남해 장목만 부착생물의 PVC 인공부착판에서의 가입양상

최진우, 박소현, 서진영

한국해양연구원 남해연구소 남해특성연구부

Recruitment patterns of sessile organisms on the artificial PVC panels in Jangmok Bay, southern coast of Korea

Jin-Woo Choi, So-Hyun Park and Jin-Young Seo

South Sea Environment Research Dept., KORDI, Geoje 656-830, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the recruitment pattern of sessile organisms on the artificial substrates of PVC in Jangmok Bay, Geoje Island, southern coast of Korea. Five PVC plates were submerged from March to October, 2007 at one month interval, and two plates were retrieved after one month. The dominant recruiters were a green algae, *Enteromorpha prolifera* in March, *Mytilus galloprovincialis* in April, *M. galloprovincialis* and *Styela plicata* in May, *S. plicata* and *Bugula* sp. in June. During August, *Balanus amphitrite* and anthozoans were dominant recruiters, and a serpulid worm, *Hydroides ezoensis* in October. There was a clear specific recruiting period of sessile faunas depending on their reproduction cycles in a sheltered embayment like Jangmok Bay.

Keywords: artificial substrate, settling period, recruitment pattern, Jangmok Bay

서론

조하대 암반에 형성된 부착생물군집은 성체인 저서생물로부터 산란된 유생이 일정시간이 경과하여 변태를 할 수 있는 상태에 도달한 후에 다양한 환경조건에 영향을 받아서 정착하여 이루어진 결과이다. 암반생물군집은 유생의 초기착저와 가입 (Glasby, 1998), 중간 경쟁력 (Smith and Whiteman, 1999), 유생공급 (Bertness *et al.*, 1996) 등에 의해서 유지되고 변화를 겪게 된다. 부착기질에 물리적인 요인에 의해서 빈공간이 생기거나 새로운 해양시설물이 설치되면 그 곳에 부 착생물군집이 형성되는 일련의 천이과정을 거쳐 최종적으로 안정된 군집으로 정착하게 된다.

이러한 생물오손이나 자연 암반에 부착하는 저서생물의 형성을 연구하기 위해서 보통 인공서식지 (artificial habitat unit, AHU) 를 많이 사용한다. 인공서식지는 실제 자연상태에서 얻기 어려운 반복실험구를 쉽게 만들 수 있고, 다양한 크기와 기질종류, 배열방향 등을 조정하여 실험할 수 있는 장점

이 있다. 인공서식지 중에서 판상의 기질을 사용하는 경우에는 수중에 위치한 판의 방향에 따라서 수평 또는 수직으로 부착기질을 투입하게 되는데, 부착판의 수중 위치에 따라서 또는 대형 해조류와 같은 다른 생물의 존재에 따라서 부착하는 저서생물의 종류와 양에 영향을 받는 것으로 조사되었다 (Glasby and Connell, 2000; Fowler-Walker and Connell, 2007). 한편, 부착기질을 언제 투입하는가에 따라서 부 착생물군집이 달라지며, 얼마동안 부착기질을 제공하였는지에 따라 서로 인공부착기질에 형성된 부 착생물군집의 구조가 달라지는 것으로 알려져 있다 (Underwood and Chapman, 2006). 따라서 방오시설이나 방오장비의 성능을 시험하고자 할 경우에 실험구의 시험판과 대조구 해역에서의 시험판이 부착기질로 제공되는데, 예상되는 대조구의 부 착생물을 어느 정도 파악할 수 있다면 실험구의 시험판을 해석하는데 많은 정보를 얻을 수 있을 것이며, 실험 디자인에도 이러한 정보는 필요하다.

해양부착생물이 인간이 이용하는 시설물에 부착하여 어떤 악영향을 미칠 경우 이를 생물오손 (biofouling) 이라 한다. 해양에서 생물오손(biofouling) 이 선박전체, 양식장 그물과 시설물, 양식생물체 등 다양한 형태로 악영향을 미치고 있음에도 불구하고 이에 대한 국내 연구는 매우 미흡한 상태에 있다 (Paik, 1980; Shim and Jeong, 1987). Paik (1980) 의 연구에서는 굴양식장 수하연에 부착한 다모류의 분류학적인 연구가 주로 이루어졌고, Shim and Jeong (1987) 의 연구는

Received January 10, 2011; Revised January 17, 2011;
Accepted February 20, 2011

Corresponding author: Jin-Woo Choi

Tel: +82 (55) 639-8550 e-mail: jwchoi@kordi.re.kr

1225-3480/24374

Fig. 1. Map showing the experimental site (dark circle) in Jangmok Bay, southern coast of Korea.

