

アワビ浮遊幼生の出現状況について

田中種雄・石田 修

はじめに

アワビの生態に関する知見は、これまでにかなりの蓄積があるものの、浮遊幼生から若令貝に達するまでの生活史初期段階に関するものは極めて少ない。

筆者らは東安房地区(安房郡天津小湊町~和田町)における、アワビを対象とした大規模増殖場開発事業調査の中で、浮遊幼生の採集調査、海流板追跡による流況観測を行い、浮遊幼生の出現時期、分布状況と流れとの関連性について若干の知見を得たので、ここに報告する。

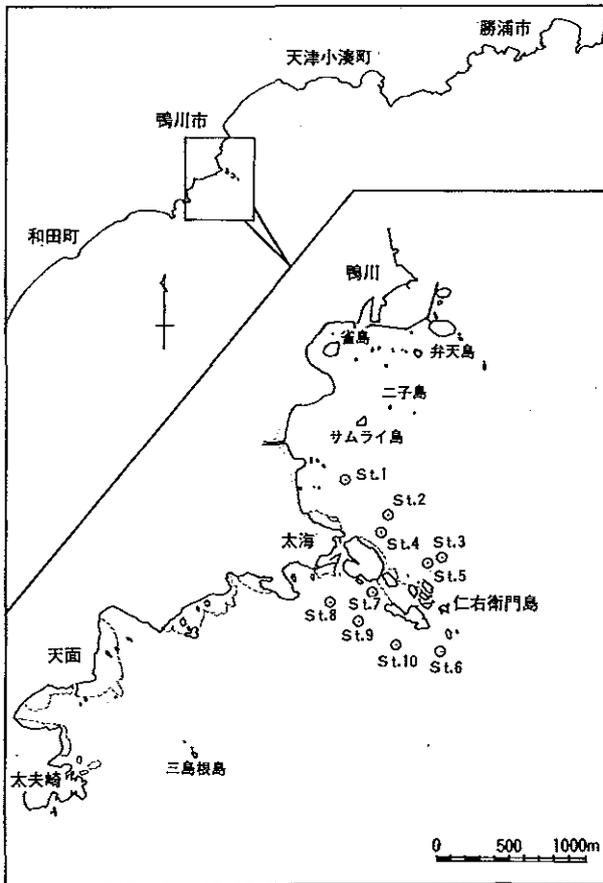


図1 調査水域およびネットイング位置

報告に先立ち、本調査の計画作製にあたり御指導いただいた日本海区水産研究所、田中邦三室長に感謝の意を表します。また、調査に御協力下さった江見漁業協同組合の方々に御礼申し上げます。

調査方法

調査は鴨川市太海地先にある仁右衛門島周辺水域(図1)で行った。

浮遊幼生の採集は図1に示した10調査点において、北原式定量ネット(NXX15,目合0.082mm)を用いて、海底からの垂直曳きで行った。採集調査は1979年9月18日から1980年3月7日の間に18回、1980年10月6日から1981年1月13日の間に11回の計29回、各年のアワビ産卵期を中心にして実施した。10調査点のうち、St.2およびSt.9においては浮遊幼生の分布層を把握するために、前年度では海面下3m、6mおよび海底から、後年度では海面下5m、10mおよび海底からの3層の層別垂直曳きを行った。採集したプランクトンは生体のまま実体顕微鏡で検鏡し、アワビの卵、トロコフォア幼生、ベリジャー幼生およびその他の巻貝類ベリジャー幼生について全数を計数した。なお、アワビの卵、幼生は一部飼育に供し、アワビであることを確認した。ろ水量はネットの口径面積に曳網距離を乗じて求め、出現したアワビ、その他の巻貝類幼生個体数を海水1㎡当りに換算した。

流況調査は図2に示した海流板を用いて、1回の調査で、ほぼ同時に2~3個を投入し、30分間隔で船上より測角して位置を求めた。

結果

1. アワビの卵、幼生の出現状況

全調査について出現したアワビの卵、幼生およびその他の巻貝類幼生の個体数を表1、図3に示し、また、得られたアワビの卵、幼生の発生段階を表2に示した区分に従って表3にまとめた。

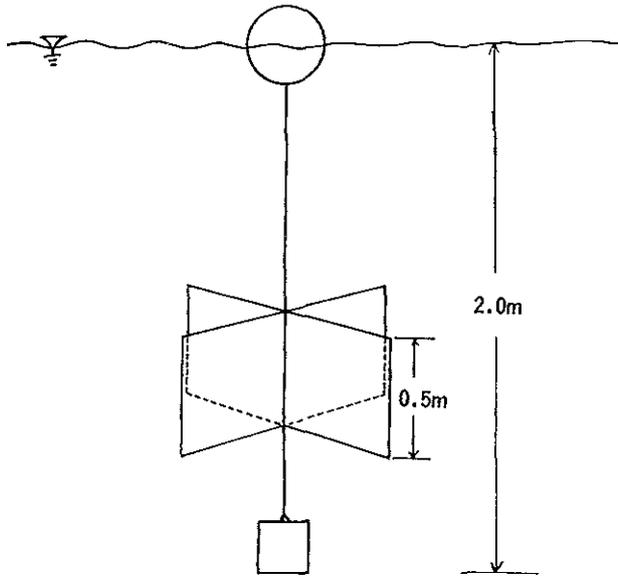


図2 海流板

1979年度の産卵期 アワビの卵、幼生は10月22日に初めて採集され、翌年の2月5日まで出現した。とくに多くの卵、幼生が出現したのは10月22日、10月26日および12月13日の3回であった。10月22日には強い北風のためSt.1以外の仁右衛門島(以後単に島という)北側の調査点では調査ができなかったが、St.1,7,8,9および10から20~560個体/m²の平衡胞を備えたベリジャー幼生と18~87個体/m²のトロコフォア幼生が得られた。ベリジャー幼生を飼育した結果、10月24日には珪藻を着生させた波板に付着し、11月7日には殻長500μ前後に(25個体生残)、さらに12月25日には殻長1~2.9mm(13個体生残)へと成長し、その形態からアワビであることが確認できた。

