

産卵後の異なる水温環境における年2回 産卵系ニジマスの成熟について

岡本成司・高野 誠・佐藤陽一

冷水性魚類の水温と成熟との関係について取り上げた研究は、温水性魚類のそれに比べ少ないように思われる。

埼玉県水産試験場熊谷支場で発見された年に2回産卵するニジマスは、水温が冬から春にかけて約10℃の試験池において、冬の産卵後、急激に成熟が促進し、春から夏にかけて産卵することが報告されている。^{1,2,3)}

同系統のニジマスは、冬と夏に産卵するので、成魚の周年出荷および1尾から得られる累積採卵数が、従来のニジマスの1.8倍になることから、少ない親魚で多くの卵を得られるなどの点で産業上有利と言われている。⁴⁾

里美養魚場では、現在、ニジマスおよびヤマメの種苗生産を行っているが、ニジマスの発眼率が悪いので、水量が少ないにもかかわらず、多量の親魚を保持せざるを得ない状況にある。今後、卵の発眼率が、低い原因を追求する必要があるが、年2回の産卵系ニジマスの導入によって産卵親魚の保持量を減らす一助となりうると思われる。

しかし、里美養魚場は、冬に低水温(過去5年間の1月から2月の平均水温は2.7℃)になり、このような水系における同系統のニジマスの成熟については、検討されていない。

著者らは、産卵後の年2回産卵系ニジマスの冬に低水温となる本養魚場における春から夏にかけての産卵の可能性および同魚の未熟な段階における水温と成熟との関係を調べるため本実験を行った。

報告に先立ち発眼卵を提供していただいた埼玉県水産試験場大渡斉前熊谷支場長ならびに同支場の職員の方々に感謝の意を表する。

材料および方法

本実験は、1980年1月29日から6月26日まで里美養魚場および内水面水産試験場において実施した。

供試魚は、1979年12月18日、1980年1月7日および1月24日に里美養魚場で産卵した2年魚である。同魚は、雌1尾と雄5尾から得られた1腹子で、平均体長および平均体重は、それぞれ 35.3 ± 1.7 cm および 875.3 ± 129.0 g である。

供試魚尾数は、第1表に示したとおりである。里美養魚場区（以下低温区と呼ぶ。）では、152尾、内水面水産試験場区（以下高温区と呼ぶ。）では、154尾である。

第1表 供試魚尾数

試験区	供試魚の産卵年月日	供試尾数	全供試尾数
里美養魚場区 (低温区)	1979年12月18日	17	152
	1980年1月7日	88	
	1980年1月24日	47	
内水面水産試験場区 (高温区)	1979年12月18日	17	154
	1980年1月7日	90	
	1980年1月24日	47	

高温区の供試魚は、1月29日に里美養魚場から内水面水産試験場の試験池に移動した。そこで75日間飼育し、その後、里美養魚場にもどした。

供試魚のうち12月18日および1月24日に産卵した群は、脂びれの半分切除とタグの取付または脂びれの全切除によって識別したが、再生およびタグの脱落によって両者の区別は完全にできなかった。

飼育池は、両区とも1面で、大きさは、低温区では、 $2.4\text{ m} \times 10.0\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ （水深）、高温区では、 $3.0\text{ m} \times 5.0\text{ m} \times 0.4\text{ m}$ （水深）である。また、高温区では、里美養魚場へ移動後、低温区と同じ大きさの池を使用した。

注水量は、低温区では、毎秒4.3ℓ、高温区では、1.5ℓである。

給餌は休日を除きライトリッツの給餌率表に従って1日に1回行い、1カ月ごとに補正した。すなわち給餌率は、低温区では、総体重の0.4～1.3%、高温区では、0.7～1.3%である。

成熟過程は、1月7日に産卵した個体を試験開始時から約1カ月ごとに任意に10～15尾採集し、生殖腺成熟度指数（生殖腺重量/体重×100、以下GSIと呼ぶ。）、平均卵径（以下卵径と呼ぶ。）および一部の標本を組織学的に調べた。

卵径は、ブアン氏液固定後、80%アルコールに保存した卵のうち次期産卵群と考えられる大型の卵を任意に10粒ずつ選んで測定した。

卵巣の組織学的観察は、ブアン固定後、パラフィン法またはセロイジン法によって組織切片を作製し、デラフィールドのヘマトキシリン・エオシン染色また一部の標本はPAS染色も施し行った。

