

ヤリイカの卵発生に及ぼす低水温の影響

伊藤 欣吾 · 桜井 泰憲¹⁾

Effect of Low Temperature on Embryonic Development of *Loligo bleekeri* (Cephalopode : Loliginidae)

Kingo Ito, Yasunori Sakurai¹⁾

Abstract : In order to elucidate the effect of low temperature on embryonic development of *Loligo bleekeri*, we carried out experiments in captivity. We examined the effect of constant temperatures (5, 7, 9, 11°C) and thermal shocks (from 9°C temporarily drops to 5°C) on embryonic development. Thermal shocks were given in three different stages of embryos for 15 or 30 days each. Hatching rate of developing embryos fell both when they were exposed to and kept temperature at 7°C, and when they were temporarily exposed to temperature at 5°C. When temperature fell and kept at 5°C, development stopped and all the embryos died. The longer was the period of temporarily exposing to temperature at 5°C, the lower the hatching rate was, especially when embryos were exposed during the medium term developing. We think as results that seawater temperature in spawning grounds affects the stock fluctuations of *L. bleekeri*.

はじめに

ヤリイカ *Loligo bleekeri* (Keferstein, 1866) は単年性であり、朝鮮半島から日本近海にかけての沿岸域に広く分布する (奥谷ほか, 1973)。本種は、沿岸漁業の重要な対象種として日本各地で漁獲されている。佐藤 (1990) は、標識放流試験によって、能登半島以北の対馬暖流の影響が及ぶ範囲に生息するヤリイカを一つの系統群と推定している。北日本におけるヤリイカの産卵については、1～6月に水深5mから60mの岩礁域や人工魚礁ブロックで確認されている (赤羽ほか, 1981)。天然海域における産卵時の水温について、10.3°Cから8.1°Cに低下する20日間の間に産卵した1例がある (山中, 2000)。ヤリイカの卵発生は、Baeg et al. (1992) により28段階に定義されている。卵発生と水温との関係については数多くの研究が行われ、

約11～17°Cの範囲で正常発生し、水温が低いほどふ化までに要する時間は長くなるが、6°C以下ではふ化しないことが報告されている (Baeg, 1993)。また、桜井ほか (1999) は、卵発生の途中で水温が7～11°Cから5～6°Cに低下し、そのまま低水温が続く場合には、発生の停止またはふ化幼生が生残しないことを明らかにした。さらに、一時的に卵が低水温にさらされた場合、より高水温から5～6°Cの温度ショックを受けるほど奇形・死亡率が増加してふ化率が低下することを報告している。

ヤリイカの産卵場が存在する本州北部と北海道南部の沿岸域は、冬季の水温が6°C以下に低下することがあり、発生に不適な低水温の影響を受けることになる。そこで本研究では、ヤリイカの卵のうを5°Cから11°Cまでの水温の条件で飼育し、卵発生に適した水温を明らかにした。次に、ヤリイカの卵発生に不適とされている5°Cの水温 (桜井ほか, 1999) が卵発生に及ぼす影響について、5°C水温の期間の長短および5°C水温を受ける発生段階の面から検討した。

¹⁾ 北海道大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan)

材料と方法

5℃から11℃までの水温がヤリイカの卵発生に及ぼす影響について、次のような室内実験を設けて調べた (Table 1)。実験は1999年と2000年に1回ずつ行った。

1999年の実験1では、5℃から11℃までの恒温条件で飼育し、卵発生に適した水温を求めた。卵を9℃で14日間 (Stage11) 飼育した後、5℃、7℃、9℃、11℃のインキュベーター内に移し、ふ化もしくは発生が停止するまで飼育して観察した (以下、例えば9℃から5℃へ移行した実験区を、9-5℃区と略す.)。

1999年の実験2では、発生段階の前期 (Stage11)、中期 (Stage21)、後期 (Stage26) の3段階において、正常に発生が進行する9℃の水温から、卵発生に不適とされている5℃の水温に15日間、または30日間低下させ、再びもとの水温に戻して (以下、この温度変化を低水温ショックと略す。また、この実験区を9-5-9℃区とする。) 飼育し、その生残率及びふ化率を調べた。また、低水温ショックを時間をかけて緩やかに与えた場合の影響を調べるため、5℃の低水温ショックを与える前後に7℃で15日間飼育した実験区も設けた (以下、9-7-5-7-9℃区と略す.)。

2000年は、1999年と同じ実験を繰り返し行った。

Table 1. Summary of effects of low temperature and thermal shock on embryonic developments of *Loligo bleekeri*.

