

附着硅藻对于1龄皱纹盘鲍的饵料价值

高见秀辉 河村知彦 山下洋

(水产厅东北区水产研究所)

摘 要

为探讨附着硅藻对于壳长30毫米左右皱纹盘鲍稚贝饵料价值,在本次研究中,以海带 *Laminaria japonica* 作为对照饵料,以长柄曲壳藻 *Achnanthes longipes*、小盾卵形藻 *Cocconeis scutellum* var. *parva*、不列颠舟形藻 *Navicula britannica* 作为试验饵料,分别管饱给饵,比较稚贝生长。结果表明,稚贝生长速度明显以饵料为转移,长柄曲壳藻组>海带组>小盾卵形藻组>不列颠舟形藻组。比较实验结束时稚贝糖原和三酸甘油酯含量发现,长柄曲壳藻组和海带组与实验开始时相同,小盾卵形藻组竟然也比实验开始时低。不列颠舟形藻组稚贝糖原和中肠腺三酸甘油酯含量均见减少,想必处于饥饿状态,饵料附着硅藻种类所引起的上述差异想必归因于硅藻附着力和容积、附着方式等不同造成稚贝摄饵效率不同。

关于皱纹盘鲍 *Haliotis discus hannai* 食性,从刚一着底的初期稚贝,直到成贝,均有较好调查。摄饵选择性(殖田三郎等,1939;富田恭司等,1971)、摄饵量(石渡直典等,1968;浮永久,1987;山崎诚,1991)和各种附着硅藻、海藻饵料价值(菊地省吾等,1967;Uki等,1986;Kawamura等,1995;Kawamura等,1995;Kawamura,1996),等等,现已查明。

变态后,不长时期内,皱纹盘鲍稚贝主要摄食硅藻等所分泌的粘液而生长(Kawamura等,1995;Kawamura,1996)。壳长达1毫米以后的稚贝只摄食粘液已不能很好生长,硅藻细胞内容物本身想必变得必不可少(Kawamura等,1995;Kawamura,1996)。然而,这一阶段的初期稚贝还不能在消化道内分解硅藻细胞壳,因而,要想利用硅藻细胞内容物作为营养源,摄饵时必须分解掉硅藻细胞壳(Kawamura等,1995)。现已查明,对于壳长1~2毫米的皱纹盘鲍来

说,在以摄饵时壳容易破碎的附着力强的硅藻为饵料场合,生长良好,在以附着力弱的硅藻为饵料场合,除细胞壳非常薄的个别种类以外,所摄食的硅藻多依旧活着排泄掉,因而,稚贝生长速度不快(Kawamura等,1995)。

菊地省吾(1993)指出,壳长达4毫米前后,皱纹盘鲍即开始摄食海藻。由采自天然海底的壳长5毫米皱纹盘鲍稚贝消化道内也检出与硅藻混杂一起的绿藻和红藻等海藻(富田恭司等,1971)。看来,这一时期稚贝食性发生变化,主要饵料由以前的硅藻变换为海藻。然而,有的报告指出,即使壳长35毫米以上个体,若喂以硅藻,摄饵并不坏,生长也与喂以裙带等海藻场合大体相同(酒井诚一,1962)。皱纹盘鲍稚贝食性随着生长变化详细过程和原理尚未查清。

作为皱纹盘鲍食性由摄食附着硅藻改为摄食海藻转变时期和原理研究一环,在本次研究中,以长柄曲壳藻 *Achnanthes longipes*、小盾卵形藻 *Cocconeis*

scutellum var. *parva* 不列颠舟形藻 *Navicula britannica* 作为试验饵料, 以海带 *Laminaria japonica* 作为对照饵料, 分组投喂 探讨附着硅藻对于皱纹盘鲍的饵料价值。

