

鮭 卵 の 研 究 補 遺

卵の滲透圧と卵膜の破壊について*

高 田 幸 二

A Supplement of the Studies of the Salmon Eggs

—Consideration of the Osmotic Pressure and the Destruction of the Eggs—

Koji TAKADA

ま え が き

魚卵膜の破壊に対する重圧の影響を知ることは、魚卵製品及び受精卵の取扱並びに、これの輸送についても重要な事柄である。武田は鮭卵の孵化中に発生する腐乱病の診断法の一方法として、これらの卵に重圧を加え卵膜の破壊と重圧の程度より卵の病状とその進行度との関係を詳しく調べている。

余は鮭卵の生化学並びに膠質学的研究中に各種塩類に対する滲透状況とその卵の膨化、縮化の状態、卵内容の氷点降下度を測定した。この氷点降下度 (Δ) より卵内容物の滲透圧と卵膜の破壊との関係を調べた故ここに記する。

魚卵の氷点降下度について

魚卵の Δ を示すものは、その内容物であつて、魚の仔魚発生に必要な化学成分は勿論のこと一般生体細胞成分である有機、無機化合物を含んでいる。

これらの卵構成成分は何れも大なり小なり各個はその状態により Δ を示すものであつて、卵の Δ はこれが総合せられたものとして現われて来る。

魚の Δ については淡水魚、鹹水魚合計 20 数種のものの血液について調べられているが、魚卵については数種類で然も淡水魚である鮭鱒類について行われているに過ぎない。すなわち次の通りである。

<i>Salmo salvelinus</i>	$\Delta = 0.599$
<i>Forelle</i> (学名不明)	$\Delta = 0.49$
<i>Onchorrhynchus keta</i> (受精卵)	$\Delta = 0.43$

氷点降下度と卵内容物中の塩類濃度

分子氷点降下度は水の場合には 1 g 分子について 1.87°C であつてこの値は溶質量とその分子量とに関係するもので、このことから溶質の分子量を求めることができる。すなわち Rault の法則によれば、

* 本報の一部は日本水産学会北海道支部例会 (1951 年) にて発表。

$$(1) \quad M = \frac{CB}{\Delta}$$

M : 分子量
 B : 分子氷点降下度
 C : 溶質の濃度

更にこの式を変形して或る濃度の溶液については、

$$\frac{\Delta}{B} = \frac{C}{M}$$

の関係があり溶液の分子量が求められる。

而してこれらの関係は非電解質の場合に適用せられるが、電解質の場合には、

$$(2) \quad \Delta = Bi \frac{C}{M} \quad i: \text{Vant' Hoff 係数}$$

であつて i は各種の物質によつて多少その値が異なり、また同一物でも濃度により差がある。

Δ より 鮭卵の塩類濃度の算出

鮭卵の Δ を 0.43 とし、この場合塩類を仮りに NaCl のみと見做すことにして、塩類濃度を求むるために次の値を (1) 式に代入すれば、

$$\begin{array}{lll} \Delta: (\text{卵の氷点降下度}) & 0.43^\circ\text{C} & i: (\text{NaCl のイオン化係数}) \quad 1.90 \\ B: (\text{水の分子氷点降下度}) & 1.87^\circ\text{C} & C: \text{求めんとする塩の濃度} \\ M: (\text{NaCl の分子量}) & 58.5 \text{ g} & \end{array}$$

$\Delta = 0.43$ に相当する濃度は、

$$C = 7.08 \text{ g}$$

すなわち NaCl として水 11 中に約 7.0 g を含むことになる。

また、次の関係式からも塩類濃度 (規定) を算出し得る。

$$\Delta = iBN \quad N: \text{規定濃度}$$

この式より規定濃度を求むれば、

$$N = 0.121$$

すなわち NaCl として約 0.12 規定の濃度となる。この値から 11 中の NaCl の含有量を算出すれば約 7 g となり前に得た 7 g とよく一致する。

卵の滲透圧について

Vant' Hoff の法則によれば

$$(3) \quad P = iRTN$$

P : 滲透圧
 R : 気体恒数 (0.082)
 T : 絶対温度 (273°C)
 N : 規定濃度数 (0.12)
 i : イオン化係数 (1.9)

また

$$P = iRT \frac{C}{M} \quad \begin{array}{l} C: \text{濃度(溶質の g 数)} \quad (7 \text{ g/l}) \\ M: \text{分子量} \quad (58.5 \text{ g}) \end{array}$$

この (3) 式に $N=0.12$ を代入して P を求むれば、(水温 10°C とする)

$$P = 5.3 \text{ 気圧}$$

この値を重量に換算すれば $5.48 \text{ kg} \doteq 5.5 \text{ kg}$ となる.

