

# 水温がクロマグロ卵仔魚のふ化・成長・生残に与える影響

2012年3月 自然環境学専攻 47-106618 中嶋泰三

指導教員 木村伸吾教授

キーワード；クロマグロ、水温、孵化、成長、生残、奇形、適水温

## 1. はじめに

クロマグロ (*Thunnus orientalis*) の産卵は主に、南西諸島からフィリピン近海に至る海域で4-7月に行われる。本種は他のマグロ属魚類と同様に日本にとって重要な水産資源であることに加え、分布域が北太平洋全域にわたる高度回遊性魚類であることから、その資源の持続的利用については国際的にも活発な議論が行われている。

水温、塩分、風成循環の変化などは、成魚の産卵・回遊や稚仔魚の成長・生残・輸送課程に影響を及ぼすことから、海洋環境変動と海洋生物の資源量変動の間には密接な関係が見出されている。中でも地球温暖化による水温構造の変化は、海洋生物の代謝により大きな影響を与えることが分かっている。とくに、クロマグロの産卵は限定された時期および海域でのみ行われ、発生初期の卵や孵化直後の仔魚は極めて狭い水温帯でのみ生息が可能であることから、水温構造の変化は遊泳能力に乏しい卵仔魚の成長や生残を悪化させ、将来の資源への加入量変動にも繋がる懸念される。そのため、本種の大量減耗を回避するには、水温と卵仔魚の関係性を具体的に明らかにする必要がある。

そこで、本研究では地球温暖化によって生じる環境変動として水温に着目し、水温がクロマグロ卵仔魚に与える影響を検討することを目的とした。

## 2. 材料・方法

2010年6月および2011年7月に、独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所奄美庁舎で飼育されている養成個体から得られた受精卵を実験に使用した。採卵は、産卵行動を確認した後、卵採集ネットを用いて行い、受精卵と未受精卵に分離した後、受精卵のみを採集し容器に収容した。

本実験の全設定水温は、23-29°Cの間の7段階で行った。水温が本種卵仔魚に与える影響を検討するために、水温別の孵化時間、孵化率、生残率および奇形率を実態顕微鏡下で観察し、測定した。50%以上の孵化率がみられる水温を孵化限界水温と定義した。成長率は、各温度区で飼育しRNAlaterで凍結保存した仔魚の単位重量あたりのDNA量を測定して算出した。また、水温が卵の発生段階に及ぼす影響を明らかにするため、産卵経過8時間後から16時間後まで4時間おきに水温を変化させ発生段階ごとに奇形率を測定した。さらに、孵化に要した時間を卵発生の代謝速度に置き換えたアレニウスプロットを基に卵の代謝効率を算出し、高代謝効率かつ高孵化率である水温を孵化最適水温とした。

## 3. 結果・考察

孵化に要する時間は、飼育水温が上昇するに伴い、減少する傾向が認められた。飼育水温と

孵化に要する時間の間には強い相関関係が認められたことから、水温が卵の孵化時間に与える影響は極めて大きいと考えられる。また、2011年では、水温と孵化に要する時間のグラフの回帰式において、傾きの転換点を得られた。この現象から、転換点の前後で卵内の酵素あるいは触媒反応系に質的变化が生じていることが分かった。

2010年、2011年共に温度上昇に伴い、孵化率が減少し、奇形率が增大する傾向が確認された。本研究と既往研究から孵化限界水温は21~32°C程度であることが分かった。奇形率は、2011年では2010年と比較すると25°C以上では異常に高い値を示したが、2011年は採卵場所・親魚が2010年と異なるため、それゆえに卵質の良し悪しや採卵場所から実験場所である奄美センターまでの運搬で生じる負の影響等の原因が考えられた。

水温が卵の発生段階に及ぼす影響について、本種はレンズ形成期（産卵16時間後）までに高水温に晒されると、水温から受ける影響が大きいことから、産卵後16時間が経過しているのであれば、高水温の影響は比較的軽減できることが分かった（図1）。このことから、仮に地球温暖化の影響で周りに高水温帯があった場合においても、おおよそ1日経っているのであれば、高水温に耐えることができると示唆される。

