

해중림 조성을 위한 팽생이모자반 (*Sargassum horneri*) 유체의 이식

최창근, 김형근¹, 손철현*

부경대학교 양식학과, ¹강릉대학교 해양생명공학부

Transplantation of Young Fronds of *Sargassum horneri* for Construction of Seaweed Beds

Chang Geun CHOI, Hyung Geun KIM¹ and Chul Hyun SOHN*

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

¹Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

Transplantation of *Sargassum horneri* to natural substrate using the rope seeding method was undertaken. Seeding of *S. horneri* was grown on net in an indoor tank up to 0.2-0.3 cm in frond length for 2 months, and then transplanted to an architecture tile (10×10 cm) with underwater glue and an iron pipe. After two months, number of *S. horneri* on the tile decreased because of grazing by herbivores. However, *S. horneri* on the iron pipe grew up to 0.5-2.0 cm in frond length. After 7 months, they rapidly grew up to a frond length of 11.0-203.0 cm with a mean frond length of 122.6 cm. *S. horneri* grew up to a maximum frond length of 313.0 cm, and mean frond length of 228.0 cm, after 10 months. The artificial *S. horneri* beds can be used to clean the seawater and also be utilized as a source of marine biomass as well as for supplying habitat, shelter and spawning beds for fish and invertebrates.

Key words: Transplantation, *Sargassum horneri*, Rope seeding, Grazing, Seaweed bed

서론

팽생이모자반은 우리나라 전 연안 및 제주도에서 해중림을 형성하는 주요 종으로 20 m 정도 크기까지 성장한다 (Kang, 1968). 해안선에서 수 십 m 떨어진 곳에서 발달하는 모자반 군락의 대부분이 팽생이모자반 군락으로, 조하대에서 시작하여 수심 10 m 이하의 깊은 곳에서도 서식한다 (Oak, 1999). 이러한 모자반속 식물은 갈조류 모자반과에 속하는 대형 해조류로, 세계적으로 온대, 아열대, 열대해역에 분포하며 우리나라에서는 총 25종이 분포하고 있다 (Kang, 1968; Oak, 1999). 모자반속 식물의 많은 종들은 다년생으로, 부착기에서 매년 새로운 가지를 재생하며 몇몇 종들은 무성생식을 하고 기질에서 떨어진 후에는 바다 위에 떠다니는 부유조 (floating seaweeds)로서 생활하며 어류 등의 산란장으로서의 역할도 수행한다 (Largo and Ohno, 1993). 아울러 모자반류와 다시마, 대황, 감태 등 다시마목을 포함한 대형 갈조류가 우점하는 해조 군락인 해중림은 가장 주요한 일차 생산이 일어나는 장소일 뿐만 아니라, 엽상체를 생활기반으로 하는 부착동물 군집부터 시작해서 해조군락을 서식지, 산란장, 은신처 (Ohno, 1993; Watanuki and Yamamoto, 1990)로 이용하는 전복, 성게, 소라 등 초식동물, 불락, 조피불락, 쥐노래미 등 어류에 이르기까지 다양한 생물상을 가지는 고유의 생물군집을 구성하고 있다 (Choi, 2001; Ohno, 1993; Yamauchi, 1984).

최근 연안어장에서 무분별한 해안개발과 환경오염, 갯녹

음 등에 의해서 해조류가 소실되고 감소함에 따라, 각종 해산 생물자원이 감소하고 있음은 세계적인 추세이다 (Fujita, 1987; Yotsui and Maesako, 1993). 따라서 자연 해중림의 쇠퇴 및 감소 현상이 뚜렷해짐에 따라 인공 해중림에 관한 연구가 많은 생태학자, 수산 관련 연구자 및 조류학자들에 의해 주목 받고 있으며 (Ishigawa, 1983), 인공 해중림 조성을 통한 어패류 생육장의 확보가 유일한 대안으로 남아있다. 따라서, 김, 미역, 다시마와 같은 유용 해조류의 전통적인 양식 이외에 수산업 분야 또는 해양 자원으로서의 생산력을 높이기 위한 대황, 감태, 모자반과 같은 거대 해조류의 실험적인 양식이 최근 연안 해역에서 이루어지고 있다 (Yamauchi, 1984).

