Algae
Volume 23(4): 301-310, 2008

추자도 조간대 해조류의 종조성과 생물량

김명숙[1*] · 김미량[2] · 정미희[3] · 김정하[4] · 정익교[5]

([1,3,5]부산대학교, [2]제주대학교, [4]성균관대학교)

Species Composition and Biomass of Intertidal Seaweeds in Chuja Island

Myung Sook Kim[1]*, Miryang Kim[2], Mi Hee Chung[3], Jeong Ha Kim[4] and Ik Kyo Chung[5]

[1]*Research Institute of Basic Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea*
[2]*Department of Biology, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea*
[3]*The Institute of Environmental Studies, Pusan National University, Busan 609-735, Korea*
[4]*Department of Biology, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea*
[5]*Division of Earth Environmental System, Pusan National University, Busan 609-735, Korea*

The marine benthic algal flora and biomass of Chuja Island, southern coast of Korea, was investigated. The collections of intertidal marine algae were made at two sites, Yecho of Hachujado and Hupo of Sangchujado, from October 2006 to July 2007. A total of 162 species, including 15 green, 47 brown and 100 red algae, were identified in this study. The occurrence of species according to season was abundant during spring to summer and less in autumn. The vertical distribution of intertidal zone in Chujado was characterized by *Gloiopeltis* spp., *Myelophycus simplex*, *Ishige okamurae*, *Chondrus ocellatus*, *Grateloupia elliptica*, *Hizikia fusiformis* and *Sargassum* spp. The average biomass of macroalgae was measured as 400 g wet wt m^{-2}. The dominant species based on the biomass were *Sargassum yezoense*, *S. coreanum* and *Hizikia fusiformis*. ESG II (ecological state group) as an opportunistic species, including sheet form, filamentous form, and coarsely branched form, occurred 85.8% in the intertidal seaweeds. These results provide a baseline for future monitoring studies in the Chuja Island.

Key Words: biomass, Chuja Island, intertidal community, macroalgal flora, seasonal changes

서 론

해조류 종다양성에 관한 연구는 주로 분류 및 생태학적인 관점에서 수행되어 왔으나, 아직도 특정지역에서 생육하고 있는 해조류의 종수와 분포 등에 대한 조사가 많이 이루어지고 있는 실정이다(Rindi and Guiry 2004, Tribollet and Vroom 2007). 특히 육지와 멀리 떨어져 외해상에 위치한 도서지역은 연안역과는 서로 다른 해조상의 특징을 보일 수도 있으므로 도서 지역의 해조류 종조성 및 생물량에 대한 연구는 기초 학문적인 차원에서 필요하다고 할 것이다. 비록 도서지역의 조간대 해조상에 대한 연구가 제한적인 지역에만 중점을 두어서 조사하는 경향이 있다 할지라도, 이러한 연구를 통하여서 도서지역의 종조성과 계절에 따른 생물량의 변동 등을 알 수 있으며, 특별하게 보존가치가 높은 서식지에 대한 정보를 제공 받을 수 있다.

남서쪽 해안에 위치하고 있는 추자도 일대의 해조류 생물상에 대한 조사는 '자연보호 중앙협의회 주관 자연종합 실태조사' 의 일환으로 Lee *et al.*(1986)이 하계인 7월에만 수행한 적이 있었으며, 그 전에는 Kang(1966)의 단편적인 보고가 있었다. Lee *et al.*(1986)은 추자도 해조상에 대한 조사 결과 녹조 16종, 갈조 39종, 홍조 124종 총 179종의 생육을 보고하였다. Kang(1966)은 한국산 해조류의 지리적 분포를 논하면서 한반도 해역을 동해북구, 동해남구, 남해구, 서해구 및 제

*Corresponding author (myungskim@hanmail.net)

주도구로 구분한바 있는데, 추자도는 남해구에 포함되는 것으로 구분하였다. 그러나 추자도는 지리적으로 제주도와 남해안의 중간에 위치하고 있어서 남해구와 제주도구의 어느 쪽에 포함시켜서 해조류의 분포론적 특성을 논해야 할지 명백하지 않은 실정이다(Lee *et al.* 1986). 한편, 남서해안 섬에서 생육하는 해조류에 대한 식생과 그 분포적 특성을 규명하는 연구는 완도 인근도서(Lee and Boo 1982), 진도인근도서(Lee *et al.* 1983), 거문도 인근도서(Lee and Boo 1984), 청산도(Lee *et al.* 1990) 등에 관하여 결과가 발표되었다.

해조군집은 영양염 증가, 섭식압력, 태풍활동 등의 환경변화에 빠르게 반응할 수 있는 기회주의적 특성을 나타내므로, 연안생태계에서 발생하는 환경변화를 쉽게 인지할 수 있는 생물지표자로서의 유용성을 제공한다(Tribollet and Vroom 2007). 즉 특정지역의 해조류 종조성에 대한 결과를 바탕으로 기능형군 및 ESG(Ecological State Group) I & II을 구분할 수가 있으며, 이런 결과로부터 조사지역이 환경적인 스트레스가 적은 생육지인지 혹은 인위적으로 교란이나 오염이 많은 곳인지 등을 추정할 수 있을 것이다(Littler and Littler 1984; Lee *et al.* 2007). 더욱이 인간의 산업활동으로 인하여 급속하게 진행되고 있는 지구온난화 현상은 해조류 생육에도 커다란 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 '해조류를 이용한 온실가스 흡수 연구' 사업의 한 부분인 '자연 해조 생태계의 현황 파악과 계절별 변동 연구'의 일환으로 추자도 조간대 해조류의 계절별 종조성 조사와 생물량의 정량 분석을 통한 주요종 판별 및 해조군집의 계절별 변동 양상 등의 기초자료를 확보할 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