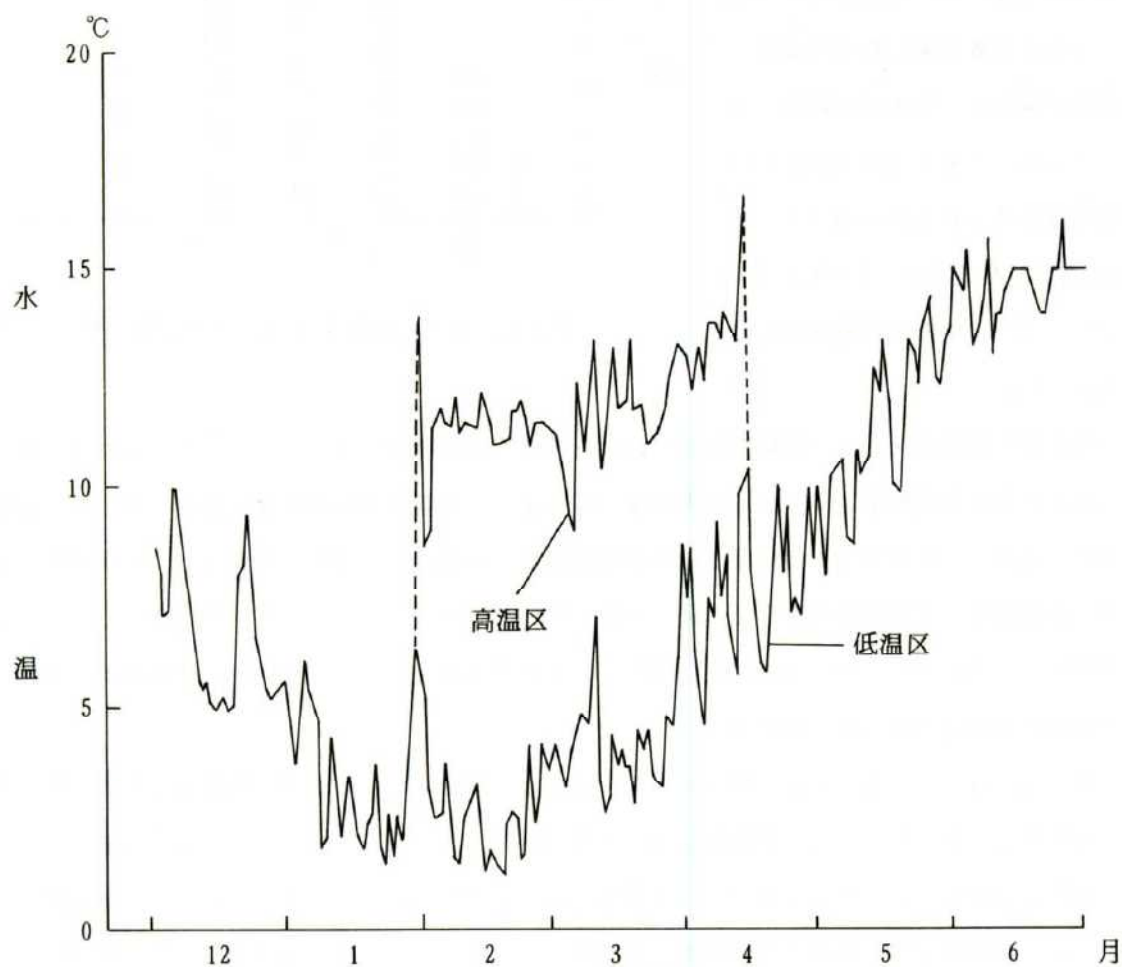
実験終了時における供試魚の成熟状態の判別は、腹部の膨大状態によって成熟魚および未熟魚

に区別した。さらに一部の試供魚は、開腹し成熟状態を観察したところ、前述の判定法と一致していた。

また、本供試魚と成熟状態を比較するために、同年齢の年1回産卵系ニジマスの産卵直後および実験終了時の卵巣を既述した方法で調べた。

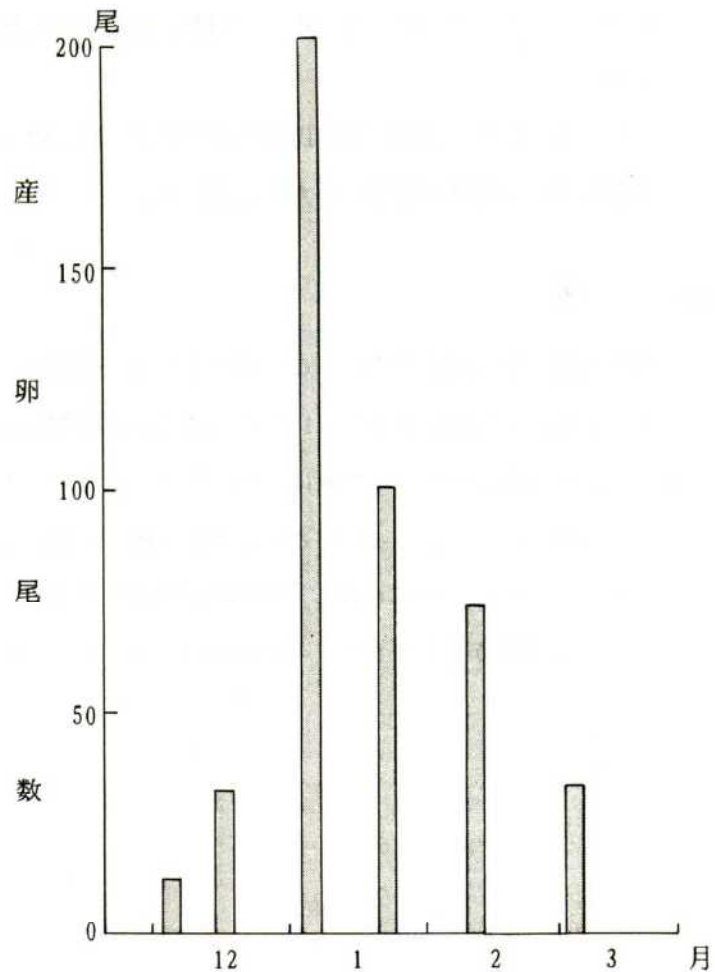
結 果

飼育水温を第1図に示した。この図によれば、低温区の水温は、12月中旬まで5~10℃であるが、下旬から急激に低下し、1月29日までの実験開始時までには、1.4~6.0℃(平均3.1℃)であった。その後2月までの水温は、1.1~6.1℃(平均2.7℃)、3月になると若干上昇し、2.5~8.7℃(平均4.4℃)となった。さらに4月以後、変動は見られるが、毎月約4℃ずつ上昇し、7℃から6月上旬には15℃に達し、実験終了時までほぼ安定していた。一方、高温区の水温は、8.7~16.7℃で変動が見られたが、平均水温は、約12℃であった。



第1図 飼育水温

第2図に年2回産卵系ニジマスの最初の産卵時期を示した。なお、3月中旬以降は、調べていない。これによれば、産卵は12月6日から開始し、1月7日の産卵尾数は、201尾で最大となった。同魚は、1978年1月5日に産卵した親から得られたことから、産卵期のピークは、親の産卵期とほぼ一致していた。また、産卵が同期の水温において認められたので、本実験の低水温は、排卵直前の個体の排卵を抑制できないことを示している。ところで本養魚場における過去の産卵記録⁵⁾から、年1回産卵系ニジマスにおいても1月および2月の低水温下すなわち $0.7\sim 4.3^{\circ}\text{C}$ (平均 1.8°C)および $0\sim 3.2^{\circ}\text{C}$ (平均 1.3°C)では、排卵が抑制されたことはない。



