

軟体動物の教材化に関する研究

2 カワニナの胚発生

小池 啓一・飯塚 さやか
群馬大学教育学部理科教育研究室
(1987年9月12日受理)

Studies of Molluscs as Teaching Materials.

2. Embryonic Development of a Freshwater Snail, *Semisulcospira libertina* (Gastropoda: Prosobranchia).

Keiichi KOIKE and Sayaka IZUKA

Department of Science Education, Faculty of Education, Gunma University
Maebashi, Gunma 371, Japan
(Received Sept. 12, 1987)

Abstract

Embryonic development of a common freshwater snail, *Semisulcospira libertina* was studied from some biological and educational interests. In this ovoviviparous species, females had hundreds of embryos in the brood pouch all the year round. Typical spiral cleavage, the trochophore and veliger larvae, and birth of the young snails could be observed easily at any time of the year.

はじめに

高等学校の理科 I における「生殖と発生」の章では、動物の発生を扱っているが、発生過程の説明にはカエルやウニが用いられることが多い。しかし、実際にそれらを教材として授業に取り入れるのはなかなか困難である。限られた時間で、一連の発生過程を観察するためには、教材としてはあまりなじみのない軟体動物、特に腹足綱（巻貝）は好適な材料である。

これまでに発生の教材として開発が試みられた種類は、海産の巻貝ではカラマツガイ（小池・篠原，1986）、淡水産の巻貝ではインドヒラマキガイ（井上，1980）、モノアラガイ、サカマキガイ、タニシ、カワニナ（石原，1980）、ヒメタニシ（田中，1985）などがある。これらのうち、一

年中容易に材料の入手ができ、発生の観察に適している淡水産の卵胎生の巻貝カワニナ *Semisulcospira libertina* については、石原（1980）の非常に簡単な報告しかない。そこで、動物の発生過程を観察するための教材として、カワニナの胚発生の観察法と発生過程の特徴を明らかにしようと試みた。

この研究を行うにあたり、指導・助言をいただいた筑波大学医療技術短期大学部西脇三郎教授、筑波大学生物科学系牧岡俊樹助教授に感謝する。また、胚発生の予備的な観察に協力していただいた、昭和59年度研究生篠原敦子氏（現、群馬県立榛名高等学校）に感謝する。

材料と方法

1 カワニナの採集

カワニナは湖や沼、小さな池や河川にすんでいるが、特に多い場所は浅い小川や一年中流れている農業用水路などである。コンクリート製の浅い水路に多産する場合もある。冬期を除いて、石の表面や浅い泥の上を摂餌のためにはっていることが多い。はった跡が水底の石や泥の表面についているので、採集する際の目印になる。はい跡近くの石や物陰に注意して探す。冬期は、水

