

マナマコ浮遊幼生の変態促進に関する研究—II (予報)

— アオナマコ *Doliolaria* 幼生から稚ナマコへの変態促進 —

伊藤 史郎・川原 逸朗・青戸 泉

現在、佐賀県栽培漁業センターにおけるマナマコ *Stichopus japonicus* の種苗生産飼育は、ウニ類の種苗生産方法に準じて行っている。すなわち、あらかじめ付着珪藻を十分繁殖させた塩化ビニール製の付着板で採苗し、さらに、この付着珪藻を餌料として飼育し10mmサイズの稚ナマコの生産を行っている¹⁾。しかし、稚ナマコを大量に安定して生産を行うには、種々の問題点が残されており、その一つとして浮遊幼生を効率良く、すみやかに付着板へ付着変態させることなどが重要となっている。

以下、アオナマコ浮遊幼生の変態促進と採苗率の向上に関して、二、三の実験を行ったので報告する。

ウニ類では、浮遊期の八腕後期幼生から稚ウニへの変態促進に、付着珪藻やヒジキなど数種の海藻が有効に作用することが報告²⁻⁵⁾されている。マナマコ幼生でも、付着珪藻の存在により稚ナマコへの変態が促進されることが知られている^{6,7)}。

実験1 海藻の種類別変態促進試験

材料および方法

実験は、1990年4月13日から15日にかけて行った。供試した *Doliolaria* 幼生は 500 l ポリカーボネイト水槽で *Chaetoceros gracilis* を投与して飼育したふ化後15日目のものである。

実験は、それぞれの海藻を収容したガラスシャーレー(直径5.5cm、深さ2.2cm)に *Doliolaria* 幼生を20個体ずつ収容し、2日後に全個体の変態進行状況を観察し、各変態ステージごとの計数を行った。

実験区は、緑藻のアオサ、ミル区、褐藻のヤツ

しかし、ウニ類で調べられているような付着珪藻の密度や種類の違いによる変態促進効果への影響、変態促進に有効な海藻の検索などについては検討されていない。

今回、アオナマコ幼生の採苗技術を高めるため、*Doliolaria* 幼生から稚ナマコへの変態促進に作用する海藻の種類、付着珪藻の種類やその密度との関わりについて検討し、さらに、付着珪藻の稚ナマコへの変態促進効果が *Doliolaria* 幼生と付着珪藻との物理的な接触によって、誘起されるのか否かを検討した。

アワビ類などの海産底棲性無脊椎動物の幼生において K^+ 濃度の増加は、着底と変態を誘起することが報告⁸⁾されている。そこで、アオナマコ *Doliolaria* 幼生についても、 K^+ の変態促進に及ぼす影響について検討した。また、採苗時の付着板の設置方法の違いによる採苗率への影響についても若干の実験を行った。

マタモク、オオバモク、アラメ、ジョロモク、ヒジキ、ワカメ、フクロノリ区、紅藻の有節石灰藻区、付着珪藻区、対照としての海水区の12区とした。それぞれの海藻区は海水の入ったガラスシャーレーに各海藻の細片0.4gを入れたものである。付着珪藻区は海水の入ったガラスシャーレー底面に付着珪藻板(4×4cm)を設置した。付着珪藻はあらかじめ塩化ビニール製の付着板に天然珪藻を繁殖させたもので、その培養方法は別報¹⁾に準じて行った。付着珪藻の密度は156.5×

10⁴cells/cm²で、その種類は小型の *Navicula* 類、*Nitzschia* 類が優占していた。海水区はガラスシャーレーに海水のみを入れたものである。各実験区での海水の容量は40mlとし、使用した海水はオートクレーブで殺菌処理を行った。また、各実