第2図 年2回産卵系ニジマスの産卵時期

第2表に産卵直後および実験開始時における卵巣の成熟段階を示した。この表によれば、年1回および年2回産卵系ニジマスの産卵直後のG S Iは、後者の方が前者より値が大きいが、組織学的に見ると、前者では5個体中2個体が卵黄胞期、3個体が油球期、後者では、10個体中6個体が卵黄胞期、4個体が油球期で差はなかった(図版I-1・2)。実験開始時のG S Iおよび卵径は、それぞれ $1.12 \pm 0.14\%$ 、 $0.65 \pm 0.14\text{ mm}$ で成熟段階は、15個体中13個体が卵黄胞期、2個体が油球期であった(図版I-3)。

第3図にG S Iの変化を示した。この図によれば、低温区のG S Iは、実験期間中約1%でありあまり変化しなかった。一方、高温区では、1カ月後には若干低下したが、その後、急激に増大する個体が出現し、3月および4月のG S Iはそれぞれ $0.3\sim 4.2$ および $0.5\sim 10.7\%$ で広範囲にわたった。実験終了時のG S Iは、成熟した個体では、 $12.6\sim 19.1\%$ 、成熟しなかった個体では、 $1.0\sim 2.1\%$ で2群に区別された。

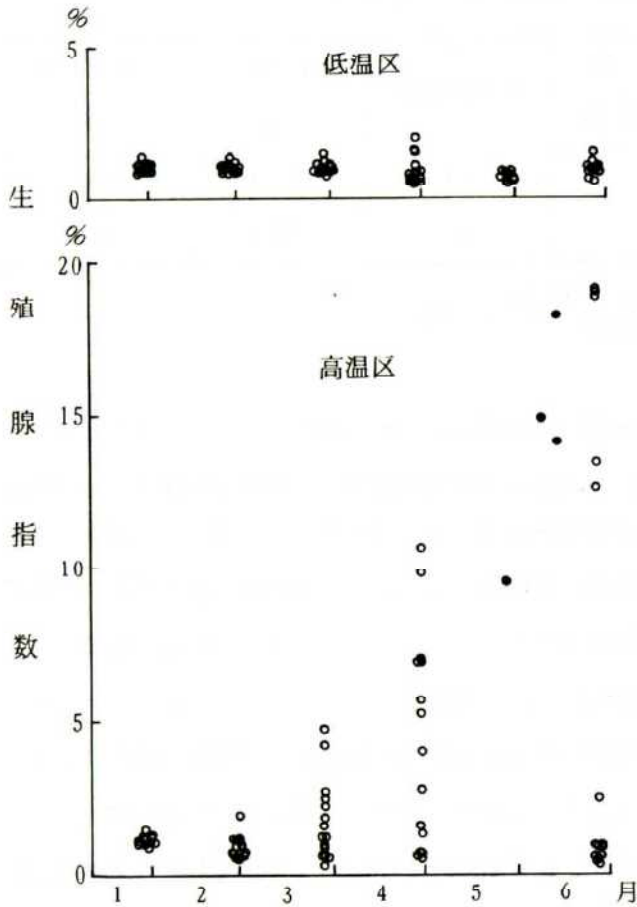
第2表 産卵直後および実験開始時における卵巣の成熟段階

産卵系統	年齢	産卵年月日	調査年月日	調査尾数	平均体長 (cm)	平均体重 (g)	平均GSI (%)	平均卵径 (mm)	各成熟段階の個体数	
									卵黄胞期	油球期
年1回産卵系	2	1979.12.6	1979.12.13	5	31.3±1.1	546.4±31.9	0.62±0.19	—	2	3
年2回産卵系	2	1979.12.6	1979.12.13	10	34.5±2.2	774.4±113.8	1.21±0.17	—	6	4
年2回産卵系	2	1980.1.7	1980.1.29	15	35.3±1.7	875.3±129.0	1.12±0.14	0.65±0.14	13	2

第3表 実験終了時における未熟魚の卵巣の成熟段階

試験区	産卵系統	調査年月日	調査尾数	平均体長 (cm)	平均体重 (g)	平均GSI (%)	平均卵径 (mm)	注) 各成熟段階の個体数		
								油球期	第1次卵黄球期	第2次卵黄球期
低温区	年1回産卵系	1980.6.26	10	35.3±1.7	759.8±88.8	0.87±0.17	1.19±0.08	1	9	0
低温区	年2回産卵系	1980.6.26	13	38.1±1.6	1,154.1±167.0	1.01±0.23	1.23±0.22	0	8(5)	5(2)
高温区	年2回産卵系	1980.6.26	10	39.2±1.7	1,343.4±143.6	1.32±0.29	1.32±0.29	3(3)	7(2)	0

