

전복치패 부착파판에서 저서미소조류 엽록소 및 갈색소의 년변화

나 기 환

어장환경연구소

Annual Variation of Chlorophyll a and Pheopigments of the Benthic Microalgae on the Corrugated PVC Sheets for Abalone Seedlings

Gui-hwan Na

Fisheries and Aquaculture Environment Laboratory, Koje city, Kyongsangnam-do 656-850, Korea

To estimate the variation of food organisms on the corrugated PVC sheets, we analysed the chlorophyll a and pheopigments of the benthic microalgae on the sheets from the oyster culture ponds.

We estimated the standing crops as the amounts of chlorophyll a, and the physiological state of cells as the pheopigments level in the benthic microalgae. The amount of chlorophyll a was increased by immersion time in winter but the peak was observed every two weeks in summer, while the ratio of pheopigments was highest in summer but the low level was observed in spring and autumn. These seasonal variation were well coincided with the natural spawning season and the good microalgae nutritional valance.

Key words : Chlorophyll a, Pheopigments, Benthic microalgae

서 론

전복치패 인공 종묘생산을 위해서는 산란전예 치패의 먹이생물인 부착규조를 미리 파판위에 발생시켜 전복유생들이 부유기간을 마친 후 저서포복생활로 들어갈 때 먹이로서 공급되어야 한다. 그러나 부착규조에 대한 체계적인 조사는 자연상태의 조간대나 썰 위에서 생태적인 조사는 되어 있으나(Aleem, 1950 ; Mare, 1942 ; Smyth, 1955), 생산과 관련된 부착규조의 체계적인 조사는 되어 있지 않고(Uki and Kikuchi, 1979 ; Norman-Boudreau et al., 1986), 채묘 당시의 부착규조는 성장만을 보고하고 있다.

한편, 부착규조는 바위, 모래, 나무, 유리, 비닐

등의 모든 고형물과 고운 썰 위에서도 군집을 이루어 번식하는 현미경적 크기의 미소조류로, 연안역에서는 식물성부유생물, 대형해조류와 함께 유기물 합성자로서 중요한 생태적 역할을 하고 있다. 최근에는 생산적인 측면 뿐 아니라 이들의 군집구조 등으로 하천에서는 오염의 지표종으로 사용되기도 한다(정, 1987). 이들의 생태적인 역할은 주로 환경 인자중에서 무기 영양염을 흡수하여 분열 증식하여 전복, 소라, 고동 등 바위 및 고형물에 서식하는 패류와 저질 중에 서식하는 동물들의 주된 먹이가 되어 무기물로부터 유기물합성 연결고리로 대단히 중요한 생태적 지위를 차지하고 있다.

우리나라에서는 1970년대 초반부터 전복 인공

양식이 시작되어 치패생산에 있어서 부착규조류를 PVC 파판에 자연 발생시켜 먹이로 사용하였다. 그러나 전북 초기 치패사육의 성공 여부는 배양장의 환경요인과 함께 먹이로서의 부착규조가 대단히 중요한 역할을 하고 있으나, 이들의 종류가 다양하고, 또한 이들의 증식과 치패에 의한 피식의 균형을 경험적으로 맞추어 주는 것이 관건으로 인식되고 있다.

본 연구는 육상 간척지에서 만조 때 수문을 통하여 수로에 해수를 채운 후 작은 수로를 통해 각 저수지에 물을 흘려 보내는 곳에 파판을 수하하여 전북 치패없이 부착규조만을 자연발생시키면서, 부착파판이 수하된 시간에 따라 부착규조가 어떻게 변화하는가를 추적하고 이 결과로부터 전북의 초기 치패생산에 응용하고자 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 프랑스 대서양 연안 Bourgneuf만의 Bouin 간척지의 굴 축양장 내에 물의 순환을 고려하여 작은 수로에서 해수가 들어오는 부분에 정점 1을 정하고, 물이 저수지에서 일정기간 동안 정체된 후 배출되는 배수구 부근에 정점 2를 정하였다(Fig. 1). 파판의 수하는 각목 자체의 부력을 이용하여 말목으로 고정하였고, 매주 20 cm×15 cm의 PVC 파판을 수하시켜 부착규조를 자연 발생시켰다.

