식물학회지 제 28권 제 2호
Korean J. Bot. 28(2): 119-126 (1985)

底棲植物의 群集構造와 生產性(竹島, 東海岸)

Ⅲ. 알쏭이모자반(褐藻類)의 生長과 生產性

高 哲 煥·安 仁 英
(서울大學校 自然科學大學 海洋學科)

Community Structure and Productivity of Phytobenthos in Juckdo (Eastern Coast of Korea)

III. Growth Pattern and Productivity of *Sargassum confusum* (Phaeophyta)

Koh, Chul Hwan and Inyoung Ahn
(Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul)

ABSTRACT

The productivity and growth pattern of *Sargassum confusum* (Phaeophyta, Sargassaceae) was investigated in Ohori, east coast of Korea, from March 1983 to April 1984. *S. confusum* shows an obvious seasonal variation of the growth by passing through the germinative, vegetative, reproductive and decaying phases for about an year. The mean length of tagged individuals shows a positive correlation with the water temperature during the growing period. The growth is depressed at less than 10°C in February, and accelerated at above 15°C in May. The rapid growth (1.29 cm/dry) occurs at 15-18°C during May-June and the maximum length is shown at 20-21°C in early August. Daily net production estimated by the oxygen light and dark bottle method is 11.2 g C/m²/day in June. The annual value calculated by the integration of the daily net production, growth rate and biomass is 745 g C/m²/yr. Net production estimated from the biomass change only is 287 gC/m²/yr. But this must be an underestimated value, because the loss of considerable biomass by shedding is not included.

緖 論

Sargassum 屬은 열대, 아열대, 온대지역의 연안해역에 높은 밀도로 서식하는 大型褐藻類 중의 하나이다. 특히 이들 種은 潮下帶에서 海中林을 형성하여 여러 魚類에 산란 및 생육장소를 제공하며 일차생산자 로서의 역활 또한 매우 중요한 것으로 平價된다(Mann, 1973, 1981).

우리나라에 서식하는 *Sargassum* 種은 총 19種으로 우리나라의 전해역에 분포하는 것으로

알려져 있다(Yoo, 1975). 특히 이들種중 *S. confusum*과 *S. hornerii*는 *Undaria pinnatifida*, *Costaria, costata, Laminaria japanica* 등과 더불어 본 연구지역에 출현하는 주요 대형 갈조류 이다(Koh, 1983; Koh and Sung, 1983). 이들 *Sargassum* 종은 현존량에 있어 계절적으로 큰 차이를 보이는데 이는 이들 종의 생장시기의 차이에 기인 하는 것으로 본다. 예를 들면 온대해역의 경우 수온이 높은 하계에 최대생장을 하는 반면(Umezaki, 1974; Ohno, 1977; Taniguchi and Yamada, 1978), 열대 및 아열대 해역의 경우 수온이 오히려 낮은 계절에 최대 생장을 보인다(Tsuda, 1971; De Wreede, 1976; Prince and O'Neal 1979; McCourt, 1984). 한국연안해역에서의 *Sargassum* 種의 生長에 관한 보고는 Koh(1983)의 현존량의 변화로 부터 추정된 간접적인 자료만 있을뿐 각 개체를 대상으로한 정확한 生長樣狀에 대한 연구는 현재까지 이루어 지지 않고 있다. 본 연구의 대상생물인 *S. confusum*은 본 연구지역에서 현존량의 관점에서 보아 가장 우점하는 종으로 이의 生長時期와 환경과의 관계를 밝히고 *S. confusum*의 일차생산량을 측정 함으로 본지역의 연안생태계 내에서의 생산자로서의 역활을 규정코져 함이 본논문의 목적이다.

材料 및 方法

연구대상지는 강원도 고성군 죽왕면 오호리 지역(38°20′N, 128°32′E)으로 Koh와 Sung (1983)의 조사지역과 동일한 장소이다. 재료의 채집은 1983년 3월부터 1984년 4월까지 매월 실시 되었으며, 50 cm×50 cm의 방형구를 이용한 무작위 채취에 의해 현존량 및 개체의 길이, 무게의 변화를 추적 하였다. 한편 일정수의 개체를 대상으로 이들의 基部에 아크릴판으로 제작된 표식기를 달고 매월 이들의 길이를 측정한후, 이중 탈락에 의한 손실이 적었다고 판단되는 개체만을 대상으로 길이 생장을 계산 하였다. 현존량은 습중량, 건중량, 총유기물 함량 및 유기탄소량으로 나타내었다. 일차 생산력의 측정은 현존량의 변화로부터 年生産量을 추정하는 한편, 하계에 실시된 산소명암병법에 의한 자료를 개체의 생장율과 함께 환산하여 이루어 졌고 이 두 결과를 비교 하였다.

