

## 해조장 조성을 위하여 이식한 갈조류 쇠미역(*Costaria costata*)의 생장과 성숙

김영대\* · 송흥인 · 홍정표 · 전창영 · 김수경 · 한형균 · 김동삼 · 방종득

국립수산과학원 동해수산연구소

Received September 9, 2006 / Accepted October 11, 2006

**Growth and Maturation of the Brown Seaweed *Costaria costata* Transplanted for the Wildstock Enhancement.** Young-Dae Kim, Hong-In Song, Jung-Pyo Hong, Chang-Yeong Jeon, Su-Kyoung Kim, Hyoung-Kyun Han, Dong-Sam Kim and Jong-Deuk Bang. *Aquaculture Division, East Sea Regional Fisheries Research Institute, Kangneung, NFRDI 210-860, Korea* – The barren ground is an abnormal phenomenon of coastal ecosystem in which seaweeds, are destroyed and mostly replaced by the coralline algae containing the calcium carbonate components. To restore the seaweed forest, We have exerted an effort in the local areas, Samchuck, Korea, where barren phenomena are profound. Two methods of seaweed forest construction developed in the present study are underwater longline and seed transplantation for the brown seaweed *Costaria costata*, a fast growing edible seaweed. The sizes of *C. costata* attached on the underwater longline were  $96.7 \pm 2.2$ mm of blade length and  $83.6 \pm 7.7$ g of blade weight in April. Thereafter the sizes declined from May. Similar pattern was obtained from in the transplantation method with maxima of  $90.4 \pm 15.8$ mm and  $70.1 \pm 31.7$ g for blade length and weight, respectively in April. It appeared totally maturation from two methods in May. This maturation time is the same like that of wild *C. costata*.

**Key words** – Barren ground, *Costaria costata*, construction of seaweed forest, sex maturation

### 서 론

연안 해역에서 해조숲을 형성하는 미역, 다시마, 모자반류 등 유용해조류가 소실되고 암반에 무절산호조류가 피복되는 현상을 갯녹음[31] 혹은 기소(磯燒)현상[10]이라 한다. 갯녹음의 원인으로는 여러 가지 가설이 있으나 주된 원인으로는 조식동물의 과다한 번식과 섭식으로 해조군락지의 파괴가 있으며[6,33], 이런 해역은 해조 군락이 회복되지 않는 특성을 가진다[35]. 해양 환경 변화에 대한 종간의 상호작용에 의한 바다숲과 무절산호조류의 확대와 축소를 반복하는 천이과정과 다양한 환경에서 잘 자라는 특성이 있는 무절산호조류의 확산 등이 거론된다[18].

쇠미역은 한국 연안에서 상업적으로 유용한 종의 하나로 동해중부 이북의 수심 5~10m에서 주로 서식하고 있으나 최근에는 수심 20m에서도 종종 발견되고 있으며 분류학상 갈조식물문 다시마목 다시마과에 속한다. 쇠미역은 단년생 해조류이기는 하나 해조장을 조성하는 중요한 종으로 많은 유주자를 방출하고 패류먹이, 식용 등의 활용으로 높은 생산성을 나타내고 있어, 해조장 조성용으로 적합한 종이다. 이종에 대한 연구로 동해안 갈조류의 생장에 관한 연구가 있으며[20] 외국의 경우, 배우체 발생 실내배양 연구[15,29,30], 유전학적 분류 연구가 있으나[1,2] 쇠미역을 이용한 해조장 조성

연구는 전무한 실정이다.

국립수산과학원 동해수산연구소의 사업보고서(2000년)에 따르면 동해안에 갯녹음 현상이 1999년에 16.1%로 나타났으며 동해 북부 해역인 강원도가 7%, 동해남부 해역인 경북 지방의 경우 31%로 남부해역에서 갯녹음 현상이 심각하여 생태계 파괴되는 현상을 보이고 있다. 또한 전복 방류에 의한 양식사업이 확산되고 있어 해조 자원량의 필요성은 점점 늘어나고 있어, 이에 본인 등은 소실된 해조 자원의 복원을 위하여 수중저연승, 종묘이식 등 해조장 조성 기법을 개발하였으며, 해조장 조성종으로서 쇠미역의 생장과 성숙을 조사한 바 그 결과를 발표하고자 한다.

### 재료 및 방법

#### 시험장소

시험장소는 삼척시 호산 시험연구어장(Fig. 1)으로 수심 6-10 m 지점에 조립초를 투하하고 해조장 조성을 위한 시험을 실시하였다. 시험 장소는 항만 방파제가 있어 약간의 만 형태를 이루고 있고 암반이 잘 발달되어 있으며 해류흐름은 외해와 연결되어 있어 원활하여, 10년 전까지만 해도 미역, 다시마 등 풍부한 해조 자원을 가지고 있었으나 갯녹음의 심화로 해조류 대부분이 소실되었다. 시설 면적은 3 ha(100 m×300 m), 조립초 시설량은 40개로 하였으며 그중 20개가 쇠미역을 이용하여 해조장을 조성 하였으며 도면과 모형은 Fig. 2와 같다. 조립초(2.6×1.5×2.0×2.04m, 5.6 톤)는 마름모