注) 各成熟段階の個体数の()内は、退化卵が出現した個体数を表わす。

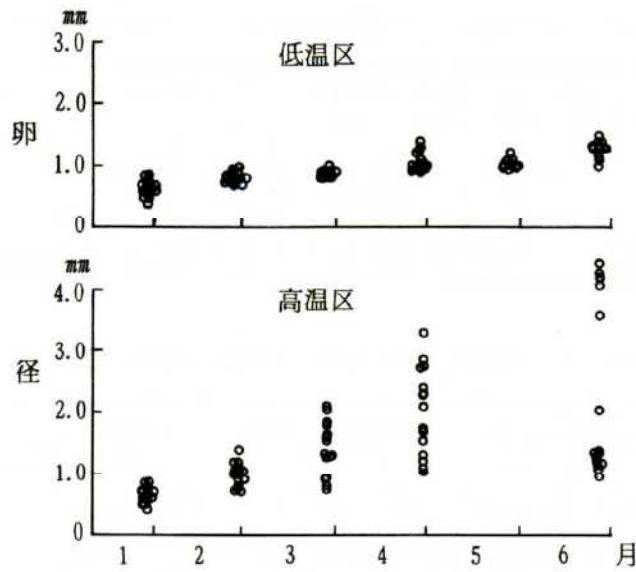


第3図 生殖腺指数の変化
○; 未産卵魚, ●; 産卵魚

また、産卵した個体のGSIは、9.5～18.2%であった。

卵径の変化は、第4図に示した。この図によれば、低温区の卵径は、毎月わずかに増大し、実験終了時には1.28mmになった。一方、高温区の卵径は、2月には0.69～1.39mm、3月および4月にはそれぞれ0.80～2.09mm、1.03～3.32mmになり、急激に増大する個体 appeared。実験終了時の卵径は、成熟した個体では3.59～4.43mm、成熟しなかった個体では0.95～2.05mmでGSIと同様2群に分離されていた。

つぎに卵の成熟段階の変化を第5図に、実験終了時における未熟の卵巣の成熟段階を第4表に示した。第5図によれば、低温区では、2月に6個体中卵黄胞期および油球期の個体が、それぞれ3個体出現した(図版I-4)。3月には6個体



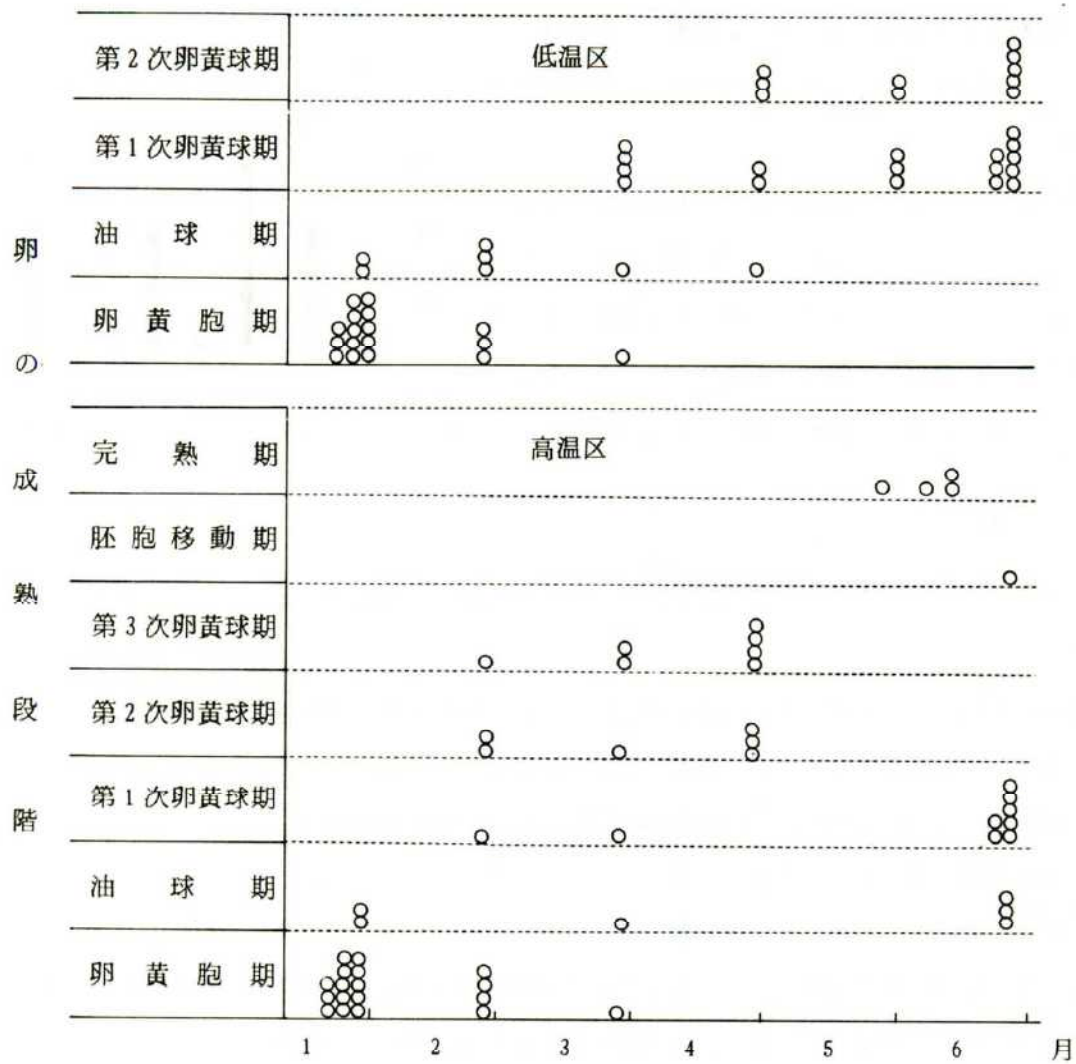
第 4 図 卵 径 の 変 化

第 4 表 供 試 魚 の 成 熟 率 と 生 残 率

試 験 区	成 熟 魚 の 尾 数		未 熟 魚 尾 数	成 熟 率 (%)	注) 生 残 率 (%)
	産 卵 魚	未 産 卵 魚			
低 温 区	0	0	94	0	98.0
高 温 区	20	9	73	28.4	95.4

