

## クロマグロ稚魚の輸送に伴う体成分・脂肪酸組成の変化

滝井健二<sup>1</sup>・朴 亨燮<sup>1</sup>・Biswas Amal<sup>1</sup>・岡田貴彦<sup>2</sup>

### Changes in body proximate and fatty acid compositions in Pacific bluefin tuna fingerlings induced by ship-transportation

Kenji Takii<sup>\*1</sup>, Hyong-Sop Park<sup>\*1</sup>, Amal Biswas<sup>\*1</sup>, and Tokihiko Okada<sup>\*2</sup>

The ship- and truck-transportations of Pacific bluefin tuna (PBF) fingerlings that place the last stage of their mass artificial production, repeatedly end in fruitless and uncomfortable performance. Technical advance of fingerling transportation would surely promote the aquaculture production of PBF in Japan. In the present study, changes in whole body and muscle proximate composition and fatty acid profile during ship-transportation were investigated to obtain basic knowledge for prompting its technical establishment. The PBF fingerlings with 27 g body weight were transported from the net pen in the Kushimoto Bay to that in the Uragami Bay by a ship (14.4 mt), taking about 10 miles and 1.5 h. Water temperature and dissolved oxygen were respectively 21.2°C and 6.98 mg/L at the Kushimoto Bay and 21.7°C and 6.39 mg/L at the Uragami Bay. In whole body, no decreasing was detected in moisture, crude protein and crude ash contents, while crude lipid content a little bit fell during the transportation. In ordinary muscle under the first dorsal-fin, no changes in moisture and crude protein were obtained, but crude lipid and glycogen contents were significantly decreased or crude ash content reversely increased immediately after the transportation. There were no remarkable difference in whole body fatty acid profile between pre- and pro-transportation. These revealed that the ship-transportation of PBF fingerlings rapidly decreased body, mainly ordinary muscle, lipid and glycogen as energy source even shortly transport distance and time.

Key words: Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, fingerlings, transportation, chemical composition, energy

---

\*1 浦神実験場 (Uragami Branch, Fisheries Laboratories, Kinki University, Wakayama 649-5145, Japan)

\*2 水産養殖種苗センター大島事業場 (Oshima Branch, Fish Nursery Center, Kinki University, Kushimoto, Wakayama 649-3633, Japan)

太平洋クロマグロ *Thunnus orientalis* 資源は乱獲が原因で激減している。そこで、WCPFC は 2014 年から体重 30 kg までの稚魚の漁獲量を、それまでの半量に制限する措置を打ち出した。しかし、クロマグロに対する嗜好は日本にとどまらず世界的に拡大していることから、天然資源に依存しない完全養殖への期待は大きく、その養成技術の効率化が望まれている<sup>1)</sup>。完全養殖では人工親魚から採卵して種苗生産し、その種苗を各地の養殖漁業者に配布して商品サイズにまで養成する。この過程で最も困難なのは種苗の量産であるが、養殖業者に種苗を確実に配布する輸送技術の確立も不可欠である。長距離の輸送には船舶による海上輸送が、比較的短距離の輸送はトラックによる陸上輸送が行われるが、輸送直後から数日間に 10～50% がへい死することが多く、その減耗をいかに抑えるかが種苗量産における最終のポイントでもある。

そこで本研究では、輸送に伴うクロマグロ稚魚の体成分・脂肪酸組成について調べ、各栄養素の変化からへい死の原因について明らかにするとともに、輸送技術の確立に貢献できる有用な知見を得ようとした。

