



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

제주도 우도 연안 해조류의  
군락구조 및 생물량 계절변동

제주대학교 대학원

생물학과

강 정 찬

2011년 2월

# 제주도 우도 연안 해조류의 군락구조 및 생물량 계절변동

지도교수 김 명 숙

강 정 찬

이 논문을 이학 석사학위 논문으로 제출함

2011년 2월

강정찬의 이학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

제주대학교 대학원

2011년 2월

Seasonal Variation of macroalgal Community  
structure and Biomass  
at Udo, Jeju Island, Korea

Jeong-Chan Kang

(Supervised by Professor Myung-Sook Kim)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement form the degree of  
Master of Science

2011. 2.

This thesis has been examined and approved.

---

Thesis director, Moon-Hong Kim, Professor of Biology

---

---

Date

Department of Biology  
GRADUATE SCHOOL  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

## ABSTRACT

Udo is located at the easternmost part of Jeju Island, Korea. This study was investigated macroalgal flora, community structure and biomass at the northern part, Jeonheul and southern part, Cheonjin of rocky shore in Udo. The collections were conducted using quadrat method on line-transect ranged from upper intertidal to 9 m depth of subtidal zone during a year. A total of 231 macroalgal species was confirmed: 26 green, 56 brown and 149 red. In the seasonal variation of macroalgal community, the dominant species based on coverage, frequency and biomass is same in both sites: *Ecklonia cava* during summer and autumn, *Sargassum fusiform* during winter, but in spring, *Sargassum horneri* at Cheonjin and *Ecklonia cava* at Jeonheul. In addition, there were represented *Sargassum fusiform* and *Ishige okamurai* in the intertidal zone and *Ecklonia cava*, *Plocamium telfairiae*, *Amphiroa anceps* and *Sargassum* spp in subtidal zone. The vertical distribution of macroalgae at Udo was characterized by *Ishige okamurai*, *Sargassum fusiform*, *Corallina pilulifera* and *Ecklonia cava*. The mean biomass during a year was similar between two sites, approximately 2400g w.weight/m<sup>2</sup>. The representative alga by mean biomass was *Ecklonia cava* and the value was 874.89g. The highest value of biomass was recorded at the middle intertidal zone in spring, whereas the lowest value was at the upper intertidal zone in summer. Ecological status estimated by Ecological Evaluation Categories was different from two sites: Jeonheul was 'moderate' and Cheonjin was 'good'. Although the number of cold water macroalgal species tend to be decrease, diversity index and dominant index indicate that the seaweed community structure at Udo of Jeju Island is still stable showing relatively higher macroalgal biomass and diversity than other coast of Korea.

**Key words:** Udo, Marine algae, Seasonal variation, Community structure, Biomass.

## 목 차

Abstract .....	1
목차 .....	2
List of Tables .....	3
LISt of Figures .....	4
I. 서론 .....	5
II. 재료 및 방 법 .....	8
1. 조사 방법 .....	8
2. 종조성 분석 .....	9
3. 수직분포, 생물량 및 생태학적 상태 분석 .....	9
III. 결과 .....	14
1. 조사지 개황 .....	14
2. 종조성 .....	14
3. 군락구조 .....	19
4. 생물량 .....	22
5. 생태학적 상태 .....	24
IV. 고찰 .....	28
V. 요약 .....	34
VI. 인용문헌 .....	35

## LIST OF TABLES

Table 1. Evaluation of community stability and environmental condition according to the diversity and dominance indices (Park et al. 2006). .....	13
Table 2. Seasonal change of the value by C/P, R/P ratio at Udo, Jeju Island (Summer 2009 ~ Spring 2010). ....	17
Table 3. Comparisons of species composition (%) based on the habitat climate zone and flora characteristics at several localities from the coasts of Korea. ....	18
Table 4. Seasonal variation of each ecological status group (ESG I and ESGII) based on mean coverage (%) and ecological evaluation categories (EEC) from two sites at Udo, Jeju Island. ....	25
Table 5. Seasonal variation of community indices from two site at Udo. ...	26
Table 6. Results of ANOVA for marine macro-algal species from Udo, Jeju Island. ....	27
Table 7. Comparisons of algal biomass among this study and other coasts in Korea. ....	33

## LIST OF FIGURES

- Figure 1. Collection sites of Udo in Jeju Island, and four comparing based on the reference sites in Korea. .... 11
- Figure 2. A matrix based on the mean abundance (%) of ESGs to determine the ecological status transitional and coastal waters (Orfanidis et al. 2001). .... 12
- Figure 3. Total number of marine algal species by season collected at Udo, Jeju Island (Summer 2009 ~ Spring 2010). .... 16
- Figure 4. Seasonal and vertical variation of community structure by dominant species from Cheonjin and Jeonheul of Udo, Jeju Island. .... 21
- Figure 5. Vertical and seasonal variation of algal biomass from two sites at Udo, Jeju Island. .... 23

## I. 서 론

해조류는 바다에 생육하는 광합성 식물로 해양생태계에서 생산자의 기능을 하며 연안에 서식하는 어패류의 생활공간을 제공하고 있다. 또한 인간사회에 식용, 공업용 원료, 사료, 비료, 의약품 원료, 바이오에너지원 등으로 이용되고 있다 (Dawes 1998).