材 料 与 方 法

作为饵料所用的藻类分为分离自东北区水产研究所鲍鱼饲养水槽并用 Jørgensen 改变培养基继代培养的纯种长柄曲壳藻、小盾卵形藻、不列颠舟形藻和采自宫城县松岛湾内的海带。对于 3 种硅藻, 利用 16×12 厘米聚乙烯附着板着生, 使用 Jørgensen 改变培养基单种培养。培养条件为水温 20°C , 照度 4,000 勒克司, 光照周期 12 小时明:12 小时暗。就实验所用硅藻附着板而言, 尽可能选用活细胞高密度繁茂的附着板。实验开始前, 利用倒立显微镜观察附着板上的硅藻, 并通过利用视频测微器测定硅藻附着密度和细胞内径计测硅藻细胞容积 (表 1)。

表 1 本次实验所用 3 种附着硅藻平均细胞容积、实验开始时每平方毫米细胞密度和细胞容积

硅藻种类	细胞容积 (微米 ³ /细胞)	实验开始时密度 (细胞/毫米 ²) (平均值±标准误差)	每平方毫米细胞容积(微米 ³ /毫米 ²)
长柄曲壳藻	42497.3	150.4±8.2	6.4×10^6
小盾卵形藻	459.0	7421.5±410.2	3.4×10^6
不列颠舟形藻	1814.4	2621.7±104.8	4.8×10^6

本次实验使用岩手县南部栽培渔业中心于 1992 年 6 月采苗所生产的皱纹盘鲍稚贝。稚贝于 1993 年 4 月 15 日运到东北区水产研究所, 利用所内室外设施, 投喂海带, 在 15°C 水温条件下, 驯养到开始实验。实验开始时稚贝平均壳长 30.6 ± 0.3 (标准误差) 毫米, 平均体重 3.4 ± 0.1

(标准误差) 克。

实验期持续约 2 个月 (1993 年 7 月 12 日至 9 月 13 日)。稚贝在室温 15°C 的实验室内分组 (7~8 个) 收容于 10 升圆形聚乙烯水槽, 通常管饱喂以聚乙烯板上繁茂生长的单种硅藻或切成约 3 厘米见方的海带叶体。利用灭菌海水静水饲养, 饲养用海水每 4 天一换。每种饵料安排 2 个水槽, 合计喂养 15 个稚贝。采光只靠窗外照进的自然光。饲养期间水槽表面附近的最高照度约 1,500 勒克司。

在饲养期间, 每 12 小时用吸移管彻底吸取采集稚贝所排泄的粪。应用酸处理法 (高野秀昭等, 1987) 溶解粪中所含硅藻细胞壳以外有机物, 在光学显微镜下测定硅藻细胞壳数量, 推算出粪中所含硅藻细胞数量。并且, 为推算稚贝所摄食的硅藻细胞分解率 (Kawamura 等, 1995), 采集刚从稚贝呼吸孔排出的粪, 在显微镜下测定粪中硅藻活细胞率。分解率根据粪中活细胞率与预先所测定的稚贝摄饵前聚乙烯板上的硅藻活细胞率算出。另外, 对于海带饵料组, 根据摄饵量与残饵量差求出摄饵量。

饲养实验结束时, 测定稚贝壳长和体重。尔后立即搬入 -80°C 冷冻库冻结保存。该试料解冻后, 由稚贝软体部取出肌肉和中肠腺, 测定肌肉中糖原含量和中肠腺中三酸甘油酯含量。糖原和甘油三酸酯定量分别按 Watanabe 等 (1992) 和 Takami 等 (1995) 所报告的方法进行。

对于壳长和体重日生长速度, 按方差分析和 Tukey-Kramer 检验进行组间平均值差异显著性检验。并且, 对于糖原和三酸甘油酯含有率, 根据 Wilcoxon 秩和检验进行检验。

结 果

各饵料组稚贝均很好摄饵,但是,各饵料组之间生长速度差异显著($p < 0.05$)。对各饵料组壳长和体重日生长速度平均值比较表明,长柄曲壳藻组(25.3微米/日, 11.1毫克/日)最高,以下,依次为海带组(20.62微米/日, 6.1毫克/日)、小盾卵形藻组(13.1微米/日, 2.5毫克/日)、不列颠舟形藻组(12.1微米/日, -3.2毫

