

アメリカザリガニの平衡胞内磁性物質の抽出と解析

Analysis of Magnetic Materials Extracted from Statocyst of Crawfish

来本 一茂・榊 陽*・谷野 章**・上野 照剛

東京大学医学系研究科 医用生体工学講座, 東京都文京区本郷 7-3-1 (〒113-0033)

*千葉大学工学部電気電子工学科, 千葉県千葉市稲毛区弥生 1-33 (〒263-8522)

**千葉大学大学院自然科学研究科, 千葉県松戸市松戸 648 (〒271-8510)

K. Kurumoto, Y. Sakaki*, A. Yano**, and S. Ueno

Department of Biomedical Engineering, Graduate School of Medicine, Univ. of Tokyo,
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033

Faculty of Engineering, Univ. of Chiba, 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522

Graduate School of Science and Technology, Univ. of Chiba, 648 Matudo, Matudo-si, Chiba 271-8510

(1999年10月28日受理, 2000年1月25日採録)

This paper describes a study of the distribution of magnetic materials in statocysts of crawfish. We think that the magnetic materials extracted consisted mainly of iron, and the fact that iron is a major element supports this conclusion. We measured particle size. The particle size range in this study was smaller than $140 \mu\text{m}$. X-ray diffraction analysis of the magnetic material extracted from statocysts of crawfish supported the conclusion that the crawfish acquire soil particles.

Key words: magnetic materials, crawfish, statocyst

1. はじめに

近年, 鮭, 蜂, ハトなどをはじめとする様々な生物の脳や平衡感覚器官から磁性粒子の存在が確認されたという報告がある. 甲殻類の平衡感覚器官に関しては, Kreidl (1893)⁴⁾らによって外部から平衡石を取り込むということが行動学的実験により確認され, Cohen (1955)²⁾らによってさらに解剖学的によりその構造が解明されたが, その成分や粒子の粒径に関しては報告されていない. また, 平衡感覚器官と鉄が関わりを持っているということに関しては未だ不明である.

本研究ではアメリカザリガニの平衡感覚器官である平衡胞から胞内の物質を抽出し, その粒子の粒径による分布と, その成分について解析を行った. その解析結果から平衡感覚器官と鉄との関わりについて検討した.

2. 生物試料

埼玉県飯能市小畔川にて1999年7月から8月にかけて捕獲した節足動物・甲殻類十脚目・步行類・ザリガニ属・アメリカザリガニを用いた. 飼育に際しては個別の容器にて飼育した. 体長は尾部の末端から頭部顎角の先端までとし, 体長80 mm以上のものを実験試料とした. 捕獲方法は市販されているスルメイカを用いて釣獲した.

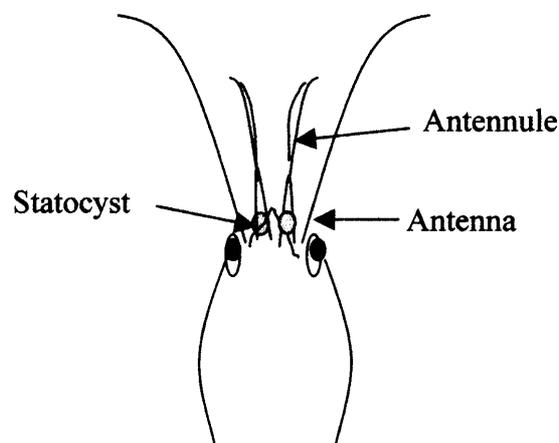


Fig. 1 Location of statocyst.

3. 実験方法

3.1 磁性物質の抽出方法

75%アルコールに浸しアメリカザリガニを泥酔死させた後, セラミック製のナイフとピンセットを用い, アメリカザリガニ頭部の第一触覚(小触覚)を切除し, 第一触覚付根部に存在する平衡胞を胞を包む物質全体を摘出した. さらに, 平衡胞の周りを包み込んでいるゲル状の物質を剥離しキチン質の膜が出る状態にし, これを実験試料とした.