해조류의 생육에 영향을 주는 요인은 크게 비생물적 요인과 생물적 요인으로 구분되는데, 비생물적 요인에는 해양학적 위치, 해안의 형태, 해안의 기질 등의 지질학적 요인과 빛, 온도, 파도, 조석, 해류 등의 물리적 요인 및 해수 조성, 염도, 영양염 등의 화학적 요인 등이 작용하며, 생물적 요인으로는 생태적 단위, 생물량, 생산력, 천이 등의 해양생태학적 요인과 공생, 경쟁, 포식, 생물오손 등의 생물학적요인이 상호작용한다 (Dawes 1998; Lewis 1964; Steneck and Waltining 1982; Littler et al. 1983; Little and Kitching 1996). 한편 조간대 및 조하대 해조류의 분포를 조절하는 주요인들은 조석, 노출, 기질, 및 생물적 요소로써 분포 상한선은 건조와 온도를 포함한 비생물적 요인에 의해 제한되며, 하한선은 피식과 경쟁 등의 생물적 요인과 조도, 부착기질 등 비생물적 요인에 의해 조절된다(Dawes 1998). 특히 온도는 모든 물리적인 요소 중에서 위도에 따라 해조류 식물상의 차이점을 정하는 데 가장 중요한 역할을 한다 (Dawes 1998). 온도에 따른 해조류의 수평 분포적 특징으로서 Segawa(1956)은 갈조류에 대한 녹조류의 비 (C/P)를, Feldmann(1937)은 갈조류에 대한 홍조류의 비 (R/P)를, Cheney(1977)는 갈조류에 대한 녹조류와 홍조류의 비 (R+C)/P)를 각각 제시하였다. 바위 해안의 해조류 군락은 광범위하게 형성되어 있는 가장 생산적인 식물 군락 가운데 하나로서, 조간대와 조하대의 생산력은 열대 우림 지역 육상식물 군락의 연간 생산력( $0.5 \sim 2.5 \text{ kg} \cdot \text{C} \cdot \text{m}^{-2}/\text{yr}$ )과 동등하거나 그 이상이다 (Mann and Chapman 1975; Valiela 1984). 최근 한국연안에서는 탄소 고정자로서의 해조류 생산량을 이산화탄소 저감 효과의 일환으로 연구하고 있는 실정이다 (Kim et al. 2008; Choi et al. 2008; Ko et al. 2008).

해조군락은 연안생태계에서 발생하는 환경변화에 빠르게 반응하는 특징이 있으므로 생물지표자로서의 유용성을 제공할 수 있다 (Tribollet & Vroom 2007). Littler & Littler (1984)는 해조류의 외부형태, 내부구조, 질감, 광합성률 및 초식자의 섭식에 대한 생존전략 등을 근거로 하여 엽상 (sheet group), 사상 (filamentous group), 성긴분지 (coarsely branched group), 다육질 (thick leathery group), 유절산호 (jointed calcareous group) 및 각상 (crustose)형 등 6개의 기능형으로 구분하였다. Orfanidis et al. (2001)은 이 6가지 기능형군을 근거로 생장이 느린 후기성숙형이고 다년생이면서 경쟁종인 다육질형, 유절산호형 및 각상형에 속하는 해조류를 생태학적 상태그룹 I (Ecological Status Group I, ESG I)으로, 생장이 상대적으로 빠른 단년생이면서 기회종, 스트레스내성 황무지개척종 및 스트레스내성 경쟁종인 엽상형, 사상형 및 성긴분지형에 속하는 해조류를 생태학적 상태그룹 II (Ecological Status Group II, ESG II)로 구분하였다. 그리고 두 그룹의 평균 피도 비율을 근거로 환경상태가 나쁨 (bad), 낮음 (low), 보통 (moderate), 좋음 (good) 및 높음 (high) 등 5개의 카테고리를 제시하면서 인간의 간섭이 적은 곳일수록 ESG I의 풍도비가 높고, 교란이나 오염 등 인간의 간섭이 많을수록 ESG II의 풍도비가 높다고 하였다. 생태학적 지수는 환경상태를 나타내는 지표로 유용하게 이용할 수 있는데 (Paoletti 1999; Zahoor et al. 2003; Lee et al. 2007), 특히 우점도 지수와 다양도 지수는 서로 반비례관계로써 다양도지수가 높고 우점도지수가 낮을수록 중간 경쟁 상태는 높아지고 군락안정도는 안정화되며 환경상태는 좋은 것으로 판단할 수 있다 (Park et al. 2006).

제주도 연안의 해조류에 대한 연구는 Kang(1960)이 153종을 보고하면서 시작되었는데 특히, Kang(1966)은 한국연안 해조류의 분포에 대한 연구를 토대로 일본 홋카이도 이북에 생육하는 한대종, 일본 및 다른 지역의 온대 지역에만 생육하는 온대종, 일본의 남쪽 섬 이남에 서식하는 아열대종 및 범세계종 등 4그룹으로 구분하였고 그 구성비를 분석한 결과 한국 연안을 5개구로 구분하면서 제주도 연안을 제주도구로 독립시켰다. 이 후 제주도 해조류 식생 및 군집에 대한 많은 연구가 이루어졌으나 주로 조간대에 한하여 수행되었고 (Lee & Lee 1976; Lee & Lee 1982; Park et al. 1994; Kim et al. 2008) 조하대 영역에서의 연구는

