

(様式第4号)

実施課題名 シンクロトロン光を利用したケンサキイカの生態解明
に関する研究

English Research of the habitat of Swordtip Squid *Photololigo edulis*
through the synchrotron X-ray diffraction analysis

著者氏名 山口忠則

English TADANORI YAMAGUCHI

著者所属 佐賀県玄海水産振興センター

English Saga Prepectural Genkai Fisheries Research and Development Center

※長期利用課題は、実施課題名の末尾に期を表す（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）を追記すること。

1. 概要

今回ビームライン BL07 から得られた測定データを前回の第Ⅰ期に得られた BL11 のデータと比較して、ストロンチウム濃度の再現性を調べたところ、両ビームラインの測定結果に相関関係はみられなかった。同一サンプル群内におけるストロンチウム濃度の標準偏差は、BL07の方が大きかったため、BL11の測定データの方が信頼できるようなおもわれた。これは、BL07での平衡石測定の条件が不相当であったためであると考えられる。基本的にBL07の方がシンクロトロン光の強さや質の面で優れていることから、平衡石の成分分析にはBL07が有利であると考えられ、今後はBL07の施設に最適な条件設定が必要である。

(English)

Comparing the data newly taken through BL07 with ones through BL11, we found no relation between two sets of strontium-density values calculated from each data, although the both of data were originated from the same statoliths of Swordtip Squid *Photololigo edulis*. Every standard deviation of the values through BL07 is turned out larger than that through BL11, the both of which were originated from squid sampled as a certain group. Then it seems that the data through BL07 are less reliable; the reason is likely that a few conditions are inappropriate for the measurement of statoliths. However, BL07 has to be advantageous to the measurement because it is superior to BL11 in the strength and the quality of synchrotron rays. We need to find out the best conditions for BL07 to be used.

2. 背景と研究目的：

いか釣り漁業は、本県玄海沿岸漁業者の約4分の1が従事する重要な漁業であり、漁獲されたイカは唐津市呼子等において重要な観光資源ともなっている。なかでもケンサキイカは需要が多く、漁獲される量も多い。

水産庁の資源評価調査では、近年の資源水準は低く、減少傾向にあるとされており、資源の適正管理と増殖が望まれている。しかし、ケンサキイカは室内飼育が極端に難しいこともあり、基礎的な研究が進まず、その生態は未だに不明な部分が多い。近年の研究報告によると、イカ類の平衡胞内に形成される炭酸カルシウムを主成分とした平衡石に日令が輪紋で記録される他に、微量元素の蓄積比率という形で生息域の水温情報等貴重な環境情報が刻まれていることが明らかになっている。このことから、この平衡石に含まれる微量元素の分析によって、ケンサキイカの生息域や回遊履歴等の情報が得られる可能性が大きくなっている。

本事業では、試料の処理、X線照射等の試験方法についての検討から始め、次に、様々なサイズや成育履歴の天然個体から平衡石を取り出してデータを得るとともに、室内において異なる条件下で飼育したケンサキイカの平衡石に蓄積される情報を読みとり、天然個体から得られるデータとの比較解析を行う。

平成 21 年度の試験結果から、検出される蛍光X線の値は、サンプル表面の状態と厚みによって誤差が生じることが明らかになった。照射したシンクロトン光ビームは 1mm×5mm のスリットを使用しているため、現状では輪紋ごとの成分を分析することはできず、平衡石全体の構成成分の検出ができるだけである。また、ケンサキイカ平衡石から検出された微量元素のほとんどはカルシウムとストロンチウムであった。

平成 22 年度の試験では、再現性のある測定方法を確立し、5月と8月に水揚げされたケンサキイカの平衡石を比較したところ、両者の Sr 濃度に有意な差があることが明らかになった。

3. 実験内容（試料、実験方法の説明）

ビームラインBL07で平衡石を測定するのは初めてだったので、まず、これまでにビームラインBL11から得られた結果との再現性を確認するため、同じサンプル（表1）を用いて照射試験を行った。