Temperature (°C)	Duration of thermal shock	Development stage of thermal shock	Number of		Date of spawning
			eggs	egg capsules	
1999 year					
Experiment 1 : Constant temperature					
9-5	—	11	1,315	28	1 May, 1999
9-7	—	11	909	16	1 May, 1999
9	—	11	1,087	20	1 May, 1999
9-11	—	11	1,265	22	1 May, 1999
Experiment 2 : Thermal shock					
9-5-9	15	11	945	22	1 May, 1999
9-5-9	30	11	837	19	1 May, 1999
9-5-9	15	21	1,114	21	1 May, 1999
9-5-9	30	21	988	19	1 May, 1999
9-5-9	15	26	1,138	20	1 May, 1999
9-5-9	30	26	1,481	22	1 May, 1999
9-7-5-7-9	15,15,15	13	1,429	23	1 May, 1999
9-7-5-7-9	15,30,15	13	1,041	19	1 May, 1999
2000 year					
Experiment 1 : Constant temperature					
9-5	—	10	1,143	20	23 April, 2000
9-7	—	10	1,064	20	23 April, 2000
9	—	10	1,013	20	23 April, 2000
9-11	—	10	1,165	20	23 April, 2000
Experiment 2 : Thermal shock					
9-5-9	15	10	1,182	21	23 April, 2000
9-5-9	30	10	1,137	20	23 April, 2000
9-5-9	15	21	981	20	23 April, 2000
9-5-9	30	21	1,114	20	23 April, 2000
9-5-9	15	26	1,112	21	23 April, 2000
9-5-9	30	26	1,021	20	23 April, 2000
9-Sai temp. *	—	10	1,084	20	23 April, 2000

* : Sea surface temperature of Sai after February 1, 1999.

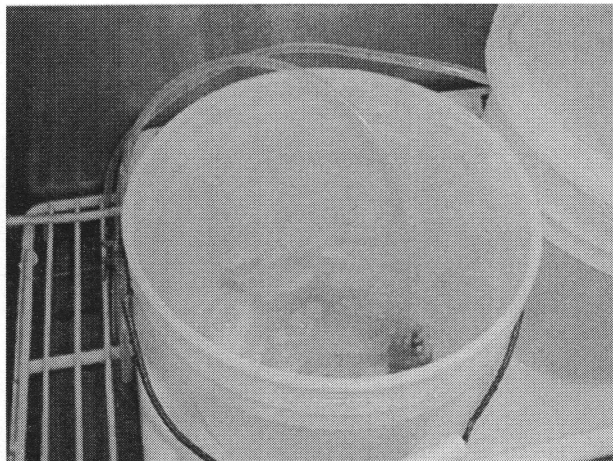


Figure 1. Photo. of Water tank in the incubator.

さらに、1999年冬季に青森県佐井村沿岸の水温が断続的に6℃以下になっていたことから、その水温をモデルとして、低水温ショックを断続的に与えた場合の影響を調べる実験区も設けた（以下、佐井村水温区と略す.）。

供試卵は、1999年の実験では1999年5月1日に、2000年の実験では2000年4月23日に、両年とも青森県小泊沖で採集されたヤリイカ数十個体を水温9℃の水槽内に収容し、その日に産卵させて得た。飼育方法は、海水約4リットルの入った円柱形の容器（直径250mm、高さ300mm）に、約20房の卵のうを収容し、止水状態でエアレーションを行った（Fig. 1）。容器をインキュベーター内に収容し、温度をコントロールした。また、小窓から自然光が入るようにした。海水は1999年の実験では15日間毎に、2000年の実験では7日間毎に交換した。なお、卵の発生段階はBaeg et al. (1992) による受精からふ化までの28段階区分に従った。