結 果

生長. *Sargassum confusum*은 多年生 해조류로써 1년을 주기로 하여 發芽, 生長, 生殖 그리고 衰退의 단계를 거치면서 계절적으로 뚜렷한 변화를 보이는 해조류 중의 하나이다. 본 연구지역에서의 生長週期는 이른봄인 3월초에 생장이 시작되어 여름철 (7월)에 최대생장을 하며 이후 급격히 쇠퇴하여 다음해 봄철까지 거의 일정한 길이에 머무르는 양상을 보인다. 이러한 생장양상을 정확히 추적하기 위하여 각 개체에 표식기를 달아 개체별 생장을 매월 조사한 결과(Fig. 1b)에 의하면 쇠퇴가 끝난 9월 이후 생장이 시작되는 2월 말까지의 평균 개체길이가 약 30 cm에 불과하나, 이들이 최대성장을 이룬 7월에는 평균개체길이가 120 cm에 이르며 이들의 최대생장속도는 1.3 cm/day로서 5월에 나타난다. 방형구를 사용하여 임의로 채집된 개체를 대상으로 한 결과 (Fig. 1c)는 그러나 상기와는 약간 다른 양상을 보인다. 즉 임의개체군에 있어서는 최대길이가 평균 80 cm로서 6월말에 나타나며 개체당 평균 최대무게는 습중량 54 g 으로서 5월말에 나타나고, 최대생장속도도 5월에 보여지며 하루

에 1.1 cm, 1.0 g의 길이 및 무게증가를 보인다. 표지 개체군과 임의로 채집된 개체군의 이러한 차이는 각 개체가 잠재적인 생장능력을 가졌음에도 불구하고 물리적 환경요인에 의해 엽상체의 탈락이 일어나고 있음을 시사한다. 또한 생장시기 동안의 개체 길이의 변화는 수온의 변화와 유사한 경향을 보인다. 즉 수온이 상승하기 시작하는 2월부터 생장이 시작되며 이러한 생장은 수온이 최대치에 이르는 8월까지 계속된다. 그러나 이들의 쇠퇴는 수온의 감소보다 훨씬더 빠른 속도로 진전되어 이미 9월에 최저 길이를 나타내고 이때의 길이가 이듬해 2월까지 계속되고 있다.

