

## エゾバフンウニ人工種苗生産の研究(2)

誌名	北海道立水産試験場研究報告 = Scientific reports of Hokkaido Fisheries Experimental Station
ISSN	09146830
著者	田嶋, 健一郎 山下, 幸悦 福地, 誠
巻/号	36号
掲載ページ	p. 61-70
発行年月	1991年3月

## 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

田嶋 健一郎 ・ 山下 幸悦  
(北海道立栽培漁業総合センター)

福地 誠  
(栽培漁業振興公社鹿部支所)

## Studies on the artificial seed production of the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* Ⅱ. The collection of metamorphosed larvae

Ken-ichiro TAJIMA, Koetsu YAMASHITA  
and Makoto FUKUCHI \*

*Hokkaido Institute of Mariculture, Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan*

\* *Shikabe Branch, Hokkaido Aquaculture Development Authority,  
Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan*

The present study aims at establishing effective method to collect metamorphosed larvae of the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius*. The examinations of collecting larvae were performed in the five steps of the sea water temperature among 9°C and 21°C. These larvae were produced from the adult sea urchins of the Pacific Ocean coastal waters and the Japan Sea coastal waters in Hokkaido. Two methods of setting the collector boards, horizontal type and vertical type, were also examined. The larvae transportations were carried out 26 times from 1983 to 1986.

The results obtained are as follows ;

1. The larvae of the Pacific Ocean coast were collected most on the collector boards at 18°C. And the larvae of the Japan Sea coast were collected most at 12°C.
2. More larvae were collected on the upper side of the horizontal type boards than on the opposite side.
3. More larvae were collected on the horizontal type boards than on the vertical ones.

4. The time required to transport the larvae from our Institute to other hatcheries varied from 5 minutes to 13 hours.

5. There was no significant correlation between the transportation time and the larvae collection rate.

ウニ類の浮遊幼生の沈着条件は人工種苗生産や天然採苗の技術開発の中で次第に明らかにされてきた。化学的刺激、沈着する表面の状態および電氣的刺激<sup>1)</sup>や無節石灰藻<sup>2)</sup> 付着珪藻<sup>3)</sup> 海藻<sup>4)</sup>の存在などが沈着の要因として室内飼育実験で確認されている。また、エゾバフンウニ (*Strongylocentrotus intermedius*) の天然採苗では、変態期幼生出現時期の2~3か月前に採苗器を海中に設置すると沈着数が多くなり、採苗器の材質は表面の凹凸の複雑なものほど多く沈着することが知られている<sup>5)</sup>。ウニ類の人工種苗生産での採苗器の設置法についてもバフンウニ (*Hemacentrotus pulcherrimus*)<sup>2)</sup>、アカウニ (*Pseudocentrotus depressus*)<sup>2, 5, 6)</sup> およびキタムラサキウニ (*Strongylocentrotus nudus*)<sup>7)</sup> などで種々の知見が得られている。

著者らはエゾバフンウニの人工種苗生産研究を進める中で、事業所などで比較的簡単に実施できる方法として温度刺激による沈着率の向上および採苗用コレクターの設置方法による沈着率の向上について試験を行った。さらに、浮遊幼生を道内各地に配布して効率的に種苗生産事業を行うことを目的として、変態期幼生の長距離輸送についても試験を行い2、3の知見を得たので報告する。

本文に入るに先立ち、輸送試験にご協力いただいた泊村、熊石町、積丹町、南茅部町、知内町、福島町、伊達市、広尾町、えりも町の各種種苗生産施設と北海道立小樽水産高校古平実習場の皆様に厚くお礼申し上げます。