10月26日には全調査点で1.4~55.6個体/m²の平衡胞を備えたベリジャー幼生が採集され、中でも島北側のSt.2,3および4に多かった。

12月13日にはSt.1と7を除く調査点から1.0~6.5個体/m²の頭部触角が伸長しだした段階のベリジャー幼生とSt.4,5,6,7,8および10からは1.4~87個体/m²の桑実期卵が採集された。これらの桑実期卵を飼育した結果、12月14日にはトロコフォア幼生としてふ出し、15日にはベリジャー幼生へと変態し、19日には平衡胞を備えた沈着直前の段階に達してアワビであることが確認できた。

上記の他の調査日には1~7調査点から0.8~14.5個体/m²の幼生が出現したにすぎなかった。

1980年度の産卵期 アワビの卵、幼生は10月23日から翌年1月13日の間に出現した。このうち、比較的多

くの出現がみられたのは10月30日と12月22日の2回であった。10月30日にはSt.3,5および6から0.9~2.0個体/m²のベリジャー幼生が、また、St.7,8,9および10からは26.1~76.1個体/m²の桑実期卵が採集された。この時のベリジャー幼生は蓋が形成された段階から頭部触角が伸長し始めた段階のものまでが見られた。

12月22日にはSt.3,5,6および9から頭部触角が伸長し始めた段階のベリジャー幼生が1.1~2.2個体/m²、また、St.1と4を除く調査点から、すでに卵内でトロコフォア幼生の形態となり、盛んに繊毛を動かしている、ふ化直前の卵が1.1~32.6個体/m²採集された。

層別分布 St.2およびSt.9における層別採集の結果は図4に示した。ベリジャー幼生については表層に最も多く出現した例が5例、中層に最も多かったのが8例、底層に最も多かったのが9例であり、卵については表層が1例、底層が4例で中層に最多の出現がみられた例はなかった。全調査での層別総個体数はベリジャー幼生では表層で6、中層で7、底層で22個体、また、卵については表層で63、中層で1、底層で9個体であった。

2. 流況

調査日時、風向、風速および潮時を表4に、また、調査日毎の海流板の流程を図5に示した。

1979年7月5日には島の南北両水域とも北東方向への流れが観測された。7月12日にも島南側水域では北東流が観測され、島の先端部へさしかかった流れは東へ向きを変え沖合へ流れたが、島の中央部より岸側へ向かう流れは反時計回りの渦流状の流れとなった。

7月6日には島北側先端部では東流して沖合へ流れたが、島北側中央部の岸近くでは流速の遅い渦流状の流れが、また、島南側の岸近くでは海岸線と平行に往復運動する流れが観測された。

考 察

陸上池で飼育しているアワビについては低気圧の通過時に大量の自然放卵が行われるという現象が観察されているが、自然海でのアワビの産卵生態についてはほとんど知見がないようである。そこで、今回の調査で得られたアワビの卵、幼生の出現状況から、どのような気象、海象条件のもとで産卵が行われたのか、また、何時頃に産卵が行われたのかについて若干の考察をしてみる。

図6に千倉町平磯地先で毎日午前9時に測定した水温(平磯地先水温をy、太海地先水温をxとすると、 $y=0.9753x+0.4625$ $r=0.94$ の関係式が成立する)と

