

다공질 인공어초 (반톱니형)에서 진행된 해조천이 및 해중림 조성

조성환* · 최창근¹ · 좌종현²

국립수산과학원 제주수산연구소, ¹한국해양대학교 해양과학기술연구소, ²제주산업정보대학

Restoration of the Seaweed Forest and Algal Succession on a Porous Type (Shaped Half Saw Teeth) Artificial Reef

Sung-Hwan CHO, Chang Geun CHOI¹ and Jong-Hun CHOA²

Jeju Fisheries Research Institute, National Fisheries Research &
Development Institute, Jeju 690-192, Korea

¹Research Institute of Marine Science and Technology, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

²Jeju College of Technology, Jeju 690-714, Korea

The succession of marine benthic algae and the restoration of an artificial seaweed forest on a porous type (shaped half saw teeth) artificial reef at Jeju island, Korea was studied. Young thalli of *Sargassum horneri* and *Ecklonia cava* were attached to different artificial substrates. In general, the succession on the artificial reefs led from filamentous algae to perennial algae and involved more than 25 species that are useful fishery resources, including *E. cava*. Coralline algae were dominant on the artificial reefs at the Kangjung site. The maximum algal biomass on the artificial reef in October 2005 was 1,990 g/m² at Biyang. In conclusion, a climax community and seaweed forest can be attained one year after the substrate is constructed.

Key words: Artificial reef, *Ecklonia cava*, Porous, Seaweed forest, Succession

서 론

다시마 (*Laminaria* spp.), 대황 (*Eisenia bicyclis*), 감태 (*Ecklonia cava*), 모자반 (*Sargassum* spp.) 등의 대형 해조류로 이루어진 해중림은 가장 중요한 해양 자원의 하나이다. 해중림의 기능은 엽상체를 기반으로 하는 엽상동물 및 어류, 패류, 갑각류 등 유용 수산동물에게 서식장, 산란장, 은둔처를 제공해 준다. 또한 그 자체가 먹이원으로 활용되는 등 고유의 생물 사회를 구성하여 매우 가치가 높은 자원으로써 활용이 되는 것으로 알려져 왔다 (Watanuki and Yamamoto, 1990; Tsutsui et al., 1996; Choi et al., 2000).

1960년대 이후로 우리나라의 각 연안에서는 무분별한 해안 개발과 환경오염, 갯녹음 등의 영향으로 해중림이 파괴되고 해당 면적이 점차 줄어들고 있는 추세이다. 일본의 경우, 경제 활동을 위한 상업적인 해안개발의 결과 1978년부터 1991년 사이에 약 6,000 ha의 해중림이 사라졌다고 보고되었다 (Serisawa and Ohno, 1995a; Terawaki et al., 2001). 우리나라의 경우에는 제주도를 시작으로 갯녹음 등에 의한 해중림 소실이 보고된 후 동해안과 남해안 해역에서도 해중림의 감소와 관련된 연구가 잇따르고 있다 (MOMAF, 2002). 따라서 환경보전의 입장에서 인공 해중림 조성이 필요하게 되었고, 인공어초를 투입하여 해중림이 조성되기까지 해조 식생의 천이과정을

연구하는 것이 중요하게 되었다 (Serisawa and Ohno, 1995b; Choi, 2001). 인공어초의 시설은 연안 해역에서 수산 자원의 증대를 위한 매우 중요하고 일반적인 기술로 발전되었고, 이러한 인공어초의 시설은 어류 자원의 증대에 의한 어획량의 증가 그리고 생물학적 자원량 증가에 의한 자연적인 생산량 증가를 유발하게 된다 (Choi, 2001).

연안해역의 자원조성 및 사질대 해역과 같은 저생산 어장의 환경개선을 위해 조성하는 인공어초 시설 사업은 1971년부터 전국 연안에서 실시되어 왔지만, 인공어초의 제작에 이용된 재료는 일반 콘크리트가 전체 시설면적의 약 98.4%로 대부분을 차지하였다. 최근 들어 어류용 어초 혹은 패조류용 어초의 재질로 강제나 세라믹이 이용되고 있지만 좀 더 다양한 어초의 재질이 요구되고 있는 실정이다.