\*Corresponding author

Tel : +82-31-660-8545, Fax : +82-33-661-8514

E-mail : ydkim@nfrda.re.kr

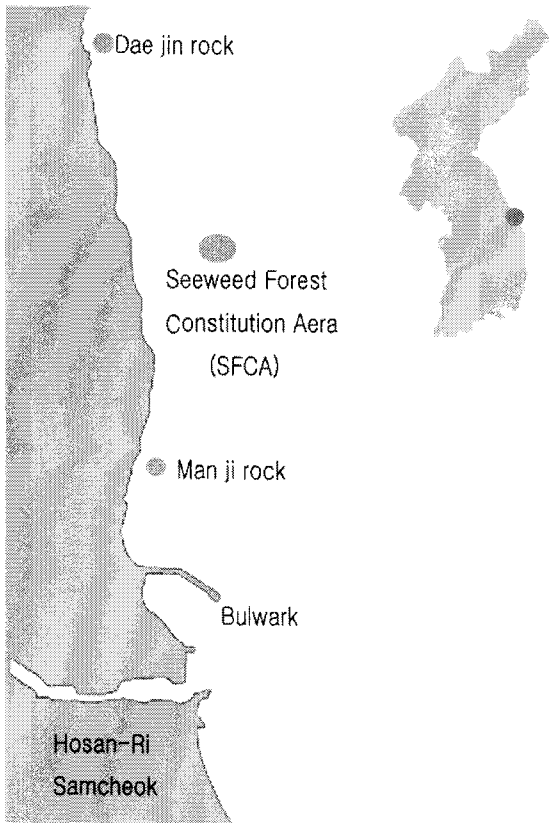


Fig. 1. Location of the seaweed forest construction site at Hosan ri, Samcheok.

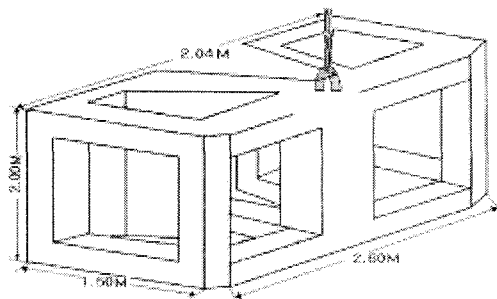


Fig. 2. The schematic design of the artificial seaweed reefs made of concrete.

형태의 콘크리트로 제작되었고 윗면에 스텐리스 고리를 설치하여 수하연 시설이 가능하게 하였다(Fig. 3).

해조장조성용 쇠미역은 완도산 종묘를 사용하였다. 이때 종묘 크기는 엽장  $7.8 \pm 2.5\text{cm}$ , 중량  $3.7 \pm 0.4\text{g}$  이었으며 가이식과 분양성을 실시하였다(Fig. 10).

### 수중저연승

해조장조성 방법의 하나로 수중저연승법을 시설하였다. 종사를 18 mm 로프로 2겹으로 감아 8 m 양성용 수하연을 제작하였다. 종묘가 감긴 줄을 조립초 anchor에 묶어서 Fig. 4와 같은 방법으로 조립초와 조립초 사이를 연결하여 수중에

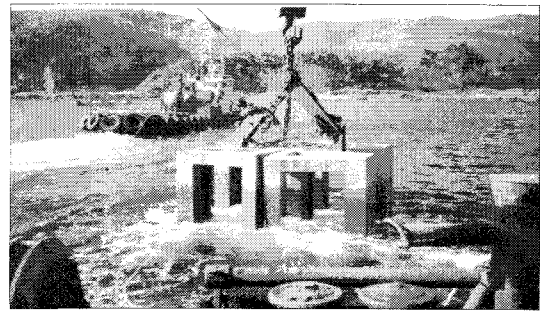


Fig. 3. Installing procedure of artificial seaweed reefs.

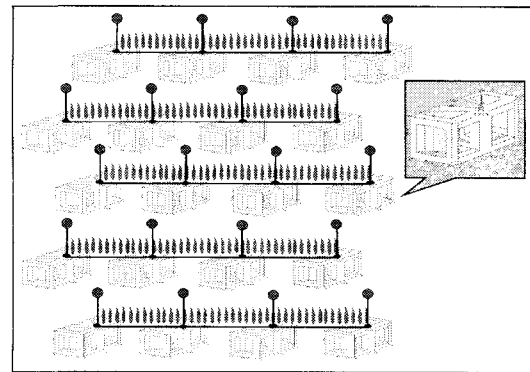


Fig. 4. The method of underwater longline.

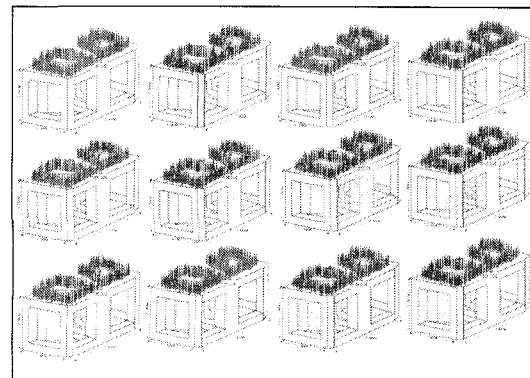


Fig. 5. The method of seed transplantation.

시설하였으며 풍파에 견딜 수 있는 수중 고압부자( $\phi$  240 mm)를 설치하여 조립초 시설 위치를 표시하였다. 이 방법은 조식동물의 섭식 활동으로부터 어느 정도 보호될 수 있고 성성숙 후 유주자를 쉽게 방출할 수 있게 하는 방법이다.

