

---

---

# 北海道立水産孵化場研究報告

第 63 号

平成 21 年 3 月

---

---

SCIENTIFIC REPORTS  
OF THE  
HOKKAIDO FISH HATCHERY

No.63  
MARCH, 2009

---

北海道立水産孵化場

061-1433 恵庭市北柏木町 3 丁目373番地

# 北海道立水産孵化場研究報告

## 第 63 号 (2009)

### 目 次

---

TOMIKO ITO AND MIYUKI NAKAJIMA

Abundance of salmon carcasses at the upper reach of an adult salmon trap:

Ten years of observation at a tributary of the Chitose River, Hokkaido, northern Japan ..... 1 - 7

畑山 誠・小出展久

茶葉抽出物と銅イオンを利用したニジマス卵管理 ..... 9 - 13

#### 短 報

宮腰靖之・松枝直一・武蔵悟一・菅原敬展・田中慶子・坂本 準・高橋史久

尻別川本支流におけるサクラマスの遡上時期 ..... 15 - 19

下田和孝

サクラマス稚魚の炭素・窒素安定同位体比のターンオーバータイム ..... 21 - 23

下田和孝

水生無脊椎動物を与えたシマウキゴリの餌料効率 ..... 25 - 27

---



# Abundance of salmon carcasses at the upper reach of an adult salmon trap: Ten years of observation at a tributary of the Chitose River, Hokkaido, northern Japan

TOMIKO ITO<sup>\*1</sup> AND MIYUKI NAKAJIMA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hokkaido Aquatic Biology, Hakuyo-cho, 3-3-5, Eniwa, Hokkaido, 061-1434

<sup>2</sup>Hokkaido Fish Hatchery, Kita-kashiwagi 3-373, Eniwa, Hokkaido, 061-1433, Japan

**Abstract** The abundance and biomass of salmon carcasses (*Oncorhynchus keta* and *O. masou masou*) were studied in a spring-fed tributary, the Naibetsu River, Chitose River system, Hokkaido, northern Japan, during 1998-2008. Almost all adult salmon are caught by an adult salmon trap each fall at the lower reach of the Chitose River for a salmon enhancement program. The abundance and biomass fluctuated annually and seasonally, with two peaks in the fall and winter. The range in carcass biomass was 0.05-10 kg 100 m<sup>2</sup> in fall and 0.4-61 kg 100 m<sup>2</sup> in winter. In some years, the biomass was greater than the lowest effective biomass for stream production, 5 kg 100 m<sup>2</sup>, which was evaluated in previous studies. The total number of carcasses in the fall was significantly correlated with the highest water level at the lower reach of the river, indicating that adult salmon swam over the trap at flood stage. Carcass abundance in winter may depend on the population size spawned in the wild at the upper reach.

**Key words** : abundance, biomass, fish trap, flood, salmon carcass

## Introduction

In the last two decades, studies conducted mostly in the Pacific Northwest have revealed that salmon carcasses are important for production in river and riparian ecosystems (reviewed by Kline *et al.*, 1997; Cederholm *et al.*, 1999; Ito *et al.*, 2006). In rivers, salmon carcass nutrients are consumed directly by benthic macroinvertebrate scavengers and indirectly through benthic algae or fungus by grazers and detritus feeders. Because salmon carcasses are carried to riparian zones by birds, mammals, and floods, they are also available for many terrestrial animals and plants.

The consumption of carcass nutrients by aquatic invertebrates results in the rapid growth and high survival rate of salmon juveniles. For example, the growth rate of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) is higher in carcass-rich streams than in streams without carcasses (Bibly *et al.*, 1998; Wipfli *et al.*, 2003), and the return rate of adult coho salmon is higher when their juveniles grow in carcass-rich years than in car-

carcass-poor years in the same stream (Michael, 1995).

In northern Japan, almost all of the adult chum salmon (*O. keta*) that return to spawn have been captured over the past several decades by adult salmon traps in lower reaches of rivers for artificial fertilization and enhancement (Nagata, 2003). However, since the mid 1990s, the adult catch has decreased in many rivers from mid-October to November (Nakajima and Ito, 2003).

We studied the abundance of carcasses in Naibetsu River, a tributary of the Chitose River, which is located upstream from adult salmon traps, in Hokkaido, northern Japan from 1998-2008 and reported the abundance of carcasses, mass-loss process, and the positive effect of carcasses on benthic amphipod reproduction based on the first 5 years of observation (Ito *et al.*, 2004, 2005; Kusano and Ito, 2005). The aims of the present study were to estimate the seasonal and annual fluctuation of carcass abundance and to elucidate the factors influencing the abundance based on observations over 10 consecutive years.

---

\* E-mail: tobikera@siren.ocn.ne.jp

## Methods

### Study site

The Naibetsu River, a second-order spring-fed stream, originates 50 m above sea level, meanders through a deciduous forest for about 3 km, and flows into the Chitose River, where almost all adult salmon are caught at the lower reach for artificial enhancement (Fig.1). In 1964, a 2-m-high dam (without a fish road) used for city water was constructed 300 m upstream from the mouth (the point where the Naibetsu River flows into the Chitose River), which prevents farther upstream migration by salmon. The study site was approximately 2100 m<sup>2</sup> in area (300 m in length and 7 m in average width) between the dam and stream mouth.

At the study site, the stream discharge is about 0.33 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> and the gradient is about 0.5° as measured from a 1/25000 map. Crowfoot (*Ranunculus yezoensis*) and water speedwell (*Veronica americana*) reside in the middle and edge of the stream. Large boulders are absent and a few fallen trees exist, but some pools can hold carcasses. The water temperature ranged from 4.2°C (January 16, 2000) to 11.7°C (September 8, 2006), and electric conductivity (HORIBA ES-12; Horiba, Tokyo, Japan) ranged from 5.5 ms m<sup>-1</sup> (October 10, 2000) to 9.9 ms m<sup>-1</sup> (September 9, 2001).

Adult salmon traps were set 7 km downstream of the study site from late August to early December every year (Fig. 1). Every fall since 2004, a number of male

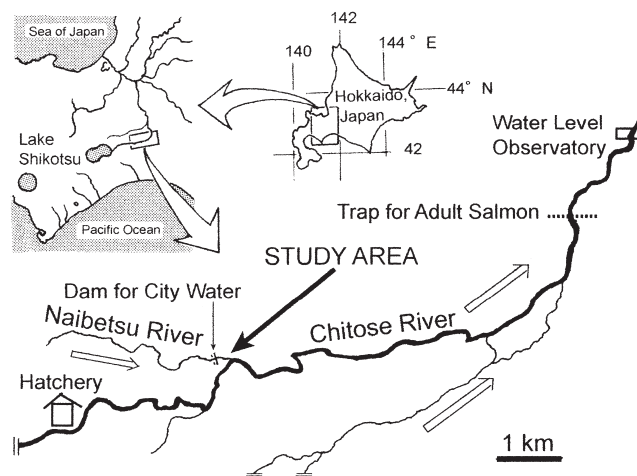
chum salmon have been released on the upper side of the trap by the Chitose Salmon Museum for observation by the general public. Other features of the study site are shown in Ito *et al.* (2005).

### Methods

Carcasses were counted and weighed from September to March 2008, biweekly from 1998 to 2000 and weekly during 2000-2008 to estimate their abundance and biomass. At each visit, the carcasses were counted, identified as to species, and wet weighed to the nearest 0.1 kg using spring scales (Kamoshita or Zanko). Following the data collection, the carcasses were gently placed back in the position where they were found. In subsequent visits, if the same carcass was present at the study site, it was counted and weighed again. Abundance and biomass of carcasses were calculated in 100m<sup>2</sup> units at each visit.

Each carcass was tied at the mouth and opercle with a numbered tape. The total number of carcasses found in the study site was noted by counting the plastic tapes used in each season. The tapes were not used in 1998 and 1999, so we substituted the maximum number counted first for the total number in a season. Therefore, the total number was underestimated in 1998 and 1999.

Because we found many carcasses from mid-January to mid-February 2008, we weighed 20 randomly chosen carcasses and substituted the total weights at each visit.



**Fig. 1** Map of the study site, adult salmon trap, and water level observatory in the Chitose River system. Open arrows along the river show the direction of flow.

Abundance of salmon carcasses upstream of an adult salmon trap

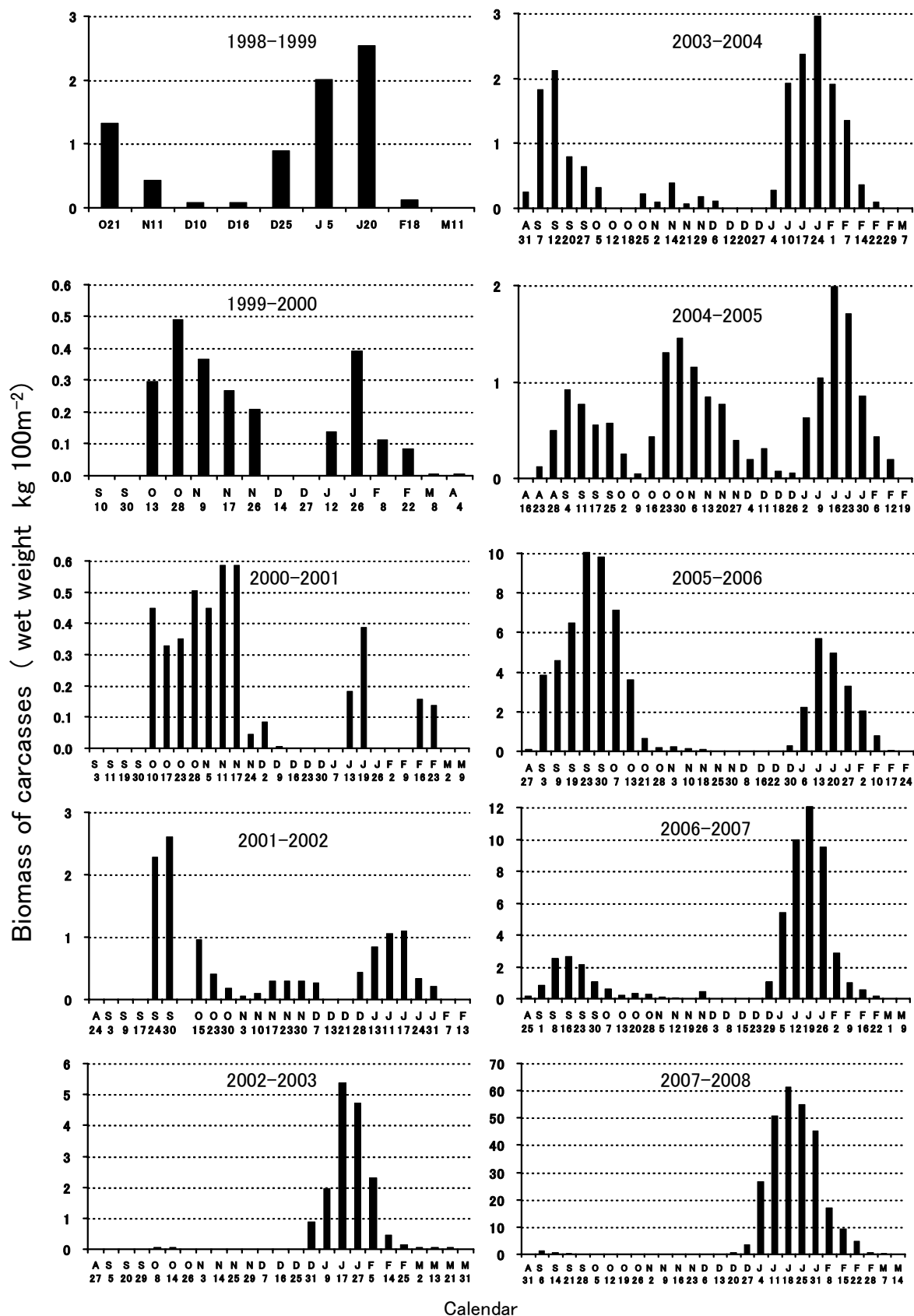


Fig. 2 Biomass of salmon (chum and masu) carcasses at the study site, 1998-2008.

## Results

### Species of salmon carcasses

Almost all carcasses were chum salmon, but a few masu salmon (*O. masou masou*) were found almost every year: 1/44 (1 masu among a total of 44 carcasses) in 1998 and 1999, 1/7 in 1999 and 2000, 4/8 in 2000 and 2001, 1/48 in 2001 and 2002, 1/63 in 2002 and 2003, 0/66 in 2003 and 2004, 0/67 in 2004 and 2005, 0/199 in 2005 and 2006, 1/183 in 2006 and 2007, and 2/746 in 2007 and 2008. The masu salmon carcasses were found from September to November, but never in other months.

### Influence of release by the Chitose Salmon Museum on carcass abundance

In every fall of 2004-2007, a number of male chum salmon have been released on the upper side of the trap by the Chitose Salmon Museum. Numbers of the salmon released and numbers of male chum carcasses found in the study site after the release dates were 300 and 5 in 2004, 400 and 1 in 2005, 200 and 1 in 2006, and 80 and 0 in 2007. Number of the carcasses was not correlated to number of the salmon released ( $r=0.422$ ,  $p>0.05$ ), suggesting that the salmon release by the museum did not influence on the carcass abundance in the study site.