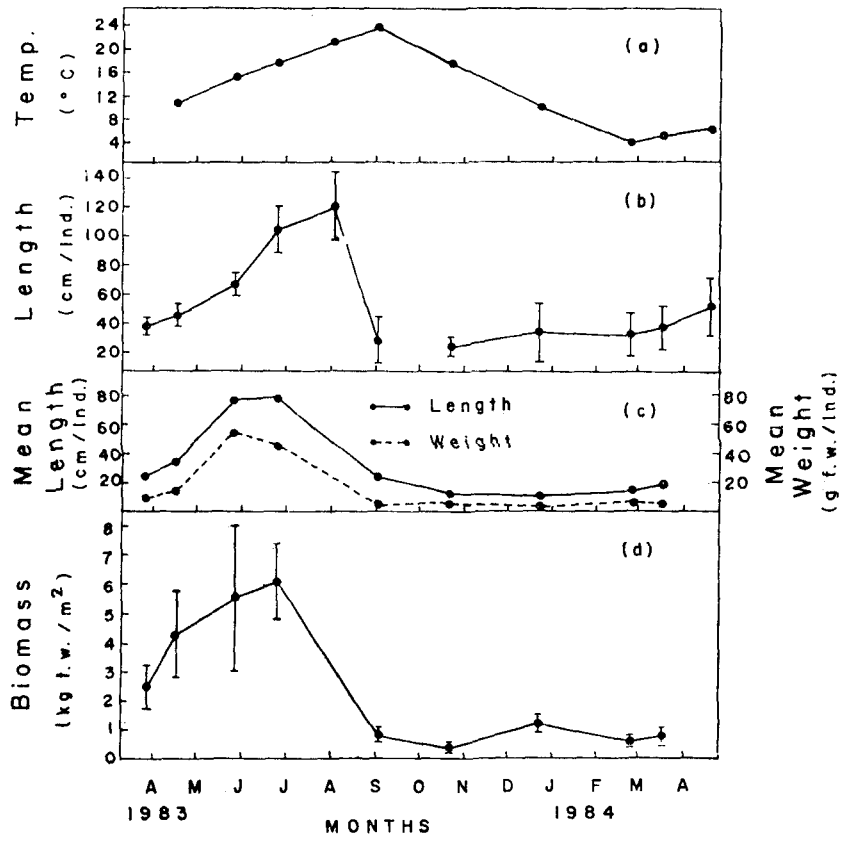

Fig. 1. Seasonal changes of temperature (a), length of tagged plants (b), length and weight (c) and biomass (d) of *Sargassum confusum* collected by random sampling.

한편 이들의 현존량(Fig. 1d)은 개체의 생장과 더불어 변화해 가며 6월에 최대치(6100 g fresh wt/m²), 10월에 최소치(440 g fresh wt/m²)를 보인다. 표지개체군의 생장양상으로 보아 5~6월에 가장 급속한 현존량의 증가가 예상되나 전술한 바와 같이 이시기에 脫落이 급증하여 현존량은 크게 증가하지 않고 있다. 7~8月에는 현존량을 측정하지 못하여 그 정확한 極大値는 알 수 없으나 6월 이후의 生長率이 매우 낮고 (Fig. 1b), 또한 성숙한 側枝의 탈락이 급증해 가고 있는 양상으로 보아, 현존량은 6月보다 별로 증가하지 않거나 오히려 감소하리라 생각되어, 6월의 현존량을 최대치로 보아도 무방하다 하겠다. 쇠퇴기 이후

다음해 봄까지 현존량이 다소 변동하는데 이는 방형구내의 채집개체수의 차이에서 오는 결과이며 생장에 의한 결과라고는 볼 수 없다.

生產力. 本 연구지역에서 ***Sargassum confusum***의 생산성이 갖는 상대적인 중요성을 알아보기 위해 夏季에 主要種으로 출현하고 있는 8種의 海藻를 선택하여 各 種의 一次生產力을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 이 결과에 의하면 해조류의 생산력은 形態와 어느 정도 관계가 있는 것으로 보인다. 즉, 가지가 微細한 ***Cladophora*** sp.와 ***Sargassam*** spp.의 생산력은 높은 반면, 형태가 단순하고 葉體가 두꺼운 ***Costaria costata*** 등의 생산력은 매우 낮다.

Table 1. Net production, respiration, content of chlorophyll a and net production/chl. a ratio of 8 dominant macroalgae in the late June 1983

Species	Net production (mgC/g dry wt/h)	Respiration (mgC/g dry wt/h)	Chl. a content (mg/g dry wt)	Net producton /chl. a
Sargassum confusum	1.40	0.28	5.44	0.26
S. horneri	1.32	0.34	4.32	0.30
S. hemiphyllum	1.92	0.29	5.03	0.38
Laminaria japonica	0.60	0.36	4.00	0.15
Undaria pinnatifida	1.13	0.22	13.72	0.08
Costaria costata	0.63	0.17	3.92	0.16
Ulva pertusa	0.88	0.31	7.16	0.12
Cladophora sp.	2.37	0.43	10.85	0.22

*S. confusum*의 시간당 純生產力은 1.40 mg C/g dry wt/h인데, King과 Schramm(1976)이 연구한 光度變化에 따른 해조생산력의 변화를 참고로 하여, 측정된 光度의 日變化와 日長을 기준으로 추정한 日純生產力은 11.2 mg C/g dry wt/d 이다(Table 4).