## 材料および方法

### 供試魚および輸送方法

本学水産養殖種苗センター大島事業場で人工種苗生産を行い、陸上屋内水槽から海上の網生簀に沖出し、イカナゴ切餌で飼育した 57 日齢のクロマグロ稚魚 A (平均体重 27.1 g・尾叉長 11.3 cm) を供試した。2014 年 10 月 28 日に網生簀から作業船 (14.4 t) の 2 船槽 (2 m<sup>3</sup> 容) に 110 尾ずつ収容した。収容にあたっては、ハンドリングによる外傷をできるだけ避けるため、一部がビニールシートに覆われた手網を用いた。船槽への収容を完了した同日 08:30 に串本湾内の生簀から、紀伊半島東海岸に沿って北東方向に航海し、直線距離で 10 miles の本学水産研究所浦神実験場地先に着岸した (Fig. 1)。到着は同日 10:00 で輸送時間は僅か 1:30 であった。なお、水温および DO は出発時の串本湾で 21.2℃ および 6.98 mg/L、浦神実験場地先で 21.7℃ および 6.38 mg/L であった。また、輸送中の波高は 1 m 未満で稚魚の遊泳に異常は認められなかった。浦神実験場地先着岸後には必要尾数を取り上げて、分析するまで -80℃ のフリーザー

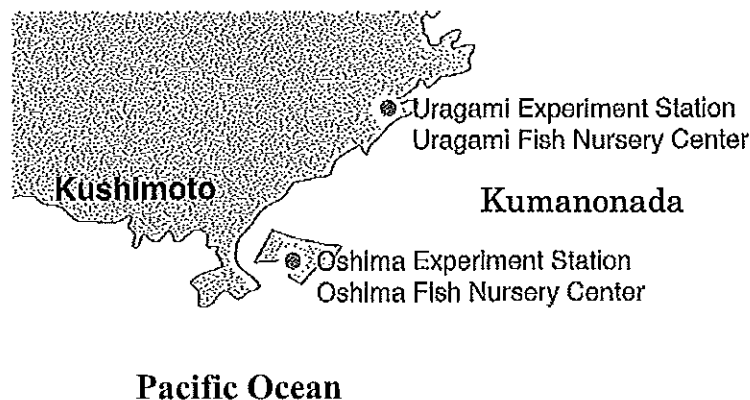


Fig. 1. Brief map of Oshima and Uragami Stations, Fisheries Laboratories, Kinki University, eastern coast of Kii-Peninsula, Wakayama, Japan.

に保存した。

なお、輸送直前は時間的な制約でサンプリングができなかったため、同一生簀から6日後の11月3日に日齢63の稚魚B（平均体重47.9g・尾叉長13.9cm）を、必要尾数取り上げて分析するまで-80℃のフリーザーに保存した。

#### 測定項目および分析方法

全魚体および第1背鰭基部の白筋（筋肉）の水分、粗タンパク質、粗脂質および粗灰分をAOAC法で、筋肉のグリコーゲン含量をAnthonon・硫酸法によった<sup>2)</sup>。

また、全魚体および筋肉の脂肪酸組成はFolch et al. (1957) に準じて全脂質を抽出し、脂肪酸をメチル化してからGC (G-3000, Hitachi, 東京) で分析した。

#### 統計処理

稚魚AおよびB間の統計処理はStudent's *t*-testで平均値の有意差を判定した ( $p < 0.05$ )。

## 結 果

#### 全魚体および筋肉の一般成分

Table 1 に全魚体および筋肉の一般成分と筋肉のグリコーゲン含量を示した。

稚魚AおよびBにおける全魚体の水分、粗タンパク質、粗脂質および粗灰分に有意な違いは認められなかった。

稚魚AおよびBにおける筋肉の水分と粗タンパク質に有意な違いは認められなかったが、稚魚Aの筋肉の粗脂質およびグリコーゲン含量は稚魚Bより低く、逆に、稚魚Aの粗灰分含量は稚魚Bより有意に高かった。

**Table 1.** Proximate composition and glycogen content (%) of whole body and white muscle before and after the ship-transportation of PBF fingerlings from Osima Station to Uragami Station, Fisheries Laboratories, Kinki University (n=3)

	Whole body		White muscle	
	Fingerling A <sup>*1</sup>	Fingerling B <sup>*2</sup>	Fingerling A	Fingerling B
Moisture	75.4	75.9	75.9	76.7
Crude protein	17.6	16.9	21.2	20.3
Crude lipid	3.10	3.76	0.74 <sup>a</sup>	1.21 <sup>b</sup>
Crude ash	2.69	2.64	1.97 <sup>a</sup>	1.55 <sup>b</sup>
Glycogen	-	-	0.73 <sup>a</sup>	1.47 <sup>b</sup>

<sup>\*1</sup> Fingerlings sampled on reaching to Uragami Station at 10:00 am, after leaving from Oshima Station at 08:00 am, 28, Oct., 2014.