해조류는 상추자도 대서리 북서쪽에 위치한 후포(다무래미)와 하추자도 예초리 예초항 주변의 조간대에서 2006년 10월부터 2007년 7월까지 계절별로 채집하였다. 본 연구는 온실가스를 흡수하는 해조류 자연 생태계에 대한 종조성과 생물량에 대한 기초조사이기 때문에 생물량이 풍부한 분류군 위주로 조사를 진행하였다. 따라서 생물량이 상대적으로 매우 미미한 미소조와 추자도 조사지에서는 거의 관찰할 수 없었던 각상형 산호조는 제외하였다. 정량채집은 추자도 해조군집을 대표할 수 있는 조간대를 설정하여 50 × 50 cm 방형구를 이용하여 조간대 4군데를 조사하였다. 그리고 현장에서 방형구 내에 출현한 해조류의 빈도와 피도를 조사하여 야장에 기록한 후 끌칼을 이용하여 해조류를 종류별로 한 개의 소방형구 내에 출현한 양만큼만 채집하였다. 채집한 해조류는 생체로 실험실로 운반하여 물기를 제거한 후 종 별로 개체수와 생체량을 측정하였고 이것을 단위 면적당(m^2) 생물량으로 환산하였다. 또한 해조류 종류별 생물량 평균치와 단위면적당 현존량 구성비(%)를 구하였으며, 피도는 현장에서 기록한 야장을 근거로 단위 면적당 피복 백분율을 구하였다.

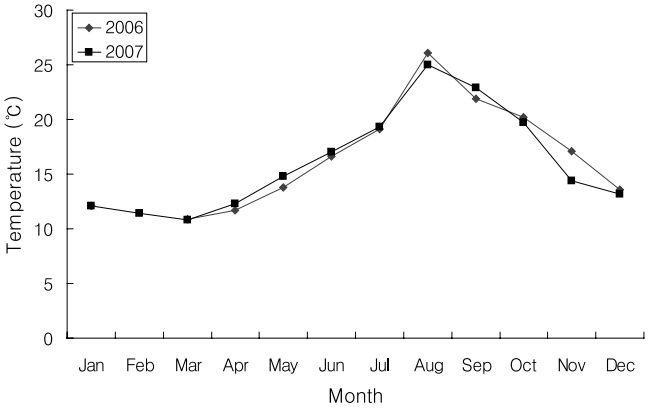

Fig. 1. Monthly changes of seawater temperature in Chuja Island (data from NORI).

추자도 연안의 해조류 종다양성을 파악하기 위하여 조사해역에 서식하는 해조류를 정성 채집하였는데, 형태가 매우 작은 미소조 (비단풀속 분류군)와 채집과 동정에 어려움이 따르는 각상형 산호조 등은 제외하였다. 채집한 해조류는 현장에서 포르말린-해수 용액(5-10%)으로 고정하여 실험실로 운반한 후 현미경을 이용하여 동정하였으며, 출현종 목록 및 국명은 Lee and Kang(2001)에 따랐다. 정성 채집한 해조류를 동정하여 분류군별로 구분한 후 해조상의 특성(Segawa 1956; Felmann 1937; Cheney 1977)을 파악하는 지수로 사용하기 위하여 갈조류에 대한 녹조류의 비(C/P), 갈조류에 대한 홍조류의 비(R/P), 갈조류에 대한 녹조 및 홍조류의 비(R+C)/P를 계산하였다. 해조류의 기능형은 출현종의 형태 및 내부구조에 따라 엽상형(sheet form), 사상형(filamentous form), 성긴분기형(coarsely form), 다육질형(thick leathery form), 유절산호말형(jointed calcareous form)의 5개 그룹으로 구분하였으며, 본 조사에서 각상형 산호조의 채집은 이루어지지 않았으므로 각상형은 해조류 기능형 분석에서 제외하였다(Littler and Littler 1984).

조사지 개황

추자도는 행정구역상 제주도 제주시 추자면으로(동경 126° 30", 북위 34° 20") 4개의 유인도(상, 하추자도, 횡간도, 추포도)와 38개의 작은 무인도로 구성되어 있으며, 제주도 해역을 거쳐 오는 쿠로시오 난류의 한 지류인 쓰시마 난류의 영향을 받고 있다. 쓰시마 해류(Tsushima Current)는 대한해협을 거쳐 동해로 유입하며 일본 열도의 서해안을 따라 북상하는데, 겨울철에도 추자도 연안 표면해수의 온도에 영향을 주는 것으로 보고되었다(Rho and Kim 1983). 추자도의

Table 1. Seasonal seaweed floras, biomass (g wet wt m^{-2}) and functional (F) form in Chuja Island, Korea