이 연구는 갯녹음 해역의 해중림 복원을 위한 어초의 개발이 시급해짐에 따라 일반 콘크리트 어초에 비해 부착면적이 넓고 다수의 공극을 갖고 있어서 해조류의 부착이 용이할 것으로 판단되는 다공질 콘크리트를 이용하여 제작된 해중림 조성용 인공어초 (반톱니형 인공어초)의 해조류 부착특성 및 해중림 조성 가능성에 관련된 특성을 밝히기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

이 연구는 2003년 3월부터 2005년 11월까지 국립수산과학원 제주수산연구소에서 개발한 다공질 콘크리트 (Fig. 1)로 제

*Corresponding author: shcho@momaf.go.kr

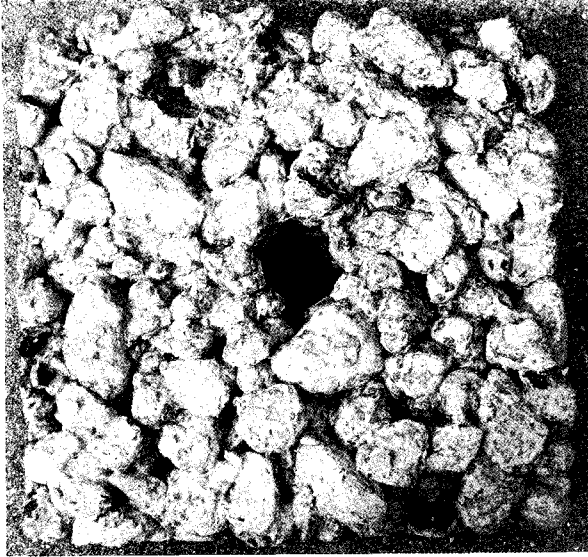


Fig. 1. Photographs showing the porous substrate.

작된 반툽니형 인공어초 (가로 2.3 m×세로 2.3 m×높이 1.5 m, 무게 5 ton)의 해조류 부착효과 및 해중립 조성 가능성을 분석하기 위하여 실시하였다.

연구 해역은 제주도 서귀포시 강정동 해역과 북제주군 한림읍 비양도 해역을 선정하였으며, 두 해역간 해조류 부착효과 및 천이과정, 조식동물 방지막 효과 등을 비교 분석하였다.

인공기질 재질별 해조류 부착효과

인공어초 제작에 이용되는 재질에 따른 해조류 부착효과는 갈조류인 팽생이모자반 (*Sargassum horneri*)으로 2002년 5월부터 7월까지 실내 배양수조에서 파악하였다. 연구에 사용된 인공 기질은 일반 콘크리트, 세라믹, 다공질 콘크리트, 철판, 플라스틱 시편판 (아크릴)이었다.

제주 해역의 주요 해중립 조성 대상종인 갈조류 감태 (*Ecklonia cava*)에 대해서는 2002년 9월부터 2006년 3월까지 총 2회에 걸쳐 20 cm×30 cm 크기의 일반 콘크리트, 세라믹, 다공질 콘크리트를 대상으로 실내 배양수조에서 부착효과를 조사하였다.

인공어초에 착생한 해조류 및 해조천이

인공어초에 착생한 해조류의 종 조성 및 천이과정에 관한 조사는 2003년 9월부터 2005년 11월까지 계절별로 실시하였다. 스쿠버 다이빙을 이용하여 0.5 m×0.5 m 크기의 방형구를 3개 정점에 설치한 후 방형구 내에 출현한 해조류를 전량 채집하였으며, 채집된 시료는 아이스박스에 보관하여 실험실로 옮긴 후 종 동정과 현존량 등을 측정하였다. 해조류 조사는 정량조사를 위한 파괴적인 방법과 비파괴적인 방법을 병행하여 실시하였다. 비파괴적인 방법은 인공어초에 착생한 해조류를 수중카메라로 촬영한 후 야장 등에 기록하여 차후에 출현종 분석을 위해서 사용하였다.

조식동물 방지막의 효과

조식동물 방지막이 설치된 어초와 방지막이 설치되지 않은 어초를 대상으로 2003년 11월부터 2004년 8월까지 조식동물 방지막의 제어효과를 비교 분석하였다. 각각의 어초 상부에 0.5 m×0.5 m 크기의 방형구를 3개 정점에 설치한 후 방형구 내에 출현한 감태는 전량 개체수를 계수하고, 전장을 측정하였으며 감태 이외의 다른 부착 해조류는 1개 정점에서 전량 채집하였다.

결과 및 고찰

인공어초 제작에 사용된 재질에 대한 기질별 해조류 부착효과의 결과 중에서 팽생이모자반 (*S. horneri*) 유배의 착생 결과는 Fig. 2와 같다. 대상 재질 중 세라믹은 13.2 ind./cm²로 착생 개체수가 가장 많았고, 다공질 콘크리트 기질이 8.3 ind./cm²로 나타났다. 일반콘크리트 기질과 철판 기질은 각각 7.5 ind./cm²와 1.0 ind./cm²로 조사되었고, 아크릴 기질은 한 개체도 착생하지 않았다.