미흡한 실정이다. 우도는 제주도 동쪽에 위치한 유인도로 각광받는 관광지 중 하나로서 최근 입도 관광객 수가 급증하고 있다. 우도 지역 해조류들 중 툃 (*Sargassum fusiform*), 모자반 (*Sargassum fulvellum*), 우뚝가사리 (*Gelidium elegans*), 갈래곰보 (*Meristotheca papulosa*), 참도박 (*Grateloupia elliptica*) 등은 해녀의 나잡에 의해 채집되어 식용 혹은 판매됨으로써 주민의 중요한 경제적 소득원이 되고 있다. Lee & Ko(1991)는 우도지역 조간대 및 조하대의 해조류 식생 및 군락 조사를 수행하여 245종 (남조류 6종, 녹조류 30종, 갈조류 53종, 홍조류 157종)을 보고하였다. 그러나 이후 우도 지역의 해조류 식생 및 군락구조와 관련된 연구는 없는 상태이다.

본 연구의 목적은 우도 지역 조간대 및 조하대 해조류 식생 및 군락구조와 해조류의 생물량 계절변동에 대한 기초자료를 마련하고, 이를 토대로 과거 20년 전 우도지역의 식생 및 군락구조 양상과 함께 한국의 다른 연안과 비교함으로써 생육 압력 및 기후 변동에 의한 식생변화를 유추하고자 함이다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 조사 방법

2009년 7월부터 2010년 5월까지 우도 북단에 위치한 전홀동과 남단에 위치한 천진동(Fig. 1)을 대상으로 조간대와 조하대를 계절별로 각 1회씩 조사하였다. 조간대의 최상부와 조하대 수심 10m를 연결하는 transect line을 설치한 후 조간대는 transect line의 좌우 5m 이내의 범위에서 상, 중, 하부의 대표적 식생을 보이는 곳에 25개의 소구획으로 나누어진  $0.25\text{m}^2$  방형구를 3개씩 설치하여 해조류 각 종의 피도와 빈도를 야장에 기록한 후 무절석회조류를 제외한 전 개체를 채집하였다. 이 때 조간대 상, 중, 하부의 구분은 Lee & Lee (1982)를 참고하여 결정하였다. 조하대는 transect line을 따라 저조선을 기준으로 수심 1m 간격으로 수심 9m까지 조간대에서도 동일한 방형구 및 방법으로 채집하였다. 이 때 수심은 입수하기 전 조석표에 따른 시간별 조고차를 계산하여 보정한 후 Dive computer를 이용하여 측정하였다. 또한 transect line의 좌우 5m 범위에서 발견된 무절석회조류를 제외한 모든 해조류 종을 각각 1~3개체씩 채집하였다. 방형구 안에서 채집된 해조류는 냉장 보관하여 실험실로 운반 및 종 동정 후 타월 등으로 물기를 제거하고 습중량을 측정하였다. 이 때 1g 미만으로 습중량이 미미한 수치는 “+”로 표기하였다. 또한 개체의 크기가 아주 작은 소형종 (ex. *Symphocladia pulmila*, *Neosiphonia savatieri*, *Centroceras clavulatum* 등)은 방형구안에 나타난 최소 빈도 (1/25), 피도(+), 습중량(+)로 표시하였다. 조하대에서 조사된 결과는 수심별 3단계 (1~3m, 4~5m, 6~9m)로 구분하여 분석하였다. Transect line 주변에서 정성적으로 채집된 해조류 종은 5% formalin-해수로 고정하고 동정 후 건조표본으로 제작하여 제주대학교 해조류표본실 (JNUB)에 보관하였다. 해조류 종의 동정은 동결 박막 절편기, 광학현미경 및 해부현미경을 이용하였고, Kang(1968), Yoshida(1998), Lee(2008) 등과 국내외 형태연구논문을 참조하였다.

## 2. 종조성 분석

두 지점에서 정성 채집된 해조류 종은 Algaebase (<http://www.algaebase.org>, Guiry & Guiry 2010)에 등록된 지리적 분포정보를 참고로 열대~온대(TrTe), 온대~온대(TeTe), 온대~한대(TePo) 및 열대~한대(TrPo) 생육 기후대(habitat climate zone)로 구분하여 그 구성비를 산출하였다. 산출된 구성비는 이 전에 연구되었던 우도 (Lee and Ko 1991), 제주도 (Lee and Lee 1982), 추자도 (Kim et al. 2008), 태안반도 꽃지 (Lee et al. 2007) 및 동해안 대진, 죽변 (Shin et al. 2008)지역과 비교하였다. 또한 수온과의 연관성을 비교하기 위해 각 지역의 조사 시작년도 연평균 해수표면 온도를 제시하였다. 연평균 해수표면온도는 국립해양조사원에서 제공하는 자료로 각 조사지역과 가장 가까운 조위관측소 (제주도, 제주-서귀포 평균; 추자도, 추자; 대진, 목호; 죽변, 후포; 꽃지; 안흥)에서 측정된 자료를 사용하였다. 우도 인근 연안은 2009년 측정 자료가 모두 공개되지 않아서 국립수산물과학원에서 제공하는 2009년 성산포 연안에서 측정된 자료를 사용하였다. 그리고 갈조류에 대한 녹조류의 비 (C/P), 갈조류에 대한 홍조류의 비 (R/P) 및 (R+C)/P를 산출하였다 (Segawa 1956; Feldmann 1937; Cheney 1977).

