ホタルイカの成長に伴う無機質成分 含量の変化

本江 薫*・大泉 徹**・川崎賢一*

Changes in Mineral Contents of Firefly Squid *Watasenia scintillans* Along with the Growth

Kaoru MOTOE*, Tooru OOIZUMI**
and Ken-ichi KAWASAKI*

* Toyama Food Research Institute, 360, Yoshioka,
Toyama-shi, Toyama 939-8153

** Department of Marine Bioscience, Fukui Prefectural
University, 1-1, Gakuencho, Obama-shi,
Fukui 917-0003

The changes in the contents of minerals in firefly squids were investigated in connection with the body growth. The firefly squids were caught at 3 different fishing grounds in The Sea of Japan from March to July in 1989. The contents of moisture, ash, phosphorus, sodium, potassium, calcium, magnesium and iron hardly varied during the fishing period, while those of copper (Cu), manganese and zinc increased with the body growth. Especially, the increase in Cu content was noteworthy among these minerals. The Cu content of the liver, in which nearly 70% of Cu in the whole body localized, similarly increased with body growth. Accordingly, the increase in Cu content of the whole body was mainly due to the accumulation of Cu in the liver. The same trend was observed in the change in Cu content of the liver of common squid. From these results, it was presumed that the accumulation of Cu in the liver along with the growth was general feature of squid.

(Received June. 21, 1999; Accepted Sep. 24, 1999)

ホタルイカ *Watasenia scintillans* は3月から7月にかけて富山湾、若狭湾および山陰沖などの日本海沿岸各地で漁獲され全国に流通している。著者らは前報¹⁾²⁾においてホタルイカの栄養成分の季節的変動を検討し、漁期中に脂質や脂溶性ビタミンだけでなく、銅やマンガン

等の無機質成分の含量も変化することを明らかにした。

近年、健康の維持や増進および成人病の予防等に関連して無機質成分の役割が重要視されており、特に銅を含めた必須微量元素は酵素作用や生理的機能における重要な役割が認識されつつある³⁾。このような背景から、食品中のそれらの含量についても関心が高まっている。しかしながら、魚介類、特にイカ類の無機質成分含量とその地理的および季節的変動に関する研究例は少なく、変動の要因についても明らかでないのが現状である。そこで本研究では、漁期中におけるホタルイカおよびその肝臓の無機質成分含量の変化とホタルイカの成長との関連を明らかにすることを目的とした。また、無機質成分のうち漁期中に大きく増加する銅については、その変化がイカ類一般に見られる特徴であるかどうかを知るためスルメイカの場合と比較検討した。

1. 実験方法

(1) 試料

ホタルイカは1989年の3月から7月に富山(滑川沖)、福井(若狭湾)および兵庫(香住沖)の3県において採集した。試料の採集期間、採集回数および採集方法は順に、富山が3~7月、計11回、定置網漁法、福井が3~5月、計7回、底引き網漁法、兵庫が4~5月、計6回、底引き網漁法であった。スルメイカ *Todarodes pacificus* は1998年8月18日に山形県沖で採集した。

(2) 試料調製

採集試料は直ちに-30℃にて凍結保存し分析直前に解凍して使用した。ホタルイカは約50個体(300~500g)を解凍し、魚体重量を測定した後、フードプロセッサーを用いて粉碎し分析に供した。また約50個体から肝臓を採取し、肝臓重量を測定した後、同様に粉碎して肝臓分析試料とした。スルメイカは解凍した後、1個体毎に外套長、魚体重量および肝臓重量を測定し、その肝臓のみをホタルイカの場合と同様に試料調製して分析に供した。

(3) 水分、灰分および無機質成分

水分、灰分および無機質成分の分析法は全て前報¹⁾に準拠した。なお、無機質成分としてはナトリウム(Na)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、鉄(Fe)、マグネシウム(Mg)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、マンガン(Mn)およびリン(P)の含量を測定した。なお、無機質成分値は湿重量当たりの含量で表した。

