

실내 수조에 설치한 파판에서의 해양 부착 규조의 단기간 천이 및 출현종

위종환 · 김형신* · 이승주** · 정민민+ · 김태익** · 김병학** · 허영백**
국립수산과학원 남해수산연구소 증식과, *제주대학교 기초과학연구소
**국립수산과학원 남해수산증묘시험장

Succession and Appearance Species of Marine Benthic Diatoms on Wave Plates of Indoor Culture Tank (Short-term Observation)

Chong-Hwan WI, *Hyeung-Sin KIM, **Sung-Ju LEE, Min-Min JUNG+, **Tae-Ik KIM
**Byoung-Hak KIM and **Young-Baek HUR

National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI), South Sea Fisheries Research Institute (SSFRI), Department of Aquaculture, Yosu 556-820, Korea

*Research Institute for Basic Science, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

**National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI), Namhae Hatchery, Namhae 668-820, Korea

We observed the succession and appearance species of the marine benthic diatoms for the effective seed production of shellfish culture on wave plates in indoor mass culture tanks. Every five days, the existence species and density of diatoms were counted during the 20 culture days. Experimental conditions were $8.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$ of water temperature, 1.0250~1.0260 of specific gravity, 2,200~13,000 lux of light intensity. The total density of appearance species was rapidly increased with the lapse of time. However, the number of appearance species decreased on the 20th day. The diatoms observed were 10 species; *Navicula* sp. cf. *viridula*, *Cylindrotheca closterium*, *Licmophora* sp., *Pleurosigma normanii*, *Bacillaria paradoxa*, *Asterionella glacialis*, *Stephanopyxis* sp. cf. *turris*, *Entomoneis* sp., *Odontella aurita* and *Cocconeis* sp. cf. *scutellum*. Of them, *Navicula* sp. cf. *viridula* was most dominant throughout the experiment.

Key words: Benthic diatom, Live food organism, *Navicula*, Succession

서 론

해산 부착 규조는 수산 무척추동물의 초기 식물먹이생물로 이용되고 있는데 (猪野, 1952; 松井, 1966), 특히 유용 패류의 종묘 생산 과정에서 이용되는 식물먹이생물은 배양 용기 전체를 이용하여 부유성 단일종만을 배양하는 경우 (Tanaka, 1982)와 파판과 같은 부착 기질을 이용하여 자연적으로 발생되는 부착성 복합종 식물먹이생물을 배양하여 이용하는 경우 (Takami et al., 1996)로 크게 구분 가능하다. 그런데, 전자에 비해 후자의 방법은 비교적 자연 의존성이 높다 (Kawamura and Hirano, 1992). 즉, 후자의 경우 필요로 하는 식물먹이생물 배양의 성공과 실패 여부는 파판 배양되는 부착 규조의 천이 과정에 의존할 수 밖에 없다. 이 연구에서는 실제로 이매패류나 복족류의 인공 종묘 생산 과정에서 유생 사육용 식물먹이생물로 이용하기 위한 파판 배양을 대상으로 어떤 종류의 식물먹이생물이 부착, 출현하며 그리고 출현된 식물먹이생물은 어떠한 천이 과정을 거치는지 검토하였다.

립수산과학원 남해수산증묘시험장에서 약 20톤 콘크리트 직사각형 수조에 (1.04×20.0×0.95 m) 파판 (염화비닐 재질, 37.5×27.2 cm) 15장씩을 넣은 홀더를 수직으로 설치하여, 주수량 8 L/min을 유지하면서 유수식으로 실시하였다. 이때 사용해주는 수산증양식 시설에서 일반적으로 사용하는 모래여과조와 고압여과조를 거친 해수를 사용하였다. 실험 기간중 배양 환경은 수온 $8.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$, 비중 1.0250~1.0260의 범위 그리고 조도 2,200~13,000 lux의 범위였으며, 기상은 대체로 구름이 다소 낀 맑은 날씨를 보였다. 관찰은 20 일간에 걸쳐서 5일 간격으로 실시하였는데 배양 개시 후 5일, 10일, 15일, 20일째에 목측을 통하여 수조내 일정 구역에서 목측 평균되는 파판의 일정 크기 (4×5 cm)를 잘라서 초음파 세척기로 규조를 탈락시킨 후 관찰용 시료를 수거하였으며, 수거된 시료는 바로 10%의 포르말린으로 고정 보관하였다. 관찰 및 동정 (元田, 1966; 山路, 1984; 교육부, 1994)은 광학현미경하에서 실시하였는데, 검경 전 시료를 잘 혼든 후 1 mL씩 3회 임의 채수하여 관찰된 식물먹이생물을 분류하고 각 종의 세포 수를 계수하였다.