수하 후 7일을 주기로 중간정도로 발생된 규조는 1 cm² 또는 4 cm²로 미리 면적을 오려낸 백색 비닐필름을 파판에 씌워 발생된 규조를 조심스럽게 긁어모아 Whatman GF/C 여과지(직경 2 cm)로 흡수시켜 현장에서 바로 각 시험관에 넣고 90% 아세트 5cc로 chlorophyll을 용출시키면서 끝이 둥근 바늘 모양의 스텐봉으로 마쇄시켜 5-10°C로 냉장 운반하여 4시간 동안 암소에 냉장 보관한 후 400 g로 5분간 원심분리시킨 후 상등액 만을 형광 비색계 type 430(TURNER)로 Lorenzen (1967)에 따라 채집 당

일에 측정하였으며 측정치를 4개씩 중간치 이동 방법으로(Spigel, 1972) 처리하여 Fig. 2에 나타내었다.

Phaeopigments는 chlorophyll 분석 후에 바로 1N 염산 1-2방울을 첨가하여 잘 흔들어 8분 동안 정치시킨 후 Lorenzen (1967) 방법에 따라 chlorophyll a와 같은 방법으로 분석한 후 통계 처리하여 phaeopigments의 백분율을 구하여 규조군집의 생리상태를 파악하여 백분율이 낮을수록 활발한 분열증식으로 판정하였고 높을수록 규조군집이 노쇠 내지 탈락하는 군집으로 판정하였다.

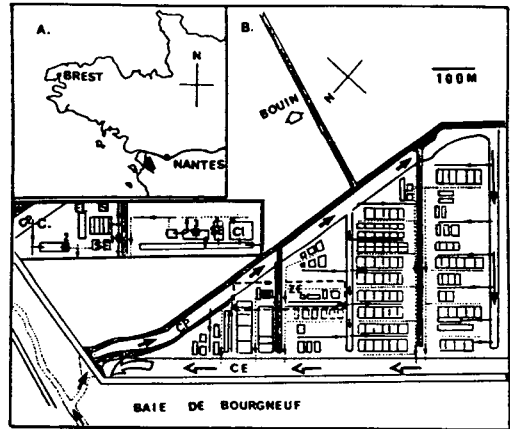


Fig. 1. Disposition of the studying stations in the Bouin oyster culture zone. A, Bourgneuf Bay. B, The oyster culture zone of Bouin, CP : Principal canal, CE : Evacuation canal, ZE : Experiment zone. The black flesh denotes the direction of entering the water. C, Stations disposition 1, 2. S : Bouin experimental station of IFREMER, EL : *Laminaria* hatchery, SE : Nursering ponds of oyster and short-neck clam, CL : Ponds.

결 과

1. Chlorophyll a

조사정점 1에서 수하한 시간별(1, 2, 3, 4주) chlorophyll a의 변화량은 Fig. 3과 같다. 파판을 물에 넣은지 일주일 후에 1월부터 3월 중순까지는 0.5 µg/cm²이었으며 3월말에서 5월까지 0.5~0.8

$\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이었고 6월 초부터 9월 초까지는 1.0에서 2.0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이었다. 그 후 9월 중에 2.1에서 2.6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 최고치를 나타내었으나, 10월부터 12월까지는 0.5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이었다.

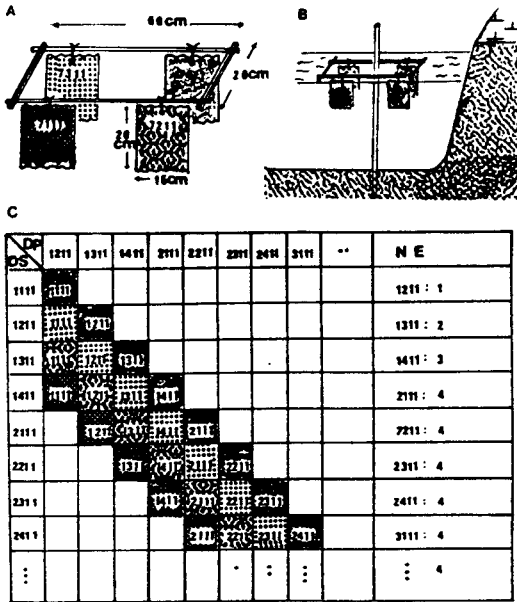


Fig. 2. Catch of the benthic algae on the PVC sheets and sampling method. Four numbers signify month, week, station, the number of sheets. A, Wooden rectangular floater with 4 PVC sheets. B, Installation of floater by bar penetration in the sediments. C, Sampling method. DS : suspension date, DP : sampling date, NE : sampling number at every week at station 1.

