

한국의 남해안과 서해안에 생육하는 지충이(*Sargassum thunbergii*)의 착생 해조류의 종조성

김 영 식 · 최 한 길^{1*}

군산대학교 해양생명과학부, ¹원광대학교 생명과학부 및 기초자연과학연구소

적 요: 갈조류 지충이의 표면에 부착하는 착생해조류의 종수, 풍부도, 부착위치 및 기능형을 조사하기 위하여 남해안 9개 무인도와 서해안의 격포 해안에서 2001년 여름에 지충이를 채취하였다. 지충이에 착생하는 해조류는 총 25종이 동정되었는데, 분류군 별로는 녹조류 6종(24%), 갈조류 2종(8%), 홍조류 17종(68%) 이었고 남해군의 장고섬, 노루섬, 소목과도에서 생육하는 지충이에 가장 많은 9종이 착생하였다. 착생 해조류 중에서 애기가시덤불, 구멍갈파래, 가위갯쇠털의 순으로 출현 빈도가 높았으며 애기가시덤불은 모든 해안에서 발견되었다. 또한 애기가시덤불, 두갈래사슬풀, 애기서실은 지충이 엽체의 하부에, 붉은실류는 상부에 부착하여 생육하였다. 기능형으로는 막상형 8%, 사상형 52%, 성긴분지형 32%, 유질석회조형 8%가 존재하였으며 각상형과 혁질형 해조류는 없었다. 워다년생인 지충이의 착생해조류는 봄과 여름에 관찰되는 바위뒤룩과 같은 종이나 사상형의 일년생 해조류가 주로 나타났으며, 유성생식을 하는 이들은 포자생성 및 방출을 숙주 해조류인 지충이의 엽체가 탈락되는 늦가을 이전에 일어난다.

검색어: 기능형, 기회종, 숙주 해조류, 지충이, 착생 해조류

서 론

저서성 해조류가 부착하는 기질은 바위 암반과 모래 같은 무생물적인 일차 기질과 부착성 해양 동·식물의 표면인 이차 기질로 구분할 수 있다(Levin and Mathieson 1991). 특히, 다른 생물의 체표면에 부착하여 생육하는 해조류를 착생해조류라고 한다. 착생해조류는 바위 암반에 부착한 해조류에 비해 광과 영양염 획득이 용이하지만 숙주해조류의 운명에 의해 생존 여부가 결정되며, 초식자의 섭식에 쉽게 노출되는 단점이 있다. 한편, 숙주 해조류는 착생해조류의 존재로 건조에 대한 피해가 줄어들고(Stewart 1982), 태양에 노출된 지역에서도 음지선호식물(shade-loving plants)의 생육이 가능하지만, 과도한 착생해조류는 파도에 의한 끌림현상(dragging effect)을 초래하여 숙주 해조류의 생존을 위협한다(D'antonio 1985). 연안생태계에서 숙주-착생해조류는 이러한 유리한 점과 불리한 점을 공유하며 생육하는데 착생해조류는 일년생에 비해 다년생 해조류에서 많이 관찰된다. 착생해조류는 갈파래목(Ulvales), 솜털목(Ectocarpales), 갯쇠털목(Sphacelariales), 비단풀목(Ceramiales) 등의 녹조류, 갈조류 및 홍조류의 다양한 분류군에서 발견된다(Russell 1983). 착생해조류는 숙주해조류 표면적의 60% 이상을 피복하는 경우도 있다(Buschmann and Gomez 1993).

지충이(*Sargassum thunbergii*)는 한국, 일본 및 중국의 조간대 중부와 하부의 바위 암반과 조수 웅덩이에서 쉽게 관찰되고 가

을에 엽체가 탈락하고 생존한 부착기에서 겨울에 새로운 엽체가 생성되는 워다년생(pseudoperennial) 해조류이다. 본 종은 오래 전부터 구충제, 식용으로 혹은 퇴비로 사용되어 왔고(Kang 1966), 해양생태계에서 기초생산자인 동시에 동물의 먹이, 은신처 및 산란장으로서 중요한 역할을 한다. 또한, 최근에는 해양친연물에 대한 관심 증가와 함께 지충이의 추출액에서 암세포의 성장을 억제하는 항암물질이 발견되어(Khuang *et al.* 1995), 앞으로 부가가치가 높은 해조류 중의 한 종이다.

