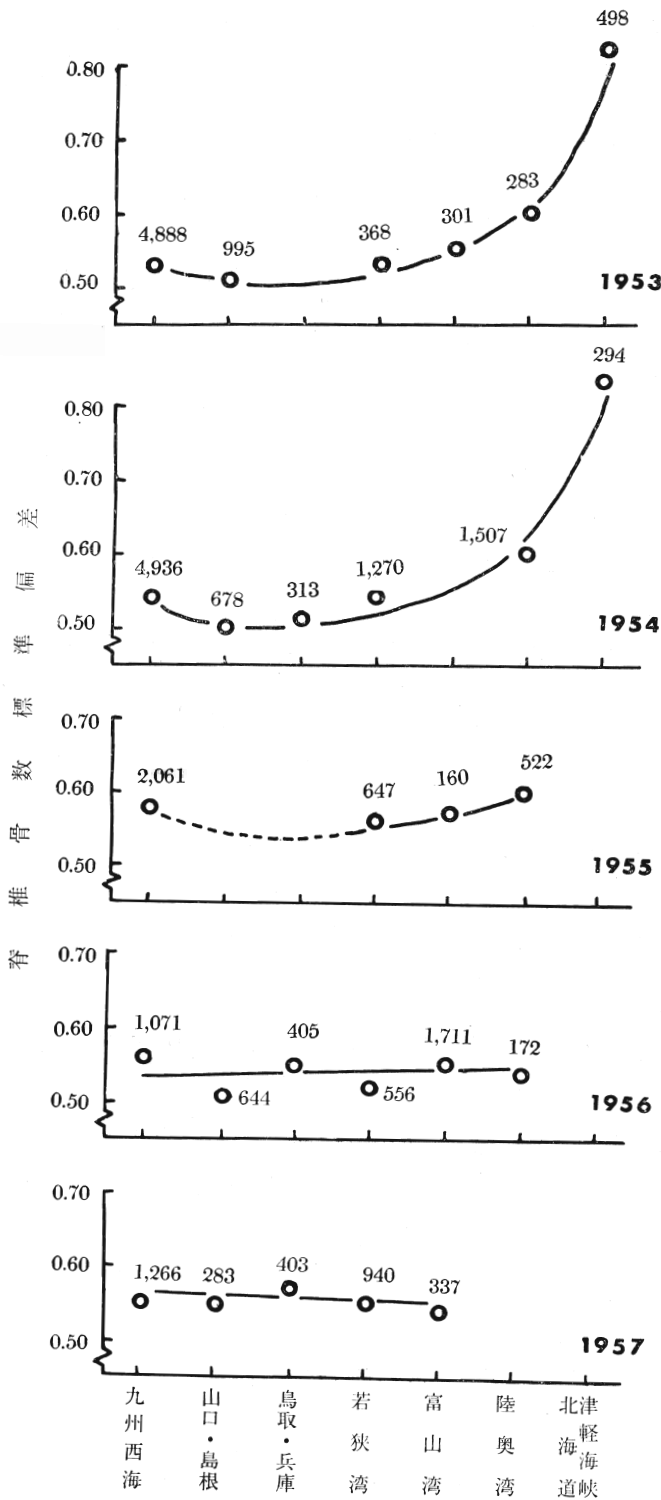
## V. 卵の浮游状態からみた脊椎骨数変異の問題

前2節において筆者は、少くとも日本海中部の産卵場においては、マイワシ卵は躍層以深にまで浮游しており、かつ、この躍層以深の卵群と以浅のそれとはあまり混合しあうことなく、おたがいの垂直的な位置関係を比較的に変えないで浮游しつつ、発生を進める可能性の大きいことをのべた。九州西海・日本海南部では、卵はやや深くまで分布しているが、成層が不安定なので、あるいは卵群の垂直混合の可能性が考えられる。日本海北部では、躍層が顕著に発達して安定であるが、マイワシ卵が躍層以深にまで分布しているという確証がない。しかし、躍層の位置がもつとも浅いところからみると、その可能性は考えられる。