이 연구는 인공 해중림의 조성에 관한 연구를 토대로 하여, 모자반속 식물인 팽생이모자반의 수정된 알을 채묘한 뒤 실내에서 배양시킨 종묘를 이식하여 엽체의 착생 및 성장효과를 조사하기 위한 것으로 이를 통하여 인공 해중림 조성의 한 방안을 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

팽생이모자반의 이식장소는 강원도 삼척시 갈남항 앞 해역이었다. 이식에 이용한 팽생이모자반은 2001년 5월에 동일 장소에서 암·수 생식기탁을 형성한 성숙 엽체를 채집하여 실시하였다.

성숙 엽체는 멸균해수로 수 회 세척하고 5톤 용량의 수조에 수용하여 부유 상태로 유배만 수조 밑에 설치한 채묘틀로

*Corresponding author: chsohn@pknu.ac.kr

떨어지도록 하여 채묘하였다. 채묘시 수조의 수온은 20-24℃로 유지하고 광량은 150-300 $\mu\text{mole/m}^2/\text{s}$ 로 하여 2-3일간 채묘하였다. 수조 내에 공기를 공급하면서 유배의 탈락 정도를 확인하여 70-80%의 유배가 방출되면 염체는 건져내고 채묘틀을 여과 해수가 들어있는 수조로 옮겨 매일 채묘틀의 상하 위치를 교체해 주며 배양하였다.

이식은 2001년 5월에 채묘시킨 유배를 실내에서 약 2개월간 배양하여 2-3 mm 정도로 자란 팽생이모자반 염체를 이용하여 2001년 7월 갈남항의 수심 5 m 해저에 실시하였다. 부착 기질은 10×10 cm 크기의 건축용 석재타일과 수중 바닥에서 20-50 cm 정도 떨어진 수중에 고정된 해수 취수용 취수파이프를 이용하였다. 염체가 착생하여 성장중인 채묘사는 두 가지 조건으로 이식하였는데, 한 조건은 석재타일에 채묘사를 감은 뒤, 무절석회조류가 피복된 수중 자연 암반에 이식하였고, 다른 하나는 취수파이프에 채묘사를 감아 이식실험을 실시하였다. 시료가 부착된 타일은 주재와 경화제로 구성된 수중본드 (Konishi bond E380)를 타일 뒷면에 적당량 바른 후 잠수에 의해 수심 5 m의 자연 암반에 압착시켰다 (Fig. 1).

팽생이모자반의 성장상태와 시료가 부착된 석재타일의 안정성에 대한 조사는 2001년 7월부터 2002년 8월까지 잠수에 의해 실시하였으며, 염체의 착생상태와 생장은 현장에서 직접 측정하였고, 성장 변화는 수중카메라 (Olympus c-3040z)를 이용하여 촬영 기록하였다.



Fig. 1. Ropes seeded with a tile (A) and an iron pipe (B).

결 과

삼척시 갈남항 해안에 이식시킨 팽생이모자반의 성장변화는 Table 1과 같다. 거리 상으로 인접한 두 지역에서 이식을 실시하였지만, 이식 2개월 후인 9월부터는 커다란 성장 차이를 보였다. 타일을 부착시킨 수중 암반은 주위에 다른 해조류의 부착 및 생장이 전혀 없는 곳으로 별불가사리, 고동류, 보라성게 같은 조식동물들이 쉽게 발견되었다. 수중본드를 이용한 석재타일의 부착은 모든 타일이 수중 암반에 완전하게 부착하였지만, 2001년 7월 이식 다음날의 조사 결과 부착시킨 석재타일에는 이식 초기부터 조식동물인 별불가사리, 고동류, 보라성게가 많이 운집하여 모자반 유엽을 섭식하는 모습이 쉽게 관찰되었다 (Fig. 2). 취수파이프에 이식시킨 모자반에도 고동류가 부착하여 섭식하는 모습이 관찰되었지만, 한 두 개체 뿐으로 운집 개체수는 석재타일에 비해서 많



Fig. 2. Sea urchins (A) and snails (B) around the tile for grazing.

은 차이가 났다.