## 材料と方法

### 1. 温度別の沈着

変態期に達したエゾバフンウニの浮遊幼生を、温度条件を9、12、15、18、21℃と変えて沈着させた。用いた幼生は栽培漁業総合センターの通常方法<sup>8)</sup>で採卵し、20日間程度の飼育を行って得た。飼育期間中の水温は開始時に18℃、沈着直前に15℃となるように徐々に降下させた。親として用いたエゾバフンウニの産地は噴火湾を含む太平洋沿岸の鹿部町、南茅部町および豊浦町と、津軽海峡と日本海沿岸の知内町、松前町および大成町である(図1)。ただし、南茅部町産と知内町産は9℃と21℃、10月20日の大成町産は21℃についてそれぞれ実施していない。

変態期に達した浮遊幼生を駒込ビペットで吸い取って肉眼によって計数し、2ℓ腰高シャーレに100~300個体を収容した。シャーレ内にはあらかじめアワビモ (*Ulvelia lens*) のよく繁茂したポリカーボネイト製波板(10×10)を一枚ずつ入れ、軽い通気を施した。1、2、3、4、6、24時間後に沈着した稚ウニの数を肉眼で計数した。その後も、鹿部町産は96時間後、豊浦町産は72時間後、松前町産は48時間後まで同様な計数を24時間単位で継続した。収容した幼生数に対するこれらの沈着した稚ウニの累計の百分率を沈着率とした。

### 2. コレクターの設置方法別の沈着

アワビモのよく繁茂したポリカーボネイト製波板(58×30cm、以降コレクターと称す)15枚ずつを、120ℓ容のコンテナに図2に示したように水平にあるいは垂直にしてコレクター枠に入れて設置した。それぞ

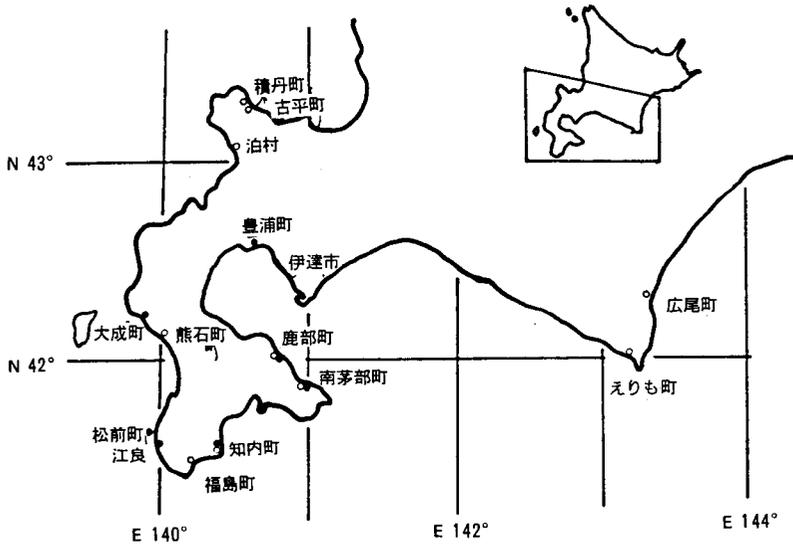


図1 親ウニの採集地（黒丸）と変態期浮遊幼生の輸送先（白ヌキ）

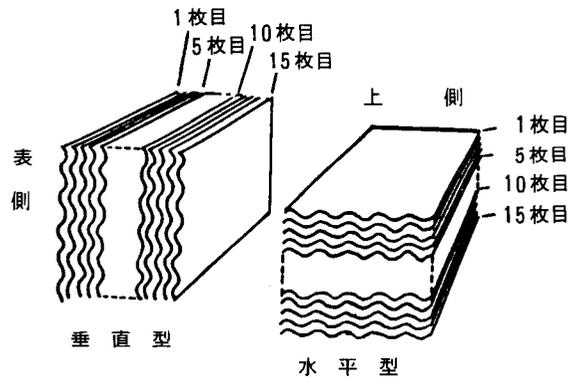


図2 コレクターの設置方法

れ沈着時の水温を18℃と10℃の2段階とした。これらのコンテナに変態期に達した浮遊幼生5,400個体ずつを收容し、2日間は止水として軽い通気を行った。2日後に水平設置のコンテナでは上から1枚目、5枚目、10枚目、15枚目の4枚について両面に沈着した稚ウニの計数を行った。