さて、上にのべたことが正しいならば、このような卵の海中における存在状態とその時の海洋構造とは、マイワシにおける脊椎骨数、あるいはひろく体節的形質 (meristic characters) の変異に対して次のような影響を与える可能性が考えられる：もし、マイワシにおける体節的形質の環境条件の変化に対してとくに敏感な時期が卵発生期にあるならば、種々の環境因子の表層と下層との間における差異は、日本海中部（および北部？）の産卵場で産出されたマイワシ卵群に対して、より浅いところで発育を進めたもののほうが、より深い水深で発育を進めたものよりも少ない脊椎骨数をもつ個体を相対的により多く生ぜしめることとなる。なぜならば、表層は下層よりも高温・低鹹であるからである（第4図参照）。発生初期における高温・低鹹が一般に低い脊椎骨数あるいは筋節数をもたらすことは多くの硬骨魚類について観察的あるいは実験的に知られている (SCHMIDT, 1918; HUBBS, 1922; GABRIEL, 1944; DANNEVIG, 1950; 久保, 1950; HEMPEL, 1953)\*。これまでいわれてきたマイワシ脊椎骨数の北高南低、あるいは高水温期に低、低水温期に高という現象（雨宮・阿部, 1933; 雨宮・ほか, 1934; 横田, 1953）は、マイワシにもこの関係が成立することを物語るものであろう。さらに、光、圧力、溶存酸素量も上述の脊椎骨数の変異にひと役かっているかもしれない。MCHUGH (1954) は光線照射下で卵発生を進めた grunion, *Leuresthes tenuis* (AYRES) は、薄明下あるいは暗黒下で発生を進めたものより平均的に小さい脊椎骨数を示すことを実験的に確めており、LINDSEY (1958) は kokanee, *Oncorhynchus nerka* (WALBAUM) (陸封型) で光の照射時間の長い卵ほど脊椎骨数（ただし、caudal vertebrae のみを数えている）の低い仔魚を与えることをみている\*\*。また、GOFF (1940) は zebra fish, *Brachydanio rerio* (HAMILTON) の胚子発生は高圧下で遅滞させられることをのべているが、筋節あるいは脊椎骨数の変異が個体発生の過程における成長と分化とのアンバランスな促進あるいは遅滞によつてひきおこされるものとすれば、圧力差も体節的形質になんらかの影響をおよぼす可能性は考えられる。さらに、TANING (1952) が sea trout, *Salmo trutta trutta* L. について、SEYMOUR (1959) が chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (WALBAUM) について実験的に明らかにしたところによれば、卵発生期における飼育水の低い酸素飽和度は高い脊椎骨数を与えるという。海洋における溶存酸素の現場飽和度 (saturation percentage in situ: MIYAKE, 1951) は深度を増すにつれて急激に減じ、対馬暖流域においては一般に表面では100%前後であるが、水深が10mに達しないうちにすでに50%、24mで30%、50mでは15%に減じる（川本, 1952）から、マイワシについても同じ関係

\* しかし、水温の体節的形質におよぼす影響は必ずしもこのような一義的なものでないことは sea trout, *Salmo trutta trutta* L. についての TANING (1952), chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (WALBAUM) についての SEYMOUR (1959), あるいは paradise fish, *Macropodus opercularis* (L.) をつけた LINDSEY (1954) の実験などの示すところである。また、VLADYKOV (1934) などのように、塩分変化の体節的形質の変異に対して有する重要性について懐疑的見解を表明しているものもある。

\*\* また、DANNEVIG (1952) は cod, *Gadus morhua morhua* L. の仔魚の脊椎骨数に対して光が影響を与えたと考えられる例をあげているが、これにはなお、水温および VLADYKOV (1934) の、いわゆる space factor も関与している可能性がある。