재료 및 방법

실험은 2001년 2월 19일 부터 3월 11일까지 20일간에 걸쳐서 국

결 과

각 관찰일에 계수한 시료 중 규조류의 세포 수는 시간이 경과함에 따라 매우 빠른 속도로 증가하였다. 5일째에 $6,237 \pm 3,359$ cells/mL의 규조 세포가 관찰된 것에 비교하여 10일째에는 8,162

+Corresponding author: jungminmin@hanmail.net

±4,968 cells/mL로 약간의 세포 수 증가가 관찰되었으나, 15일째에는 10일째에 비교하면 90배 이상의 세포 수 증식이 관찰되어 735,884 ± 97,334 cells/mL였다. 특히, 20일째 시료를 관찰한 결과는 10일째의 세포 수에 비교하여 더욱더 높은 폭발적인 증식이 관찰되었는데 (3,504,901 ± 591,833 cells/mL), 10일째에 비교하면 약 430배, 15일째의 세포 수와 비교하면 약 4.7배 이상의 높은 밀도가 관찰되었다 (Fig. 1).

20일간의 실험 기간중 출현한 식물먹이생물은 모두 10종으로 *Navicula* sp. cf. *viridula*, *Cylindrotheca closterium*, *Licmophora* sp., *Pleurosigma normanii*, *Bacillaria paradoxa*, *Asterionella glacialis*, *Stephanopyxis* sp. cf. *turris*, *Entomoneis* sp., *Odontella aurita*, *Cocconeis* sp. cf. *scutellum*와 같은 다양한 종이 관찰되었다 (Fig. 2).

각 관찰일별 출현종 수는 5일째에 *Navicula* sp. cf. *viridula*와 *C. closterium*의 2종이 관찰되었고, 10일째에는 5일째의 출현종에 *Licmophora* sp.가 추가되어 모두 3종이 관찰되었으며, 15일째에는 기존의 출현종에 7종이라는 많은 수의 종이 갑자기 출현하여 모두 10종의 다양한 식물먹이생물이 관찰되었다. 그러나, 20일째에 들어가는 15일째에 출현한 7종이 모두 사라졌다. 그리고 10일째까지의 관찰과 동일한 *Navicula* sp. cf. *viridula*, *C. closterium*, *Licmophora* sp.의 3종만이 관찰되었다 (Fig. 3).

즉, 배양 개시 후 15일째를 기점으로 복잡한 천이가 형성되었다가 20일째에 들어가는 그 천이가 안정되어 가는 것을 알 수 있었으며, 각 관찰일에 계수된 종별 세포 수를 보면 *Navicula* sp. cf.

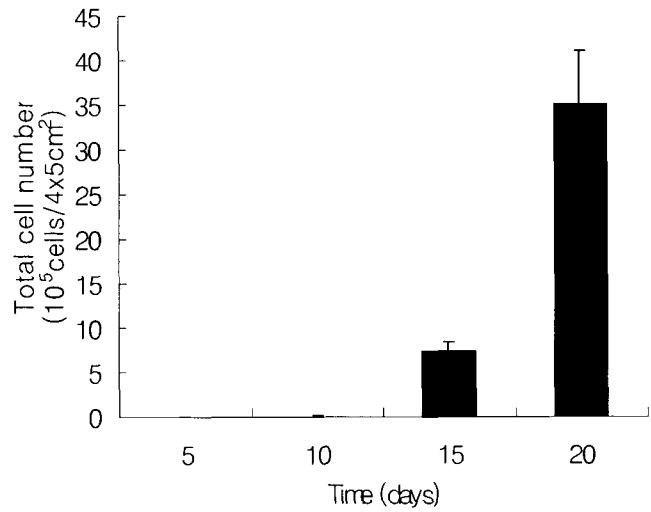


Fig. 1. Total cell density of marine benthic diatoms on wave plated during the experiment. Each bars and vertical bars represent mean ± SE of three replicates.

*viridula*와 *C. closterium*는 전 실험 기간 중 그리고 *Licmophora* sp.는 배양 개시 후 10일째부터 계속적으로 관찰되었지만, 그 외의 7종은 15일째에 일시적으로 관찰된 후 소멸하였다 (Table 1).