験区とも2組ずつ設けて、水温20°C、止水、無通気の下とした。なお、付着珪藻の細胞数の計数は、倒立顕微鏡(接眼レンズに方形枠をセット)を用いて行った。

結 果

各実験区における2日目の、変態進行状況(2組の平均)を表1に示した。

付着珪藻区では、2日目に *Pentacutula* 幼生15%、稚ナマコ85%となり、他の海藻区と比べると極めて速やかに稚ナマコへの変態が進み、斃死個体もみられなかった。海藻区で稚ナマコの出現がみられたのは、ヤツマタモク、オオバモク、ヒジキ、ジョロモク、フクロノリの6区であった。しかし、その割合は、15~2.6%と付着珪藻区に比

べ著しく低かった。*Pentacutula* 幼生を含む変態率では、ヤツマタモク、オオバモクが50~60%、有節石灰藻、ジョロモク、フクロノリ、ヒジキが25~30%となっており、他の海藻区に比べて高かった。ワカメ、アオサ、ミル区では、対照の海水区と変わらずほとんど変態が促進されなかった。また、アラメ区では *Doliolaria* ステージで88.8%の斃死がみられた。

実験2 付着珪藻の種類別、密度別変態促進試験

材料および方法

実験1において、付着珪藻の存在が、アオナマコ浮遊幼生の変態促進に極めて有効に作用することが、あらためて確かめられたので、付着珪藻の種類と密度についてその効果を確かめる実験を行った。

実験は1991年4月22日から24日にかけて行った。

実験に使用した *Doliolaria* 幼生の飼育、実験容器、海水および各実験区の変態進行状況の比較や細胞数の計数方法などは実験1と同様とした。使用した *Doliolaria* 幼生はふ化後14日目のものである。なお、実験は水温18°Cの条件下で行った。

付着珪藻の種類別の実験区分は、自然繁殖させた天然珪藻区、単離培養した *Achnanthes biceps*、*Navicula ramosissima*、*Nitzschia sp.* 区の4区とした。これら実験区の付着珪藻は、ガラスシャーレー底面に、あらかじめ、8段階の密度になるように繁殖させたものを用いた。ガラスシャーレーに *PES* 改変培養液⁹⁾ を入れ、この中に天然珪藻区は、実験1と同様の方法で繁殖させた付着珪藻をスポンジで剥ぎ取り種として接種した。各単離培養珪藻区は、寒天培地で保存培養していたものをあらかじめ200ml ガラスビーカー (*PES* 改変培養液) で培養し、これを種として使用した。また、各付着珪藻濃度の設定は、種の接種密度と培養照度を変えることによって行った。天然珪藻区での

表1 各海藻投入区における *Doliolaria* 幼生収容2日目の変態進行状況 (%)

実験区	<i>Doliolaria</i>	<i>Pentacutula</i>	稚ナマコ	斃死
アオサ	90	10	0	0
ミル	97.5	2.5	0	0
ヤツマタモク	45	40	15	0
オオバモク	36	55.4	8.6	0
アラメ	8.6	2.6	0	88.8
ジョロモク	67.4	27.2	5.4	0
ヒジキ	74.4	17.5	8.1	0
ワカメ	100	0	0	0
フクロノリ	69.2	28.2	2.6	0
有節石灰藻	69	31	0	0
付着珪藻	0	15	85	0
海水	91.6	8.4	0	0

珪藻の優占種は、小型の *Nitzschia* 類, *Navicula* 類で、その密度は、 $20.8 \times 10^4 \sim 109.6 \times 10^4 \text{ cells/cm}^2$ であった。*Achnanthes biceps* 区の密度は、 $30.8 \times 10^4 \sim 244.6 \times 10^4 \text{ cells/cm}^2$, *Navicula ramosissima* 区の

密度は、 $26.8 \times 10^4 \sim 253.6 \times 10^4 \text{ cells/cm}^2$, *Nitzschia sp.* 区の密度は、 $31.2 \times 10^4 \sim 224.0 \times 10^4 \text{ cells/cm}^2$ であった。また、対照として海水区を設定した。