表1 アワビ、その他巻貝幼生の出現個体数

単位：個体/㎡ ()内はアワビの卵およびトロコフォア幼生

年 月 日	St 類	St. 1		St. 2						St. 3		St. 4		St. 5		St. 6		St. 7		St. 8		St. 9						St. 10		水温 (℃)	
		ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他	ア ワ ビ	幼 他		
																															巻貝幼生
1979 9.18		0	23.9					0	12.4	0	307.1	0	24.4	0	3.4	0	555.8	0	90.1	0	12.7						0	68.8	0	184.2	22.9~23.4
9.21										0	93.5			0	55.9			0	297.7	0	204.3						0	73.9	0	73.9	24.2~24.5
10.22		32.6 (18.1)	811.6													559.8 (27.2)	4163.0	141.3 (87.0)	1163.0						70.7 (50.7)	480.1	19.8 (79.1)	160.1	160.1	18.2~18.4	
10.26		9.9	75.1	7.2	65.2	3.6	83.3	23.9	84.8	26.9	122.2	55.6	77.3	11.9	63.2	4.3	88.0	7.2	25.4	7.2	45.3	0	58.0	3.6	25.4	1.4	23.2	2.9	20.3	20.5~21.5	
10.31		0	39.1	0	94.2	3.6	123.2	0	31.8	0	27.8	0	31.4	0	21.7	0	35.7	0	78.3	0	37.0	0	94.2	3.6	87.0	0	24.3	1.2	30.2	21.9~22.6	
11. 7		0	17.4	0	14.5	0	29.0	0	13.6	0	10.9	0	19.3	0	15.5	0	11.3	0	39.9	0	8.4	0	21.7	0	18.1	0	24.3	0	17.4	20.0~21.8	
11.15		2.2	28.3	0	130.4	0	58.0	0	36.7	0	23.9	0	195.7	1.8	108.7	4.7	45.4	3.6	115.9	0	24.6	0	50.7	3.6	68.8	1.2	37.4	4.3	38.0	19.6~19.9	
11.20		0	6.5	0	0	0	39.9	0	21.7	0	14.1	0	29.9	0	21.7	4.3	40.2	0	60.9	1.6	18.6	14.5	29.0	3.6	43.5	0	36.2	0	24.6	18.2~19.6	
12. 4		0	16.7	7.2	43.5	0	18.1	0	10.9	0	5.7	5.4 (48.9)	67.9	0	13.6	0.9	25.5	0	31.1	2.9	11.6	0	58.0	0	76.1	1.1	41.3	6.4	46.0	18.2~18.6	
12.13		0	25.4	0	123.2	0	43.5	5.8	44.9	4.1	37.3	5.4 (48.9)	152.2	6.5 (87.0)	139.1	1.0 (4.9)	20.8	0	47.1	5.4 (10.9)	41.7	0	101.4	0	29.0	1.4	28.5	1.4 (1.4)	42.0	18.2~19.0	
12.19		0	4.7	0	21.7	3.6	14.5	0	11.5	1.0	13.4	0	63.4	0	32.6	0	10.9	0	77.6	0	7.2	0	108.7	0	50.7	0	33.8	1.1	30.4	18.5~18.8	
12.24		0	8.7	0	21.7	0	36.6	1.4	12.2	0	15.2	0	12.4	0	13.8	0	9.8	0	3.6	0	13.0	0	21.7	0	18.1	0	28.3	0	12.1	16.6~17.5	
1980 1. 9		0	27.2	0	14.5	0	29.0	0	13.6	0	7.6	0	62.5	0	49.4	0	22.6	0	6.2	2.1	26.1	0	72.5	0	47.1	0	24.8	0	45.7	15.6~17.1	
1.18		0	5.9	0	7.2	0	14.5	0	4.3	0	1.0	0	21.7	0	6.2	0	4.3	0	0	0	4.8	0	7.2	0	0	0	0	0	0	14.6~15.2	
1.21		0	2.2	0	0	0	0	0	2.6	0	3.0	0	5.4	0	2.0	0.8	9.7	0	43.5	0	15.5	7.2	0	0	29.0	0	13.6	0	17.9	14.6~15.4	
2. 5		0	4.3	0	0	3.6	0	2.6	2.6	0	1.9	3.1	24.8	5.8	11.6	2.1	10.4	7.2	0	0	2.9	7.2	7.2	3.6	3.6	6.0	4.8	5.4	1.4	13.2~13.8	
2.13		0	23.7	0	21.7	0	7.2	0	19.2	0	20.8	0	28.0	0	0	0	30.4	0	39.9	0	19.8	0	21.7	0	32.6	0	57.6	0	93.8	14.7~14.8	
3. 7		0	63.0					0	27.5	0	22.8	0	18.1	0	21.7	0	18.5	0	9.3	0	10.9					0	14.5	0	23.1	13.4~14.0	
10. 6		0	9.9	0	200.0	0	117.4	0	44.8	0	85.1	0	29.9	0	+	0	9.5	0	76.1	0	26.1	0	78.3	0	80.4	0	19.5	0	30.4	24.3~24.7	
10.13		0	23.6	0	200.0	0	71.7	0	43.5	0	55.6	0	70.7	0	61.3	0	45.5	0	18.1	0	25.7	0	60.9	0	65.2	0	35.3	0	29.7	22.4~22.6	
10.23		0	7.2	0	65.2	0	19.6	0	6.2	0.9	44.4	0	9.9	0	18.4	0	7.2	0	108.7	0	18.4	0	39.1	2.2	45.7	0	24.5	0	20.8	21.2~21.8	
10.30		0	33.6	0	69.6	0	80.4	0	81.8	1.0	30.0	0	16.3	2.0	49.4	0.9	9.1	0	115.9	0	16.7	0	73.9	0	41.3	0	17.4	0	7.7	20.0~20.4	
11. 4		0	334.0	4.3	273.9	0	184.8	0	40.6	0	19.8	0	190.2	0	100.8	0	167.0	8.7	313.0	0	302.2	4.3	365.2	2.2	243.5	0	258.2	5.7	121.3	20.8~21.0	
11.21		10.9	28.3	0	30.4	0	21.7	0	31.9	2.0	65.2	0	29.0	1.8	47.1	0	66.1	3.6	32.6	0	23.7	0	121.7	0	54.3	0	26.6	0	48.6	20.3~20.9	
12. 2		0	30.4	0	56.5	0	187.0	0	98.6	0	30.4	0	236.4	0	309.8	0	42.4	0	43.5	0	10.9	0	73.9	0	21.7	0	15.9	0	43.5	20.2~21.5	
12. 6		0	6.5	0	0	0	17.4	0	14.5	1.1	16.3	0	16.3	0	8.7	0	6.5	13.0	8.7	0	0	0	4.3	0	6.5	1.4	7.2	0	8.7	18.2~18.8	
12.16		0	0	0	4.3	0	6.5	0	10.9	0	10.9	0	3.6	0	10.9	0	5.4	0	12.4	0	8.4	0	8.7	0	10.9	0	7.2	0	0	13.0~13.5	
12.22		0	152.2	0	134.8	0	104.3	0	88.4	0	94.6	0	214.7	0	206.5	0	131.5	0	79.7	0	217.4	0	256.5	0	243.5	0	121.7	0	66.5	16.4~17.3	
1981 1.13		0	3.6	0	26.1	0	4.3	0	8.5	1.1	16.3	0	21.7	0	5.0	0	8.7	0	6.2	0	2.2	0	21.7	0	15.2	1.4	12.2	1.3	5.1	14.4~14.8	
計		73.7	1813.0	18.7	1596.9	16.6	1311.9	36.5	820.0	40.3	1196.8	118.4	1673.1	121.2	1398.0	28.3	1438.2	764.4	5944.4	295.0	2319.1	307.1	1756.2	96.4	1357.2	181.0	1487.2	194.8	1243.4		
平均		2.63	64.75	0.75	63.88	0.66	52.48	1.35	30.37	1.44	42.74	4.39	61.97	4.33	49.93	1.05	53.27	26.36	204.98	10.17	79.97	12.28	70.25	3.86	54.29	6.46	53.11	6.72	42.88		