### Seasonal changes in carcass biomass

Carcass biomass at the study site is shown in Fig. 2. The biomass in the fall fluctuated from one peak (9 years except 2004) to two peaks (2004). The maximum biomass in the fall ranged from 0.05 kg 100 m<sup>-2</sup> (2002) to 10 kg 100 m<sup>-2</sup> (2005). The winter biomass peaked in mid or late January and decreased to zero until February or March. Maximum biomass in the winter ranged from 0.4 kg 100 m<sup>-2</sup> (2000 and 2001) to 61 kg 100 m<sup>-2</sup> (2008).

### Annual fluctuation in carcass abundance

The total number of carcasses in the study site is shown Fig. 3. In the fall, carcasses ranged from 1 (2002) to 28 (2001), while in the winter, they ranged from 3 (2000 and 2001) to 746 (2008). A gradual increase was observed in the number of carcasses found in winter during the last 3 years of the study, and they were extremely abundant in 2008.

Because many adult salmon are caught at the fish trap in the Chitose River, carcass abundance may have been influenced not only by the size of the salmon population migrating up the river but also by the high water level over the trap. We inspected the quantitative relationship between the carcass abundance and total adult catch in fall at the fish trap (National Salmon Resources Center, 1995-2008) and the highest water level at the observatory in the lower reach of the river near the trap (Fig. 1, <http://www1.river.go.jp/cgi/SrchWaterData>, access date January 31, 2008; Ishikari River Development and Construction, unpublished data) (Fig. 4). Based on the Pearson test, the total number of carcasses was not correlated with the total adult catch (Fig. 4A,  $p = 0.57$ ), but it was significantly correlated with the highest water level (Fig. 4B,  $p = 0.01$ ) in the fall. When we analyzed the influential factors of winter carcasses, we omitted the extremely large number found in 2008. The total carcass number in winter was not correlated with either the total salmon catch in fall (Fig. 4C,  $p = 0.86$ ) or the highest water level in winter (Fig. 4D,  $p = 0.07$ ).

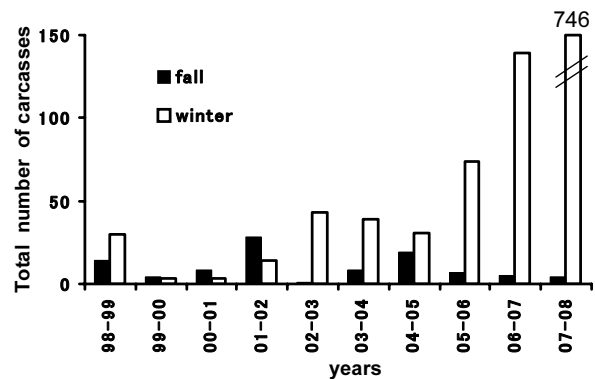
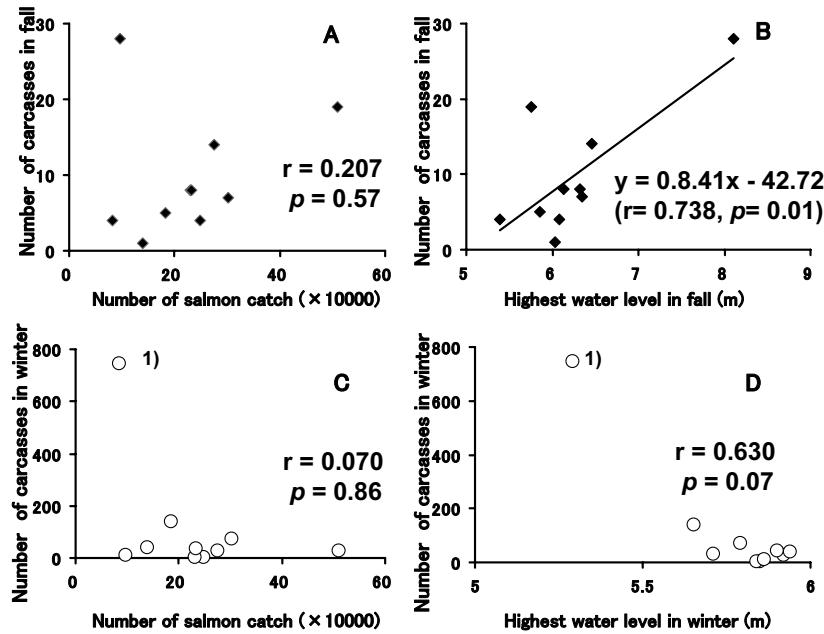


Fig. 3 Total number of salmon carcasses at the study site, 1998-2008.

## Discussion

Abundance and biomass of salmon carcasses fluctuated seasonally and annually at the study site (Figs. 2, 3). In the fall, carcass abundance was correlated with the highest water level downstream of the fish trap (Fig. 4B), indicating that the abundance during this season was highly affected by flooding over the trap. This conclusion supports the results from the first 5 years of observation at



**Fig. 4** Relationship between the total number of carcasses in Naibetsu River and the total adult catch or the highest water level at the lower reach of the Chitose River. A. Total number of carcasses in fall versus the total adult salmon catch in fall. B. Total number of carcasses in fall versus the highest water level in fall. C. Total number of carcasses in winter versus the total adult salmon catch in winter. D. Total number of carcasses in winter versus the highest water level in winter. 1) Data omitted for statistical analysis; see text.

this study site (Ito *et al.*, 2005). Adult salmon might be stimulated by high flow rate at flood to move upstream (Banks, 1969).

Because the carcass abundance in winter was not correlated with either the total salmon catch in fall or the highest water level in winter (Fig. 4C, D), some adult salmon may have migrated and spawned in the upper reaches of the Chitose River during that season. Moreover, the annual fluctuation in their abundance, including their high abundance during 2007-2008, may have been influenced by the size of the winter population each year. This estimation coincides with our previous study (Ito *et al.*, 2005).

The influence of salmon carcasses on stream productivity has been studied in the field and laboratory. Bibly *et al.* (2001) reviewed 26 field surveys in the Pacific Northwest and showed that the increase in carcass-derived nitrogen was first detected in the muscle of juvenile coho salmon at sites with around 5 kg 100 m<sup>2</sup> of carcasses. In the laboratory, the adult weight of a detritivorous caddisfly increased about 10 mg by adding a small piece of salmon flesh to a rearing bottle (20 cm<sup>2</sup> bottle bottom area; 0.5 kg 100 m<sup>2</sup>) (Ito, 2005). Therefore, 5 kg 100 m<sup>2</sup> in field

studies and 0.5 kg 100 m<sup>2</sup> of biomass in laboratory studies are the lowest estimated effective carcass biomass.

Among 20 seasons, we found four in which the biomass was higher than 5 kg 100 m<sup>2</sup> (winter 2003, fall 2005, winter 2007, and winter 2008) and among 15 seasons, they were higher than 0.5 kg 100 m<sup>2</sup> (all except fall and winter 1999-2000, winter 2001, fall 2002, and fall 2007) (Fig. 2). Therefore, large quantities of carcasses were present at the study site in some seasons despite the presence of the adult salmon trap at the lower reach in the fall.

Because the river originates from a large lake (Fig. 1), the fluctuation of water discharge from the Chitose River is small compared to other rivers that flow from mountains in Hokkaido (Japan River Association, 1974-2000). Therefore, the possibility exists that adult salmon swimming over traps would be more numerous in mountain streams. In fact, a biomass greater than 5 kg 100 m<sup>2</sup>, the lowest effective biomass for wild populations of salmon (Bibly *et al.*, 2001), was observed in several other streams in northern Japan (Nakajima and Ito, 2003; Nagasaka and Nagasaka, 2004). The effects of salmon carcasses on stream productivity warrant study in northern Japan.



## Acknowledgments

We thank Mr. Kazutaka Shimoda and Mr. Katsumi Takeuchi, Hokkaido Fish Hatchery, and Ms. Yorika Arakane, Chitose Salmon Museum, for their help with our study. Our sincere thanks are due to the anonymous referee for his valuable comments.

## References

- Banks, J. W. (1969). A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. *Journal of Fish Biology*, **1**, 85-136.
- Bibly, R. E., Fransen, B. R., Bisson, P. A. and Walter, J. K. (1998). Response of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and steelhead (*Oncorhynchus mykiss*) to the addition of salmon carcasses to two streams in southwestern Washington, U.S.A. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **55**, 1909-1918.
- Bibly, R. E., Fransen, B. R., Walker, J. S., Cederholm, C. J. and Scarlett, W. J. (2001). Preliminary evaluation of the use of nitrogen stable isotope ratios to establish escapement levels for Pacific salmon. *Fisheries*, **26**, 6-14.
- Cederholm, C. J., Kunze, M. D., Murota, T. and Shibatani, A. (1999). Pacific salmon carcasses: essential contributions of nutrients and energy for aquatic and terrestrial ecosystems. *Fisheries*, **24**, 6-15.
- Ito, T. (2005). Effect of salmon carcasses on larvae and adults of a detritivorous caddisfly, *Lepidostoma satoi* (Kobayashi): a laboratory experiment. In: Proceedings of the 11th International Symposium on Trichoptera (K. Tanida and A. Rossiter, eds.) pp. 189-197. Tokai Univ. Press, Kanagawa.
- Ito, T., Nakajima, M. and Shimoda, K. (2004). Mass loss of chum salmon carcasses: observation in field and laboratory. *Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery*, **58**, 1-7.
- Ito, T., Nakajima, M. and Shimoda, K. (2005). Abundance of salmon carcasses at the upper reach of a fish trap. *Ecological Research*, **20**, 87-93.
- Ito, T., Nakajima, M., Nagasaka, A. and Nagasaka, Y. (2006). Effect of salmon carcasses in river and riparian ecosystem—review until around 2005. In: An introduction to environmental ecology of fishes: interaction between fish and their habitat, from the alpine streams to the abyssal depth (T. Saruwatari, ed.) pp. 244-260. Tokai Univ. Press, Kanagawa. (In Japanese)
- Japan River Association (1974-2000). River discharges year book of Japan. 24-53. (In Japanese)
- Kline, J. R. T. C., Goering, J. J. and Piorkowski, R. J. (1997). The effect of salmon carcasses on Alaskan freshwaters. In: Freshwater of Alaska, ecological syntheses (A. M. Milmer and M. W. Oswood, eds.) pp. 179-204. Springer, New York.
- Kusano, H. and Ito, T. (2005). Effect of salmon carcasses on egg production of a freshwater amphipod, *Jesogammarus jesoensis*: a field observation. *Limnology*, **6**, 79-84.
- Michael, J. H. Jr. (1995). Enhancement effects of spawning pink salmon on stream rearing juvenile coho salmon: managing one resource to benefit another. *Northwest Science*, **69**, 228-233.
- Nagasaka, A. and Nagasaka, Y. (2004). Effects of salmon-derived nutrients on stream water quality and riparian vegetation in Hokkaido, northern Japan. *Annual Reports of the Interdisciplinary Research Institute of Environmental Sciences*, **23**, 109-117. (In Japanese with English abstract)
- Nagata, M. (2003). Chum salmon, *Oncorhynchus keta* (Walbaum). In: Fisheries and aquatic life in Hokkaido (Y. Ueda et al., eds.) pp. 132-137. Hokkaido News Paper, Sapporo. (In Japanese)
- Nakajima, M. and Ito, T. (2003). Aquatic animal colonization of chum salmon carcasses in Hokkaido, northern Japan. In: Nutrients in salmonid ecosystems: sustaining production and biodiversity (J. G. Stockner, ed.), pp. 89-97. *American Fisheries Society, Symposium*, **34**. Bethesda, MD.
- National Salmon Resources Center (1999-2008). Database on biological assessment of Pacific salmon populations in Japan, 1998-2007. National Salmon Resources Center, Salmon Database, pp. 8-15. (In Japanese)
- Wipfli, M. S., Hudson, J., Caouette, J. and Chaloner, D. T. (2003). Marine subsidies in freshwater ecosystems: salmon carcasses increase the growth rates of stream-resident salmonids. *Transactions of the American Fisheries Society*, **132**, 471-480.