結 果

各実験区における 2 日目の変態進行状況を表 2 に、天然珪藻区における稚ナマコの出現率を図 1 に示した。

天然珪藻区では、設定したいずれの珪藻密度でも稚ナマコが出現し、その割合は 33.3~100% であり、*Pentacutula* 幼生を含めるとほぼ 100% の変態率を示した。また、珪藻密度が高いほど稚ナマコ

の出現率が高い傾向がみられた。単離培養珪藻区では、*Nitzschia sp.* の 2 組で 6.7, 5.9% の稚ナマコの出現がみられただけで、その他の区分では稚ナマコへの変態がみられなかった。*Pentacutula* 幼生の出現率では、単離培養珪藻の各区で 0~60% の出現がみられているが、珪藻密度との関連はなく、また対照とした海水のみの区との差異もあきらかではない。逆に、*Achnanthes biceps*, *Navicula ramosissima*, *Nitzschia sp.* の高密度培養区では、*Pentacutula* 幼生の出現割合も少なく、アオナマコ浮遊幼生の変態が阻害されているようにも思われる。

表 2 各付着珪藻区における *Doliolaria* 幼生収容 2 日目の変態進行状況 (%)

実験区	<i>Doliolaria</i>	<i>Pentacutula</i>	稚ナマコ
天然-1 (20.8×10^4)	0	42.9	57.1
天然-2 (21.2×10^4)	6.7	60	33.3
天然-3 (42.4×10^4)	0	31.6	68.4
天然-4 (46.4×10^4)	0	20	80
天然-5 (74.8×10^4)	0	22.2	77.8
天然-6 (81.2×10^4)	0	17.6	82.4
天然-7 (98.8×10^4)	0	0	100
天然-8 (109.6×10^4)	0	11.7	88.3
Ac.bi.-1 (38.0×10^4)	57.1	42.9	0
Ac.bi.-2 (55.6×10^4)	61.5	38.5	0
Ac.bi.-3 (72.8×10^4)	41.7	58.3	0
Ac.bi.-4 (97.6×10^4)	60	40	0
Ac.bi.-5 (162.4×10^4)	53.8	46.2	0
Ac.bi.-6 (186.0×10^4)	71.4	28.6	0
Ac.bi.-7 (222.4×10^4)	100	0	0
Ac.bi.-8 (244.6×10^4)	100	0	0
Na.ra.-1 (26.8×10^4)	75	25	0
Na.ra.-2 (33.6×10^4)	63.6	36.4	0
Na.ra.-3 (70.8×10^4)	75	25	0
Na.ra.-4 (90.4×10^4)	90	10	0
Na.ra.-5 (130.8×10^4)	70.6	29.4	0
Na.ra.-6 (146.0×10^4)	46.7	53.3	0
Na.ra.-7 (207.2×10^4)	88.9	11.1	0
Na.ra.-8 (253.6×10^4)	87.5	12.5	0
Ni.sp.-1 (31.2×10^4)	45.5	54.5	0
Ni.sp.-2 (39.6×10^4)	33.3	60	6.7
Ni.sp.-3 (95.6×10^4)	76.9	23.1	0
Ni.sp.-4 (96.8×10^4)	47	47.1	5.9
Ni.sp.-5 (155.2×10^4)	88.9	11.1	0
Ni.sp.-6 (171.2×10^4)	73.3	26.7	0
Ni.sp.-7 (223.2×10^4)	100	0	0
Ni.sp.-8 (224.0×10^4)	100	0	0
海水-1	65	35	0
海水-2	57.2	42.8	0