Fig. 2. The experimental flat-form where artificial substrates (PVC panels) were submerged monthly.

군사시설의 방오 필요성에 의해 초기 biofilm 형성과 5개월에 걸친 인공기판에서의 부착생물의 발달과 천이에 대한 연구가 수행되었다.

본 연구에서는 정상적인 연안 환경에서 부착기질이 새로이 주어진 상황 하에서 언제 다양한 부착생물종들이 부착판에 가입하며, 그 후 어떤 천이과정을 거치는지를 파악하기 위한 연구의 일환으로 남해 연안의 거제도 장목만에서 2007년 3월부터 11월까지 수행되었다. 본 연구의 주요 목적은 인공부착판을 사용하여 시기별 부착생물의 우점종과 그들의 가입시기를 파악하는데 있다.

재료 및 방법

부착생물의 인공기질에 가입하는 양상을 파악하기 위해서 부착생물의 가입이 많을 것으로 예상되는 시기를 선정하여 실험을 수행하였다. 인공부착기질의 공급은 2007년 3월부터 10월까지 매월 경남 거제시 장목면에 위치한 장목만에 설치된 가두리에서 매달 이루어졌다 (Fig. 1). 인공부착판은 20 cm × 25 cm 크기의 PVC판을 사용하였으며, 부착판을 수직으로 배열하여 5개를 틀에 매달아 표층 50 cm 수심에 투입하였다 (Fig. 2). 수심에 따라서도 다양한 저서생물이 부착을 하지만 부착판 투입수심을 50 cm로 한 것에는 조간대와 조하대 부착생물이 모두 부착이 가능할 것이라는 판단으로 결정되었다.

투입한 부착판 중에서 2개를 투입한 지 1개월이 경과한 후에 수거하였다. 부착판에 부착된 부착생물들은 주요 분류군으로 선별하였으며, 우점종에 대해서는 종 동정 이후 개체수와 습중량을 측정하였다.

장목만의 수온과 염분에 대한 측정은 CTD을 사용하여 1주일 간격으로 연중 측정하였다.

결 과

경남 거제시 장목면에 위치한 장목만의 2007년도 표층수온과 염분은 Fig. 3과 같이 연중 변화를 보였다. 수온은 2007년 2월2일에 6.3℃로 가장 낮았고, 8월 21일에 28.8℃로 가장 높았다. 염분은 강우의 영향으로 2007년 9월 10일에 25.84 psu로서 가장 낮았고, 1월과 6월에 33.16-33.27 psu의 범위로 가장 높았다.

남해안 거제도 북쪽에 위치한 장목만에 인공부착판을 1개월 동안 투입하여 부착성 저서생물의 가입양상을 조사한 결과 시기별로 가입되는 우점종이 달라짐을 보였다 (Table 1). 2007년 봄철에 투입된 부착판에 가입한 저서생물을 보면 3월 초에 투입되어 4월초에 회수된 부착판에서는 가시파래 (*Enteromorpha prolifera*) 가 우점종으로 가입되었고, 4월 동안에 투입된 부착판에서는 지중해담치 (*Mytilus galloprovincialis*) 가, 5월 동안에 투입된 판에서는 지중해담

Fig. 3. The annual variations in the surface temperature and salinity in Jangmok Bay during 2007.

치와 유령멍게 (*Cione intestinalis*) 가 가입되었다. 2007년 여름철인 6월 동안에 투입된 부착판에서는 유령멍게와 다발이끼벌레류 (*Bugula* sp.) 가, 7월 동안에는 가시파래가, 8월 동안에 투입된 부착판에서는 주걱따개비 (*Balanus amphitrite*) 와 해변말미잘 (*Halichondria japonica*) 이 가입되었다. 2007년 가을철에 투입된 부착판의 경우 9월 동안에는 구멍갈파래 (*Ulva pertusa*) 와 해변말미잘이, 10월 동안에는 구멍갈파래와 석회관갯지렁이 (*Hydroides ezoensis*) 가 우점종으로 부착판에 가입되었다. 매 부착판 투입시기별로 투입 후 1개월간 가입된 부착생물의 우점종은 부착판 사진에서도 확인할 수 있었다 (Fig. 4).

주요 종별로 주 가입시기를 보면 가시파래는 3월부터 8월까지 거의 매월 부착판에 가입함을 보였고, 구멍갈파래는 9월과

Fig. 4. The macrobenthic fauna settled on the artificial substrates submerged at the water depth of 50 cm for a month from March (upper left) to Aug. (lower right), 2007.