摘 要

ウライ（サケ親魚捕獲柵）上流における  
サケマス産卵後死体の数量：  
北海道千歳川支流における 10 年間の記録

伊藤富子・中島美由紀

最近 20 年間に主に北アメリカ太平洋岸で行われた研究により、サケマス類の産卵後死体（以下、ホッチャレ）は河川と陸上のさまざまな生物に利用され、水域と陸域の生産性を高めることが明らかになってきた。日本においても河川とその周囲の生態系に及ぼすホッチャレの影響についての研究が進みつつあるが、今後の進展のためには、ホッチャレの数量と現存量を把握しておく必要がある。筆者らは、1998 年から 10 年間、北海道千歳市千歳川水系のウライ（サケ親魚捕獲柵）上流にある支流・内別川において、サケマス類（大多数のシロサケとごく少数のサクラマス）のホッチャレの数量を調べた。そのうち最初の 5 年分のホッチャレ数量とその分解消失過程、および底生動物の 1 種オオエゾヨコエビの繁殖に及ぼすホッチャレの効果については、すでに報告した。本論文ではその後の 5 年分のデータを加えて 10 年間の調査結果をまとめた。ホッ

チャレの現存量はほぼ秋と冬にピークのある 2 峰型の季節変動を示し、年による変動も大きかった。この 10 年間、毎年のホッチャレ現存量の最高値は、秋 0.05 - 10 kg 100 m<sup>2</sup>、冬 0.4 - 61 kg 100 m<sup>2</sup>であり、既往の研究により河川生物の現存量に影響があるとされている量（野外調査で 5 kg 100 m<sup>2</sup>、室内実験で 0.5 kg 100 m<sup>2</sup>）をとときどき上回ることが明らかになった。ホッチャレ数の年変動も大きかったが、秋のホッチャレ数は千歳川の日水位最高値と相関していたことから、増水時にウライを乗り越えて上流に上った親魚の一部が内別川で産卵しホッチャレになるものと考えられた。増水時にはウライを越える水位になると同時に、流速の増大により親魚の向流性が刺激され、活発に遡上するものと推察された。冬のホッチャレ数は秋の捕獲親魚数とも千歳川の水位とも相関しないことから、冬に千歳川水系で自然産卵する群の個体数変動を反映しているものと推測された。大きな湖から発する千歳川に比べ、山地から始まる河川では水位変動がはるかに大きいので、ウライを乗り越えて上流で産卵するサケマス類も千歳川水系よりも多いと推測される。従って、人工ふ化放流のため下流のウライでサケ親魚を捕獲している日本においても、河川とその周囲の生態系に及ぼすホッチャレの影響を研究する必要がある。



# 茶葉抽出物と銅イオンを利用したニジマス卵管理

畑山 誠\*・小出 展久

北海道立水産孵化場

## Incubation of rainbow trout egg using green tea extract and copper fiber

MAKOTO HATAKEYAMA\* AND NOBUHISA KOIDE

Hokkaido Fish Hatchery, Kitakashiwagi 3-373, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan

**Abstract** The prevention of soft egg shell disease by treatment with green tea extract was demonstrated in rainbow trout fertilized eggs. The eggs were dipped in 0.2 % green tea extract for 30 min a maximum of six times and the hardness of the egg was evaluated using a fruit penetrometer. At 264 temperature units (degree · days), figures for the average hardness of the eggs treated once, twice, four times, six times and without treatment were 1.4, 1.6, 1.7, 1.7 and 0.9 kg, respectively. The eyed rate of the eggs without treatment was relatively low value (67.7%) when compared with those treated with green tea extract (77.8 to 80.2%). The hatching rate of the untreated eggs was 59.3%, while the rates for eggs treated once, twice, four times and six times were 76.8, 79.7, 53.7 and 44.4%, respectively. The cause of the low value observed in the hatching rates of the eggs treated four and six times respectively was considered to be the abnormal hatching due to over treatment. The joint usage of green tea extract to prevent soft egg shell disease and the copper ion used to control the water fungi infection was used to evaluate the effectiveness in rainbow trout fertilized eggs. The eggs were dipped in a green tea extract solution at 0.2 or 0.4% strength for 30 or 60 min. Following the green tea extract treatment, the eggs were incubated under running water containing  $8.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  of copper ion supplemented from the copper fiber until the eyed stage. During the test treatment, the dipping in the solution of green tea extract at 0.4% for 30 min followed by the incubation supplemented with copper ions successfully inhibited the occurrence of soft egg shell disease and the invasion of water fungi.

**Key words** : ニジマス, 茶葉抽出物, 銅イオン, 卵膜軟化症, ミズカビ

サケマス類の種卵を管理する上で起こる問題として、死卵に寄生するミズカビの繁茂と卵膜軟化症がある(野村, 2005)。卵膜軟化症は何らかの原因で卵の内圧が低下し、同時に卵膜はびらんし、潰れや早期孵化を引き起こす現象として知られている(川本, 1975)。新谷(1998)は北海道内のある孵化場において、卵管理に利用している三つの水源、すなわち河川水、湧水系河川水、湧水のうち、卵膜軟化症が発生する水源を湧水と特定している。伊澤ら(1998)は人工的にいくつかのイオンを孵化用水に添加する手法を用い卵膜軟化症の再現実験を行い、硫酸イオンの過剰が卵膜軟化症の原因と推測している。古くは高安ら(1934)が卵

膜軟化症の発生原因として微生物の関与を示唆しているが、新谷(1998)は前述の調査の中で三つの水源の細菌数をDAPI染色を用いた直接法により計数し、むしろ湧水は他の二つの用水と比較し細菌数が少ないことを報告している。

卵膜軟化症の発症原因に関しては不明な点があるものの、種卵を安全に管理する上では、ミズカビと卵膜軟化症の双方を、状況によっては同時に抑制する手法が必要である。平成15年度の薬事法改正を契機にこれまでいくつかの卵管理手法が開発された。三浦ら(2005)はニジマス *Oncorhynchus mykiss* の種卵に発生するミズカビの防除に銅イオンが有効であることを報

\* E-mail: hatakeyamam@fishexp.pref.hokkaido.jp. Tel: 0123-32-2135. Fax: 0123-34-7233

告している。社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会(2005)はシロサケ *Oncorhynchus keta* の卵管理試験を北海道立水産孵化場に委託し、ミズカビに対しては銅イオンの利用が、また卵膜軟化症に対して茶葉抽出物の利用が有効であることを報告している。佐々木ら(2008)もシロサケ卵を茶葉抽出物に浸漬すると卵膜軟化症を予防する効果を確認している。

本研究では、内水面養殖業の主体であるニジマスの種卵に対して茶葉抽出物を利用した卵膜軟化症抑制効果の確認を行い、また、ミズカビと卵膜軟化症を同時に抑制する手法として茶葉抽出物と銅イオンの併用試験を行った。

## 方 法

### 茶葉抽出物による卵膜軟化症予防試験

北海道内のニジマス養殖場にて2005年5月10日に採卵された受精直後卵を北海道立水産孵化場道東支場(北海道中標津町)に収容(水温9.1°Cの地下水)し、試験を行った。試験卵には、用水に溶解した濃度0.2%の茶葉抽出物(商品名:カメリアエキスAM; 太陽化学株式会社)への30分間の浸漬処理を、受精翌日に行い、以降約3~4日間隔で複数回繰り返した。茶葉抽出物処理の試験区は回数1, 2, 4, 6回のもものとコントロール(無処理)区を加え合計5区とした。茶葉抽出物処理は連続処理に基づき、積算水温18, 46, 82, 109, 146, 173度の各時点で行った。また、積算水温82, 146, 200, 264度の時点で新谷(1998)の方法を参考に、各区25粒の卵の断裂強度を、加重部面積0.5 cm<sup>2</sup>の果実硬度計(株式会社木屋製作所)により測定した。この方法は果実硬度計の加重部を卵にあって手で徐々に加重し、卵膜が断裂する時点での加重量を卵膜の強度として評価するものである。加重は卵膜の内側全体に分散され、加重が一定量を超過した時点で卵膜は断裂する。そのため、断裂強度の表記単位について、本来は(加重量)・(卵膜の表面積)<sup>-1</sup>等の単位で表記されるべきところであるが、本試験では各区とも同じロットの卵を用いているため、単純に加重量(kg)のみの表記とした。各区の平均断裂強度は積算水温ごとにANOVA(One-way factorial analysis of variance)により平均値の比較を行い、差がみられた場合 Bonferroni Inequality test により無処理区と各処理区の差を検定した。統計計算には ystat2000.xls (医学図書出版株式会社)を用いた。積算水温264度の時

点では6回の茶葉抽出物処理を行った卵および無処理の卵について卵表面の構造を定法に従い走査型電子顕微鏡(S-510, 株式会社日立製作所)で観察した。なお、卵の茶葉抽出物処理と断裂強度の測定を同日に行う場合は断裂強度の測定を先に行うこととした。各区の卵は孵化まで管理し、それぞれ発眼率、孵化率を算出した。

### 茶葉抽出物と銅イオンの併用試験

上川漁業生産組合(北海道上川町)で試験卵の管理を行った。試験には2007年4月9日に、この養殖場で養成された複数のニジマス親魚より採卵された受精卵を使用した。試験卵は施設内の孵化室に導水されている水温7.5°Cの湧水で管理した。一定濃度の銅イオンを常時、用水に添加する手法として、市販の銅ファイバー(Fig. 1, 日本スチールウール株式会社)を孵化器の卵収容部上手に投入した。銅ファイバーの投入量は毎分10 Lの孵化用水に対して80gとし、投入前後の用水の銅イオン濃度は偏光式ゼーマン原子吸光度計Z-6000(株式会社日立製作所)を用い、常法に従い測定した。銅ファイバーは投入後3週間が経過した時点で交換した。前述の茶葉抽出物は濃度を0.2%および0.4%、浸漬時間を30分および60分として受精直後卵を処理した。試験区はカテキンの濃度について0.2%および0.4%処理、浸漬時間について30分および60分処理、更に銅ファイバーの併用、非併用があり、これらの組み合わせで8区、更にコントロール(無処理)区と銅ファイバーのみ使用した区を加え合計10区とした。積算水温210度の時点で全ての試験区の発眼率、ミズカビ寄生率(ミズカビ寄生卵数・全

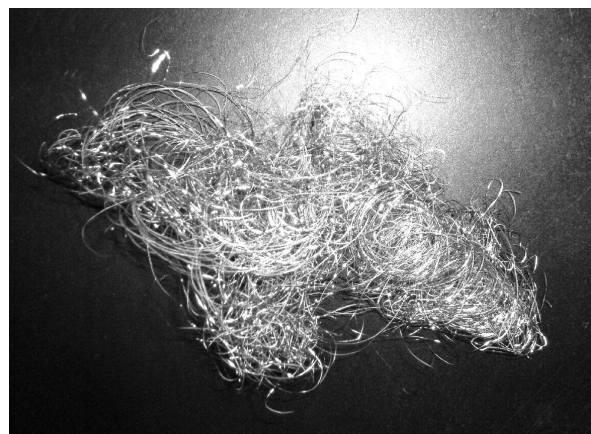


Fig. 1 Copper fiber used in this study as the source of copper ions.

**Table 1** Hardness of the egg treated with green tea extract at several temperature unit

Times of the treatment with green tea extract <sup>†1</sup>	Egg hardness (kg) at each temperature unit (degree · days) <sup>†2</sup>			
	82 unit	146 unit	200 unit	264 unit
No treatment	1.0 ± 0.3	1.2 ± 0.4	1.1 ± 0.4	0.9 ± 0.5
1	1.6 ± 0.4**	1.6 ± 0.4**	1.6 ± 0.4**	1.4 ± 0.3**
2	1.6 ± 0.3**	1.5 ± 0.3**	1.7 ± 0.3**	1.6 ± 0.2**
4	-	1.7 ± 0.3**	1.8 ± 0.3**	1.7 ± 0.2**
6	-	-	1.8 ± 0.4**	1.7 ± 0.6**

Values indicate mean ± standard deviation

<sup>†1</sup> : The treatment of eggs was dipping in the solution of green tea extract at 0.2 % for 30 min.

<sup>†2</sup> : Egg hardness was measured by a fruit penetrometer .

\*\* : Significant difference with no treatment egg at the same temperature unit ( $p < 0.01$ )

死卵数<sup>1)</sup>を算出するとともに果実硬度計により卵の断裂強度を前述と同様に測定した。各区の平均断裂強度の比較は前述と同様に行った。また、全試験区について銅ファイバー処理区と非処理区の2群に分け、発眼率及びミズカビ寄生率の差を Mann-Whitney U-test により比較した。統計計算には ystat2000.xls を用いた。

## 結 果

### 茶葉抽出物による卵膜軟化症予防試験

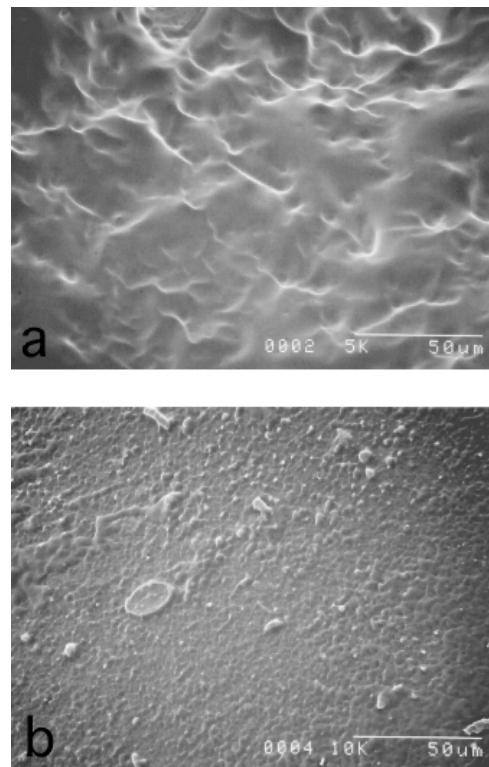
各試験卵の積算水温ごとの断裂強度の平均値を Table 1 に示す。茶葉抽出物で処理した各区は、全ての処理回数において同時期の無処理区よりも有意に断裂強度が高かった ( $p < 0.01$ )。各試験区が発眼率、孵化率を Table 2 に示す。発眼率は無処理区で 67.7%であったが、茶葉抽出物の処理を行ったものは、77.8 から 80.2%であり、無処理区と比較するとそれぞれ約 10 ポイント高かった。孵化率は無処理が 59.3%であったのに対し、1 回処理が 76.8%、2 回処理が 79.7%と約 20 ポイント高かった。しかし、4 回処理、6 回処理では孵化時に卵膜が完全に溶解せず、魚体の一部のみが卵膜外に露出し、やがて死亡する現象が見られたため孵化率は低く、4 回処理で 53.7%、6 回処理では 44.4%となった。合計 6 回の茶葉抽出物処理を行った卵および無処理の卵の表面の走査型電子顕微鏡像を Fig. 2 に示す。6 回の茶葉抽出物処理を行った卵表面は無処理の卵とは異なり、全面に滑らかな隆起が連続する構造を示していた。

### 茶葉抽出物と銅イオンの併用試験

銅ファイバーを投入しない孵化用水に含まれる銅イオン濃度は  $3.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  であったが、投入した孵化用

**Table 2** Eyed rate and hatching rate of the egg treated with green tea extract

Times of the treatment with green tea extract	Eyed rate (%)	Hatching Rate (%)
0	67.7	59.3
1	77.8	76.8
2	80.1	79.7
4	78.7	53.7
6	80.2	44.4



**Fig. 2** Surface of the egg treated with green tea extract (SEM). The letters of a and b indicate the egg surface treated with green tea extract six times and the surface of the egg without treatment, respectively.