2주일 후에는 2월 중순까지는 1.0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이하이었으나 3월에는 갑자기 증가하여 3.8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 증가되었으며 4월말에는 4.0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 최대치를 보였으며, 그 후 8월 말까지는 다시 감소하여 2.0에서 3.5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 의 범위안에서 변동하였다. 8월 중순부터 다시 증가하기 시작하여 9월말에 4.7 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 최대치를 나타내었으며 다시 감소하여 연말까지 2.5에서 3.5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 을 유지하였다.

3주일 후에는 1월 초부터 4월말까지 2.5와 4.2

$\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 사이에서 4월초에 최대치를 나타내었다. 그 후 감소하여 7월부터 9월까지는 1.5에서 2.5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 적었으며 10월부터 다시 2.5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이상이었다.

파판을 물에 넣은 4주일 후에는 1월부터 4월까지의 chlorophyll a의 농도는 3.0~4.4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 였으며, 1월에 정점을 나타내었다. 4월부터 감소하기 시작하여 5월부터 8월 중순까지 가장 낮은 3.0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 주위에서 변동하였으며 9월에 3.5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 증가하여 10월부터 12월까지 chlorophyll a의 농도는 2.6에서 3.3 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 의 농도에서 변화하였다.

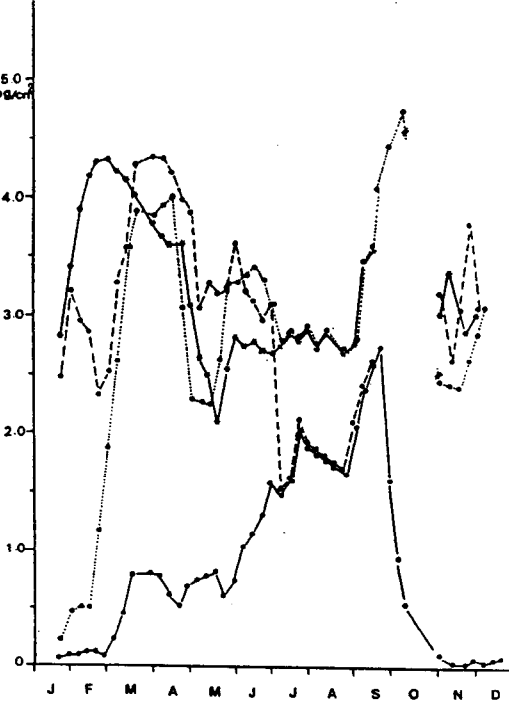


Fig. 3. Variation of the chlorophyll a content on the collectors after 1 week (---), 2 weeks (.....), 3 weeks (- - -), 4 weeks (* - *) at the station 1.

정점 2에서 매주 수하시간별 chlorophyll a의 변화량은 Fig. 4와 같다. 2월까지는 파판을 수행한지 일주일 후에는 0.5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이하이었으나 3월초부터 0.8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 증가하였다가 4월과

5월에 다시 $0.3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이하까지 감소하였다가 7월에서 $1.3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 까지 증가하였다가 8월에 다시 급격히 감소하였다. 10월 초까지 $0.3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 을 정점으로 다시 연말까지 감소하였다.

2주일 후에는 4월말을 제외하고 여름으로 갈수록 점차 증가하여 6월초에 $3.0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 증가하여 이후 적은 변화를 보이나, 10월초에 연중 최대치인 $4.3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 을 나타내다가 이후 급감하여 12월에는 $0.3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 감소하였다.

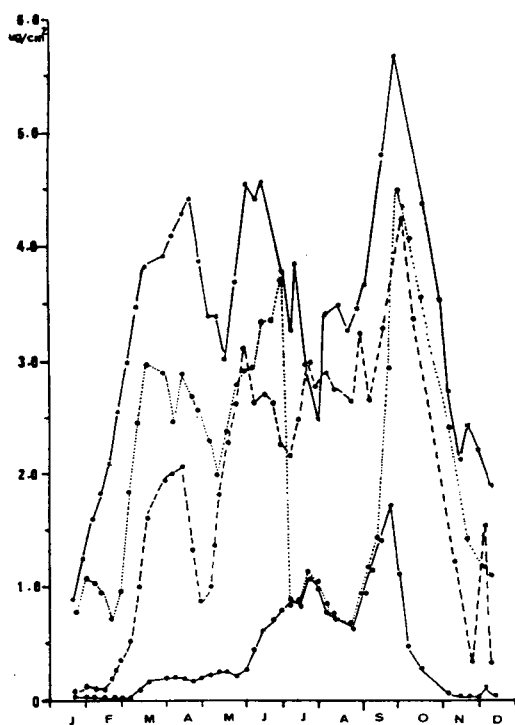


Fig. 4. Variation of the chlorophyll a content on the immersed collectors after 1 week (—), 2 weeks (.....), 3 weeks (---), 4 weeks (*-*) at the station 2.