이식 2개월 뒤인 9월 조사시 개체의 생장은 석재타일의 경우, 운집한 조식동물의 섭식에 의한 영향으로 모자반 유엽이 모두 소실되었고, 이식 타일에는 부니가 많이 침적되었다. 반면에 취수파이프에 이식시킨 유엽은 양호한 성장을 보이며 몇몇 곳에서 유엽의 생육이 활발하게 일어나 초기 이식시 0.2-0.3 cm 정도에 불과하던 유엽 크기가 0.5-2.0 cm 내외의 크기로 성장하였다. 2001년 10월 취수파이프에 이식한 유엽은 10여 곳 이상에서 활발하게 생육이 일어났고, 크기는 대략 1.5-5.0 cm 내외의 크기로 성장하였다. 이식 초기에 취수파이프에서 성장하던 다른 해조류들은 소실하였지만, 이식된 팽생이모자반의 유엽은 섭식자들의 영향도 크게 받지 않으면서 양호한 성장을 하였다.

이식 7개월 뒤인 2002년 2월 취수파이프에는 팽생이모자반이 무성하게 자랐는데, 취수파이프 곳곳에 1 m 이상의 개체가 많이 발견되었다. 모자반의 크기는 11.0-203.0 cm까지 성장하여 평균 122.6 cm의 크기를 보였다. 이식 10개월 후인 2002년 5월의 경우에는 팽생이모자반이 해조숲을 구성하였고 평균 228.0 cm의 크기로 성장했으며, 이 중에서 최대 염체 크기를 보인 개체는 313.0 cm까지 성장한 염체였다 (Figs. 3, 4). 이 팽생이모자반들은 초기 이식했던 채묘사에 단단하게 고정되어 취수파이프에 부착하여 성장하였고, 이식 개체 대부분의 염체들은 성숙하여 생식기타를 형성하였다 (Table 1). 하지만, 석재타일에 이식한 개체는 2001년 9월 이후에 완전히 소실한 뒤 다른 변화는 보이지 않았고, 주변 자연 암반에 피복한 무절석회조류가 그들의 생육 면적을 확대시켜 타일 위에도 생육을 하며 빠른 확산 속도를 보였다 (Fig. 3).

이식 13개월 후인 2002년 8월 조사 결과, 석재타일은 이전의 조사와 동일하게 무절석회조류에 피복 되어 거의 100%의 피도를 보이며 타일 표면을 무절석회조류가 완전히 피복하였다. 타일에 감겨있던 채묘사에는 파래류와 솜털류가 부착하여 성장하였지만 부착 상태나 생육 상태는 불량하였다. 2002년 5월 조사시 취수파이프에서 무성하게 성장하여 숲을 이루었던 팽생이모자반도 모두 소실하여 흔적이 없었고, 이식시 사용했던 채묘사도 중간 중간에 떨어져 소실되었다. 취수파이프 주변 암반에는 모자반 유체가 착생하여 성장하였고, 유체의 크기는 3-10 mm 정도였다. 이들 모자반 유체가 많이 착생한 암반은 마치 잔디처럼 많은 개체가 착생하여

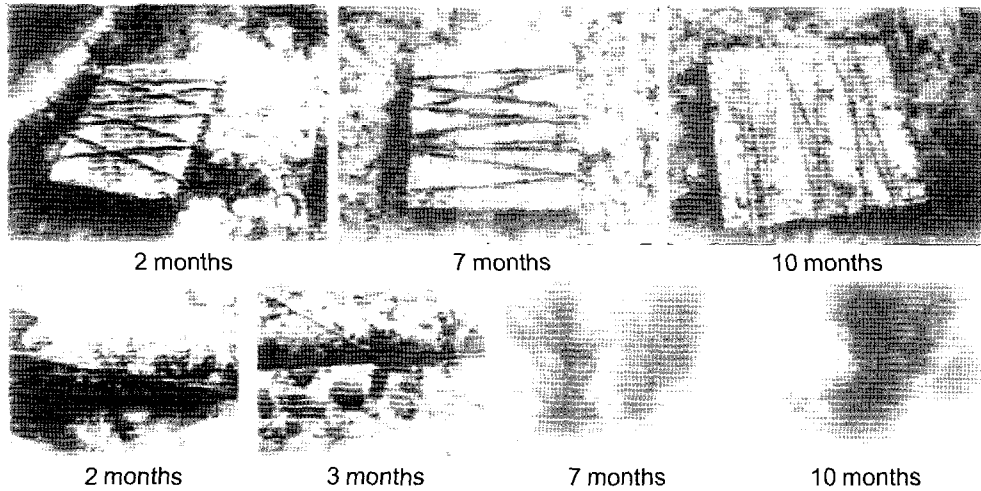


Fig. 3. The fronds on the tile completely grazed, and those on the iron pipe gradually flourished by 10 month after transplantation.