水の銅イオン濃度は  $8.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  であった。各試験区の発眼率、ミズカビ寄生率、平均断裂強度を Table 3 に示す。全ての試験区で発眼率は 95% 以上であった。ミズカビ寄生率は銅イオン非併用の各区で 48.1 から 70.6% であったのに対し、銅イオン併用各区では 26.2 から 40.5% であった。銅イオン併用各区と非併用各区を比較した結果、発眼率に統計的な有意差はなく、ミズカビ寄生率には有意差があった ( $p < 0.01$ )。銅イオンを添加していない茶葉抽出物処理各区の平均断裂強度をコントロール区と比較した場合、濃度 0.2% で 30 分の処理区 ( $p < 0.05$ )、および 60 分の処理区 ( $p < 0.01$ )、濃度 0.4% で 30 分および 60 分の処理区 ( $p < 0.01$ ) のすべてで有意に高くなっていた。一方、銅イオンを併用した区内では、コントロール区よりも有意に断裂強度が高かったのは、茶葉抽出物 0.4% で 30 分の処理区のみであった ( $p < 0.05$ )。

## 考 察

川本 (1975) は卵膜軟化症について卵の内圧低下と卵膜の脆弱化を特徴とする現象と記載している。Alderdice *et al.* (1983) は卵膜軟化症を診断する指標として、ヒトの眼球の内圧を測定する方法を応用し、天秤の片側にスライドグラス等を取り付けた装置を用い、卵に一定重量を加重し、スライドグラスと卵の接触面積により卵の内圧を測定する手法を開発している。

本試験では卵膜の脆弱さ、潰れ易さを測定する手法として、果実硬度計を用い、卵膜が断裂するときの加重量を卵膜軟化症の指標とした。果実硬度計は小型で電源も必要としないため、孵化場等の飼育現場で使用するには簡便な機器と言える。

茶葉抽出物による卵膜軟化症予防試験において、断裂強度は茶葉抽出物処理を行った全ての区の各積算水温でコントロール区と有意な差があり、卵膜軟化症の予防効果が確認された。茶葉抽出物の何らかの成分が卵膜に影響を与え、表面を保護あるいは強化することが、卵膜軟化症を予防する主たる働きと考えられるが、過度に処理した場合は孵化時に卵膜が完全に溶解せず、孵化に障害がでることが分かった。孵化に障害がでた 6 回の茶葉抽出物処理を行った卵の表面は滑らかな隆起が連続する構造を示していた。この構造の成因は不明であるが、卵表面を覆っている隆起が茶葉抽出物の何らかの成分であったと仮定するならば、過度な処理が卵膜に厚い皮膜を形成し孵化障害を起こしたと考えることができる。発眼率は茶葉抽出物処理を行ったものでは 77.8 から 80.2% であったのに対し、コントロール区が 67.7% であった。孵化率は茶葉抽出物 1, 2 回処理でコントロール区に比べ約 10 ポイント高かった。これら発眼率や孵化率の成績の向上については、必ずしも卵の断裂強度が上昇したためとは断定できないものの、各試験区は同じ卵群を使用したものであることから、少なくとも茶葉抽出物処理が何らかの良い影響

**Table 3** The joint use of copper ion and green tea extract for rainbow trout eggs

Treatment		Eyed rate (%)	Infection rate of water fungi (%) <sup>†2</sup>	Egg hardness (kg) <sup>†3</sup>
Copper fiber <sup>†1</sup>	Green tea extract			
none	none	95.7	70.6	1.4 ± 0.7
	0.2 %, 30 min	96.6	59.6	1.7 ± 0.6*
	0.2 %, 60 min	96.1	57.9	1.8 ± 0.4**
	0.4 %, 30 min	97.0	69.2	1.8 ± 0.6**
	0.4 %, 60 min	97.2	48.1	1.9 ± 0.3**
80 g	none	96.3	26.2	1.2 ± 0.7
	0.2 %, 30 min	96.2	32.6	1.6 ± 0.5
	0.2 %, 60 min	97.2	39.2	1.5 ± 0.6
	0.4 %, 30 min	97.1	40.5	1.7 ± 0.5*
	0.4 %, 60 min	96.8	34.8	1.6 ± 0.5

<sup>†1</sup> : Weight of copper fiber dipped into the running water at  $10 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$

<sup>†2</sup> : Infected eggs · Dead eggs<sup>-1</sup> (in percentage)

<sup>†3</sup> : Mean ± Standard deviation

\* : Significant difference with none-treatment egg ( $p < 0.05$ )

\*\* : Significant difference with none-treatment egg ( $p < 0.01$ )

を与えた結果と考えられる。

茶葉抽出物と銅イオンの併用試験において、使用した用水の銅イオン濃度は  $8.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  で、三浦ら (2005) が効果があるとする  $5.0$  から  $20.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  の範囲内であった。ミズカビ寄生率は銅イオン非併用区に比べ、銅イオン併用区が有意に低く、銅イオンのミズカビ抑制効果が確認された。銅イオンを添加しない条件での卵の断裂強度は、全茶葉抽出物処理区がコントロール区よりも有意に高く、有意水準は茶葉抽出物濃度  $0.2\%$  で  $30$  分の処理区では  $p < 0.05$ 、濃度  $0.2\%$  で  $60$  分の処理区、濃度  $0.4\%$  で  $30$  分および  $60$  分の処理区で  $p < 0.01$  だったことから、処理時間は長時間の方が、処理濃度は高濃度の方が断裂強度を高くすると考えられた。銅イオンを併用した場合は、茶葉抽出物処理の時間や濃度と断裂強度の関係性はみられず、コントロール区より有意に断裂強度が高かったのは、濃度  $0.4\%$  で  $30$  分の処理区のみで ( $p < 0.05$ )、銅イオンを併用した場合、茶葉抽出物による卵膜強化効果が薄れる可能性のあることが示唆された。

従って、断裂強度については、茶葉抽出物のみでの処理の方が良好な結果が得られると考えられるものの、茶葉抽出物処理と銅イオン処理を併用しても、発眼率等が低下するような危険性は無く、少なくとも受精吸水後に  $0.4\%$  の濃度で  $30$  分間の茶葉抽出物処理を行い、その後、孵化用水に銅イオンを  $8.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  となるよう添加し管理した場合、ミズカビを抑制しながら、断裂強度を高くすることが可能で、実用的レベルでの両効果は失われないものと考えられた。

卵膜軟化症は、発眼率・孵化率の低下あるいは軽微な加重による潰卵などの実害が発生しない場合は問題とはならないため、対処の必要性に関しては症状の程度により判断するしかない。また、他の疾病のように異常と正常の境界がないため、断裂強度等を測定しても明確な診断基準を設定する事は困難であるが、卵成績の低下等の問題が発生した孵化場において、卵膜軟化症が関与しているか否かを判断する材料として、今後、何らかの数値的基準は示されるべきものと考えられる。

## 要 約

1. 卵膜軟化症を茶葉抽出物により予防する効果をニジマス卵で確認した。
2. ニジマス卵を茶葉抽出物水溶液に浸漬処理 ( $0.2$

$\%$ ,  $30$  分) した場合、卵の断裂強度は高くなり、また発眼率も改善された。

3. 茶葉抽出物の処理回数が  $4$  から  $6$  回では孵化異常が起こった。
4. ニジマス受精直後卵に対し茶葉抽出物を  $0.4\%$  で  $30$  分間の浸漬処理を行い、 $8.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  となるよう銅イオンを孵化用水に添加することで、卵膜軟化症とミズカビの繁茂を同時に抑制することができた。

## 謝 辞

本研究のために試験スペースならびに試験卵をご提供頂き、更には、より実用的な卵管理方法について貴重なご意見を頂いた上川漁業生産組合明石頼幸組合長に深謝申し上げます。

## 文 献

- 新谷康二 (1998). 森支場で池産サクラマス卵に発生した卵膜軟化症について. 魚と水, **35**,13-18.
- Alderdice, D. F., Jensen, J. O. and Velsen, F. P. J. (1983). Measurement of hydrostatic pressure in salmonid eggs. *Canadian journal of zoology*, **62**, 1977-1987.
- 伊澤敏穂・新谷康二・村上 豊・北村隆也・坂井勝信 (1998). 卵膜軟化症の発症原因. 魚と水, **35**,13-18.
- 川本信之 (1975). 水産学全集 22 養魚学総論, 恒星社厚生閣, 270-272.
- 佐々木系・吉光昇二 (2008). 緑茶抽出物浸漬法によるサケ卵の卵膜軟化症抑制効果. 水産技術, **1**, 43-47.
- 社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会 (2005). 水カビ病・卵膜軟化症および原虫病対策の代替法マニュアル. 3-12.
- 高安三次・武田志摩之輔・大野磯吉 (1934). 西別鮭鱒孵化場鮭卵被害調査. 水産調査報告, 1-140.
- 野村哲一 (2005). さけ・ます卵の病気. さけます資源管理センター技術情報, 29-43.
- 三浦正之・大野平祐・土田奈々・畑井喜司雄・桐生透 (2005). 銅ファイバー浸漬によるニジマス卵のミズカビ病の防除. 魚病研究, **40**, 81-86.





短 報

## 尻別川本支流におけるサクラマスの遡上時期

宮腰靖之<sup>1\*</sup>・松枝直一<sup>2,a</sup>・武蔵悟一<sup>2</sup>・菅原敬展<sup>2</sup>  
田中慶子<sup>2</sup>・坂本 準<sup>3</sup>・高橋史久<sup>4,b</sup>

<sup>1</sup> 北海道立水産孵化場

<sup>2</sup> 北海道後志支庁産業振興部水産課

<sup>3</sup> 独立行政法人水産総合研究センターさけますセンター尻別事業所

<sup>4</sup> 独立行政法人水産総合研究センターさけますセンター渡島事業所

<sup>a</sup> 現所属：北海道水産林務部漁業管理課

<sup>b</sup> 現所属：独立行政法人水産総合研究センターさけますセンター

### Timing of upstream migration of masu salmon in the mainstem and a tributary of the Shiribetsu River

YASUYUKI MIYAKOSHI<sup>\*1</sup>, NAOKAZU MATSUEDA<sup>2,a</sup>, GOICHI MUSASHI<sup>2</sup>,  
TAKANOBU SUGAWARA<sup>2</sup>, KEIKO TANAKA<sup>2</sup>, JUN SAKAMOTO<sup>3</sup>  
AND FUMIHISA TAKAHASHI<sup>4,b</sup>

<sup>1</sup>Hokkaido Fish Hatchery, Kitakashiwagi 3-373, Eniwa, Hokkaido 061-1433, <sup>2</sup>Fisheries Division, Industrial Promotion Department, Hokkaido Government Shiribeshi Subprefectural Office, Kita 1-jo Higashi 2-chome, Kutchan, Abuta-Gun, Hokkaido 044-8588, <sup>3</sup>Shiribetsu Field Research Center, National Salmon Resources Center, Fisheries Research Agency, Mikasa 58, Rankoshi, Hokkaido 048-0600, <sup>4</sup>Oshima Field Research Center, National Salmon Resources Center, Fisheries Research Agency, Sakaemachi 94-2, Yakumo, Hokkaido 049-3117, <sup>a</sup>Present address: Fisheries Management Division, Department of Fisheries and Forestry, Hokkaido Government, Kita 3-jo Nishi 6-chome, Chuo-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8588, <sup>b</sup>Present address: National Salmon Resources Center, Fisheries Research Agency, Nakanoshima 2-jo 2-chome, Toyohira-ku, Sapporo, Hokkaido 062-0922, Japan

**Abstract** The migration timings and numbers of masu salmon *Oncorhynchus masou* were surveyed in the mainstem and a tributary (Mena River) of Shiribetsu River, in southwestern Hokkaido in 2007. A trap was operated in a fishway at the dam (26 km from the river mouth) for the Rankoshi hydropower station, and only 12 adult masu salmon were captured during the period from 31 July through 14 September. A weir was installed to capture masu salmon in the Mena River, and 1,060 masu salmon was captured from 4 to 21 September. This study indicates that adult masu salmon in the lower Shiribetsu River spend spring and summer in deep pools in the mainstem and migrate to the tributaries shortly before the spawning season.

