

海産生物における実験動物化について思うこと

三 枝 誠 行

岡山大学教養部自然系

1. 実験材料としての海産動物

最近「実験動物」という言葉をしばしば耳にするようになったが、この用語が実際に何を意味しているものなのか、正直のところ私にはよくわからない。今のところおそらく2つの使い方があるのだろう。

ひとつは、生物実験の材料として現によく使われているか、あるいは今後そのようなことが可能になるような動物を指す場合である。もうひとつはもっと厳密な使い方、長年人工の環境下で継代飼育がなされ、その過程で生じた多くの系統 (strain) が保存され、また各系統の遺伝的な性質までかなりよくわかっているような動物を指す場合である。後者の例としては、キイロショウジョウバエ (*Drosophila melanogaster*)、実験用マウス (*Mus musculus*)、あるいは研究用のラット (*Rattus norvegicus*) などが代表的なものであろう。

さて、海にすむ生物ではそのへんの事情はどのようになっているのだろうか。驚くほど数多くの種類数をかかえた海産動物の中には、実際に実験動物化されているものがあるのだろうか。答えは簡単である。前者の意味ではイエスであり、後者の意味ではノーである。つまり、海産生物の中には好んで実験に使われる種類もあるが、そのために継代飼育がなされているようなものはないということである。

海産の生物のうち実験用の動物として最も頻繁に使われてきた生物は、棘皮動物のウニ類 (sea urchins) であろう。ウニの間は個体数が多いことに加え、人工的に放卵や放精 (spawning) を誘発することが極めて容易なことから、受精現象や卵の初期発生の研究に格好の実験材料となってきたのである。また、一種類ずつの産卵期は2~3ヵ月と長くはないが、その時期が種によってかな

り異なるので、ほぼ一年を通じて材料が手に入ることも有利な点である (表1)。

これらの実験用海産動物は、表1に記載されているような生物であれば、各地にある臨海実験所に頼んで採集してもらうことができる。臨海実験所で実際に使われている生物や、その付近で特によくとれるような生物もまた採集してもらうことができるだろう。しかしながら、その他の生物については各自の努力で採集してこななければならない。

例えば私の扱っている主な実験材料はアカテガニ (*Sesarma haematocheir*) という河口や海岸付近の山腹にすむ陸生のカニであるが、この仲間は慣れないと採集は容易ではない。もちろん海岸付近では割とよく見かけるカニなので、10匹や20匹ならばすぐに採集することができるが、春先にまだ山の中で冬眠している個体を百匹とか、夏であれば抱卵している雌を何十匹ということになれば、とても他人の手をわずらわすことはできない。こういうわけで、私の場合はいつも実験材料は自分の手で採集することにしている。

話のついでにアカテガニをどのようにして採集するのかについて紹介してみたい。本種は幼生期 (ゾエアおよびメガロバ期) は海で過ごす、稚ガニになってからは陸上で生活するようになる。といっても、生活はやはり水際が中心で、また脱皮も水の中で行なわれる。秋になると水際を離れ、山腹の土手などに掘られた巣穴に入って春まで冬眠する。

本種の場合にはおそらく3年ぐらいで生殖が可能になるのだと思うのだが、このような個体は雄雌ともに産卵場所の近く、すなわち河口や海岸の水際に近いところで生活するようになる。初夏になると雌は抱卵し、1ヵ月ほどして川岸に現われ、今まで抱いていた何万という数の卵をゾエア幼生