재질별로 착생하여 성장한 팽생이모자반 유엽의 체장은 다공질 콘크리트에 착생한 유엽이 4.0±1.2 mm로 가장 빠르게 성장하였고, 세라믹이 3.4±1.2 mm, 일반 콘크리트의 유엽이 3.1±1.2 mm, 철판에 착생한 유엽이 2.1±1.2 mm로 성장하였다.

제주도 해역 해중립 조성의 주요 대상종인 감태를 이용한 기질별 감태 유엽의 착생 결과는 Fig. 3과 같다. 다공질 콘크리트 기질에 착생한 감태 유엽은 1,695±535 ind./0.06 m²로 가장 높은 착생밀도를 나타냈다. 일반 콘크리트 기질에 착생한 유엽은 87±120 ind./0.06 m²이었고, 세라믹 기질에 착생한 감태 유엽은 248±167 ind./0.06 m²였다. 이 결과로 감태와 팽생이모자반의 유엽과 유배가 다른 재질의 기질에 비해서 다공질 기질에서 높은 착생 및 성장 효과를 보이는 것으로 나타났다.

동일한 형태로 제작한 다공질 재질의 인공어초와 일반 콘크리트 재질의 인공어초에서 주요 해중립 목표종인 감태의 서식 밀도를 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 다공질 인공어초에서는 시설 6개월 후인 2004년 3월에 평균 12 ind./m²의 개체가 착생한 후, 조사시기별로 다소의 차이는 있었지만 최종 조사시기인 2005년 10월에는 평균 16 ind./m²가 착생하여 성장하는 것으로 나타났다. 일반 콘크리트 인공어초에서는 조사기간 동안 감태의 착생이 전혀 확인되지 않았고, 2005년 10월에 1개체만이 확인되어 다공질 인공어초에 비해 착생 효율이 떨어지는 결과를 나타냈다.

이와 같은 결과는 동일한 콘크리트 재질의 구조물이라고 하더라도 표면이 매끈한 기질보다는 거친 표면을 갖는 구조물에서 해조류의 착생 및 생장이 더 높다는 연구 (Kim, 1987; Terawaki et al., 2001; Choi et al., 2006)와도 일치하는 것으로 나타났다. Ohno et al. (1990)은 서로 다른 기질에서 진행된 해조류의 착생에 관한 연구에서 그들이 선호하는 기질에 더욱 다양한 해조류 군집이 착생하고 생물량도 더 풍부하게 된다고

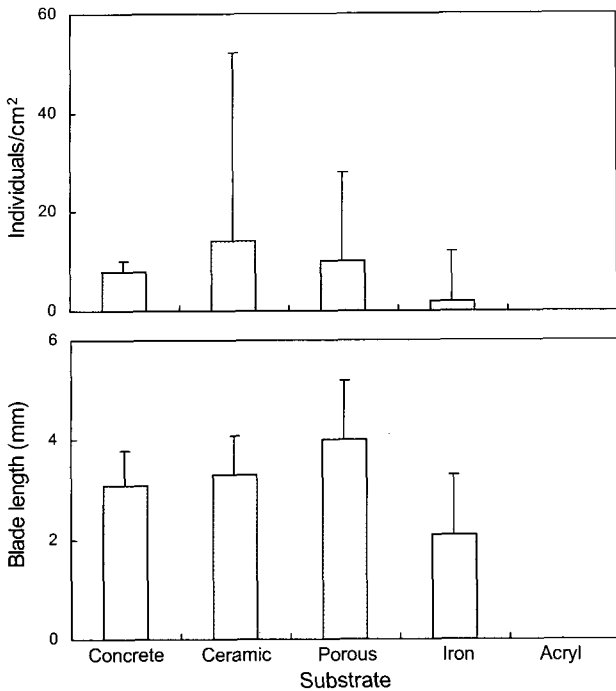


Fig. 2. Individuals and blade length of *Sargassum horneri* attached on different artificial substrates.