현재까지 지충이에 관한 연구로는 일본에서 다양한 온도와 조도 조건에서의 광합성률의 변화에 관한 생리학적 연구(Gao and Nakahara 1990), 우리나라 연안에서 수평, 수직 분포 및 피도와 생중량에 관한 기록이 있을 뿐(Koh *et al.* 1993), 지충이가 다른 해조류의 부착기질로 사용된다는 것은 물론 착생해조류의 종조성에 관한 기록은 전무한 실정이다. 본 연구는 남해안의 무인도와 서해안의 격포 해안의 암반에 생육하는 지충이의 엽체에 착생한 해조류의 종조성을 조사하여 부착기질로서의 지충이의 중요성과 지충이를 부착기질로 선호하는 기능형 해조류를 파악하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구를 위해 지충이는 경남 남해군(34°54'~44°06' N, 127°56'~129°51' E)의 6개섬(하장도, 장고섬, 노루섬, 소목과도, 외항도, 소항도)과 통영시(34°50'~34°60' N, 128°15'~128°27' E)의

* Corresponding author; Phone: 82-63-850-6579, e-mail: hgchoi@wonkwang.ac.kr

3개(월명도, 마장도, 건명도)의 무인도에서 각각 2001년 6월 20-22일과 7월 19일에, 전북 부안군의 격포 해안(35°36' N, 126° 27' E)에서는 2002년 9월 11일에 조간대 바위 암반에서 채집되었다. 채집된 시료는 현장에서 5%의 포르말린 해수 용액으로 고정시켜 실험실로 운반한 후, 담수로 충분히 씻고 현미경으로 작성한 해조류를 관찰하고 분류 및 동정하였다. 또한, 지층이의 중심가지(主枝)를 상부, 중부 및 하부로 3등분한 후에 작성한 해조류의 위치를 확인하였고, 작성해조류가 중심가지를 피복하는 정도에 따라 4등급(+, 존재; ++, >10%; +++, >20%; +++, > 50%)으로 나누어 정량화하였다.

지층이를 숙주로 이용하는 작성해조류는 외형, 내부구조 및 감촉에 따라 막상형(sheet form), 사상형(filamentous form), 성긴분지형(coarsely branched form), 혁질형(thick leathery form), 유절석회조형(jointed calcareous form) 및 각상형(crustose form)의 6개의 기능형을 구분하여 지층이에 대한 숙주선호도를 측정하였다(Littler and Littler 1984).

결과 및 고찰

남해군 무인도에서 여름에 채집된 지층이의 작성 해조류는 하장도 2종, 장고섬 9종, 노루섬 9종, 소목과도 9종, 외항도 7종, 소항도 2종으로 관찰되었으며, 통영시의 무인도에서는 월명도 4종, 마장도 8종, 건명도 4종, 그리고 격포에서는 7종이 동정되어 총 25종의 작성해조류가 기록되었다(Table 1). 숙주해조류의 염체에서는 작성해조류와 작성동물이 관찰되는데, 북동대서양에 생육하는 *Fucus serratus*의 조체에서는 작성 동·식물 91종이 동정되었으며(Boaden et al. 1975), 숙주 해조류 표면의 75%를 섭조개, 태형동물 및 작성해조류가 피복하고 있었다(Williams and Seed 1992). 본 연구에서는 여름철에 25종의 해조류가 지층이의 염체에 부착하여 생육하였으며 진주담치와 히드라류 등의 작성동물 및 지렁이류도 관찰되어 지층이는 다양한 해양생물의 서식처 역할을 하는 것으로 나타났다(Fig. 1). 이처럼, 다양한 부착생물들은 동일한 분류군인 작성해조류 간에 혹은, 애기가지뽕(*C. okamurae*) 및 진주담치(*Mytilus edulis*)와 같이 분류군이 상이

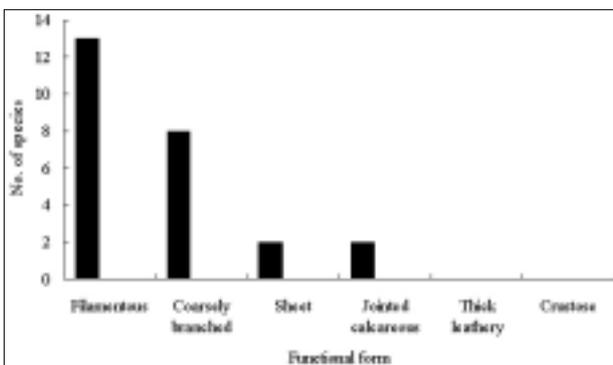


Fig. 1. Species number of six functional forms of the epiphytes occurring on *Sargassum thunbergii*.