表1 主要実験海産無脊椎動物繁殖期表*

種名	観測域 (北海道)	厚岸 (青森)	浅虫 ¹⁾ (青森)	館山 ²⁾ (千葉)	三崎 ³⁾ (神奈川)	下田 ⁴⁾ (静岡)	菅島 ⁵⁾ (三重)	白浜 ⁶⁾ (和歌山)	佐渡 ⁷⁾ (新潟)	能登 ⁸⁾ (石川)	隠岐 ⁹⁾ (島根)	玉野 ⁹⁾ (岡山)	向島 (広島)	中島 ¹⁰⁾ (愛媛)	合津 ¹¹⁾ (熊本)	天草 ¹²⁾ (熊本)
ムラサキムニ			6上-9中	6中-9中	6上-10上	6中-8中	5上-9下	6下-9上	7上-9中	6中-7上	6上-9中	7上-9中	7上-9中	6下-8下	5下-8下	
キタムラサキウニ		9中-10下	9上-10中					9中-10下								
バフンウニ	a ¹⁾ 5中-8中	1上-4下	12下-4中	12下-4上	12下-5上	1上-5上	1上-4上	1上-4中	1上-4中	1上-4中	1上-5上	1上-3下	1上-4上	1上-3下	1上-3下	
アカウニ			10中-1下	10上-1上	10下-1下	10上-2下	10中-12下		11下-1下	11下-2中	10上-12上		10上-12中			
サンショウウニ		b ¹⁾ 6下-8下	6下-9上			6下-9中	6中-10上		c ¹⁾ 6上-8下		6上-8上	5下-8上		6中-8下	6中-8下	
ラッパウニ			7上-10上	7中-8中			4上-8下									
タコノマクラ			7上-8中	6上-8上	5下-9中		6上-9上		7上-9中							
スカシカシバン			6下-8中	8中-9中										d ¹⁾ 4下-6下		
キヒトデ	5上-7上	3下-5中	12上-4中	2中-4中												e ¹⁾ 6上-7下
イトマキヒトデ		8下-10上	5上-7中	3下-6上		5上-9下			5上-10下	5上-7下						
マガキ	8上-10下	6下-8中		6下-9上	5中-10中	6下-9上		6下-8下					7上-9下		6下-9上	
ケガキ			6中-9中	6下-9上	5上-11上	6中-9上	6上-9中		5下-9下		6中-8上	7上-9下			6中-8下	
ムラサキイガイ		12上-5下	12上-3下										12上-3下			
シロボヤ		f ¹⁾ 4, 11中-12上				g ¹⁾ 7上-9下	6中-8下	3中-11下	7下-8下							6上-8下

* 各月の上, 中, 下旬で表示。

a) エゾバフンウニ, b) キタサンショウウニ, c) ハリサンショウウニ, d) ハスノハカシバン, e) ヒラモミジガイ, f) マボヤ, g) ベニボヤ。

1) ほかに, エゾバフンウニ (4上-5上, 10上-12上), ツガルウニ (3下-4下), オカメブンブク (4下-5下), スナヒトデ (6中-7上), マナマコ (6上-6下), スポヤ (12中-1上)。

2) ほかに, ガンガゼ (7中-8中), コシダカウニ (7中-9中), ナガウニ (7下-9上), タワシウニ (6下-9上), ツバサゴカイ (7中-9上)。

3) ほかに, ガンガゼ (7中-8中), ヨツアナカシバン (8中-8下)。

4) ほかに, オオツノヒラムシ (3上-5下), スズコケムシ (6中-10中), アカテガニ (7上-9下), タツナミガイ (3上-5中), アメフラシ (2下-5中)。

5) ほかに, イムシ (12上-1下), エボヤ (6中-8下)。

6) ほかに, ガンガゼ (5下-9下), コシダカウニ (6上-9下), ナガウニ (7上-9下), シラヒゲウニ (7中-12中)。

7) ほかに, ニッポンクモヒトデ (7中-8下), イワガニ (7上-8上), アメリカフジツボ (7上-8下), イボニシ (7上-8下)。

8) ほかに, マナマコ (2下-5下), アメフラシ (5下-10上)。

9) ほかに, カミクラゲ (3上-5上), ゴゴシマイムシ (5中-7上)。

10) ほかに, ゴゴシマイムシ (7中-9上)。

11) ほかに, ツバサゴカイ (7中-9上)。

12) ほかに, オカメブンブク (7上-9中)。

(国立大学臨海臨湖実験所長会議, 1978より)

理科年表 (昭和63年版)

として孵化させ、水際でそれを震い落とすのである。

アカテガニの採集は、まだ冬眠の終わらない時期にはトウグワを使って行なう。巣穴は浅いもので10cm、深いものでは50cmを越すので、百匹も掘り出すには相当日にちがかかる。おまけに掘れそうな場所が限られていて、そのような場所を探すのも一苦勞である。

採集に際しては、今までいろいろな人に会ったが、気軽に許可してくれる人もいたが、下見のためにウロウロただけで怒鳴りまくるような人も少なくなかった。こんな経験から、このような採集が必要な時にはなるべく人里離れ、人目につかないところで行なうようにしている。言ってみれば泥棒のようなものである。