**Key words** : サクラマス, トラップ, ダム, 遡上

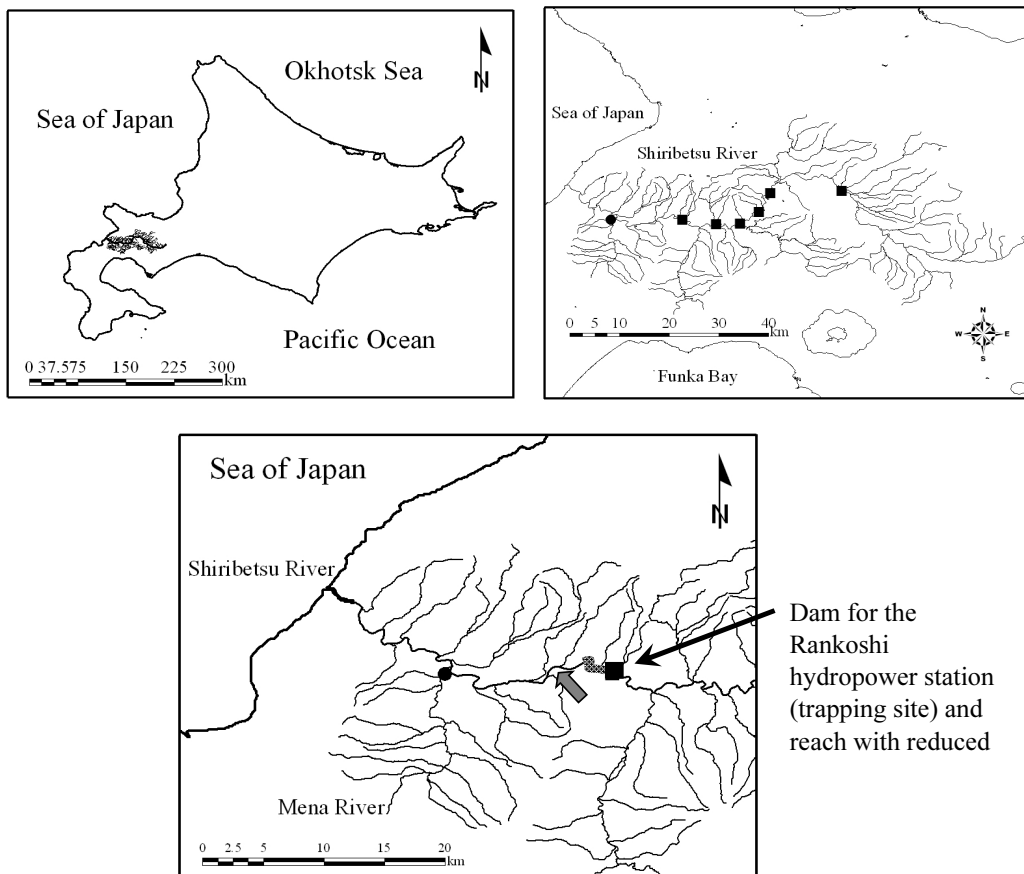
産卵回帰するサクラマス *Oncorhynchus masou* の河川遡上は一般に雪解け時期に始まって数ヶ月間の長期にわたり, その遡上時期は分布域の南部では早く (4

~5月), 北部では遅い (6~7月) 傾向があるとされる (Kato, 1991)。北日本におけるサクラマスの遡上時期について佐野 (1964) は, 「早いところでは3

\* E-mail: miyakoshiy@fishexp.pref.hokkaido.jp. Tel: 0123-32-2135. Fax: 0123-34-7233

月頃から河川への遡上を始め、4月、5月の間に主群が河川に入り、大部分は直ちに上流の産卵場に達することなく本流あるいは大きめの支流の深所で過ごした後、8月中旬乃至9月に入ると産卵場へ向かって移動を始め上流産卵場に達して産卵する」と記している。ただし、その時期は河川によっても違いがあるとしている。真山（1992）は斜里川と尻別川（支流目名川）での約30年にわたる日別捕獲数から両河川での遡上時期を詳細に述べ、上記の見解を支持するデータを示している。このように、規模の大きな河川でのサクラマスへの遡上は、海から川への遡上と越夏場所から産卵場への遡上の二つに分けられるものと考えられるが、このようなサクラマスの河川内での移動を同一水系内の複数の地点で調査した事例は多くはない。著者らは北海道南部の尻別川において、本流と支流でのサクラマス親魚の捕獲尾数のデータを得たので報告する。

尻別川はフレ岳（1,048m）に源流を發し北海道西部を流れ日本海へと注ぐ、流路延長126 km、流域面積1,640 km<sup>2</sup>の一級河川である。尻別川は北海道日本海側でも有数のサクラマスの個体群を有しており（北海道さけますふ化場、1969）、現在もサクラマスの増殖河川として親魚捕獲と種苗放流が実施されている。1923年から1951年にかけて、産業振興のため本流に6基の発電用取水堰堤（堤高3.5～8 m）が建設され、尻別川本流はそれらの堰堤により分断された（Fig. 1）。1993年以降2000年までにそれらの発電用取水堰堤には魚道が整備され、尻別川本流の上下流間の往来が物理的には可能となった。本研究では、尻別川本流に設置された発電用取水堰堤のうち、最下流側に位置する蘭越発電所取水堰堤（河口から26 kmの地点）でサクラマス親魚を捕獲した（Fig. 1）。支流の目名川（河口から14 kmの地点で本流と合流）では社団法人



**Fig. 1** Location of Shiribetsu River in Hokkaido, northern Japan (top left panel). The squares indicate the dams for hydropower stations (top right panel). The square in the lower panel indicates the fish trapping site at the dam for Rankoshi hydropower station and the shaded area indicates the reach where discharge is reduced by the water intake for the hydropower station. The circle indicates the trapping site in the Mena River, and the arrow indicates the site where the water level of the mainstem was recorded.

日本海さけ・ます増殖事業協会がサクラマス親魚を捕獲しており、同協会での日別の捕獲数のデータを得て、本流での捕獲数のデータと比較した (Fig. 2)。

蘭越発電所取水堰堤では、融雪増水の治まった2007年7月4日、アイスハーバー型魚道の最上段および3段下の隔壁に魚止用の柵 (スリット幅4 cm) を設置し、これを捕獲槽とした。下流側の柵の格子の一本を外しておき、下流側から遡上してきた魚が捕獲槽内に入れるようにした。2007年7月6日から9月26日の間、原則として週2回 (火曜日と金曜日の午

前)、計23回にわたり捕獲槽内に入ったサクラマスおよびその他の魚類を確認した。ただし、魚止め用の柵のスリット幅を4 cmとしたことから、小型の魚は柵を抜けて捕獲槽から逃避できた可能性があり、また、下流から遡上してきた魚だけでなく上流から降河してきた魚が捕獲槽内にとどまっていた可能性もある。

調査期間のうち、2007年7月31日から9月14日の間に計12尾 (雌8尾、雄4尾) のサクラマスが捕獲された (Fig. 2)。捕獲されたサクラマスの平均尾叉長は55 cm (範囲: 46~63 cm) であった。独立行

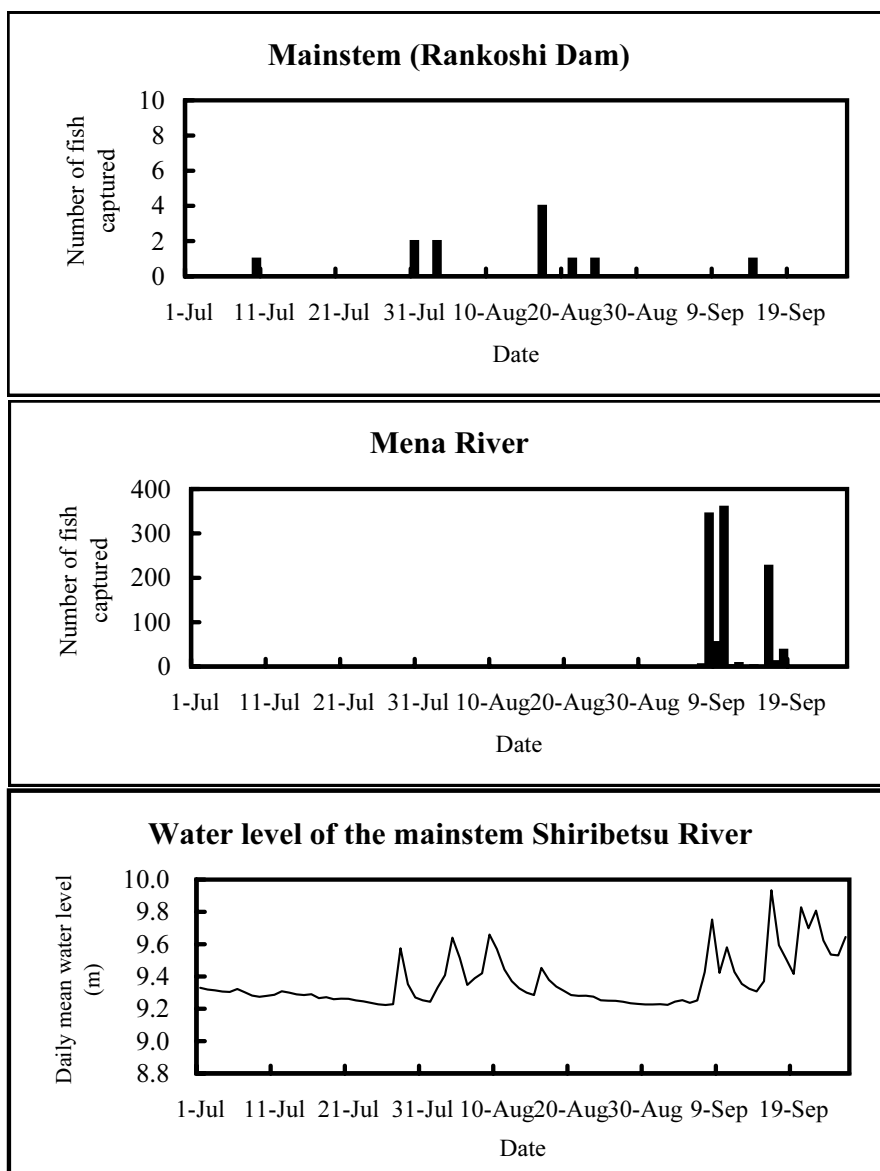


Fig. 2 Number of masu salmon captured in the mainstem (upper panel) and in the Mena River (middle panel). The water levels of the mainstem (at a site 5.6 km downstream from the trapping site; arrow in Fig. 1) were shown in the lower panel.

政法人水産総合研究センターさけますセンターでは腹鰭を切除した標識サクラマスを支流目名川を中心に放流しているが、捕獲された12尾にはそれらの標識魚は含まれていなかった。捕獲されたその他の魚種と尾数は、サクラマス幼魚114尾、アメマス *Salvelinus leucomaenis* 3尾、アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* 3尾、フクドジョウ *Noemacheilus barbatulus toni* 1尾、ウグイ類 *Tribolodon spp.* 44尾であった (Table 1)。

河口から約14 kmの地点で本流と合流する目名川では、本流との合流点から上流約300 mの地点に河川を横断する魚止め(ウライ)を設置し、8月中旬以降、遡上してきたサクラマスを捕獲した (Fig. 1)。目名川では9月に入って以降、降雨による水位上昇時にまとまってサクラマスが遡上する傾向がみられ、2007年9月4日から9月21日の間に計1,060尾が捕獲された (Fig. 2)。

以上のように、融雪増水の治まった7月以降産卵時期までに、河口から26 km上流に堰堤の地点で捕獲されたサクラマスはわずか12尾と少なかった。しかしながら、堰堤下流側の淵では、同年4月12日の時

点で既にサクラマス親魚の滞泳が目視で確認されており(水産総合研究センターさけますセンター、未発表データ)、本研究を実施した7月上旬から8月末までの間には数百尾のサクラマスが滞泳しているのが目視で確認された。その数は9月になって減少し、支流の目名川でサクラマスが捕獲された時期と一致した。また、6月に堰堤下流側の淵で滞留していたサクラマスの一部は9月に目名川に遡上し捕獲されたことが標識放流により確認されている(水産総合研究センターさけますセンター、未発表データ)。これらのことから、既往の知見どおり、初夏までに河川に遡上したサクラマスは本流の深い淵等で越夏し、産卵間近になって支流に遡上、産卵したものと考えられる。その際の移動は上流側への一方的なものではなく、母川である支流よりも上流側の本流域で越夏し、産卵間近に下流方向へ移動してから支流へ遡上する個体もいることが明らかとなった。

尻別川水系では蘭越発電所取水堰堤よりも上流側で本流に合流する多くの支流でサクラマスの生息が確認されているが(宮腰ら、2008)、本研究の結果から、7

**Table 1** Number of fish captured by the trap installed in the fishway of the Rankoshi Dam of the Shiribetsu River, in 2007