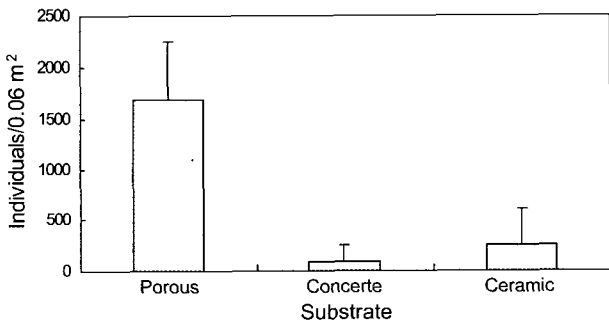


Fig. 3. Individuals of *Ecklonia cava* attached on different artificial substrates.

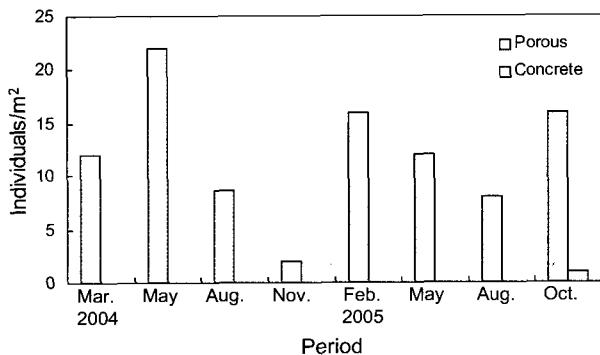


Fig. 4. Individuals of *Ecklonia cava* attached on porous and concrete artificial reefs.

하여, 기질이 갖는 특성이 매우 중요함을 보고하였다. 이와

같은 결과를 응용하여 비교적 얇은 수심에 시설하는 해중림 조성용 인공어초는 태풍이나 풍랑, 파도 등의 물리적인 요인에 많은 영향을 받는 해역임을 고려하여 표면이 매끈한 구조보다는 다공질 재질과 같이 표면이 거친 구조를 이용하는 것이 더 좋은 해중림 조성 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

비양도와 강정동에 시설한 인공어초 및 자연 암반에 착생하여 생육한 해조류 종 목록은 Table 1과 같다. 조사 대상 지역에서 출현한 해조류는 녹조류 11종, 갈조류 12종, 홍조류 48종으로 총 71종이 인공어초 및 자연 암반에서 조사되었다. 이 중에서 비양도에 시설한 인공어초에는 총 33종의 해조류가 착생하였고, 강정동에 시설한 인공어초에는 총 29종의 해조류가 착생하여 출현 종 수에는 큰 차이를 보이지 않았지만 각 해역별로 시설한 인공어초의 출현 종에는 다소 차이를 나타내었다. 강정동에 설치한 인공어초는 홍조류 중에서 유절석회조류인 개발류 (*Amphiroa* spp.), 산호말류 (*Corallina* spp.), 계발류 (*Marginisporum* spp.)가 다양하게 출현하였다. 하지만 비양도에 설치한 인공어초에서는 이들 유절석회조류 보다는 다육질 성엽체가 다양하게 출현하였다. 각 해역별 자연 암반에 출현한 해조류와 각 해역의 동일 지역에 설치한 인공어초에 출현한 해조류 종류는 유사하게 나타났다.

Park et al. (1994)가 보고한 제주도 지역 해조군집 분석을 보면, 이번 연구대상 해역과 인접한 지역의 해조상은 녹조류인 구멍갈파래 (*Ulva pertusa*), 갈조류인 불레기말 (*Colpomenia sinuosa*), 모자반류 (*Sargassum* spp.), 홍조류인 우뚝가사리류 (*Gelidium* spp.), 개발류, 작은구슬산호말 (*Corallina pilulifera*) 등이 조사기간 내내 출현하여 우점하는 것으로 조사되어 이번 연구에서 출현한 해조류 출현종과 유사했다.

인공어초에서 진행된 해조류 천이에는 어초 설치 초기에는 생활사가 빠른 선구종 (*pioneer species*) 위주로 우점하는 것으로 나타났다. 어초 설치 2-3개월 후에는 녹조류인 갈파래류 (*Ulva* spp.)와 갈조류인 불레기말류 (*Colpomenia* spp.)가 인공어초의 초기 정착자로 대부분의 어초 표면에 착생하였다. 어초 설치 10-15개월 후인 2004년 9월부터 2005년 5월까지 선구종들이 서서히 사라지면서 청각류 (*Codium* spp.), 감태 (*E. cava*), 개발류 등으로 출현 종류가 변화하였다. 이들 출현 종들은 약 20개월이 지난 뒤에도 출현 종에는 큰 변화가 없이 유지되면서, 2005년 10월의 조사에서도 다년생 갈조류인 감태 위주로 우점하면서 안정적인 천이계열을 나타냈다. 또한 석회조류인 개발류와 적류 (*Lithothamnion* spp.)도 지속적으로 어초 표면에 착생하였는데, 이는 제주 해역의 고수온으로 인해서 나타난 결과로 판단된다.