### 종묘이식

수중저연승 방법으로 제작된 수하연을 조립초에 감고 고무프로 묶어 뿌리가 조립초에 활착하여 생장이 되도록 하였다. 이 방법은 조립초에 이식해조류가 바로 생장할 수 있는 장점이 있다(Fig. 5). 쇠미역의 생장과 성성숙을 조사하기 위하여 잠수를 통하여 월 1회씩 엽장, 중량을 측정하였으며 냉동조직 절단을 통한 성성숙 및 끝녹음 등을 조사하였다.

## 결 과

### 쇠미역의 성장

수중저연승 시험구에서 해조장조성 이후 매월 성장을 조사한 결과는 Fig. 6와 같다. 엽장과 엽중량은 각각 2월 이식 때 55.6±13.1 mm 및 18.0±10.0 g 이었으며 3월에 85.5±15.1 mm 및 52.9±27.4 g, 4월에 96.7±13.6 mm 및 83.6±26.4 g으로서 엽장과 엽중량이 최대로 성장하였으나, 이 이후 5월에 88.8±11.4 mm 및 66.0±14.9 g이므로 끝녹음 현상이 나타나기 시작하였으며 6월에 41.1±8.0 mm 및 24.9±11.2 g으로 끝녹음 현상으로 소멸되어졌다.

종묘이식 시험구의 엽장과 엽중량 변화는 각각 2월 이식 때 54.8±19.1 mm 및 14.8±10.2 g 이었으며 3월에 67.0±16.3 mm 및 45.1±33.2 g, 4월에 90.4±15.8 mm 및 70.1±31.7 g으로서 엽

장과 엽중량이 최대로 성장하였으나, 이 이후 5월에 85.0±12.0 mm 및 59.8±21.6 g으로 끝녹음 현상이 나타나기 시작하였으며 6월에 35.8±6.6 mm 및 19.3±11.7g으로 끝녹음 현상으로 소멸되어졌다.

### 쇠미역의 성숙

이식되어진 쇠미역은 2월에는 전개체가 영양세포 상태로 미성숙이었으나 3월부터 성숙이 시작되어 수중저연승 시험구의 경우 82.2%가 성숙하였으며 4월에는 85.4%, 5월 및 6월에 100% 성숙하였다. 종묘이식 콘크리트 시험구는 3월부터 성숙이 시작되어 65.5%가 성숙되었으며, 4월에 87.6%, 5월에 100%, 6월에 100% 비율이었다. 종묘이식 황화철 시험구는 2월에는 모두 미성숙이었으나 3월에는 74.3%, 4월에는 89.0%, 5월에 100%, 6월에 100%가 성숙되어 졌다(Fig. 7).

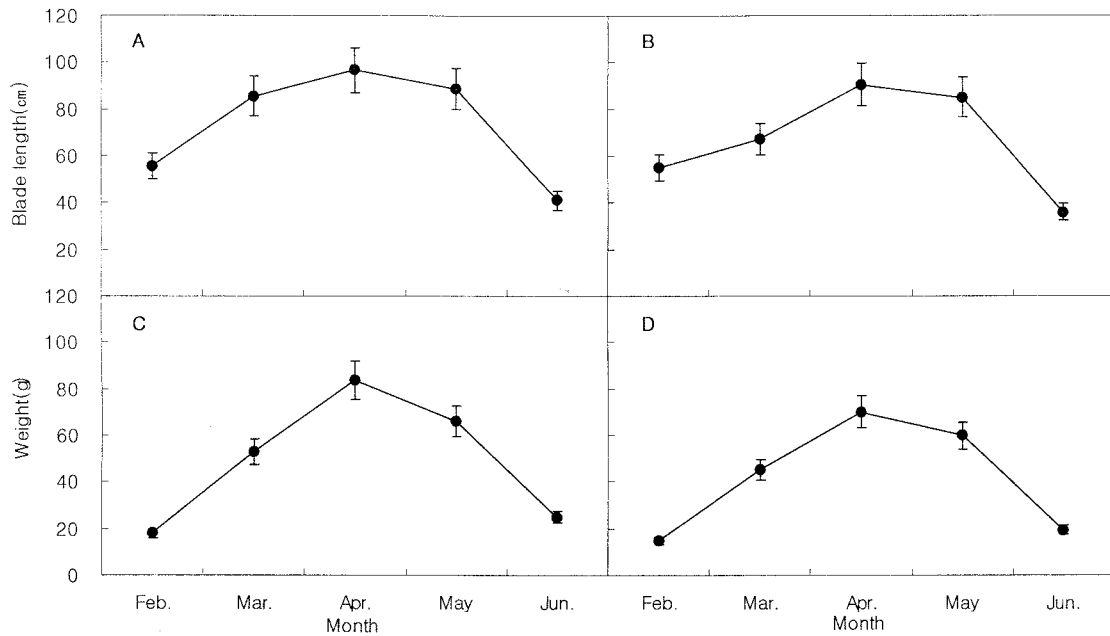


Fig. 6. Monthly growth of blade and weight(A and C, seed transplantation. B and D, underwater longline.)