栽培漁業振興公社鹿部支所（以降鹿部支所）で、通常用いている30枚入りのコレクター枠10個ずつを、コレクターが水平になるようにして收容した水槽2基（A、B槽）に、変態期に達した浮遊幼生を投入した。15日後にA槽の10個の枠について、それぞれ上から5枚目、15枚目、25枚目のコレクターを抽出して、肉眼で稚ウニの計数を行った。B槽の10個の枠についてはA槽と同様に5枚目、15枚目、25枚目のコレクターを抽出して、上下面別に計数を行った。

### 3. 幼生の輸送

変態期に達した浮遊幼生を飼育海水と共にポリタンク（20ℓ容、1983年7月20日～11月4日）あるいはポリダル（70ℓ容、1983年11月28日以降）に入れて自動車で輸送した。NX X13プランクトンネット地を用いて衝撃を与えないように濾過しながら、ポリタンクの場合には250ℓの飼育海水を40ℓに、ポリダルの場合には500ℓの飼育海水を150～200ℓにした。輸送先は泊村、熊石町、積丹町、南茅部町、知内町、福島町、伊達市、広尾町、えりも町および鹿部支所の10か所のウニ、アワビの種苗生産施設と古平町にある小樽水産高校実習場とし（図1）、1983年から1986年の間に延べ26回実施した。各施設ともアワビモのよく繁茂したコレクターを準備して沈着させた。沈着時の水温は15℃を基準とした。輸送時間は幼生を運搬容器に移し変えてから、輸送先の沈着水槽に入れるまでの間とした。

沈着後、10日目に肉眼で稚ウニの計数を行った。原則として720枚のコレクターに対し30枚程度を抽出して計数した。

## 結 果

### 1. 温度別の沈着

親ウニ産地別の各水温段階における沈着率を表1に示した。水温段階毎の沈着率を比較すると、鹿部町産の沈着率は18℃で最も高く、ついで21℃であった。15℃と9℃では最高値の1/3以下と沈着率は低かった。南茅部町産は15℃で最も高く次に18℃であり、豊浦町産は18℃で最も高く、ついで15℃の順となっていた。このように噴火湾を含む太平洋側を産地とする親ウニから得た浮遊幼生の場合は、3例中2例が18℃で、1例が15℃で最も沈着率が高かった。

一方、知内町産、松前町産および大成町産（10月22日）の場合は、12℃で最も高い沈着率を示し、15℃あるいは18℃がこれにつぐ。ただし、大成町産（11月21日）は21℃で最も高かった。津軽海峡を含む日本海側を産地とする親ウニの場合は4例のうち3例が12℃で最も高い沈着率を示した。

表1 親ウニ産地・水温別のエゾバフンウニ稚ウニの沈着率

親ウニ産地	年月日	水 温 (°C)					
		9	12	15	18	21	
太平洋	鹿部町	1984年 4月17日	28.7%	48.7	34.3	93.0	71.3
	南茅部町	1985 4 2	—	43.0	51.3	46.3	—
	豊浦町	11 21	36.5	29.0	39.0	47.5	34.5
日本海	知内町	1984 11 19	—	77.3	70.0	62.7	—
	松前町	12 21	49.0	71.0	55.0	45.0	32.0
	大成町	1985 10 22	40.0	59.5	47.0	53.0	—
	大成町	11 21	33.0	43.5	49.0	49.5	63.0

### 2. コレクターの設置方法別の沈着

表2にコレクターを水平、垂直に設置した場合の上下、表裏面別の沈着数を18℃と10℃の温度別に示した。

水平設置の場合の沈着稚ウニの計数結果をみると、18℃での4枚のコレクターでは上面が64～433個体/面、下面が6～11個体/面と上面の沈着数が多かった。10℃の場合は沈着後の止水期間中にアワビモの孢子