한 작성 동·식물 사이에는 O'Connor 등 (1975)이 제시한 것처럼 부착기질인 숙주 해조류에 대한 공간경쟁이 발생할 것으로 사료된다.

서해안의 격포를 포함한 10개 해안에서 관찰된 작성 해조류 25종의 분류군별 분포는 녹조류 6종(24%), 갈조류 2종(8%), 홍조류 17종으로 홍조류가 작성해조류의 68%를 차지하였다. 남해군의 해안에서 채집된 지층이에 작성한 해조류는 녹조류 2종, 갈조류 2종, 홍조류 15종이었고, 통영 해역의 무인도에서는 녹조류 5종, 갈조류 2종, 홍조류 3종이, 격포의 지층이는 녹조류 1종, 갈조류 1종, 홍조류 5종을 작성해조류로 가지고 있었다. 지층이의 작성해조류는 남해군과 부안 해역에서는 홍조류, 통영 해역에서는 녹조류가 많이 관찰되었다.

작성 해조류 중에서 홍조류의 애기가지뽕(*Caulacanthus okamurae*)은 모든 해안에서 지층이의 조체 위에서 출현하였으며, 녹조류인 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)와 갈조류인 가위갯쇠털(*Sphacelaria furcigera*)도 대부분의 조사해안에서 관찰되었다. 통영시의 마장도에서는 청각(*Codium fragile*), 납작파래(*Enteromorpha compressa*), 솜대마디말(*Cladophora albida*)과 갈고리대마디말(*Cladophora uncinella*) 등이 작성하여 지리적으로 인근에 있는 섬인 월명도와 건명도에 비해 작성해조류의 종수가 많았다. 또한, 통영의 월명도, 마장도, 건명도에서 지층이 주지(主枝)의 50% 이상을 구멍갈파래가 피복하고 있었고, 특히 건명도에서는 지층이의 80% 이상을 덮고 있어 지층이의 광합성에 심각한 영향을 미칠 것으로 사료된다. 이외에도 애기가지뽕은 남해의 하장도, 장고섬과 소항도에서, 바위두릅은 남해의 노루섬과 외항도에서, 청각은 마장도, 애기서실(*Laurencia venusta*)은 격포에서 우점하는 작성해조류로 나타났다(Table 1).

작성해조류는 정단생장에 의해 새롭게 성장한 지층이의 상부에 비해 상대적으로 오래된 부착기에 가까운 하부에서 주로 관찰되었으나, 종에 따라 부착위치가 각기 다르게 나타났다. 애기가지뽕, 두갈래사슬풀(*Champia bifida*)과 애기서실은 지층이의 하부에, 마디잘록이류(*Lomentaria* spp.)는 하부와 중부에, 붉은실류(*Polysiphonia* spp.)는 상부에, 바위두릅과 청각은 중부와 상부에 작성하는 것으로 나타났으며, 구멍갈파래와 개서실(*Chondria crassicaulis*)은 지층이 염체의 하부, 중부 및 상부에서 고르게 관찰되어 부착에 대한 패턴은 발견되지 않았다. 다년생이며 영양번식을 하는 애기가지뽕은 주로 지층이의 하부에서, 여름에만 나타나는 바위두릅은 숙주 해조류의 중부와 상부에서 관찰되어 작성해조류의 부착위치는 그들의 생식방법과 직접적인 관련이 있는 것으로 사료된다.

지층이를 숙주로 이용하는 작성해조류 25종을 기능형(functional form)별로 구분하면, 납작파래(*Enteromorpha compressa*), 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)의 막상형 2종(8%), 솜대마디말(*Cladophora albida*)을 비롯한 사상형 13종(52%), 개서실(*Chondria crassicaulis*)과 같은 성긴분지형 8종(32%), 덩이애기산호말(*Jania adhaerens*)과 발굽애기산호말(*Jania unguolata*)의 유절석회조형 2종(8%)으로 나타났다. Littler와 Littler(1984)가 주장한 6개의 해

Table 1. The occurrence and abundance of epiphytic marine algae on the thalli of *Sargassum thunbergii* investigated. +, present; ++, >10%; +++, >20%; +++++, > 50%