Date	Masu salmon (juvenile) <i>Oncorhynchus masou</i>	White-spotted charr <i>Salvelinus leucomaenis</i>	Japanese dace <i>Tribolodon spp.</i>	Ayu <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	Stone loach <i>Noemacheilus barbatulus toni</i>
6 Jul.	0	0	0	0	0
10 Jul.	8	0	1	0	0
13 Jul.	6	0	1	0	0
17 Jul.	6	0	0	1	1
20 Jul.	5	0	0	0	0
24 Jul.	3	0	7	0	0
27 Jul.	2	0	0	0	0
31 Jul.	0	0	0	0	0
3 Aug.	0	0	0	0	0
6 Aug.	2	0	4	0	0
11 Aug.	8	0	8	0	0
14 Aug.	30	0	7	0	0
17 Aug.	24	2	1	1	0
21 Aug.	12	1	8	1	0
24 Aug.	3	0	0	0	0
28 Aug.	2	0	0	0	0
31 Aug.	0	0	0	0	0
4 Sep.	1	0	0	0	0
7 Sept.	0	0	3	0	0
11 Sept.	2	0	4	0	0
14 Sept.	0	0	0	0	0
18 Sept.	0	0	0	0	0
25 Sept.	0	0	0	0	0
26 Sept.	0	0	0	0	0
Total	114	3	44	3	1

月以降に多くのサクラマスが同堰堤を越えて遡上した可能性は低いものと考えられる。そのため、尻別川中上流域の支流で産卵するサクラマスの多くは、融雪増水の治まる前の水量の多い時期に本流の発電用取水堰堤を越えて遡上するものと考えられる。一般に、河川に遡上したサクラマスは夏季には深みなどで過ごし、降雨後の増水時に上流へ移動する（真山, 1992; Edo and Suzuki, 2003）。しかし、尻別川では6箇所の発電用取水堰堤から発電所放水口までの数 km の区間（蘭越発電所取水堰堤の下流側 3.3 km, その他の5基では堰堤下流側 2.7~8.6 km）は著しく減水するという特殊な環境を持つ。堰堤下流側の減水区間の河川流量は取水量にも左右されるため、降雨時に必ずしも顕著な水量の増加があるとは限らない。よって、7月以降に魚道を通して本流を遡上するサクラマスが少ないという本研究の結果は、尻別川に特有の現象である可能性が高い。

本研究を実施するにあたり、社団法人日本海さけ・ます増殖事業協会、北海道電力株式会社、後志支庁産業振興部水産課の皆様にご協力いただきました。北海道栽培漁業振興公社の眞山紘博士には貴重なご助言をいただきました。厚くお礼申し上げます。

## 文 献

- Edo, K. and Suzuki, K. T. (2003). Preferable summering habitat of returning adult masu salmon in the natal stream. *Ecological Research*, **18**, 783-791.
- 北海道さけ・ますふ化場 (1969). 北海道河川溯上マス調査記録 (カラフトマス及びサクラマス). 北海道さけ・ますふ化場研究報告, **23**, 29-44.
- Kato, F. (1991). Life histories of masu and amago salmon. In: Pacific salmon life histories (Groot C. and Margolis, L. eds.), pp. 447-520. University of British Columbia Press, Vancouver.
- 真山 紘 (1992). サクラマス *Oncorhynchus masou* (Brevoort) の淡水域の生活および資源培養に関する研究. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, **46**, 1-156.
- 宮腰靖之・川村洋司・下田和孝・卜部浩一・松枝直一・木谷 淳・菅原敬展・竹内秋義・田中慶子 (2008). 尻別川における河川横断工作物と魚類生息状況について. 魚と水, **44**, 9-12.
- 佐野誠三 (1964). サクラマスの生態と繁殖保護. 魚と卵, **104**, 1-7.



## 短 報

## サクラマス稚魚の炭素・窒素安定同位体比のターンオーバータイム

下田 和孝

北海道立水産孵化場

## Turnover time of carbon and nitrogen stable isotope ratios in the masu salmon fly

KAZUTAKA SHIMODA

Hokkaido Fish Hatchery, Kitakashiwagi 3-373, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan

**Abstract** To estimate the turnover time in carbon and nitrogen stable isotope ratios, masu salmon (*Oncorhynchus masou*) fly with  $-17.1\text{‰}$   $\delta^{13}\text{C}$  and  $15.3\text{‰}$   $\delta^{15}\text{N}$  was given food with  $-32.8\text{‰}$   $\delta^{13}\text{C}$  and  $3.5\text{‰}$   $\delta^{15}\text{N}$ . Subsequently, 20 to 30 days later, isotope ratios in the masu salmon muscle indicated a significant difference between the initial values. The turnover rate of stable isotope ratios in the masu salmon muscle was  $-0.0713 \text{‰ day}^{-1}$  in  $\delta^{13}\text{C}$  and  $-0.0330\text{‰ day}^{-1}$  in  $\delta^{15}\text{N}$ . These results suggest that the turnover time of the masu salmon muscle is 199 days in  $\delta^{13}\text{C}$  and 267 days in  $\delta^{15}\text{N}$  respectively.

**Key words** : サクラマス稚魚, 安定同位体比, ターンオーバータイム

動物の安定同位体比はその餌料生物や栄養段階と良く対応することが知られ (南川, 1997), 様々な分野で生態学的指標として盛んに利用されている (山田ら, 2002)。安定同位体解析では, 餌生物と捕食者間での安定同位体比の濃縮係数や, 餌の安定同位体比が捕食者の体組織の値に反映されるのに要する時間 (ターンオーバータイム) などの基礎的知見が重要であり, これらが生物種によって異なることや, 組織や体サイズによっても変化することが知られている (松原, 1997)。魚類においても安定同位体解析は餌資源の推定などに活用されているが (例えば, Takai and Sakamoto 1999; Maruyama *et al.*, 2001), 濃縮係数やターンオーバータイムが明らかにされている魚種は少なく (松原, 1997), 今後様々な魚種について知見の集積を進める必要がある。本研究ではサクラマス *Oncorhynchus masou* 稚魚の筋肉について飼育環境下で炭素・窒素安定同位体比のターンオーバータイムを測定した。

供試魚には 2001 年 6 月 28 日に北海道中部日本海岸に注ぐ濃昼川で採捕したサクラマスの稚魚 100 個体

(平均体長±標準偏差,  $4.3 \pm 0.19\text{cm}$ ; 平均体重±標準偏差,  $0.72 \pm 0.11\text{g}$ ) を用いた。これらのサクラマスを容積 60L のアクリル水槽に入れ, 餌料として柏木川 (石狩川水系千歳川支流) に流入する九谷田の沢川で 2001 年 6 月 28 日から 7 月 26 日に採集したオオエゾヨコエビ (*Jesogammarus jesoensis*) を乾燥粉碎して毎日 1 回飽食するまで与えた。飽食の定義は (小林, 1998) に従い, 摂餌行動が緩慢になり給餌後約 5 分経過しても若干の餌料が食べ残されている状態とした。飼育水槽には九谷田の沢川の河川水 (水温約  $10^{\circ}\text{C}$ ) を毎時 60L 注水した。飼育水にサクラマスの餌となるものが混入しないようにスポンジフィルター (P II フィルター, Tetra 社) で濾過した。7 月 2 日から飼育実験を開始した。飼育開始日, 飼育開始 10 日後, 20 日後および 30 日後にそれぞれ 5 個体の供試魚を無作為に抽出し, これらの筋肉を Folch *et al.* (1957) の方法に従ってメタノールとクロロホルムの混合溶液で脱脂した。脱脂後は濾紙 (GF/F, Whatman 社) で溶液を除去し, ドラフト内で風乾し, 分析に供するま



で-30°Cで冷凍保存した。安定同位体比の測定には元素分析計 (EA1112, Thermo Finnigan 社) と質量分析計 (DELTA plus, Finnigan mat 社) を直結したガス化導入装置を用いた。また、餌料として用いたオオエゾヨコエビについても、10 個体を混合したサンプルを用いてサクラマスと同様の方法で脱脂乾燥と安定同位体比の測定を行った。実験開始 10 日後, 20 日後および 30 日後におけるサクラマスの安定同位体比を Dunnett のペアごとの *t* 検定により飼育開始時の値と比較した。

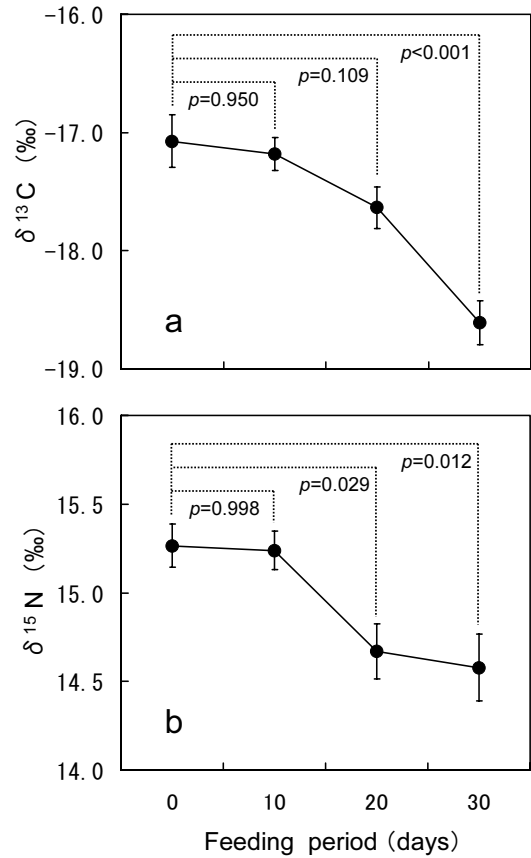
飼育を開始した時点でのサクラマスの炭素・窒素安定同位体比はそれぞれ-17.1‰および 15.3‰であった (Fig. 1)。一方、餌料として用いたオオエゾヨコエビの炭素・窒素安定同位体比はそれぞれ-32.8‰および 3.5‰であり、飼育開始時点のサクラマスの値と比べそれぞれ 15.7‰および 11.8‰低かった。

サクラマスの炭素安定同位体比は、飼育開始 10 日後までは飼育開始時点と差異は認められなかったが、飼育開始 20 日目には低下し始め、飼育開始 30 日目には試験開始時の値よりも有意に低くなった (Fig. 1a)。炭素安定同位体比が低下傾向を示した飼育開始 10 日後から 30 日後にかけての 20 日間における炭素安定同位体比の変化率は-0.0713‰ day<sup>-1</sup>であった。同様に窒素安定同位体比は飼育開始 20 日後以降低下し、試験開始時の値との間に有意差を示した (Fig. 1b)。窒素安定同位体比が低下傾向を示した飼育開始 10 日後から 30 日後にかけての 20 日間における窒素安定同位体比の変化率は-0.0330‰ day<sup>-1</sup>であった。

これらの結果は、本研究の飼育条件下においては、餌料の炭素・窒素安定同位体比がサクラマス稚魚の筋肉の値に反映されるのに 20~30 日程度を要したことを示している。また、サクラマス稚魚の筋肉の安定同位体濃縮係数が経験則 (炭素 1.5‰, 窒素 3‰; 南川, 1997) に従うと仮定すると、サクラマス稚魚の筋肉組織の安定同位体比が餌生物の値に置き換わるのに要する日数 (*d*) は、サクラマスと餌料の安定同位体比の差 ( $\delta^1$ ), 安定同位体濃縮係数 ( $\delta^2$ ) および安定同位体比変化率 (*r*, 炭素同位体比, -0.0713‰ day<sup>-1</sup>; 窒素同位体比, -0.0330‰ day<sup>-1</sup>) 用いて、下式により炭素安定同位体比で 199 日, 窒素安定同位体比で 267 日と試算できる。

$$d = (\delta^1 - \delta^2) / r$$

ただし、安定同位体比のターンオーバータイムは、体サイズや成長によって異なり (松原, 1997), また



**Fig. 1** Changes in the carbon (a) and nitrogen (b) stable isotope ratios of masu salmon fly muscle (mean ± SE, *n*=5) and results of Dunnett's test.

餌料の種類やその餌料効率によっても変化する可能性も考えられることから、本研究の結果は特定条件下における一事例としてとらえる必要がある。例えば、今回は餌料としてオオエゾヨコエビを用いたが、本種を与えたサクラマスの餌料効率は 12.8%と低いため (下田ら, 2004), 体組織への餌料成分の取り込みが緩やかとなり、安定同位体比の変化率は低く見積もられた可能性が考えられる。その一方で、今回の試験設定では餌生物と供試魚の安定同位体比の差が大きいことにより、安定同位体比の変化を統計学的手法により検出しやすかったとも言える。今後、餌料や供試魚の体サイズなどの諸条件を様々に設定した実験を行い、サクラマスの安定同位体比のターンオーバータイムについて一般的傾向を明らかにする必要がある。

本研究を進めるに当たり、東北大学大学院農学研究科の伊藤絹子助手および北海道工業大学環境デザイン学科の柳井清治教授には安定同位体解析について多くの助言を頂きました。厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- Folch, J., Lees, M. and Sloane Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, **226**, 497-509.
- 小林美樹 (1998). サクラマスに対する給餌法の改善—隔日給餌による効果—. *魚と水*, **35**, 1-11.
- Maruyama, A., Yamada, Y., Yuma, M. and Rusuwa, B. (2001). Stable nitrogen and carbon isotope ratios as migration tracers of landlocked goby, *Rhinogobius* sp. (the orange form), in the Lake Biwa water system. *Ecological Research*, **16**, 697-703.
- 松原健司 (1997). 動物の食性解析における安定同位体の有効性と問題点. *月刊海洋*, **29**, 425-429.
- 南川雅男 (1997). 安定同位体による海洋食物網研究. *月刊海洋*, **29**, 391-398.
- 下田和孝・中島美由紀・柳井清治・河内香織・伊藤絹子 (2004). 陸上植物からサクラマス幼魚への物質移動経路. *魚類学雑誌*, **51**, 123-134.
- Takai, N. and Sakamoto, W. (1999). Identification of local populations of Lake Biwa catfish *Silurus biwaensis* in Japan on the basis of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  analyses. *Canadian Journal of Zoology*, **77**, 258-266.
- 山田佳裕・丸山 敦・石樋由香 (2002). 沿岸帯における炭素、窒素安定同位体比研究の話題. *陸水学雑誌*, **63**, 261-267.



