

北海道虾夷马粪球海胆人工苗种生产

田嶋健一郎

(北海道立栽培渔业综合中心)

虾夷马粪球海胆 *Strongylocentrotus intermedius* 广泛分布于日本北海道、东北地区和俄罗斯沿海州、萨哈林岛等地, 生息于水深50米以内近岸转石、卵石和岩礁带。主要渔场水深20米以内, 饵料海藻繁茂。生殖腺发育良好。壳径通常达7~8厘米左右, 个别也达10厘米。在北海道, 采捕方法包括近岸小船抄网捞、鱼叉叉、贝夹夹或徒步手拾和潜水捡、桁网拖等。年产量(纯黄)700吨左右, 年产值90亿日元左右, 为北海道最重要的岩礁渔业对象之一。并且, 对于浅海栽培渔业来说, 与皱纹盘鲍作为继海带、虾夷扇贝之后发展对象大有希望。

在这一背景下, 以开发虾夷马粪球海胆栽培渔业(人工苗种生产至中间培育、放流)技术为目的, 北海道立各水产试验场和栽培渔业综合中心自1982年开始进行实验研究。以前, 海胆类栽培渔业技术开发以马粪海胆、紫海胆、光棘球海胆、红海胆、虾夷马粪球海胆为对象就已有过实施。由于有各县栽培渔业中心和水产试验场等所确立的技术可供借鉴, 而技术实际应用又不难实施, 北海道虾夷马粪球海胆栽培渔业技术开发以苗种大量生产和成本压缩为主要课题实施。此项研究包括人工苗种生产技术开发(从亲海胆养成到壳径5毫米以内底生初期稚海胆培育)、中间培育技术开发(从壳径5毫米到15毫米以

上放流规格稚海胆培育)和放流技术开发。通过这一整套技术开发获得的资料 and 所拟定的规程已有报告, 但本文为人工苗种生产技术基础部分, 阐述授精、浮游幼体饲养、幼体饲养用饵料大量培养、底生初期稚海胆饲养等有关规程制定要领。

采卵与授精

现已查明, 北海道日本海沿岸虾夷马粪球海胆和鄂霍次克海、太平洋沿岸虾夷马粪球海胆产卵生态大不相同。前者于秋季集中产卵, 而后者从春到秋断断续续长时期产卵(图1)。因此, 在北海道, 通过变换亲海胆产地, 从5月到11月都可能采卵。现在, 苗种生产现场1年安排2个苗种生产期, 即春季产卵期和秋季采卵期, 以求有效利用设施。

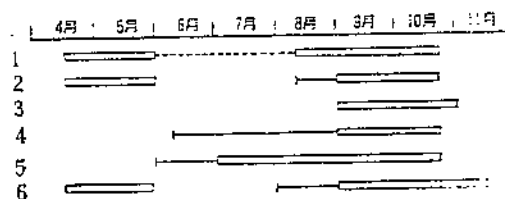


图1 北海道沿岸虾夷马粪球海胆产卵期
(北海道立中央水产试验场等, 1992)

1: 喷火湾沿岸; 2: 津轻海峡沿岸; 3: 日本海沿岸; 4: 鄂霍次克海沿岸; 5: 道东太平洋沿岸; 6: 道南太平洋沿岸。条带表示产卵旺季。

授精方法概括为破壳采卵, 将1克生殖腺(约100万粒卵)装入5升海水, 尔后注入精液。以浓度1/250万~1/12.5万精子试验授精表明, 精子浓度减少, 受精率下降, 精子浓度增大, 异常卵出现率上升(图2)。作为规程, 采用确保受精率高而异常卵出现率又小的1/25万浓度。将1毫升精子原液溶于50毫升海水, 从中吸取1毫升注入装有卵的5升海水, 如此, 精子浓度即达1/25万。受精后, 若保持18℃水温, 则20小时前后, 幼体孵出, 48小时后, 幼体达4腕期。4腕期以前, 幼体并不摄食。