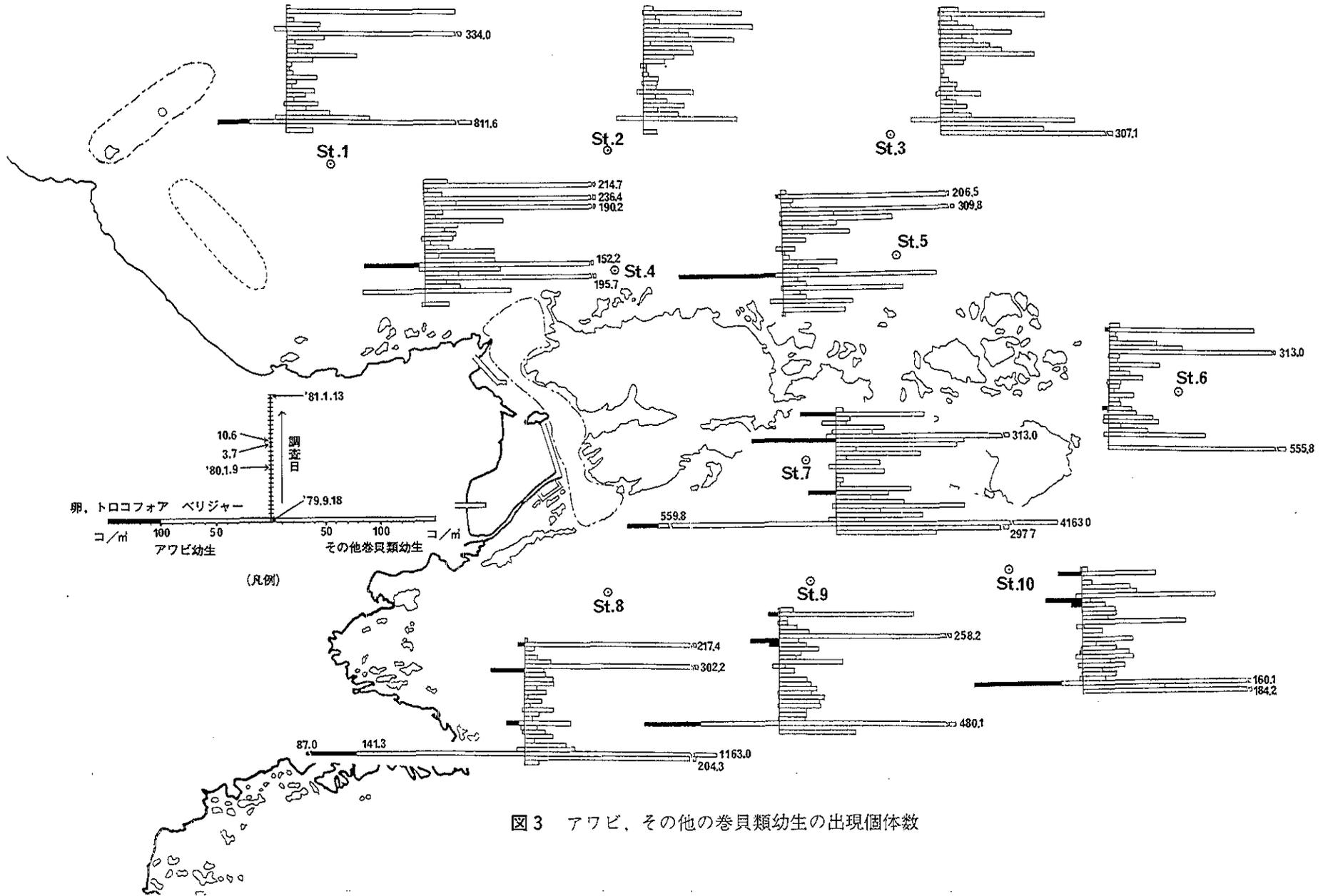


図3 アワビ、その他の巻貝類幼生の出現個体数

表2 クロアワビの発生と形態上の特徴

No	発生段階	形態の特徴	No	発生段階	形態の特徴
1	卵	受精卵(卵径220)	12	トロコフォア	トロコフォア(ふ化)
2		第1極体放出	13	ベリジャー	幼殻分泌開始
3		第2極体放出	14		幼殻牽引筋出現
4		2細胞期	15		幼殻完成(S.L.290 μ)
5		4細胞期	16		足部形成開始
6		8細胞期	17		蓋形成, 足部後端に剛毛
7		16細胞期	18		足蹠上に繊毛, 眼点出現
8		桑実期	19		頭部触角, 外套腔内繊毛出現
9		胞胚期	20		前足部突起, 上足触角, 平衡胞
10		のう胚期(原腸期)	21		面盤消失
11		ふ化前のトロコフォア	22		周口殻形成

表3 採集されたアワビ卵および幼生の発生段階

年月日	発生段階	年月日	発生段階	年月日	発生段階
1979. 9.18		1979.12.19	20	1980.10.23	8, 20
9.21		12.24	20	10.30	8, 17, 18, 19
10.22	12, 20	1980. 1. 9		11. 4	19, 20, 22
10.26	20	1.18	8	11.21	20
10.31		1.21	17	12. 2	
11. 7		2. 5	20	12. 6	19
11.15	20	2.13		12.16	
11.20		3. 7		12.22	11, 19
12. 4	17, 19, 20	10. 6		1981. 1.13	19
12.13	8, 17, 18, 19	10.13			