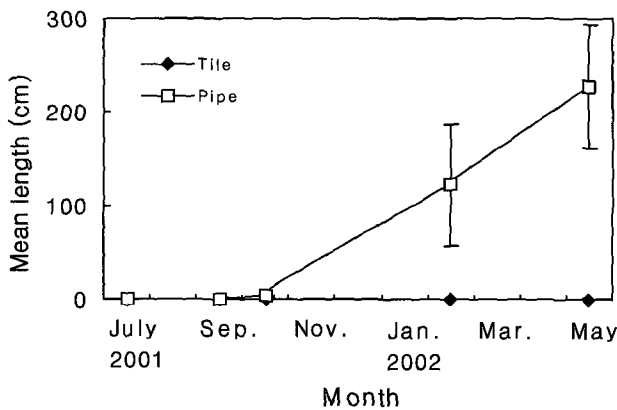


Fig. 4. Growth of the fronds of *Sargassum horneri* transplanted to the tile and the iron pipe.

Table 1. Growth (cm) of *Sargassum horneri* transplanted to the tile and the iron pipe in Galnam, East coast of Korea. UF: Unformed, F: Formed

Month	Substrates		Receptacles	
	Tiles	Iron pipes	Tiles	Iron pipes
2001 July	0.2-0.3 cm	0.2-0.3 cm	UF	UF
Sep.	-	0.5-1.5	UF	UF
Oct.	-	1.5-5.0	UF	UF
2002 Feb.	-	11.0-203.0	UF	UF
May	-	131.0-313.0	UF	F
Aug.	-	decayed	UF	UF

생장하였는데, 취수파이프에서 30-60 cm 정도의 거리에 있는 암반에는 m²당 300개체 이상으로 무성하였지만, 2 m 이상 떨어진 암반에는 착생밀도가 m²당 50개체 이하였다.

고찰

Yamauchi (1984)는 팽생이모자반을 이용한 인공 해중립

실험에서 팽생이모자반 유체를 김발에 채묘시켜 실내탱크에서 81일간 배양시킨 결과 평균 26 mm 크기의 유엽을 얻었다. 이 유엽을 바다에 이식시킨 결과, 모자반 유체가 초기에 빠르게 성장하여 그 해 12월 최대 231 cm 크기의 개체를 얻었다. 이는 삼척시 갈남항에서 시행하였던 이식 결과와 비교하면 초기 이식시 유엽의 크기는 비슷했지만, 생장은 1-2개월 정도 빠른 결과를 보였다. 이는 실험지역인 일본 오사카만 부근의 수온이 갈남항에 비해 약 2-3℃ 정도 높았기 때문으로 여겨진다. 또한, 생식기탁 형성시기도 2월부터 형성되어 4월에 가장 많은 생식기탁을 형성한 후 5, 6월에 걸쳐 소실되었는데 이 점 역시 이번 조사에 비해 1-2개월 빠르게 나타났다. Yamauchi (1984)는 인위적으로 이식시킨 모자반 인공 해중립은 해수의 여과 및 해양 자원으로서 이용 뿐 아니라, 어류와 같은 유용 수산동물의 산란장 또는 먹이장소로서 그 역할을 훌륭히 수행했다고 하여, 인공 해중립의 중요성을 강조했다.

저서동물 중에서 갯녹음 해역에 우점하는 섭식자는 성게류와 복족류이다 (Shinmura, 1983). 이 중 성게는 갈조류를 선호하여 섭이하는데, 30 g 내외의 개체는 1일당 체중의 3-3.5%를 섭이한다. 모자반류의 유엽이 10-15 mm일 때, 엽체의 평균 습중량은 0.01 g 정도이다. 성게류의 섭이율이 3%일 때, 해역에 500 g/m²의 성게류는 1일당 섭이량이 15 g 정도 되고, 이는 m²당 모자반류 유엽이 1,500개체에 해당한다. 저서동물의 현존량이 클 경우, 유엽의 생존율을 높이는 것은 이런 조식동물을 구제하여 개체수를 줄이는 것이 가장 효과적이다 (Shinmura, 1983).