が成り立つとすれば、表層付近で発生を進めたものよりも、中層以深で発生期間の多くを過ぎたもののほうがより大きい脊椎骨数をもつにいたる可能性が考えられる。

体節の形質が個体発生どの段階まで環境の影響を受けて変異するものであるかは、マイワシについてはわからないが、これまで他の若干の魚種についてなされた観測的・実験的研究の結果では、とくに敏感に影響される時期は個体発生のごく初期＝卵発生期にあるらしい。TANING (1952)の研究によれば、sea trout, *Salmo trutta trutta* L. の水温に対する supersensitive period は発眼期直前にある。また、SEYMOUR (1959)によれば、chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (WALBAUM) では、卵発生期の前半にすでに脊椎骨数が環境の影響を受けて変化する時期 (plastic period) に入っているという。DANNEVIG (1950)の plaice, *Pleuronectes platessa* L. についての実験では、孵化後の水温は脊椎骨数にほとんど影響を与えなかった。しかし、いつぼう、HEMPEL (1953)は、herring, *Clupea harengus harengus* L. の筋節数は孵化後もなお水温によつて影響されることをみており、DANNEVIG (1932)も cod, *Gadus morhua morhua* L. の仔魚について同様と思われる例を報じている。魚種によつては、体節の形質の環境から影響を受ける期間が孵化後までつづいているものもあるらしい。

おわりに、本節でのべた筆者の見解を支持する、あるいは少くともそ

第5図 対馬暖流域で漁獲されたマイワシ当才魚の脊椎骨数標準偏差の地理的变化 (1953~1957年)。図中の数字は測定尾数を示す。

れと関連を有すると思われる事実をひとつ挙げよう：上述の推論から、九州西海・日本海南部の産卵場から由来したマイワシ群は、産卵場における水温・塩素量傾度が小さいこと、また、卵群の垂直混合の可能性が考えられることとのふたつの点から、脊椎骨数の変異の由が小さいであろう；これに対し、日本海中部（および北部？）の産卵場から由来した魚群は、もし、魚群の遺伝的構成が九州西海・日本海南部の魚群と同程度の **homogeneity** をもっているとするれば、脊椎骨数のより大きいちらばりかたを示すであろうことが結論される。第5図は対馬暖流域の各地で漁獲されたマイワシ当才魚の脊椎骨数の標準偏差を緯度の順にプロットしたものである。これを見ると、1953年と1954年とは高緯度になるにしたがって脊椎骨数の分散が大きくなっていることがわかる。1955年にも同じような傾向がうかがわれるが、残念ながら高緯度（＝北海道津軽海峡沿岸）における資料がない。1956, 1957年も高緯度における資料が欠けており\*、上の関係についての知見は得られない。九州西海・日本海南部で発生したマイワシ仔・幼魚群は比較的低緯度海域にとどまり、日本海中部（および北部？）で発生した仔・幼魚群はより北方まで分布するであろうこと、および、当才魚の時代にはまだ他地域からの魚群とあまり混合していないだろうことを考えると、少なくとも1953年と1954年の両年にみられた当才魚脊椎骨数の分散の地理的傾斜は、筆者の卵の浮游状態から推察した脊椎骨数変異の問題の帰結とよく一致することになる。

陸奥湾および北海道津軽海峡沿岸で漁獲されたマイワシ当才魚がいちぢるしく大きな脊椎骨数の分散を示すことは、すでに早野（1955）、渡辺（1958）などによつて報告されており、その原因についても、これまで、横田・浅見（1956）の、北海道の低い脊椎骨数を有する魚群は南海区付近の発生群によつて供給されたのではないかとの説、あるいは渡辺（1958）の、陸奥湾で漁獲された、とくに標本平均値のちらばりの大きい1954年級の当才魚群に関する、〔日本海沿岸各地からの〕発生時期（＝発生環境）を異にするいくつかの系群の混合によるものであらうとの説など、地理的にへだたつた、発生環境として異なる産卵場から由来した魚群の混合という概念によつて説明されてきた。これに対して筆者は、産卵場における卵の垂直分布と海洋構造との相互関連という観点からする、別の見かたも可能であることを示したわけである。いずれの説明が正しいかはここでは論じることがしない。これは将来の研究に残された課題であり、いずれ後報で論考を加える機会があらう。