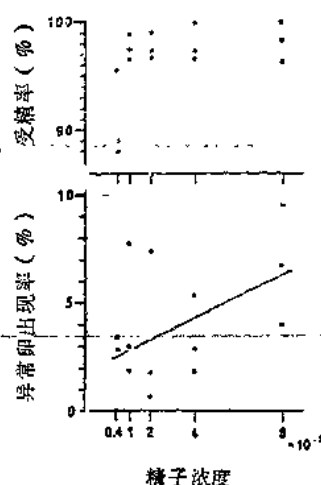


图2 虾夷马粪球海胆授精时精子浓度与受精率、异常卵出现率关系

浮游幼体饲养

为探索幼体最佳饲养方法, 针对幼体密度、投饵量、饲养水温予以试验。在幼体密度0.5~2.0个/毫升试验中, 在幼体密度1.0个/毫升, 而Heterosigma akashiwo投喂量(饲养水体细胞密度)为4腕期500个细胞/毫升、6腕期1,000个细胞/毫升、8腕前期1,500个细胞/毫升、8腕后期3,000个细胞/毫升场合, 幼体发育良好。投饵量若高于摄饵量, 则水质恶化,

若低于摄饵量, 则生长受阻。并且, 在上述幼体饲养密度场合, 投饵量不以每个幼体计算, 而以每毫升饲养水体计算。上述饲养试验以H. akashiwo为饵料, 但是, 鉴于该藻为赤潮生物, 在流入外海面大量发生场合, 对其它鱼虾贝类大有影响, 增殖率低而不适于大量生产, 幼体生长不错, 但成活率低, 苗种大量生产还是使用其它海胆类幼体培育多已使用的细角刺藻Chaetoceros gracilis。2种藻类比较试验说明, 以20倍于H. akashiwo数量投喂细角刺藻Ch. gracilis, 幼体发育不相上下, 成活率有所提高。

以H. akashiwo为饵料, 设定7个温度组(6~24℃), 对饲养水温试验表明, 在24℃场合, 从4腕期发育不到6腕期, 幼体多半畸形。在21℃场合, 变态着底最快, 水温越低, 着底所需天数越长。另外, 比较发育期滞留天数发现, 就4腕期和6腕期而言, 在18~21℃场合, 天数最短, 在15℃以下场合, 随着水温下降, 天数增长, 就8腕前期和8腕后期而言, 在15℃以上场合, 天数最短, 在12℃以下场合, 随着水温下降, 天数增长(表1)。

表1 不同饲养水温场合虾夷马粪球海胆浮游幼体各发育阶段滞留天数

饲养水温(℃)	4腕期	6腕期	8腕期	8腕后期	全体	积算水温(℃)
24	13日	—	—	—	—	—
21	5	3	3	7	18	395.4
18	5	3	3	7	18	342.5
15	7	5	3	7	22	347.3
15	6	3	4	10	23	343.8
12	8	5	4	10	27	345.3
12	8	4	4	10	26	315.5
9	12	7	6	21	46	430.1
6	22	11	7	29	69	429.6

以最大长度比较幼体发现, 在15℃场合, 最大, 超过1,000微米, 在21℃, 18℃,

12℃场合，略小一些，950微米左右，在9℃以下场合，更小，仅长到800微米左右，在低水温场合，生长不良(图3—1)。

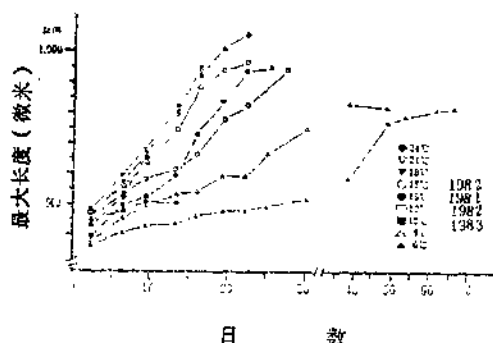


图3—1 不同饲养水温场合虾夷马粪球海胆浮游幼体生长(最大长度)