また

$$P = \frac{RT}{B} \Delta$$

である故に、この式から P を求むれば、

$$P \doteq 5.3 \text{ 気圧}$$

となり前の式にて算出のものとも一致する.

依つて魚卵の滲透圧は 5.3 気圧であつて 5.5 kg の重量に相当する.

水中にあるときの魚卵の滲透圧

前述の Δ は魚卵の内容を取り出しそれによつて測定したもので水中での Δ ではない. 卵の漬つている河水の Δ を 0.02 とする時は卵との間には 0.43-0.02 で魚卵の水中での Δ は 0.41 となる. この滲透圧を算出する時は約 5.0 気圧となり、この状態にて卵と河水との間に平衡が保たれている. 而して卵と河水中の塩類の交換乃至は卵中への塩の滲透は次に述べる Donnan の膜平衡によつて説明せられる.

卵と Donnan の膜平衡

Donnan の膜平衡の理論によれば或る一つの溶液を一つの半透膜で界をなし二つに分ける時一方には膠質物で膜を透過しないものがあり、両方の液とも同じように塩類が在る時はこれら両方の間にはイオンの濃度が異なる状態にて平衡を保つのである. そこで今卵を水中に投入した時の状態を考えれば、卵中には蛋白質その他の膠質物と塩類が存するが、この中で塩類のみが卵膜を透過し得るのみで膠質物は卵内に止まる. また水中には各種の塩類が溶けている故これらはイオンの形のものゝ卵膜を透過することができる. この様な状態を考える時前述の Donnan の膜平衡の理論があてはまる.

卵を水中に投入したる場合卵内の蛋白質その他の不透過性物質は卵内に止まる、またその中に存在する塩類は仔魚発生に必要な分量を含み且つ蛋白質との理化学的作用によつて膜の外部に滲透することなく、卵は仔魚の発生のため細胞分裂の結果むしろ外部すなわち河水中より溶在している塩類を要求するようになると思われる. それで卵を水中に投入したる後平衡状態になつたときのイオンの分配を考えて見ると、(仮りに卵内および河水中の塩類を NaCl のみとする)

卵	内	G^+ (膠状物)	Na^+	Cl^-
河	水		Na^+	Cl^-

而して河水中の Na^+, Cl^- が或る量だけ卵内に滲透したとする、それを x にて表わせばイオンの分配は次の通りである. またこの平衡状態を式にて示せば

卵内	河水	卵内	河水
$G^+ \dots C_I$	$Na^+ \dots C_{II}$	$G^+ \dots C_I$	$Cl^- \dots C_{II-x}$
$Cl^- \dots C_I$	$Cl^- \dots C_{II}$	$Cl^- \dots C_I + x$	$Na^+ \dots C_{II-x}$
平衡状態前		平衡状態後	

$$[\text{Cl}^-]_{\text{I}} = x \quad [\text{Na}^+]_{\text{I}} = C_1 + x \quad [\text{G}^+] = C_1$$

$$[\text{Cl}^-]_{\text{II}} = C_2 - x \quad [\text{Na}^+]_{\text{II}} = C_2 - x$$

$$\text{但し} \begin{cases} C_1: \text{卵内の ion 濃度} \\ C_{\text{II}}: \text{河水の ion 濃度} \\ x: \text{河水より卵内に透過した ion 量} \end{cases}$$