アワビの卵, 幼生の出現状況を示した。1979年10月22日には, 平衡胞を備えたベリジャー幼生が多数出現した。22日以前の水温18℃から23℃の間では受精後3~5日で同ステージに達することから10月18日前後に産卵されたものと推定される。この時期の気象は台風20号の影響で, 18日には曇から雨, さらに, 夜間には大雨となり, 南東の風が最大6.4m/sec, 19日には南西風が最大23.6m/sec吹いた。気圧は18日の1027mbから19日の1006mbへと低下し海上は大時化となった。17日から19日の水温は23℃前後で安定していた。なお, 19日には陸上池で飼育中のクロアワビの大量の自然放卵が観察されている。

このような現象は1980年10月30日に採集されたベリジャー幼生の産卵日頃にも見られた。すなわち, このベリジャー幼生はすでに平衡胞を備え, 当時の水温では10月26日前後に産卵されたものと推定される。この

時期の気象は, 気圧が10月24日の1028mbから26日の1003mbへと低下し, 西風が最大14.3m/sec吹いて海上は時化であった。

これらの例から現象的には低気圧接近, 通過とアワビの産卵との関連性が想定される。

もう一つの産卵誘因としては水温変動が考えられる。1979年10月22日採集のトロコフォア幼生, 1980年10月30日採集の桑実期卵, 12月22日採集のふ化直前卵の場合が, これにあたると思われる。前2者の場合は台風, 低気圧の影響による南寄りの風のため, その通過後に水温が22~23℃から約5℃低下して17~18℃台となった。この著しい温度低下によりアワビの産卵が促されたと考えられる。また, 12月22日の場合には, 水温が15日の13℃台から急激に上昇し, 21日には18℃台となっていて, この日が産卵日と推定される。

以上のように, 多くのアワビ卵, 幼生が出現した時

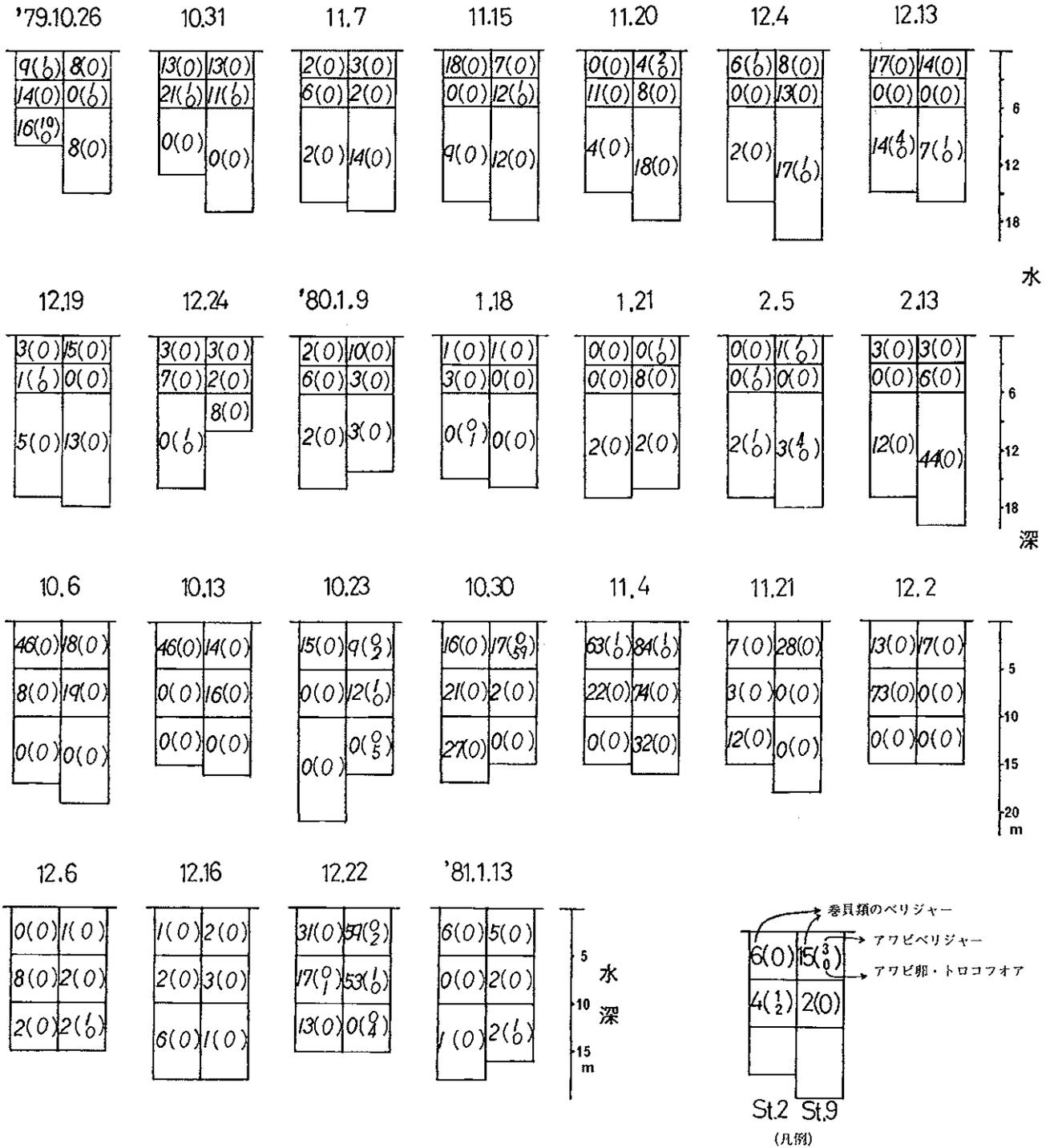


図4 アワビ、その他巻貝類幼生の水層別出現個体数 (1 曳網当り実数)