## 短 報

## 水生無脊椎動物を与えたシマウキゴリの餌料効率

下田 和孝

北海道立水産孵化場

Feed conversion efficiency in floating goby *Gymnogobius* sp. 2 fed aquatic invertebrates

KAZUTAKA SHIMODA

Hokkaido Fish Hatchery, Kitakashiwagi 3-373, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan

**Abstract** The dietary value of aquatic invertebrates for floating goby *Gymnogobius* sp. 2 was assessed by a feeding experiment. The feed conversion efficiencies of Diptera larva, Ephemeroptera larva, Trichoptera larva, Gammaridea and Oligochaeta were 13.3%, 30.9%, 44.7%, 29.0% and 26.3% respectively. These results were compared with the previous results of the masu salmon *Oncorhynchus masou*. The feed conversion efficiencies of Diptera larva, Gammaridea and Oligochaeta were found to differ between fish species.

**Key words** : 餌料効率, シマウキゴリ, 水生無脊椎動物

野外に生息する魚類の食性は、胃内容物の分析によって調べられてきた。この手法は、餌料の重量組成を明らかにできるという利点があるものの、餌生物と捕食者との間には消化吸收過程が介在するためそれぞれの餌生物が捕食者の成長にどの程度寄与しているか不明な場合が多い。一方、養魚餌料の研究では、給餌実験を通じて餌料の違いによる魚類の成長の差異が解明されている（例えば、荻野，1985）。同様の方法で野外に生息する魚類の餌料についても成長への影響の程度を明らかにできると考えられ、餌料生物としての重要性を評価する手法として有効と考える。本研究では北海道の河川中・下流域に広く分布するシマウキゴリ *Gymnogobius* sp.2 を対象に、5種の水生無脊椎動物を与えた場合の餌料効率を飼育環境下で調べ、既報のサクラマス幼魚 *Oncorhynchus masou* の値と比較した。

飼育実験には北海道日本海中部に注ぐ濃昼川の中流域で2001年5月30日に採集したシマウキゴリ60個

体（全長3.9-4.6cm、体重0.403-0.655g）を用い、これらを容積1.5Lの水槽に1個体ずつ入れた。60個の水槽を10個ずつ6試験区に分け、このうち5試験区にはそれぞれ異なる餌生物を給餌した。残る1試験区は、無給餌状態での体重減少率を測定するため給餌を行わなかった。餌生物として、双翅目Diptera幼虫（ユスリカ科Chironomidae）、カゲロウ目Ephemeroptera幼虫（ヒラタカゲロウ科Heptageniidae）、トビケラ目Trichoptera幼虫、ヨコエビ類Gammarideaおよび水生ミミズ類Oligochaetaの5分類群の無脊椎動物を用いた。これらの無脊椎動物は野外におけるシマウキゴリの代表的な餌料生物である（下田ら，2005）。このうち水生ミミズ類は観賞魚用餌料として市販されている生体を用い、他の餌生物は石狩川水系千歳川支流柏木川に流入する九谷田の沢川および石狩川水系千歳川支流の漁川で採捕した個体を用いた。飼育水槽には毎時3Lの飼育水を注水した。飼育水には河川水を用いた

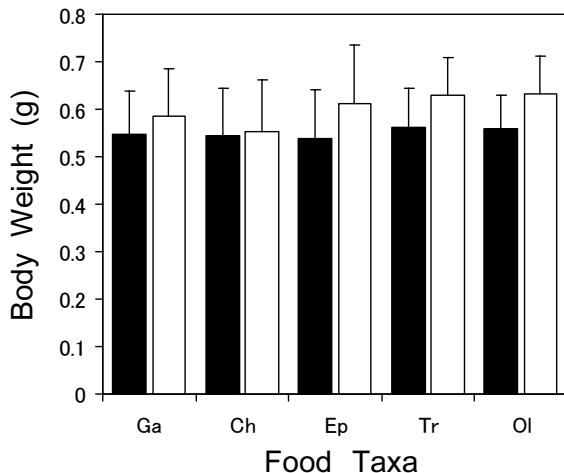
が、スポンジフィルター（PⅡフィルター、Tetra社）で濾過することによりシマウキゴリの餌となるものが混入するのを防いだ。

飼育実験は2001年6月7日から6月23日の間に実施した。飼育開始1日目に、2-フェノキシエタノール水溶液中に入れて麻酔した供試魚の体重（湿重量）を測定した。給餌は実験開始2日目から行った。1回の給餌量は魚体重の5%から10%とし、生きた状態で給餌した。給餌から24時間以内に摂食されなかった餌は回収し湿重量を測定した。給餌は48時間おきとし、実験開始14日目に最後の給餌を行った。15日目に残餌を回収し、16日目を無給餌として消化管内容物を排出させ、17日目に供試魚の体重を測定した。下式(1)を用いて餌料効率( $E$ )を求めた。

$$E(\%) = 100(BW_2 - BW_1 \cdot a) / (FW_1 - FW_2) \cdots \cdots (1)$$

$$a' = BW_2' / BW_1' \cdots \cdots (2)$$

ここで、 $BW_1$ は実験開始時の魚体重、 $BW_2$ は実験終了時の魚体重、 $FW_1$ は総給餌量、 $FW_2$ は総残餌量である。定数 $a$ は無給餌区における体重減少率で、式(2)によって無給餌区の個体毎に求めた $a'$ の平均値0.945( $n=10$ ,  $SD=0.013$ )を用いた。ただし、 $BW_1'$ は無給餌区における飼育開始時の魚体重、 $BW_2'$ は飼育開始17日後の魚体重である。式(1)において $BW_1$ に定数 $a$ を乗じるのは、餌料効率を求める際に基礎代謝に伴う体重の減少量を考慮するためである。なお、式(1)



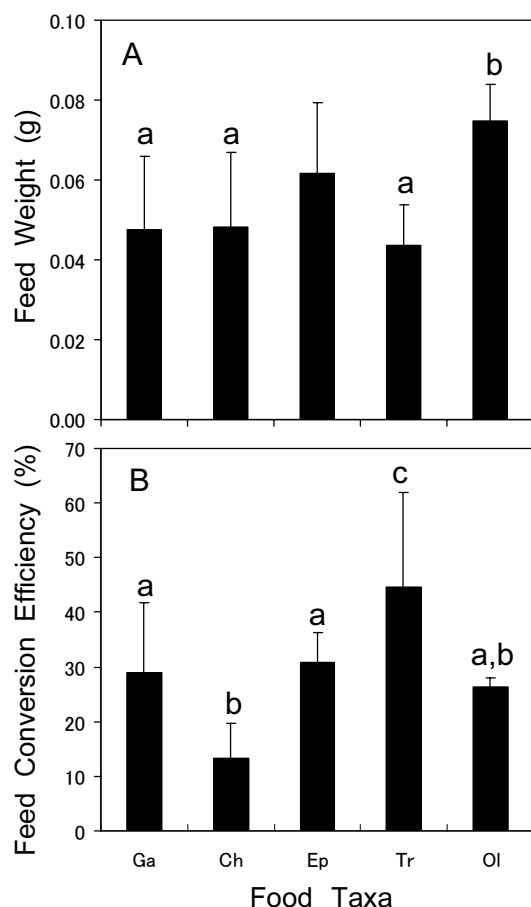
**Fig. 1** Mean body weight (wet mass) with SD of floating goby fed aquatic invertebrates. ■: Initial value, □: After 17-day feeding. Food taxa: Ga, Gammaridea ( $n=9$ ); Ch, Chironomidae larva ( $n=8$ ); Ep, Ephemeroptera larva ( $n=9$ ); Tr, Trichoptera larva ( $n=9$ ); Ol, Oligochaeta ( $n=10$ ).

および(2)ではいずれも乾燥重量を用いた。乾燥重量は、湿重量に対する乾燥重量の割合を別途求め、湿重量から推定した。

試験開始時および終了時の平均体重をFig. 1に示した。ただし、ヨコエビ類区、双翅目幼虫区、カゲロウ目幼虫区およびトビケラ目幼虫区ではそれぞれ1, 2, 1, および1個体の供試魚が試験期間中に死亡したため、これらについては解析から除外した。試験開始時の各試験区の供試魚の平均体重（湿重量）はいずれも約0.55gであり群間で有意差は認められなかった（一元配置分散分析,  $F=0.153$ ,  $p=0.960$ ）。試験終了時の平均体重はカゲロウ目幼虫区、トビケラ目幼虫区およびミミズ類区で0.61gを超える一方、双翅目幼虫区では試験開始時と比べ体重の増加はほとんど認められなかった。ただし、試験終了時の体重は試験区内の個体差が大きく、試験区間の差は有意ではなかった（一元配置分散分析,  $F=1.164$ ,  $p=0.341$ ）。

摂食量の乾燥重量は試験区間で有意差が認められた（一元配置分散分析,  $F=6.380$ ,  $p<0001$ ）。水生ミミズ類区では給餌した全餌料が捕食されたため、他の試験区と比較して摂食量が多くなった（Fig. 2-A）。餌料効率にも有意差が認められ（一元配置分散分析,  $F=10.190$ ,  $p<0001$ ）、トビケラ目区が44.7%で最も高く次いでカゲロウ目区およびヨコエビ類区の順に高かった（Fig. 2-B）。双翅目幼虫区は飼育期間中ほとんど成長しなかったため、餌料効率は13.3%にとどまった。摂食量の多寡と餌料効率の高低に相関関係は認められなかった（Spearmanの順位相関,  $r=-0.500$ ,  $n=5$ ,  $p>0.05$ ）。

餌料効率について今回と同様の方法で測定したサクラマス幼魚の結果（下田ら, 2004）と比較したところ、トビケラ目幼虫区およびカゲロウ目幼虫区の餌料効率が高い点では両者は同じ傾向を示したが（サクラマス幼魚の餌料効率, 平均値±標準偏差: トビケラ目幼虫区,  $35.0 \pm 7.72\%$ ,  $n=10$ ; カゲロウ目幼虫区,  $27.6 \pm 3.61\%$ ,  $n=10$ , シマウキゴリとの比較,  $t$ 検定, トビケラ目幼虫区,  $t=1.604$ ,  $p=0.127$ ; カゲロウ目幼虫区,  $t=1.550$ ,  $p=0.139$ ）、サクラマス幼魚の餌料効率が双翅目幼虫で高く（サクラマス幼魚の餌料効率, 平均値±標準偏差:  $23.8 \pm 6.15\%$ ,  $n=10$ , シマウキゴリとの比較,  $t$ 検定,  $t=3.540$ ,  $p=0.003$ ）、逆にヨコエビ類区で低い点で両者は異なっていた（サクラマス幼魚の餌料効率, 平均値±標準偏差:  $12.8 \pm 6.27\%$ ,  $n=10$ , シマウキゴリとの比較,  $t$ 検定,  $t=3.479$ ,  $p=0.005$ ）。



**Fig. 2** Feed weight of dry mass (A) and feed conversion efficiency (B) of floating goby fed aquatic invertebrates. Vertical bars indicate SD. Food taxa: Ga, Gammaridea ( $n=9$ ); Ch, Chironomidae larva ( $n=8$ ); Ep, Ephemeroptera larva ( $n=9$ ); Tr, Trichoptera larva ( $n=9$ ); Ol, Oligochaeta ( $n=10$ ). Different letters represent significant differences among groups (Tukey's HSD test,  $p < 0.05$ ).

また、水生ミミズ類区の餌料効率の平均値は、サクラマス幼魚が約6%高かった（サクラマス幼魚の餌料効率、平均値±標準偏差：31.9±7.55%， $n=10$ ，シマウキゴリとの比較， $t$ 検定， $t=2.300$ ， $p=0.044$ ）。

以上の結果は、野外における魚類の餌生物の重要性を評価する際、胃内容物分析に基づく捕食重量の解明

とともに、それぞれの餌生物の栄養面での価値を考慮する必要があることを示している。同時に、同じ餌生物であっても捕食する魚種によって成長へ及ぼす影響が異なることも示唆している。胃内容物分析によるとトビケラ目幼虫とカゲロウ目幼虫はシマウキゴリとサクラマス幼魚の主要な餌生物であり（下田ら，2004，2005），両群の餌料効率が高いことを考慮すると、これらの餌生物は両種の成長に大きな影響を及ぼす重要な餌生物であると言える。一方、双翅目幼虫区、ヨコエビ類区および水生ミミズ類区の餌料効率は、魚種による差が認められ、これらの餌生物の重要性は魚種によって異なると推測される。

近年、生物間の捕食関係を解明する際に、安定同位体解析が頻繁に用いられている（山田ら，2002）。この手法は、捕食者と餌料生物の体組織に含まれる安定同位体比をもとに、両者間の関係を量的に推定できるが、安定同位体比が類似した餌料生物が複数種含まれていると、それぞれの餌料生物の利用率を明らかにすることは難しい。こうした場合、従来から行われてきた胃内容物の分析に加え、頻出する餌料生物についてはその餌料効率を測定することで、魚類と餌生物間の捕食関係をより正確に把握できると考えられる。

## 文 献

- 荻野珍吉（1985）. 魚類の栄養素に対する要求. 魚類の栄養と餌料（荻野珍吉編），pp. 111-246. 恒星社厚生閣，東京.
- 下田和孝・中島美由紀・柳井清治・河内香織・伊藤絹子（2004）. 陸上植物からサクラマス幼魚への物質移動経路. 魚類学雑誌，**51**，123-134.
- 下田和孝・中島美由紀・伊藤富子（2005）. 北海道石狩北部の濃昼川下流域における魚類群集の月変化. 北海道立水産孵化場研究報告，**59**，1-9.
- 山田佳裕・丸山 敦・石樋由香（2002）. 沿岸帯における炭素、窒素安定同位体比研究の話題. 陸水学雑誌，**63**，261-267.