2000年の実験において、実験開始から99日目までは9℃区を対象に、99日目以降は9-7℃区を対象に飼育海水の塩分値を測定した。実験開始から終了までの塩分値は30.35~34.76psuで変化した。伊藤（1996）のふ化幼生の塩分耐性実験において、塩分値30.7psu以上で高い生残率を示していることから、本実験において、卵発生に及ぼす塩分の影響はほとんど無いと考えられた。また、各実験区とも、海水交換、エアレーションの状態は同一条件にしたので、塩分値の差はほとんどないものと

考えられた。

結 果

実験1では、1999年と2000年ともに同様の結果が得られた（Fig. 2-5）。9-5℃区では約114~134日を要してStage23まで緩やかに進行したが、その後進行が止まり全て死亡した（Fig. 2, 6A）。その他の実験区では、ふ化まで達し（Fig. 6B）、水温が高いほどふ化に要する時間が短く（Fig. 2）、また、水温が高いほどふ化率も高い傾向にあった（Fig. 4）。9-7℃区でふ化した幼生は、9℃区と9-11℃区のそれと比較し、遊泳力に乏しく水槽底面に静止しているものが多かった。

実験2では、1999年と2000年ともに同様の結果が得られた（Fig. 4, 5）。Stage10もしくはStage11の発生段階前期に5℃の低水温ショックを与えた場合のふ化率は、ショック期間が15日間では63%、83%、30日間では70%、72%であった。Stage21の発生段階中期に低水温ショックを与えた場合、15日間ではふ化率47%、58%、30日間では両年ともStage24~26でとどまり全て死亡した（Fig. 6A）。Stage26の発生段階後期に低水温ショックを与えた場合のふ化率は、15日間では86%、73%、30日間では79%、63%であった。

9-7-5-7-9℃区のふ化率は、5℃の期間が15日間では75%、30日間では67%であった。この実験区における水温の移行は、9℃から7℃へはStage13の時に、7℃から5℃へはStage17の発生段階に行われた。9-7-5-7-9℃区の間をかけて緩やかに低水温ショックを与えた場合と、9-5-9℃区の発生段階前期に急激な低水温ショックを与えた場合とでは、ふ化率に大きな差は見られなかった。

佐井村水温区では、水温が大きく変動しており、5℃台が延べ7日間、6℃台が延べ27日間で、7℃未満の水温期間が述べ34日間であったが、ふ化率は74%と比較的高かった。

実験2の中でふ化幼生の遊泳力が乏しかったのは、1999年の9-5-9℃前期15日間の実験区、両年の9-5-9℃中期15日間の実験区、及び1999年の9-7-5-7-9℃30日間の実験区で