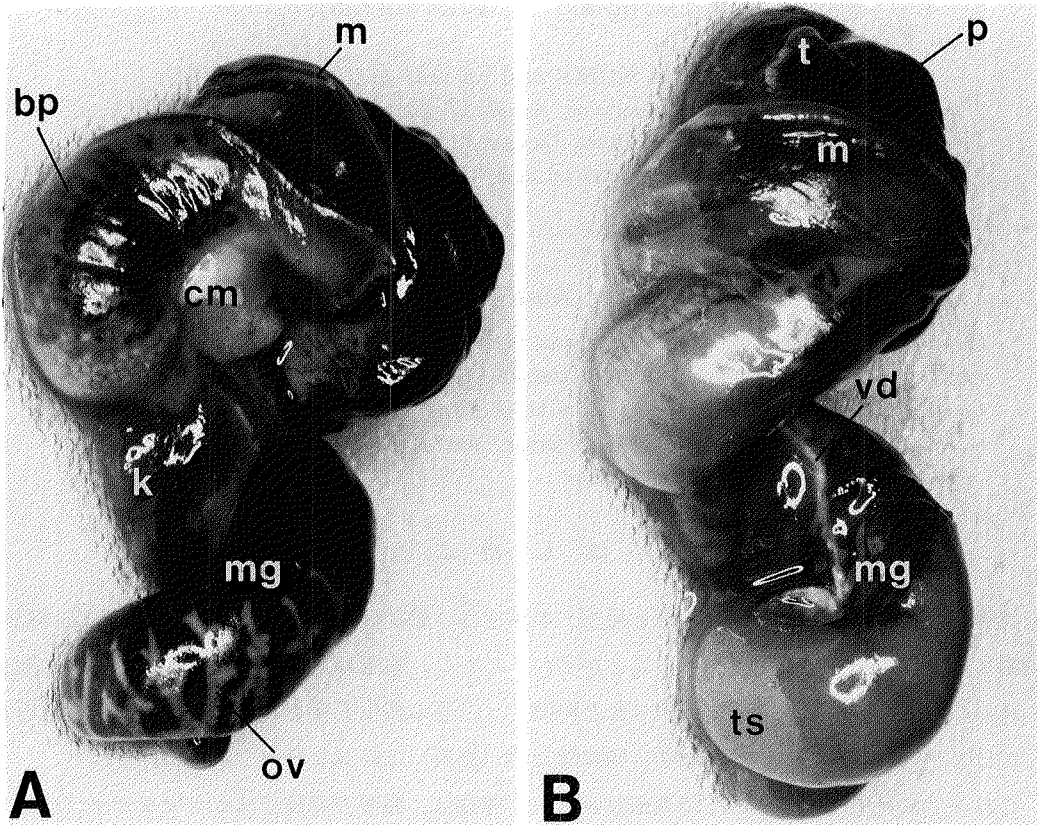


図1 カワニナの軟体部 A. 雌, B. 雄. bp: 保育嚢, cm: 軸柱筋, k: 腎臓, m: 外套膜, mg: 中腸腺, p: 吻, ov: 卵巣, t: 触角, ts: 精巣, vd: 輸精管。

底に堆積した落葉の下や、泥の中に埋もれていることが多い。

2 解剖

カワニナは一般に雌の方が雄より大きいことが多いが、外形からは確実に判別することはできない。

採集してきたカワニナは、殻をハンマーで割り、傷つけないように注意しながら軟体部を露出させる。ピンセットを用いて、殻から軸柱筋をはずす。

雌の軟体部には、らせん状に巻いた中腸腺の表面に、緑褐色をした樹枝状の卵巣が存在する(図1, A)。卵巣の形態は周年ほとんど変化しない。樹枝状の卵巣は腹面で1つに集まり、細長い輸卵管につながる。輸卵管は心臓の近くで大きな保育囊に連絡している。保育囊の中には、周年、数百から1500位の胚が含まれている。保育囊は直腸とともに、外套膜の内側に平行して並んでおり、外套腔の入口近くで、肛門の右側に開口している。胚は成長して幼貝になると、保育囊の開口(出生孔)から産み出される。

雄では、中腸腺の表面を黄褐色の精巣が覆っている(図1, B)。精巣は中腸腺の背面のほとんどを覆っていることが多いが、発達の悪い精巣は、卵巣と同じように樹枝状をしている。精巣は腹面で1本の輸精管に連絡している。精子で満たされた輸精管は白色に見える。雌の保育囊が存在する部分には摂護腺があり、輸精管と連絡している。

カワニナは体内受精を行うが、雄には交尾器官(ペニス)は存在しない。雄は、長さ約7mmの細長いバナナ型をした精莢(精包)に精子を入れて、雌に渡す。雌は、保育囊に隣接する交尾囊の開口に精莢の先端を取り込み、精子をもらい受ける。空になった精莢は体外に捨てられる。

以上述べたような生殖器官の特徴、特に保育囊の有無によって、雌雄は簡単に区別できる。

3 胚の観察法

保育囊中の胚を観察するために、カワニナ用の生理食塩水(Chernin's solution)を用意する。

NaCl	2.80 g
KCl	0.15 g
NaHPO ₄ (無水)	0.07 g
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	0.45 g
CaCl ₂ · 2 H ₂ O	0.53 g
NaHCO ₃	0.05 g

以上の薬品を1リットルの蒸留水に溶かし、pH 7.3~7.5に調整する。短時間の観察であれば、Chernin's solutionの代わりに、3倍に希釈した濾過海水(人工海水でもよい)を用いてもよい。

先の細いピンセットで保育囊を破り、ピペットなどで胚を取り出して、生理食塩水か3倍希釈海水を入れておいた時計皿に入れて、実体顕微鏡で観察する。卵や胚は大きく不透明なので、透過光では観察しづらい。落射照明により観察する。若い胚は卵囊を取りはずすのが難しく、トルイジンブルーなどで胚を染色して観察するのは困難である。輸卵管接続部付近の保育囊には、乳