실험 지역인 갈남항의 경우도, 이식시킨 두 조건에서 커다란 성장차이를 보였다. 석재타일의 경우, 이식 초기부터 섭식자인 고둥류와 보라성게가 많이 운집하여 이들 팽생이모자반 유엽을 섭식하여 이식 2개월 뒤 부착시킨 석재타일 위에서 모자반 엽체는 모두 소실되었다. 이 원인은 여러 연구자들에 의해 입증되어진 조식동물의 섭식에 의한 결과라 여겨진

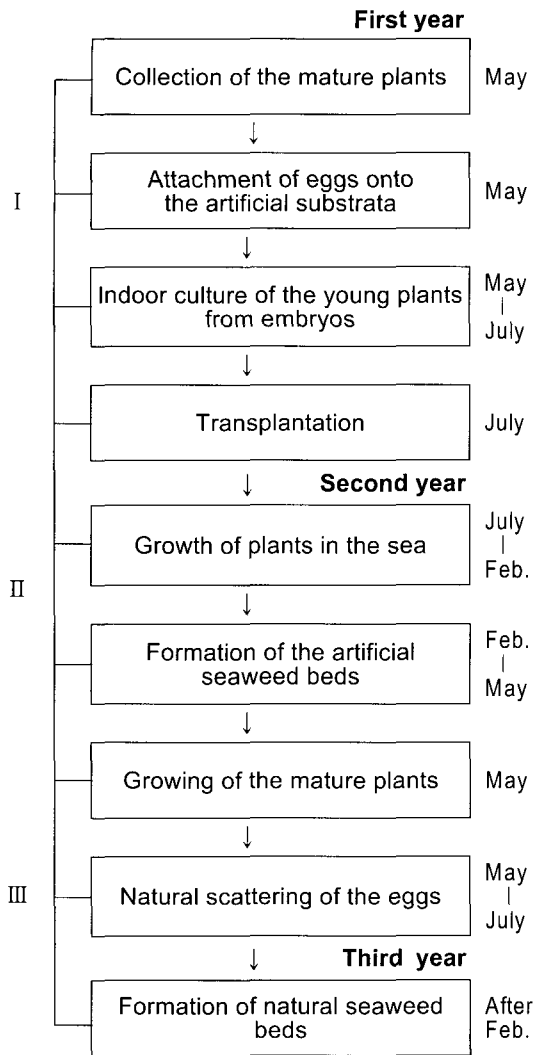


Fig. 5. Formation process of *Sargassum horneri* beds.

I : Collection of eggs from the mature plants, and indoor culture of the young plants for field cultivation.

II : Transplantation of the plants on artificial substrata. The substrata can be fixed on the sea bottom.

III : Natural scattering of eggs from the transplanted plants on the sea bottom, and formation of natural seaweed beds.

다. 반면에 섭식자들의 접근이 어려웠던 취수파이프는 이식 개체들의 생장이 활발하게 일어나, 이식 7개월 뒤인 2002년 2월에는 평균 엽장이 122.6 cm를 보여 해조숲을 형성하였다. 이 결과는 갯녹음 지역에서 해조류가 받는 섭식자의 섭이 영향을 줄이거나, 섭이 행동을 받지 않는다면 해조류의 생육과 인공 해중림의 형성이 가능함을 시사하였다. 또한, 해조류 유엽 소실의 원인이 조식동물에 의한 식해를 설명해주며 갯녹음의 주된 원인 중의 하나가 조식동물의 식해에 의한 영향이란 사실을 시사한다.