一方、抱卵した雌の採集は河口の土手などで雨が降っている日に行なうことが多い。乾燥が続くと穴の中に深く入り込み採集がしにくいのである。採集は軍手だけあればできるのだが、このような場所は一般にゴミの投げ捨て場になっていることが多く、やり切れなさを感じることも少なくない。ゴミの不法投棄だけではなく、海岸沿いや河口の年々ひどくなる汚染や破壊を目の当たりにすると、人間の「裏」の顔が見えてきて仕方ないのである。自然環境の中には人間の生活の影響はもとより、そこには人間社会の「質的水準」が露見している。

だいふ話が暗くなってしまって恐縮であるが、逆に言うならば、アカテガニのような生物こそ後者の意味での実験動物化することが望ましいのだと思う。しかしながら、何せ食用にもならず、実験用動物としての需要もないときは、その見込みはゼロである。

2. 海産動物を飼育する

海産動物の一生はどれくらいなのか見当がつかないのであるが、見かけよりはずっと長いようである。これは想像なのであるが、例えば、食用になるガザミは3～4年と短かいが、アカテガニやベンケイガニでは10年やそこら生きるものがあるだろうし、イセエビとかカカアシガニなどになると優にその倍は生きているものがたくさんいるのではないだろうか。

このように海産動物の一代は非常に長く、しかも生殖が可能になるのが最も早いものですら生まれた翌年というような状況では、マウスやラットのように継代飼育をすることは容易ではなからう。ウニやヒトデの場合とて事情は同じである。加えて飼育には常に新鮮な海水を必要とすることが多いので、飼育する場所も自ずと限定されてしまうのである。今のところは幼年までは育てても、あとは自然にまかせてしまう方が得策なのである。

こう書いてくると、海産動物の継代飼育は全く不可能のように思われるかも知れないが、もちろんそれができる生物もいる。その例が潮間帯に生息しているウミユスリカの仲間である(図1)。陸上で100万種を越えるとも言われる昆虫類の中で、海洋環境に入り込んでいる種類は、このウミユスリカの他にほんのわずかのグループしかいないということを御存知の方は比較的少ないように思う。

ウミユスリカの飼育は実験室の中で容易にできる。まず、生の海水を煮沸し、冷めたところで蒸留水を加え、15～25%くらいの塩分濃度にする。そして、プラスチック容器(何でもよい)に4分の1程度の海水を入れ、あとはエアレーションしておくだけでよいのである。

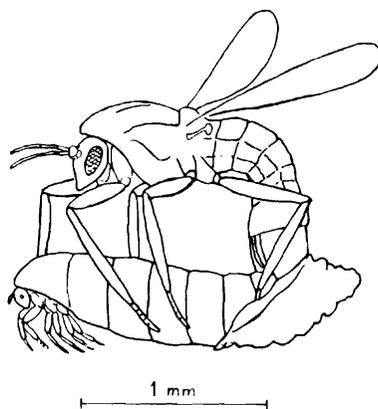


図1 ツシマウミユスリカ(*Clunio tsushimensis*)の交尾

この仲間は大潮の頃の干潮時刻にいっせいに羽化し、雄は雌を求めて水面や岩の上をすれすれに飛びまわる。雌は自らの力では脱皮することができず、図のように雄が殻を脱がせてから交尾に移る。交尾後、雄雌ともに生きてしまう。成虫になってからの命はせいぜい2時間である。

(Hashimoto, 1970からの引用)

餌も容易に作ることができる。潮間帯の岩についた小さな藻類を泥とともに削り取り、乾燥させ、それを細かくすりつぶしたものを貯えておく。使うときにはこの底質 (substrata) の粉末を適量なり、それに粉末ダイズを少々加え、蒸留水を入れて煮沸した後、蒸留水を何度か入れ換えてアクぬきをする。さらにビタミン剤を溶かせればできあがりである。餌は数日おきに与えればよいし、海水は1~2週間に一度新しいものと交換すればよい。

図に示したツシマウミユスリカは面白いことに、季節に応じて成虫が羽化する時刻が決まっているのである。つまり、夏の間は昼間の方の干潮時刻に、冬の間は夜間の方の干潮時刻の方に合わせて羽化するのである。そのメカニズムはまだよくわかっていないが、昼か夜のどちらに羽化するかということは、おそらく遺伝的にプログラムされているものであり、どちらのプログラムが発現するかは、日長と温度が決定するのではないだろうか。だとすれば、これらの環境因子を固定した人工の環境下で長年継代飼育を続けて行けば、やがて昼間のみに羽化する系統、夜のみに羽化する系統、あるいは突然変異が生じて、違った時間帯に羽化の起きる系統などを選択することができるようになるかも知れない。