注) 生残率： $\frac{\text{生残魚尾数} + \text{固定魚尾数}}{\text{供試魚尾数}} \times 100$

中 4 個体が第 1 次卵黄球期， 2 個体が卵黄胞期と油球期であった（図版 I - 6）。さらに 4 月になると， 6 個体中 3 個体が第 2 次卵黄球期， 2 個体が第 1 次卵黄期， 1 個体が油球期でわずかに成熟が進んだ（図版 II - 8）。しかし，その後成熟はほとんど進まず， 5 月には， 5 個体中 2 個体が第 2 次卵黄球期， 3 個体が第 1 次卵黄球期， 実験終了時には， 13 個体中 5 個体が第 2 次卵黄球期， 8 個体が第 1 次卵黄球期であった（図版 II - 10・11・12）。また，これらの卵巣には， 13 個体中 7 個体に退化卵が認められた（図版 II - 12， 図版 III - 13）。一方，高温区では， 2 月に 8 個体中 4 個体がすでに第 1～3 次卵黄球期， 残りの 4 個体が卵黄胞期で急激に成熟が促進した個体が出現した（図版 I - 5）。3 月になると， 6 個体中 4 個体が第 1～3 次卵黄球期， 2 個体が卵黄胞期と油球期であった（図版 II - 7）。さらに 4 月になると， 7 個体中第 3 次卵黄球期の個体が 4 個体， 第 2 次卵黄球期の個体が 3 個体となった（図版 II - 9）。そして， 5 月下旬から産卵する個体が出現した。実験終了時までには成熟しなかった個体は， 10 個体中 7 個体が第 1 次



第5図 卵の成熟段階の変化

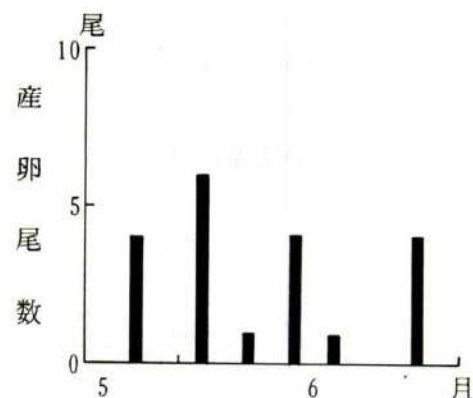
卵黄球期，3個体が油球期であった（図版Ⅲ－14・15）。これらの卵巣には，低温区と同様5個体に退化卵が出現した（図版Ⅲ－16・17）。

ところで，第3表によれば，低温区で飼育した年1回産卵系ニジマスの卵巣は，10個体中9個体が第1次卵黄球期，1個体が油球期で，年2回産卵系に比べてわずかに成熟が遅れていたが，退化卵は全く認められなかった（図版Ⅲ－18）。

第4表に供試魚の成熟率と生残率を示した。この表によれば，低温区では94尾中，成熟した個体は全く出現しなかった。一方，高温区では102尾中29尾が成熟し，さらにその中の20尾が産卵

し、成熟率は28.4%であった。生残率は、低温区では98.0%、高温区では95.4%で両区とも高い生残率を示した。

第6図に高温区における供試魚の産卵時期を示した。この図によれば、産卵は5月27日から6月26日にかけて認められた。1月7日に産卵した4尾が夏季に産卵するまでに要した日数は、141～159日(平均152日)で加藤¹⁾らおよび大渡²⁾らの報告とほぼ一致した。



第6図 高温区における供試魚の産卵時期

考 察

本実験において産卵後の年2回産卵系ニジマスの成熟は、高温ほど促進することが明らかになった。

最近、野村⁶⁾らは、水温が10℃以上の飼育池で1月下旬から3月下旬まで体重の0.5%給餌においても年2回産卵系ニジマスが、急激に成熟し、夏までに供試魚の60～70%が、産卵していることを報告している。したがって本実験の給餌率の差が、成熟に影響を及ぼしたのではなく、低水温が、卵の成熟を遅らせたものと考えられる。

野村^{7) 8)}は、水温変化のある所で高水温が秋になっても降下しない所では、一般にニジマスの産卵期が、遅い傾向にあると報告している。さらに摩周湖におけるニジマスの産卵期が6月であることにふれ、秋からの湖の低水温が、生殖腺の発育を制限していると推論している。

酒井⁹⁾らは、ニジマスの親魚を11月から10℃、15℃および18℃で飼育した場合、高水温ほど産卵が遅れ、また、発眼率および採卵率も高水温ほど低いことを述べている。

Henderson¹⁰⁾は、カワマスの経産魚を2月から8.5℃および16℃で飼育した場合、短日光周期(4L-20D)下では、8.5℃区の方が16℃区よりも早く卵の2次成長が始まるが、卵の発育は、16℃区よりも遅れることを報告している。

一方、温水性魚のキングジョー¹¹⁾では、Yamazakiによると、10～20℃の水温範囲において、高温ほど成熟が促進するという。

以上の結果から、ニジマスでは、極端に高温の場合、成熟・排卵に悪影響を及ぼすようであるが、ある水温範囲においては、冷水性魚類においても高温ほど卵の成熟が、促進されると思われる。

ところで、本実験の水温範囲において、供試魚の排卵への影響は、全く認められなかった。過去の産卵記録においても同養魚場のニジマスの産卵が、抑制されたことがないことから、ニジマ

スの排卵抑制水温は、本養魚場の1～2月の水温よりも低いと考えられる。

本実験結果から、高温区では、5月下旬から6月下旬にかけて産卵する個体が出現したが、低温区では、全く産卵しなかった。組織学的に見ると、高温区では、実験開始後1カ月目にすでに卵の内部に、多くの卵黄球が蓄積された個体が認められた。一方、低温区では、同時期までに卵黄球が出現せず、夏までに産卵するためには、少なくとも2月までに卵黄球を蓄積する必要があり、同時期にすでに、夏の産卵が決定されるように思われる。

ところで、低温区の水温が上昇したにもかかわらず、4月以後、低温区の成熟が促進しなかったことは注目される。⁸⁾野村は、魚の成熟・産卵を調べる場合、光と温度の両方について注意する必要性を指摘している。成熟が進まなかった原因としては、同時期の光周期および水温の上昇が考えられるが、非常に興味ある問題である。