以最长胃径比较胃大小发现，在9℃场合，最大，接近400微米，在15℃以下场合，高于300微米，在18℃以上场合，不足300微米，在高水温场合，胃生长不良(图3—2)。可见，为加速发育期转变，幼体开始饲养水温以18~21℃为宜，为完全确保体·胃生长，饲养结束水温以15℃为宜。并且，作为实际大量生产技术，开始饲养(4腕期)水温按18℃，每3~5天降温0.5℃，临变态前，水温降到15℃，以保幼体免遭水温急剧变化影响。

换水连续进行，在4腕期和6腕期，

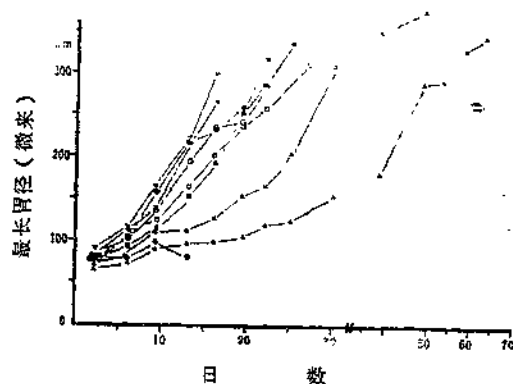


图3—2 不同饲养水温场合虾夷马粪球海胆浮游幼体生长(最长胃径)

每24小时交换1/2，以后，每24小时交换1次。换水用海水贮存于0.5吨水槽，用沉式加热器调节温度，维持设定水温。

上述要点汇总于表2.8腕前期和8腕后期合计接近2周，因而，分8腕前期、8腕中期、8腕后期、变态期4个阶段。对于照明有无过滤筒浮游生物网网目大小、注水量多少等并未进行专门试验，全凭经验判断决定。以此作为北海道虾夷马粪球海胆人工苗种大量生产规程。现在，道内虾夷马粪球海胆苗种生产设施20处以上，基本依据这一规程实施幼体饲养，就临近变态幼体生产量而言，1990年，约1.5亿个，1991年，1.9亿个。1990和1991年，

表2 虾夷马粪球海胆浮游幼体饲养规程
(北海道立栽培渔业综合中心，1992)

浮游幼体发育阶段	日数第x天	饲养水体1毫升中投饵量	过滤筒网衣目大	照明	饲养水温(℃)	每24小时供水量(升/0.5吨)
4腕期	5(0~4)	1万细胞	NXX 13	连续	18.0~17.5	300
6腕期	3(5~7)	2万	NXX 9		17.5~17.0	
8腕前期	3(8~10)	3万	NXX 9	只白天	17.0~16.5	600
8腕中期	3(11~13)	4万			16.5~16.0	
8腕后期	3(14~16)	5万			16.0~15.5	
变态期	4(17~20)	6万			15.5~15.0	

最大长度平均分别为929和910微米, 最长胃径平均分别为294和289微米, 幼体生长状况与试验结果相同。

幼体用饵料大量培养

前已述及, 作为幼体大量生产饵料使用细角刺藻 *Ch. gracilis*。关于该藻培养, 已有许多报告, 而本文介绍一下该藻培养模式, 该模式来自大量培养试验, 用以确保大量幼体饲养所需大量饵料。所用培养液组成如表3所示, 生产培养容器为1~3

表3 角刺藻 *Chaetoceros gracilis* 培养液组成 (北海道立栽培渔业综合中心, 1992)

成分	用 量
海水	1,000毫升
$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	100毫克
Na_2EDTA	10毫克
NaNO_3	300毫克
K_2HPO_4	10毫克
$\text{FeC}_2\text{H}_3\text{O}_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	3毫克
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	3毫克
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1毫克
鸡粪抽出液	3~5毫升