<sup>\*2</sup> Fingerlings sampled from the same juvenile A lot at Oshima Station on 3, Nov., 2014.

全魚体および筋肉の脂肪酸組成

Table 2 に全魚体および筋肉の脂肪酸組成を示した。

全魚体の脂肪酸では稚魚 A のパルミトオレイン酸 (C16:1) が稚魚 B より有意に高かったが、他の脂肪酸に違いは認められなかった。

筋肉では稚魚 A のリノール酸が稚魚 B より有意に高かったが、ここでも他の脂肪酸に稚魚による違いはなかった。

Table 2. Fatty acid profile (%) of whole body and white muscle before and after the ship-transportation of PBF fingerlings from Osima Station to Uragami Station, Fisheries Laboratories, Kinki University (n=5)

Fatty acid	Whole body		White muscle	
	Fingerling A*	Fingerling B*	Fingerling A	Fingerling B
C14:0	2.5	2.5	1.1	1.4
C15:0	0.4	0.4	0.3	0.4
C16:0	22.0	21.6	19.6	21.2
C16:1	6.9 <sup>a</sup>	5.9 <sup>b</sup>	3.3	3.9
C17:0	0.6	0.6	0.4	0.5
C17:1	0.4	0.3	0.3	0.3
C18:0	6.8	7.4	8.1	8.7
C18:1n-9	11.0	12.1	9.6	9.1
C18:1n-7	3.0	2.9	2.9	3.2
C18:2n-6	1.0	1.3	1.4 <sup>a</sup>	0.8 <sup>b</sup>
C18:3n-3	0.9	0.9	0.6	0.6
C20:1	0.1	0.2	0.3	0.1
C20:4n-6	0.1	0.1	1.2	0.1
C20:5n-3	14.5	13.6	11.9	12.1
C22:5n-6	0.3	0.5	0.5	0.4
C22:6n-3	29.5	29.7	38.5	37.2

\* See the footnote of Table 1.

考 察

本研究でクロマグロ稚魚を本学大島事業場から浦神実験場に輸送したが、輸送後7日までで生残率は26%と大きく低下した。この大量へい死が発生する原因については、クロマグロ稚魚の表皮組織が脆弱なことから、輸送前後のハンドリングに伴う体表のスレだと考えられている。しかし、1.5 h と短時間の運搬であったにもかかわらず、多くの稚魚は運搬後では前に比べて極端にやせ細っていた。おそらく、ハンドリング以外にも船槽内における高収容密度が、体内 ATP の過剰な消費とそれに伴う異常な代謝が亢進されていたと推察される。

### 全魚体および筋肉の一般成分

輸送を終了した6日後に同一生簀から取り上げた稚魚Bの一般成分はあくまでも参考程度であるが、稚魚AおよびBにおいて全魚体・筋肉の粗脂質含量と筋肉グリコーゲン含量が低下した。粗タンパク質含量に違いが認められなかったことから、輸送時においてはまず脂質とグリコーゲンがエネルギー源として選択的に消費され、次いでタンパク質が利用されると考えられる。大西(2016)はクロマグロ稚魚のエネルギー代謝について検討し、成長に伴って全魚体の粗脂質含量が増加することを明らかにした<sup>3)</sup>。筋肉グリコーゲン含量は高くても4~5%程度と考えられるので、輸送に先立って魚体で最も大きな器官である筋肉の脂質含量を多く維持する必要がある。しかし、クロマグロ稚魚期はタンパク質の要求性が他の魚種より高いので<sup>4)</sup>、単純に脂質含量の多い餌飼料を給与するには限界がある。クロマグロ種苗の輸送によるへい死を抑えるには、できるだけ大きな個体を用いるのが望ましいが、コストの効率化を踏まえると輸送中の給餌が有効であろう。