3.2 抽出した粒子の粒径計測方法

抽出した平衡胞をシャーレの中に入れ, キチン質状の殻を破り, 中の物質を抽出した. 抽出した物質の上に殻を洗浄するようにしてスポイトで蒸留水をかけた. 次にセラミック製のピンセットで胞内の物質を広げ実顕顕微鏡で観察しながら平面状に粒子の径が観察できるようにし, そのままの状態自然乾燥させ, 写真で撮

影した映像をもとに粒径を測定した。粒子の形状はほとんどが球状であるが、球形でないものは写真撮影後の試料より長径と短径の平均値を粒径とした。

3.3 電子顕微鏡による抽出物質成分解析方法

本実験ではアメリカザリガニの第一触覚より摘出した平衡胞を抽出後 24 時間以上自然乾燥させ試料とした。また比較実験として平衡胞内物質を包んでいるキチン質の殻の成分解析も行ったがこれは胞内物質を抽出後蒸留水で洗浄したものを試料とした。

摘出した平衡胞に関しては走査型電子顕微鏡 SEM を用いて拡大画像解析を行い、同顕微鏡に搭載の EDX 機能を用い平衡胞全体と平衡胞の殻の部分のみ成分をそれぞれ解析した。

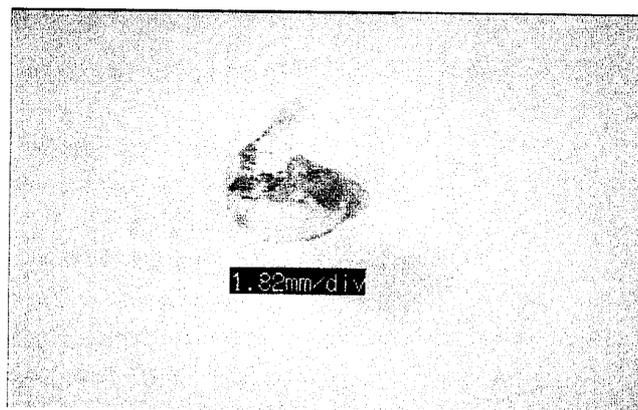


Fig. 3 Extracted statocyst.

4. 実験結果

4.1 アメリカザリガニの平衡胞

アメリカザリガニの第一触覚の付根部にある平衡胞を摘出した。Cohen(1955)はロブスターを用いて平衡胞の解剖を行ったがその図を Fig. 2 に示す。それによると平衡胞内は平衡石で満たされその周囲に包み込むように有毛細胞が配置されていることが確認できる。本研究ではアメリカザリガニの平衡胞を摘出し、その平衡胞全体の写真を撮影した。生物試料は 1999 年 8 月 22 日埼玉県飯能市小畔川にて捕獲した、体長 94 mm、性別オスのアメリカザリガニを使用し、同年 9 月 6 日に解剖した。摘出した平衡胞を Fig. 3 に、その構造説明を Fig. 4 に示す。Fig. 3 の図中にみられる黒い粒子が磁性粒子である。

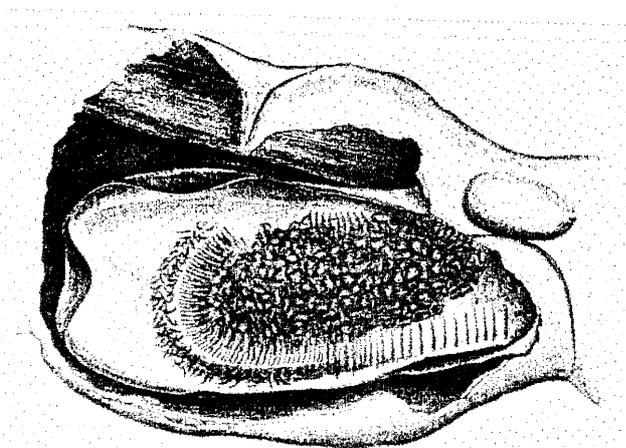


Fig. 2 Lobster's statocyst (Cohen)