Niell (1979)은 온대해역의 기질에 착생하는 해조류의 군집 형성 과정을 착생단계 (*colonization phase*), 천이과정단계 (*channelling succession phase*) 및 정상구조군집 (*normal structured communities*)의 3단계로 구분하였다. 이 구분에 따르면 이 연구에서는 정상구조군집 단계라 할 수 있다. Choi et al.

Table 1. A list of marine algal species found on artificial and natural reefs in study sites (AR, Artificial reef; NR, Natural reef)

Species	Biyang		Kangjung	
	AR	NR	AR	NR
Chlorophyta				
<i>Ulva japonica</i>	+			
<i>U. pertusa</i>	+		+	
<i>Cladophora meridionalis</i>		+		
<i>C. wrightiana</i>	+	+	+	+
<i>Cladophoropsis zollingeri</i>			+	+
<i>Bryopsis hypnoides</i>				+
<i>Codium adhaerens</i>	+		+	
<i>C. coactum</i>	+		+	+
<i>C. contractum</i>				+
<i>C. divaricatum</i>	+			
<i>C. fragile</i>	+		+	
Phaeophyta				
<i>Colpomenia sinuosa</i>	+	+	+	+
<i>Undaria pinnatifida</i>	+	+	+	
<i>Ecklonia cava</i>	+	+	+	+
<i>Dictyopteris undulata</i>		+		
<i>Dictyota dichotoma</i>		+		
<i>Dilophus okamuræ</i>		+		
<i>Padina arborescens</i>	+	+		
<i>Zonaria diesingiana</i>		+		
<i>Sargassum horneri</i>	+	+		
<i>S. patens</i>		+		
<i>S. ringoldianum</i>		+		+
<i>S. serratifolium</i>	+	+		+
Rhodophyta				
<i>Helminthocladia yendoana</i>	+			
<i>Actinotrichia fragilis</i>	+	+		
<i>Galaxaura falcata</i>	+	+	+	
<i>Scinaia</i> sp.	+			
<i>Acanthopeltis japonica</i>		+		+
<i>Gelidium amansii</i>	+	+		
<i>G. vagum</i>	+			
<i>Pterocladia capillacea</i>	+			
<i>Peyssonelia caulifera</i>	+	+	+	+
<i>Hildenbrandtia rubra</i>		+		
<i>Lithophyllum okamuræ</i>	+	+	+	
<i>Lithothamnion aculeiferum</i>		+		
<i>L. cystocarpioideum</i>		+	+	+
<i>L. sp.</i>	+			
<i>Amphiroa beauvoisii</i>		+	+	+
<i>A. dilatata</i>		+	+	+
<i>A. ephedraea</i>			+	+
<i>A. pusilla</i>			+	+
<i>Corallina confusa</i>			+	
<i>C. officinalis</i>		+	+	+
<i>C. pilulifera</i>	+		+	+
<i>Jania arborescens</i>		+		
<i>Marginisporium aberrans</i>			+	+
<i>M. crassissima</i>		+	+	+
<i>Carpopeltis angusta</i>	+	+	+	+
<i>Cryptonemia tunaeformis</i>	+			
<i>Halymenia dilatata</i>		+		
<i>Meristotheca papulosa</i>	+		+	
<i>Plocamium ovicornis</i>	+			
<i>P. telfairiae</i>		+	+	+
<i>P. telfairiae</i> f. <i>uncinatum</i>		+		+
<i>Gracilaria textorii</i>	+	+		
<i>Chrysymenia wrightii</i>		+		
<i>Champia expansa</i>			+	+
<i>C. parvula</i>		+		
<i>Antithamnion nipponicum</i>				+
<i>Callithamnion callophyllidicola</i>		+		
<i>Ceramiopsis japonica</i>			+	
<i>Herpochondria elegans</i>		+	+	
<i>Acrosorium polyneurum</i>		+		
<i>A. uncinatum</i>			+	
<i>A. yendoi</i>		+		
<i>Martensia denticulata</i>	+			
<i>Dasya sessilis</i>	+			
<i>Heterosiphonia japonica</i>	+			
<i>Ardissonula regularis</i>		+		
<i>Laurencia nipponica</i>		+		
<i>Polysiphonia</i> sp.	+			

(2006)에 따르면 인공어초 시설 후 초기 천이과정 (early stage)에는 생활사가 빠른 창자과래 (*Enteromorpha intestinalis*)와 불레기말이 인공어초에 우점하다가 second stage를 지나면서 해조상이 변화한다고 보고하였다. 또한 24개월이 경과한 뒤에는 다년생 대형 갈조류 위주로 우점하며 인공어초는 안정적인 천이패턴을 보인다고 하여 이번 결과와 동일한 천이계열을 보고하였다.