実験終了時の未熟な供試魚には、低温区および高温区ともに退化卵が出現した。¹²⁾Yoshiokaは、産卵期のメダカを人工的に秋の光周期下におくと、大型の卵母細胞が退化することを報告している。ところで、年1回産卵系ニジマスには、退化卵は全く認められず、年2回産卵系に比べわずかに成熟が遅れていたことから、年2回産卵系ニジマスの早熟な形質が、退化卵を出現させる可能性がある。すなわち、既述したように産卵後の初期に成熟が進むと、光周期に関係なく夏までに産卵するが、ある時期以後に成熟が進むとメダカとは逆に長日光周期の影響によって、その後の卵の発育がうまくいかず、退化卵になるのかもしれない。

以上のことから、年2回産卵系ニジマスは、水温条件によって夏に産卵しないことがわかったが、本実験および加藤¹⁾らの結果から、同系統のニジマスが春から夏にかけて産卵できる水温は、4.0～9.5℃の間に存在し、移殖にあたっては、水温条件を十分考慮する必要がある。

ところで、本実験の供試魚は、1月上旬に産卵する形質を持つ魚であったので産卵後の低水温によって夏に産卵しなかったが、より早い時期に産卵する同系統のニジマスでは、産卵後、水温が高い時期があるので、早期に産卵する系統の同魚が、本養魚場において春から夏にかけて産卵するかどうか検討する必要があるだろう。また、本実験では、約12℃の環境下で75日間飼育した場合、夏期までに産卵したが、今後、年2回産卵系ニジマスが夏期に産卵可能な異なる水温下での最低飼育期間を明らかにする必要があると考えている。

摘 要

冬に低水温となる里美養魚場における年2回産卵系ニジマスの春から夏にかけての産卵の可能性および同魚の未熟な段階における水温と成熟との関係を検討した。

- 1 本実験の水温範囲において、高温ほど卵の成熟が促進した。

- 2) 高温区では、5月下旬から6月下旬にかけて産卵したが、低温区では、全く産卵しなかった。
- 3) 年2回産卵系ニジマスが、春から夏にかけて産卵可能な冬の水温は、4.0℃～9.5℃の間に存在するものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 加藤禎一・福田善三・大渡斉(1976)：ニジマス夏期産卵群とその成熟卵について，第1回全国養鱒技術協議会資料。
- 2) 大渡斉・田中深貴男・野村稔・藤川清和(1978)：年2回産卵系ニジマスについて—I，同一群を異なる水温環境で飼育した場合の産卵期と再生産形質の比較，日本水産学会昭和53年度春季大会講演要旨，101。
- 3) 野村稔・藤川清和・酒井清・田中深貴男・大渡斉(1978)：年2回産卵系ニジマスについて—II，生殖腺の成熟過程とそれにともなう内臓重量の変化，日本水産学会昭和53年度春季大会講演要旨，101。
- 4) 田中深貴男(1978)：ニジマスの年2回産卵，養殖，昭和53年1月号，30—33。
- 5) 未発表資料。
- 6) 野村稔・鈴木邦雄・大渡斉・田中深貴男・鈴木栄(1980)：年2回産卵系ニジマスについて—III，給餌量が再生産形質に及ぼす影響，日本水産学会昭和55年度春季大会講演要旨，23。
- 7) 野村稔・植松善次郎(1962)：ニジマスの人工採卵に関する基礎研究—II，移植および選択飼育による採卵の早期化，日水誌，28，11，1064—1076。
- 8) 野村稔(1964)：魚類の成熟・産卵と外部環境要因，水産増殖，12，3，159—196。
- 9) 酒井清・玉椎潔・野村稔(1971)：ニジマス親魚の成熟に及ぼす高水温の影響，日本水産学会昭和46年度春季大会講演要旨，36。
- 10) N. E. Henderson (1963) : Influence of light and temperature on the reproductive cycle of the Eastern brook trout *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), J. Fisheries Res. Bd. Can., 20, 859—897.
- 11) F. Yamazaki (1965) : Endocrinological studies on the reproduction of the female goldfish, *Cassius auratus* L., with special reference to the function of the pituitary gland, Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ., 31—33.
- 12) H. Yoshoka (1962) : On the effects of environmental factors upon the reproduction of fishes. 1. The effects of day-length on the reproduction of Japanese killitish, *Oryzias latipes*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 13, 123—136.

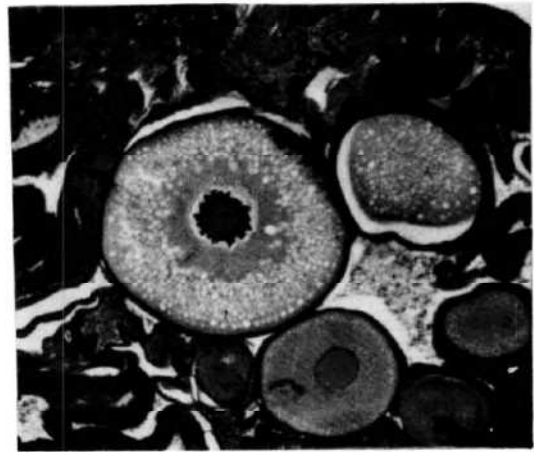
図版の説明

- 1 産卵直後の年1回産卵系ニジマス¹の卵巣, ヘマトキシリン・エオシン染色(H・E)。×55
- 2 産卵直後の年2回産卵系ニジマス²の卵巣, (H・E)。×55
- 3 供試魚の卵巣(H・E)。×55
- 4 低温区の2月28日の卵巣, (H・E)。×55
- 5 高温区の2月29日の卵巣, (H・E)。×30
- 6 低温区の3月29日の卵巣, (H・E)。×30
- 7 高温区の3月28日の卵巣, (H・E)。×30
- 8 低温区の4月28日の卵巣, (H・E)。×30
- 9 高温区の4月28日の卵巣, (H・E)。×30
- 10 低温区の5月28日の卵巣, (H・E)。×30
- 11 低温区の6月26日の卵巣, (H・E)。×30
- 12 同上。×30
- 13 同上。×30
- 14 高温区の6月26日の卵巣, (H・E)。×30
- 15 同上。×30
- 16 同上。×30
- 17 同上。×30
- 18 年1回産卵系ニジマス¹の6月26日の卵巣, (H・E)。×30