Species	Yecho				Hupo				F-form
	Au	Wi	Sp	Su	Au	Wi	Sp	Su	
Chlorophyta									
Bryopsis plumosa	16.4	+	+	+	+	+		+	F
Caulerpa okamuraie				+				+	CB
Chaetomorpha moniligera	+								F
Cladophora pusilla			+	+				+	F
Cladophora sakaii					+	+			F
Cladophora wrightiana					+	+	+		F
Codium arabicum	+			+			+	+	TL
Codium fragile	+	+			+	+			CB
Codium subtubulosum			+						CB
Monostroma nitidum		+	+						S
Ulva compressa				+					S
Ulva intestinalis			+	+		+		+	S
Ulva linza			179.4	+			+	+	S
Ulva pertusa	14	+	4.7	242.3	5.3	9.5	+	12.4	S
Ulva prolifera				+					S
Phaeophyta									
Chorda filim				+					F
Colopomenia peregrina				+					TL
Colpomenia bullosa						+	+		S
Colpomenia phaeodactyla	+	+	+						S
Colpomenia sinosa	+	+	+			+	+	+	TL
Cutleria cylindrica			+				+		CB
Dictyopteria latiuscula				+					CB
Dictyopteris divaricata				+	+	+	+	+	CB
Dictyopteris prolifera				+		+			CB
Dictyota dichotoma	+		+	+	46	+	+	+	S
Dilophus okamurai				+					S
Ecklonia cava	+	+	+				+	+	TL
Ectocarpus arctus								+	F
Endarachne binghamiae							+		S
Hizikia fusiformis	1229	3333	+	2790	340.8	2675	534.4	294.8	CB
Ishige okamurae	+	+	235.2	+	85.8	+	+	+	CB
Ishige sinicola		+	132.2	+			+	+	TL
Leathesia difformis			+	+			+	+	TL
Melanosiphon intestinale			+						F
Myagropsis myagroides	+	+				+			CB
Myelophycus simplex	+	+	7.5	+	+	+	+	+	F
Pachydictyon coriaceum			+	+					S
Padina arborescens	+	+	+					+	S
Papenfusiella kuromo			+	+			+		F
Petalonia binghamiae			+						S
Petrospongium rugosum			+	+					S
Punctaria latifolia			+				+		S
Sargassum confusum	+	1267.3	+			201.6			CB
Sargassum coreanum	+	+			160.5	3600.6	1885.4	2228.2	CB
Sargassum cornea			+						CB
Sargassum filicinum	793.2		+			222			CB
Sargassum fulvellum		+		+				+	CB
Sargassum hemiphyllum	+		+			755.4	+	603.7	CB
Sargassum horneri		+			+	+	+	+	CB

Table 1. (continued)

Species	Yecho				Hupo				F-form
	Au	Wi	Sp	Su	Au	Wi	Sp	Su	
Sargassum micracanthum	+								CB
Sargassum patens	+				+	+	+	+	CB
Sargassum piluliferum			+						CB
Sargassum ringgoldianum		+		+					CB
Sargassum sagamianum					+				CB
Sargassum serratifolium	+	+						+	CB
Sargassum siliquastrum			+			+			CB
Sargassum tunbergii	74.8	1495.3	+	+	584.4	920.9	87.2	18.7	CB
Sargassum yamadae	+		+						CB
Sargassum yezoense	+			4200	2460	3628.1	1463.2	3740	CB
Scytosiphon lomentaria			+			+	120		CB
Sphacelaria rigidula				+				+	F
Undaria pinnatifida		+	+				+	26.3	TL
Rhodophyta									
Acrosorium flabellatum		+	+						S
Acrosorium polyneurum		+	+	0.6		+	+		S
Acrosorium uncinatum				+				+	S
Acrosorium venulosum				+					S
Acrosorium yendoi	14	10.9	+	+		+	+		S
Ahnfeltiopsis flabelliformis		36.9	+	+	+	+	+		CB
Alatocladia modesta		22	+	+		180.7		+	JC
Ampiroa pusilla						215.9			JC
Anotrichium tenue	+	+		+		+		+	F
Asparagopsis taxiformis			+	+					CB
Benzaitenia yenoshimensis				+					CB
Bonnemaisonia hamifera			+				+		CB
Callophyllis adhaerens	+	+	+	+					S
Callophyllis japonica			+	+					S
Campylaephora hypnaeoides			+						CB
Carpopeltis affinis	185.2	127.8	+	14.3	75.2	193.4	+	+	CB
Carpopeltis crispata				+				+	CB
Caulacanthus okamurae							+	+	F
Centroceras clavulatum					+		+		F
Ceramium boydenii			+						F
Ceramium japonicum			+						F
Ceramium paniculatum					+	+			F
Champia parvula	32.4	+	+	+	+	+	+	+	F
Chondracanthus intermedius	11.6	5.4	+	+	6.7	50.2	+	+	CB
Chondracanthus tenellus	248.8	756.4	36.5	27.9		+	+	+	CB
Chondria carassicaulis	+		+	46.4	+	+	+	+	CB
Chondria dasyphylla				+					CB
Chondria expensa	+				+	+		+	CB
Chondrophycus intermedia		3.3				88.2	+		CB
Chondrus crispus				+					TL
Chondrus occellatus	+	7.4	+	12	+	+	+	+	TL
Chondrus verrucosus			+	+				+	TL
Chrysimenia wrightii				+				+	CB
Corallina officinalis				+	186.3	256.8		+	JC
Corallina pilurifera		4.6		+		99.8		154.1	JC
Dasya collabens				+		+		+	F
Dasya sesslis				+					F

Table 1. (continued)