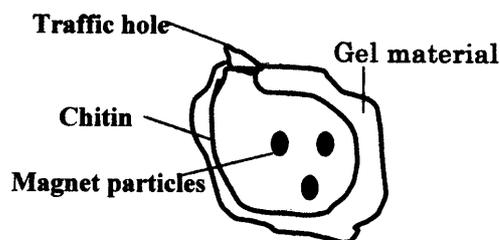


Fig. 4 Configuration of statocyst.

4.2 摘出した平衡胞の胞内物質の磁石に対する反応

アメリカザリガニから摘出した平衡胞内の物質を抽出しシャーレに移し蒸留水を入れ、抽出した物質が動きやすい状態にし、サマリウムコバルト磁石 (SmCo) を接近させると、方位磁石のような動きを見せ、吸引と反発が見られたので、N 極と S 極を持つ磁性粒子であることが確認された。(Fig. 5 参照)

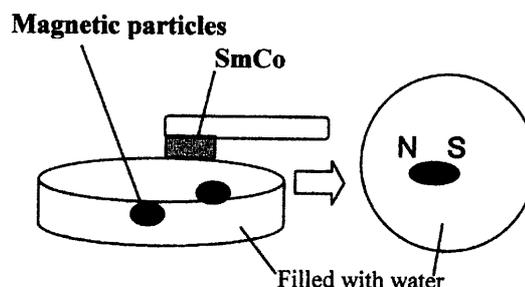


Fig. 5 Magnetic reaction

4.3 胞内から抽出した粒子の粒径測定

平衡胞内粒子の粒径分布の計測に使用した粒子の状態を Fig. 6 に示した。粒子の大きさを 10 μm 以下, 約 10~20 μm , 約 20~40 μm , 約 40~60 μm , 約 60~80 μm , 約 80~100 μm , 約 100~120 μm , 約 120~140 μm , 140 μm 以上に分類し, 分布データとし Fig. 7 に示すようにグラフ化した。



Fig. 6 Magnetic particle locations

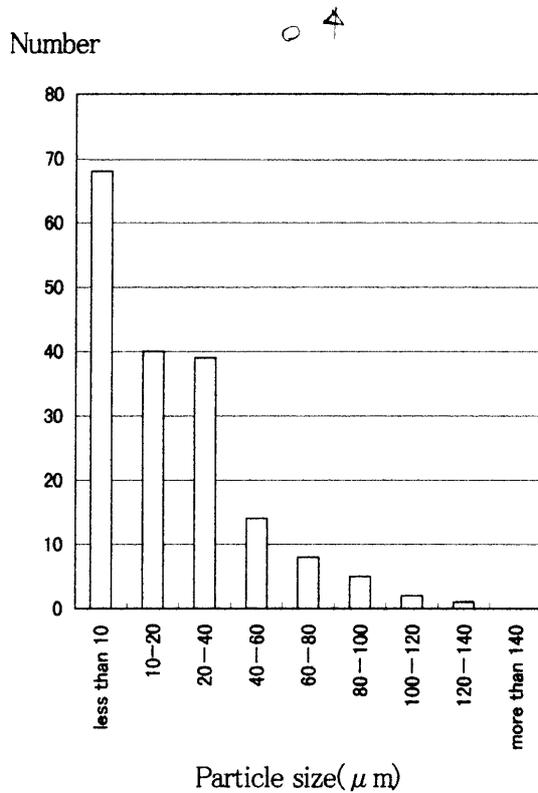


Fig. 7 Particle Size

4.4 胞内から抽出した走査型電子顕微鏡画像

平衡胞内の物質を走査型電子顕微鏡により 1250 倍で撮影したものを Fig. 8 に示す。キチン質の殻で絶縁体であるため, 電子が衝突した結果, 帯電して白くなっている。各所に見られる黒い粒子が鉄を主成分とする物質である。