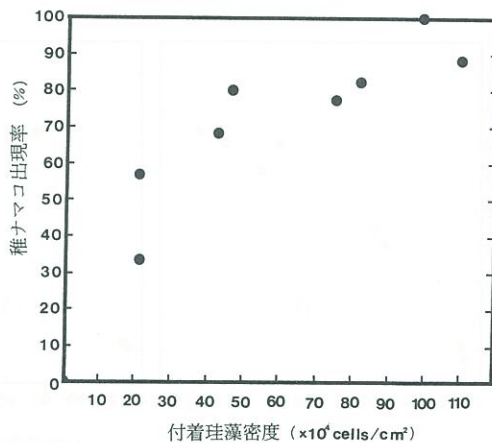


図 1 付着珪藻密度と稚ナマコ出現率との関係

実験3 天然付着珪藻の密度別変態促進試験

材料および方法

実験2で、自然繁殖させた付着珪藻では密度が高いものほど、稚ナマコの出現する割合が高まる傾向が見られたので、天然付着珪藻の密度とアオナマコ浮遊幼生の変態促進の関係について更に詳細な実験を行った。

実験は1991年4月25日から28日の3日間で行った。供試したDoliolaria 幼生の飼育、実験容器、海水および変態進行状況の比較や付着珪藻の計数方法等は実験1、付着珪藻の培養方法は実験2とそれぞれ同様で、使用したDoliolaria 幼生はふ化

後14日目のものである。なお、実験は水温18°Cの条件下で行った。

天然珪藻区の密度条件は、 9.4×10^4 、 10.8×10^4 、 58.6×10^4 、 62.0×10^4 、 118.0×10^4 、 129.0×10^4 、 150.4×10^4 、 166.4×10^4 cells/cm²の8段階とした。対照としては同様に海水区を設置した。変態進行状況の観察は、Doliolaria 幼生収容後1日目、2日目、3日目にそれぞれの稚ナマコの計数を行い、飼育経過に伴う変態の推移をみた。

結 果

飼育経過に伴う各珪藻密度と稚ナマコの出現率との関係を図2に示した。

本実験でも、実験2と同様に、全般的な傾向として珪藻密度が高いほど稚ナマコへの変態が促進された。Doliolaria 幼生収容後1日目では、珪藻密度 10×10^4 cells/cm²で稚ナマコの出現率は約10%、 60×10^4 cells/cm²で40%強、 $120 \sim 170 \times 10^4$ cells/cm²で70%前後となっているが、幼生収容後2日目では珪藻密度 10×10^4 cells/cm²では稚ナマコの出現率は10%強と収容後1日目と変わらないが、 60×10^4

cells/cm²では80%と高くなり、 $120 \sim 170 \times 10^4$ cells/cm²では90%となっている。さらに幼生収容後3日目では珪藻密度 10×10^4 cells/cm²で50%前後、 60×10^4 cells/cm²以上では90~100%の稚ナマコ出現率を示している。これらのことから、アオナマコ種苗生産過程における採苗期間の日数と天然付着珪藻密度との関係は、 60×10^4 cells/cm²以上の付着珪藻密度で2、3日間の採苗日数があれば、80%程度の採苗率を得ることができるようである。