모자반을 비롯한 대형 갈조류를 이용한 인공 해중림 형성을 위한 이식 과정을 모식도로 나타내면 Fig. 5와 같다. 모식도는

세 단계로 나뉘어서 정리해 볼 수 있는데, 단계 I은 자연 상태에서 성숙한 엽체를 채집하여 유배를 얻은 후 이 유배를 이용한 실내 배양을 들 수 있다. 실내 배양을 통한 유엽은 단계 II를 보듯이 야외에 이식하여 인공 해중림을 형성하는 시기이다. 이런 이식 개체들이 해중림을 형성한 후 자연 상태에서 성숙과정을 거쳐 자연 해중림 형성을 위한 모조의 역할을 하게 된다. 이 성숙 엽체들의 생식기탁에서 성숙한 유배들이 자연 암반이나 자연 기질에 착생하여 생장을 한다면 인공 해중림을 거쳐 자연 해중림을 형성하는 단계 III으로 단계를 거치게 된다. 2002년 8월 갈남항의 조사 결과, 이식 지역에 형성되었던 해조숲 주변에 많은 수의 모자반 유엽이 자연 암반에 착생하여 성장하였다. 이들 개체들이 조식동물의 피해를 받지 않는다면, 단계 III과 같이 자연 해중림을 형성할 수 있다. 인위적인 해중림을 조성하려는 목적 대상 지역은 여러 가지 인위적인 해중림 조성 방법 중에서 그 지역에 적합한 조성 방법을 찾아 조성하여야 한다. 실험 지역인 갈남의 경우, 지금까지 사용한 방법 외에 다른 조성 방법을 병행하여 섭식압을 낮출 수 있는 방법을 응용한다면 보다 나은 결과를 성공적으로 도출해 낼 수 있을 것으로 여겨진다.

하지만, 갯녹음 연안은 조식동물의 식해, 환경오염, 수온상승, 담수의 유입 등 여러 원인에 의해 갯녹음이 진행되어 왔기 때문에 단기간에 갯녹음을 극복하기는 어렵다. 그러나 진행되는 갯녹음의 확산 면적을 감소시킨다든지, 식해에 의한 식해압보다 유배에 의한 성장압을 더 높게 해준다면 갯녹음 진행 속도를 늦추는 역할을 충분히 수행할 수 있다고 생각된다. 따라서, 갯녹음 연안에 1. 포자 흩뿌림 (spore dispersal) 방법, 2. 포자주머니 (spore bag) 방법, 3. 채묘 로우프 (rope seeding) 방법, 4. 성체이식 방법, 5. 인공 기질 투여방법, 6. 어린 개체 이식방법 (Largo and Ohno, 1993)과 같은 다양한 방법을 수정하거나, 몇 가지 방법을 함께 응용하여 인공 해중림을 형성시키는 것도 갯녹음을 극복할 수 있는 한 방법이라고 여겨진다.

사 사

이 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업 (과제번호 19990019)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

Choi, C.G. 2001. Marine communities around the experimental artificial reefs. Ph.D. Thesis, Pukyong National Univ., pp. 190. (in Korean)
 Fujita, D. 1987. The report of interview to fisherman on "Isoyake" in Taisei-cho, Hokkaido. Suisanzoshoku, 35(3), 135-138. (in Japanese)
 Ishigawa, W. 1983. Series for construction of seaweed beds. ① Construction of seaweed bed for *Sargassum*. Suisankenkyu, 2(3), 58-63. (in Japanese)

- Kang, J.W. 1968. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Vol. 8. Marine algae. Samhwa Press, Seoul, pp. 465.
- Largo, D.B. and M. Ohno. 1993. Constructing an artificial seaweed bed. In: Seaweed Cultivation and Marine Ranching. Ohno M. and A.T. Critchley, eds. Japan International Cooperation Agency, pp. 113-130.
- Oak, J.H. 1999. Systematic studies on the genus *Sargassum* (Fucales, Phaeophyta) in Korea. Ph.D. Thesis, Seoul National Univ., pp. 215. (in Korean)
- Ohno, M. 1993. Succession of seaweed communities on artificial reefs in Ashizuri, Tosa Bay, Japan. Kor. J. Phycol., 8(2), 191-198.
- Shinmura, I. 1983. Series for construction of seaweed beds.
⑤ Technique and problem for construction of seaweed beds in southern coast of Japan. Suisankenkyu, 2(6), 67-71. (in Japanese)
- Watanuki, A and H. Yamamoto. 1990. Settlement of seaweeds on coastal structures. Hydrobiologia. 204/205, 275-280.
- Yamauchi, K. 1984. The formation of *Sargassum* beds on artificial substrata by transplanting seedlings of *S. horneri* (Turner) *C. agardh* and *S. muticum* (Yendo) Fensholt. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50(7), 1115-1123.
- Yotsui, T. and N. Maesako. 1993. Restoration experiments of *Eisenia bicyclis* beds on barren grounds at Tsushima Islands. Suisanzoshoku, 41(1), 67-70. (in Japanese)

2003년 3월 24일 접수
2003년 10월 10일 수리