未加工の平衡石 1 個をカプトンテープの縁に 1/3 程度付着させ、検出器とサンプルの距離を 15mm、検出器とシンクロトン光との確度を直角に設定し、ビームを縦横 1.5mm×2mm に調節した。測定毎に完浴を確認したのち、20keV のシンクロトン光を各サンプルに対して 300 秒間照射した。各サンプルの Sr 濃度は SrK α のピーク面積値をコンプトン散乱の面積値で規格化して求めた。

表 1 平衡石を採取したケンサキイカとその日齢

サンプル名	水揚げ日	外套長 (mm)	性別		日齢
			♂=1 ♀=2	塾度 無=1 有=2	
H220625-L-7	H22.6.25	356	1	2	330
H220625-L-13	H22.6.27	225	2	2	248
H220625-L-14	H22.7.13	232	2	2	298
H220625-L-29	H22.7.14	283	1	2	292
H220723-2.5-4	H22.7.23	201	2	2	282
H220723-2.5-5	H22.7.23	215	1	1	233
H220723-2.5-8	H22.7.23	216	2	2	221
H220723-2.5-12	H22.7.23	217	1	1	231
H220827-2.5-3	H22.8.27	206	2	1	239
H220827-2.5-6	H22.8.27	240	2	2	300
H220827-2.5-10	H22.8.27	245	1	2	220
H220914-2.5-20	H22.9.14	220	1	2	285
H220914-2.5-31	H22.9.14	220	2	2	237
H221025-2.5-21	H22.10.25	165	2	1	234
H221025-2.5-22	H22.10.25	125	2	1	203
H221025-2.5-23	H22.10.25	170	1	1	210
H221025-2.5-26	H22.10.25	195	1	1	240
H221115-2.5-2	H22.11.15	220	1	2	242
H221115-2.5-3	H22.11.15	214	2	1	241
H221126-2-33	H22.11.26	252	1	2	284
H221126-2-35	H22.11.26	252	1	1	281
H221126-S-39	H22.11.26	206	1	1	303
H221126-S-43	H22.11.26	180	1	1	205
H221126-S-46	H22.11.26	189	2	2	274
H221126-S-47	H22.11.26	199	2	1	252
H230217-S-8	H23.2.17	190	1	1	217
H230217-S-10	H23.2.17	147	1	1	215
H230630-S-30	H23.6.30	187	2	2	267
H230630-S-34	H23.6.30	100	2	1	252
H230630-S-35	H23.6.30	93	2	1	248

4. 実験結果と考察

測定した 30 サンプルのストロンチウム濃度を、同じサンプルを用いて BL11 で測定したストロンチウム濃度と比較したところ、図 1 のような結果になった。ストロンチウム濃度の値は、ビームラインの性能や検出に用いた機器の精度、サンプルと検出器との距離、照射時間により異なるため、各サンプルのストロンチウム濃度は必ずしも一致しなかった。各ビームラインで得られたストロンチウム濃度の相関を調べたところ、本来は強い正の相関がみられるべきところだが、図 2 のようになら関係はみられなかった。

BL11 と BL07 から得られたデータのうちどちらが正しいかを判断するのは、現段階では非常に困難である。ただし、ここで、同じ日に同じ場所で漁獲されたケンサキイカは同じような移動経路で漁場に参加した同一群と仮定すると、各同一群内のサンプルではそれぞれ同じようなストロンチウム濃度を示すと考えられる。各群内で BL11 と BL07 で得られたストロンチウム濃度の標準偏差をみると、表 2 のように BL11 のデータのばらつきの方が小さかった。この結果だけからみると、BL11 のデータの方が信頼できるように思われた。