放出が見られ、沈着率が低下したが、上面で32～211個体/面、下面で8～22個体/面と18℃と同様に上面の沈着数が多かった。

垂直設置の場合、18℃での4枚のコレクターは表面に87～131個体/面、裏面に38～162個体/面と比較的近い値を示した。10℃の場合も表面に89～133個体/面、裏面に96～228個体/面と、水平設置のコレクターに比較すると、両面の沈着数の差は少なかった。18℃での1枚当りの合計の沈着数は水平設置の方が多い傾向にあった。

表2 コレクターの設置方法とエゾバフンウニ稚ウニの沈着数

	18 °C				10 °C				
	1 枚目	5	10	15	1	5	10	15	
垂直	表面	131	97	95	87	121	90	133	89
	裏面	89	122	162	38	228	96	133	118
	計	220	219	257	125	349	186	266	207
水平	上面	64	433	326	291	32	68	115	211
	下面	10	6	10	11	12	11	8	22
	計	74	439	336	302	44	79	123	233

鹿部支所における水平設置コレクターについて、A槽の深さ別の沈着数とB槽の深さ別、上下面別の沈着数を表3に示した。A槽の5枚目と15枚目との沈着数を比較すると、158～654個体/枚、平均413.8個体/枚と、181～500個体/枚、平均301.5個体/枚であり、かなりバラツキはあるもののやや5枚目の沈着

表3 水平設置コレクターにおける深さ別、上下面別のエゾバフンウニ稚ウニの沈着数

水槽	コレクター	枠番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均値
			A	5枚目	435	554	404	442	332	231	158	296	
	15枚目	213	181	304	398	500	297	208	322	350	242	301.5	
	25枚目	87	254	201	305	270	222	191	260	360	233	238.3	
B	5枚目	上面	461	900	400	641	634	479	493	412	529	500	
		下面	54	71	22	42	93	53	89	94	43	61	
		計	515	971	422	683	727	532	582	506	572	561	607.1
	15枚目	上面	258	152	283	252	255	263	368	235	125	271	
		下面	19	26	87	44	88	62	22	66	31	61	
		計	277	178	370	296	343	325	390	301	156	332	296.8
25枚目	上面	212	149	206	235	175	252	124	168	89	91		
	下面	37	66	70	53	43	49	15	22	25	56		
	計	249	215	276	288	218	301	139	190	114	147	213.7	

数が多かった。また、25枚目は87~360個体/枚、平均238.3個体/枚で5枚目や15枚目に比較すると沈着数はやや少なかった。B槽でも同様に比較すると、5枚目では422~971個体/枚、平均607.1個体/枚、15枚目では156~390個体/枚、平均296.8個体/枚、25枚目では114~301個体/枚、平均213.7個体/枚と深さが増すにつれて沈着数が少なくなる傾向がうかがえた。

また、上下面別の沈着数は上面で89~900個体/面、平均320.4個体/面であり、下面は15~94個体/面、平均52.1個体/面とコレクター毎にかなりのバラツキはあるものの、同一コレクターでは上面の沈着数が常に多かった。

### 3. 幼生の輸送

幼生輸送の年月日、輸送先、時間、そのときの浮遊幼生の最大長の平均値、最長胃径の平均値および10日後の沈着率を表4に示した。輸送先は時間でみれば、鹿部支所が最も短く5分、広尾町が最も長く13時間を要した。最大長は大半が900 $\mu m$ を越えていたが、一部600~700 $\mu m$ 台の場合もあった。胃径は大半が300 $\mu m$ 以上であったが、一部210~230 $\mu m$ 程度の場合もあった。沈着率は大半が30%を越えていたが、15%以下の場合もあった。