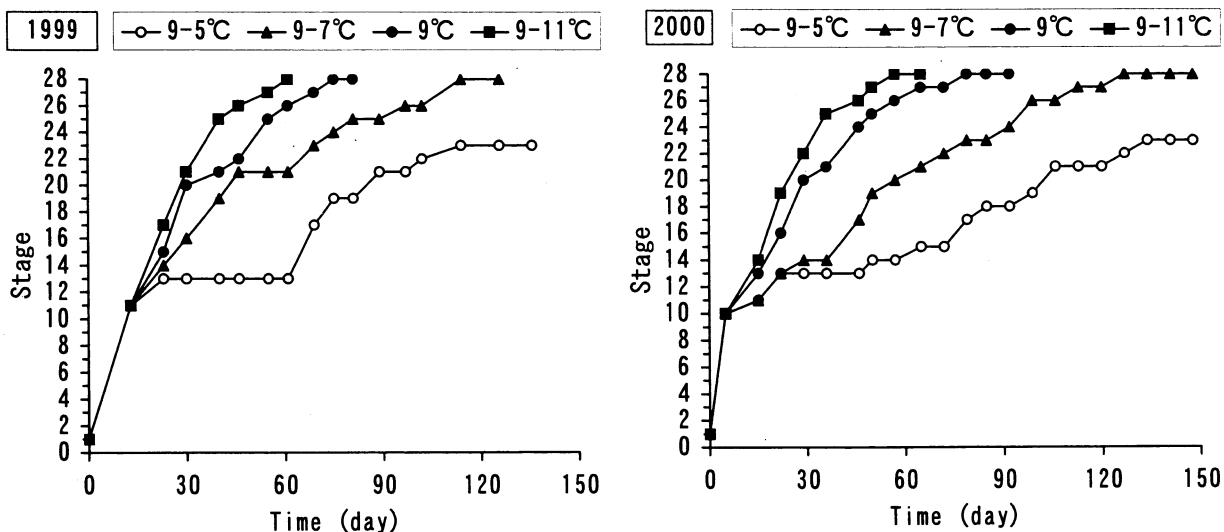


Figure 2. Course of embryonic development of *L. breckeri* at four incubation temperatures.

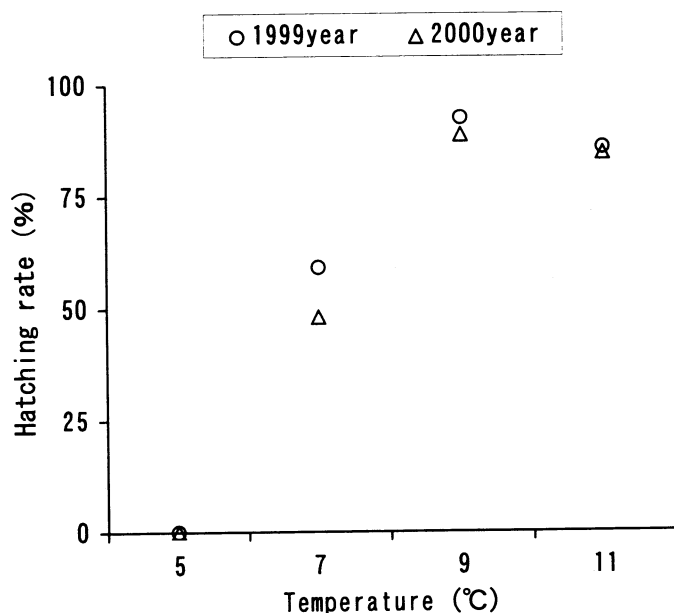


Figure 3. Relation between temperature and hatching rate in experiment 1.

あった。1999年の9-5-9°C前期15日間の実験区でふ化幼生の遊泳力が乏しかった理由は、ふ化開始から4日目まで海水を交換しなかったため、その間にふ化時に排出される物質等で飼育海水が白く濁っていたことが要因と考えられた。その他の実験区でふ化幼生の遊泳力が乏しかった理由は、低水温ショックによる影響と考えられた。

また、実験2において、低水温ショックの期間

や発育段階の違いによるふ化率を比較した (Fig. 7)。低水温ショックの期間を、15日間と30日間とで比較すると、1999年9-5-9°C前期の1例を除く5例で、30日間の方が15日間よりふ化率は低かった。1999年9-5-9°C前期の1例は、前述したように15日間の実験区で飼育海水が白濁したため、実際のふ化率より低くなったと思われる。そのため、1999年9-5-9°C前期の1例で30日