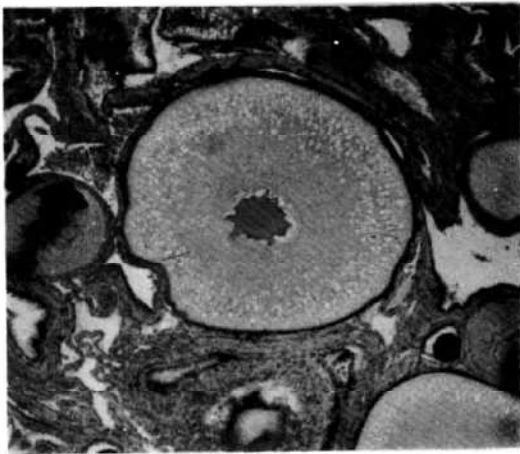
图版 I



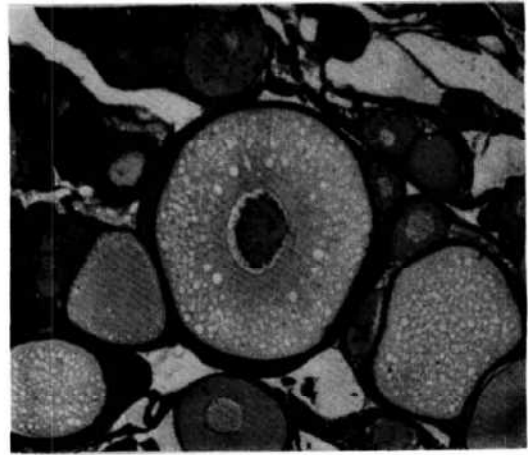
1



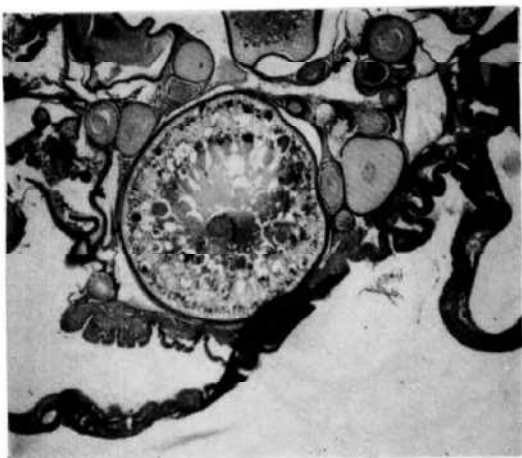
2



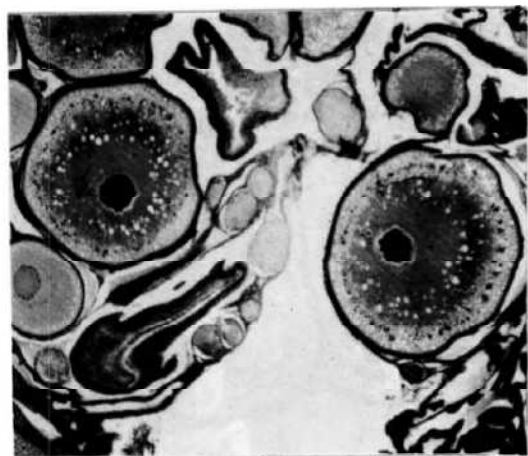
3



4

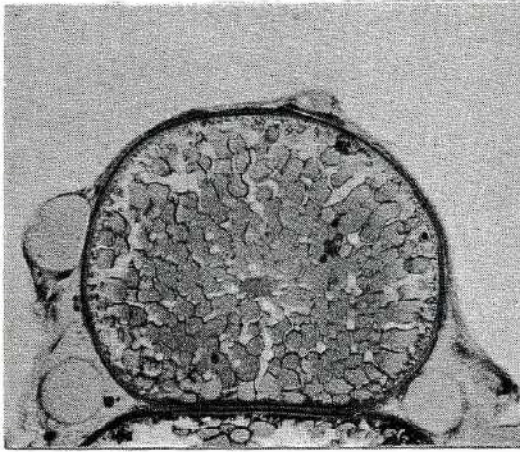


5

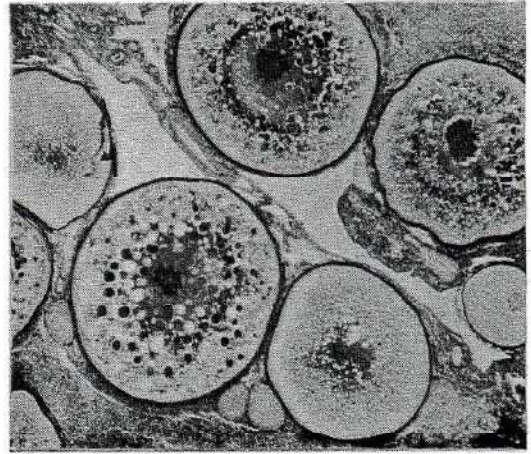


6

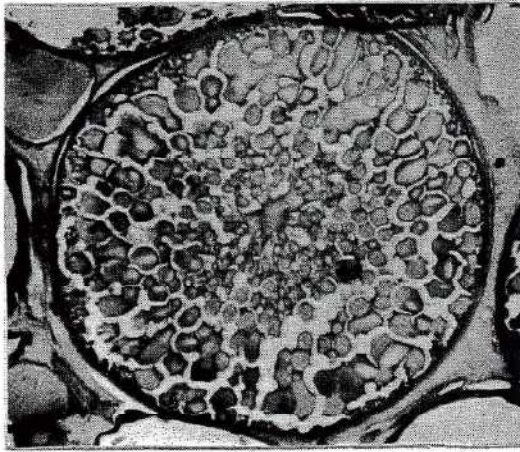
图版 II