Species	Namhae					Tongyeong			Buan	
	HJ	JK	NR	SM	YH	SH	WM	MJ	GM	GP
Chlorophyta										
<i>Enteromorpha comperssa</i>								+		
<i>Ulva pertusa</i>		++	+	+	++		++++	++++	++++	+
<i>Cladophora albida</i>								+		
<i>C. uncinella</i>								+		
<i>Cladophora</i> sp.		+								
<i>Codium fragile</i>								++		
Phaeophyta										
<i>Leathesia difformis</i>			++++		+++			+		
<i>Sphacelaria furcigera</i>	+				+	+	+	+	+	+
Rhodophyta										
<i>Bangia atropurpurea</i>			+							
<i>Jania adhaerens</i>										+
<i>J. unguata</i>				+						
<i>Caulacanthus okamurae</i>	++++	+++	+	+	+	++++	++	++	++	++
<i>Lomentaria catenata</i>				++						
<i>L. hakodatensis</i>		++		++	+					
<i>Champia bifida</i>		+	+							
<i>C. parvula</i>				++					+	
<i>Callithamnion callophyllidicola</i>		+			+					
<i>Ceramium kondoii</i>		+		+						+
<i>C. paniculatum</i>			+	+	+					
<i>C. tenerrimum</i>			+							+
<i>Chondria crassicaulis</i>		+++	+				+			
<i>Laurencia venusta</i>										+++
<i>Polysiphonia japonica</i>			+							
<i>P. morrowii</i>				+						
<i>Polysiphonia</i> sp.		++								

HJ, Hajangdo; JK, Jangkosum; NR, Norusum; SM, Somokgodo; YH, Yeohangdo; SH, Sohango; WM, Wolmongdo; MJ, Majangdo; GM, Geonmeongdo; GP, Gyeokpo.

조류의 기능형 중에서 다년생인 각상형과 혁질형의 해조류는 관찰되지 않았으며(Fig. 2), 바위두릅과 같이 여름에만 관찰되는 종이거나 일년생 해조류인 비단풀 등의 사상형 해조류가 13종

으로 가장 우점적인 출현을 보였으며 성긴분지형은 8종으로 준우점 그룹이었다. 한 계절만 출현하는 종이나 일년생의 착생해조류는 위다년생(가을에 주지(主枝)가 떨어져 나가고 겨울에 뿌



Fig. 2. Epiphytic marine alga (*Leathesia difformis*) at Norusum (A) and animal (*Mytilus edulis*) at Yeohangdo on the fronds of *Sargassum thunbergii* (B).

리에서 새로운 엽체가 생성되는)인 지충이의 주지가 탈락되기 이전인 가을까지 포자를 생성 및 방출하여 개체군을 유지하는 것으로 생각된다. 한 예로, 비단풀(*Ceramium kondoi*)은 가을과 겨울에 영양체가 많이 발견되고 봄과 여름에 포자를 가진 성숙한 개체들이 많이 관찰되었으며, 본 연구에서도 여름철에 참사슬풀(*Champia parvula*)이 사분포자를 가지고 있었다. 또 다른 가능성은 애기가시덤불과 같은 다년생 해조류나 몇 종의 착생해조류는 지충이의 주지 탈락을 종의 서식장소를 확산하는 기회로 이용할 수도 있을 것으로 생각된다. 이외에도 착생해조류는 바위나 숙주해조류의 수관부 아래에 부착하는 동일한 종에 비해 광합성에 필요한 태양광의 획득이 용이하고 빠른 물의 흐름으로 인해 다량의 영양염을 쉽게 흡수할 수 있어 빠른 성장과 성숙을 보인다(Russell 1983).

우리나라 남·서해안의 암반 조간대에서 많이 나타나는 지충이는 다양한 해양 동·식물의 부착기질로서 중요한 역할을 하였으며, 지충이와 매우 유사한 외부형태를 가진 *Rhodomela larix* 처럼, 채집장소에 따라 착생해조류의 종수와 풍부도가 다르게 나타났다(D'antonio 1985). 또한, 착생해조류는 바위두릅처럼 한계절만 나타나는 해조류와 일년생 해조류, 기능형으로는 사상형 해조류가 대부분이었고 숙주해조류에 대한 그들의 부착위치는 생식방법과 생장시기에 따라 달랐다. 숙주해조류에 대한 착생해조류의 종조성은 계절과 물리적인 환경요인의 변화, 숙주해조류의 생식상태 등에 따라 다른 것으로 알려져 있는데(Arrontes 1990), 본 연구는 격포를 제외하고는 여름철의 남해안에 분포하

는 섬으로 한정되어 있으므로 지충이의 착생해조류의 종 수는 본 연구 결과에 비해 훨씬 많을 것으로 사료되며, 착생해조류의 종 수 및 그들의 계절적 생물량 변화에 관한 지속적인 연구가 필요한 실정이다.