Table 1. Dominant sessile fauna on the panel submerged for 1 month from March to October, 2007 (+++: extremely, ++: highly, +: commonly abundant)

Species/month	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT
<i>Enteromorpha prolifera</i>	+++	++			+	+		
<i>Ulva pertusa</i>							+	+
<i>Halichondria japonica</i>			+					
<i>Bugula</i> sp.			+++	++	++			
<i>Actinia equina</i>						+	+	
<i>Mitylus galloprovincialis</i>		+						
<i>Hydroides ezoensis</i>								+
<i>Balanus amphitrite</i>						++		
<i>Cione intestinalis</i>			++	+

Fig. 5. The monthly biomass of dominant fauna settled on a scratched panels (upper) and not scratched ones (lower) for a month from March to Aug., 2007.

10월 이후에 가입하였다. 히드라류와 해변말미잘은 각각 여름철과 가을철에 주로 가입되었다. 지중해담치는 4월과 5월에 가입이 있었고, 주걱따개비는 8월에 주로 가입하였다. 다발이끼벌레류와 유령멍게는 5월과 6월에, 석회관갯지렁이는 10월에 주로 가입하였다. 그 외의 종들은 본 실험에서는 뚜렷한 주가입시기를 파악할 수 없었다.

각 월별로 투입된 부착판 1개월간 가입된 생물의 습중량은 유령멍게와 다발이끼벌레류가 우점하였던 5월 초에 투입하여 6월 초에 회수한 부착판에서 가장 많았다 (Fig. 5). 그 다음으로는 8월에 가입된 주걱따개비에 의해서 두 번째로 많은 생물량을 보였다. 부착판의 표면을 사포로 문질러서 표면을 거칠게 한 경우와 매끄러운 판을 부착판으로 투입한 후 가입된 부착생물의 종류와 습중량을 비교하면 서로 유사한 값을 보여 가입양상에 차이를 보이지 않았다 (Fig. 5).

토 의

저서생물군집은 유생의 공급에 의해서 유지되며, 가입시기

와 양 및 부착 후의 경쟁에 의해서 군집구조가 변화는 천이과정을 거치게 된다. 유생의 공급과 부착기질에의 가입은 군집의 구조를 결정하는 중요한 요인으로 간주되고 있다. 본 연구에서는 남해안의 내만역에 유입되는 부착성 저서생물의 포자 및 유생의 시기별 가입 양상을 파악하여 주요종의 가입시기에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다. 인공기질을 이용함으로써 기존 부착생물군집의 영향을 최소화 하여 가입되는 종을 파악하고자 하였으며, 부두시설이나 해수면 양식시설과 같은 대부분의 해양 인공구조물을 모사하기 위해서 부착판을 수직으로 세워 해수에 넣었다. 부착판의 깊이는 50 cm로서 주로 조하대와 조간대 부착생물이 모두 이용 가능한 수심이 되도록 하였다.

가입시기는 해양생물의 고유한 생활사 주기와 연관이 깊기 때문에 대부분 유생의 가입시기는 종별로 고정되어 있으며, 가입기간에서도 종별 차이를 보이게 된다. 본 연구에서는 가입종을 파악하기 위해서 1개월 동안 해수 중에 부착판을 두었으나 초기 부착생태를 파악하기 위해서는 1주 간격으로 부착판을 교체해서 투입하는 것이 필요한 것으로 보였다. 특히 5월에 투입된 부착판에서는 매우 큰 크기의 유령멍게가 부착되어 있어서 다른 종들의 가입을 제한하였을 것으로 판단된다. 부착판의 크기도 작게 하되 더 많은 수를 투입하여 일주일 정도의 짧은 주기로 부착판을 관찰할 필요가 있는 것으로 판단되었다. Shim and Jeong (1987)의 결과에 의하면 진해만과 마산만의 경우에 유생 출현의 계절성과 부착 후 성장율이 부착생물군집의 발달에 중요한 요인인 것으로 보고하였다. 대형오손생물군집 (macrofaouling communities)의 시간별 천이과정은 초기의 미생물과 규조류의 부착을 거쳐서 대형 해조류 - 따개비, 담치류, 다모류 - 해면, 말미잘류, 멍게류 등의 순으로 군집천이가 일어남을 보고하였다.