*S. confusum*의 습중량, 건중량, 유기물함량, 유기질소 및 유기탄소량에 대한 분석결과는 Table 2에 나타나 있으며, 한편 현존량으로부터 추정된 年生產量과 단위시간당 一次生產力으로부터 추정된 年生產量의 값은 각각 Table 3, 4에 나타내었다. 현존량의 年變化量으로부터 추정된 年純生產力은 287g C/m^2/yr로서, 이 값은 상당량에 달하는 脫落에 의한 소실량이 포함되지 않은, 실제 生產力에 훨씬 未達한 값이다. 한편, 6月의 日純生產力(11.2 mg C/g dry wt/d)을 기초로 해서, 각 시기에서의 成長率과 現在量에 의한 자료를 종합하여 추정한 年純生產力은 745 g C/m^2/yr로서, 3~8月까지의 生產量이 總生產量의 약 98%를 차지하고 있다.

Table 2. Dry weight, organic matter, organic C and N content and C : N ratio of *Sargassum confusum* (value is expressed in %)

Date	Dry weight /fresh weight	Organic matter/dry weight	C/dry weight	N/dry weight	C : N
1983, May 26	19.2	70.3	33.8	2.33	14.6
Jun. 24	18.2	73.7	33.5	1.94	17.3
Dec. 21	21.6	70.5	34.1	1.38	24.8
1984, Feb. 23	18.5	71.8	34.5	2.56	13.5

Table 3. Biomass of *Sargassum confusum* and annual production estimated from biomass changes

Date	Biomass			Biomass change g		
	g fresh wt/m²	g dry wt/m²	g C/m²	g fresh wt/m²	g dry wt/m²	g C/m²
1983, Mar. 27	2460± 680	467	156			
Apr. 16	4300±1500	817	273	1840	350	117
May 26	5500±2500	1045	350	1200	228	77
Jun. 24	6100±1300	1159	388	600	114	38
Sep. 1	800± 250	152	51	biomass reduced		
Oct. 20	440± 130	84	28	biomass reduced		
Dec. 21	1270± 260	241	81	830	157	53
1984, Feb. 23	600± 200	114	39	biomass reduced		
Mar. 16	650± 300	124	41	50	10	2
Annual production				4520	859	287

Table 4. Daily and annual net production of *Sargassum confusum* (The daily net production measured *in situ* in each month is calculated from the value of June. It is supposed that the daily net production is proportional to the growth rate in each duration)

Duration	Growth rate of tagged plants (cm/day)	Daily net production (mgC/g dry wt/day)	Mean biomass (g dry wt/m²)	Daily net (gC/m²/day)	Net production (gC/m²/ duration)
1983					
Mar. 27~Apr. 16	0.26	2.2	642	1.4	28
Apr. 16~May 26	0.59	5.0	931	4.7	188
May 26~Jun. 24	1.29	11.2	1102	12.3	357
Jun. 24~Aug. 1	0.41	3.5	1159	4.1	156
Sep. 1~Oct. 20	Data mised		118		
Oct. 20~Dec. 21	0.17	1.5	162	0.2	12
1984					
Dec. 21~Feb. 23	Data missed		177		
Feb. 23~Mar. 16	0.24	2.0	119	0.2	4
		Average daily net production:		2.1	
		Annual net production :			745

考 察

*Sargassum confusum*의 生長과 現存量에 있어서의 뚜렷한 季節的 變化는 Fig. 1에서 보여주듯이 수온과 높은 正相關關係를 보인다. 지금까지 연구된 바에 의하면, 온대수역에 서식하는 *Sargassum*은 연중 수온이 높은 계절에(Umezaki, 1974; Ohno, 1977; Taniguchi and Yamada, 1978), 열대 및 아열대수역의 *Sargassum*은 연중 수온이 낮은 계절에 (Tsuda, 1971; De Wreede, 1976; Prince and O'Neal 1979; McCourt 1984) 최대생장에 이르는 것