제주도 연안은 우리나라 해역 중 해조류 식생이 가장 풍부하고 다양한 지역으로 간주되면서도, 다른 연안과 비교해 볼 때 생태적 특성 구명 특히 해조군집의 천이양식을 밝히는 연구는 미흡한 편이었다 (Kim and Park, 1997). 최근 수산 자원의 보호와 어획량 증대, 해중립 조성을 위한 인공어초 시설사업이 빈번하게 이루어지고 있음을 감안할 때, 이와 같은 연구와 여기서 얻어지는 결과는 기초학문 분야 뿐 만 아니라 수산업 분야에서도 기초 자료로 활용할 수 있다는 관점에서 의의를 갖는다.

어초 표면에 착생한 감태는 해류나 조류의 흐름과 밀접한 연관성을 갖는 것으로 나타났고, 조류가 어초 표면에서 와류를 생성하는 부분에서 감태의 착생 밀도가 더 높게 나타나는 경향을 보여주었다. 해중립 인공어초의 구조특성에 대한 감태엽체의 착생밀도를 비교해보면, 어초의 평면부분보다는 요철 구조로 각이 이루어진 부분에서 약 8배의 높은 착생효과를 나타냈다.

Foster (1975)는 *Macrocystis pyrifera*의 경우 인공어초의 상단 모서리 부분에서 더 많은 개체의 착생을 나타냈는데, 이러한 모서리 효과 (edge effect)는 포자의 정착을 더욱 증진시키는 결과를 야기한다고 보고하였다. 또한 Choi et al. (2002)는 갈조류인 검둥감태 (*Ecklonia kurome*)도 인공어초의 모서리 부분과 같이 와류가 형성되는 곳에서 엽체의 착생이 용이하게 일어난다고 보고하여 이 연구와 동일한 결과를 보여주었다.

제주 해역에서 가장 중요한 해중립 조성 대상 해조류 중의 하나인 감태가 대상 해역에 시설한 인공어초에 착생한 결과는 Fig. 5와 같다. 강정동 해역의 경우, 인공어초 시설전에는 대상 해역에서 감태를 거의 확인할 수 없었지만 인공어초 시설 후 약 6개월이 지난 후인 2004년 3월부터 약 1 cm 내외의 엽장을 갖는 유엽을 관찰할 수 있었다. 인공어초에 착생한 감태 엽체는 2004년 8월까지의 약 20-22 ind./m² 정도의 부착 밀도를 보였지만, 8월 이후에 강한 태풍과 파도의 영향으로 8-12 ind./m² 정도로 약간 감소하는 경향을 나타냈다. 2005년 도에는 2004년에 비해서 단위면적당 부착밀도는 낮았지만 감태 엽체가 지속적으로 성장하여 엽장이 약 20 cm 내외로 자랐으며 단위면적당 현존량도 평균 109.6 g/m²를 나타냈다.

비양도 해역에서는 강정동에 비해서 감태 개체의 높은 착생 밀도와 현존량을 나타냈다 (Fig. 5). 비양도 해역에서 인공어초에 착생한 감태 개체는 평균 단위 면적당 약 30.8 ind./m²로서 강정동 해역에 비해 2배 이상의 높은 밀도를 나타냈다. 부착 개체수는 2004년 3월부터 8월의 68 ind./m²까지 꾸준히 증가하다가 점차 감소하는 경향을 보여주었다. 하지만, 부착밀도