升平底烧瓶、5升聚乙烯袋、30升聚碳酸酯圆形水槽, 培养室温为20℃, 培养光照周期为24小时明期 (白光荧光灯)。原种确保使用10毫升试管, 预备培养使用100和300毫升烧瓶。每种容器生产培养期和

培养密度如表4所示, 随着容器变大, 培养密度减小, 1~2毫升平底烧瓶培养密度

表4 不同培养容器角刺藻 *Chaetoceros gracilis* 生产培养期和培养密度

培养容器	天(培养期)	培养密度* (万细胞/毫升)	个数
1升平底烧瓶	9~17	$1,124 \pm 268$	98
2升平底烧瓶	7~22	$1,013 \pm 298$	58
3升平底烧瓶	7~28	756 ± 198	110
5升聚乙烯袋	9~17	634 ± 177	29
30升水槽	10~15	453 ± 80	6

*平均值±标准偏差。

多半超过1,000个细胞/毫升, 高于其它容器。以培养密度平均值与标准偏差之差为基准, 计算利用0.5吨水槽进行幼体饲养场合每一发育阶段所必需的日投饵量, 作为每种容器培养液量如表5所示。鉴于玻璃容器培养比较稳定, 凭经验, 对于发育初期幼体, 饵料增殖密度宜高, 对于发育中晚期幼体, 饵料数量宜大, 决定在4腕期和6腕期, 利用1~2升平底烧瓶培养, 在8腕期以后, 利用3升平底烧瓶培养, 培养日程模式如图4所示。按照这一计划培养饵料, 幼体饲养时饵料培养液量如表6所示。由于模式培养密度估计偏低, 有的水槽幼体又于第18~19天着底, 各发育阶段培养液量趋于减少, 总量36.53~49.14升, 少于模式66.1升。

表5 虾夷马粪球海胆浮游幼体饲养所必需的不同培养容器角刺藻 *Chaetoceros gracilis* 培养液量 (升/0.5吨水槽·天)

发育阶段	日 数	投 饵 量 (万细胞 /毫升 /天)	烧瓶 (1升) (850万细胞 /毫升)	烧瓶 (2升) (700万细胞 /毫升)	烧瓶 (3升) (550万细胞 /毫升)	聚乙烯袋 (5升) (450万细胞 /毫升)	水槽 (30升) (350万细胞 /毫升)
4 腕 期	5	1	0.65	0.79	1.00	1.23	1.58
6 腕 期	3	2	1.30	1.58	2.00	2.46	3.16
8 腕前期	3	3	1.95	2.37	3.00	3.69	4.74
8 腕中期	3	4	2.60	3.16	4.00	4.92	6.32
8 腕后期	3	5	3.25	3.95	5.00	6.15	7.90
8 腕终期	4	6	3.90	4.74	6.00	7.38	9.48

表 6 虾夷马粪球海胆浮游幼体饲养所使用的角刺藻
*Chaetoceros gracilis*培养液量(升)

发育阶段	日 数	87-1-1 ^{*1}	87-1-2	87-2-1	87-2-2	87-2-3	模 式
4 腕 期	5	6.32	3.79	2.98	2.97	2.80	3.25
6 腕 期	3	5.85	3.51	3.25	3.25	3.25	4.74
8 腕前期	3	10.86	6.42	5.01	5.01	5.35	7.11
8 腕中期	3	13.53	8.10	8.60	9.31	9.76	12.00
8 腕后期	3	14.13	8.49	12.40	10.80	11.25	15.00
8 腕终期	4	23.99	8.72 ^{*2}	10.71 ^{*2}	5.19 ^{*3}	16.68	24.00
合 计	21	74.68	39.03	42.95	36.53	49.14	66.10