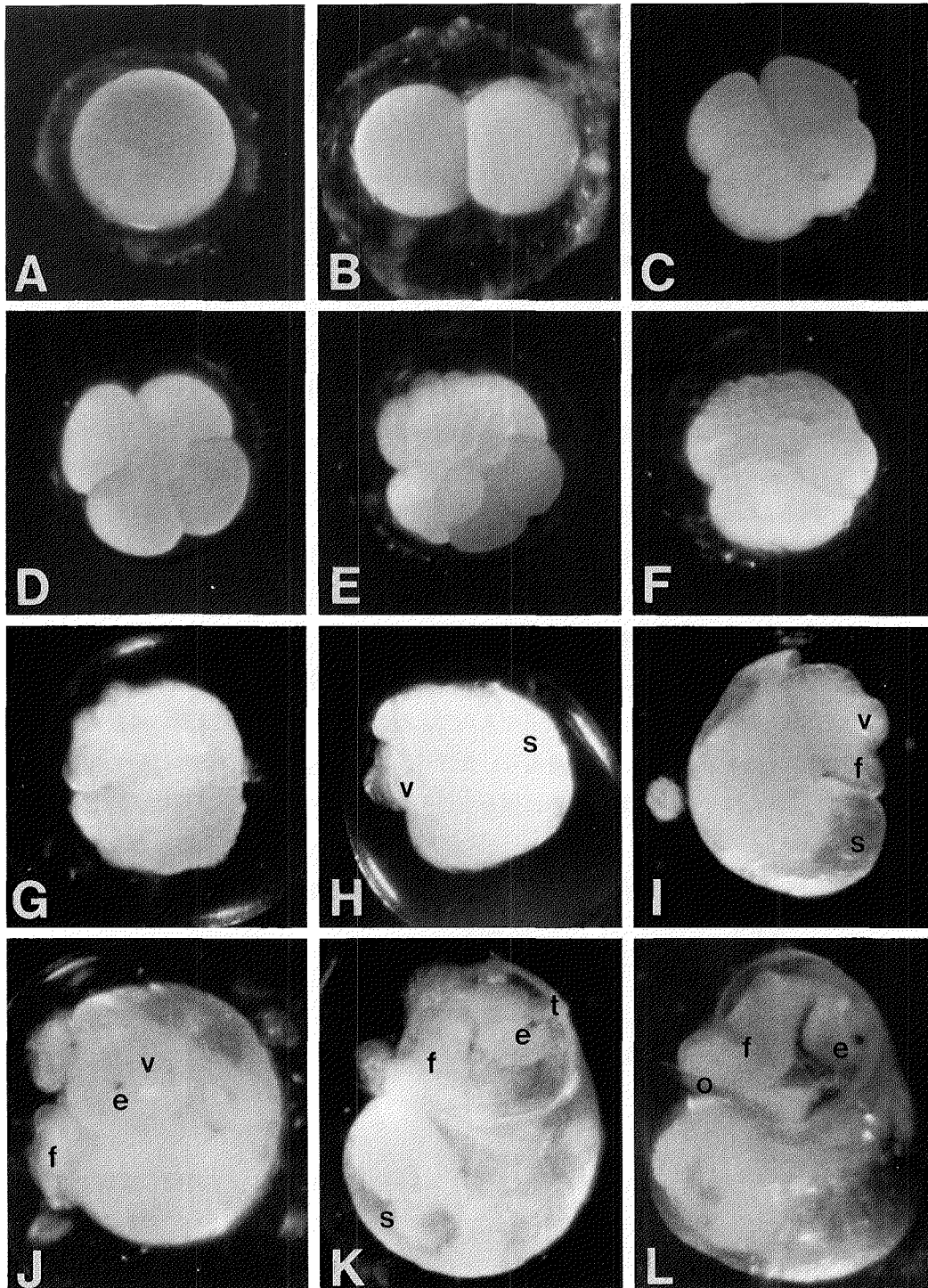


図2 カワニナの発生(1) A. 1細胞期, B. 2細胞期, C. 4細胞期, D. 8細胞期, E, F. 16細胞～胞胚期, G. トロコフォア幼生前期, H. トロコフォア幼生後期, I. ベリジャー幼生前期, J. ベリジャー幼生後期, K. 幼貝I期, L. 幼貝II期。e:眼, f:足, o:蓋, s:殻, t:触角, v:ベラム(面盤)。

白色の卵割期の胚が、出生孔に近づくにつれて、成長した幼貝がらせん状に並んで入っている。

カワニナの胚発生の特徴

実体顕微鏡を用いて、保育嚢内の胚を観察し、胚発生を以下の13段階に区分した。

A. 1細胞期 (図2, A)

受精卵は径約 $330\mu\text{m}$ で、ほぼ球形。乳白色をしており、多量の卵黄顆粒を含むため、内部は不透明である。透明な卵嚢(卵被嚢)に包まれている。