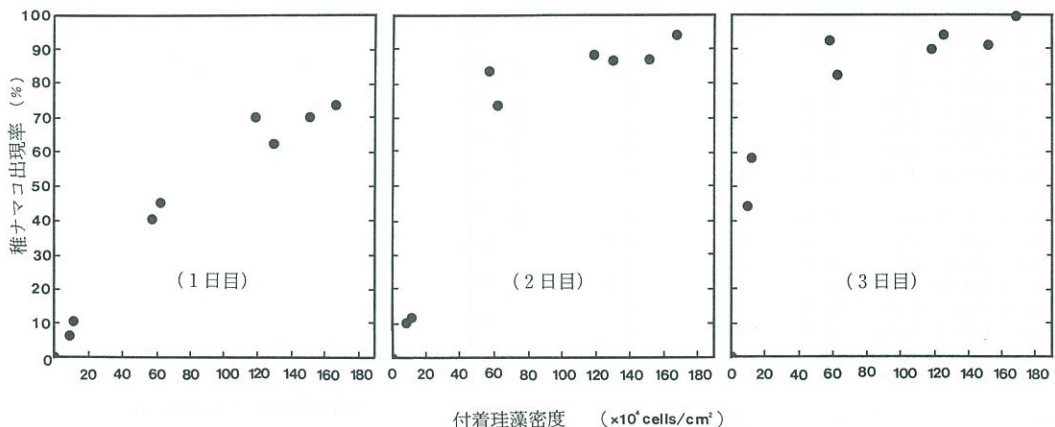


図2 飼育経過に伴う付着珪藻密度と稚ナマコ出現率との関係

実験4 Doliolaria 幼生の付着珪藻への接触の有無による変態促進試験

材料および方法

付着珪藻が Doliolaria 幼生に対して変態促進効果を発揮するためには、Doliolaria 幼生が付着珪藻と物理的に接触することが必要なのか否かを判定するため、付着珪藻板（4×4 cm）をミュラーガーゼで包み、Doliolaria 幼生が接触できないようにして、変態実験を行った。

実験は、1992年4月20日から22日にかけて行っ

た。実験容器、変態進行状況の比較等は実験1と同様である。使用した Doliolaria 幼生は、ふ化後13日目のものである。なお、実験は水温18°Cの条件下で行った。実験に使用した付着珪藻の培養方法は実験1と同様で、その密度は、 62×10^4 cells/cm²であった。

結 果

各実験区における変態進行状況（2例の平均）を表3に示した。

Doliolaria 幼生を付着珪藻に接触させた場合は62.9%の稚ナマコの出現がみられたが、ミュラーガーゼで覆って接触できないようにした場合

には、稚ナマコの出現はなく、Pentacutula 幼生は64.1%みられたが対照である海水区と大きな差はなく、付着珪藻による変態促進効果はみられなかった。

実験5 K⁺ による変態促進試験

材料および方法

実験は1991年4月22日から24日にかけて行った。実験容器、変態進行状況の比較等は実験1と同様である。供試した Doliolaria 幼生は、実験2で使用した幼生と同じ条件で飼育したものである。なお、実験は水温18°Cの条件下で行った。

K⁺ の添加濃度区は2.6, 5.2, 10.5, 15.7, 21, 26.2mM の6段階とした。各実験区は、オートクレーブで処理した殺菌海水にKClを添加することによって濃度設定を行った。また、各実験区のKCl海水容量は40mlとした。

結 果

各実験区における変態進行状況（2例の平均）を表4に示した。

実験の結果、いずれの区でも稚ナマコの出現は

なく、K⁺の添加効果はみられなかった。K⁺2.6mM

表3 Doliolaria 幼生収容2日目の変態進行状況 (%)

実験区	Doliolaria	Pentacutula	稚ナマコ
付着珪藻	8.6	28.6	62.9
付着珪藻隔離	35.9	64.1	0
海水	52.5	47.5	0

表4 Doliolaria 幼生収容2日目の変態進行状況 (%)

K ⁺ 添加濃度	Doliolaria	Pentacutula	稚ナマコ
海水	61	39	0
2.6mM	63.4	36.6	0
5.2mM	89.7	10.6	0
10.5mM	92.5	7.5	0
15.7mM	90	10	0
21.0mM	97.5	2.5	0
26.2mM	92.1	7.9	0

の添加区では、無添加区とほぼ同じく36.6%の *Pentacutula* 幼生の出現がみられたが、5.2mM から26.2mM の添加区では、逆に *Pentacutula* 幼生

の出現率も対照海水区よりも低く、 K^+ の添加はアオナマコ浮遊幼生の変態進行を阻害しているとも言えそうである。

実験6 付着板の設置方法別採苗試験

材料および方法

実験は1991年4月22日から5月1日にかけて行った。供試した *Doliolaria* 幼生は実験2で使用した幼生と同じ条件で飼育したものである。

あらかじめ、実験1と同様の方法で付着珪藻を繁殖させた付着板(40×32cm)10枚1セットを100ℓコンテナ水槽に図3に示したように水槽底面に対し、水平及び垂直に設置した。この中に浮遊幼生(*Auricularia* 前期幼生22%, *Auricularia* 後期幼生17%, *Doliolaria* 幼生61%)1.5万個を容積法

