

## 論文内容の要旨

### Long term culture and the morphogenesis of segmented structure in development and regeneration of arm of the feather star *Oxycomanthus japonicus* (Echinodermata, Crinoidea)

(ニッポンウミシダ (棘皮動物門ウミユリ綱) の長期飼育および腕の発生・再生における分節構造の形成)

柴田 朋子

棘皮動物は脊索動物および半索動物とともに新口動物を構成する主要な門である。中でもウミユリ類は現生棘皮動物の中で唯一の有柄類であり、茎を持ち、口を上に向けて固着生活を送るなどの原始的な棘皮動物の特徴を保持する動物である。したがって、新口動物の進化を知る上で重要である。しかし産卵期が限られることや飼育が困難であることなどから、発生学的研究は立ち後れていた。

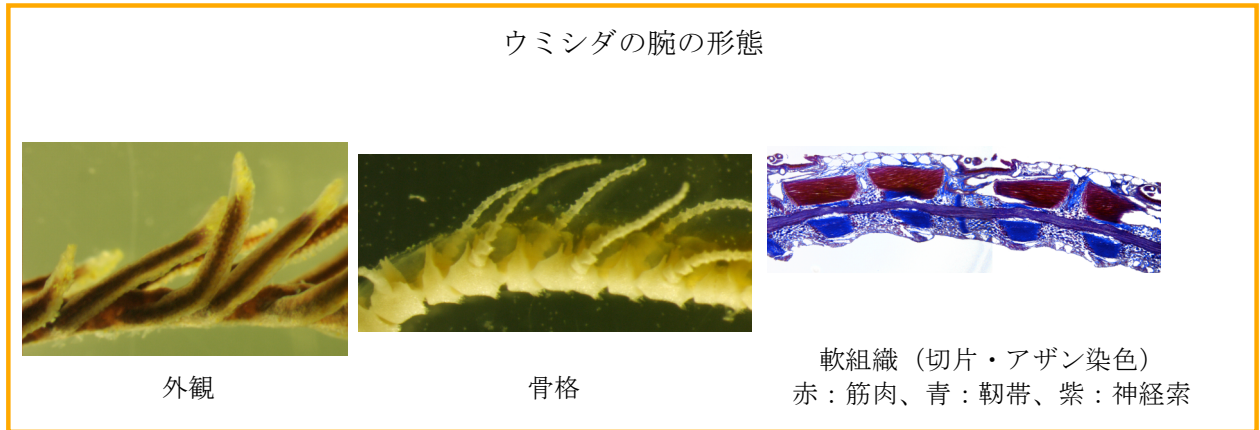


ニッポンウミシダ

本研究では、ニッポンウミシダ (左図) の長期飼育法を開発し、受精卵から性成熟まで継続的に飼育することに成功した。さらに、この飼育系を利用し、ニッポンウミシダの分節構造形成過程の解析を行った。

動物においては、一般に脊索動物、節足動物、環形動物の三門が分節構造を持つ動物とされており、棘皮動物の分節構造については検討されることがほとんどなかった。しかし、棘皮動物であるウミユリ類 (ウミシダ・有柄ウミユリ) は、その腕と茎に明らかな分節構造を持つ。すなわち、ほぼ同じ形をした多数の小さな骨板が、

腕の場合は短い筋肉および靭帯で、茎の場合は靭帯で関節されている（下図）。本研究では、棘皮動物と他の動物門の分節形成過程を比較することにより、分節形成機構の進化を明らかにすることができると考え、ニッポンウミシダの腕の発生過程・再生過程における分節形成過程の組織学的・分子的解析を行った。



## Part I Development and growth of *Oxycomanthus japonicus* through to the sexual maturity

### ニッポンウミシダの発生と成長：性成熟に至るまで

三崎臨海実験所周辺に生息するニッポンウミシダの放精・放卵は、10月後半の小潮（上弦または下弦の月）周辺の夕方起こる。水槽内で放出された卵と精子を回収し、受精後、孵化・浮遊幼生期を経て着底するまでの数日間、コンテナ内で飼育し、着底後はコンテナごと漁網で包み、湾内のいかだに吊るし、海中飼育を行った。その後、定期的に引き上げ、コンテナや網に付着したフジツボ・ホヤ・イガイなどの生物を取り除くほか、ウミシダの成長に合わせてコンテナ内の個体密度を調整した。

飼育の結果、受精後約6ヶ月で腕数の増加が始まり、おおむね2年で性成熟に至ることが明らかになった。ただし、2007年に受精した個体について、受精後6ヶ月の段階から従来の1/20の低密度（コンテナあたり3個体）で飼育したところ、2008年10月（受精後1年）で性成熟に到った。従来の飼育法では、食物の摂取量が足りず、成長が遅れていたものと考えられる。このことは、十分に食物を摂れる自然界においては、ニッポンウミシダは生後1年で性成熟に到ることを示唆する。