3주일 후 1월에는 $2.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이하였으나 3월 초에는 $4.4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 증가하였으나 5월초에는 감소하여 $2.0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 에 불과하였다. 그 이후 급감하여 7월부터 9월초까지 0.7에서 $1.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 변동하다가 10월초에 다시 $4.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 증가하였다. 그 이후 급감하여 연말에는 chloro-

phyll a의 농도는 $1.2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 을 나타내었다.

4주일 후에는 정점 1과 거의 비슷한 변화를 보였다. 1월부터 증가하여 2월말에는 $2.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 계속 되다가 4월말에 $4.4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 증가하였다. 8월에 $2.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 약간 감소한 후 그때부터 다시 증가하여 10월초에 $5.8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 연중 최대치를 나타낸 후 그 후 12월말에는 다시 $2.0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 수준으로 계속 감소하였다.

Pheopigments의 백분율

Chlorophyll a를 측정하고 난 후 1N 염산으로 처리하여 pheopigments를 구한 후 백분율을 구하여 연간 시기별로 부착파관에서 미소조류의 pheopigments가 차지하는 비율을 구하여 저서 미소조류의 생리상태를 판정하였는데, 수하시기 별로 그 비율이 뚜렷한 차이가 있었다.

Pheopigments의 백분율을 정점 1에서 구한 결과는 Fig. 5와 같다. 1주일 된 파판에서는 1월부터 3월초까지 43%에서 15%로 감소하였으나 6월과 7월까지 35%에서 40% 범위에서 변하다 8월에 다시 27%로 감소하였으나 다시 증가하여 11월에는 55%로 크게 증가하였다.

2주일 된 파판에서는 2월까지 1주일된 파판보다 더 낮은 분포를 보이고 있으나, 여름에는 55%까지 증가하다 8월부터 12월까지 점점 감소하였다. 3주일된 파판에서는 2주일된 파판과 비슷한 양상을 보이고 있으며, 10월에 70%까지 증가하다 12월에는 30%로 감소하였다. 4주일 된 파판에서는 3월 중순까지 40% 이하였으나, 4월부터 50%를 넘어 10월까지 계속되었으며, 8월에 약간 감소하다 9월에 70%로 최고치를 나타냈다.

정점 2에서 pheopigments의 백분율을 구한 결과는 Fig. 6과 같다. 1주일 된 파판에서는 3월 중순에 11%로 최저 감소하였으나 6월부터 9월까지 60%로 증가하다가 겨울에는 38%로 감소하였다. 2주일 된 파판에서는 년초부터 3월 말에 22%로 최소치를 나타내었다가 그 후 증가하기 시작하여 8월 말에 70%까지 증가하여 최고치를

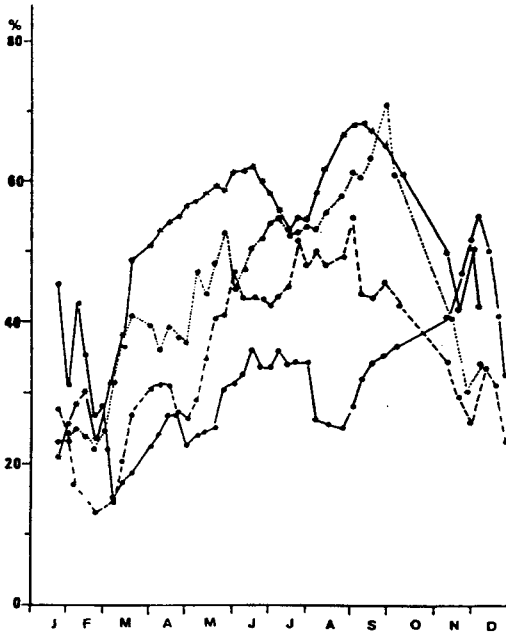


Fig. 5. Variation of the percentage of pheopigments at the station 1 according to the immersed period of the collectors : 1 week (---), 2 weeks(.....), 3 weeks (-.-), 4 weeks (*-*).