Species	Yecho				Hupo				F-form
	Au	Wi	Sp	Su	Au	Wi	Sp	Su	
Dasya villosa				+				+	F
Gelidium divaricatum	+			+	+	+			CB
Gelidium elegans	+	23.3	+	10	+	+	+	+	CB
Gelidium tenue				+				+	CB
Gloiopeltis complanata			+		+	+		+	CB
Gloiopeltis furcata			105.6	+			+	+	CB
Gloiopeltis tenax			+	+	+	+	+	+	CB
Gracilaria incurvata		+		+					TL
Gracilaria textorii		+	+	+		+			TL
Gracilaria vermiculophylla			+						F
Grateloupia acuminata			+	+					TL
Grateloupia carnosa				+			+		TL
Grateloupia elliptica	36.4	752.6		907.4		+	+	+	TL
Grateloupia filicina			+			+	+	+	CB
Grateloupia imbricata	6.4	6.5		+				+	TL
Grateloupia lanceolata			+			+			TL
Grateloupia livida					+	+		+	TL
Grateloupia sparsa			+	+					TL
Griffithsia japonica							+		F
Helminthocladia australis	+								CB
Helminthocladia macrocephala			+						CB
Herpochondria elegans				+					CB
Heterosiphonia japonica			+	5.4			+		F
Heterosiphonia pulchra	+		+	+	+		+		F
Hypnea charoides	188	8.8		2.1	8.4	+			CB
Hypnea flexicaulis				+					CB
Hypnea japonica				+			+		CB
Hypnea panosa	+								CB
Hypnea saidana	+			+				+	CB
Jania ungulata				+					JC
Laurencia intermedia				401.5		88.2			CB
Laurencia nipponica								+	CB
Laurencia obtusa				+					CB
Laurencia okamurae		3.3		275	3.5			492	CB
Laurencia pinnata	+			+	+		+	+	CB
Laurencia undulata			+	+				+	CB
Laurencia venusta	+	+	+	+				+	CB
Leveillea jungermannioides			+						CB
Lomentaria catenata	62	43.2	477.5	+		+	+	+	CB
Lomentaria hakodatensis	+		+	+			+		CB
Martensia denticulata	+								S
Neosiphonia harlandii							+		F
Neosiphonia yendoi		+	+						F
Neosiphonia japonica				+	+	+			F
Plocamium cartiagineum				+					CB
Plocamium leptophyllum		+	+	+					CB
Plocamium telfairiae	+		+	+				+	CB
Plumariella yoshikawae				+					F
Polysiphonia morrowii			+						F
Porphyra ishigecola			+				+		S
Porphyra suborbiculata		+				+			S
Prionitis cornea	98.4	127.8	+	+		+	+	+	CB

Table 1. (continued)

Species	Yecho				Hupo				F-form
	Au	Wi	Sp	Su	Au	Wi	Sp	Su	
Prionitis crispata			+						CB
Prionitis divaricata			+	+					CB
Pterocladiella capillacea	106.8	4.3		0.8	+	+	+	+	CB
Pterocladiella tenuis			+	+					CB
Pterothamnion yezoense						+			F
Ptilonia okadae				+					CB
Rhodymenia intricata						+			S
Scinaia japonica				+					CB
Sinkoreana lancifolia	+		+		+	+			S
Symphyocladia latiuscula	184.8		+	1.4			+		CB
Wrangelia tayloriana				+					F

Abbreviations: Au-Autum; Wi-Winter; Sp-Spring; Su-Summer; CB, coarsely branched form; F, filamentous form; JC, jointed calcareous form; S, sheet; TL, thick leathery form

2006년과 2007년 연평균 수온은 16.6°C와 16.1°C였고, 월평균 수온 변동을 살펴보면, 8월에 26.1°C와 25°C로 최고이고 3월에 10.9°C와 10.8°C로 최저였다(국립해양조사원 자료)(Fig. 1).

상추자도 대서리 북서쪽 끝에 위치하고 있는 후포(다무래미)는 파도의 영향을 직접 받는 곳으로 표면이 거칠지 않은 암반형 조간대가 편평하게 잘 발달되어 있으나, 경사가 심하고 조간대의 전체 폭은 좁다. 하추자도 예초항 주변은 암반과 함께 자갈 및 모래질로 구성된 조간대가 형성되어 있는 곳으로 파도의 영향은 거의 없고 조수웅덩이의 발달도 적은 곳이다.

결 과

종조성

추자도의 예초와 후포 해안에서 채집 동정된 해조류는 총 162종으로 녹조 15종(9.3%), 갈조 47종(29%), 홍조 100종(61.7%)으로 홍조류의 비율이 가장 높았다(Table 1). 계절별로는 가을 총 66종, 겨울 총 75종, 봄 총 100종, 여름 총 113종으로 여름에 가장 풍부하였다(Table 2). 지역별로는 예초에서 145종이 출현하였고, 후포에서는 104종이 나타났다. 추자도 해안에서 연중 관찰되는 해조류는 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 감태(*Ecklonia cava*), 톳(*Hizikia fusiformis*), 패(*Ishige okamurae*), 모자반 종류(*Sargassum* spp.), 부챗살(*Ahnfeltiopsis flabelliformis*), 진두발(*Chondrus ocellatus*), 우뭇가사리(*Gelidium elegans*), 참도박(*Grateloupia elliptica*) 등 30종으로 나타났다(Table 1). 조간대 해조상을 정성채집한 결과에 근거해서 수직분포를 살펴보면, 조간대 상부에는 불등풀가사리, 애기풀가사리, 풀가사리 종류와 바위수염, 패 등이 혼생하여 군락을 형성하고 있으며, 조간대 중부에는 서실, 지충이, 진두발 등이 생육한다. 조간대 하부에는 검은서실, 톳, 미역, 도박 등이 나타나며, 저조선 아래에는 모자반류와 감태 등의 대형 갈조류들이 번무하고 있다.