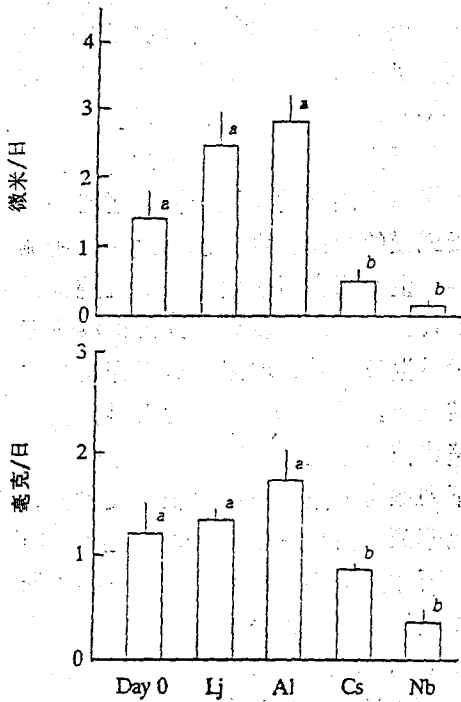


图 1 海带饵料组(Lj)、长柄曲壳藻饵料组(Al)、小盾卵形藻饵料组(Cs)、不列颠舟形藻饵料组(Nb)皱纹盘鲍稚贝壳长(上图)和体重(下图)生长速度

饲养海水为灭菌海水,饲养水温 15°C 。数据为平均值 $\pm$ 标准误差,带有不同符号(a, b和c)的数据差异显著($p < 0.05$)。

克/日)(图1)。

各饵料组之间肌肉中糖原含有率和中肠腺中三酸甘油酯含有率也有差异,趋势基本上与壳长和体重相同。就肌肉中糖原含有率而言,在长柄曲壳藻组和海带组,与实验开始时相同,在小盾卵形藻组,竟然也比实验开始时低($p < 0.05$)。在不列颠舟形藻组,肌肉中基本不含糖原,中肠腺中三酸甘油酯也显著低于其它各实验组($p < 0.05$)(图2)。

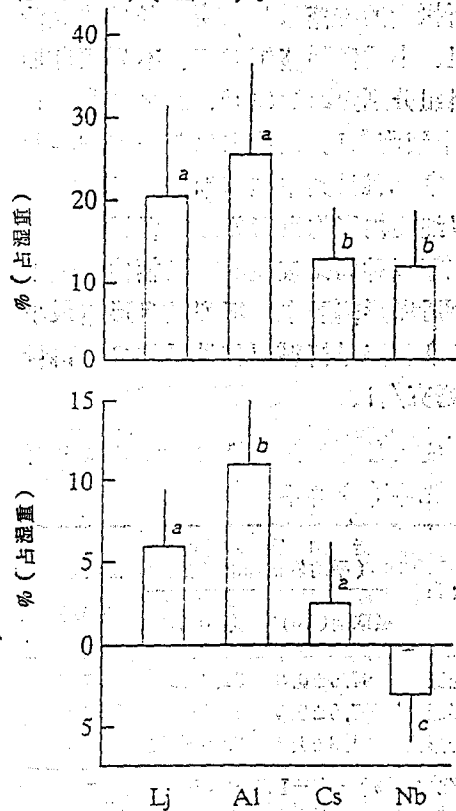


图 2 海带饵料组(Lj)、长柄曲壳藻饵料组(Al)、小盾卵形藻饵料组(Cs)、不列颠舟形藻饵料组(Nb)皱纹盘鲍稚贝肌肉中糖原含量(上图)和中肠腺中三酸甘油酯含量(下图)变化

饲养海水为灭菌海水,饲养水温 15°C 。数据为平均值 $\pm$ 标准误差,带有不同符号(a和b)的数据差异显著($p < 0.05$)。Day 0表示实验开始时。

对稚贝所排泄的粪观察发现, 在生长缓慢的不列颠形藻饵料组, 粪中含有大量活硅藻细胞。3种硅藻饵料组硅藻细胞分解率如表2所示。在稚贝生长迅速的长柄曲壳藻饵料组, 分解率较高, 达67.5%。而在不列颠舟形藻饵料组, 分解率低至9.6%。小盾卵形藻饵料组稚贝生长速度虽比长柄曲壳藻饵料组和海带饵料组低(图1), 可硅藻细胞分解率高达86.6%。