ヤリイカの卵発生に及ぼす低水温の影響

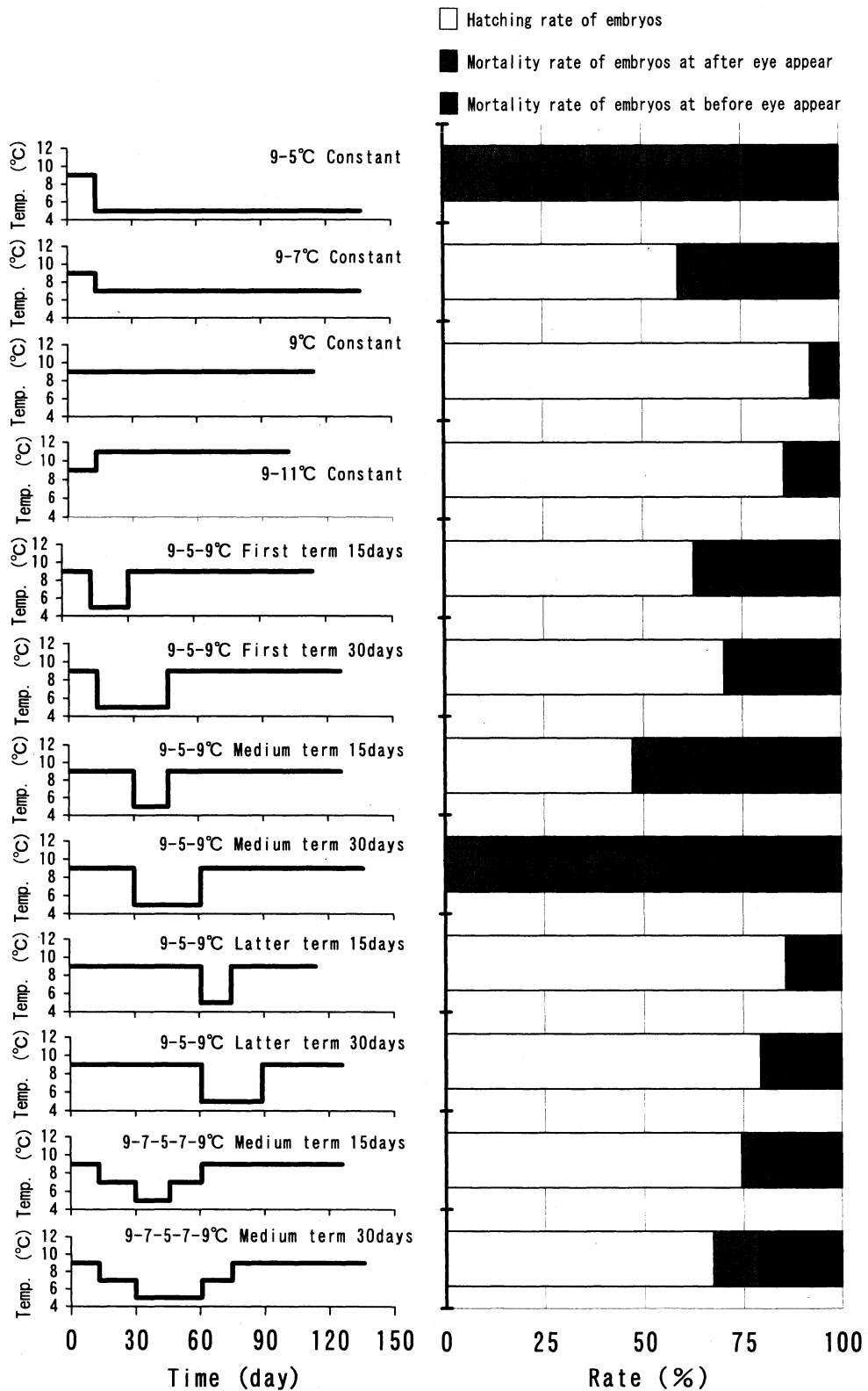


Figure 4. Change of water temperature and hatching rate in each experiment in 1999.