ケンサキイカの平衡石は、シンクロトロン光研究センターで扱うサンプルとしては特別に小さい

め、BL11での測定結果はビームサイズや検出器との距離、サンプル周辺の環境などの条件を慎重に細かく設定したのちに得られたものであった。シンクロトロン光の施設としての性能はBL07の方がBL11よりも遙かに優れているので、もし、BL07のデータ精度が低いとすれば、それは、今回が初めての平衡石測定であったことから、条件設定が不十分であったためだと考えられる。

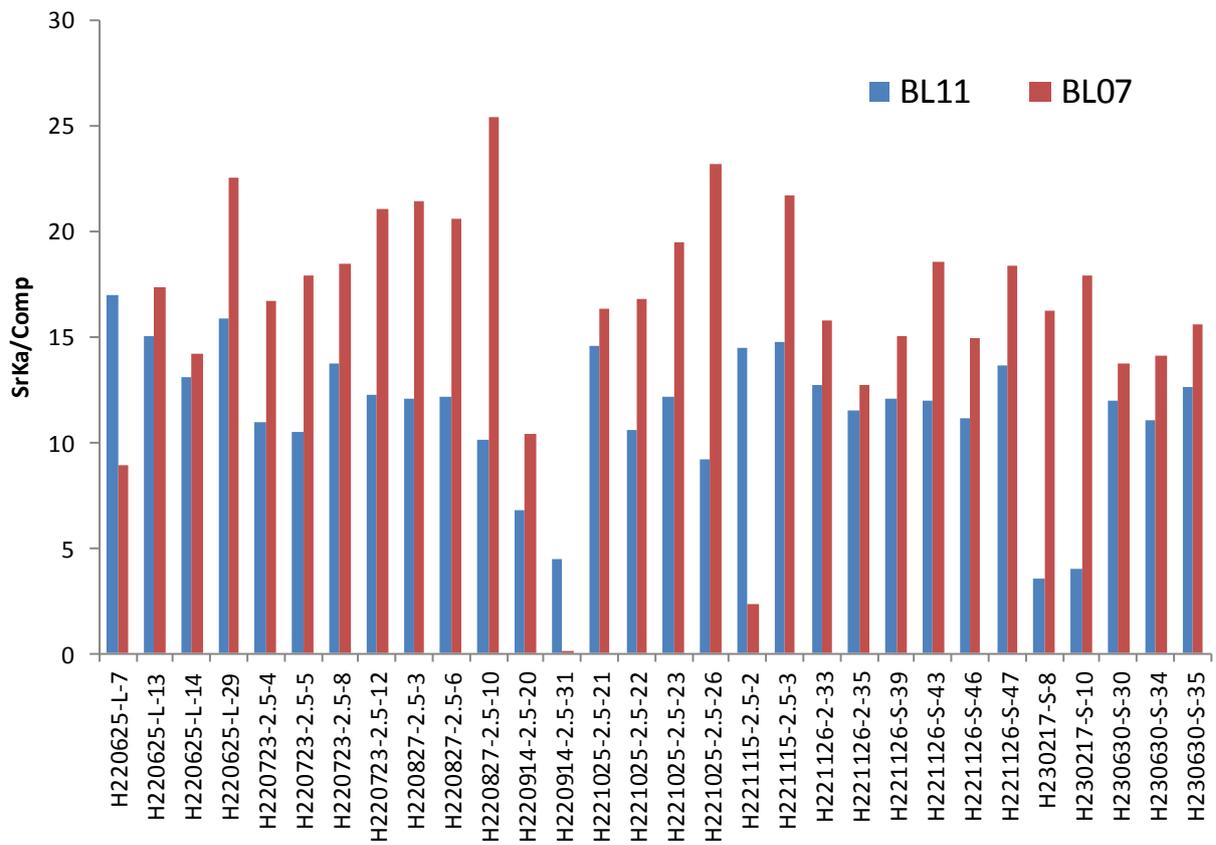


図1 BL11とBL07から得られたストロンチウム濃度

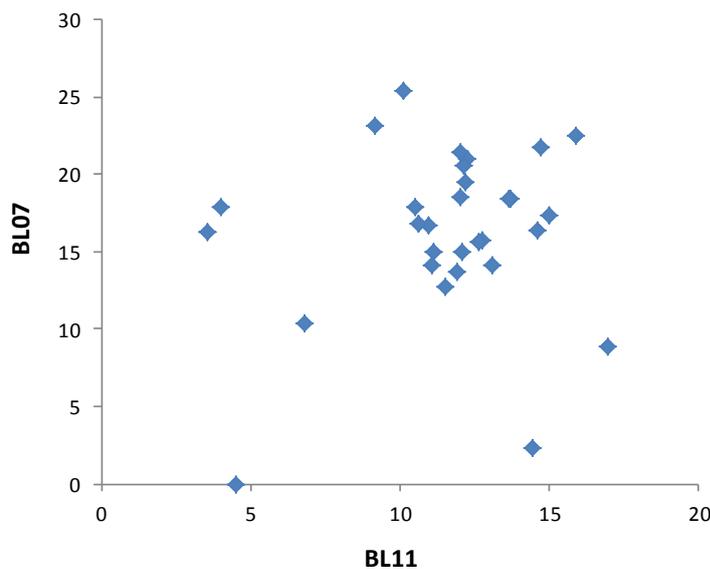


図2 BL11とBL07から得られたストロンチウム濃度の関係

表 2 BL11 と BL07 で得られたデータの標準偏差

サンプル群	サンプル数	標準偏差	
		BL11	BL07
H220625-L	4	1.64	5.72
H220723-2.5	4	1.44	1.85
H220827-2.5	3	1.16	2.57
H220914-2.5	2	1.65	7.33
H221025-2.5	4	2.33	3.14
H221115-2.5	2	0.22	13.73
H221126-2	2	0.85	2.12
H221126-S	4	1.03	2.02
H230217-S	2	0.32	1.18
H230630-S	3	0.78	1.00

5. 今後の課題：

BL07 を使用して平衡石の成分を正確に測定するためには、BL07 の施設に適合した測定条件を新たに設定しなければならない。たとえば、今回の測定では Dead time が 30% を越えていたことから、強いピークのエネルギーの和であるサムピークが現れ、結果的に Sr のカウント数を過小評価している可能性があり、今後は Dead time を数% に抑える必要があると考えられる。また、カプトンテープからのコンプトン散乱も無視できる程度ではないので、なんらかの工夫が必要であろう。