根据稚贝粪中所含硅藻细胞数量推算每日所摄食的硅藻数量表明, 长柄曲壳藻饵料组、小盾卵形藻饵料组、不列颠舟形藻饵料组分别为 2.4×10^3 , 27×10^3 , 11×10^3 个细胞/日。该值乘以每个细胞容积(表1)和稚贝粪中硅藻细胞分解率, 对稚贝以细胞内容物为营养源所利用的硅藻内容积予以种间比较表明, 长柄曲壳藻最大, 小盾卵形藻居中, 不列颠舟形藻最小(表3)。海带饵料组稚贝平均日摄饵量为220毫克/日。

表2 皱纹盘鲍稚贝所摄食的3种硅藻消化率(分解率)

硅藻种类	活细胞率(%) (平均值±标准误差)		消化率* (%)
	摄取前(L ₀) ^a	粪中(L) ^a	
长柄曲壳藻	97.6±0.8	31.7±3.0	67.5
小盾卵形藻	97.0±0.6	13.0±3.4	86.6
不列颠舟形藻	91.8±1.4	82.9±0.2	9.6

*消化率(%) = $(1 - L/L_0) \times 100$

表3 皱纹盘鲍稚贝所消化的硅藻细胞质容积

硅藻种类	细胞容积 (微米 ³ /细胞)	粪中细胞 数量(细胞/日)	消化率 (%)	所消化的 细胞质容积 (微米 ³ /日)
长柄曲壳藻	42497.3	2.4×10^3	67.5	69×10^6
小盾卵形藻	459.0	27×10^3	86.6	11×10^6
不列颠舟形藻	1814.4	11×10^3	9.6	1.8×10^6

讨 论

喂以硅藻长柄曲壳藻的稚贝生长速度快于喂以海带的稚贝(图1)。特别是体重增长速度呈现显著差异($p < 0.05$)。稚贝于实验开始前用海带驯养了3个月, 实验期间也与硅藻同样很好摄食海带。并且, 喂以海带场合的日摄饵量(220毫克/日)与迄今所报告的同规格皱纹盘鲍稚贝摄饵量相同(Uki等, 1986)。但是, 喂以海带场合稚贝生长速度比迄今所报告的慢得多(Uki等, 1986)。这种情况同样见于喂以硅藻的稚贝, 与以壳长1~2毫米初期稚贝为对象喂以同样硅藻场合相比(Kawamura等, 1995), 喂以长柄曲壳藻场合稚贝生长也是偏慢。本次实验所用稚贝为卖苗后剩下的小型个体, 想必为原本生长就慢的个体。因此, 本次实验所测定的稚贝生长速度不能代表皱纹盘鲍稚贝一般生长, 不过, 可以用于评价饵料所造成的相对生长差异。看来, 对于壳长30毫米的皱纹盘鲍稚贝来说, 作为饵料, 长柄曲壳藻比海带还适用。

不列颠舟形藻饵料组生长速度最慢。在喂以不列颠舟形藻场合, 稚贝壳长略有增加, 而体重徐徐减少(图1)。稚贝肌肉中, 糖原基本未见蓄积, 中肠腺中三酸甘油酯含有率也低(图2)。现已知道, 一旦饵料不足, 鲍鱼肌肉中的糖原和中肠腺中的三酸甘油酯即迅速减少, 这些物质充当停喂初期代谢基质(Takimi等, 1995)。在不列颠舟形藻饵料组, 稚贝也活泼摄饵, 摄食硅藻, 但是, 实际上, 看来处于饥饿状态。喂以不列颠舟形藻的稚贝粪中含有大量活着的硅藻细胞, 从被摄食到被排泄, 不列颠舟形藻分解率极低(表2)。不列颠舟形藻是附着力弱的硅藻(Kawamura等, 1992), 稚贝可