Table 2. Total number of seaweed species collected in Chuja Island, Korea

	Au	Wi	Sp	Su	Total
Chlorophyta	7	7	9	9	15 (9.3%)
Phaeophyta	22	27	34	30	47 (29.0%)
Rhodophyta	37	41	57	74	100 (61.7%)
Total	66	75	100	113	162(100%)

해조상의 지역적 특성을 표현하는 지표로 사용되어 온 R/P 값은 홍조류와 갈조류의 출현종 수에 의해 표시되는 것으로, 계절별 R/P 값은 가을 1.7, 겨울 1.5, 봄 1.7, 여름 2.5로 여름에 최대값을 겨울에 최저값을 보였으며, 사계절 동안 확인된 종에 근거한 평균값은 2.1이었다. 계절별 C/P 값은 0.3으로 사계절 모두 동일한 값을 나타내었다. 또한 (R+C)/P 값은 계절별로 각각 가을 2.0, 겨울 1.8, 봄 1.9, 여름 2.8로 역시 여름에 최대값을 겨울에 최저값을 보였고, 사계절 출현종의 평균값은 2.4로 확인되었다.

해조류 기능형군 비율은 채집 조사된 전체 162종 중에서 성긴분기형 71종(43.8%), 사상형 26종(16%), 엽상형 42종(25.9%), 다육질형 18종(11.1%), 유절산호말형 5종(3.1%)의 순으로 나타났다(Table 3). 출현한 해조류를 생물학적 상태그룹(ecological state group)으로 구분하여 보면, ESG I에 속하는 해조류가 23종(14.2%), 교란이나 환경오염이 상대적으로 심한 해역에서 출현하는 ESG II에 속하는 해조류가 139

Table 3. Total species number of seaweed functional form in four seasons collected in Chuja Island, Korea

F-form	Au.	Wi.	Sp.	Su.	Total
CB	39 (59.1%)	37 (49.3%)	48 (48.0%)	58 (51.3%)	71 (43.8%)
F	11 (16.7%)	11 (14.7%)	18 (18.0%)	17 (15.0%)	26 (16.0%)
JC	1 (1.5%)	3 (4.0%)	1 (1.0%)	4 (3.5%)	5 (3.1%)
S	8 (12.1%)	13 (17.3%)	19 (19.0%)	16 (14.2%)	42 (26.0%)
TL	7 (10.6%)	11 (14.7%)	14 (14.0%)	18 (15.9%)	18 (11.1%)
Total	66 (100%)	75 (100%)	100 (100%)	113 (100%)	162 (100%)

종으로 전체 출현종의 85.8%를 차지하였다. 계절별로 기회종인 생태학적 상태그룹(ESG II)에 속하는 출현종수는 봄에 85종(85%), 여름에 91종(80.5%), 가을에 58종(87.9%), 겨울에 61종(81.3%)으로 가을에 가장 높은 비율을 보였으며, 출현종수는 여름에 최대 91종으로 나타났다(Table 1).

생물량

추자도 조사지역 조간대 해조군집의 연간 전체 평균 생물량(g wet wt m^{-2})은 생체량으로 400 g인데, 지역별 연간 평균 생물량은 후포가 553 g으로 300 g인 예초리 보다는 높았다. 두 조사지역 전체의 계절별 평균 생물량을 살펴보면, 가을에 252 g, 겨울에 271 g, 봄에 405 g, 여름에 660 g으로서 여름에 가장 많았고 가을에 가장 적은 것으로 나타났다(Fig. 2). 한편, 예초리의 계절별 평균 생물량은 가을에 194 g, 겨울에 292 g, 봄에 147 g, 여름에 559 g으로 나타났고, 후포 지역의 계절별 평균 생물량은 가을에 291 g, 겨울에 263 g, 봄에 818 g, 여름에 841 g으로 나타났다.

추자도 해조군집 중에서 연간 전체 평균 생물량이 가장 높게 나타난 것은 왜모자반(*Sargassum yezoense*)과 큰잎모자반(*Sargassum coreanum*)이며 그 값은 각각 1317 g, 1150 g이었다. 이외에도, 알쏭이모자반(*Sargassum confusum*), 톳(*Hizikia fusiformis*), 고사리모자반(*Sargassum filicinum*), 참도박(*Grateloupia elliptica*) 등의 순서로 평균생물량이 많았다. 또한 각 지역별 연간 평균 생물량은 예초리에서 왜모자반(4200 g), 톳(1838 g), 알쏭이모자반(1267 g)이 높았으며, 후포에서는 큰잎모자반(1150 g)과 왜모자반(1112 g) 등이 많은 생물량을 보였다. 한편, 두 조사지역 전체의 계절별 평균 생물량이 가장 높은 종류를 살펴보면, 가을에는 왜모자반(2460 g)과 고사리모자반(793 g)이, 겨울에는 큰잎모자반(1191 g)과 알쏭이모자반(734 g)이, 봄에는 큰잎모자반(1885 g)과 왜모자반(1463 g)이, 여름에는 왜모자반(3970 g), 큰잎모자반(2228 g), 톳(1542 g), 참도박(907 g) 등의 순으로 나타났다. 지역별 계절에 따른 생물량을 비교해보면, 후포에서는 사계절 모두 왜모자반과 큰잎모자반이 높게 나왔으며, 예초리에서는 톳, 지충이(*Sargassum thunbergii*), 알쏭이, 왜모자반, 그리고 참도박 등이 많은 생물량을 나타내었다(Table 4).

고 찰

조간대 해조류의 종조성에 대한 연구 결과는 참여하는 분류학자들의 명수와 전공 분류군의 차이, 조사지의 개황, 채집상의 문제점 등으로 인하여 다른 지역의 연구와 일반적인 관점에서 서로 비교한다는 것은 어려운 일이지만, 대부분의 해조상 연구결과들이 일시적인 변이성을 보인다는 것은 중요한 정보가 된다(Rindi and Guiry 2004). 즉 본 연구의 주안점이 추자도에 생육하는 이산화탄소 흡수원으로서의 해조류 생물량과 종조성에 대한 기초자료 확보이므로, 조사결과 확보된 추자도 해조상 데이터는 장기 모니터링 비교를 위한 기초생태자료로써 충분한 가치를 지닐 수 있다고 판단된다.