また、放精・放卵の観察を行った2000年-2006年において、放精・放卵は10月後半の小潮であったが、1937年-1955年においては10月前半の小潮であったことが報告されて

いる (Dan & Kubota 1960)。すなわち、この 50 年間に、放精・放卵が約半月遅くなっていることが明らかになった。経験的に、秋口から低下し始める海水温が 22℃を下回ることが放精・放卵が起こる目安とされており (久保田 1988)、2000-2006 年においてもこの傾向が見られた。そこで、三崎の海水温の経年変化を調べるため、1964 年 (三崎最古の海水温記録) -1973 年と、2000-2006 年について、月平均海水温を比較したところ、3 月、5 月、9 月、10 月の海水温が有意に上昇していることが明らかになった。このことから、9 月、10 月の海水温が上昇し、秋口の水温低下が遅くなったために、ウミシダの放精・放卵が遅くなったと考えられる。

## Part II Histological and molecular analysis of morphogenesis of segmented structure in *Oxycomanthus japonicus*

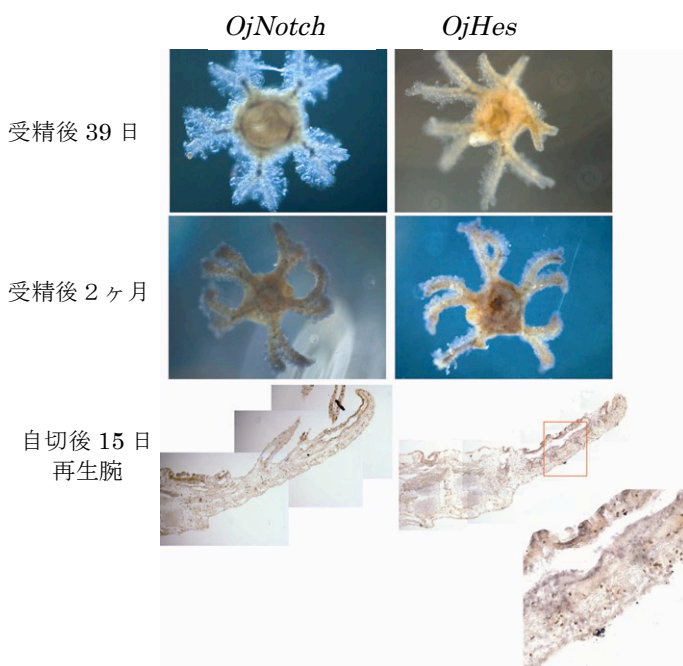
### ニッポンウミシダの分節構造形成の組織学的および分子的解析

ニッポンウミシダの分節構造の形成過程を調べるため、発生および再生におけるウミシダの腕の組織学的および分子的解析を行った。

組織学的観察から、ウミシダの腕は最先端部に未分化細胞塊があり、そのやや基部側で骨片形成、分節化された靭帯・筋肉の形成が起きていることが明らかになった。

次に、腕における分節化の分子メカニズムが、新口動物で保存されているかを確認するため、脊椎動物の体節形成に関与することが知られている *Notch* および *Hes* 遺伝子のウミシダにおける相同遺伝子 *OjNotch*, *OjHes* を単離し、*in situ* hybridization による発現解析を行った。その結果、発生中の腕については、受精後 39 日のペンタクリノイドにおいては腕の先端では発現が見られなかったのに対し、受精後の 2 ヶ月の幼体では腕の先端で両遺伝子の発現が見られた (左図)。

また、再生腕においては、歩帯溝および体腔壁で両遺伝子の発現が見られたほ



か、後期再生腕の反口側組織において、*OjHes* の縞上の発現が見られた（上図）。縞の間隔は分節の幅と対応しており、この結果から *OjNotch*, *OjHes* が分節構造の形成に関与していることが示唆された。

これらのことから、棘皮動物の分節構造形成においては、脊椎動物と共通の分子メカニズムが用いられていることが示唆された。しかし、脊椎動物を含む脊索動物と、棘皮動物との共通祖先は分節構造を持たなかったと考えられることから、それぞれのグループに分岐した後、独立に共通のメカニズムを獲得したと考えられる。

引用文献：

Dan K, Kubota H (1960) Data on the spawning of *Comanthus japonica* between 1937 and 1955. *Embryologia* 5: 21–37

久保田 宏 (1988) 棘皮動物 (I) ウミシダ類. 「海産無脊椎動物の発生実験」 石川 優・沼宮内 隆晴 編. 培風館、東京 pp 97–103