

アユ卵の酸素消費量と致死限界溶存酸素量について

田沢 茂・水谷英志・大野喜弘

人工河川を高度に活用し、琵琶湖産アユの資源を維持するためには、限られた水面で効率よく産卵させ、高い生残率で大量の孵化仔魚を得ることが要求される。人工河川に産着されたアユ卵の死卵発生状況は流速や産卵床の礫の大きさにも左右されることが判明したが¹⁾²⁾死卵発生の直接的な原因については明らかにされていない。しかしながら死卵の発生は流速が遅い程また礫が小さい程高いことから、砂礫間に沈積される浮泥等により酸素欠乏におちいり、これによって死卵が発生するのではないかと推測されている。¹⁾

アユ卵の酸素消費量ならびに致死限界溶存酸素量を明らかにすることは、産着卵の生残率の向上を計る上で、重要且つ基礎的な問題であるので、本実験でこのことについて検討した。

実験方法

① アユ卵の酸素消費量

実験人工河川に産卵したアユ卵を採集し、未発眼卵、発眼卵とに分け $\frac{1}{80}$ 万のマカライトグリーンで約2

第1表 水温条件におけるアユ卵の酸素消費量

未発眼卵

水温 (℃)	個体数	最初の酸素量 (cc/l)	使用水の酸素 消費量(cc/l)	48時間後の酸 素量(cc/l)	酸素瓶容量 (cc)	アユ卵1粒当りの酸 素消費量(cc/48hr)	生残状況
25	10	5.36	0.36	4.55	97.54	11.45×10^{-3}	+++
	25			4.03	111.20		+++
	50			3.64	107.15		+++
	100			3.22	106.98		+++
	150			2.71	107.83		+++
	200			2.15	108.23		+++
20	10	6.37	0.31	5.78	101.36	9.17×10^{-3}	+++
	25			5.29	109.38		+++
	50			4.94	105.88		+++
	100			4.05	110.15		+++
	150			3.53	107.93		+++
	200			2.94	108.05		+++
15	10	6.70	0.29	6.26	101.36	7.43×10^{-3}	+++
	25			5.89	105.03		+++
	50			5.59	110.10		+++
	100			4.79	107.88		+++
	150			3.92	108.70		+++
	200			3.81	109.68		+++

発眼卵

水温 (°C)	個体数	最初の酸素量 (cc/l)	使用水の酸素 消費量(cc/l)	48時間後の酸 素量 (cc/l)	酸素瓶容量 (cc)	アユ卵1粒当りの酸 素消費量(cc/48hr)	生残状況
25	10	6.57	0.85	5.65	100.02	12.78×10^{-3}	+++
	25			4.96	107.25	8.83	+++
	50			4.97	107.45	6.15	++-
	100			3.16	108.00	4.06	++-
	150			1.64	108.58	3.81	+--
	200			1.25	110.10	3.13	+--
20	10	6.52	0.41	5.78	101.03	11.59×10^{-3}	+++
	25			5.22	107.25	7.32	+++
	50			4.64	106.68	5.02	+++
	100			3.21	108.78	4.01	++-
	150			2.48	108.58	3.22	++-
	200			1.88	110.10	2.78	++-
15	10	6.27	0.24	5.94	101.03	9.28×10^{-3}	+++
	25			5.41	107.25	4.74	+++
	50			4.94	106.68	3.35	+++
	100			4.12	108.40	2.59	+++
	150			3.44	108.95	2.23	+++
	200			2.94	110.10	1.96	+++

時間薬浴したのち更に24時間放置し、生卵のみを選び供試した。容量約100ccの酸素瓶にそれぞれ10、25、50、100、150、200粒のアユ卵を収容し、一昼夜以上曝気した地下水を満し密栓し、水温15°C、20°C、25°Cの恒温槽に48時間静置した後、溶存酸素量をそれぞれ測定し、次式⁵⁾により酸素消費量を算出した。

$$D = \frac{\{I - (F - R)\} V \times \frac{1}{1000}}{N} \quad (\text{単位 } O_2 \text{ cc}/48 \text{ 時間}/\text{個体})$$

但し、I = アユ卵収容直後の溶存酸素量 (cc/l) F = 48時間静置後の酸素量 R = 使用水の48時間静置後の酸素量 V = 酸素瓶容量 (cc) N = アユ卵数