表4 エゾバフンウニ浮遊幼生輸送の条件と沈着率

年 月 日	輸送先	輸送時間	最長 ( $\mu m$ )	最長胃径 ( $\mu m$ )	沈着率 (%)	備 考
1983 7 20	泊 村	5:00	699	212	3.0	20ℓポリタンク使用
11 4	熊石町	2:00	1,000	308	10.2	20ℓポリタンク使用
4	泊 村	5:00	1,000	308	14.7	20ℓポリタンク使用
4	古平町	5:00	1,000	308	14.7	20ℓポリタンク使用
28	鹿部町	0:05	932	286	32.5	
1984 4 16	積丹町	5:40	911	331	57.4	
16	鹿部町	0:05	911	331	95.5	
10 7	積丹町	5:40	1,008	313	50.0	
9	積丹町	5:40	822	227	5.7	
12 22	鹿部町	0:05	732	290	37.8	
1985 4 2	南茅部町	0:40	916	276	31.0	
10 22	知内町	1:30	948	294	0.0	沈着後アワビモの胞子 放出
22	南茅部町	0:40	948	294	74.5	
22	鹿部町	0:05	989	304	67.9	
11 21	福島町	2:00	987	309	61.7	
12 21	伊達市	3:00	924	322	60.0	
21	福島町	2:00	937	315	37.9	
21	広尾町	13:00	924	322	50.0	
1986 3 18	伊達市	3:00	1,090	306	30.0	
18	積丹町	5:40	1,063	316	30.0	
18	広尾町	13:00	1,068	320	30.3	
10 1	知内町	1:30	844	356	38.5	
11 17	知内町	1:30	934	309	63.4	
12 4	福島町	2:00	985	320	32.9	
4	広尾町	13:00	964	315	44.2	
18	えりも町	8:45	960	322	67.5	

年別に見ると、1983年は平均で12.1%であったが、鹿部支所のほかは15%以下と沈着率は低かった。1984年は平均で49.3%であり、10月9日の積丹町は5.7%と低かったものの、ほかは37.8%~95.5%と比較的高い値を示した。1985年は平均で45.9%であり、10月22日の知内町を除いては30.0~74.5%と前年同様比較的高い値を示した。知内町の場合は沈着直後にアワビモの孢子が大量に放出し、その後に沈着した稚ウニの死亡が観察された。1986年には30.0~67.5%で平均は43.8%となっており、比較的安定した沈着率を示した。

輸送時間と沈着率との関係を図3に示した。輸送時間と沈着率との相関係数は  $r = -0.1009$  であり、相関関係は認められなかった。

最大長と沈着率との関係を図4に示した。最大長は  $900 \sim 1,000 \mu m$  に集中し、 $900 \mu m$  以下あるいは  $1,000 \mu m$  以上は少なかった。1983年分と事故のあった知内町（1985年10月22日）を除くと最大長が  $900 \sim$