본 조사에서 채집 동정된 추자도 두지역의 조간대 해조류는 녹조류 15종, 갈조류 47종, 홍조류 100종으로 총 162종의 생육이 확인되었으며, 채집과 동정상의 어려움 등으로 인하여 미소조를 제외하였는데도 불구하고 홍조류가 61.7%로 가장 많았다. 조사 시기별로는 여름에 113종으로 가장 많은 해조류가 관찰되어서 출현종은 여름으로 갈수록 증가하고 겨울로 갈수록 감소하였으나 본 결과는 채집이 가능한 시간대에 따라서 다소의 편차가 나타날 수 있다고 생각한다. Lee *et al.* (1986)은 1985년 7월 중순부터 4일간 5개의 추자군도에서 조사를 수행하였고 그 결과 179종의 해조상을 보고한 바 있다. 5개 조사지점 중에서 본 논문의 연구지점인 예초와 후포에 가장 가까운 두 곳에 대한 결과를 살펴보면, 상추자도 방파제에서 총 67종, 하추자도에서는 묵리와 신양리 두 곳에서 총 91종의 해조류 생육을 보고하였다. 본 연구 결과에서는 상추자도인 후포에서 총 64종, 하추자도인 예초에서 총 97종의 생육이 확인되어서 작은 차이가 있었다. 결론적으로 20년전에 조사된 추자도 하계 해조상에 대한 결과는 본 연구의 결과와 전체 종수에서 다소의 차이를 보이는데, 그 이유는 1986년에는 추자도의 5개 섬에서 SCUBA diving을 통하여 조사가 실시되었기 때문일 것이다. 즉 조하대에 생육하는 다양한 해조류의 채집이 가능하였지만 본 연구에서는 조간대에 생육하는 해조류 종조성 조사만을 수행하였기 때문이다. 조하대 서식지에서 관찰할 수 있는 해조류의 종류와 조

Table 4. Major species based on the total biomass at Yecho and Hupo, Chuja Island

	Au	Wi	Sp	Su
Yecho	*Hizikia fusiformis* *Sargassum filicinum* *Chondracanthus tenellus*	*Hizikia fusiformis* *Sargassum thunbergii* *Sargassum confusum* *Grateloupia elliptica*	*Lomentaria catenata* *Ishige okamurae*	*Sagassum yezoense* *Hizikia fusiformis* *Grateloupia elliptica* *Ulva pertusa*
Hupo	*Sargassum yezoense* *Sargassum thunbergii* *Hizikia fusiformis*	*Sargassum yezoense* *Sargassum coreanum* *Hizikia fusiformis* *Sargassum thunbergii*	*Sargassum coreanum* *Sargassum yezoense* *Hizikia fusiformis*	*Sargassum yezoense* *Sargassum coreanum* *Sargassum hemiphyllum*

Table 5. Composition of summer marine algae at several localities from south western coasts of Korea

Division	Chujado		Jindo-gun	Wando-gun	Chongsando	Geomundo
	This study	Previous				
Chlorophyta	9	16	14	16	9	14
Phaeophyta	30	39	24	29	26	36
Rhodophyta	74	124	78	101	60	80
Total (species)	113	179	116	146	97	130
Reference	This study	Lee *et al.* 1986	Lee *et al.* 1983	Lee & Boo 1982	Lee *et al.* 1990	Lee & Boo 1984

간대에서만 제한적으로 조사한 것들과는 차이가 있는 것으로 사료된다.

한편, 추자도가 위치해 있는 남서해안 주변 지역인 진도(Lee *et al.* 1983), 완도(Lee and Boo 1982), 청산도(Lee *et al.* 1990), 거문도(Lee and Boo 1984) 등지에서 여름철에 조사 보고된 하계 도서지역 해조상 연구 결과들과 비교하였다(Table 5). 본 연구를 통하여서 추자도에서 하계에 조사된 해조류의 종수가 다소 적은데, 그 이유는 추자도의 조사지소가 2개 지역에 국한되었으며, 산호말류와 미세 홍조류에 대한 채집과 동정을 생략하였기 때문인 것으로 추정된다. 각 분류군의 출현종수를 기준으로 해조류의 지리적 분포의 특징을 나타내는 값을 계산한 결과 R/P 값(Feldman 1937)은 2.1, C/P 값(Segawa 1956)은 0.3, (R+C)/P 값(Cheney 1977)은 2.4로 나타났다. 이 값들을 근거로 하여 추자도 해조류 식생을 추정해 보면, R/P 및 (R+C)/P 값 기준으로는 온대성을 보이지만 C/P 값 기준으로는 한대성을 보여서 혼합형 해조상으로 특징지을 수 있다.

일반적으로 한대에서 아열대 해역의 C/P 값이 0.4–1.5, 한 · 온대에서 열대해역의 R/P 값은 1.1–4.3의 범위 내에 있다(Segawa 1956; Feldman 1937)고 알려졌는데, Sohn *et al.* (2007)은 동해연안 조간대 12지역의 해조군락에 대한 조사 결과로 C/P 값은 0.2–2.0, R/P 값은 0.5–6.0의 분포를 나타낸다고 보고하였으며 이것은 매우 복잡한 해조상의 특징을 보이는 결과라고 추정된다.