## VI. 要 約

能登半島沿海のマイワシ産卵場でおこなわれた、種々の深度の層の同時水平採集の結果から、マイワシ卵は海中にあつては、大規模なじょう乱を受けて表層に浮游しているものと下層のそれとが混合しあうということはあまりなく、むしろ、各個体の相対的な位置関係を比較的不変に保つたまま、卵群全体として浮上・沈降あるいは中立浮游の状態にあるものと想像された（西村、1957）が、この推定は、少なくとも日本海中部（および北部？）においては、各地の産卵場の卵群に対しても一般的にあてはまるであろうことが、各主要産卵場における海洋構造、とくに水温垂直分布の状況を参考としながら、論じられた。そして、もしこの結論が正しければ、日本海中部（および北部？）の産卵場から由来したマイワシ当才魚群は、九州西海・日本海南部の産卵場から由来したそれよりも大きな脊椎骨数の分散を示すであろうことが、両海区間における海洋構造の特性の相違から、推定された。おわりに、この推定された結果が、じつさに対馬暖流域の各地で漁獲された当才魚群の脊椎骨数の変異の状況と一致することを示し、このような立場からする脊椎骨数変異の問題の考察も可能であり、また必要であることをのべた。

## 文 献

- 相川広秋・小西芳太郎（1940）. まいわし漁業調査（第1報）まいわし [*Sardinia melanosticta* (T. et S.)] の年令と種族について. 水試報告, (10): 279—356.  
雨宮育作・阿部達夫（1933）. 日本沿岸沿岸に太平洋岸におけるマイワシの地方的変異について. 水産学会報, 5 (4): 370—383.

\* 北海道では1955年から、また青森県陸奥湾では1957年から、当才マイワシの来游が激減した。

- 雨宮育作・ほか (1934). 日本近海産マイワシの地方的変異, 特に脊椎骨数の変異について. 水産学会報, **6** (1): 1—12
- DANNEVIG, A. (1932). Is the number of vertebrae in the cod influenced by light or high temperature during the early stages? *Cons. perm. internat. l'Explor. Mer, J. du Cons.*, **7** (1): 60-62.
- (1950). The influence of the environment on number of vertebrae in plaice. *Rept. Norweg. Fish. mar. Invest.*, **9** (9): 3-6\*.
- 江上信雄 (1953). メダカの尻鰭軟条数の変異に関する研究 I. 日本各地産野性メダカの軟条数の変異. 魚・雑, **3** (1): 33-35.
- (1954a), 同上 I. 日本各地産野性メダカの軟条数の変異 (続き). 魚・雑, **3** (2): 87-89.
- (1954b), 同上 II. 鰭条数についての交配実験. 魚・雑, **3** (3/4/5): 171-178.
- GABRIEL, M. L. (1944). Factors affecting the number and form of vertebrae in *Fundulus heteroclitus*. *J. exper. Zool.*, **95**: 105-147\*.
- GOFF, R. A. (1940). The effects of increased atmospheric pressure on the developing embryo of the zebra fish, *Brachydanio rerio* (Hamilton). *Trans. Kansas Acad. Sci.*, **43**: 401-410\*.
- 早野孝敦 (1953). 産卵調査の検討としての基礎調査. 西海区水研いわし資源調査報告書 (昭和27年1~12月): 117—124 (騰写).
- (1955). マイワシ幼少期に於ける脊椎骨数測定結果. 西海区水研いわし資源調査報告書 (昭和29年1~12月): 81—83 (騰写).
- HEMPEL, G. (1953). Die Temperaturabhängigkeit der Myomerenzahl beim Hering (*Clupea harengus* L.) *Naturwiss.*, **40** (17): 467-468\*.
- HUBBS, C. L. (1922). Variation in the number of vertebrae and other meristic characters of fishes correlated with the temperature of water during development. *Amer. Nat.*, **56** (645): 360-372\*.
- 伊東祐方 (1957). イワシ類の生活史. 昭和29年鱈資源協同研究経過報告: 53-107.
- 川本壘雄 (1952). 海水中の酸素飽和度——主として日本海の対馬海流域及びリマン寒流域. 日本研3周年記念論文集: 115-123.
- 久保達郎 (1950). サケの魚群と体節の数について (予報). 北大水産彙報, **1** (1): 1-11.
- LINDSEY, C. C. (1954). Temperature-controlled meristic variation in the paradise fish *Macropodus opercularis* (L.) *Canad. J. Zool.*, **32**: 87-98\*.
- (1958). Modification of meristic characters by light duration in kokanee, *Oncorhynchus nerka*. *Copeia*, 1958 (2): 134-136.
- LOHMANN, H. (1908). Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. *Wissensch. Meeresunters.*, **10**, Kiel\*.
- MCHUGH, J. L. (1954). The influence of light on the number of vertebrae in the grunion, *Leuresthes tenuis*. *Copeia*, 1954 (1): 23-25.
- MIYAKE, Y. (1951). The possibility and the allowable limit of formation of air bubbles in the sea. *Pap. Meteorol. & Geophys.*, **2** (1): 95-101.
- 村上子郎・真道重明 (1949). 天草周辺における重要生物の資源学的研究 III. 天草沿岸のマイワシに就て. 日水会誌, **15** (3): 118—121.
- 中井甚二郎 (1938). 日本近海産マイワシの脊椎骨数と回游に就て. 付 欧州産及米国加州産サーズンとの比較. 水産研究誌, **33** (10): 437—456.
- ・ほか (1955). 昭和24~26年鱈資源協同研究経過報告. 東海区水産研究所, 84pp.
- 日本海区水産研究所 (1956). 日本海区鱈資源調査資料 B輯 (1954年度). 406pp. (騰写).
- 西村三郎 (1957). 浮游深度によるマイワシ卵の発生速度の相違について. 日生態会誌, **7** (2): 77-80.
- (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. 日水研年報, (4): 87-103.
- (未発表). マイワシ発生初期卵群の海中における行動. (日海洋会誌に発表予定).
- NISHIMURA, S. (1957). 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.*, (3): 61-71.
- RUSSELL, F. S. (1926). The vertical distribution of marine macroplankton II. The pelagic young of teleostean fishes in the daytime in the Plymouth area, with