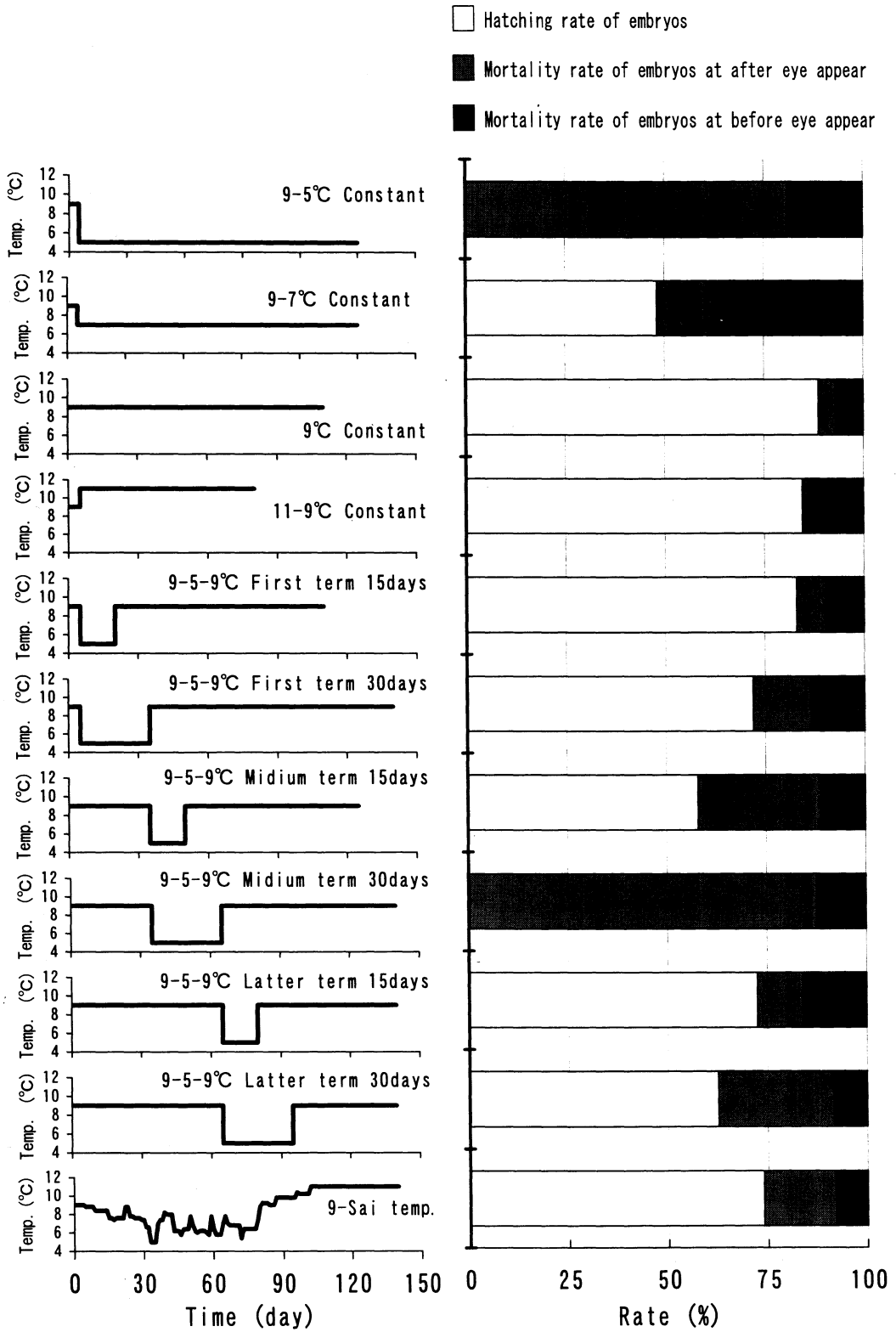


Figure 5. Change of water temperature and hatching rate in each experiment in 2000.