부착판을 해중 인공구조물과 유사한 조건을 주기 위해서 인공부착판을 수직으로 넣었으나, 실제 암반은 경사를 가진 기질이 대부분이다. 따라서 부착판을 30도나 45도 등으로 기울인 채로 해수 중에 넣는 것이 실제 암반저서생물군집을 반영하는 것으로 생각된다. 기울인 부착판의 위면은 광조건이 좋은 반면에 그 아래면은 그늘을 제공함으로써 광에 달리 반응하는 저서생물 유생이 부착하는 면을 달리함으로써 광반응 차이에 따른 가입양상을 파악하는데도 유용할 것이다.

부착기질의 종류에 따라서도 저서생물 유생의 가입양상이 어떻게 달라지는지를 파악할 필요가 있었다. 본 연구에서는 PVC제질의 부착판만을 제공하였으나, 재질이 나무나 콘크리트, 석재, 철재 등에 따라서 가입양상에 차이를 보이는지를 파악하는 실험이 필요하였다. 특히 석재는 자연암반을 모사하는 것으로, 철재는 해수에 의한 부식효과에 따른 부착판의 기능을 파악하는데도 필요하다고 생각되었다. 철재의 경우에는 방오

페인트의 적용 유무에 따라서 유생가입양상이 크게 달라질 것으로 생각된다. 이에 비해서 PVC재질은 부식에 견디는 재질로서 많은 양식시설에서 사용되고 있는 점에서 의의를 가진다. 특히 rope를 부착기질로 제공한 실험도 필요한 것으로 생각되었다.

수심에 따른 유생의 가입도 종별로 차이를 보일 것으로 생각되며, 본 연구에서는 수심이 50 cm로 조하대 천해에 분포하는 저서생물의 유생이 가입에 유리한 조건인 것으로 생각된다. Hulbert (1991)에 의하면 군체성 명게류인 *Didemnum candidum*의 유생은 0.5 m 수심에서 6 m 수심에 비해서 더 많이 착저하는 것으로 보고하였다. 수심별 가입양상을 보기 위해서 바늘과 같은 연속된 부착기질을 표층에서 원하는 수심까지 넣어서 회수하는 방법으로 유생가입양상을 파악하는 필요하였다. 이상에서 살펴 본 바와 같이 향후 연구에서는 다양한 실험조건에 따른 저서생물 유생의 가입양상을 파악해야 할 것이다.

요 약

남해안 거제도 연안인 장목항에 인공부착판을 투입하여 주요한 부착성 저서동물의 가입양상을 조사한 결과, 3월에는 파래, 4월에는 지중해담치, 5월에는 지중해담치와 유령명게가 가입되었고, 6월에는 유령명게와 다발이끼벌레류가, 8월에는 주걱따개비와 해변말미잘이 가입되었으며, 10월에는 석회관갯지렁이가 가입되었다. 월별로 투입된 부착판 1개월간 가입된 생물의 습중량은 5-6월에서 가장 많았다. 각 종들의 산란시기에 의해서 종 특유의 가입시기를 가지는 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 한국해양연구원 남해연구소의 어장관리비 및 기본사업 (PE 98583)의 지원으로 수행되었다.

REFERENCES

- Bertness, M.D., Gaines, S.D., Wahle, R.A. (1996) Wind-driven settlement patterns in the acorn barnacle *Semibalanus balanoides*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **137**: 103-116.
- Fowler-Walker, M.J. and Connell, S.D. (2007) Habitat heterogeneity as a consequence of substratum-orientation and kelp canopy: Relating interdependent responses to common patterns. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **343**: 127-137.
- Glasby, T.M. (1998) Estimating spatial variability in developing assemblages of biota on subtidal hard substrata. *Mar. Freshw. Res.*, **49**: 429-437.
- Glasby, T.M. and Connell, S.D. (2000) Orientation and position of substrata have large effects on epibiotic assemblages. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **214**: 127-135.
- Hulbert, C.J. (1991) The effects of larval abundance, settlement and juvenile mortality on the depth distribution of a colonial ascidian. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **150**: 183-202.
- Paik, E.-I. (1980) Polychaetous annelids growing in oyster farms. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **13**: 33-44.
- Shim, J.H. and Jeong, M.S. (1987) Development and succession of marine fouling organisms on artificial substrata. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **22**(4): 257-270.
- Smith, F. and Witman, J.D. (1999) Species diversity in subtidal landscapes: maintenance by physical processes and larval recruitment. *Ecol.*, **80**: 51-69.
- Underwood, A.J. and Chapman, M.G. (2006) Early development of subtidal macrofaunal assemblages: relationships to period and timing of colonization. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **330**: 221-233.