で計数して収容し、直径13mmの塩ビパイプ(孔径1mm, 間隔3cm)を通して弱通気を施した。幼生収容後3日間は止水とし、4日目に微流水として水平に設置した実験区では付着板を垂直に立てた。幼生収容後10日目にそれぞれの付着板を表、裏両面とも全数計数した。飼育期間中の水温は17.9~20.4°Cであった。なお、各実験区とも100ℓコンテナ水槽を2組ずつ設けた。

結 果

各実験区における幼生収容後10日目の付着状況を表5に示した。付着率は稚ナマコの付着数の収容幼生数(*Auricularia* 後期以降の幼生数)に対する割合で示した。

稚ナマコの付着総数についてみると、水平に設置した区では5,097尾と6,085尾で付着率の2水槽の平均値は47.8%, 垂直に設置した区では6,588尾と6,327尾で付着率の2水槽の平均値は55.2%であり、付着板を垂直に設置した区がわずかに付着率が高かった。

付着板の上下、左右面別の付着数は、水平に設

置した場合No.1水槽では上面が160~665尾(平均444.9尾), 下面が15~97尾(平均64.8尾), No.2水槽では上面が415~721尾(平均552.3尾), 下面が27~105尾(平均56.2尾)といずれも上面の方が下面より著しく付着数が多かった。垂直に設置した区では、No.3水槽で左右それぞれ129~500尾(平均378.4尾), 64~467尾(平均280.4尾), No.4水槽で256~476尾(平均388.7尾), 123~338尾(平均244.0尾)でいずれも両面で付着数に大きな差がみられなかった。

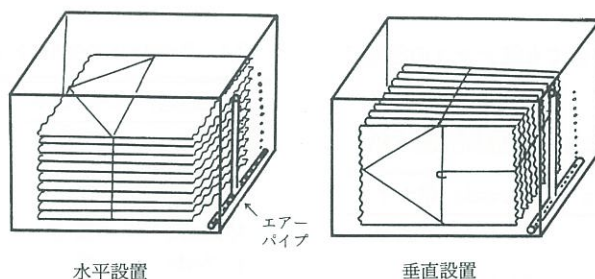


図3 付着珪藻板の設置方法

表5 付着珪藻板の設置方法別付着数

水槽 No.	設置 方法	付着板No.										合計	平均	付着率	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	水平	上面	337	160	278	445	463	497	545	665	556	503	4,449	444.9	
		下面	60	15	47	67	88	95	94	97	52	33	648	64.8	
		計	397	175	325	512	551	592	639	762	608	536	5,097	509.7	43.6
2	水平	上面	568	546	721	450	567	646	500	514	415	596	5,523	552.3	
		下面	63	73	105	36	70	51	51	47	27	39	562	56.2	
		計	631	619	826	486	637	697	551	561	442	635	6,085	608.5	52.0
3	垂直	左面	129	396	451	479	500	423	282	423	447	254	3,784	378.4	
		右面	433	420	447	467	306	212	166	107	182	64	2,804	280.4	
		計	562	816	898	946	806	635	448	530	629	318	6,588	658.8	56.3
4	垂直	左面	256	416	476	369	328	421	429	475	433	284	3,887	388.7	
		右面	241	258	338	184	337	282	273	214	190	123	2,440	244.0	
		計	497	674	814	553	665	703	702	689	623	407	6,327	632.7	54.0