とすれば次式を得る。

$$x(C_1 + x) = (C_{\text{II}} - x)^2$$

$$\therefore x = \frac{C_{\text{II}}^2}{C_1 + 2C_{\text{II}}}$$

卵の塩類の濃度 C_1 を 0.12 N, 河水の塩類濃度 C_{II} を 0.056 N. とする時イオンの透過量 x を求むれば

$$x = 0.000239 \doteq 0.00024$$

となり卵内へ河水から 約 0.00024 N のイオンが滲入することになる。

卵膜の破壊と透過圧の考察

健全なる孵化卵に重圧を加える時大体 6 kg の重量に相当する圧力にて卵膜は破壊する、ところが卵の Δ より算出した透過圧は約 5.5 kg の重量に相当する。また水中に存する時は河水の透過圧との差だけ減少した値、すなわち 5.1 kg に相当の圧力をもつて常に平衡を保っている。卵に重圧を加えて卵膜の破壊する重量は 6 kg に相当する故水中卵の透過圧 5.1 kg に対して約 1 kg の差がある、これはとりもなおさず卵の透過圧より 1 kg に相当するだけ卵膜が強力になり抵抗力を増していることになる。この事は水中に卵のある時、外界に対する卵の安全性を増し保護上重要な事柄であるばかりでなく、外界からの塩類の透過および、Donnan の膜平衡と卵膜の緊張性にも関連のある問題である。

また武田は卵膜腐乱病のものは、病原菌により卵膜がおかされているために、4 kg 以下の重圧にて容易に卵膜を破壊することができるという。また病気の進行したものは単に移動するばかりにて破壊する事も見ている。これによりこれらの卵膜は何れも 4 kg 以下の強さである事が知られる。

卵の灰分と氷点降下度より算出の灰分について

Δ より算出せる塩類濃度は NaCl として 0.12 N, すなわち 7g/l であることは既に述べた。よつてこの値から卵 1 個中に含まれる灰分を算出してみた。

卵の容積は平均 0.19 ml である。今算出の都合上、仮りに卵の容積を 0.2 ml であるとすれば NaCl が 7 g/l である故 1 ml 中には 7 mg となり、卵の容積 0.2 ml 中には 1.4 mg となる。

灰分についての考察

余の研究で卵 1 個中の灰分は 2.6 mg であることは既に発表してある。この値と Δ より算出した値 1.4 mg との間に相当の開きがある。これは算出値は塩類を NaCl としたためで、生活している卵中には他になお多数の無機化合物例えば K, Ca, Fe 等, SO_4 , PO_4 等を含みかつま

た普通灰分定量の場合酸化物等として定量する故に重量は増大する。この 1.4 mg 中には卵膜の灰分は含まれていない、仮りにこの灰分中に卵膜の灰分量を加えてもその増加は僅少であるゆえ、実測と計算との間には相当大きい開きがあるようであり、実験の誤差ばかりでないように思われる、この点はなお一考を要する。

む す び

鮭卵の氷点降下度より滲透圧を算出しその値の妥当であることを調べ、また卵の水中に於ける塩類の平衡状態を Donnan の膜平衡から、尙卵 1 個中の灰分量を実測と計算上の値とを比較考察した。

R é s u m é

With the help of a theoretical accounting, the tenacity of the fertilized egg membrane of salmon, equivalent to the one got from the actual measurement, was searched out.

According to the former researching paper, the tenacity of the fertilized egg membrane of salmon was fixed to be more than 5.5 kg.

Conversely, by making an accounting on the basis of Δ derived from the contents of the egg, the writer got the osmotic pressure value 5.3 atm. pressure.

From this value after examining the concentration of NaCl equivalent to this pressure, the value of 0.12 N was resulted; and this value was justly led to the 7.0 g/l NaCl contents.

This value of 0.12 N equivalent to quite correctly with the result got from researching the swelling and shrinkage propensity seen in the case of other salt solutions of the same egg contents.

Moreover, Donnan's "membrane equilibrium" was considered to be the state naturally taken by the fish eggs preserved in water.

文 献

- 1) 武田志麻之輔：鮭孵化卵腐乱病調査，（昭和4年）
- 2) 高田幸二：生化学の研究，（第3巻），432, 477. (1931)
- 3) ERED VLES: "Cours de Physique Biologique" Vigot Frères, Paris (1927)
- 4) J. W. MO BAIN: "Colloid science" (1950) p. 214
- 5) A. LEAF: Biochem. J. 62, 241 (1956)