# 北海道立水産孵化場研究報告 投稿規程

## 1. 掲載報文

本誌には、当場の試験研究業務である、さけます及び内水面に関する水産学と生物学に有益な研究論文、短報、及び総説を掲載する。

投稿論文の内容は、他の刊行物に発表されていない原著論文に限る。短報は、原著論文としてはまとめ得ないが、方法や結果などに価値ある新知見を含むもので、刷り上がりをおおよそ2頁とする。

原稿は「原稿の書き方」にそって作成し、指定された方法と日時に投稿する。なお、原稿の内容及び体裁が本投稿規程及び「北海道立水産孵化場原稿の書き方」と著しく異なるものについては受け付けない。

## 2. 著者（投稿者）

上述の内容であれば、場員以外の著者も投稿できる。また、場員以外の共著者を含むことは差しつかえない。

## 3. 言語

本文は和文または英文とし、図表は英文とする。

なお、掲載可と認められた論文は、当场が指定した英文校閲を受ける。

## 4. 原稿の提出

投稿論文には必ず規定の投稿用表紙をつける。投稿用表紙は、「原稿の書き方」を参照。

投稿用表紙、図表、写真を含め、当該年度の出版委員が定めた期日までに、用紙に印刷した1部と、投稿用表紙のMS word ファイルと投稿論文のPDF ファイルを下記に提出する。

北海道立水産孵化場 総務部企画室

〒061-1433 北海道恵庭市北柏木3丁目373

Tel: 0123-32-2135 Fax: 0123-34-7233

E-mail: EC\_kikaku@fishexp. pref. hokkaido. jp

## 5. 原稿の受理日

投稿論文の掲載を編集委員会が認めた日を受理日とする。

## 6. 投稿報文の審査

投稿論文は、編集委員会が審査を行う。

編集委員会は、委員長を副場長、編集委員をさけます資源部長、内水面資源部長、及び養殖病理部長で構成され、事務局を企画室と出版委員が担当する。投稿論文の担当編集委員となる1名を編集委員会で決定する。

外部査読員1名以上と編集委員は投稿論文を審査し、訂正箇所があれば担当編集委員がその内容をとりまとめ、出版委員を通じて著者に連絡して訂正を求める。但し、編集委員が著者となる投稿論文の場合、その審査に著者である編集委員は加わず、審査に委員長が加わり行う。

著者は必要な訂正を行ったのちに、新しく書き変えた原稿と旧原稿を返送する。

受理の可否は編集委員長と担当編集委員が協議し、編集委員長が著者に通知する。

## 7. 最終原稿の提出

著者は受理通知を受け取った後に、原稿の電子ファイルとA4の清書原稿1部を企画室に提出する。

## 8. 印刷の校正

校正は著者が行い、最終稿を担当編集委員と出版委員が確認する。原則として校正時に大幅な字句や図表の変更は認めない。

## 9. 印刷の費用

印刷費用は当场が負担する。当场が作成する別刷は50部（表紙なし）とする。

## 10. 著作権

2009年3月以降に本誌に掲載された論文の著作権は、北海道立水産孵化場に帰属する。

(2008年12月10日 改正)



# 北海道立水産孵化場研究報告 原稿の書き方

## 1. 原稿

### (1) 提出について

著者は、最初の投稿時には PDF ファイルで作成した原稿と用紙に印刷した 1 部を、また、受理通知を受け取った後に最終稿を MS Word か PDF 等の電子ファイルと紙に印刷した清書原稿 1 部で、総務部企画室に提出する。

### (2) 作成について

用紙は A4 サイズとし、縦長に置き、上下左右に各 2 cm 以上の十分な余白を設ける。文章と図表で用紙を分けて、文章の原稿は、1 ページに 35 字×25 行の行間を取った横書き形式で、全てのページ下中央にページ番号を付け、12 ポイントの文字（日本語は全角 MS 明朝、英数字は半角 Times New Roman）で作成する。日本語の句読点には、“,” と “.” を使用する。本文の構成は、以下の 2. 本文を参照し作成する。

### (3) 図表について

図表は用紙 1 枚に 1 図表とし、図表のタイトル一覧を別紙にまとめる。

写真などの画像は、必ず別ファイルとし、画像の確認のために、オリジナル写真、版下あるいはプリントアウトしたものを必ず添付する。

### (4) 電子ファイルでの提出について

写真などの画像は、300dpi 以上とする。

日本語は全角を、英数字、小数点および斜線は半角を使用する。英文要旨や図表に全角特殊記号（÷, む, ∴, ♀, °C, ¥, ☆, ◎, △, →, ※など）を使用しない。

改行マークは文章の段落の区切りのみに使用する。

スペースキーは英単語などの区切りにだけ使用し、文献などの字下げには使用しない。

提出する電子ファイルはバックアップコピーをとり、印刷終了時まで著者が保管する。

最終原稿は、受理済の原稿と一致していること。

## 2. 本文

### (1) 体裁

研究論文は、表題、著者氏名（所属）、Abstract、緒言、材料および方法、結果、考察、摘要（英文のみ）、謝辞、文献の順序とする。見出しは、中央に記載する。但し「緒言」の見出しは付けない。

短報は、表題、著者氏名（所属）、英文の表題、著者氏名（所属）、Abstract、本文、文献の順とする。緒言その他の区別は付けず、文献は最小限とする。

### (2) 表題および著者氏名

表題、著者氏名、所属、英文表題、英文著者氏名、英文所属、所在地（英文）の順とする。共著者のいる場合は、氏名を中黒「・」でつなぐ。

表題：論文を幾つかに分けて出すときは、主表題 1. 表題、或いは主表題 I. 副表題とする。

著者名：英文著者名は大文字で記載し、名前（first name）は、頭文字以外をスモールキャピタルとする。また、英文では最後の名前の前に「AND」を入れる。

共著者の所属が異なる場合は、各著者名に上付き数字を付けて対応させる。さらに、現所属あるいは日本学術振興会特別研究員等の記載の必要な場合は、著者名に上付きアルファベット小文字を付けて対応させる。

所属および所在地：著者の正式な所属機関名を和文および英文で記載すること。

連絡担当者に「\*」を上付きで指定し、電話番号、FAX 番号、Email アドレスを記入する。所在地については「市区町村名」、「都道府県名と郵便番号」、「国名」までを英文イタリックで記載する。なお、複数の著者の所属が同一国で連続する場合は、最後の所属のみに「国名」を記載する。

### (3) ランニングタイトル

紙面上部欄外に載せる、表題を簡潔に短縮した形の文を 20 字以内とし、投稿用表紙に記載する。ランニングタイトルは、本文奇数ページ上部欄外に記載される。

#### (4) Abstract

英文で、行間を1 cm 程度あける、1 枚（250 語程度）とする。

段落は付けない。目的と方法と結果を簡潔にまとめ、Abstract のみで論文の内容がわかるようにする。図表、文献および略字はさける。

#### (5) キーワード

投稿論文の索引に寄与する5 語以内の主要名詞（可能な限り日本語）を投稿用表紙（別紙）に記入する。

#### (6) 摘要

本文が英文の投稿論文には本文300 字程度の和文摘要を付ける。和文表題、著者名、摘要の順に記述する。

#### (7) 文献

引用文献は、本文の最後に著者氏名のアルファベット順にまとめる。雑誌では、著者氏名、(年)、表題、雑誌名、巻、頁、単行本では、著者氏名、(年)、表題、版、発行所、発行地を記入する。雑誌名は略さない。私信、未発表データあるいは準備中の論文などは、文献に含めない。

報文中で引用した文献や資料などは、すべて引用文献に出所元を以下の要領で記載する。また、引用に伴う著作権の行使は著者（引用者）の責任であるため、図表などを他から引用する際は、あらかじめ原著者と著作権所有者の了解を得ておく。

##### 記載例

(i) Bangham, A. D., Standish, M. M. and Watkins, J. C. (1965). Diffusion of univalent ions across the lamellae of swollen phospholipids. *Journal of Molecular Biology*, **13**, 238-252.

(ii) 吉水 守・木村喬久・坂井 稔 (1976) . サケ科魚類の腸内細菌叢に関する研究—I. 飼育魚の腸内細菌数と細菌叢. 日本水産学会誌, **42**, 91-99.

(iii) Roitt, I., Brostoff, J. and Male, D. (1985). Immunology, 1st edn. The C. V. Mosby Company, St. Louis, Missouri.

(iv) Ellis, A. E. (1982). Differences between the immune mechanisms of fish and higher vertebrates. In *Microbial Diseases of Fish*, 1st edn. (R. J. Roberts, ed. ), pp. 1-29. Academic Press, New York.

(1), (2) は、雑誌, (3), (4) は、単行本の記載例 ((4) は一部引用の場合)。本文中では、… Ellis and Wootten (1978) によると…、近藤ら (1982) によって行われ…、…であった (宇藤, 1980), のように引用する。

(v) インターネットの情報を引用する際には、本文中の関連箇所に、引用したサイトが指定している表記法に従って URL 等をカッコ内に記述する。

記載例) 水産孵化場の資料によると、○○が報告されている

(<http://www.fishexp.pref.hokkaido.jp/hatch/honjou/index.htm>, 2008 年 11 月 1 日)。

(vi) 報告書や学位論文などを引用した際は、日本水産学会誌の「原稿の書き方」(2008, No.3, p495) の記載例を参考にとすること。

#### (8) 図表と写真

図表あるいは写真には、それぞれ論文のなかに出てくる順序に従って一連番号を付ける。図および写真は「Fig. 1」, [Fig. 2] …、表は「Table 1」, 「Table 2」 …とし、本文中に引用するときも上記のようにする。表題、説明は英文とする。説明は本文を参照することなしに、内容がわかるものとする。図あるいは写真の説明は別紙とする。

カラー写真は、原則として受け付けない。図表および写真は、印刷時には縮小されるので、番号、記号、数字の大きさ、線の太さなどは、その点を考慮する。なお、図表および写真には裏面または表紙隅に軟らかい鉛筆等で著者名を記入する。

#### (9) 留意事項

原稿の書き方が本投稿規定と著しく異なるものについては受け付けない。

投稿後、本文、図表あるいは写真などの差し替え、追加あるいは削除は一切受け付けない。

なお、上記以外の原稿の書き方については、日本水産学会誌、*Journal of Fish Biology*, 日本細菌学雑誌、魚病

研究，北海道大学水産学部研究彙報などの原稿の書き方を参考とすること。

(10) 用語等について

日本水産学会誌 「原稿の書き方」 <http://www.miyagi.kopas.co.jp/JSFS/PUBS/KITEI/write.html> の「用語」「単位」「文字指定」に準じる。

(11) 投稿用表紙

提出原稿の 1 枚目に『北海道水産孵化場研報投稿用表紙』とし以下の 6 項目ように必要事項を記入し，A4 サイズ 1 枚の MS word ファイルで添付する。

### 北海道水産孵化場研報 投稿用表紙

1. 表題（和文を上段に，英文を下段に並べて併記する）
  
2. ランニングタイトル（20 字以内）
  
3. 著者（和文を上段に，英文を下段に並べて併記する）
  
4. キーワード（魚種名を含む 5 語以内の名詞）
  
5. 所属機関名・担当者連絡先住所，電話番号・ファックス番号・E メールアドレス（和文を上段に，英文を下段に並べて併記する）
  
6. 投稿原稿用紙枚数
  - (1) 本文枚数（表題，著者名，所属，本文，要約，謝辞，本文が和文の場合は英文要約，本文が英文の場合は和文摘要，図表の英文説明の順とする。原稿には下段中央に必ず頁を記入してください。）

合計	枚
----	---
  - (2) 表の枚数（A4 版，1 表 1 枚とする）

合計	枚
----	---
  - (3) 図の枚数（A4 版，1 図 1 枚とする）

合計	枚
----	---

略 称 北海道立水産孵化場研報

Abbreviation Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery

第 63 号の編集にあたり，下記の方々に原稿の校閲でご尽力いただきました。

ここに記してお礼いたします（敬称略）

今田和史，伊藤富子，真山 紘，岡田鳳二

---

平成 21 年 3 月 31 日 発行

発行所 北海道立水産孵化場

恵庭市北柏木町3丁目373番地

電 話 0123-32-2135

F A X 0123-34-7233

郵便番号 061-1433

発行者 原 高史

編集者 北海道立水産孵化場出版委員会

印刷所 北海道印刷企画株式会社

---