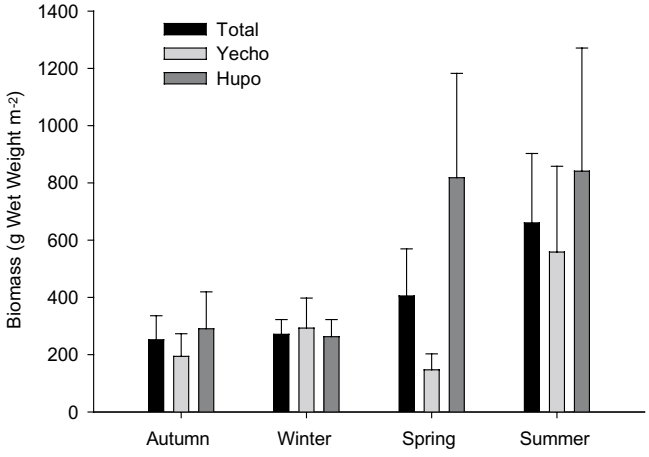

Fig. 2. Seasonal changes of the mean biomass value of seaweed in Chuja Island.

추자도의 해조류 생물량(g wet wt m^{-2})에 대한 조사 결과는 예초와 후포 지역에서 모두 여름에 가장 많았고 가을에 적게 나타났다. 해조류 중에서 가장 높은 생물량을 보인 것은 왜모자반과 큰잎모자반 종류이며 이외에도 알쏭이모자반, 고사리모자반, 톳, 도박 등이 많은 생물량을 보였다. 예초리에서는 여름철에 톳과 참도박 등의 생물량도 높게 나왔으나, 후포에서는 조하대에 모자반류가 대량으로 번무하고 있어서 높은 값을 나타내었다. 추자도 출현 해조류의 기능형과 생태학적 그룹을 살펴보면, ESG I에 속하는 해조류가 23

종(14.2%), 교란이나 환경오염이 상대적으로 심한 해역에서 출현하는 기회종인 ESG II에 속하는 해조류가 139종으로 전체 출현종의 85.8%를 차지하였다. 또한 계절별로 살펴보면 ESG II에 속하는 출현종수는 여름에 91종 (80.5%)으로 가장 높게 나타났으며, 이와 같은 결과는 서해안 태안반도의 해조상 연구와 영광지역의 해조류 기능형 분석에서도 유사하게 나타났으며, 또한 남해안과 동해안의 결과에서도 커다란 차이를 보이지 않았다(Lee *et al.* 2007; Hwang *et al.* 1996).

추자도 조사지역의 해조류는 조간대 상부에 불등풀가사리가 생육하고 이어서 바위수염, 패 등이 폭 넓게 분포하며, 중하부에 도박, 톳, 진두발 등이 군락을 형성한다. 또한 조간대 하부에는 모자반의 다양한 종류가 번무하고 있었다. Lee *et al.*(1986)은 추자군도의 하계 해조상 조사결과 조간대 지역에 풀가사리과 식물-바위수염-패-지충이-톳-도박-보라색우무-서실-진두발-모자반류 등의 순서로 수직분포를 보인다고 보고하였고 또한 상추자도의 조하대에 옥덩굴이 50-60 cm 폭으로 군락을 형성하고 있으며 구멍갈파래 군락의 형성도 보고한 바 있다. Lee and Boo(1982)는 완도인근도서의 하계 해조군집의 수직분포를 불등가사리-바위수염-패-톳-지충이-산호조-모자반류-가시우무-감태의 순서로 언급하였다. 한편 진도 인근도서(Lee *et al.* 1983)에 관한 수직분포에서는 조간대 중부에 뜸부기(*Silvetia siliquosa*)가 생육하는 특징이 보고 되었지만 추자도에 관한 본 연구에서는 뜸부기가 출현하지 않아서 25년 전 남서해안의 식생과는 차이를 보였다. Kang(1966)은 제주도구에 생육하는 해조류중 한대지역에서 기원된 종이 2%이고, 아열대지역에서 기원된 종이 10%로 다른 구들과는 뚜렷한 차이를 보인다고 언급하였다. Lee *et al.*(1986)은 추자도에 생육하는 해조류의 분포구역을 제주도구에 포함시키는 것이 바람직하다고 보고하였는데 그 근거로 옥덩굴이 큰 군락을 이루며 번무한다는 점과 제주해협의 난류가 겨울에 추자도 부근까지 영향을 미치므로 추자도의 해조류 생육에 대한 해양 환경조건이 제주도에 가깝다고 설명하였다.

국립수산과학원 제주수산연구소에서 1982년부터 1984년까지 하추자도 예초리 연안에서 측정한 표면 수온의 평균치는 2월에 10.33°C로 가장 낮았고, 8월에는 23.26°C로 가장 높았다(Lee *et al.* 1986). 한편 2006년과 2007년에 측정된 추자도 연안의 연평균 수온은 각각 16.6°C와 16.1°C였고, 월평균 수온 변동에서는, 8월에 26.1°C와 25°C로 최고이고 3월에 10.9°C와 10.8°C로 최저였다(국립해양조사원 자료). 1982-1984년 자료와의 비교를 위하여 2007년 2월의 수온을 살펴보면 11.4°C로 나타났다. 추자도 연안에서 측정된 평균 수온을 25년의 세월이 흐른 2006-2007년의 자료와 비교를 해보면 여름철에는 약 2°C 정도로 겨울철에는 약 1°C 정도로 추자도 연안의 표면수온이 상승했다는 것을 알 수 있다. Kang(1966)은 연중 난류의 영향을 받으며 한류의 영향은 받지 않고 2월의 평균 표면수온이 14-15°C 범위가 되는 지역을 제주도구의 특성으로 언급하였는데, 실제 추자도의 2월 평균 표면 수온은 제주도구 보다 4-5°C 정도 더 낮은 것으로 확인되었다. 한편, Lee *et al.*(1990)은 남해 청산도의 해조상과 군집구조에 대한 연구에서 완도 인근 도서지역과 청산도는 남서해안의 내만성 구역에 포함되어야 함을 시사하였으며, 그 근거로 한국 남서해안의 표층 수온과 염분도의 경계가 추자도-거문도-완도군-청산도 사이에서 이루어진다는 점을 들었다. 따라서 추자도에 생육하는 해조군집의 특성은 표층수온으로 보아 제주도구보다 남해구와 더 유사할 수 있다는 가능성을 배제할 수 없다.