각 관찰일별로 출현종의 양을 비교한 결과에서는 5일, 10일, 15일, 20일의 전 관찰일에서 *Navicula* sp. cf. *viridula*가 우점하여 출현하였으며, 그 출현량은 다른 종에 비교하여 매우 높은 것을 알

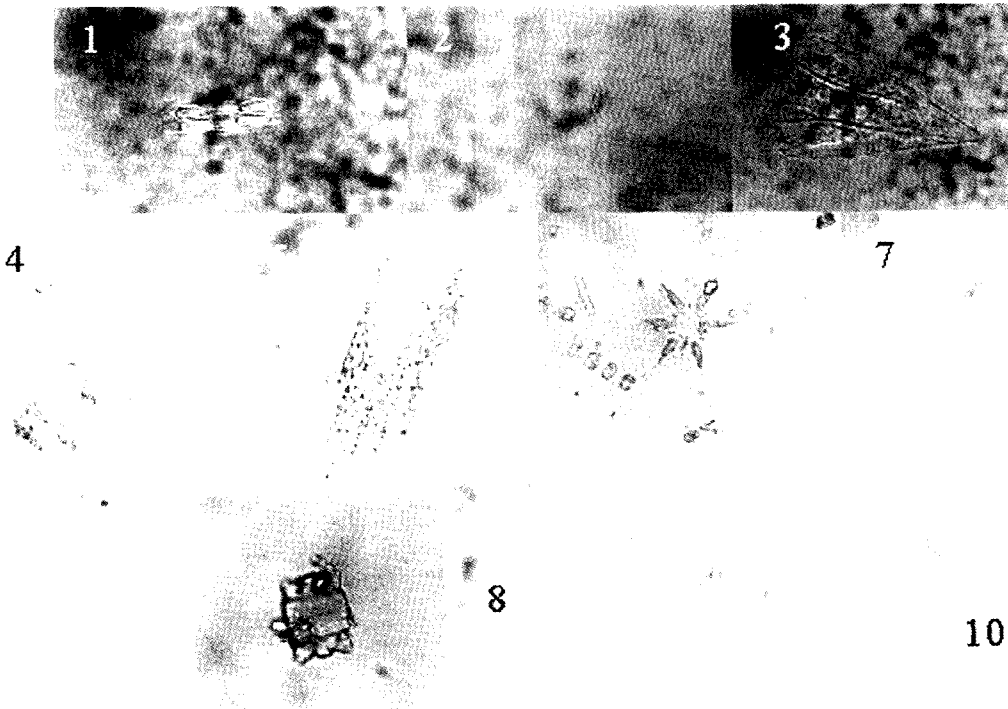


Fig. 2. Observed marine benthic diatoms. 1. *Navicula* sp. cf. *viridula*; 2. *Cylindrotheca closterium*; 3. *Licmophora* sp.; 4. *Pleurosigma normanii*; 5. *Bacillaria paradoxa*; 6. *Asterionella glacialis*; 7. *Entomoneis* sp.; 8. *Stephanopyxis* sp. cf. *turris*; 9. *Odontella aurita*; 10. *Cocconeis* sp. cf. *scutellum*.

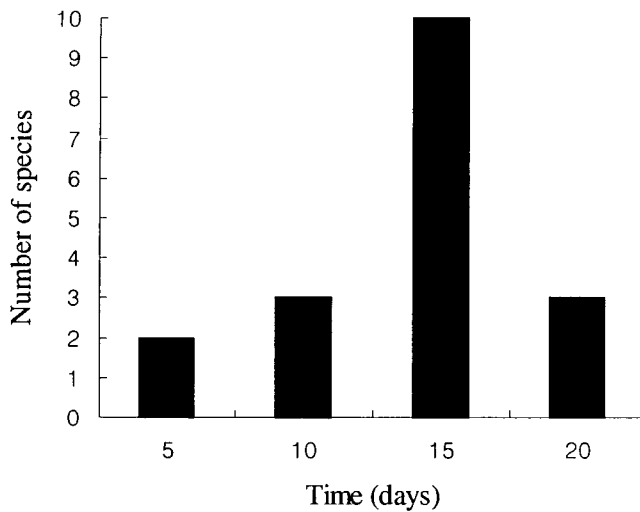


Fig. 3. The appearance numbers of marine benthic diatom species observed on wave plates during the experiment.