以轻而易举地从附着基质上摄取这种硅藻。与壳长1~2毫米稚贝场合相同(Kawamura等, 1995)。看来, 壳长30毫米稚贝摄饵之际齿舌也破坏不了不列颠舟形藻细胞, 在消化道内也分解不了不列颠舟形藻细胞。浮永久等(1979)报告, 利用不列颠舟形藻(论文中并未断定种名, 但根据所刊登的照片可以判断为本种)喂养壳长8~10毫米皱纹盘鲍稚贝表明, 稚贝每日生长200微米左右。根据本次实验结果和Kawamura等(1995)所获实验结果, 即使摄食不列颠舟形藻, 皱纹盘鲍稚贝也不能在消化道内将其分解, 至少从壳长1毫米左右到壳长30毫米前后不能以不列颠舟形藻细胞内容物作为营养源。在浮永久等(1979)所进行的实验中, 不列颠舟形藻为适用饵料, 是不是所用藻株细胞本身与本次实验所用细胞质量不同。稚贝摄饵之际硅藻细胞壳破坏难或许以硅藻增殖期(诱导期、对数期、稳定期、死灭期)为转移, 不过, 今后对这一点有必要予以深入探讨。

长柄曲壳藻和小盾卵形藻属于牢固附着硅藻(Kawamura等, 1992)。在利用这类硅藻喂养壳长1~2毫米皱纹盘鲍稚贝场合, 由于硅藻附着力强, 稚贝必须凭齿用力啃食硅藻细胞。由于啃食之际大量硅藻的细胞壳坏掉, 稚贝有可能利用硅藻细胞质, 能够很好生长(Kawamura等, 1995)。就本次实验所用壳长30毫米前后稚贝而言, 在喂以长柄曲壳藻和小盾卵形藻场合, 粪中硅藻细胞分解率很高(表2), 想必稚贝所摄食的绝大多数硅藻细胞质得到利用。不过, 与长柄曲壳藻饵料组相比, 小盾卵形藻饵料组生长明显偏慢($p < 0.05$)。其原因想必在于喂以这2种硅藻场合稚贝摄食效率不同。长柄曲壳藻细胞比小盾卵形藻大得多, 比较一下实

验开始时基质单位面积所附硅藻细胞容积, 也是长柄曲壳藻一方大(表1)。况且, 长柄曲壳藻靠粘液柄附着于基质, 形成由复数细胞组成的立体群体, 而小盾卵形藻单体平面附着, 对于稚贝来说, 想必摄食小盾卵形藻比较费力。现已查明, 对于壳长1~2毫米皱纹盘鲍稚贝来说, 小盾卵形藻为适用饵料(Kawamura等, 1995), 但是, 对于壳长30毫米前后稚贝来说, 由于1次摄食不能摄取大量硅藻细胞, 想必满足不了稚贝饵料要求量。比较一下稚贝所摄取的硅藻细胞质数量(容积), 实际上, 小盾卵形藻饵料组仅为长柄曲壳藻饵料组的六分之一(表3)。说到鲍鱼苗种生产所用采苗板, 习惯使用硅藻自然繁茂而又投放壳长10~30毫米左右鲍鱼稚贝让稚贝摄食过硅藻的附着板(关哲夫, 1978), 而在这种场合, 稚贝吃剩下的卵形藻属硅藻在板上占有优势(关哲夫, 1978)。实验已经证实, 在有种种硅藻附着的附着板上, 卵形藻属硅藻难以为壳长10毫米左右皱纹盘鲍稚贝所摄食(Suzuki等, 1987)。看来, 在有其它饵料场合, 壳长10毫米以上皱纹盘鲍稚贝并不积极摄食摄饵效率差的卵形藻属硅藻。

在有鲍鱼生息的岩礁海底, 像卵形藻属一类腹足类难以摄食的硅藻通常占有优势(河村知彦等, 1992)。据推测, 在天然海底, 鲍鱼稚贝很难大量摄食到像长柄曲壳藻一样形成立体群体而又附着力强的硅藻。看来, 本次实验所用规格稚贝在天然海底很可能并不以硅藻, 而是以海藻芽体和叶片等为主要饵料。要想弄清天然海底皱纹盘鲍稚贝详细食性, 有必要也探讨一下海藻芽体对于稚贝的饵料价值。

(译自日本《水产增殖》1996年

42卷2期211~216页)