## 3. 수직분포, 생물량, 환경상태 및 생태학적 상태 분석

정량 채집으로 조사된 자료는 단위면적당 습중량 ( $\text{Wet} \cdot \text{g}/\text{m}^2$ ), 상대피도, 상대빈도 및 상대 중량의 산술평균에 의한 중요도지수(importance value, IV)를 산출하여 각 조사지점의 생물량과 군집 구조의 계절변동을 평가, 비교하였다. 생태학적 지수는 Margalef (1958)에 의한 풍도지수 (richness index), Shannon(1949) 지수에 의한 다양도 지수 (diversity index), 최대다양도 지수(maximum diversity index), 균등도 지수 (evenness index) 및 우점도지수 (dominant index)를 사용하여 계절 변동을 산출하였다. 생태학적 상태는 다양도 지수와 우점도 지수를 이용한 Park et al.(2006)의 방법 (Table 1)과 Orfanidid et al.(2001)의 ESGI과 ESGII의 평균피도에 의한 EEC (Ecological Evaluation Categories, Fig. 2.)를 이용하여

평가하였다. 요인 간 유의성 검정은 조사지점, 수직범위, 계절, ESG 및 생육기후대를 인자 (factor)로 하고 각각의 방형구에 나타난 종수, 생물량 및 중요도지수를 반응변인 (response variable)으로 하여 분산분석 (Analysis of variance; SAS ver. 9.1)을 실시하였다.



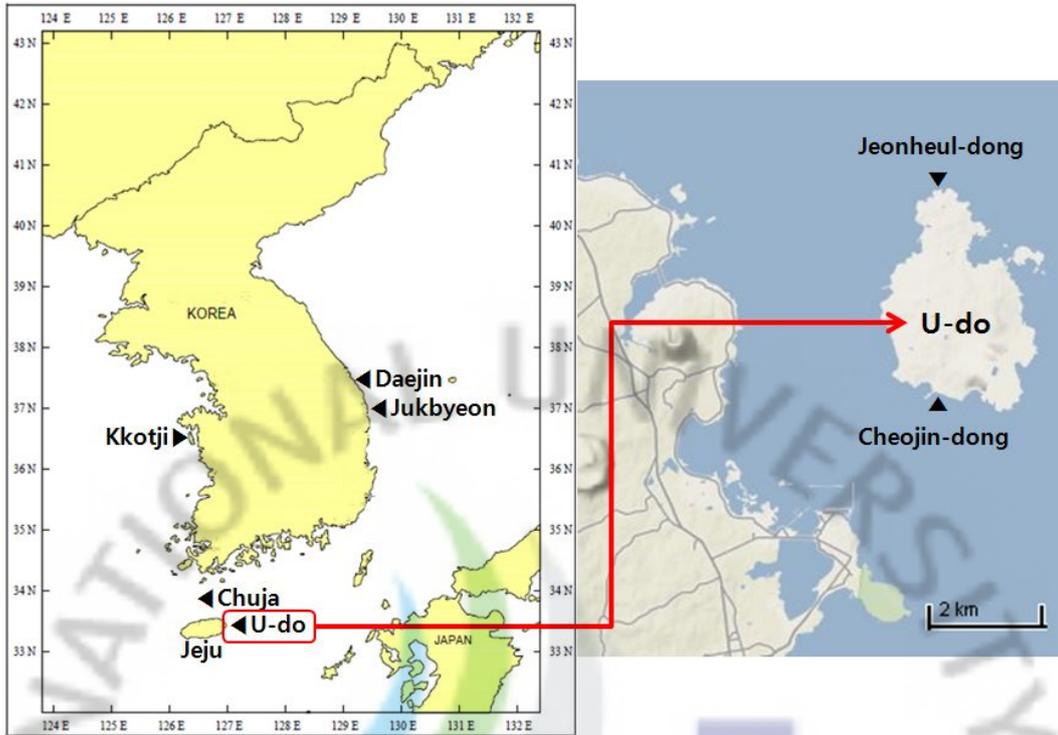


Fig. 1. Collection sites of Udo in Jeju Island, and four comparing based on the reference sites in Korea.

Mean abundance (%) of ESG II	>60	Bad	Low	Moderate
	>30-60	Low	Moderate	Good
	0-30	Moderate	Good	High
		0-30	>30-60	>60
		Mean abundance (%) of ESG I		

Fig 2. A matrix based on the mean abundance (%) of ESGs to determine the ecological status of transitional and coastal waters (Orfanidis et al, 2001).

Table 1. Evaluation of community stability and environmental condition according to the diversity and dominance indices. (Park et al. 2006)

Diversity index( $H'$ )	Dominance index(DI)	Interspecific competition	Community stability	Environmental condition
0.00–1.00	0.90–1.00	no	extreme stable	very bad
1.00–2.00	0.70–0.90	weak	unstable	bad
2.00–3.00	0.50–0.70	normal	normal	normal
3.00–4.00	0.25–0.50	high	stable	good
>4.00	<0.25	very high	very stable	very good

### III. 결 과

#### 1. 조사지 개황

전흘동은 북쪽으로 돌출된 지형이면서 외해와 바로 인접해있어 강한 파도와 조류의 영향에 직접적으로 노출되어 있는 반면 천진동은 해안선이 전흘동에 비해 완만하고 남쪽의 성산일출봉과 동쪽의 천진항 방파제에 의해 파도 및 조류의 영향이 보다 약한 곳이었다 (Fig. 1). 경사도는 두 지점 모두 완만하게 이루어져 있어서 목표 수심인 9m에 도달하기위해 해안선에서 150m가량 진행하였다. 기질 역시 두 지점 모두 암반이 주를 이루었고 수심 7m부터는 암반의 움푹 패인 곳에 모래가 약간 덮여 있었다. 우도는 자연적, 인위적 하천이 거의 발달되어있지 않으므로 담수의 유입으로 인한 염분농도의 인위적인 영향은 극히 적을 것으로 판단된다.