*¹使用1.0吨水槽; *²第19天着底; *³第18天着底。

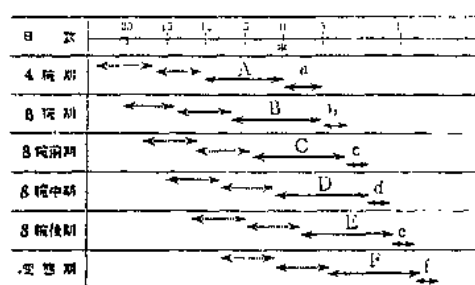


图 4 细角刺藻*Chaetoceros gracilis*培养日程模式(北海道立中央水产试验场等, 1992)

箭头从上到下依次表示第1预备培养期、第2预备培养期、生产培养期、投喂期。星号表示饲养开始。

A: 1升烧瓶5个; B: 2升烧瓶3个; C: 3升烧瓶3个; D: 3升烧瓶5个; E: 3升烧瓶6个; F: 3升烧瓶10个。

a: 1个1升烧瓶×5天; b: 1个2升烧瓶×3天; c: 1个3升烧瓶×3天; d: 1.5个3升烧瓶×3天; e: 2个3升烧瓶×3天; f: 2.5个3升烧瓶×4天。

变态期幼体输送

海胆人工苗种生产分为浮游幼体饲养期和着底稚海胆饲养期,前者需要较高技术和种种设施,后者管理可粗,但需要大量饲养水槽和大量海水。北海道虾夷马粪球海胆人工苗种大量生产实施采用2级饲养装置,即浮游幼体饲养设施和着底初期稚海胆饲养设施。因而,有必要开发从幼体饲养设施向稚海胆饲养设施输送苗种技术。对较易输送的临近着底的变态期幼体试验输送所获结果(输送条件和着底率)

如表7所示。试验开始时,着底率不高,但是,以后,着底率上升,除2,3特例外,着底率均达50%左右。输送所用时间最长13小时,但是,着底率与其并不相关,看来,主要以幼体生长和发育阶段为转移。

底生初期稚海胆饲养

在北海道秋季采苗场合,在冬季低水温期饲养10~12月着底的稚海胆,因而,如何高效进行这段期间饲养成为重要课题。为探讨高效饲养方法,对饲养水温和稚海胆生长进行试验,观察在不同水温条件下从着底到壳径2毫米阶段生长和10~12月不同着底时期稚海胆生长。

饲养积算水温与稚海胆生长关系如图5所示。饲养水温设定为15℃, 8℃和4~6℃(不调温),饲养期2个月(12月22日至2月10日)。饲养1个月后和饲养结束时测定壳径表明,积算水温越高,壳径越大,水温左右稚海胆生长。

错开着底期饲养场合稚海胆生长如图6所示。从着底长到壳径1毫米,从壳径1毫米长到壳径2毫米、从壳径2毫米长到壳径3毫米所需天数(根据图6计算)与平均饲养水温关系如图7所示。若着底期推迟,则生长减慢,10月着底稚海胆用1个

表 7 虾夷马粪球海胆浮游幼体输送条件与着底率(田嶋健一郎等, 1991)

年 月 日	输送地点	输送时间	最大长度 (微米)	最长胃径 (微米)	着底率(%)	备 考
1983. 7.20	泊 村	5:00	699	212	3.0	使用20升聚乙烯水槽
11.4	熊石町	2:00	1,000	308	10.2	使用20升聚乙烯水槽
11.4	泊 村	5:00	1,000	308	14.2	使用20升聚乙烯水槽
11.4	古平町	5:00	1,000	308	14.7	使用20升聚乙烯水槽
11.28	鹿部町	0:05	932	286	32.5	
1984. 4.16	积丹町	5:40	911	331	57.4	
4.16	鹿部町	0:05	911	331	95.5	
10.7	积丹町	5:40	1,008	313	50.0	
10.9	积丹町	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	284	0.0	
10.22	南茅部町	0:40	948	294	74.5	
10.22	鹿部町	0:05	989	304	67.9	
11.21	福岛町	2:00	987	309	61.7	
12.21	伊达市	3:00	924	322	60.0	
12.21	福岛町	2:00	937	315	37.9	
12.21	广尾町	13:00	924	322	50.0	
1986. 3.18	伊达市	3:00	1,090	306	30.0	
3.18	积丹町	5:40	1,063	316	30.0	
3.18	广尾町	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	福岛町	2:00	985	320	32.9	
12.4	广尾町	13:00	964	315	44.2	
12.18	襟裳町	8:45	960	322	67.5	