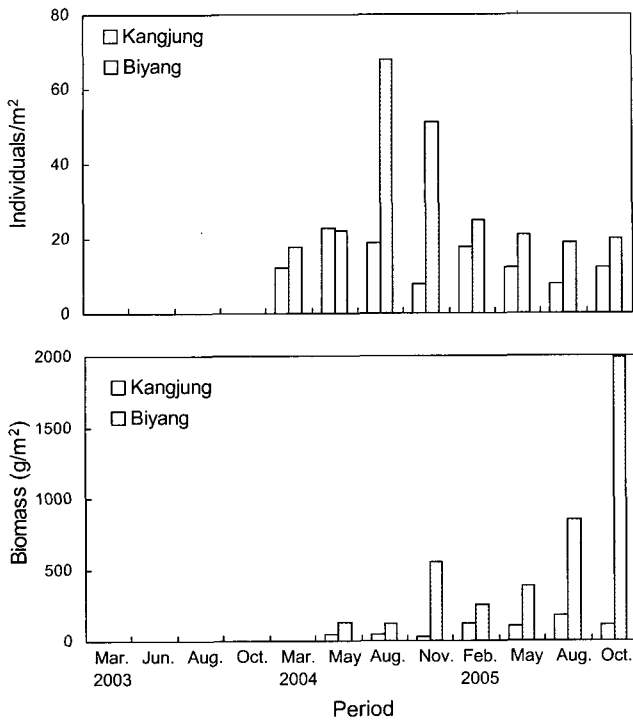


Fig. 5. Individuals and biomass of *Ecklonia cava* on the artificial reefs.

는 감소하였지만 착생한 개체는 지속적으로 성장을 하여 안정적으로 서식하면서 해중립을 구성하였다. 2005년 10월의 경우 단위면적당 현존량은 1,990 g/m²로 높게 나타났다. 이 결과는 대상 해역에 시설한 인공어초에서 감태 개체군이 안정적으로 성장하며 군락을 형성하는 것으로 나타났고, 일년생과 다년생 개체군이 혼합되어 다양한 연령대의 군집을 이루는 것으로 판단되었다.

결과적으로 2006년 6월의 조사결과, 강정동과 비양도 각 해역의 인공어초에는 일년생을 비롯한 다년생 감태 개체가 건강하게 혼생하고 있으며 미역 (*Undaria pinnatifida*), 모자반류 등의 대형 갈조류가 함께 번무하여 울창한 해중립을 형성하였다. 이는 앞으로도 이 해역에서 강한 태풍이나 파도, 조류 등의 물리적 환경요인이 심하게 영향을 미치지 않는다면 기존에 형성된 해중립이 지속적으로 유지될 것으로 판단된다.

Kim and Park (1997)은 제주도 연안에서는 서해안에서 추정된 18개월 (Kim et al., 1992)보다 다소 빠른 1년 내외의 군집이 안정된 구조를 갖추는 것으로 추정된다고 하였는데, 이번 연구에서 나타난 인공어초에 형성된 감태 해중립도 어초설치 후 6-15개월 이내에 착생하고 안정적으로 성장하였음을 확인할 수 있었다. 이렇게 비교적 빠른 기간 내에 해조군집이 안정될 수 있음은 제주 연안을 지나는 난류의 영향과 부유 퇴적물의 농도가 낮아 높은 투명도 역시 해조류의 착생과 생육을 촉진하는 것으로 판단된다.

인공어초에 착생한 해중립 대상 해조류인 감태 유엽에 대해서 조식동물의 식해 (grazing) 피해를 줄일 목적으로 강철로

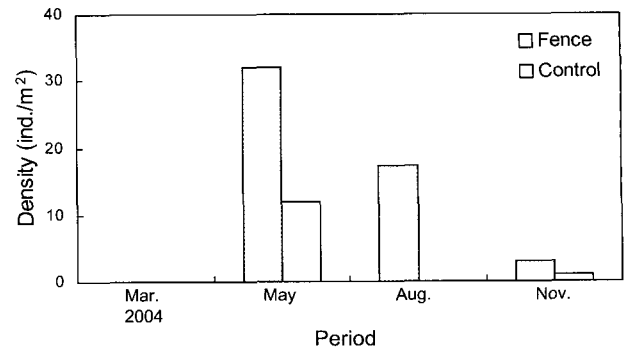


Fig. 6. Comparison of density of *Ecklonia cava* between fence and control about herbivores on the artificial reefs.

제작한 방지막을 시설하였고, 방지막 시설 유무에 대한 조식압에 관한 결과는 Fig. 6과 같다. 방지막이 설치되어 있는 인공어초에서는 비시설 어초에 비해 개체수가 4.8-5.8배, 생물량은 2.4-6.9배 높게 나타나 방지막에 의한 조식동물 제어효과가 높은 것으로 나타났다. 감태 유엽의 착생효과를 보면, 조식동물 방지막 시설어초가 비시설 어초에 비해 2004년 5월에는 약 2.7배, 11월에는 약 3배 정도 높은 결과를 보여 조식동물 방지막이 조식동물로부터 성공적으로 어린 감태 유엽을 보호하는 것으로 판명되었다. 특히 조식동물 방지막은 인공어초 시설 초기에 어초에 착생한 어린 해조류 유엽을 섭식하는 조식동물의 제어에 효과가 높은 것으로 판단된다.