ここまで行けば、厳密な意味での実験動物に近づいてくることになるが、何度も言うようにその需要が問題であって、今のところ実現の可能性は全くない。

3. 海産動物の実験動物化

前にも書いたように、海産動物を実験に使う場合には、材料は基本的に自分で採集してこなければならない。アカテガニでは悲観的なことばかり書いたが、その気になれば実験材料の採集などそう難しいことではなく、慣れてくれば必要な時に必要な数が手に入るものである。しかも、実際にフィールドに出てみればあれも使えるのではないか、これも使えるかも知れないと思える生物がたくさんいることに気付く。

このように真剣になって探せば、実験動物として適当な数多くの生物を見つけ出すことができる

だろう。特に日本は世界の中で最も海洋環境の豊かな国の1つなのである。これは私がドイツに留学した時、ヨーロッパの海岸を見ながらつくづく感じたことである。今まではともかくとして、これからは日本の地理的特色を十分に活用し、実験動物として有用な海産動物を日本人が見つけ出し、自分自身の研究を通じてそれを世界に広めて行くような努力をもっとしても良いのではないだろうか。

私自身の試みとしては次のようなことを考えている。私が現在興味を持っている事柄は、海産甲殻類における幼生 (larva) 孵化の生理学的機構である。最初は幼生の孵化など、卵殻を溶かす酵素があるだけの話だと高を括っていたのだが、いざ研究してみると何と何と底が深いのである。

この研究は今のところ、生殖期に入っている動物しか使えない。が、表1に示されているように各動物の生殖期は限られている。今まではアカテガニしか使っていないのであるが、これからはウニやヒトデのように、なるべく長い期間にわたって研究ができるようにしたいと思っている。

アカテガニが幼生を放出する時期は、瀬戸内海では7月下旬から9月下旬までの2ヵ月間である。もう少し早いものではカクベンケイ (*Sesarma pictum*) という種があり、これは6月中旬から7月いっぱいにかけて幼生放出活動を行なう。この種は海岸に面する岩場に生息しており、採集も細い棒1本でできる。また、瀬戸内海には多産するシャコ (*Squilla oratoria*) の産卵期が春なので、今年からこれも使ってみようかと考えている。その他、秋から冬にかけて産卵期を迎える甲殻類がないか探しているところである。

それから、実験動物としていろいろな動物を開発することに一層の努力がなされなければならないのは勿論のこととして、その実験動物の背景、つまり生息場所の自然環境をよく知っておくことも私にはとても重要なことのように思われるのである。その意味で実験動物は自分の手で採集し、また飼育する経験を持つことが望ましいのである。

私はここできれいごとを言うつもりはない。確かにそれで論文がふえるわけでもないし、単に面倒臭いだけの話かも知れない。材料さえ手に入れ

ばあとは知らんという方が多いのかも知れない。しかし、将来のことを考えた時、使いたい時に使えるだけの数の動物が生存しているような自然環境の方が明らかに健全であると言えるのではないだろうか。このことを真に理解し、その重要性を社会に伝えるのは、実験動物としてその動物に長く接し、またそれに慣れ親しんできた生物学者をおいて他にいないのである。

海産動物であれ、陸上動物であれ、今後さらに後者の意味での実験動物化が進行して行くのは、時の流れとして止むを得ないことかも知れない。しかしそれは手ばなしで喜ぶべきことではない。人工の環境下で継代飼育され、遺伝子地図も完成したような生物こそが実験用の動物として意義があり、その反面、この社会の一般的な特質とあい

まって、それら以外の動物を実験に使うことはまかりならんというような風潮が生み出されてはいないだろうか。

実験動物化を進めることも生物学のひとつの方法だし、今はやりのライフ・サイエンスとやらを支える手段でもあるだけである。それを利用するのは大いに結構だし、それによって作られた動物を必要とすることもあるかと思う。しかしその裏に、そんな特殊な動物のみが生物学の研究に重要であって、あとのものはどうだろうと知ったことではないというような考え方が浸透して行くものだとなれば、それは誠に残念なことである。実験動物化の持つ意味については正しく認識する必要がある。