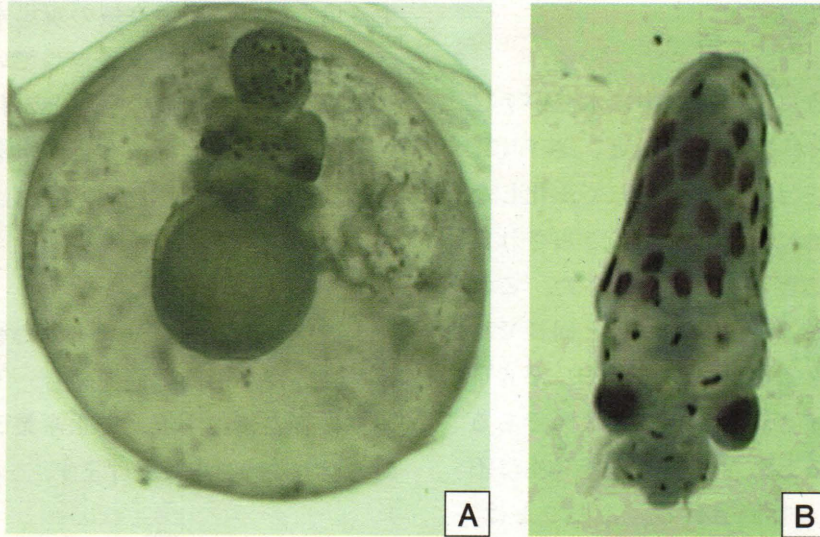


Figure 6. Photo. of embryo. A, abnormal ; B, normal.

間の実験区の方がふ化率が高くなったと考えられた。低水温ショックを与える発育段階を、前期 (Stage10またはStage11), 中期 (Stage21), 後期 (Stage26) の3段階に分けてふ化率を比較すると、低水温ショック期間が15日間と30日間の両方とも、発生中期に低水温ショックを受けた場合にふ化率が最も低下した。特に、発育中期に30日間の低水温ショックを与えるとふ化しないことが明らかになった。

水温とふ化日との関係をFig.8に示す。ふ化日はふ化個体数が5割を越えた日とした。水温は飼育開始からふ化日までの平均値を用いた。本研究で得られた水温とふ化日の関係は、7℃から11℃までは水温が高くなるほどふ化日が早かった。この関係は、Baeg (1993) による11.4℃～20.6℃の水温範囲において、水温が高いほどふ化日が早くなるという結果と同様であった。

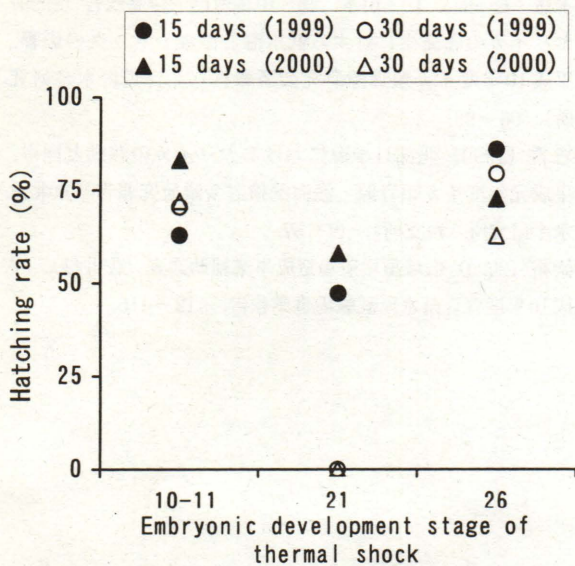


Figure 7. Relation between embryonic development stage given thermal shock and hatching rate.

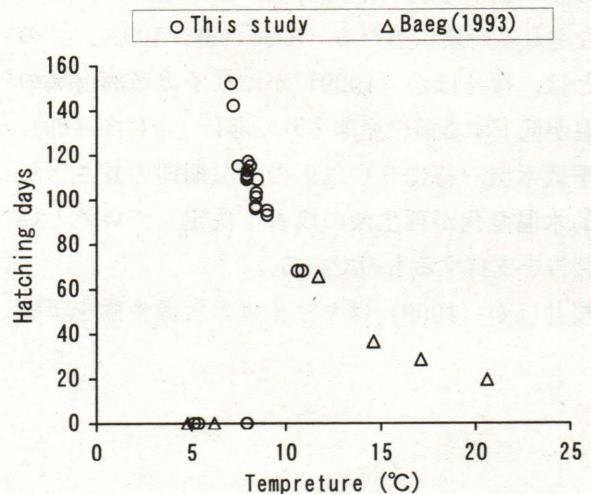


Figure 8. Relation between temperature and hatching days.