Fig. 8 Photograph of statocyst

4.5 EDX による成分解析結果

走査型電子顕微鏡の EDX を用いて抽出した平衡胞全体と成分解析を行った。平衡胞全体の成分解析結果を Fig. 9 に, 平衡胞を包む殻の成分解析結果を Fig. 10 に示す。平衡胞全体の成分としては C, O, Br, Si, Ca, Ti, Fe が, 平衡胞を包む殻の成分は C, O, Br, Si, P, S, Ca が検出された。

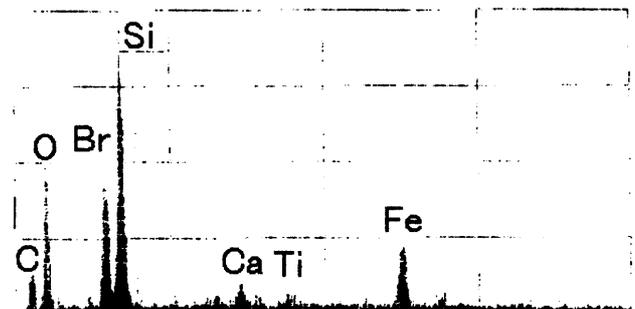


Fig. 9 Energy dispersive X-ray analysis of the extracted particles and chitin

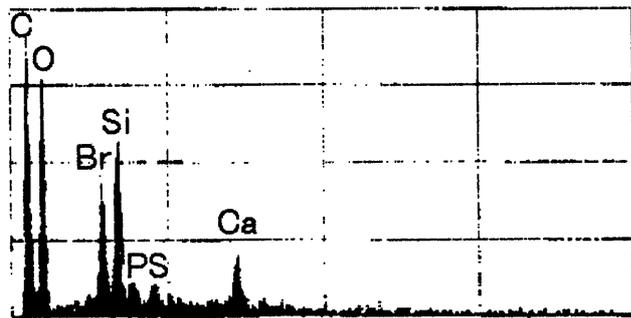


Fig. 10 Energy dispersive X-ray analysis of the extracted chitin

5. 考察

アメリカザリガニの平衡胞内から磁性粒子の存在が本研究で明らかになったが、胞内物質の成分解析結果によると鉄Fe以外にもチタンTiが存在している。磁性物質はサマリウム・コバルト磁石(SmCo)を近づけたところ、その反応からN極とS極を持つことがわかった。磁性物質の磁気的性質に関しては今回触れていないが、今後磁界からの影響をどういう形でどれだけ受けるかを調査することができるように粒径分布を測定した。粒子の大きさに関しては、胞内粒子の粒径を測定した結果より10 μm 以下が最も多く存在し(全体の約38.4%)、粒径が大きくなるに従って減少して140 μm 以上は存在しなかった。今回の実験では1匹の平衡胞のみで解析したが、統計的データとする必要がある。

平衡感覚器官より鉄が検出されたが、果たして平衡感覚器官においてバランス感覚を維持する上で鉄が重要な役割を果たしているのか?それとも平衡石としての成分は鉄以外の何であってよいのか?という課題が残されている。鉄が必要ならば平衡感覚器官は磁界によって影響を受けることになる。今後はそれらの課題に対して「平衡感覚器官に鉄は必要か?」というテーマのもとに、解決の糸口をつかむことができるような実験を検討中である。

文献

- 1) 大澤一爽著:「甲殻類の実験-33章」共立出版(1984)
- 2) Cohen, M.J.: The Function of Receptors in the Statocyst of the lobster *Homarus Americanus*, *Journal of physiology*(1955)
- 3) 日本動物学会: 動物解剖図, 丸善株式会社 p105
- 4) Kreidl, A.: We;tere Be;tere Bei;träge zur Physiologie des Ohrlabyrinthes. Versuche An Krebsen. S.B. Akad. Wiss. Wien, 102, 149-174(1893)