* 富山県食品研究所 (〒939-8153 富山県富山市吉岡360)

** 福井県立大学海洋生物資源学科 (〒917-0003 福井県小浜市学園町1-1)

2. 実験結果及び考察

(1) 各種無機質成分含量の変化

3月から7月までのホタルイカの全魚体および肝臓の水分、灰分および各種無機質成分含量の変化をFig. 1に示す。全魚体の水分および灰分含量はいずれも採集期間中ほぼ横這い傾向を示し、それらの値（平均値±標準偏差）は富山、福井、兵庫の順に水分で $79.7 \pm 0.7\%$ 、 $79.4 \pm 0.8\%$ 、 $78.9 \pm 0.7\%$ 、灰分で $1.37 \pm 0.05\%$ 、 $1.42 \pm 0.10\%$ 、 $1.39 \pm 0.07\%$ であり、採集地による差異もほとんど認められなかった。また、全魚体のP、Na、K、Ca、Mgお

よびFe含量も採集期間中ほぼ横這い傾向を示し、採集時期による変化は認められなかった。前報¹⁾では、富山と福井の平均値を比較して、福井の値が高い成分（Ca、P、Na、Mg）、富山の値が高い成分（K）、両者に差がない成分（Fe）に分類したが、今回の結果においても同様の傾向が示され、富山と福井の試料のP、Na、K、Ca、Mgの含量にはいずれも5%の危険率で有意差が認められた。兵庫は福井のそれと類似の値を示したが、富山との差はK含量を除いてわずかであった。

これらに対し、全魚体のCuおよびMnの含量は3月

Fig. 1 Changes in the minerals of the liver and the whole body of firefly squids during the fishing period

Closed and open symbols indicate the contents of the moisture, ash and minerals of the liver and the whole body of firefly squids, respectively. Firefly squids were caught at the offshore of Toyama (■, □), Fukui (●, ○), and Hyogo (▲, △) in 1989.

から7月にかけて増加する傾向が見られた。これらの変化傾向は採集地に関わらず同様に認められ、前報¹⁾の結果とよく一致していた。中でも富山のCu含量の増加が著しく、7月の試料の含量は3月のその2倍以上となった。更にZnについても富山の試料で5月から7月にかけて緩やかな増加傾向が見られた。これは採集時期に関わらず横這い傾向を示した前報¹⁾の結果と異なっているが、その理由は現在のところ明らかではない。一方、福井と兵庫は3月から5月にかけて試料を採集しているが、その期間中Zn含量は横這い傾向を示した。

一方、肝臓の水分および灰分も採集期間中ほぼ横這い傾向を示し、その値は富山、福井、兵庫の順に水分は $48.6 \pm 1.6\%$ 、 $50.0 \pm 1.3\%$ 、 $53.2 \pm 1.1\%$ 、灰分は $2.03 \pm 0.08\%$ 、 $2.23 \pm 0.12\%$ 、 $2.21 \pm 0.10\%$ であった。また、肝臓のP、Na、K、Ca、MgおよびFe含量も採集期間中ほぼ横這い傾向を示したが、Na、Ca、Feの含量はばらつきが大きかった。全魚体と肝臓におけるこれらの成分の含量を比較すると、PおよびMgは肝臓中の含量が全魚体中よりも低い値を示したが、逆にNa、K、CaおよびFeは肝臓中の含量が全魚体中よりも高い値を示し、中でもKとFeについては肝臓にある程度局在していると考えられた。また、全魚体と肝臓におけるP、Na、KおよびCaの含量はよく対応しており全魚体の値が高い試料は肝臓の値も高かった。