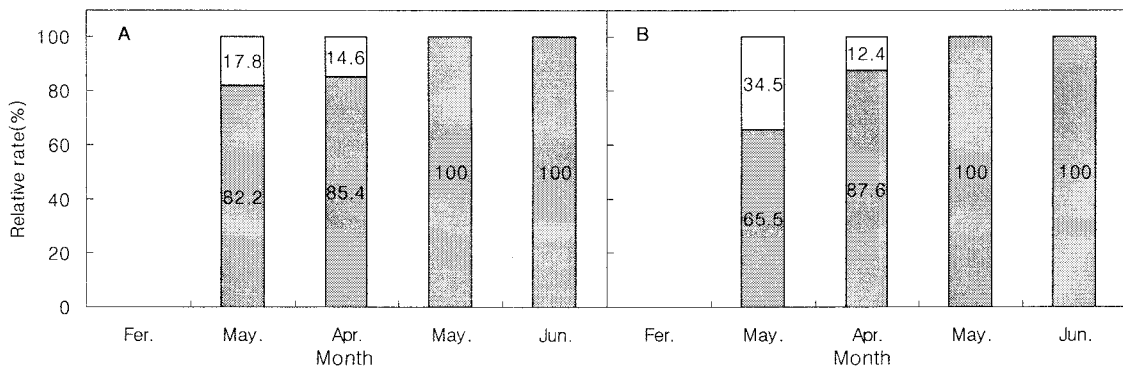


Fig. 7. Rate variation of sexually differentiated thalli of *C. costata* collected from seaweed forest construction site(A, seed transplantation. B, underwater longline.)

**엽장분포**

2월에 종묘이식은 40-60 cm 사이에서 53개체로 가장 많은 분포를 나타냈으며, 수중저연승 또한 51개체로 가장 많은 분포를 나타냈다. 3월에는 엽장이 증가하여 종묘이식은 고른 분포를 나타냈으나 수중저연승은 80-100 cm에서 60개체로 분포하였다. 또한 종묘이식에서와는 달리 0-40 cm에서의 분포를 나타내었다. 4월에는 수중저연승 또한 0-40 cm의 개체의 분포가 사라지면서 종묘이식과 수중저연승 모두 40-140 cm 부분에서 고르게 분포하였다. 5월에는 120-140 cm에서의

개체수가 줄어들면서 전체적으로 4월보다는 감소 추세를 나타냈다. 6월에는 다시 0-20 cm의 개체수가 증가하여 종묘이식에서는 0-80 cm, 수중저연승은 0-100 cm의 분포를 나타냈다. 종묘이식과 수중저연승 모두 비슷한 엽장 분포를 나타냈으나 종묘이식보다 수중저연승이 생장이 양호한 것으로 나타났다(Fig. 8).