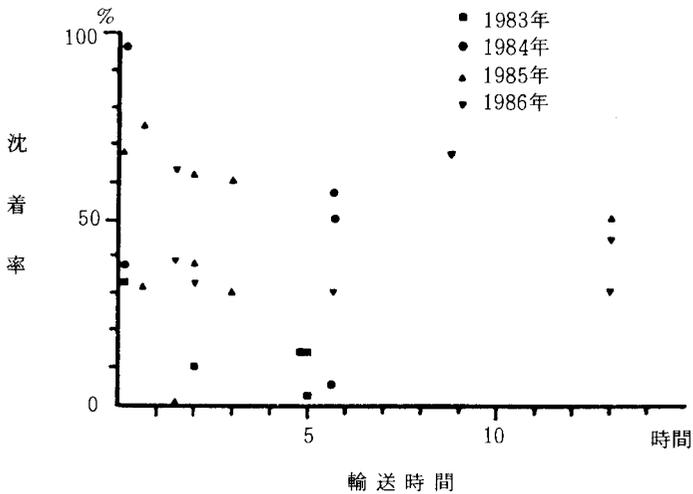


図3 エゾバフンウニ幼生の輸送時間と沈着率との関係

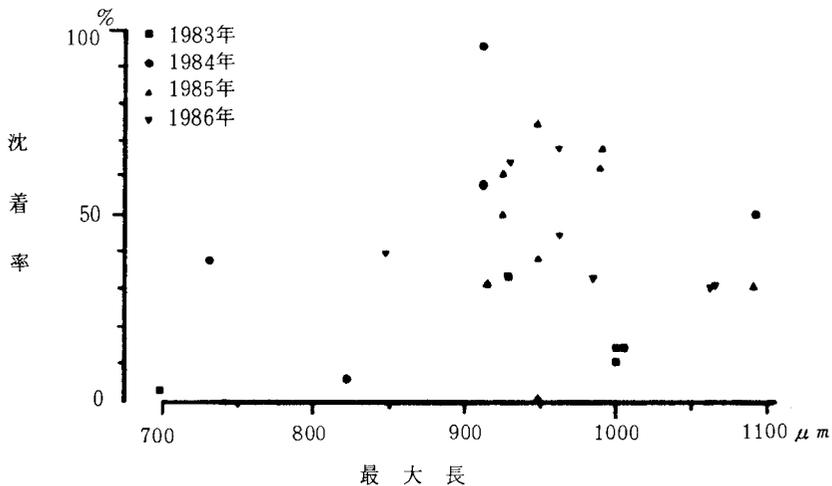


図4 輸送試験に用いたエゾバフンウニ幼生の最大長と沈着率の関係

1,000  $\mu m$  では沈着率が30%を下回ることが無く、900  $\mu m$  以下あるいは1,000  $\mu m$  以上の場合に比較して沈着率は高い傾向にあった。

最長胃径と沈着率との関係を図5に示した。最長胃径が270  $\mu m$  を越えると沈着率が30%以上となり、290  $\mu m$  を越えると半数近くの沈着率は50%以上となった。最長胃径と沈着率との相関係数は  $r = 0.5047$  となり、輸送時間や最大長よりも高い相関係数が認められた。

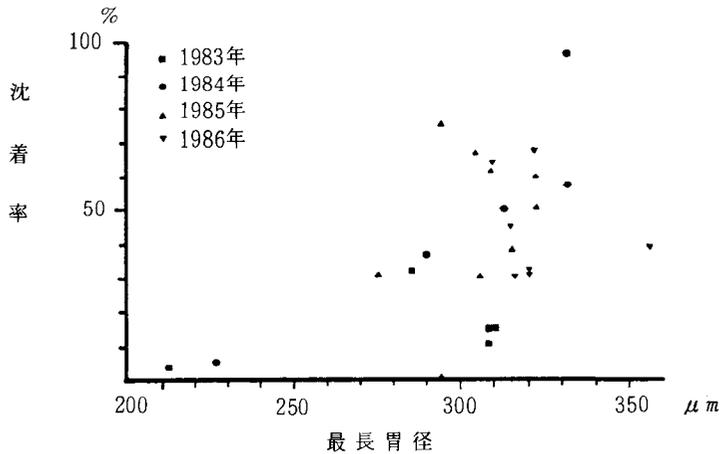


図5 輸送試験に用いたエゾバフンウニ幼生の最長胃径と沈着率の関係

## 考 察

ウニ類の人工種苗生産における採苗方法は水槽内にコレクターを設置して変態直前まで飼育した浮遊幼生を飼育水とともに注入する方法が一般的であり、その際には沈着率を向上させるために様々な方法が取られてきた<sup>2, 3, 4, 6, 7)</sup>。著者らは北海道のエゾバフンウニは太平洋沿岸と日本海沿岸とで生殖周期が異なり、前者は水温上昇の晩春から初秋にかけて産卵し、後者は水温の低下する秋に短期間に産卵するという生態的知見<sup>9)</sup>から、両者のそれぞれの最適沈着水温を知る目的で実験を行った。