これらに対し、肝臓のCu、ZnおよびMn含量は全魚体の変化と同様に増加傾向を示した。肝臓のCuとZnの含量は全魚体のそれらよりも数倍高く、肝臓に局在していると考えられた。また、Mn含量は試料間のばらつきが大きかったが、CuやZnと同様に肝臓中の含量が全魚体中のそれよりも高かった。肝臓におけるこれらの変化は、全魚体の含量変化とよく対応しており、全魚体と肝臓のCu含量の間には高度な相関関係($r=0.92$)が認められた。ZnおよびMnについても全魚体中と肝臓中の含量には相関関係($Zn:r=0.61$ 、 $Mn:r=0.62$)が認められた。魚体重量に占める肝臓重量の割合は富山が $9.8 \pm 0.9\%$ 、福井が $10.0 \pm 1.7\%$ 、兵庫が $10.3 \pm 0.8\%$ であり、採集時期や採集場所による有意差はみられなかった。これらの結果と全魚体および肝臓のCu含量から、肝臓以外の部位のCu含量も体重の増加に伴って僅かに増加することが推定されたが、ホタルイカに含まれるCuの約70%は肝臓に局在するので、全魚体におけるCu含量の増加は肝臓におけるCuの蓄積を反映していると考えられた。

(2) ホタルイカの成長とCu、Zn、Mn含量の関係

林¹⁾はホタルイカの生態について詳細に検討し、3月から7月にかけてホタルイカの外套長が増加し、ホタルイカが成長を続けることを明らかにしている。また、この間のホタルイカの外套長の増加と体重の増加はよく一致することも知られている¹⁾。本実験で用いた試料についても、採集期間中にホタルイカの魚体重量が増加しており、この間にホタルイカが成長することが改めて確認された。そこで、無機質成分の中で変化が顕著に認められたCu、ZnおよびMnの肝臓中の含量(対数値)とホタルイカの魚体重量との関係をFig. 2に示す。その結果、肝臓のCu含量はホタルイカの体重の増加、言い換えると体成長に伴って増加することが示された($r=0.67$)。また、図中には示していないが1988年11月に日本海南海域で採集された小型のホタルイカ(体重2.79g)の全魚体のCu含量は 0.029 mg/g と極めて低値であったことから、ホタルイカのCu含量はその体成長と共に増加することが裏づけられた。また、Fig. 2に見られるように肝臓のMnおよびZn含量もCuの場合ほど顕著ではないが、ホタルイカの成長と共に増加することが示された。なお、先に述べたようにホタルイカの肝臓重は全体重の約10%を占め、体重の増加に伴い増加傾向を示したが、値のばらつきが大きく、全魚体および肝臓のこれらの無機質成分含量と肝臓重の間には明確な相関関係は認められなかった。

頭足類動物の肝臓のCu含量が高いことは数多く報告されており^{9)~8)}、ホタルイカ肝臓のCu含量もそれらに匹敵する値を示した。富山湾の海水中のCu濃度($10^{-2} \sim 10^{-1} \text{ ppb}$)は、他の海域の分析値^{9)~11)}よりも低値或いは同程度であり、ホタルイカのCu含量に海水汚染が影響しているとは考えられず、むしろ、ホタルイカの成長に伴う何らかの生理的变化により蓄積されることが推察された。また、イカ肝臓中のCu、Zn、銀およびカドミウムなどの含量の間にそれぞれ相関関係があることが報告されているが⁵⁾⁷⁾、ホタルイカの肝臓においてもCuとZnとの間に相関関係($r=0.86$)が認められた。

(3) スルメイカのCu含量変化

ホタルイカにおける成長に伴う肝臓へのCuの蓄積が他のイカ類においても認められるかどうかを知るため、1998年8月に日本海で採集されたスルメイカ肝臓のCu含量を測定し、その対数値と体重との関係をFig. 3に示した。スルメイカ肝臓は水分含量の変化が大きかったので、Cu含量は乾物当たりの含量で表した。ホタルイカの場合と比較すると、体重増加と含量の変化の度合いが

Fig. 2 Relationships between the copper, zinc and manganese contents of the liver and the body weight of firefly squids

Logarithm of the copper, zinc and manganese contents of the liver of firefly squids were plotted as a function of the body weight. The same data and symbols as shown in Fig. 1 were used to illustrate this figure.