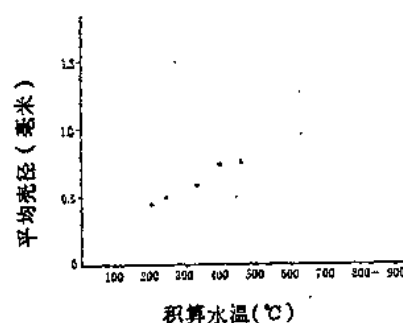


图 5 虾夷马粪球海胆壳径与积算水温关系

月达 1 毫米, 而 12 月着底稚海胆用 4 个月达 1 毫米。并且, 平均水温越高, 长到壳径 1 毫米所需天数越短, 不过, 随着壳径从 1 毫米长大到 2 毫米, 从 2 毫米长大到 3 毫米, 水温影响趋于减弱。

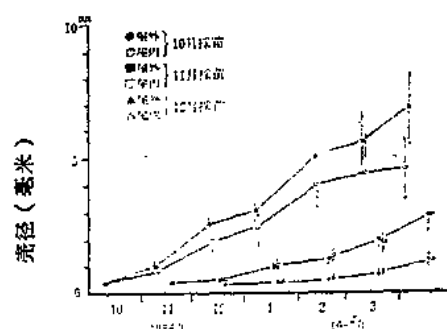


图 6 不同采苗月份虾夷马粪球海胆稚海胆生长(田嶋健一郎等, 1989)

上述结果表明, 饲养水温对刚着底的稚海胆影响很大, 水温越高, 生长越好。但是, 随着稚海胆长大, 水温影响减弱。在秋季采苗场合, 通过将着底时期提早,

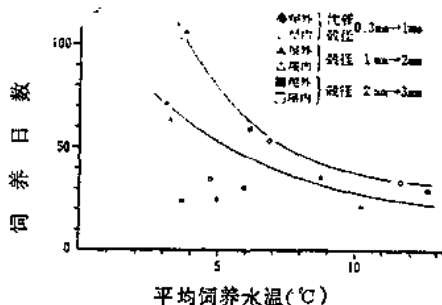


图 7 虾夷马粪球海胆饲养水温与生长阶段所需天数关系 (田嶋健一郎等, 1989)

稚海胆于低水温前期长到2~3毫米, 于低水温后期也会比较顺利生长, 饲养如此即可高放。

上面, 系统阐述北海道虾夷马粪球海胆人工苗种生产技术开发试验结果和大量生产规程。近年, 人工繁育并经中间培育面放流的稚海胆数量逐年增多, 1990年,

2,000万个, 1991年, 3,400万个。全北海道年生产虾夷马粪球海胆黄约700吨, 起扑个数约5,000~7,000万个。假设虾夷马粪球海胆人工苗种回扑率为20%, 则放流个体渔获量可达400~600万个, 接近当前渔获量1/10。苗种放流产生多大渔业效益, 经济上是否上算, 今后有必要对其验证。

再者, 当前虾夷马粪球海胆苗种单价为每毫米壳径1~2日元, 高于虾夷扇贝, 要想进一步推动虾夷马粪球海胆栽培渔业发展, 看来有必要开发诸如着底稚海胆海中饲养等技术, 力求缩短中间培育, 提高放流回扑率, 进而降低生产成本。

(译自日本《水产研究》1993年
12卷1期105~111页)