考 察

実験結果が示すように、発生途中で水温が7℃に低下するとふ化率が低下すること、さらに、5℃に低下したままでは発生が停止してふ化しないこと、また、一時的に5℃の水温にさらされるとふ化率が低下することが明らかになった。これらの結果は、桜井ほか(1999)の報告と同様である。また、この結果と、桜井ほか(1999)が6℃一定水温によるヤリイカ卵のふ化率は7%であるとする報告を合わせると、ヤリイカの卵発生に不適な水温は7℃以下と推測される。このことは、伊藤(1998)が示したヤリイカの産卵群は、好適水温帯を求めて移動し、その好適水温帯の下限が8~9℃であろうと推測した説をヤリイカの繁殖戦略の視点から裏付けるものと思われる。

本研究により、ヤリイカ卵は発生途中において、一時的に5℃の水温にさらされる場合、その期間が長いほどふ化率は低下すること、特に、発生段階の中期にさらされると、ふ化率が極めて低くなることが明らかになった。発生段階の中期に30日間5℃の水温にさらされると、その後の発生はStage24~26で停止し死亡した。また、水温が5℃に低下した際の発生はStage22~23で停止し死亡した。これらのことから、Stage23前後の発生段階が特に低水温に弱いことが示唆される。Stage23前後とは眼、鰓、平衡石、外套膜、色素などの体形成がなされる時期に当たる(Baeg et al., 1992)。このことは、桜井ほか(1999)がヤリイカ産卵海域の水温が低下する前に産卵された卵は(主に冬産卵)、冬季低水温、特に5℃以下の水温期間の長さで短期的水温変化が再生産の成否を決定しているという報告を支持するものである。

桜井ほか(1999)はヤリイカの資源変動を予測

する場合には、産卵海域の現場水温のモニタリングが重要であることを報告している。本研究により、5℃の水温期間の長さでふ化率との関係が明らかになったことは、今後の水温のモニタリングによる資源変動予測に寄与するものと思われる。

謝 辞

本研究にあたり、ヤリイカの産卵に多大なご協力を頂いた小泊漁業協同組合、下前漁業協同組合並びに青森県鮎ヶ沢地方水産業改良普及所の職員の皆様方に感謝申し上げます。

文 献

- 赤羽光秋・田村真通・石川 哲(1981)ヤリイカの生態と大規模増殖場開発事業展開方法。栽培技研, 10, 43-50.
- 伊藤欣吾(1996)沿岸漁場整備開発事業3. ヤリイカ稚仔の塩分耐性試験。平成6年度青森県水産試験場事業報告, 227-229.
- Baeg, G. H.・Sakurai, Y.・Simazaki, K.(1992) Embryonic stages of *Loligo bleekeri* Keferstein (Mollusca: Cephalopoda). The Veliger, 35, 234-241.
- Baeg, G. H.(1993) Reproductive and embryonic studies of the squid *Loligo bleekeri* Keferstein (Mollusca: Cephalopoda). 北海道大学水産学研究所修士論文, 78pp.
- 伊藤欣吾(1998)青森県沿岸海域におけるヤリイカの移動。水産海洋研究, 62, 369-377.
- 奥谷喬司・田川 勝・堀川博史(1987)日本陸棚周辺の頭足類。日本水産資源保護協会(東京), 197pp.
- 桜井泰憲・Gyanne, L.・山本 潤・中尾博己・伊藤欣吾(1999)ヤリイカの胚発生に対する低水温と温度ショックの影響。平成10年度イカ類資源研究会議報告(北海道区水産研究所), 96-98.
- 佐藤雅希(1990)北部日本海におけるヤリイカの移動と回遊。平成元年度イカ類資源・漁海況検討会議研究報告(東北区水産研究所八戸支所), 49-57.
- 山中崇裕(2000)広域型増殖場造成事業補助調査(佐井村)。平成10年度青森県水産試験場事業報告, 112-116.