Foster (1975)와 Foster and Schiel (1985)는 성계와 조식성 어류 등에 의한 섭식이 인공적인 해중립을 조성하는데 있어서 성공여부를 결정짓는 매우 중요한 인자로 작용한다고 보고하여, 인위적인 해중립을 조성하는 경우 조식동물의 조식압을 매우 경계해야 할 요인으로 분석하였다. 또한 Ohno et al. (1990)도 조식동물 중에서 성계가 해조류에게 피해를 가장 크게 미치는 활동적인 섭식자로 규정하고 인위적인 해중립을 조성할 경우 첫 번째의 단계로써 성계의 구제를 시행해야 한다고 하였다. 따라서 인공어초 시설 초기에 조식동물 방지용 방지막을 설치하는 방법도 성공적으로 해중립을 조성하는 하나의 방법으로 응용할 여지가 충분할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- Choi, C.G. 2001. Marine communities around the experimental artificial reefs. Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Korea, 1-190.
- Choi, C.G., H. Takayama, S. Segawa, M. Ohno and C.H. Sohn. 2000. Early stage of algal succession on artificial reefs at Muronohana, Ikata, Japan. J. Fish. Sci. Tech., 3, 1-7.
- Choi, C.G., M. Ohno and C.H. Sohn. 2006. Algal succession on different substrata covering the artificial iron reef at Ikata in Shikoku, Japan. Algae, 21, 305-310.

- Choi, C.G., Y. Takeuchi, T. Terawaki, Y. Serisawa, M. Ohno and C.H. Sohn. 2002. Ecology of seaweed beds on two types of artificial reef. *J. Appl. Phycol.*, 14, 343-349.
- Foster, M.S. 1975. Regulation of algal community development in a *Macrocystis pyrifera* forest. *Mar. Biol.*, 32, 331-342.
- Foster, M.S. and D.R. Schiel. 1985. The ecology of giant kelp forests in California: a community profile. U.S. Fish Wildlife Serv. Biol. Rep., 85, 1-52.
- Kim, Y.H. 1987. A study on colonization and succession of marine algae using an artificial substratum. *Kor. J. Phycol.*, 2, 73-91.
- Kim, Y.H. and S.H. Park. 1997. Succession pattern of intertidal benthic algal communities in Cheju island. *Algae*, 12, 23-30.
- Kim, Y.H., J.S. Yoo and J.H. Kim. 1992. Marine algal succession in a perturbed intertidal community. *Kor. J. Phycol.*, 7, 131-137.
- MOMAF. 2002. Cause of Phenomena of Getnokgum and the Way to Control It. Ministry of Maritime Affairs & Fisheries, Korea, 1-263.
- Niell, F.X. 1979. Structure and succession in rocky algal communities of a temperate intertidal system. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 36, 185-200.
- Ohno, M., S. Arai and M. Watanabe. 1990. Seaweed succession on artificial reefs on different bottom substrata. *J. Appl. Phycol.*, 2, 327-332.
- Park, S.H., Y.P. Lee, Y.H. Kim and I.K. Lee. 1994. Qualitative and quantitative analyses of intertidal benthic algal community in Cheju island. 1. Species composition and distributional patterns. *Kor. J. Phycol.*, 9, 193-203.
- Serisawa, Y. and M. Ohno. 1995a. Succession of seaweed communities on artificial reefs in the inlet of Tosa Bay, Japan. *Suisanzoshoku*, 43, 437-443.
- Serisawa, Y. and M. Ohno. 1995b. Succession of seaweed communities on artificial reefs in Tei, Tosa Bay, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 61, 854-859.
- Terawaki, T., H. Hasegawa, S. Arai and M. Ohno. 2001. Management-free techniques for restoration of *Eisenia* and *Ecklonia* beds along the central Pacific coast of Japan. *J. Appl. Phycol.*, 13, 13-17.
- Tsutsui, I., S. Arai, T. Terawaki and M. Ohno. 1996. A morphometric comparison of *Ecklonia kurome* (Laminariales, Phaeophyta) from Japan. *Phycol. Res.*, 44, 215-222.
- Watanuki, A. and H. Yamamoto. 1990. Settlement of seaweeds on coastal structures. *Hydrobiologia*, 204/205, 275-280.

2007년 6월 21일 접수
2007년 8월 14일 수리