なお試験は各項目毎に4本ずつ行った。

〔II〕 アユ卵の致死限界溶存酸素量

酸素瓶の卵収容数を50、100、200、400、600粒とし、実験Iと同様の要領で行った。卵の生死の検定は48時間静置後に行った。

結 果

(I) アユ卵の酸素消費量

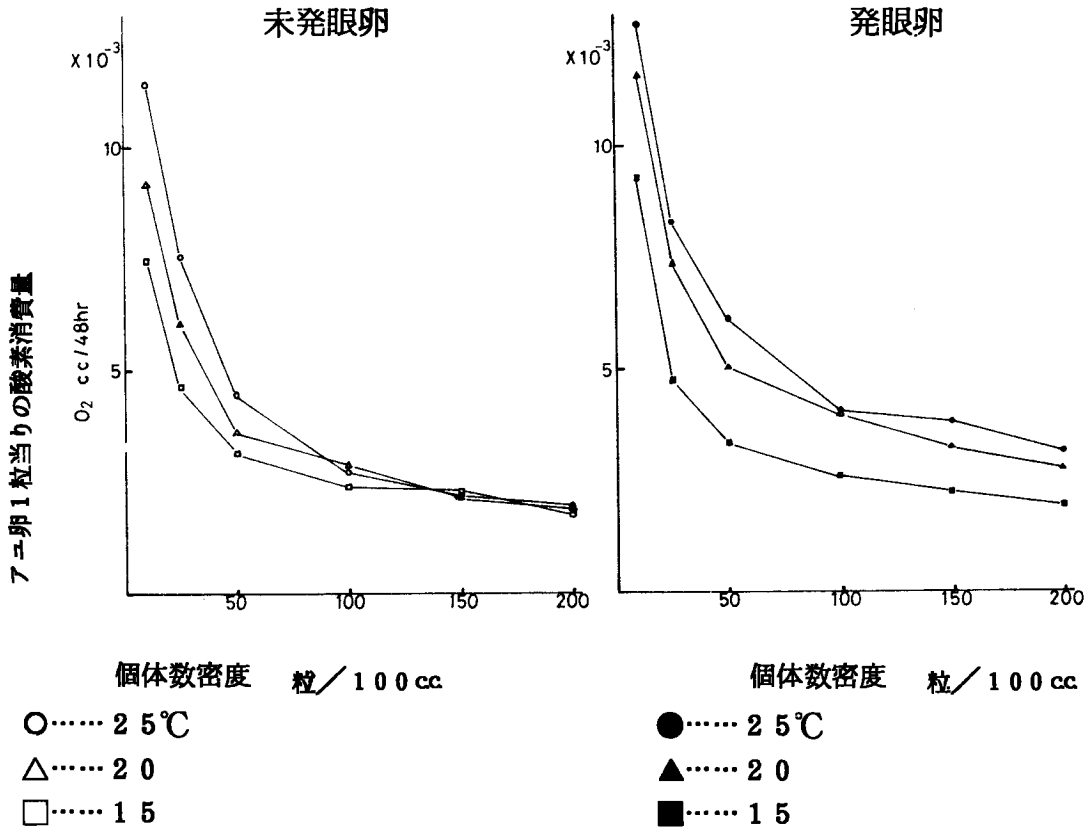
第1表はアユ卵の酸素消費量について行った各試験項目の結果をまとめたものである。

未発眼卵1粒が48時間内に消費した酸素量は、15°Cでは最小 1.74×10^{-3} cc最大 7.43×10^{-3} cc平均 3.59×10^{-3} ccであった。20°Cにおけるその値は最小 1.89×10^{-3} cc、最大 9.17×10^{-3} cc平均 4.31×10^{-3} ccで、また25°Cでは最小 1.93×10^{-3} cc、最大 11.45×10^{-3} cc、平均 5.04×10^{-3} ccであった。

一方発眼卵1粒の48時間酸素消費量は15℃では最小 1.96×10^{-3} cc最大 9.28×10^{-3} cc 平均 4.03×10^{-3} ccで、20℃におけるその値はそれぞれ、 2.78×10^{-3} cc、 11.59×10^{-3} cc 5.66×10^{-3} ccであった。また25℃における値はそれぞれ、 3.18×10^{-3} cc、 12.73×10^{-3} cc 6.87×10^{-3} ccであった。