#### 2. 종조성

우도에서 조사기간 중 채집된 해조류는 총 231종 (녹조류 26종, 갈조류 56종, 홍조류 149종)이었다. 계절별 출현종수는 여름에 128종(녹조류 17종, 갈조류 34종, 홍조류 77종), 가을에 134종(녹조류 14종, 갈조류 32종, 홍조류 88종), 겨울에 160종(녹조류 17종, 갈조류 41종, 홍조류 102종) 그리고 봄에 182종(녹조류 19종, 갈조류 44종, 홍조류 119종)을 나타내어 여름에 최소 및 봄에 최대를 나타내었다 (Fig. 3). 출현 종수에 따른 C/P, R/P 및 (R+C)/P 비율을 살펴보면 C/P비는 한대~아열대, R/P비는 한온대~열대 그리고 (R+C)/P비는 혼합성해조상을 나타냈다. 그러나 여름과 겨울에 (R+C)/P비가 감소하여 온대~한대성 해조상의 값을 나타냈다 (Table 2).

해조류 종을 생육 기후대별로 구분한 결과 각각 온대~한대 (TePo) 종은 17종

(7.49%), 온대 (TeTe) 종은 92종(40.53%), 열대~온대 (TrTe) 종은 88종 (38.77%) 그리고 열대~한대 (TrPo)종은 30종 (13.22%)로 나타났다 (Table 3.). 이상의 결과를 한국 연안의 다른 지역과 비교 하였을 때 해수 표면 온도가 낮아질수록 온대~한대 (TePo)종과 열대~한대 (TePo)종의 비율이 증가함을 보였지만 온대 (TeTe)종과 열대~온대 (TrTe)종의 비율은 해수 표면 온도와 연관성이 없는 것으로 나타났다 (Table 3).



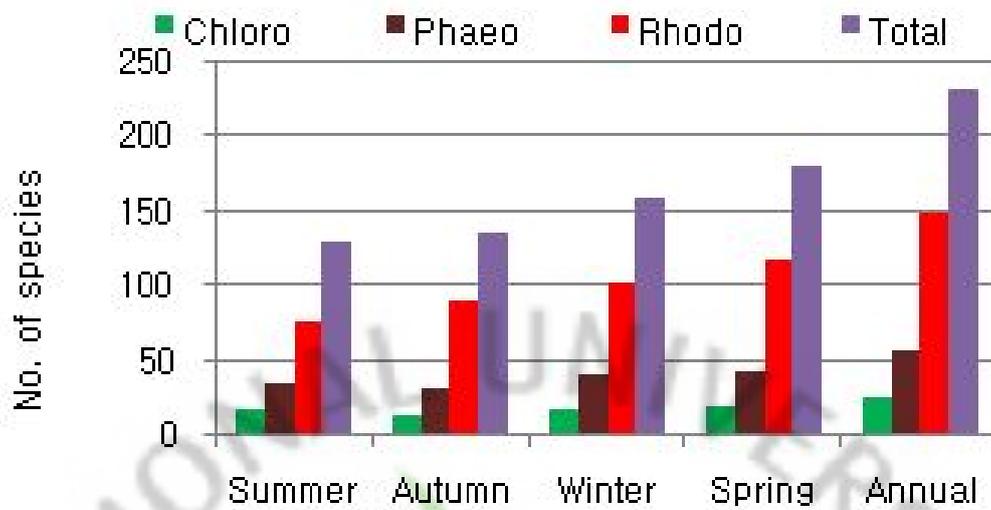


Fig. 3. Total number of marine algal species by season collected at Udo, Jeju Island (Summer 2009~ Spring 2010).



Table2. Seasonal change of the value by C/P, R/P ratio at Udo, Jeju Island (Summer 2009~Spring 2010).

value	summer	autumn	winter	spring	annual
C/P	0.50	0.44	0.41	0.43	0.46
R/P	2.26	2.75	2.49	2.70	2.66
(R+C)/P	2.76	3.19	2.90	3.14	3.13