사사의 글

본 연구는 연구진흥을 위한 군산대학교 해양개발연구소 2003년 특별연구사업으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Arrontes, J. 1990. Composition, distribution on host and seasonality of epiphytes on three intertidal algae. *Bot. Mar.* 33: 205-211.
- Boaden, P.J.S., R.J. O'Connor and R. Seed. 1975. The composition and zonation of a *Fucus serratus* community in Strangford Lough, Co. Down. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 17: 111-136.
- Buschmann, A.H. and P. Gomez. 1993. Interaction mechanisms between *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta) and epiphytes. *Hydrobiologia* 260/261: 345-351.
- D'antonio, C. 1985. Epiphytes on the rocky intertidal red alga *Rhodomela larix* (Turner) C. Agardh: negative effects on the host and food for herbivores? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 86: 197-218.

- Gao, K. and H. Nakahara. 1990. Effects of nutrients on the photosynthesis of *Sargassum thunbergii*. Bot. Mar. 33: 375-383.
- Kang, J.W. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. Bull. Pusan Fish. Coll. 7: 1-125.
- Koh, D.H., Y.H. Kim and S.G. Kang. 1993. Size distribution, growth and production of *Sargassum thunbergii* in an intertidal zone of Padori, west coast of Korea. 14. Int. Seaweed Symp. 260/261: 207-214.
- Khuang, C., H. Itoh, T. Mizuno and H. Ito. 1995. Antitumor active fucoidan from the brown seaweed, umitoranoo (*Sargassum thunbergii*). Biosci. Biotechnol. Biochem. 59: 563-567.
- Levin, P.S. and A.C. Mathieson. 1991. Variation in a host-epiphyte relationship along a wave exposure gradient. Mar. Ecol. Prog. Ser. 77: 271-278.
- Littler, M.M. and D.S. Littler. 1984. Relationships between macroalgal functional form group and substrata stability in a subtropical rocky intertidal system. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 74: 13-34.
- O'Connor, R.J., P.J.S. Boaden and R. Seed. 1975. Niche breadth in Bryozoa as a test of competition theory. Nature 256: 307-309.
- Russell, G. 1983. Formation of an ectocarpoid epiflora on blades of *Laminaria digitata*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 11: 181-187.
- Stewart, J.G. 1982. Anchor species and epiphytes in intertidal algal turf. Pac. Sci. 36: 45-59.
- Williams, G.A. and R. Seed. 1992. Interactions between macrofaunal epiphytes and their host algae. In John, D.M., S.J. Hawkins and J.H. Price (eds.), Plant-animal Interactions in the Marine Benthos. Systematics Association Special Volume. 46. Clarendon Press, Oxford. pp. 189-211.

(2004년 4월 29일 접수; 2004년 6월 10일 채택)

Epiphytic Algae Growing on *Sargassum thunbergii* in Southern and Western Coasts of Korea

Kim, Young Sik and Han Gil Choi^{1*}

School of Marine Life Science, Kunsan National University

¹Faculty of Biological Science and Institute of Basic Natural Sciences, Wonkwang University

ABSTRACT : The number and abundance of epiphytic algae growing on *Sargassum thunbergii* and their functional forms were examined. Thalli of *S. thunbergii* were collected on the nine islands of southern coast and at Gyeokpo on the western coast of Korea in summer 2001. A total of 25 species, 6 green (24%), 2 brown (8%), 17 red algae (68%) were identified in the present study. *Caulacanthus okamurae*, *Ulva pertusa*, *Sphacelaria furcigera* were found on the thalli of *S. thunbergii* that collected at the all regions. *Caulacanthus okamurae*, *Champia bifida* and *Laurencia venusta* grew on the lower parts of *S. thunbergii* thalli whereas, *Polysiphonia* spp. attached to the apical parts of the plants. Four functional forms, such as sheet-form (8%), filamentous-form (52%), coarsely branched-form (32%) and articulated-calcareous algal form (8%) were distinguished. The epiphytic algae on the thalli of *S. thunbergii* are mainly annual opportunistic algae, filamentous-form algae and smaller red algae. Also, most epiphytic seaweeds of *S. thunbergii* produce and release spores before pseudoperennial host plants are necrotic in late autumn.

Key words : Epiphytic algae, Functional form, Host plant, Opportunistic species, *Sargassum thunbergii*