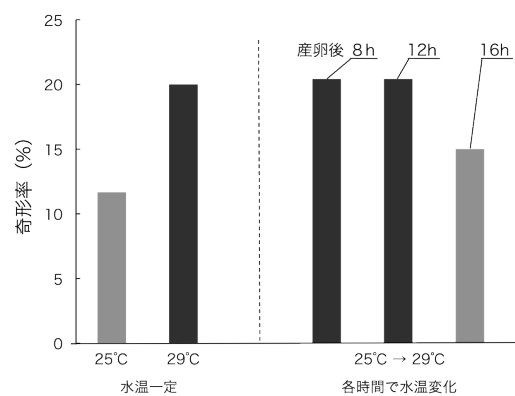


図1 水温一定で飼育した場合と、各発生段階ごとに水温変化させた場合の畸形率

水温がクロマグロ卵仔魚の孵化・成長・生残に与える影響を総合的に判断するため、算出した成長率（単位重量あたりのDNA量）、孵化後における生残率、孵化最適水温をまとめて示す（図2）。孵化に適した水温であり、かつ仔魚が高成長、高生残である水温は26°C付近であることが示唆された。今後、環境変動として地球温暖化が生じ、産卵場の海水温が変化した場合においても、26°C付近の水温帯が卵仔魚にとって重要であり、卵仔魚の大量減耗を回避し、資源量を維持するためには、この水温帯で卵仔魚が成育する必要があることが分かった。

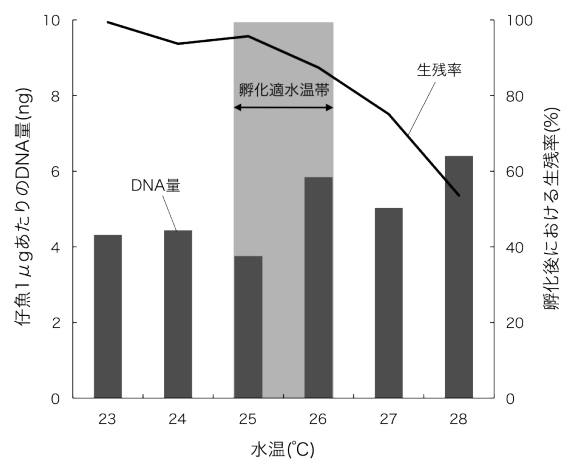


図2 水温とクロマグロ卵仔魚の孵化・成長・生残の関係

# Effects of water temperature on hatch, growth and survival during egg and larval stages of Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*)

March 2012, Department of Natural Environmental Studies, 47-106618 Taizo Nakajima  
Supervisor; Prof. Shingo KIMURA

Keywords; Pacific bluefin tuna, water temperature, hatch, growth, survival, optimum temperature

## 1. INTRODUCTION

Spawning of Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, mainly occurs on an area off the northern Philippines to Nansei Archipelago located in the southern Japan during April-June. The species has highly migratory behavior throughout the northern Pacific Ocean. As an important international fishery resource, strong argument is currently undertaken for sustainable use of bluefin tuna stock.

Major physical environmental factors such as temperature, salinity and flow structure affect survival and growth of this fishery resource. It is known that temperature affects the eggs and the larval metabolic rate. However, fundamental information such as those stated above remain insufficient. Considerable spawning site fidelity and a limited spawning period make an early development of the species vulnerable to environmental fluctuations. In fish species, variability in annual recruitments is caused by high and variable mortality during early life stages. It is necessary to avoid vulnerability by establishing a relation between temperature and early development of the species. Thus, this study focused on water temperature as a factor of global warming and its effects on eggs and newly hatched larvae were clarified.

## 2. MATERIALS AND METHODS

Experiments were conducted using eggs, naturally spawned in Amami Station, Fisheries Research Agency, Seikai National Fisheries Research Institute using *Thunnus orientalis* broodstock between June 2010 to July 2011. Fertilized eggs were discriminated from unfertilized eggs.