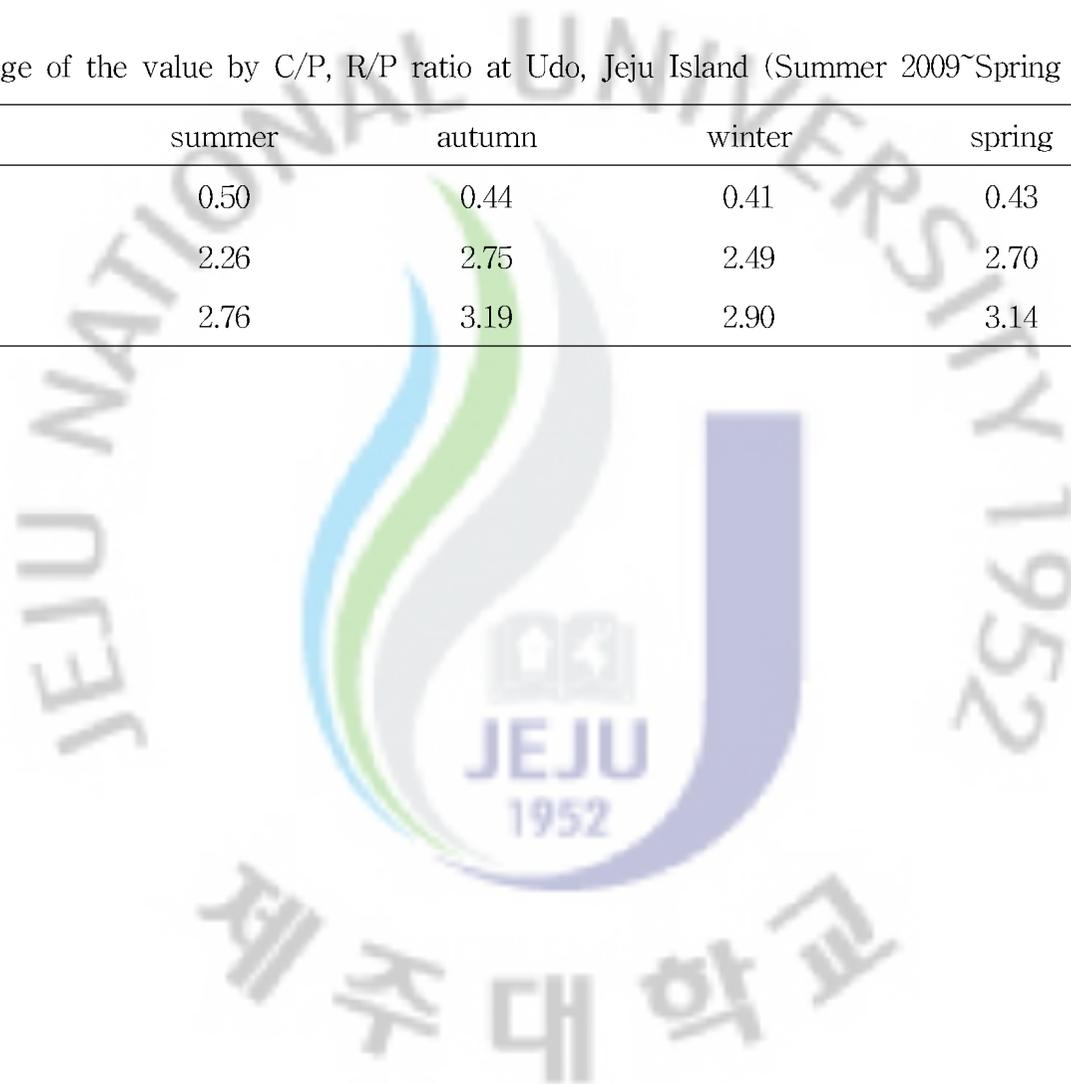


Table 3. Comparisons of species composition (%) based on the habitat climate zone and flora characteristics at several localities from the coasts of Korea (TrTe, tropical~temperate; TeTe, only temperate; TePo, temperate~polar; TrPo, tropical~polar zone; AST, annual seawater temperature.).

Habitat climate zone	This study	U-do Lee & Ko (1991)	ChuJa Kim et al. (2008)	Jeju Lee & Lee (1982)	Jukbyeon Shin et al. (2008)	Daejin Shin et al. (2008)	Kkotji Lee et al. (2007)
flora characteristics							
TrTe	38.77	35.19	40.79	41.46	34.33	36.96	32.43
TeTe	40.53	36.48	30.92	29.27	31.34	26.09	17.57
TePo	7.49	11.59	12.50	11.22	14.93	17.39	18.92
TrPo	13.22	16.74	15.79	18.05	19.40	19.57	31.08
C/P	0.46	0.56	0.35	0.32	0.33	0.39	0.72
R/P	2.66	2.76	2.19	2.80	2.10	2.30	2.67
(R+C)/P	3.13	3.31	2.53	3.12	2.43	2.68	3.39
AST(°C)	19.3 2009	— 1990	16.6 2006	16.5 1980	15.1 2006	14.0 2006	12.8 2005

### 3. 군락구조

조간대 상부는 천진동에서 연중 패 (*Ishige okamurae*)가 우점하면서 겨울에 최대값 (IV=4.97)을 보이고 여름에 최소값(IV=0.29)을 나타내었고 바위수염 (*Myelophycus simplex*) 및 불등풀가사리 (*Gloiopeltis furcata*) 등이 낮은 중요도 지수로 혼생하였다. 전흘동에서도 연중 패가 우점하여 가을에 최대값 (IV=9.34) 및 여름에 최소값 (IV=3.83)을 나타내었으며 서실 (*Chondria crassicaulis*), 참풀가사리 (*Gloiopeltis tenax*), 바위수염 및 미역쇠 (*Petalonia binghamiae*) 등이 낮은 중요도 값을 보이며 혼생하였다 (Fig. 4).

조간대 중부는 연중 툇 (*Sargassum fusiform*)이 우점하였다. 천진동에서는 여름에 툇(IV=5.61)과 패 (IV=4.51)가 혼생하였고 가을 (IV=10.27)에서 겨울 (IV=18.57)에 증가하다가 봄 (IV=4.02)에 급격히 감소하였다. 전흘동에서 툇은 여름 (IV=3.40)에 돌가사리 (*Chondracanthus tenellus*, IV=3.60) 및 패 (IV=1.47)와 혼생하다 천진동에서와 같이 가을(IV=9.76)에서 겨울 (IV=15.93)에 증가하다가 봄 (IV=7.58)에 감소하였다 (Fig. 4).