大きくばらつきが見られるものの、スルメイカの場合も肝臓の Cu 含量は体重の増加に伴い増加傾向を示した ($r=0.77$)。また、結果は図示しないが、外套長との間にも相関関係が認められ ($r=0.79$)、スルメイカも成長に伴い肝臓中に Cu を蓄積することが示唆された。なお、スルメイカの全体重に占める肝臓重の割合は大きく変動し、Cu 含量との間には相関関係は認められなかった。

以上の結果から、ホタルイカに見られた成長に伴う肝臓中への Cu の蓄積はイカ類に共通する性質であるように考えられた。しかしながら、Fig. 2 には体重が類似していても採集地により Cu 含量が異なる例も示されている。また、MARTIN と FLEGAL⁵⁾ はイカ肝臓の微量元素含量が年齢や餌など生育環境の影響を受けることを述べている。それ故、上記の推定を裏づけるためには更に多種類のイカについて同様の検討を行い、体成長だけでなく生息環境や成熟度合いおよび産卵等と Cu 含量との関連を明らかにすることが必要である。

3. 要約

1989 年の 3 月から 7 月の間に富山、福井および兵庫の各県において漁獲されたホタルイカの全魚体および肝臓の無機質成分含量を測定した。3 月から 7 月にかけて全魚体の Cu、Mn および Zn 含量は増加した。特に Cu 含量の増加が顕著であり、7 月の含量は 3 月のその約 2 倍以上であった。一方、その他の無機質成分は横這い傾向を示したが、採集場所により含量に差が認められた。

Fig. 3 Relationship between the copper content of the liver and the body weight of common squid

Logarithm of the copper contents of the liver of common squids were plotted as a function of the body weight. The common squid were caught at the offshore of Yamagata in 1998.

また、全魚体の Cu 含量の約 70% が局在している肝臓の Cu 含量も体成長と共に増加することから、全魚体の Cu 含量変化は肝臓への Cu の蓄積に依ることが示された。また、スルメイカ肝臓の Cu 含量も体成長に伴って増加し、高濃度の Cu の蓄積が認められた。これらのことからイカ類は成長に伴い肝臓中に Cu を蓄積することが推定された。

この研究の実施に当たっては、水産業関係地域重要新技術開発促進事業「日本海におけるホタルイカの資源利用研究（昭和 63 年度～平成 2 年度）」において得られた試料の一部を供与していただきました。試料の採集に当たりご尽力いただいた日本海ホタルイカ資源研究チームの皆様に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 本江 薫・大泉 徹・林 清志・川崎賢一：食科工誌, **44**, 133 (1997).

- 2) 川崎賢一・大泉 徹・林 清志・林 賢治：日水誌, **60**, 247 (1994).
- 3) 木村修一：最新医学, **45**, 808 (1990).
- 4) 林 清志：富山県水産試験場研究報告, 第 7 号, 1 (1995).
- 5) MARTIN, J.H. and FLEGAL, A.R. : *Marine Biology*, **30**, 51 (1975).
- 6) UEDA, T., NAKAHARA, M., ISHII, T., SUZUKI, Y. and SUZUKI, H. : *J. Radiat. Res.*, **20**, 338 (1979).
- 7) SMITH, J. D. and PLUES, L. : *Marine Environmental Research*, **13**, 55 (1984).
- 8) FALANDYSZ, J. : *J. Sci. Food Agric.*, **54**, 79 (1991).
- 9) 細貝祐太郎・直井家寿太・岡田太郎：有害元素マニュアル, (中央法規出版, 東京), (1978).
- 10) MART, L., RUTZEL, H., KLAHRE, P., SIPOS, L., PLATZEK, U., VALENTA, P. and NURNBERG, H.W. : *Sci. Total Environ.*, **26**, 1 (1982).
- 11) LEE, K.W., KANG, H.S. and LEE, S.H. : *Sci. Total Environ.*, **214**, 11 (1998).

(平成 11 年 6 月 21 日受付, 平成 11 年 9 月 24 日受理)