アユ卵の酸素消費量と収容卵数との間に非常に興味ある現象が見られる。第1図は未発眼卵、発眼卵の収容卵数と酸素消費量との関係を示したものである。

第1図 アユ卵の酸素消費量と個体数密度との関係



3段階の各水温においてアユ卵収容数が50粒以下の場合には収容卵数が多いと、アユ卵1粒当りの酸素消費量は著しく少なくなるが、50粒以上の卵を収容すると、その値は著しい低下が見られず除々に低下する傾向が見られ、アユ卵1粒の酸素消費量と収容する卵数との間に図に示したような双曲線的な関係が見られた。

第2表 アユ卵の酸素消費量と水温との関係 (50粒/100cc)

未 発 眼 卵			発 眼 卵			D ₁ /D ₂ %
水 温 (°C)	アユ卵1粒当りの酸素消費量 (cc/48hr)(D ₁)	Q ₁₀	水 温 (°C)	アユ卵1粒当りの酸素消費量 (cc/48hr)(D ₂)	Q ₁₀	
15	3.15×10^{-3}	1.33	15	3.35×10^{-3}	2.25	106
20	3.68		20	5.02		138
25	4.45	1.50	25	6.15	1.50	138
(15~25°C)		1.41	(15~25°C)		1.84	127

つぎにアユ卵の酸素消費量と水温との関係を50粒収容した場合について第2表に示した。水温が高い程酸素消費量は大きくなるのは当然であるが、その増加率を15~20℃, 20~25℃, 15~25℃のそれぞれについて $\frac{10}{T_1 - T_0}$

$$Q_{10} = \left(\frac{K}{K_0}\right)^{\frac{10}{T_1 - T_0}} \text{ の計算式により求めた。}$$

未発眼卵は水温15℃~20℃で $Q_{10}=1.33$, 20℃~25℃で1.50, 15℃~25℃で1.41であったが、発眼卵では15℃~20℃で2.25, 20℃~25℃で1.50, 15℃~25℃で1.84で発眼卵の方が値が大きかった。

また未発眼卵と発眼卵との酸素消費量を比較すると、発眼卵は未発眼卵の1.06~1.38, 平均1.27倍で、発眼卵の方が酸素の消費量は大きかった。

III) アユ卵の致死限界溶存酸素量

第3表 アユ卵の致死限界溶存酸素量

水温 (℃)	未 発 眼 卵			発 眼 卵		
	個体数	48時間後の酸素量 (cc/l)	生残状況	個体数	48時間後の酸素量 (cc/l)	生残状況
25	50	5.52	+++	50	5.05	+++
	100	4.60	+++	100	4.12	++-
	200	2.64	+-	200	2.31	+--
	400	0.14	---	400	1.88	---
	600	0.09	---	600	0.87	---
20	50	5.80	+++	50	5.40	+++
	100	4.61	+++	100	5.36	+++
	200	2.91	+++	200	3.15	+++
	400	2.01	++-	400	2.72	+++
	600	0.11	+-	600	2.61	+++
15	50	6.24	+++	50	5.81	+++
	100	5.57	+++	100	5.11	+++
	200	4.47	+++	200	4.45	+++
	400	3.07	+++	400	3.14	+++
	600	3.02	++-	600	3.26	+++

死卵発生と溶存酸素量との関係を第3表にとりまとめた。未発眼卵では溶存酸素量2.91cc/l以上上では死卵の発生は殆んどなかったが、2.64cc/lでは一部の卵が斃死し、0.14cc/l以下では殆んど卵が斃死した。発眼卵では溶存酸素量2.61cc/l以上では斃死数は少なかったが、2.31cc/lになると死卵発生は急増し、1.88cc/l以下では大部分の卵が斃死した。以上のことから死卵が発生しない最低の溶存酸素量を求めると、未発眼卵では2.64cc/l, 発眼卵では2.31cc/l程度と考えられる。それ以下の溶存酸素量になると死卵が発生するが、溶存酸素量と死卵発生との関係は未発眼と発眼卵とでは大いに異なり、未発眼卵では0.14cc/l以下にならないと殆んど卵が斃死しないのに対し、発眼卵ではそれよりも非常に高い値で(1.88cc/l)殆んど卵が斃死した。

以上のようにアユ卵の酸素消費量ならびに致死限界溶存酸素量は未発眼卵と発眼卵とでは大いに異なることが判明した。

考 察

本実験では恒温水槽に48時間静置した後、溶存酸素量を測定したので、静置時には酸素瓶内の水は拡散されず、収容卵に接する水の溶存酸素量と、そうでない水の溶存酸素量とはかなりの差が生じ収容卵に接する水の方が溶存酸素量は低くなったものと考えられる。したがって本実験で得られた数値は収容卵に接していた水の溶存酸素量よりも大きな値を示していると考えられる。