表4 流況調査日時の風向, 風速および潮時

調査月日	調査時刻	風向	風速 m/sec	潮時
1979年 7月 5日	12:15~16:15	S	0.5	13:42満→18:36干
7月 6日	9:10~12:15	SSE	0.7	7:56干→14:53満
7月10日	10:40~13:15	SE	0.9	10:55干→17:56満
7月12日	10:37~13:15	SE	0.6	12:18干→18:34満

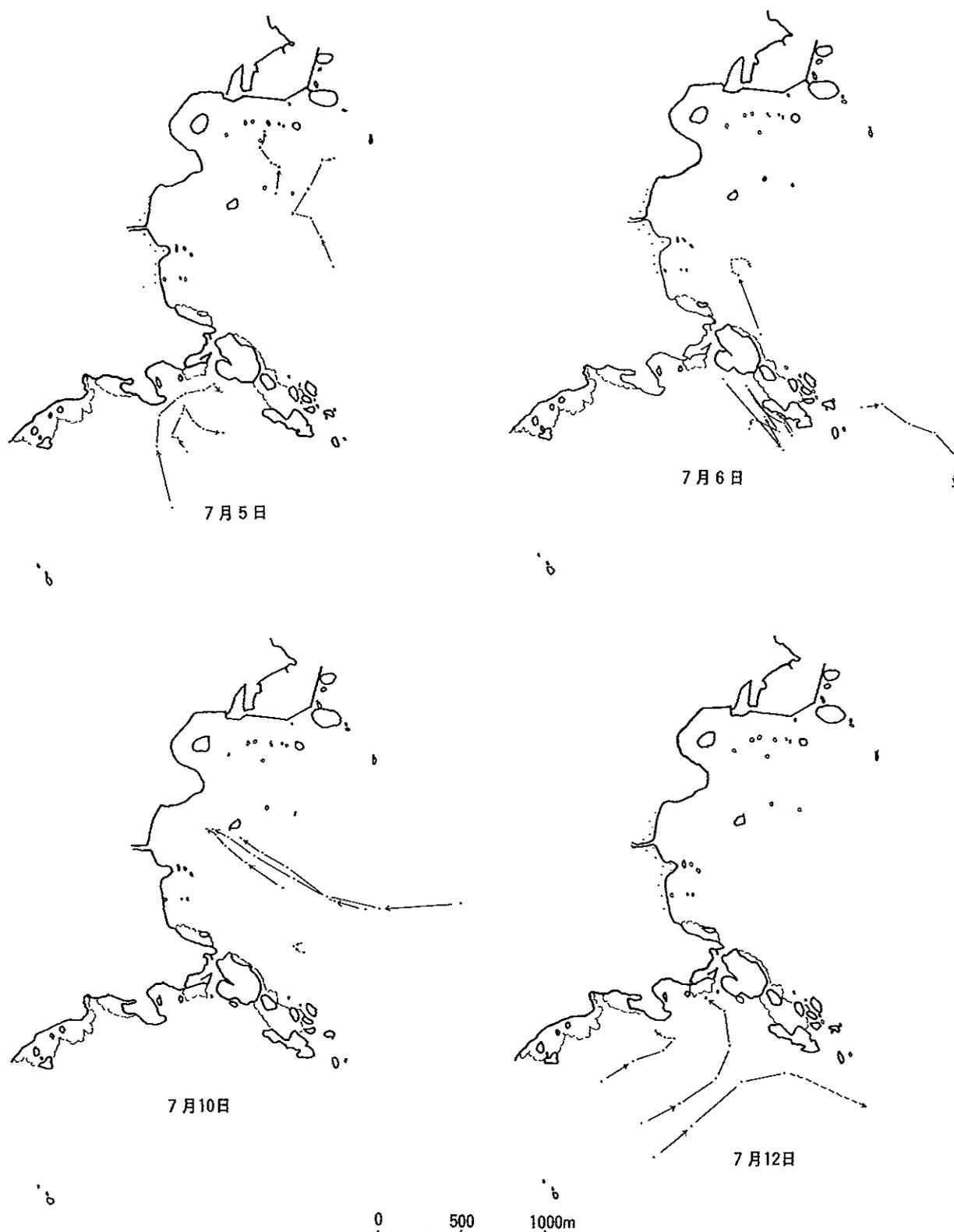


図5 流況 (各点間30分)

には、その産卵日と推定された日の前後に低気圧通過あるいは、水温の急激な変動が観察されていて、これらが刺激となり広範囲で大規模な産卵が行われているものと考えられる。しかし、低気圧通過時の場合には、その影響による環境の諸変化の中で、何がアワビの産

卵を促す直接の要因であるのかは不明であるので今後検討していく必要がある。また、このような現象がなかった時に、比較的多くのアワビ卵、幼生が出現した例もあり、これら以外の産卵誘因についても今後検討する必要がある。