考 察

ウニ類では、ヒジキなど数種の海藻の存在によって八腕後期幼生から稚ウニへの変態が促進される^{3,4)}ことが明らかにされており、今回の実験からアオナマコの *Doliolaria* 幼生も、ヤツタモクなど数種類の海藻で若干、稚ナマコへの変態が促進された。しかし、その効果は付着珪藻の存在効果に比べると極めて低かった。この点については、添加した海藻の量的な問題も残されており、さらに、検討を要しよう。また、ウニ類では、付着珪藻とヒジキを併用することで、稚ウニへの変態促進効果が高まる⁵⁾が、今後、アオナマコの浮遊幼生についても、この点も検証する必要がある。

ウニ類では、付着珪藻の密度の違いによって幼生への変態促進効果に差があり、珪藻密度が高いほど、稚ウニへの変態が速やかに行われることが明らか²⁾にされている。アオナマコについても、今回の実験結果から、自然繁殖させた、いわゆる天然珪藻では、ウニ類と同様に付着珪藻の密度が高いほど *Doliolaria* 幼生から稚ナマコへの変態が促進される傾向がみられた。このことから、採苗に使用する付着板は、あらかじめ、よく付着珪藻を繁殖させたものを用い、幼生収容後数日は幼生の逸散を防ぐような飼育方法が望ましいと考えられる。しかし、単離培養した *Achnanthes biceps*, *Navicula ramosissima*, *Nitzschia* sp. では付着珪藻

の密度にかかわらず、ほとんど変態が促進されなかった。この点はウニ類でも同様なことが報告¹⁰⁾されているが、今後、種苗生産工程の中で単離培養した付着珪藻を利用する場合、培養条件や付着珪藻の活性などについても十分注意する必要がある。

付着珪藻の量については、今回の実験ではその細胞数を基準とした。しかし、自然繁殖させた付着珪藻では出現した種類によって、細胞の大きさに差がみられることから細胞数だけでは量的な把握は十分ではないと考えられる。今後、付着珪藻の量は細胞数とともにクロロフィル量などを測定することによって、より安定した採苗を行うための付着珪藻量の基準値を明らかにする必要がある。また、Jensen and Morse ら¹¹⁾は環形動物のウズマキゴカイの一種 *Phragmatopoma californica* の幼生が、活性物質との接触によって着底すると推測しているが、今回の実験結果から、アオナマコの *Doliolaria* 幼生についてもウニ類の八腕後期幼生と同様⁵⁾に付着珪藻が変態促進効果を発揮するには、*Doliolaria* 幼生との接触が必要であることが推察された。

Andrea J. Yool ら⁸⁾は、海産の軟体動物 *Phes-tilla sibogae*, *Haliotis rufescens*, *Astraea undosa* と環形動物 *Phragmatopoma californica* の幼生に

において、 K^+ 濃度の増加は付着と変態を引き起こし、その最適量は通常の海水の K^+ 濃度の約2倍であると報告している。また、川原は¹²⁾アカウニ *Pseudocentrotus depressus* 幼生は、同様な K^+ 濃度の増加で稚ウニへの変態が促進されることを確かめているが、今回の実験からアオナマコの *Doliolaria* 幼生については K^+ の変態促進効果は認められず、棘皮動物であっても種によって K^+ の添加効果には差異があるようである。いずれにしても、アオナマコ浮遊幼生を効率よく速やかに稚ナマコへ変態させることは、種苗生産上重要であり、変態促進効果のある化学物質の検索も今後必要になってくるであろう。

現在、採苗時の付着板の設置方法は、ウニ類の生産方式に従い、水槽底面に対し水平に設置して、採苗後2〜3日目に垂直に設置し直す方式をとっている。ウニ類では、付着板は水平に設置したほうが、垂直の場合より採苗率が高まることが報