第1図に示した収容卵数と酸素消費量との関係において、収容卵数が多いと卵1粒の酸素消費量は低下した。このことは卵内の生理作用は溶存酸素量に大きく左右されるためと考えられるが順調に生理作用が営まれ正常な仔魚がふ化する最低限の溶存酸素量は本実験から明らかにされず、少なくとも各段階の溶存酸素量の水で卵をふ化させ、仔魚が正常かどうか検討する必要がある。

酸素消費量ならびに致死限界溶存酸素量は未発眼卵と発眼卵では異なることが明らかとなったが、これは卵発生の過程においてこの値がかなり変化するためと考えられる。

本実験は上記したように完全な結果ではないが、この結果を参考にして人工河川に産着されたアユの死卵発生に関する問題について考察したい。

人工河川では1㎡当りのアユの産着密度は平均100万粒で、³⁾5mm~10mmの小礫を使用した場合、産着卵は深さ4cmの礫まで産着される。⁴⁾したがって1cm³の産卵床に対して、25粒が産着されることになる。また礫間中には平均0.75cc^{*}の水が含まれているので、アユ卵は水1cm³当たり88粒の密度で存在していることになる、仮に産卵床の水の溶存酸素量が6cc/lあったとしてなにかの原因で用水が流通せず産卵床に産着した卵に酸素の供給がとだえたとすると死卵の発生が見られるようになる時間は、

未発眼卵

$$\left(\frac{6.00-2.61}{1000}\right) \div 88 \times (0.035 \sim 0.042) \div 2.93 \sim 2.45$$

発眼卵

$$\left(\frac{6.00-2.31}{1000}\right) \div 88 \times (0.042 \sim 0.065) \div 2.66 \sim 1.72$$

となり、酸素欠乏状態になるのは2時間程度となる。この値はアユ卵のみの酸素消費量から算出した値であり、浮泥等の有機物が存在し、これによって酸素を消費すれば更に短時間で酸素不足によって死卵が発生するであろう。

※ シリンダーに礫を入れた後、礫面まで水を入れてその水量を計り、算出した値

要 約

1. アユ卵の酸素消費量は、個体数密度および水温によって異なり、個体数密度が小さく、また水温が高い程酸素消費量は大きい。
2. アユ卵の酸素消費量と個体密度との関係は、個体密度50粒/100cc以下では密度の低下に伴わない、酸素消費量は急激な増加を示すが50粒/100cc以上になると酸素消費量の低下は非常に小さく、およそ一定の値となる。
3. アユ卵の酸素消費量と水温との関係は、個体数密度50粒/100cc酸素瓶において水温15℃~20℃で未発眼卵は $Q_{10} = 1.41$ 、発眼卵では $Q_{10} = 1.87$ と発眼卵の方が値が大きい。また発眼卵の酸素消費量は、未発眼卵の平均1.27倍であった。
4. アユ卵の死卵発生と溶存酸素量との関係を見ると、卵が斃死しはじめる溶存酸素量は、未発眼卵で2.61cc/l、発眼卵で2.31cc/lで、発眼卵の方が低酸素に対する低抗性をもっているようであるが、発眼卵は酸素量1.88cc/lになると大部分が斃死するのに対し、未発眼では、0.14cc/lにならないと大部分の卵は斃死しない。
5. 人工河川内の産着卵は用水が流通せず酸素補給されないと、約2時間後に死卵が発生する。

文 献

- 1) 大野喜弘, 伏木省三, 1974, 実験人工河川におけるアユの産卵環境に関する研究…… ①
大型養成親魚に対する産卵床の適正な砂礫の大きさについて
滋賀水試研報(25) 20~25
- 2) 大野喜弘, 1975, 人工河川における産卵環境…… ①①
小型親魚における産卵床の適正環について
(27) 18~22
- 3) 田沢 茂, 水谷英志, 伏木省三, 1975, 人工河川における産卵親魚の放養適正量について… ①
12~17
- 4) 中 賢治, アユ卵の産卵床への付着深度について 本報告
- 5) 伊藤 隆, 1971, アユの人工養殖研究 第1号 アユ苗の人工生産に関する研究…LXXX
シオミズツボウムシの酸素消費量および致死限界溶存酸素量 279~295