

アカテガニ幼生の孵化機構： 卵殻内層（E₃層）の溶解から孵化が起こるまで

三枝 誠行・寺嶋 倫弘

Masayuki SAIGUSA and Michihiro TERASHIMA: Hatching of an estuarine crab
Sesarma haematocheir: From dissolution of the inner layer (E₃) to hatching*

Faculty of Science, Okayama University, 2-1-1 Tsushima, Okayama, Okayama 700-8530, Japan

多くの十脚類の卵は、生殖口から生み出されるとすぐに雌親の腹部にある担卵毛に付着し、胚発生の間親による保護を受ける。胚発生が終了すると、胚はゾエア幼生として孵化する。甲殻類幼生の孵化は、他の動物胚と違って、卵殻が溶解するというよりも、むしろ裂けるという印象を強く受ける（例えば、Yonge, 1937; Marshall and Orr, 1954; Burkenroad, 1947; Davis, 1959, 1964; Saigusa, 1992）。そのため、卵殻が破裂する機構を説明するためにいろいろな仮説が提示された。

甲殻類幼生の卵殻は、普通の光学顕微鏡では、外側の厚い層と内側の薄い層と、2種類の層から構成されているように見える（Yonge, 1937, 1946; Davis, 1959）。孵化は多く種類では、先に外側の層が割れ、それとともに内側の薄い層が膨張し、やがて破裂するという特徴が見られる（Davis, 1959, 1968, 1981）。このような現象を説明するために、胚が孵化直前に高浸透物質を分泌し、それによって外界から吸水が起こり、内部に生ずる圧力によって外側の卵殻が破裂するという考え方が支配的であった（Davis, 1959; Clegg, 1964; Hall and MacDonald, 1975）。一方、河口域や潮間帯のカニ類では、光学顕微鏡で観察すると、胚はただ一つの層によって包まれているように見える。カニ類の場合にも、孵化は卵殻が突然破裂することによって起こる（Saigusa, 1992）。ただ、カニ類の胚を包む卵殻はかなり硬く、また強い性質の素材で作られていて、いろいろな薬品で処理しても壊れたり、破裂したりすることはない（Yonge, 1946）。このような強靱な卵殻が、浸透効果によって破裂するということはおよそ考えにくい。もっと明確な機構があるはずである。

カニ類幼生の孵化機構を探る際に、まず、孵化の際に卵殻は絶対に溶解されないのか、という疑問が生じる。今まで得られた孵化に関する知見は、実体顕微鏡を含めて低倍率の光学顕微鏡による観察に基づいたものである。高倍率の顕微鏡下では、違った観察が可能になるかもしれない。つぎに、孵化の際には胚の特定の領域で卵殻が裂けるのか、あるいは卵殻は胚のどの位置でも割れるのか、という疑問が起こる。胚の特定の領域で卵殻が裂けるかどうかは、孵化の機構を考える上で、極めて重要なポイントになるだろう。

結果および考察

この研究では、透過型電子顕微鏡を用いて、アカテガニ胚の卵殻の微細構造、ならびに孵化の前後で卵殻に起こる変化を観察した。アカテガニ胚の卵殻は3層から構成されており、外側から第1層（E₁）、第2層（E₂）、そして第3層（E₃）と名付けられた。第3層は波状になっているので、卵殻の強度を維持するのは、おそらく外側の2層であろう。孵化に際しては、外側の2層には何の変化も見られなかったが、最も内側の第3層は明らかに溶解されていることがわかった。

また、孵化に際して、卵殻は胚体の特定の部域で割れるのかどうかを調べるために、胚体内に存在する色素胞を目印にして、ヤヌスグリーン、ニュートラル・レッドなどの生体染色用の色素でスポットをつけた。すなわち、複眼の間（背側に近い方）にある小さな黒色色素胞を spot 1、胸部背側の心臓の真上にある黒色—オレンジ色の色素胞を spot 2、腹部第1節にある黒色色素胞を spot 3、さらに複眼の間、口器の付近にある大きな黒色色素胞を spot 4として、マーキングした。この実験の結果（Fig. 1）、卵殻は胚の胸部背側で割れることが明らか

* Abstract of paper read at the 35th Annual Meeting of Arthropodan Embryological Society of Japan, June 4–5, 1999 (Okayama, Okayama).