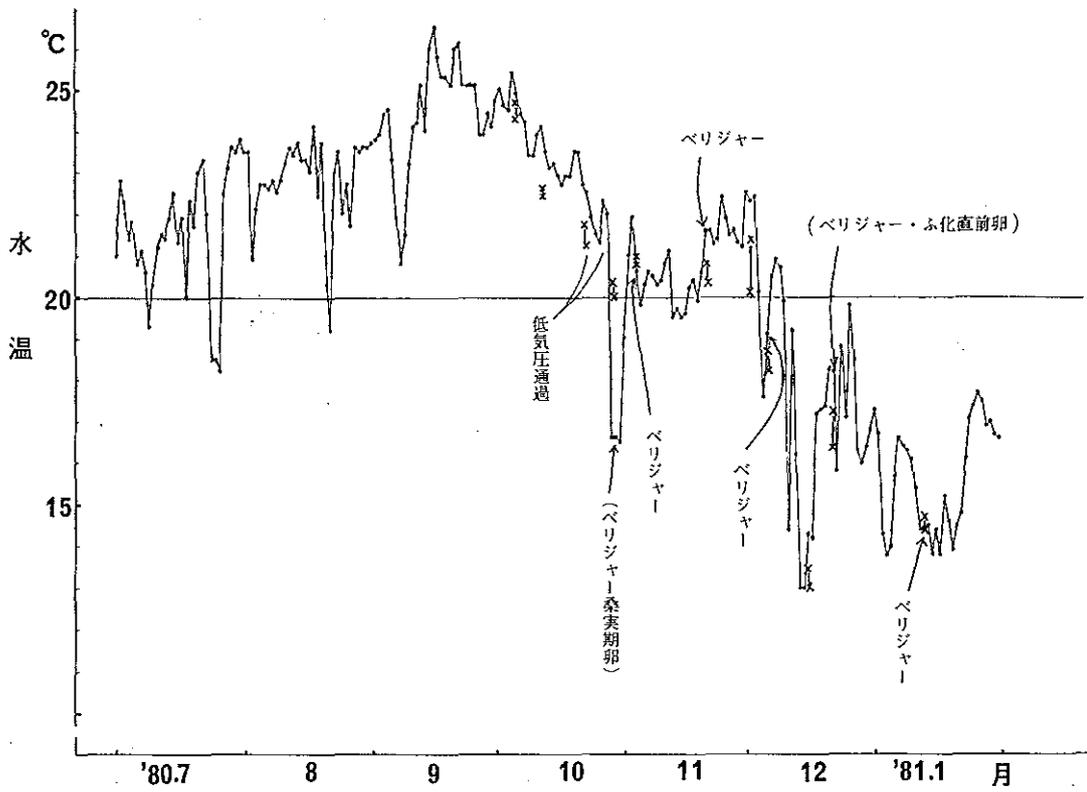
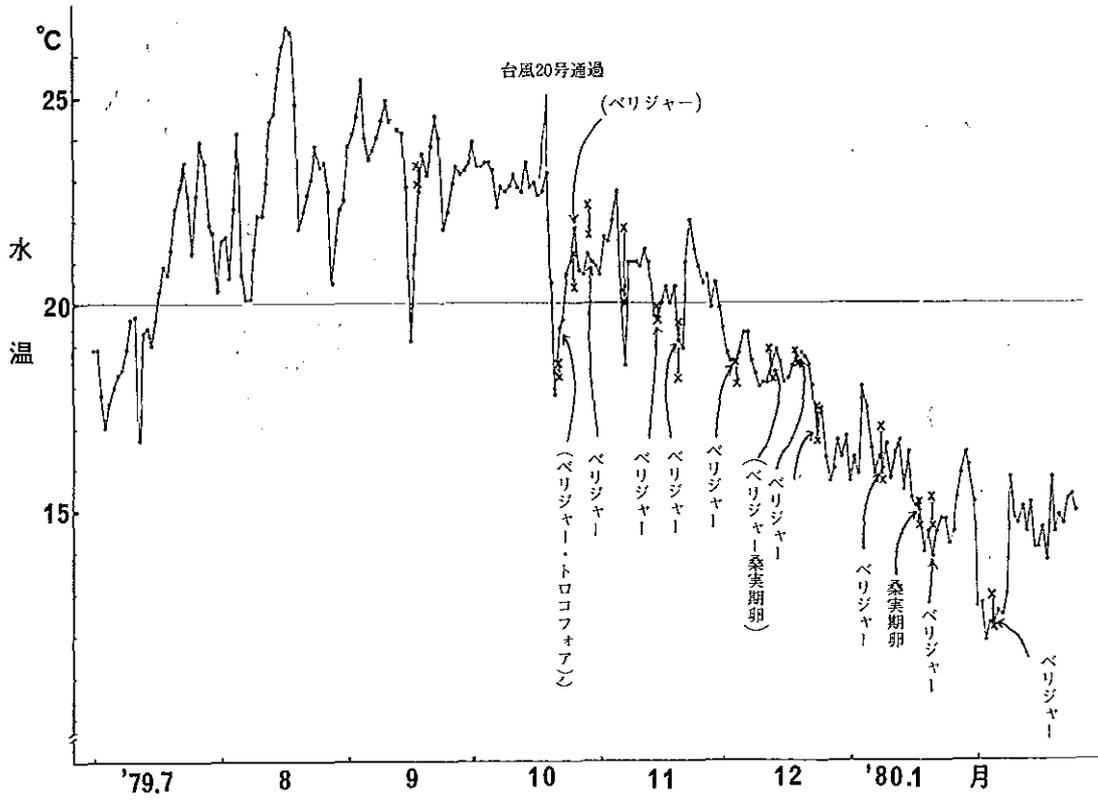


図6 水温変動とアワビ幼生の出現状況
 ()は比較的多くの幼生が出現した時, ×-×はネットィング位置の表面水温

次に、発生初期段階である卵、トロコフォア幼生の出現から産卵時刻を推定してみる。

1979年10月22日に採集されたトロコフォア幼生は、当時の水温18~20℃では15~18時間で達することから、ネットイング時の午前10~11時を起点とすると、産卵日時は10月21日の午後4~7時と推定される。また、1980年12月22日に得られたふ化直前の卵についても、当時の水温17℃前後から12月21日午後4~6時頃産卵されたものと考えられる。