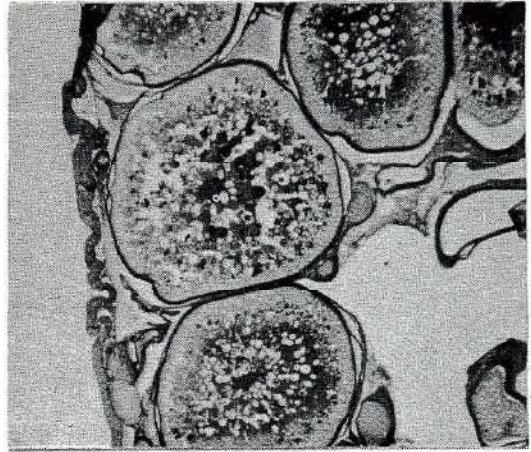
7



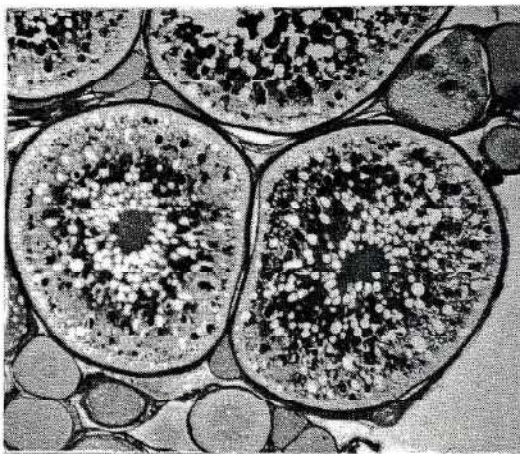
8



9



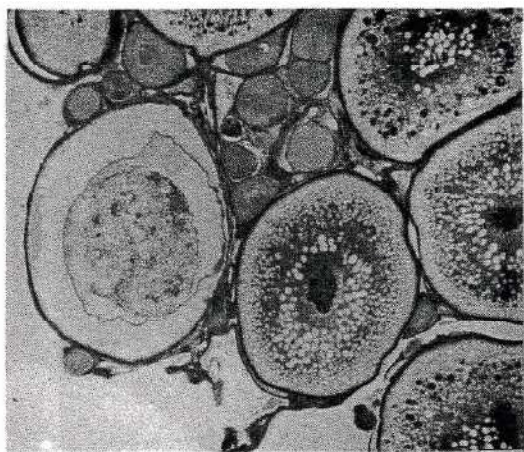
10



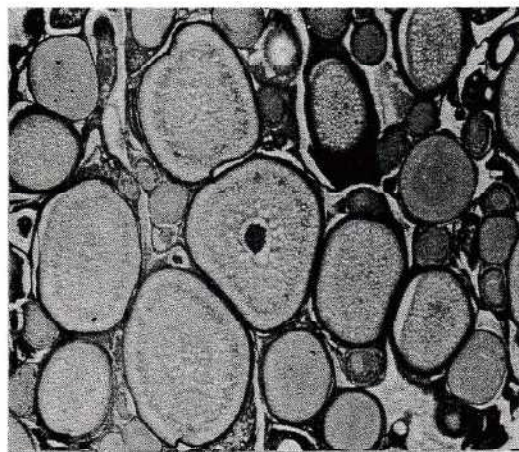
11



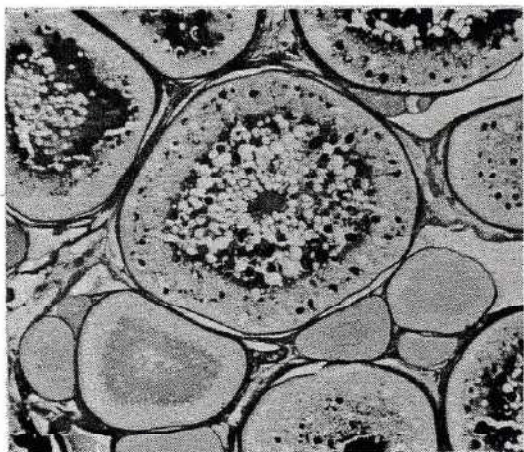
12



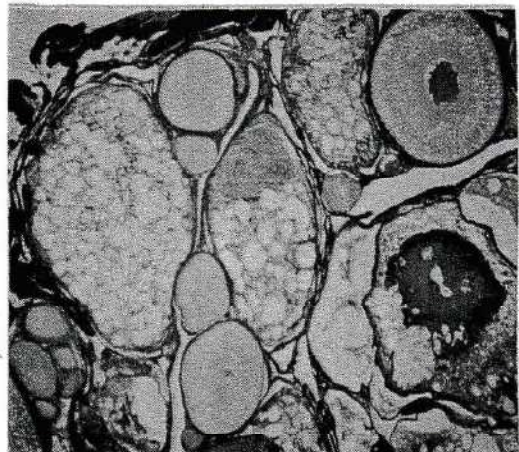
13



14



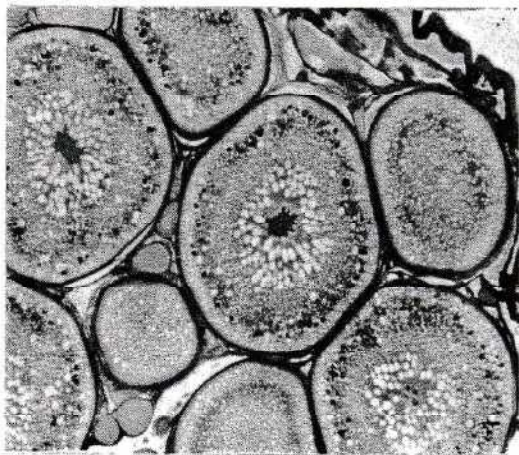
15



16



17



18