**증량 분포**

2월 종묘이식에서는 0-10 g에서 가장 많은 증량 분포를 나

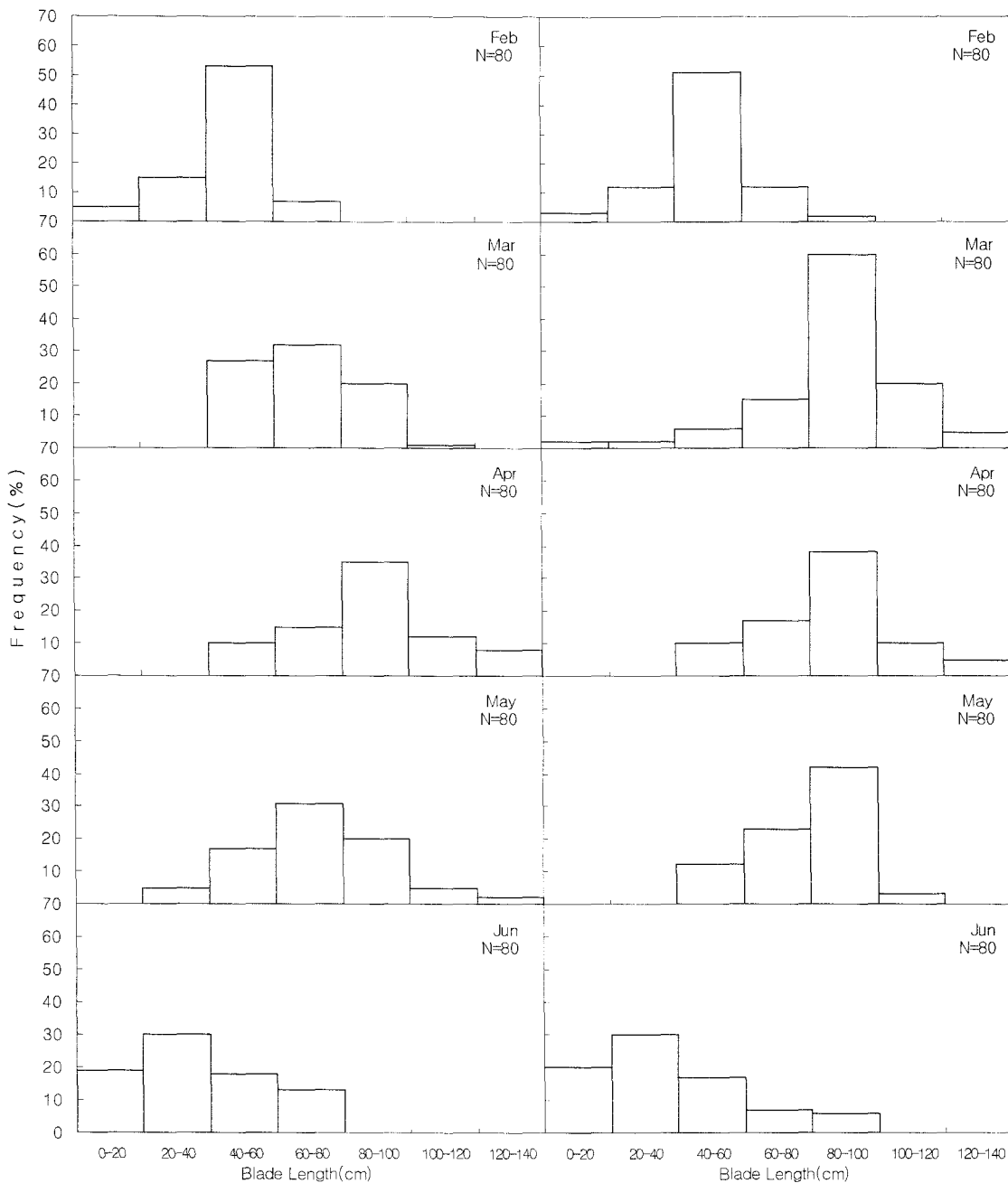


Fig. 8. Frequency changes of blade length from seaweed forest construction site(Left, seed transplantation. Right, underwater longline.).

타냈고 수중저연승에서는 0-20 g에서 가장 많은 분포를 나타냈다. 종묘이식과 수중저연승 모두 0-30 g의 고른 중량 분포를 나타냈다. 3월에는 0-70 g사이에 고른 분포를 나타냈고 40-50 g에서 가장 많은 분포를 나타냈다. 수중저연승 또한 0-90 g의 분포를 나타냈고 50-60 g에서 가장 많은 분포를 나타냈다. 4월 종묘이식에서는 0-30 g개체수가 나타나지 않았으면 30-100 g에서 조사 달 중 가장 높고 넓은 중량 분포를 보였다. 5월부터 종묘이식은 중량이 줄어 20-70 g의 분포를

보였으며 수중저연승은 4월과 같은 분포를 보이나 80-90 g의 분포를 나타낸 4월과는 달리 그 보다 줄어든 60-70g에서 많은 분포를 나타냈다. 6월은 종묘이식과 수중저연승 모두 중량이 감소하였고 10-20 g에서 가장 많은 분포를 나타낸 종묘이식과 달리 수중저연승은 20-30 g에서 가장 많은 중량 분포를 나타내었다. 전체적으로 종묘이식보다 수중저연승의 중량이 높은 것으로 나타냈다(Fig. 9).