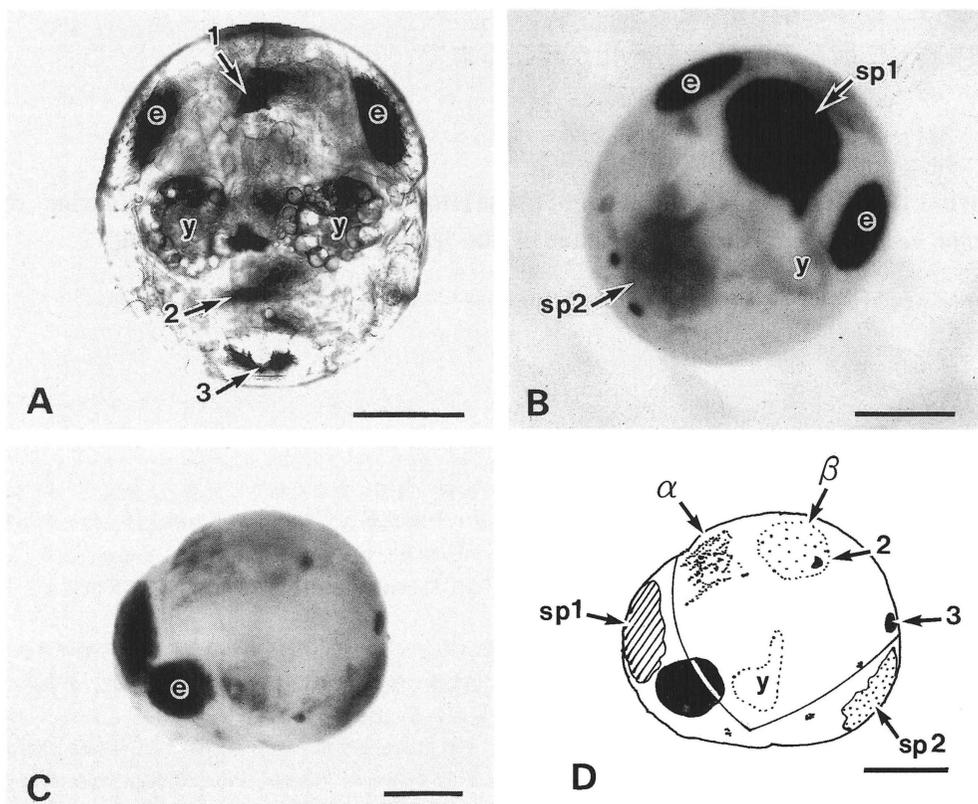


Fig. 1 Embryos of *Sesarma haematocheir* just before hatching (living specimens). A. A dorsal view of an embryo, showing chromatophores 1 to 3. B. Marking on the egg envelope with Janus green (spot 1) and neutral red (spot 2), which were respectively placed on the chromatophores 1 and 2. C. Hatching of an embryo. D. Sketch of C. α and β indicate the traces of Janus green (spot 1) and neutral red (spot 2) on the epidermis of the hatched larva. Scales = 100 μ m. 1: a black chromatophore between the compound eyes (chromatophore 1), 2: an orange chromatophore above the heart (chromatophore 2), 3: a large black chromatophore in the first segment of the abdomen (chromatophore 3), e: compound eye, sp1: a spot of Janus green on the chromatophore 1, sp2: a spot of neutral red on the chromatophore 2, y: yolk.

かになった (Table 1)。

孵化が起こる胸部背側には長い突起があり、孵化前は前方にたたまれているが、孵化とともに後方に急激に伸張する。しかし、これは「硬い棘」ではなく、柔らかい突起と呼ぶことのできるような器官であり、これが伸張することによって胸部背側にある卵殻が裂けるとは考えられない。一方、胸部背側には長軸方向と直角に配列している 20 ほどの筋肉の束がみられる。これらの筋肉は、孵化の前には「くの字型」をしているが、孵化とともに外側に大きく伸張していることがわかった。胸部背側の卵殻が割れるのは、これらの筋肉の束が急激に伸張するためであるように思える。

これらのことから、カニ類の孵化機構について、つぎの二つのステップで説明できるだろう。すなわち、第 3 層が溶解することにより、卵殻の透過性が変化し、卵殻の周囲から吸水が可能になる。吸水は腸の逆蠕動によって起こり、その結果、胚体が膨張する。それに加えて、胸部背側にある筋肉の束が外側に向かって急激に伸び上がることにより、卵殻が破裂するものと考えられる。また、胸部背側にある突起の基部に直径 30 μ m ほどの一対の分泌腺が発見されたが、この分泌腺が孵化に直接関係するかどうかはまだ不明で、少なくとも、OHSS (Ovigerous-hair stripping substance) の抗体には反応しない (cf. Saigusa and Iwasaki, 1999)。あるいは胚発生過程で蓄積した老廃物を濾過する腎臓であるとの可能性も否定できない。

Table 1 Observations of breakage of the egg capsule in *Sesarma haematocheir* embryos.

Area of spots 1 and 2 (N=45)		Area of spots 2 and 3 (N=50)		Area of spots 3 and 4 (N=30)	
Site of breakage	No. of embryos	Site of breakage	No. of embryos	Site of breakage	No. of embryos
Spot 1	2	Spot 2	7	Spot 3	0
Between 1 and 2	28	Between 2 and 3	0	Between 3 and 4	0
Spot 2	15	Spot 3	0	Spot 4	0
Other sites	0	Other sites	43	Other sites	30

引用文献

- Burkenroad, M.D. (1947) *Am. Nat.*, **81**, 392-398.
 Clegg, J.S. (1964) *J. Exp. Biol.*, **41**, 879-892.
 Davis, C.C. (1959) *Biol. Bull.*, **116**, 15-29.
 Davis, C.C. (1964) *Am. Mid. Nat.*, **72**, 203-210.
 Davis, C.C. (1968) *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, **6**, 325-376.
 Davis, C.C. (1981) *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, **19**, 95-123.
 Hall, R.E. and L.J. MacDonald (1975) *Hydrobiologia*, **46**, 369-375.
 Marshall, S.M. and A.P. Orr (1954) *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **33**, 393-401.
 Saigusa, M. (1992) *Pacif. Sci.*, **46**, 484-494.
 Saigusa, M. and H. Iwasaki (1999) *Biol. Bull.*, **197**, 174-187.
 Yonge, C.M. (1937) *Proc. Zool. Soc. Lond. Ser. A*, **107**, 499-517, 1 pl.
 Yonge, C.M. (1946) *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **26**, 432-438.