\* 直接に参照することを得なかつた。

- a note on the eggs of certain species. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, **14** (1): 101-159.
- SCHMIDT, J. (1918). Racial studies in fishes I. Statistical investigations with *Zoarces viviparus* L. *J. Genetics*, **7** (2): 105-118\*.
- 西海区水産研究所 (1956). 西海区鱈資源調査資料 B輯 (1954年度). 428pp. (謄写).
- SEYMOUR, A. (1959). Effects of temperature upon the formation of vertebrae and fin rays in young chinook salmon. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **88** (1): 58-69.
- SILLIMAN, R. P. (1943). Thermal and diurnal changes in the vertical distribution of eggs and larvae of the pilchard (*Sardinops caerulea*). *J. mar. Res.*, **5** (2): 118-130.
- SVERDRUP, H. U. et al. (1942). *The oceans; Their physics, chemistry, and general biology*. Prentice-Hall, New York, 1, 087pp.
- TANING, A. V. (1952). Experimental study of meristic characters in fishes. *Biol. Rev.*, **27** (2): 169-193\*.
- VLADYKOV, V. D. (1934). Environmental and taxonomic characters of fishes. *Trans. Roy. Canad. Inst.*, **20**: 99-140\*.
- 渡辺和春 (1958). 対馬暖流水域におけるマイワシ当才魚の脊椎骨数. 日本研年報, (4): 121-133.
- WILLER, A. (1928). Untersuchungen über das Wachstum bei Fischen II, III und IV. Weitere Untersuchungen über den Einfluss äusserer Faktoren auf das Wachstum der Bachforellenbrut. *Zeitschr. Fischerei*, **26**: 565-606\*.
- WORTH, S. G. (1898). The shad. In: A manual of fish-culture ..... (prepared under the direction of J. J. BRICE). *App. to Rept. U. S. Comm. Fish and Fish.*, **23**(1897) : 133-158\*.
- 横田滝雄 (1953). 日向灘・豊後水道のイワシ類の研究. 南海水研報告, (2): 1-25, 124 pls., 47 tabs.
- ・浅見忠彦 (1956). 昭和28年鱈資源協同研究経過報告. 南海区水研, 高知, 117pp.