### 全魚体および筋肉の脂肪酸組成

稚魚AとBの全魚体および筋肉において、それぞれC16:1およびC18:2n-6含量に有意差が認められたが、それらの差異は小さく、輸送の間にすべての脂肪酸がエネルギー源として利用されていることが推察された。一方、最も多く含まれている脂肪酸はC22:6n-3で、しかも全魚体より筋肉で高かった。おそらく、クロマグロにおいてもC22:6n-3が必須脂肪酸であること、また、その貯蔵器官としても筋肉が機能していることなどを示唆しているであろう。

### 輸送に伴うエネルギー消費

そこで、供試魚のサンプリング日時に問題は残されているが、本研究において全魚体の一般成分の変化を調べたところ、いずれも粗脂質含量が運搬前後に低下していた。この減少量に基づいて輸送に伴うエネルギー消費量を推定した。

輸送前後における全魚体の一般成分の変化から、粗脂質含量は体重1kgあたり6.6g減少した。脂質の燃焼エネルギーは39.3kJ/gであることから、輸送時間が1.5hで体重1kgあたり260kJが消費されたことになる。一方、大西(2016)は体重8~180gのクロマグロ稚魚を供試して、生存するために必要な最少のエネルギー消費量、すなわち標準代謝エネルギー(SME)を酸素消費量から求め以下の式を得た。

$$\text{SME (mgO}_2\text{/fish/h)} = 506.1 \cdot X^{0.61}$$

なお、Xは体重(kg)である。供試魚の体重は27.1gであり、O<sub>2</sub>呼吸量とエネルギー消費量との関係は1mgO<sub>2</sub> = 14.32Jであることから、そのSMEは29.7kJ/kg BW/hとなり、輸送時間1.5hを考慮すると体重1kg当たり44.6kJと見積られる。筋肉グリコーゲンの減少も考慮する必要はあるが、運搬によりSMEの5倍以上の多くのエネルギーが消費されたことになる。

さらに、全魚体の粗脂質含量の変化より求めた輸送に伴うエネルギー消費量は4160kJ/kg BW/dayが得られる。酵素処理魚粉から成る配合飼料の燃焼エネルギー含量は概ね12~

23 kJ/gであり(大西, 2016), エネルギー消化率を90%とすると, 輸送によるエネルギー消費をまかなうには少なくとも1日当たり体重の20%を輸送中に給与する必要がある。大西(2016)は体重1.8~14 gのクロマグロ稚魚に配合飼料を飼育し, 4日間の飽食給餌の後に1日間絶食すると, 毎日飽食するより飼育成績が大きく低下することを報告している。稚魚期のクロマグロは速い成長を生残戦略としており, 僅か1日間の絶食でも成長や生理機構に甚大な影響を及ぼすのであろう。この結果を踏まえると, クロマグロ稚魚の輸送に際して給餌を行うのが, その後の生残や成長を高めるには有為に作用すると考えられる。

今後は, さらに詳細な検討を行いクロマグロ稚魚の輸送技術の確立に貢献したい。

## 謝 辞

本実験を実施するのにあたって, 本学水産養殖種苗センター大島事業場および浦神事業場の技術職員各位, そして水産研究所浦神実験場配属の大学院農学研究科・農学部水産学科学学生各位には多大なご助力を賜った。これらの方々に衷心から深謝いたします。

## 文 献

- 1) Sawada Y., T. Okada, S. Miyashita, O. Murata, H. Kumai (2005). Completion of the Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, life cycle. *Aquaculture Res.*, **36**, 413-421.
- 2) AOAC (1995). Official Method of Analysis, 15<sup>th</sup> ed., Association of Official Analytical Chemists., Arlington, VA, p 1298.
- 3) 大西堯行 (2016). クロマグロのエネルギー代謝に関する研究. 近畿大学博士学位論文, p. 74.
- 4) Ji S.C. O. Takaoka, A.K. Biswas, M. Seoka, K. Ozaki, J. Kohbara, M. Ukawa, S. Shimeno, H. Hosokawa and K. Takii (2008). Dietary utility of enzyme-treated fish meal for juvenile Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. *Fish. Sci.*, **74**, 54-61.