一方、早朝に産卵が行われたと考えられるのが、1979年12月13日と1980年10月30日に採集された桑実期卵である。これらは、いずれも当時の水温17~19℃では5時間程で達することから²⁾、採集当日の午前5~6時に産卵されたと推定される。以上の例から、アワビの産卵は早朝か夕方のいずれかに行われていたものと考えられる。

流れとアワビ幼生の分布については、沿岸岩礁域の列状岩礁や瀬が発達した場所では渦流、停滞流が形成されやすく、複雑な流れの環境にあり、このような場にアワビ幼生が多数出現した例が報告されている³⁾。

今回の流況調査の結果から、地形的に突出した仁右衛門島が流れの障壁となり、同島南側水域に渦流状の流れが観測され、また、島の南北両水域の岸近くでは流れのほとんどない滞流域や岸と平行に往復運動しながら次第に島に接近する流れが見られ、極めて複雑な流れの場にあることが知られた。

瀬戸口ら⁴⁾(1978)は外房・和田沖での流況調査から、偏南風時には北方向へ、偏北風時には南西方向への恒流が出現し、明らかに風の変化と恒流の変化には対応がみられると報告している。1979年10月22日に島南側調査点から多数のベリジャー幼生が得られたが、台風による南寄りの強風で外房海域一帯には北東方向への流れが生じ、この流れでは流況調査でみられたような渦流域が島南側水域に形成されていたとともに、この中に多数の幼生が分布していたものと推察される。

逆に、1979年10月26日と12月13日には島北側の調査点で多くの幼生が得られたが、前者では10月22日以降、後者では12月7日以降北西風が吹き続き、このために当海域では南方向の流れが生じていたと考えられる。この南下流では地形的にみて島北側水域にも渦流域が形成されていたとともに、ここに多くのアワビ幼生が出現したものと推察される。

アワビ幼生の垂直分布については、エゾアワビ幼生では表層、底層ともに浮遊しているとの報告がある⁵⁾。今回の調査結果でも、やはり、表層から底層まで幼生

が分布し、明らかな浮遊層があるとは認められなかった。その時々天候、水温、波浪等の条件の違いによりアワビ幼生の浮遊層も異なっているものと考えられる。

本調査ではアワビの産卵や幼生の分布と流れとの関連性について極めて断片的な知見を得るにすぎない。今後さらに浮遊幼生に関する知見を積み重ねていくとともに、沈着の場所、沈着量、沈着後の生残率等を調べ、稚貝の多く生息する、いわゆる稚貝場がどのような諸条件のもとに形成されているのかを究明することは、アワビの増殖対策を進めていくうえで重要な示唆を与えるものと考えられる。

要 約

- 1) 鴨川市太海地先において1979年、1980年のアワビ産卵期にネットイング調査を行った。また、1979年7月には海流板追跡による流況観測を行った。
- 2) アワビの卵、幼生は1979年では10月22日から翌2月5日まで、1980年では10月23日から翌年1月13日の間に出現した。このうち、比較的多数の出現が見られたのは5回であり、最も多かったのは1979年10月22日の560個体/m²(ベリジャー幼生, St.7)であった。
- 3) 仁右衛門島周辺の流れは、同島南側水域で渦流状の流れがみられ、また、南北両水域ともに極く沿岸域には流向が一定せず、流速の遅い滞流域が見られた。
- 4) アワビの産卵は低気圧の通過、水温の急激な変動があった時に行われたと考えられ、また、産卵時刻は早朝か夕方と推定された。
- 5) アワビ浮遊幼生は流れと関連して、渦流域に多く分布すると考えられた。
- 6) アワビの卵、浮遊幼生は表層から底層までみられ明らかな浮遊層は認められなかった。

文 献

- 1) 田中邦三・他(1980)：千葉県安房地区におけるクロアワビ(*Nordotis discus*(REEVE))の資源生態的研究。千水試研報、38、1~177
- 2) 猪野 峻(1952)：邦産アワビ属の増殖に関する生物学的研究。東海水研研報、5、1~102
- 3) 田中邦三・他(1979)：房総沿岸のアワビ稚貝場と流況について。水産土木、16(1)、67~75
- 4) 瀬戸口明弘・他(1978)：千葉県の外洋沿岸域の流況—1(外房総和田沖)。千水試研報、37、1~6

- 5) 富田恭司・他(1977)：礼文島におけるエゾアワビの浮遊幼生および底生初期の稚貝。北水試報告, **19**, 13~19
- 6) 富田恭司・他(1980)：北海道北部日本海沿岸におけるエゾアワビの浮遊幼生, 底生初期稚貝の出現。北水試月報, **37** (7), 117~126
- 7) 富田恭司(1969)：礼文島におけるエゾアワビ稚貝の出現状況。北水試月報, **26** (2), 576~582
- 8) 木下虎一郎・他(1947)：佐呂瀬湖表面に於ける帆立貝仔蟲と腹足類仔蟲の個体数の昼夜並に潮候変化 (予報)。日水誌, **10** (1), 43~46
- 9) 安田治三郎(1952)：三河湾における軟体動物浮遊仔貝の潮候並びに昼夜による出現状況について。日水誌, **17** (11), 342~344
- 10) 堀越増興(1978)：Larval Ecology (幼生生態学) と Bioturbation (生物攪拌)：海洋科学, 号外 I, 81~99
- 11) 田中弥太郎(1978)：アワビ浮遊幼生の行動に関するタンク実験。東海水研研報, **95**, 15~22
- 12) S. Murayama (1935)：On the Development of the Japanese Abalone, *Haliotis gigantea*. Jour. of the coll. of Agri. Tokyo Imp. Univ., **8** (3), 227~232