김 등[19]의 연구에서 쇠미역의 양식산의 엽장 생장도는 4

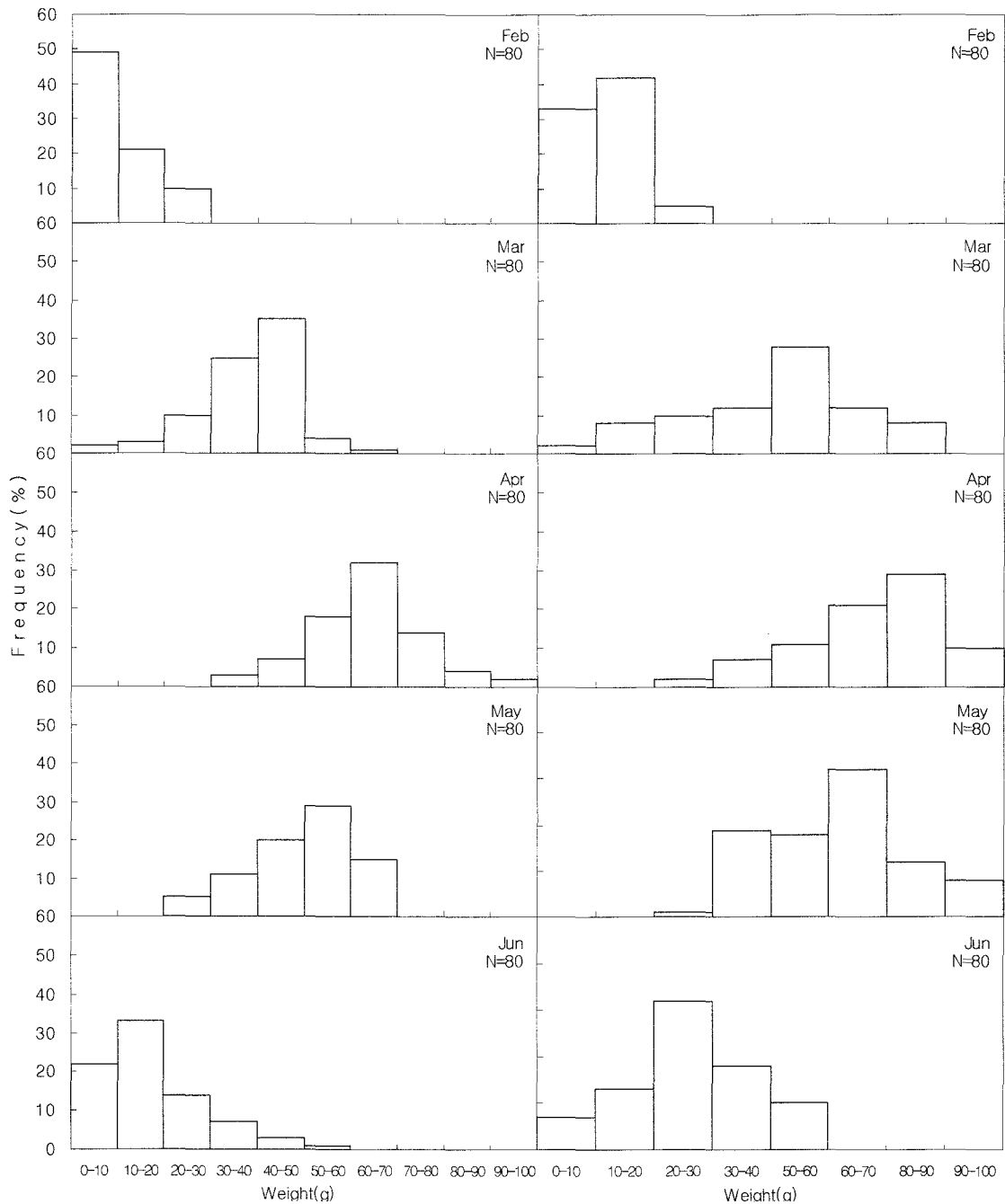


Fig. 9. Frequency changes of blade weight from seaweed forest construction site(Left, seed transplantation. Right, underwater longline.).

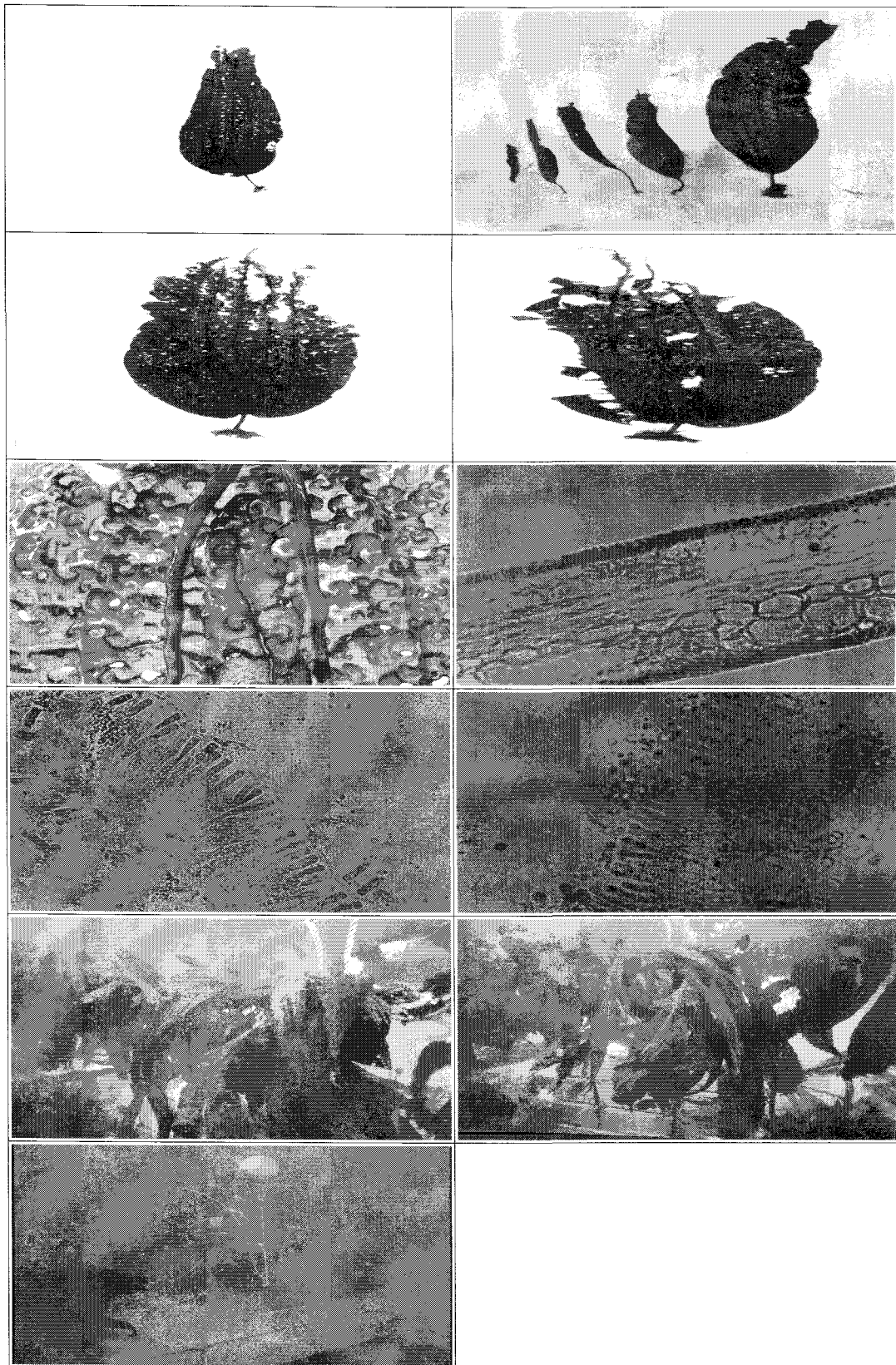


Fig. 10. The shape of blade, sexual maturation and seaweed forest construction

월에 최대치인 131.6 cm로 성장후 5월부터 급속한 끝녹음 현상을 보이고 있다. 이번 연구에서도 같은 경향으로 4월에 96.7±13.6 mm 로 최대치를 보였다. 이러한 성장 차이는 해조장조성을 위한 이식과정에서 건조 및 노출 등의 원인으로 생장이 부진한 것으로 사료된다. 5월에 엽장과 엽중량이 88.8±11.4 mm 및 66.0±14.9 g이었고 6월에 41.1±8.0 mm 및 24.8±11.2 g으로 그 이후 끝녹음 현상으로 소멸되어졌다(Fig. 10).