으로 보고되고 있으며, 일반적으로 30°C 이상은 *Sargassum*의 생장에 부적합한 것으로 알려져 있다(De Wreede, 1976; Prince, 1980). 즉, 온대수역에서 출현하는 *S. piluliferum* (Ohno, 1977)의 경우, 최대생장은 연중 수온이 높은 계절 중 약 27°C의 최고 수온에 이르기 전인 20°C 정도 되는 시기에, *S. patens* 및 *S. serratifolium*(Taniguchi and Yamada, 1978)은 10°C미만의 최저수온 보다 약간 높은 10~15°C에서 極盛期를 이룬다. 이와는 달리 *S. thunbergii*의 경우는 (Umezaki, 1974) 연중 최고수온 (27~29°C)에서 최대생장이 일어나는 것으로 보고되고 있다. 본 연구지역에서의 *S. confusum*은 수온이 상승해 가는 봄에서 여름에 걸쳐 급성장하고 최대 생장은 최고수온 (23~24°C)보다 2~3°C 낮은 時期에 일어나고 있어, 온대수역에서 출현하는 다른 *Sargassum*들인 *S. piluliferum*, *S. patens*와 *S. serratifolium*의 경우와 대체로 유사한 경향을 보이고 있다. 生殖期에서 衰退期에 이르는 동안 6~9月 수온은 계속 상승하나 生長率은 오히려 감소하고, 최고수온 (23~23°C)에서는 급속한 쇠퇴가 일어나(Fig. 1), 수온의 변화와 생장양상이 일치하지 않는 경향으로보아 생식시기이후에는 수온이 *S. confusum*의 생장에 절대적인 영향을 주지 않는 것으로 생각된다. 즉 수온의 상승에도 불구하고 생식시기인 6~8月에는 이 時期에 生產된 대부분의 光合成產物이 생장에 기여하지 못하고 생식활동에 소모되기 때문에 (Prince and O'Neal, 1979; Prince, 1980) 생장율이 감소하는 것으로 생각되며 생식 시기 이후의 급속한 脫落은 De Wreede (1976), Prince O'Neal (1979) 및 McCourt (1984)가 主張한 바와 같이 수온조건과는 관계없이 生殖에 뒤따라 진행되는 週期的인 生長樣相의 한 단계로 해석하는 것이 타당하다 하겠다. 또한 이 時期에 잦은 暴風과 颱風도 물리적으로 *Sargassum*의 쇠퇴를 촉진하고 있는 것으로 생각된다(Koh, 1983).

*S. confusum*이 성숙하는 시기인 6月에 측정한 이 식물의 단위무게당 純生產力(1.40 mg C/g dry wt/h)은 *Sargassum* 이외에 이 지역의 주요 出現種인 *Laminaria japonica*, *Costaria costata*, *Ulva pertusa*보다 2~3배 높으며 (Table 1), Prince(1980)가 측정한 아열대 해역의 *S. pteropleuron*보다 1.25倍 높다. King과 Schramm(1976)에 의하면, 성장기가 짧은 해조류는 성장기동안 生產力이 매우 높아 짧은 기간동안에도 年生產量에 상당한 기여를 하고 있다고 보고하고 있는데, 이와같이 *S. confusum*의 생산력이 높은 것은 *L. japonica*, *U. pinnatifia*, *C. costata* 같은 大型褐藻가 이 시기에 쇠퇴해 가는 반면, 本種은 극성기를 맞아 生產活動이 왕성하게 일어나기 때문인 것으로 생각된다.

한편, 현존량의 변화량만으로 추정된 年生產力(287 g C/m^2/yr)은 全生長期를 통해 일어나는 탈락에 의한 소실량을 거의 포착하지 못하고 있어 *Sargassum*과 같은 脫落性 海藻의 生產力을 단지 現存量의 변화만으로 추정하는 데는 문제가 있다 하겠다. Taniguchi와 Yamada (1978)는 *S. serratifolium*의 現存量과 脫落量을 모두 측정하여 본 결과, 초기성장기에서 최대현존량에 이르는 동안의 총탈락량이 年純生產量의 70%를 차지하여, 현존량에 의해 추정된 생산량은 30%에 불과하다고 보고하고 있다. 本 연구에서도 단순히 현존량의 변화에만 의존하여 산출된 年生產量은 287 g C 로서 이는 생장율이 감안된 산소명암병법에 의해 추정된 年生產量 745 g C 의 약 40%미만에 불과한 값이다. 이때 年生產力 745 g C/m^2/yr는 대서양 해역에 주로 서식하는 대형갈조류인 *Fucus*나 *Ascophyllum*의 年生產力 600~800 g C/m^2/yr(Mann 1973)에 버금가는 양이다. 따라서 本 연구지역에서의 *S. confusum*도 북반구에 서식하는 기타 Fucales 目에 속하는 대형갈조류에 버금가는 일차생산자 로서의 중

요성을 가지고 있다 하겠다.