B. 2細胞期 (図2, B)

第1卵割は動物極と植物極からくびれを生じて、ほぼ同じ大きさの2割球になる。

C. 4細胞期 (図2, C)

第2卵割は、動物極と植物極を通り、第1卵割と直交する面で起り、ほぼ等しい大きさの4割球となる。

D. 8細胞期 (図2, D)

第3卵割は、第1・第2卵割と直交する面で起る。動物極側から見ると、4個の割球から時計回りに4個の小割球を生じる。小割球は大割球に対し 45° ずれる。4個の小割球は大割球に較べかなり小さいので、注意しないと見落してしまう。

E. 16細胞期～囊胚期 (図2, E, F)

第4卵割により、植物極側の4個の大割球から反時計回りに4個の小割球が、さらに、動物極側の4個の小割球から反時計回りに4個の小割球を生じ、16割球となる。このように、偶数番目の卵割では反時計回りに割球を生じ、奇数番目の卵割では時計回りに割球を生じる。

16細胞期以後、細胞数の増加に伴い、それぞれの割球を実体顕微鏡で識別するのは困難になる。そして、発生は胞胚を経て囊胚へと進み、胚はほぼ球形になる。

F. トロコフォア(担輪子)幼生前期 (図2, G)

カワニナのトロコフォア幼生は、海産の多くの巻貝で見られるような、典型的なそろばん球のような形にはならない。この時期に繊毛環が生じるが、実体顕微鏡による判別は困難である。幼生の大きさはおよそ $380\times 330\mu\text{m}$ 。

G. トロコフォア幼生後期 (図2, H)

ベラム(面盤)の原基が形成され、背面に透明な殻が生じる。幼生の大きさはおよそ $390\times 320\mu\text{m}$ 。

H. ベリジャー(被面子)幼生前期 (図2, I)

殻が次第に発達し、1対のベラムができる。ベラムには多数の繊毛が生えており、時々繊毛を動かす様子が観察できる。幼生の殻の大きさ約 $430\times 330\mu\text{m}$ 。

I. ベリジャー幼生後期 (図2, J)

ベラムはこの時期に最も発達するが、海産の巻貝のベリジャー幼生と比較するとかなり小さい。

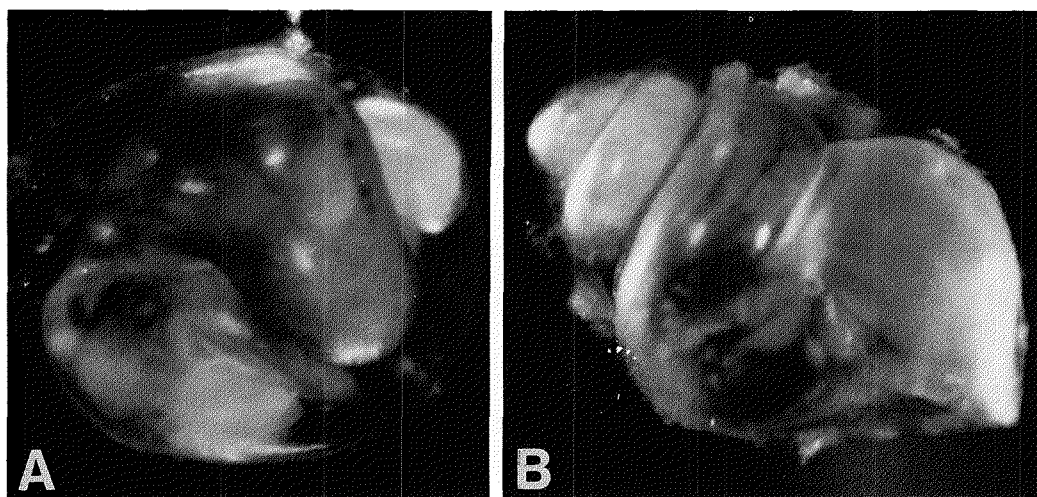


図3 カワニナの発生(2) A. 幼貝III期, B. 幼貝IV期。

眼がよく判別できるようになり、足が発達し、その後部背面に蓋が生じる。この時期に殻は巻き始め、体をすべて殻の中に収納できるようになる。幼生の殻は長径約 $490\mu\text{m}$ 、短径約 $400\mu\text{m}$ 。