천진동 조간대 하부는 짝잎모자반 (*Sargassum hemiphyllum*)은 겨울 (IV=4.1)~가을(IV=6.37)에 연중 우점하였고 여름~겨울에는 작은구슬산호말 (*Coralline pilulifera*)과, 봄에는 우뚝가사리 (*Gelidium elegans*)와 혼생하였다. 전흘동 조간대 하부는 여름에 검은개서실 (*Chondrophyucus intermedius*, IV=5.28)이 참가시우무 (*Hypnea asiatica*, IV=3.13)와 혼생 우점하였고, 가을에는 작은구슬산호말 (IV=4.37)과 돌가사리 (IV=4.10)가 혼생하였으며 겨울에는 작은구슬산호말 (IV=3.76)과 서실 (IV=3.18)이 혼생하다가 봄에는 서실 (IV=5.04), 작은구슬산호말 (IV=5.03) 및 돌가사리 (IV=4.14)가 서로 비슷한 중요도를 나타내는 등 계절에 따라 천진동과 비교해서 우점종 변동이 보다 다양한 양상을 나타내었다 (Fig. 4).

조하대 수심 1~3m에서는 천진동에서 감태가 여름~겨울 (IV=6.90~11.62)에 우점하다가 봄에 큰잎모자반 (*Sargassum coreanum*, IV=6.10)이 우점하였다. 전흘동에서는 여름에 가지뻐대그물말 (*Dictyopteris prolifera*, IV=6.13), 넓은뻐대그물말 (*Dictyopteris latiuscula*, IV=4.83) 및 우뚝가사리 (*Gelidium elegans*, IV=3.51)가 혼합3)을 형성하다가 가을에 우뚝가사리 (IV=4.44)와 참곱슬이 (*Plocamium*

*telfairiae*, IV=2.88)가 혼생하였고 겨울에는 참곱슬이 (IV=4.31), 우뭇가사리 (IV=4.02), 방황게발혹 (*Marginisporium aberrans*, IV=3.04) 및 감태 (IV=2.43)가 혼생하였으며 봄에는 참곱슬이 (IV=3.63)와 우뭇가사리 (IV=2.13)가 혼생하는 등 천진동에서보다 군락변동이 복잡하게 나타났다 (Fig. 4).

조하대 수심 4~6m에서는 천진동에서 감태가 여름 (IV=13.57)과 가을 (IV=8.04)에 우점하였고 겨울에는 큰열매모자반 (*Sargassum macrocarpum*, IV=3.12)이 봄에는 팽생이모자반 (*Sargassum horneri*, IV=7.43)과 감태 (IV=5.07)가 높은 중요도를 나타내었다. 전흘동에서는 여름에 가시뼈대그물말 (IV=8.39)과 넓은뼈대그물말 (IV=5.69)이 높은 중요도를 나타내다가 가을에는 감태 (IV=6.20) 및 참곱슬이 (IV=4.11)가 높은 중요도를 나타내었으며 겨울과 봄에는 감태 (IV=8.30, 5.30)가 가장 우점하였다 (Fig. 4).

조하대 수심 7~9m에서는 천진동에서 여름에 큰열매모자반 (IV=8.26), 가을에 갈색대마디말 (IV=5.61), 넓은게발 (*Amphiroa anceps*, IV=4.10), 감태 (IV=3.79)가 높은 중요도를 나타내었고 겨울에는 큰열매모자반 (IV=2.82), 방황게발혹 (IV=2.69) 및 넓은게발 (IV=2.44)이 서로 비슷한 중요도를 나타내다가 봄에 팽생이모자반 (IV=8.27)이 급격히 증가하였다. 전흘동에서는 연중 감태 (여름, IV=8.71; 가을, IV=18.48; 겨울, IV=8.42; 봄, IV=10.65)가 가장 높은 중요도를 보였다 (Fig. 4).