Table 1. The appearance variations in marine benthic diatom species observed on wave plates during the experiment

Culture days	Diatom species observed
5	<i>Navicula</i> sp. cf. <i>viridula</i> <i>Cylindrotheca closterium</i>
10	<i>Navicula</i> sp. cf. <i>viridula</i> <i>Cylindrotheca closterium</i> <i>Licmophora</i> sp.
15	<i>Navicula</i> sp. cf. <i>viridula</i> <i>Cylindrotheca closterium</i> <i>Licmophora</i> sp. <i>Pleurosigma normanii</i> <i>Bacillaria paradoxa</i> <i>Asterionella glacialis</i> <i>Stephanopyxis</i> sp. cf. <i>turris</i> <i>Entomoneis</i> sp. <i>Odontella aurita</i> <i>Cocconeis</i> sp. cf. <i>scutellum</i>
20	<i>Navicula</i> sp. cf. <i>viridula</i> <i>Cylindrotheca closterium</i> <i>Licmophora</i> sp.

수 있었다 (Table 2).

한편, 5일, 10일, 15일 그리고 20일째의 각 관찰일에 동정된 식물먹이생물의 종 중에서 종명 수준에서의 분류가 이루어지지 못한 *Licmophora* sp.와 *Entomoneis* sp.는 동일한 한 종이 실험 기간 중 계속 출현하였다.

고 찰

해양 저차 생태계내에서 규조 특히 부착규조는 각종 무척추동물의 착저와 변태에 큰 영향을 줄 뿐만 아니라, 그들의 먹이생물로

Table 2. The changes in density (cells/4×5 cm²) of each benthic marine diatom species observed on wave plates during the experiment. Blanks presented can not observation of diatoms on the each observation days

	Culture days			
	5	10	15	20
<i>Navicula</i> sp. cf. <i>viridula</i>	6,083 ± 3,368	7,777 ± 4,717	653,718 ± 81,502	3,481,895 ± 597,109
<i>Cylindrotheca closterium</i>	154 ± 188	231 ± 188	65,076 ± 7,245	17,748 ± 13,179
<i>Licmophora</i> sp.		154 ± 188	4,272 ± 2,324	5,258 ± 1,859
<i>Pleurosigma normanii</i>		328 ± 464		
<i>Bacillaria paradoxa</i>		2,300 ± 3,253		
<i>Asterionella glacialis</i>		657 ± 929		
<i>Stephanopyxis</i> sp. cf. <i>turris</i>		5,587 ± 7,901		
<i>Entomoneis</i> sp.		328 ± 464		
<i>Odontella aurita</i>		2,629 ± 3,718		
<i>Cocconeis</i> sp. cf. <i>scutellum</i>		986 ± 1,394		

이용되는 주요한 1차 생산자로서의 역할을 담당하고 있다 (Kawamura, 1994). 부착기질에서 이루어지는 규조의 천이는 수온이나 조도와 같은 물리적인 환경 그리고 부착규조를 먹이로 하는 포식압의 정도에 따라 다양한 천이가 이루어질 수 있으며, 이와 같은 주변 환경에 영향을 받아가면서 그 종 조성이나 양 그리고 군락의 구조가 시간의 경과와 함께 변화된다 (河村, 1995).

이 연구의 결과, 파판을 이용하여 규조를 배양하는 과정에서는 배양 개시 후 10일 경과시까지의 출현종 수 및 출현 개체 수 모두 빈약하여 천이 초기 단계라고 할 수 있었다. 그러나, 배양 개시 후 15일 이상 경과되면 출현 세포 수가 급속도로 증가하고 다양한 종이 출현하였다가 사라지는 배양의 급변 단계를 거치게 되며 그 배양 수조는 배양 개시 후 20일째를 전후하여 배양 안정화 단계로 접어드는 것을 알 수 있었다. 결국 패류 유생을 파판을 이용하여 배양한 식물먹이생물로 사육하기 위해서는 배양중인 수조내의 규조 천이 과정을 수시로 검토하고 천이 과정을 추정하면서 패류 유생 사육 계획을 진행하여야 할 것으로 판단된다.

특히, 이 연구에서 뚜렷하게 나타난 것과 같이 20일째 시료를 관찰한 결과는 10일째의 세포 수에 비교하여 더욱 더 높은 폭발적인 증식이 관찰 되었는데, 10일째에 비교하면 약 430배, 15일째의 세포 수와 비교하면 약 4.7배 이상의 높은 밀도가 관찰되었다.

지금까지 관련 연구 보고가 1년 이상의 장기간에 걸쳐서 보통 1개월 간격으로 관찰이 이루어진 것에 비교하여 (Kawamura and Hirano, 1992; 河村, 1995) 이 연구에서는 20일이라는 짧은 기간 중에 다시 5일 간격으로 관찰이 이루어졌다. 河村 (1995)는 육상의 숲에서 이루어지는 생태계의 천이가 수십년 또는 수백년 소요되는 것에 비교하여 해양의 부착 규조 천이는 몇 주내 또는 길어도 몇 개월 이내에 극상에 이를 수 있다고 하였다.