Fig. 6. Variation of the percentage of pheopigments at the station 2 according to the immersion period of the collectors : 1 week (---), 2 weeks (.....), 3 weeks (-.-), 4 weeks(*-*).

나타내었고 곧바로 35%로 감소하기 시작하여 연말까지 비슷한 38%에서 40% 부근에서 변동하였다. 3주일 된 파판에서는 5월까지 20-30%이었으나 6월부터 10월까지 40-65% 사이에서 변화하였으며, 2주일된 파판과 같이 변화였으나 그 비율은 더 높았다. 4주일 된 파판에서는 2월에 증가하다가 감소하여 3월 말에 18%로 최소였다가 10월까지 점차 증가하여 연간 최고치인 80%를 기록하였으며 그후 12월까지 계속 감소하였다.

정점 1과 2의 pheopigments의 백분율의 년간 변화는 봄철인 3, 4월에 최저치를 나타내었으나, 여름철로 접어들면서 chlorophyll의 증가와 함께 pheopigments의 양도 증가한 반면, 9월, 10월부터 다시 감소하기 시작하였다.

고 찰

현재 일반적으로 사용하는 전복치패 생산용

투명 PVC 파판을 수하시켜 해수를 흘려주고 폭기를 시켜주면, 바다에 새로운 기질이 주어질 때와 같이 처음에는 세균류가 고형물 표면에 막을 형성한 후, 그 뒤에 부착규조가 우점하는 종의 천이가 일어나게 된다(Aleem, 1950). 이 때를 전후하여 채묘하게 되고, 포복기 치패가 섭취할 수 있는 20 μm 이하의 미소조류 중 부착규조가 많을수록 채묘후 치패의 성장이 빨라 치패를 대량 생산할 수 있다. 따라서 미소조류 중 부착 규조의 생체량 뿐 아니라 군집의 세포 크기에 따라라도 성장, 생산율이 크게 달라진다.

본 연구에서 생체량으로 추정한 chlorophyll의 함량 변화는 파판을 물에 넣은 시간이 지날수록 증가되었으며, 물의 흐름이 좋은 정점 1의 함량이 정점 2보다 빨리 증가하였으나 4주 후에는 거의 같게 변화되었다. 즉, 겨울과 봄에는 수하 시간에 비례하여 생체량의 증가가 있었으나 정점 1에서는 여름이 가까울수록 3주일 된 파판이나 4주일 된

파판의 최대 생산량이 점점 빨라짐을 알 수 있었다.

여름에는 수하 시간이 1주일과 3주일 된 파판에서 chlorophyll이 거의 같게 변동하였고, 2주일과 4주일 된 파판에서 거의 비슷하게 변동한 결과(Fig. 3)는 여름철 고수온기에는 2주일 간격으로 부착규조의 생체량이 최대로 됨을 확인할 수 있었다. 2주일과 4주일 된 파판의 생체량이 1주일과 3주일 된 파판 보다 많은 것은 약 10일 주기로 하여 규조군집이 노쇠하여 탈락된 후 다시 규조군집이 형성될 때 새로운 파판보다 파판에 일부 남은 규조에 의해 군집형성이 빠른 결과 이러한 차이가 나타난 것으로 판단된다.

한편, 규조군집의 생리상태를 나타낸 pheopigments 백분율은 4월과 5월에 가장 낮은 값을 나타내었고, 여름 고수온기로 갈수록 비율이 증가하여 저서규조류의 군집이 고수온기에는 빠른 속도로 노쇠 내지 탈락 현상이 진행됨을 알 수 있었다. 즉, 정점 1에서는 주수로(principal canal)에서 부니 등의 영향으로 겨울철에는 이 비율이 높다가 봄에 수온, 일조량의 증가 및 영양염을 소비하면서 저서규조류의 활발한 분열증식 결과 생체량 증가와 함께 pheopigments는 상대적으로 적어 이 비율이 봄에 최소로 된다. 그러나, 여름으로 갈수록 생체량 증가와 함께 pheopigments의 백분율도 같이 증가되는데, 이는 봄철의 규조 생리상태와는 달리 수온, 일조량의 증가에 따라 영양염의 요구도 많아지나 이를 충족시키지 못한 결과로 노쇠 내지 탈락이 빨리 일어난 결과라 할 수 있다.