BL07 は BL11 と比べると、シンクロトロン光の強さや質が格段に優れているため、BL07 での測定が有利であると考えられる。よって今後は試行錯誤を繰り返して、最適な測定条件をさぐる必要がある。

6. 論文発表状況・特許状況

特になし

7. 参考文献

Ikeda Y, Arai N, Kidokoro H, Sakamoto W (2003) Strontium: calcium ratios in statoliths of Japanese common squid *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) as indicators of migratory behavior. *Mar Biol* 251: 169-179

Zumholz K, H.Hansteen T, Piatkowski U, L.Croot P (2007) Influence of temperature and salinity on the trace element incorporation into statoliths of the common cuttlefish (*Sepia officinalis*) *Mar Bio* 151: 1321-1330

8. キーワード

・平衡石

イカの平衡感覚をつかさどる炭酸カルシウムの結晶からなる組織。頭部内の平衡胞 1 対にそれぞれ 1 個含まれる。特定の周期で樹木の年輪と同じ様な環状の様子が形成される。

・ストロンチウム

原子番号 38 の元素で、アルカリ土類金属の一つ。人間には必須の元素であり、骨を形成する。

・コンプトン散乱

X 線を物質に照射した時、光電吸収されなかった X 線は原子の中の電子によって散乱される。このとき、波長が変化しないで方向のみ変えるものをトムソン（レイリー）散乱といい、電子に運動エネルギーを与え自身はエネルギーの一部を失って波長が長くなるものをコンプトン散乱という。