告¹³⁻¹⁵⁾されているが、今回のアオナマコ浮遊幼生に対する実験結果からは、付着板を垂直に設置した場合と、水平の場合では全体の稚ナマコの付着率に大きな差はみられず、むしろ、垂直に設置したほうが水平の場合に比べ若干付着率が高かった。さらに、水平に設置した場合、上、下面での付着数が著しく異なり、いわゆるムラ付きするのに対し、垂直の場合は両面での付着数の差はさほどなく、均等な付着がみられた。このことから採苗後の稚ナマコの行動範囲がウニ、アワビに比べて小さいこと等を考えると付着数のバラツキが少ない、付着板を水槽底面に対して垂直に設置する採苗方法の方が望ましいと考えられる。

以上のように *Doliolaria* 幼生を用いた今回の実験結果から採苗率向上につながると思われる2、3の知見が得られた。このことから、今後、種苗生産工程の中で、この実験結果を活用した手法を確立していきたいと考えている。

文 献

- 1) 伊藤史郎・川原逸朗(1993): マナマコの付着珪藻板飼育による大量生産(予報). 佐賀県栽培漁業センター研究報告, 2, 1-11.
- 2) 谷 雄策・伊東義信(1979): アカウニ幼生の付着および付着珪藻の影響について. 水産増殖, 27(3), 148-150.
- 3) 伊東義信・伊賀田邦義・有吉敏和・西田隆英(1980): バフンウニの種苗生産について. 栽培技研, 9(2), 21-26.
- 4) 伊東義信(1984): ウニ幼生に対する付着珪藻の変態促進効果. 付着生物研究, 5(1)15-18.
- 5) 伊藤史郎・小早川 淳・谷 雄策・中村展男(1991): バフンウニ, アカウニ幼生の変態促進に及ぼす付着珪藻とヒジキの併用効果. 栽培技研, 19(2), 61-66.
- 6) 柳橋茂昭・柳澤豊重・河崎 憲(1984): マナマコ種苗生産における浮遊幼生の着底および着底以降の幼若個体の餌料と飼育方法について. 水産増殖, 32(1), 6-14.
- 7) 真崎邦彦・伊藤史郎・小澄千尋・金丸彦一郎(1987): マナマコ幼生の採苗法に関する研究-I, マナマコ幼生の変態着底におよぼす付着珪藻の効果と採苗ステージについて. 佐賀県栽培漁業センター研究報告, 1, 65-70.
- 8) Yool, A. J., S. M. Graup, M. G. Hadfield, R. A. Jensen, D. A. Markell and D. E. Morse (1986): Excess potassium induces larval metamorphosis in four marine invertebrate species. *Biol. Bull.* 170, 255-266.
- 9) 伊藤史郎・有吉敏和・伊東義信(1985): *Chaetoceros gracilis* の大量培養法. 昭和55〜58年度佐賀県栽培漁業センター事業報告書, 97-103.
- 10) 伊東義信・金丸彦一郎・真崎邦彦・伊藤史郎(1987): アカウニ稚ウニ期の餌料として有効な付着珪藻の検索-IV, 付着珪藻 *Navicula ramosissima* 単一種を用いたアカウニ幼生の採苗法の検討. 佐賀県栽培漁業センター研究報告, 1, 39-43.
- 11) Jensen, R. A. and D. E. Morse (1984): Intraspecific facilitation of larval recruitment: gregarious settlement of the polychaete *Phragmatopoma californica*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 83, 107-126.
- 12) 川原逸朗: K^+ によるアカウニ幼生の稚ウニへの変態促進. (未発表)
- 13) 大滝勝久・下園栄昭・天神 僚(1984): キタムラ

- サキウニの人工採苗について－I，浮遊幼生の大量飼育手法と採苗手法. 福島種苗研報，1，1-18.
- 14) 伊東義信・伊藤史郎・金丸彦一郎(1987)：アカウニ幼生の採苗法－II，採苗時の付着板の設置方法および飼育水の攪拌方法. 佐賀県栽培漁業センター研究報告，1，19-23.
- 15) 田嶋健一郎・山下幸悦・福地 誠(1991)：エゾバフンウニ人工種苗生産の研究II. 変態期幼生の沈着. 北水試研報，36，61-70.