Chlorophyll a 함량 변동과 pheopigments 함량 변동을 주년 주기로 살펴 볼 때, 생체량의 증가와 규조생리가 좋은 봄과 가을에 전복의 자연 및 인공산란이 이루어진다는 것은 초기 치패가 요구하는 먹이의 양과 질을 충족시킬수 있는 좋은 자연환경 아래서 산란이 이루어 진다고 볼 수 있다.

본 연구의 결과를 현재 우리나라에서 전복치패를 생산하는 일반적인 시설에 관련지어 생각

할때 수온이 20°C가 넘는 고수온기에는 차광막을 사용하여 조도를 낮추어 주는 이유가 부착규조의 생리활성을 좋게하고 우점하는 소형종의 증식을 촉진시키기 위한 필요한 조치로 생각된다. 나 등(1991)에 의한 차광막의 종류에 따른 전복치패의 성장과 다른 부착생물의 관계를 고려할 때, 광량의 조절(4,000에서 5,000 lux)과 함께 구체적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

요 약

PVC 파판에서 초기전복치패의 먹이생물인 저서미소조류의 변화를 추정하기 위해 1984년 1월부터 12월까지 France Bourneuf만의 굴 양성지에 파판을 수하하여 파판에 부착 발생된 저서미소조류의 염록소 a와 갈색소를 분석하였다.

저서미소조류의 생체량을 염록소의 양으로 추정하고, 생리상태를 갈색소의 백분율로 나타낼때 생체량은 계절에따라 겨울에는 파판의 수하시간에 따라 비례하여 증가하였으나, 고수온기인 여름에는 저서미소조류의 군집이 빠르게 노쇠되어 매 2주마다 최대치를 나타내는 양상을 보였다.

갈색소의 백분율은 봄과 가을에 낮은 비율을 나타내었으나, 여름 고수온기에는 군집의 빠른 노쇠로 인하여 백분율은 최대치를 나타내어 군집의 활성이 저하되었으며, 생체량과 갈색소의 백분율을 고려할 때 5, 6월과 9, 10월에 전복의 산란이 이루어지는 것은 저서미소조류를 먹이로 하는 초기부착치패에게 영양적으로 좋은 균형을 이루게 한다.

참 고 문 헌

- Allen, A. A. 1950. Distribution and ecology of British marine littoral diatoms. *J. Ecol.*, 38 : 75-106.
- Austin, A. P., C. I. Ridley-Thomas, W. P. Lucey and D. J. D. Austin. 1990. Effects of nutrient enrichment on marine periphyton : Implication for abalone culture. *Bot. Mar.*, 33 : 235-239.

- Lorenzen, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments : spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12 : 343-346.
- Mare, M. F. 1942. A study of marine benthic community with special reference to the microorganisms. *J. mar. biol. Asso. U. K.*, 25 : 517-554.
- Norman-Boudreau, K., D. Burns, C. A. Cooks and A. Austin. 1986. A simple technique for detection of feeding in newly metamorphosed abalone. *Aquaculture.*, 51 : 313-317.
- Rince, Y. 1978. Intervention des diatomées dans l'écologie des claires ostréicole de la baie de Bourgneuf. Thèse Doc. 3eme cycle. Univ. Nantes, 203pp.
- Robert, J. M. 1983. Fertilité des eaux des claires ostréicoles et verdissement : utilisation de l'azote par les diatomées dominantes. Thèse Doc. Etat. Univ. Nantes. 281 pp+annexes.
- Smyth, J. C. 1955. A study of the benthic diatoms of Loch Sween (Argyll). *J. Ecol.*, 43 : 149-171.
- Spigel, M. R. 1972. Theorie et applications de la statistique. McGraw-Hill Comp. New York 358pp.
- Uki, Nagahisa and Kikuchi Shogo. 1979. Food value of six benthic micro-algae on growth of juvenile abalone, *Haliotis discus* Hannai. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 40 : 47-52.
- 나기환 · 한석중 · 김병균. 1991. 사육시설 조도차에 따른 인공부착기에서의 까막 전복 치패의 성장과 분포. *수진연구보고*, 45 : 229-233.
- 정 준. 1987. 부착규조에 의한 형산강 수괴의 수질 평가. *한국조류학회지*, 2 : 139-146.