著者らが今回実施した親ウニ産地毎の水温別の沈着結果から、太平洋沿岸産の親ウニに由来する変態直前の浮遊幼生の場合には18℃と15℃で比較的多く沈着する傾向にあることがわかる。変態直前の浮遊幼生の飼育温度は15℃に保たれており、これより約3℃高いか同等である場合に沈着率が高いということになる。これとは反対に日本海沿岸産の場合には12℃で沈着率が高く、幼生飼育温度より3℃低いときに沈着率が高くなる。このことは放流した人工種苗生産ウニの生殖周期がその親の生殖周期を引き継いでいるのと同様に<sup>9)</sup>、太平洋と日本海のエゾバフンウニの特性である可能性も考えられる。今回の試験では上記の推論に当てはまらない場合もあるが、今後さらに知見を積み重ねて、より効率的な沈着のための水温条件を明らかにする必要がある。

コレクターの設置方法では水平型の場合は上面に沈着する個体が多く、下面に比較すると明瞭な差が認められる。垂直設置の場合には両面での沈着数に差が認められない。水平設置と垂直設置の沈着数の合計は18℃でみると、やや水平設置の方が多く、採苗効率の点からすると水平にコレクターを設置した方が有利であると考えられる。

角田<sup>2)</sup>はバフンウニ、アカウニでは水平的な付着面を増大させることにより幼生がより付着し易い状態になると推論している。大滝ら<sup>6)</sup>はキタムラサキウニでは採苗板は底面に垂直におくより水平となる横置きにした方がウニ稚子の付着率が高いと、また、伊東ら<sup>7)</sup>はアカウニでは水平方向または斜め方向に設置した方が採苗率が高いと報告している。このように総じてウニ類の人工種苗生産の場合は、コレクターは水平設置の方が垂直設置よりも沈着率が高いと判断できるであろう。ただし、今回の水平設置コレクターの上下面の沈着数の比較からすると、上下の面では極端な稚ウニの沈着数の差ができていた。伊東ら<sup>7)</sup>はアカウニでは通気により上下面の差を解消できるという結果を示しているが、著者らの今回のエゾバフンウニの場合は通気条件下にもかかわらず上下の差が出た。このことはエゾバフンウニとアカウニの種の違いによるものか、あるいは通気技術によるものかは不明である。また、深さによっても沈着数が異なることも今回の結果から得られている。こうした点を考慮すれば、コレクターの水平設置によるエゾバフンウニ幼生の採苗に当っては、浮遊幼生の半数を沈着させた後、数時間以上経過してからコレクターをせごと反転させた上で残りの半数を沈着させるなどの手法を取る必要がある。

一方、こうした水平設置のコレクターは稚ウニ沈着後の早い時期に垂直設置しないと、付着珪藻類の量が不足することもあり、また、コレクターを水平に設置するための水槽は従来の稚ウニ飼育用に用いられている型式(10×1.5×0.5m)と異なることなどから、現在、北海道内の多くのウニ種苗生産施設において、コレクターの水平設置は技術的に一般化していない。

幼生の輸送には様々な条件が考えられるが、輸送中の温度の変化と輸送密度はここでは検討しなかった。また、受け入れ施設の用意したコレクターの状態は一定であるとは考えられないが、それは条件から除き、変態期の浮遊幼生の状態と輸送時間に限って考えた。今回の試験中に沈着率が30%を下回ったのは1983年に4回、1984年と1985年に1回ずつあった。特に1983年の試験では20ℓポリタンクを用いたため、輸送から沈着にいたるまでの幼生の取扱などに適切さに欠けることがあったとも考えられる。1984年10月9日の積丹町の場合は最長胃径が著しく小さく、1985年10月22日の知内町の場合は稚ウニの沈着後にアワビモの孢子放出があり、稚ウニの死亡が確認された。