摘 要

*Sargassum confusum*을 대상으로 동해안 오호리 지역에서 1983년 3월 부터 1984년 4월까지 이 種의 생장 및 일차생산력을 조사 하였다. *S. confusum*은 2월에 생장하기 시작하여 여름에 최대생장을 나타낸 후 빠른 속도로 쇠퇴하는 생육주기를 가진다. 생식활동은 6월에 주로 이루어 진다. 이러한 생장양상은 수온과 밀접한 관계를 갖는다. 최대성장율은 5월의 1.3 cm/day이며 최대길이는 8월의 120 cm이다. 산소명암병법으로 측정된 *S. confusum*의 日純生産力은 6월에 11.2 gC/dry wt/day이며 이를 기초로 추정한 年生産力은 745 g C/m^2/yr이다. 한편 현존량의 변화에만 의존하여 추정된 년생산력은 745 g C/m^2/yr로서 탈락에 의한 손실이 약 60%에 달하고 있다.

參 考 文 獻

De Wreede, R.E. 1976. The phenology of three species of *Sargassum* (Sargassaceae, Phaeophyta) in Hawaii. *Phycologia* **15**: 175-183.

King, R.J. and W. Schramm. 1976. Photosynthetic rates of benthic marine algae in relation to light intensity and seasonal variations. *Mar. Biol.* **37**: 215-222.

Koh, C.H. 1983. Community structure and productivity of phytobenthos in Juckdo (eastern coast of Korea) I. Seasonal changes of algal vegetation in relation to annual growth of large brown algae. *Korean J. Bot.* **26**: 181-190.

Koh, C.H. and N.K. Sung. 1983. Community structure and productivity of phytobenthos in Juckdo (eastern coast of Korea) I. Benthic marine algal vegetation and its environment. *Korean J. Bot.* **26**: 119-130.

Mann, K.H. 1973. Seaweeds: Their productivity and strategy for growth. *Science* **182**: 975-981.

Mann, K.H. 1982. Ecology of coastal waters. *Black. Sci. Publ.* Oxford. 322 pp.

McCourt, R.M. 1984. Seasonal pattern of abundance, distributions and phenology in relation to growth strategies of three *Sargassum* spp. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **74**: 141-156.

Ohno, M. 1977. Physiological ecology of *Sargassum piluliferum* (Phaeophyceae, Fucales). Proc. Nineth Int. Seaweed Symp., Science Press, Princeton. pp. 105-111.

Prince, J.S. and S.W. O'Neal. 1979. The ecology of *Sargassum pteropleuron* Grunow (Phaeophyceae, Fucales) in the waters off South Florida. I. Growth, reproduction and population structure. *Phycologia* **18**: 109-114.

Prince, J.S. 1980. The ecology of *Sargassum pteropleuron* Grunow (Phaeophyceae, Fucales) in the waters off South Florida. II. Seasonal photosynthesis and respiration of *S. pteropleuron* and comparison of its phenology with that of *S. polyceratum* Montague. *Phycologia* **19**: 190-193.

Taniguchi, K. and Y. Yamada. 1978. Ecological study on *Sargassum patens* C. Agardh and *S. serratifolium* C. Agardh in the sublittoral zone at Iida Bay of Noto peninsula in the Japan Sea. *Bull. Jap. Sea. Reg. Fish. Res. Lab.* **29**: 239-253.

Tsuda, R.T. 1971. Morphological, zonational and seasonal studies of two species of *Sargassum* on the reefs of Guam. Proc. Seventh Int. Seaweed Symp. Sapporo, Japan. Univ. Tokyo Press.

pp. 40-44.

Umezaki, I. 1974. Ecological studies of *Sargassum thunbergii* (Mertens) O. Kuntze in Maizuru Bay, Japan Sea. *Bot. Mag. Tokyo* 87: 285-292.

Yoo, S.A. 1975. Some members of the Fucales (Phaeophyta) in Korea. A thesis for M.S. degree in SNU. 145 pp.

(1985. 3. 26. 接受)