결론적으로 추자도 해안에서 생육이 확인된 해조류는 총 162종이며, 여름에 가장 많은 해조류가 관찰되어서 출현 종은 여름으로 갈수록 증가하고 겨울로 갈수록 감소하는 경향을 보였다. 한편 추자도 해조류 생물량의 연간 변동에서 전체 평균 생물량은 생체량으로 400 g wet wt^{-2}인데 여름에 660 g으로서 가장 많은 것으로 나타났다. 생물량을 기준으로 추자도 연안 해조군집에서 주요종은 연간 전체 평균 생물량이 가장 높게 나타난 왜모자반과 큰잎모자반이며, 이외에도, 알쏭이모자반, 톳, 고사리모자반, 참도박 등을 포함시킬 수 있다. 이상의 결과로 볼 때, 비록 현재까지는 추자도 연안 해조군집이 아직 잘 보존되어 있는 실정이지만 지속적인 기후변동은 추자도 해조류의 종조성과 생물량에 많은 영향을 미칠 수 있을 것이다. 또한 현재 개발로 인한 해안공사가 많이 진행되고 있고, 교란 및 오염된 지역에서 출현하는 ESG II에 속하는 해조류가 전체 출현종의 85.8%를 차지한다는 점에서 이미 생태계의 교란이 시작되고 있는 것으로 추정된다. 따라서 추자도 자연 해조 생태계에 대한 이해와 보존을 위하여 종조성과 생물량에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것이다. 특히 지구온난화와 같은 장기간에 걸친 환경변화에 대처하기 위해서는 생물지표자로서의 역할을 수행하는 해조군집의 변동에 대한 지속적인 연구를 통하여서 기초자료가 되는 정보를 수집해야만 할 것이다.

사 사

본 연구는 국토해양부 '해조류를 이용한 온실가스 저감기술 개발' 연구개발사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

Cheney D.P. 1977. R and C/P- A new improved ratio for comparing seaweed floras. *Suppl. J. Phycol.* **13:** 129.

Feldmann J. 1937. Recherches sur la vegatation marine de la Mediterranee. *Rev. Alg.* **10:** 1-340.

Hwang E.K., Park C.S., Sohn C.H. and Koh N.P. 1996. Analysis of functional form groups in macroalgal community of Yonggwang vicinity, western coast of Korea. *J. Kor. Fish. Soc.* **29:** 97-106.

Kang J.W. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.* **7:** 1-125.

Lee I.K. and Boo S.M. 1982. A summer marine algal flora of Islands in Wando-Kun. *Rep. Survey Nat. Env. Korea* **2:** 209-232.

Lee I.K. and Boo S.M. 1984. A summer marine algal flora in Keomundo Islands Southern coast of Korea. *Rep. Survey Nat. Env. Korea* **4:** 207-230.

Lee I.K., Choi D.S., Oh Y.S., Kim G.H., Lee J.W., Kim K.Y. and Yoo J.S. 1990. Marine algal flora and community structure of Chongsando Island on the south sea of Korea. *Korean J. Phycol.* **6:** 131-143.

Lee I.K., Lee H.B. and Boo S.M. 1983. A summer marine algal flora of Islands in Jindo-gun. *Rep. Survey Nat. Env. Korea* **2:** 293-311.

Lee I.K., Lee Y. and Chung H. 1986. A summer algal flora of Chuja Islands. *Rep. Survey Nat. Env. Korea.* **5:** 287-308.

Lee K.H., Yoo H.I. and Choi H.G. 2007. Seasonal community structure and vertical distribution of medicinal seaweeds at Kkotji in Taean peninsula, Korea. *Algae* **22:** 209-219.

Lee Y. and Kang S. 2001. *A Catalogue of the Seaweeds in Korea*. Cheju National University Press, Cheju, 662 pp.

Littler M.M. and Littler D.S. 1984. Relationships between macroalgal functional form groups and substrate stability in a subtropical rocky intertidal system. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **74:** 13-34.

Rho, H.K. and Kim K. 1983. Variations of sea surface temperature between Jeju and Mogpo and between Jeju and Wando. *J. Ocean. Soc. Korea*, **18:** 64-72.

Rindi F. and Guiry M.D. 2004. A long-term comparison of the benthic algal flora of Clare Island, County Mayo, western Ireland. *Biodiversity Conserv.* **13:** 471-492.

Segawa S. 1956. *Colored illustrations of the seaweeds of Japan*. Osaka, Pub. Co., LTD. 195 pp.

Sohn C.H, Chang G.C. and Kim H.G. 2007. Algal communities and useful seaweed distribution at Gangnung and it's vicinity in east coast of Korea. *Algae* **22:** 45-52.

Tribollet A.D. and Vroom P.S. 2007. Temporal and spatial comparison of the relative abundance of macroalgae across the Mariana Archipelago between 2003 and 2005. *Phycologia* **46:** 187-197.

Received 3 November 2008
Accepted 25 November 2008