Experiments were performed under five different incubation temperatures in range of 23-29°C. Hatching time, hatching rate, survival rate and abnormal rate, under several incubation temperatures were obtained from the experiments. The temperature for 50% hatching rate defined as limited hatchings temperatures. Growth rate under several incubation temperatures was estimated from DNA per unit weight of larva. To clarify effects of temperature on the developmental stages of eggs, changing experiments in water temperature were made every four hours, starting from 8 to 16 hours after spawning. During this time the abnormal rate is also measured. Metabolic efficiency of the eggs is calculated based on Arrhenius plots that represent the metabolic rate during egg development. Furthermore, the temperature for high metabolic efficiency and high hatching rate was defined as the optimum hatching temperature.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

Time taken to hatch bluefin tuna eggs decreased with an increase in incubation temperature. Incubation temperatures furthermore strongly correlated with hatching time. These results suggest that the water temperature significantly affects the hatching time. Moreover, in 2011, relationship between incubation temperature and time to reach hatching shows an inflection point. Because of this, it was found that qualitative change in enzyme-catalyzed reaction systems in eggs occur at this point.

In both 2010 and 2011, the hatching rate decreased, while the abnormal rate increased as raising of the incubation temperatures. In present and previous studies, we found limited hatchings temperatures ranging from 21-32°C. In 2011 the abnormal rate was unusually high at temperatures over 25°C, probably because spawning site and broodstock of 2011 was different from 2010 and the transporting of eggs from the spawning site to Amami Station caused negative effects to the egg quality.

If this species was exposed to high temperature until lens formation stage (16 hours after spawning), the abnormal rate became high (fig.1). Therefore more than 16 hours after spawning, the effects of high water temperatures on eggs is relatively reduced. For this reason, even in cases that spawning suffered from high water temperature due to global warming, 16 hours after spawning, eggs have the ability to adjust heightened water temperature.

To congregate the comprehensive effects of the influence of temperature on hatch, survival and growth of during the early development of Pacific bluefin tuna, the growth rate (amount of DNA per unit weight), survival rate after hatch and optimum hatching temperatures were compiled (fig.2). The optimum hatching temperature and the high growth and survival temperature would be around 26°C. The results showed that water temperatures around 26°C are important because it is the most suitable temperature for eggs and larvae to develop in. Especially in cases that the sea surface temperature of bluefin spawning sites are expected to be greater than the optimum hatching temperature of 26°C due to global warming in the future. Finally, it is found that eggs and larvae need to grow in this temperature range in order to sustain bluefin tuna stock.

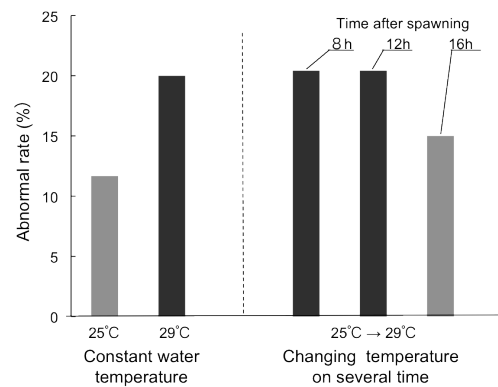


Fig. 1. Abnormal rate under constant temperature and changing temperature on several developmental stages

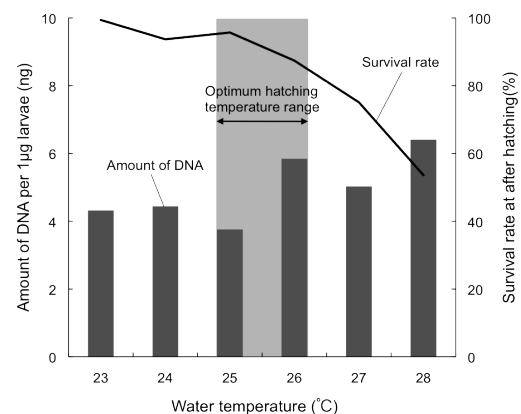


Fig. 2. Relationship between temperature, hatching, growth, and survival