受精後、トロコフォア幼生にいたるまで、胚はほとんど同じ大きさであったが、ベリジャー幼生になると、次第に成長を始める。

さらに成長し、眼の横に透明な触角が生じるようになると、ベラムは退化を始める。

J. 幼貝I期 (図2, K)

ベラムは消失し、透明な触角が発達する。殻はまだ透明で、心臓の搏動がよくわかる。体を活発に動かすようになる。殻は長径約 $530\mu\text{m}$ 、短径約 $470\mu\text{m}$ 。

K. 幼貝II期 (図2, L)

殻は2層目を生じ、次第に褐色となる。外套膜や触角に色素胞が出現する。殻は長径約 $600\mu\text{m}$ 、短径約 $520\mu\text{m}$ 。

L. 幼貝III期 (図3, A)

殻は2～3層になる。成長脈が判別できるようになり、褐色になる。蓋も褐色になる。殻高約 $960\mu\text{m}$ 、殻径約 $750\mu\text{m}$ 。

M. 幼貝IV期 (図3, B)

殻は4層になり、基本的に成貝と同様の形態をしている。殻高約 $1310\mu\text{m}$ 、殻径約 $990\mu\text{m}$ 。水槽中での飼育観察によると、幼貝III期またはIV期の段階で出産される。

考 察

巻貝の発生の一般的特徴としては、次のような点が考えられる。まず、海産の巻貝の発生における特徴を挙げると、

1. 普通、卵は卵囊に包まれて産み出される。

2. らせん型の卵割を行う。
3. 胞胚，囊胚を経て，トロコフォア幼生になる。体外受精を行うものの多くは，この状態で孵化する。
4. その後，背面に殻が生じ，繊毛環から発達した運動器官であるベラムを持ったペリジャー幼生になる。海産の巻貝の多くはこの状態で孵化する。ペリジャー幼生期は，底生生活を行う巻貝にとって，分布を広げるための重要な手段となっている。
5. 変態して幼貝となり，底生生活を始める。この状態で卵囊から孵化してくるものもある。
6. より発生が進んだ状態で孵化してくるものほど，卵囊内での栄養補給システムが発達している。例えば，卵黄を多量に含んだ大型卵を形成したり，卵囊内に栄養分が含まれていたり，1つの卵囊内に正常に発生する幼生の餌となる栄養卵を多量に含んでいたり，さらに，他の幼生を捕食して育つ場合などがある。

これに対して，淡水産の巻貝の発生は，淡水域という環境への適応から，海産の巻貝と異なる点がいくつか存在する。

1. 発生過程は基本的に海産の巻貝と同様であるが，すべて体内受精を行う。
2. 卵囊内でトロコフォア幼生やペリジャー幼生の時期を過ごし，幼生の形態が特殊化しているものが多い。
3. 生活史の一時期，ペリジャー幼生で孵化し，海に降るものを除いて，幼貝で卵囊から孵化してくる。
4. 淡水産の巻貝は，比較的大型の卵を産むものと，雌の保育囊内で卵囊を通して栄養補給をし，幼貝まで成長してから出産するものが多い。

カワニナの胚発生をこれら巻貝の発生の一般的特徴と比較し，教材としての利点を考えてみると，まず，材料の入手・飼育が容易であること。保育囊中に非常に多くの胚を保持しているので，雌1個体で，複数の学生の観察に用いることができ，卵割期の胚から，出産直前の幼貝まで，一年中観察することができること。卵囊が小さく，透明で，観察の邪魔にならないこと。すべての発生段階が実体顕微鏡で観察可能な大きさであること，などである。

一方，欠点としては，卵が比較的大型で，多量の卵黄を含み，不透明なため，透過光ではうまく観察ができないこと。また，第3卵割以後，不等割になるため，動物極側の小割球の識別が困難になること。胞胚や囊胚を区別するのが難しいこと。卵胎生であるため，あまり典型的なトロコフォア幼生やペリジャー幼生の形態を示さないこと，などである。

このように，カワニナの胚発生には観察に不都合な点も存在するが，海産動物の入手が難しい地域では，動物の発生の一般的な特徴を理解させるための教材として十分利用可能な材料であると考えられる。

文 献

- 井上勤監修（1980）顕微鏡観察シリーズ2．動物の顕微鏡観察．地人書館，ix+228pp.
- 石原勝敏編（1980）科学と実験別冊，発生学実験．共立出版，262pp.
- 小池啓一・篠原敦子（1986）軟体動物の教材化に関する研究 1.カラマツガイの発生．群馬大学教育実践研究，3：73-85.
- 田中昌子（1985）タニシの観察．ラボラトリーアニマル，2：58-61.