즉, 지금까지의 보고서에 알 수 없었던 주요한 결과로서 이 연구에서는 부착 기질이 되는 파판에서의 규조 천이는 15일에서 20일이라는 짧은 기간내에 생태학적으로 안정화될 수도 있다는 것을 알 수 있었다. 물론 이후에 다시 생태계의 안정화가 깨어져서 복잡한 교란 시기를 거칠 수도 있지만, 이 결과에서 보는 것처럼 구성종 중에서 우점종인 *Navicula* sp. cf. *viridula*가 5일째 이후 거의

대부분을 차지하고 있는 경우처럼 부착 기질에서의 규조 생태계는 단기간내에 극상에 도달할 수도 있음을 알 수 있었다.

결국 사육하고자 하는 패류 유생이 안정적으로 먹이를 이용할 수 있게 하기 위해서는 유생의 선택성이 높은 식물먹이생물이 연재 우점하며, 식물먹이생물로 이용 가능한 종이 천이 과정에서 다른 종과의 경쟁 등의 종간관계로 인하여 사라지지 않고 일정한 증식을 유지하는 생태적 안정화 시기는 언제 이루어지는지를 검토하여 이때패류나 복족류 유생의 사육 과정에서 계획적인 인공 증묘 생산이 이루어질 수 있도록 하여야 할 것이다.

요 약

이 연구에서는 패류의 유생 사육용 식물먹이생물로 배양중인 부착 규조 파판 배양 과정에서 부착 기질인 파판에 어떤 종류의 식물먹이생물이 부착, 출현하며 어떠한 천이 과정을 거치는지 검토하였다. 실험은 비닐하우스내의 약 20톤 콘크리트 직사각형 수조에 파판을 설치하여, 수온 8.5 ± 0.3℃, 비중 1.0250~1.0260, 조도 2,200~13,000 lux의 범위에서 20일간 배양하면서 5일 간격으로 관찰하였다. 각 관찰일에 계수한 시료 중 규조류의 세포 수는 시간이 경과함에 따라 매우 빠른 속도로 증가하였으며, 20일간의 실험 기간중 출현한 식물먹이생물은 모두 10종으로 *Navicula* sp. cf. *viridula*, *Cylindrotheca closterium*, *Licmophora* sp., *Pleurosigma normanii*, *Bacillaria paradoxa*, *Asterionella glacialis*, *Stephanopyxis* sp. cf. *turris*, *Entomoneis* sp., *Odontella aurita*, *Cocconeis* sp. cf. *scutellum*가 관찰되었다. 한편 각 관찰일별 출현종 수는 5일째가 2종, 10일째 3종, 15일째 10종 그리고 20일째에는 3종이 관찰되었는데, 20일째에는 15일째에 새로이 출현한 7종이 모두 사라졌다. 한편, 실험기간 중 우점종은 *Navicula* sp. cf. *viridula*였다.

감사의 글

이 연구는 해양수산부 국립수산물과학원의 경상공제로서 수행된 연구 결과입니다.

참 고 문 헌

Kawamura, T. and R. Hirano. 1992. Seasonal changes in benthic diatom communities colonizing glass slides in Aburatsubo Bay, Japan. *Diatom Research*, 7, 227~239.

Kawamura, T. 1994. Taxonomy and ecology of marine benthic diatoms. *Marine Fouling*, 10, 7~25.

Takami, H., T. Kawamura and Y. Yamashita. 1996. Dietary value of benthic diatoms for the growth of juvenile abalone *Haliotis discus hannai*. *Suisanzoshoku*, 44, 211~216.

Tanaka, Y. 1982. The thermotolerant unicellular diatom, *Chaetoceros ceratosporum* Ostenfeld, as a useful feed to bivalve larvae. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture*, 3, 31~36.

河村知彦. 1995. 附着珪藻群落の變動機構. *月刊海洋*, 27, 591~596.

松井魁. 1966. 増殖. *水産増養殖業書* 12, 東京, 日本水産資源保護協會, 103pp.

元田茂. 1966. 日本海洋プランクトン圖鑑. 第1巻 珪藻類その他. 蒼洋社, pp. 15~69.

山路勇. 1984. 日本海洋プランクトン圖鑑. 第1版. 保育社, 537pp.

猪野峻. 1952. 邦産アワビ屬の増殖に關する生物學的研究. *東海水研研報*, 5, 1~102.

교육부. 1994. 한국동식물도감. 제34권 식물편 (해양식물플랑크톤), pp. 321~328.

2002년 4월 30일 접수
2002년 8월 31일 수리