## 고 찰

해조류는 1차 생산자로[27,37] 질소, 인 등을 이용하는 해조류의 감소는 바다의 정화 역할자 감소를 초래하여 부영양화를 가속시키고 해조를 먹이로 하는 유용자원인 전복, 성게 및 고동류 등의 감소로 어업인의 소득 감소가 있고 어류의 산란장, 쉼터 및 도피처 등이 없어 어류자원이 감소되어[5,21,38], 해조자원의 소실은 연안생태계의 파괴로 이어지고 있다.

다수의 연구자들에 의해 무절산호조류가 갯녹음 발생의 원인종으로 지목되고 있다. 무절산호조류는 높은 온도에서 생장이 잘되는 것으로 알려져 있고[11,12,26], 또한, 해조류 포자에 대한 antifouling 메카니즘을 갖고 있는 것으로 알려져 있고[14,16,17] 화학물질이 유주자를 파괴시키고[32] 표면 세포층이 벗겨지는 sloughing 현상이[13,23,24] 해조 서식을 방해한다. 또한 무절산호조류가 확산되는 조식동물과 무절산호 및 엽상형 해조류 사이의 상호 작용과[3,4,9,28] 조식동물과 해조류의 분포형태를 결정한다[7,8,25]. 그 예로 조식동물을 제거하였을 때 해조류의 피도가 증가하고 무절산호조류가 감소한 연구가 보고되고 있다[22].

해조장조성종으로 이용된 쇠미역은 대표적인 한해성 해조류로 동해중부 이북의 공간대에 서식하고 있는 것으로 알려져 있다. 쇠미역은 미역보다 다소 질기고 맛이 독특하여 식용으로 인기가 높아 고가로 판매되고 있으나 갯녹음 현상의 확산 등으로 자연 군집이 축소되었으며 오늘날 완도등지에서 양식이 성행되고 있다. 이러한 유용종은 어업인 소득을 위해서도 종의 확대가 절실하다.

우리나라의 해조장조성연구는 국립수산물연구원 동해수산연구소에서 1997년부터 기초연구를 시작하여 2002년부터 본격적인 연구가 수행 중에 있고 제주수산연구소에서도 연구가 진행 중에 있다. 일본의 경우 해조숲 조성에 따른 생태계 복원 및 활용에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 1970년대에 모자반 숲 복원연구시작, 1980년대 해조숲 복원 방법 연구, 1990년대 인공해조장 조성 방법 연구, 최근에 친환경적 연안보존 방법으로 개발이 추진되고 있다[35]. 이러한 추세에 따라 인공어초를 이용한 해조장조성 연구가 활발히 진행되고 있다[27,34,36].

## 참 고 문 헌

- Bhattacharya, D. and L. D. Druehl, 1987. Molecular genetic analysis of variation in *Costaria costata* (Turner) Saunders. *Hydrobiologia* **151/152**, 63-67.
- Bhattacharya, D. and L. D. Druehl, 1989. Morphological and DNA Sequence variation on the kelp *Costaria costata* (Phaeophyta). *Marine Biology* **102**, 15-23.
- Breitburg, D. L., 1984. Residual effects of grazing: inhibition competitor recruitment by encrusting coralline algae. *Ecology* **65**, 1136-1143.
- Figueiredo, M. A., J. M. Kain and T. A. Norton, 1996. Biotic interactions in the colonization of crustose coralline algae by epiphytes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **199**, 303-318.
- Fujita, D., 1987. The report of interview to fisherman on "Isoyake" in Taisei-cho, Hokkaido. *Suisanzoshoku* **35**, 135-138.
- Harrold, C. and J.P. Pears, 1987. The ecological role of echinoderms in kelp forest. In: *Echinoderm Studies*, Vol. 2. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, pp. 1-320.
- Hatcher, B. G. and A. W. D. Larkum, 1983. An experimental analysis of factors controlling the standing crop of the epilithic algal community on a coral reef. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **69**, 61-84.
- Hay, M. E., 1981. Herbivory, algal distribution, and the maintenance of between-habitat diversity on a tropical fringing reef. *Am. Nat.* **118**, 520-540.
- Hay, M. E., 1997. The ecology and evolution of seaweed-herbivore interactions on coral reefs. *Coral Reefs* **16**, s67-s76.
- Ichiro, S., 1998. Isoyake no umi wo sukuu. translated by H. S. Jung and J. H. Kim. Korea Ocean Research and Development Institute. pp. 36-37.
- Ichiki, S., H. Misuta and H. Yamamoto, 2000. Effects of irradiance, water temperature and nutrients on the growth of sporelings of the crustose coralline alga *Lithophyllum yessoense* Foslie (Corallinales, Rhodophyceae). *Phycol. Res.* **48**, 115-120.
- Johansen, H. W., 1981. *Coralline Algae, a First Synthesis*. CRC Press, Inc., Florida, pp. 135-157.
- Johnson, C. R. and K. H. Mann, 1986. The crustose coralline alga, *Phymatolithon Foslie*, inhibits the overgrowth of seaweeds without relying on herbivores. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **96**, 127-146.
- Keats, D. W., Groener, A. and Chamberlain, Y. M., 1993. Cell sloughing in the littoral zone coralline alga, *Spongites yendoii* (Foslie) Chamberlain (Corallinales, Rhodophyta). *Phycologia* **32**, 143-150.
- Kanada, T., 1936. On the gametophyte of some Japanese species of Laminariales. *Inst. Algological Res., Fac. Sci. Jokkaide Imperial Univ.* **1**, 237-242.
- Keats, D. W., P. Wilton and G. Maneveldt, 1994. Ecological significance of deep-layer sloughing in the eulittoral zone coralline alga, *Spongites yendoii* (Foslie) Chamberlain (Corallinales, Rhodophyta) in South Africa. *J. Exp. Mar.*