輸送時間と沈着率の間には相関が認められず、少なくとも13時間以内ならば、適切な方法による幼生の輸送は沈着率にほとんど影響を与えないと考えられる。最大長が900～1,000 $\mu\text{m}$ の場合には沈着率は比較的高い値を示し、1,000 $\mu\text{m}$ を越えると沈着率の高いものが減少する傾向が認められた。また900 $\mu\text{m}$ 以下でも沈着率の高いものは無い。このことから最大長が900～1,000 $\mu\text{m}$ という値は変態期の幼生が沈着するときの最適値であると考えられる。浮遊幼生の成長は沈着する2～3日前に最大に達し、その後萎縮することが知られており<sup>10)</sup>、最大長900 $\mu\text{m}$ 以下の場合とともに、1,000 $\mu\text{m}$ 以上でも変態するまでには十分発育していなかったとも考えられる。最大胃径は沈着率との関連が認められ、最長胃径が大きくなるほど稚ウニの沈着率は向上する傾向にある。

今回は幼生輸送条件のうち、輸送時間と最大長および最大胃径で表される浮遊幼生の発育状態に限ったが、輸送容器、密度、温度などについても検討する必要がある。

## 要 約

エゾバフンウニの変態期に達した浮遊幼生を効率的に採苗するため、沈着時の水温とコレクターの設置方法および変態期に達した浮遊幼生の輸送について試験した。沈着水温は9～21℃の5段階に設定し、用いた浮遊幼生は噴火湾を含む太平洋沿岸産と津軽海峡および日本海沿岸産の親ウニから通常の人工種苗生産の方法によって得た。コレクターの設置方法は水平あるいは垂直とした。幼生の輸送試験は道内の11か所に向けて、延べ26回実施した。最も遠い場所は広尾町であり、13時間を要した。

得られた結果は次の通りである。

1. 太平洋産の浮遊幼生はその飼育水温 (15℃) より高い18℃で、津軽海峡・日本海産の浮遊幼生は飼育水温より低い12℃で、それぞれ沈着率が比較的高い傾向にあった。
2. 水平設置のコレクターは下面と比較して上面に極めて多くの稚ウニが沈着したが、垂直設置の場合には両面での差は認められなかった。また、沈着水温が18℃のときは水平設置のコレクターの方が垂直設置に比較して沈着数が多かった。
3. 輸送時間の長さによる沈着率への影響は認められず、浮遊幼生の発育状態が沈着率へ影響を与えていた。

## 文 献

- 1) CAMERON, R.A. and R.T.H INEGARDNER (1974) Initiation of metamorphosis in laboratory cultured sea urchins. *Biol. Bull.*, 146:335-342
- 2) 角田信孝 (1978) ウニ類の種苗生産に関する研究-Ⅲ 浮遊幼生の大量飼育について 水産増殖 25(4) 121-127
- 3) 谷 雄策・伊東義信 (1979) アカウニ幼生の付着および変態におよぼす付着珪藻の影響について 水産増殖 27(3) 148-150
- 4) 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
- 5) 北海道立中央水産試験場増殖部・後志北部地区水産技術普及指導所・北海道立栽培漁業総合センター (1984) エゾバフンウニの天然採苗、中間育成、種苗放流について 北水試月報 41(7) 270-315
- 6) 大滝勝久・下園栄昭・天神 愷 (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
- 7) 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
- 8) 田嶋健一郎 (1988) エゾバフンウニ人工種苗生産の現状 北水試だより 3 8-14
- 9) 吾妻行雄・門間春博 (1988) 北海道南部太平洋沿岸におけるエゾバフンウニ人工種苗の放流 第1報 成長と生殖周期 北水試研報 31 15-25
- 10) 斉藤勝男・山下幸悦・田嶋健一郎・小原昭雄 (1985) エゾバフンウニ種苗大量生産技術開発試験 昭和59年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 101-140