- Biol. Ecol.* **175**, 145-154.
17. Keats, D. W., M. A. Knight and C. M. Pueschel, 1997. Antifouling effects of epithallial shedding in three crustose coralline algae (Rhodophyta, Corallinales) on a coral reef. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **213**, 281-293.
  18. Kendrick, G. A., 1991. Recruitment of coralline crusts and filamentous turf algae in the Galapagos archipelago: effect of simulated scour, erosion and accretion. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **147**, 47-63.
  19. Kim, S. C., H. Y. Ryu, Y. J. Park and Y. S. Son, 1999. The comparative analysis of growth depending on the water depth of the cultivated *Costaria costata*. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea* **56**, 101-109.
  20. Koh, C. H. and H. C. Shin, 1990. Growth and size distribution of some large brown algae in Ohori, east coast of Korea. *Hydrobiologia* **204/205**, 225-23.
  21. Laycock, R. A., 1974. The detrital food chain based on seaweeds. I. Bacteria associated with the surface of *Laminaria flonds*. *Mar. Biol.* **25**, 223-231.
  22. Lessios, H. A., 1988. Mass mortality of *Diadema antillarum* in the Caribbean: what have we learned? *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **19**, 371-393.
  23. Masaki, T., D. Fujita and H. Akioka, 1981. Observation on the spore germination of *Laminaria japonica* on *Lithophyllum yessoense* (Rhodophyta, Corallinales) in culture. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* **32**, 349-356.
  24. Masaki, T., D. Fujita and N. T. Hagen, 1984. The surface ultrastructure and epithallium shedding of crustose coralline algae in an 'Isoyake' area of southwestern Hokkaido, Japan. *Hydrobiologia* **116/117**, 218-223.
  25. Morrison, D., 1988. Comparing fish and urchin grazing in shallow and deeper coral reef algal communities. *Ecology* **69**, 1367-1382.
  26. Notoya, M., 1978. Musetse Sangomo Susyu No Haseigakuteki Kankyu. Ph. D. Thesis, Hokkaido University.
  27. Ohno, M., 1993. Succession of seaweed communities on artificial reefs in Ashizuri, Tosa Bay, Japan. *Algae* **8**, 191-198.
  28. Paine, R. T. and R. L. Vadas, 1969. The effects of grazing by sea urchins, *Strongylocentrotus* spp., on benthic algal population. *Oceanography* **14**, 710-719.
  29. Sanbonsuga, Y. and Y. Hasegawa, 1967. Studies on Laminariales in Culture. 1. On the formation of zoosporangia in the thalli of *Undaria pinnatifida* and *Costaria costata* in culture. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Lab.* **31**, 41-48.
  30. Sanbonsuga, Y. and Y. Hasegawa, 1967. Studies on Laminariales in Culture. 1. Effect of culture conditions on the zoosporangium formation in *Costaria costata* (Turn.) Saunders. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Lab.* **35**, 198-202.
  31. Sohn, C. H., I. K. Lee and J. W. Kang, 1982. Benthic marine algae of Dolsan island in the Southn coast of Korea. *Publ. Inst. Mar. Sci. NFUB* **14**, 37-50.
  32. Suzuki, Y., T. Takabayashi, T. Kawaguchi and K. Matsunaga, 1998. Isolation of an alleloathic substance from the crustose coralline algae, *Lithophyllum* spp., and its effect on the brown alga, *Laminaria religiosa* Miyabe (Phaeophyta). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **225**, 69-77.
  33. Taniguchi K., K. Kurata, T. Maruzoi and M. Suzuki, 1994. Dibormomethane, a chemical inducer of larval settlement and metamorphosis of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus*. *Fish. Sci.* **60**, 795-796.
  34. Terawaki, T., S. Arai and Y. Kawasaki, 1995. Methods of submarine forest formation considering local limiting factors of distribution. *Fish. Engineer.* **32**, 145-154.
  35. Toshinobu T., Y. Koji, Y. Goro, U. Masayuki and I. Kazuo, 2003. Ecology and restoration techniques for Sargassum beds in the Seto Inland Sea, Japan. *Mar. Poll. Bull.* **47**, 198-201.
  36. 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.
  37. Watanuki, A and H. Yamamoto, 1990. Settlement of seaweeds on coastal structures. *Hydrobiologia* **204/205**, 275-280.
  38. Yotsui, T. and N. Maesako, 1993. Restoration experiments of *Eisenia bicyclis* beds on barren grounds at Tsussima Islands. *Suisanzoshoku* **41**, 67-70.