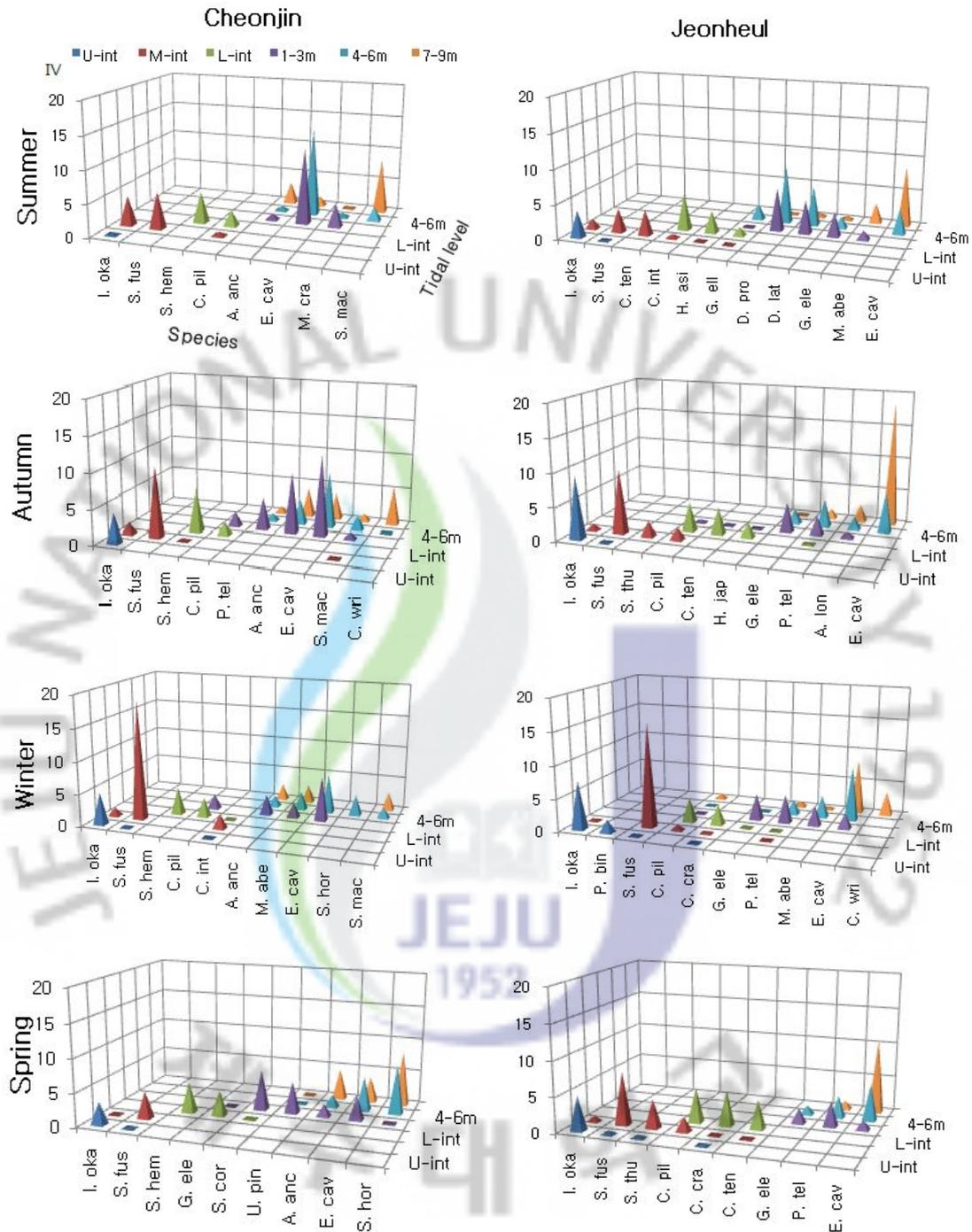


Fig. 4. Seasonal and vertical variation of community structure by dominant species ( $IV \geq 2$ ) from Cheonjin and Jeonheul of Udo, Jeju island (U-int, upper intertidal; M-int, middle intertidal; L-int, lower intertidal; A. lon=*Acanthopeltis longiramulosa*; A. anc=*Amphiroa anceps*; C. int=*Chondrophycus intermedius*; C. ten=*Chondracanthus tenellus*; C. cra=*Chondria crassicaulis*; C. wri=*Cladophora wrightiana*; C. pil=*Corallina pilulifera*; D. lat=*Dictyopterus latiuscula*; D. pro=*D. prolifera*; E. cav=*Eclonia cava*; G. ele=*Gelidium elegans*; G. ell=*Grateloupia elliptica*; H. asi=*Hypnea asiatica*; H. jap=*H. japonica*; I. oka=*Ishige okamurai*; M. abe=*Marginisporum aberrans*; M. Cra=*M. crassissimum*; P. bin=*Petalonia bingamiae*; P. tel=*Plocamium telfairiae*; S. cor=*Sargassum coreanum*; S. fus=*S.fusiformi*; S. hem=*S. hemiphyllum*; S.hor=*S. horneri*; S. mac=*S. macrocarpum*; S. thu=*S. thunbergii*; U. Pin=*Undaria pinnatifida*).

#### 4. 생물량

단위 면적당 평균 생물량 ( $\text{wet} \cdot \text{g}/\text{m}^2$ )은 천진동의 경우 봄에 최대값 (3211.49g) 및 가을에 최소값 (1806.46g)을 나타냈는데 수직범위에 따른 값은 봄 수심 1~3m에서 최대값 (6843.66g) 및 여름 조간대 상부에서 최소값 (74.05g)을 나타내었다. 전흘동에서도 봄에 최대값 (3196.05g) 및 가을에 최소값 (1954.10g)을 나타냈지만 수직범위에 따른 생물량의 경우 봄 수심 4~6m에서 최대 (4703.87g) 및 여름 조간대 상부에서 최소값 (380.20g)을 나타내었다. 연간 생물량은 조간대에서는 두 지역 모두 조간대 중부에서 최대값 (천진동, 1758.89g; 전흘동; 2318.04g)을 나타냈다. 조하대의 경우 천진동에서는 여름을 제외하고는 항상 수심이 얕아질수록 높은 값을 나타냈지만 전흘동에서는 반대로 여름을 제외하고는 항상 수심이 깊어질수록 높은 값을 나타내었다 (Fig. 5). 평균 생물량은 천진동 (2477.11g)과 전흘동 (2392.61g) 모두 비슷한 수준을 나타내었고 계절에 따른 생물량 또한 비슷하였다.

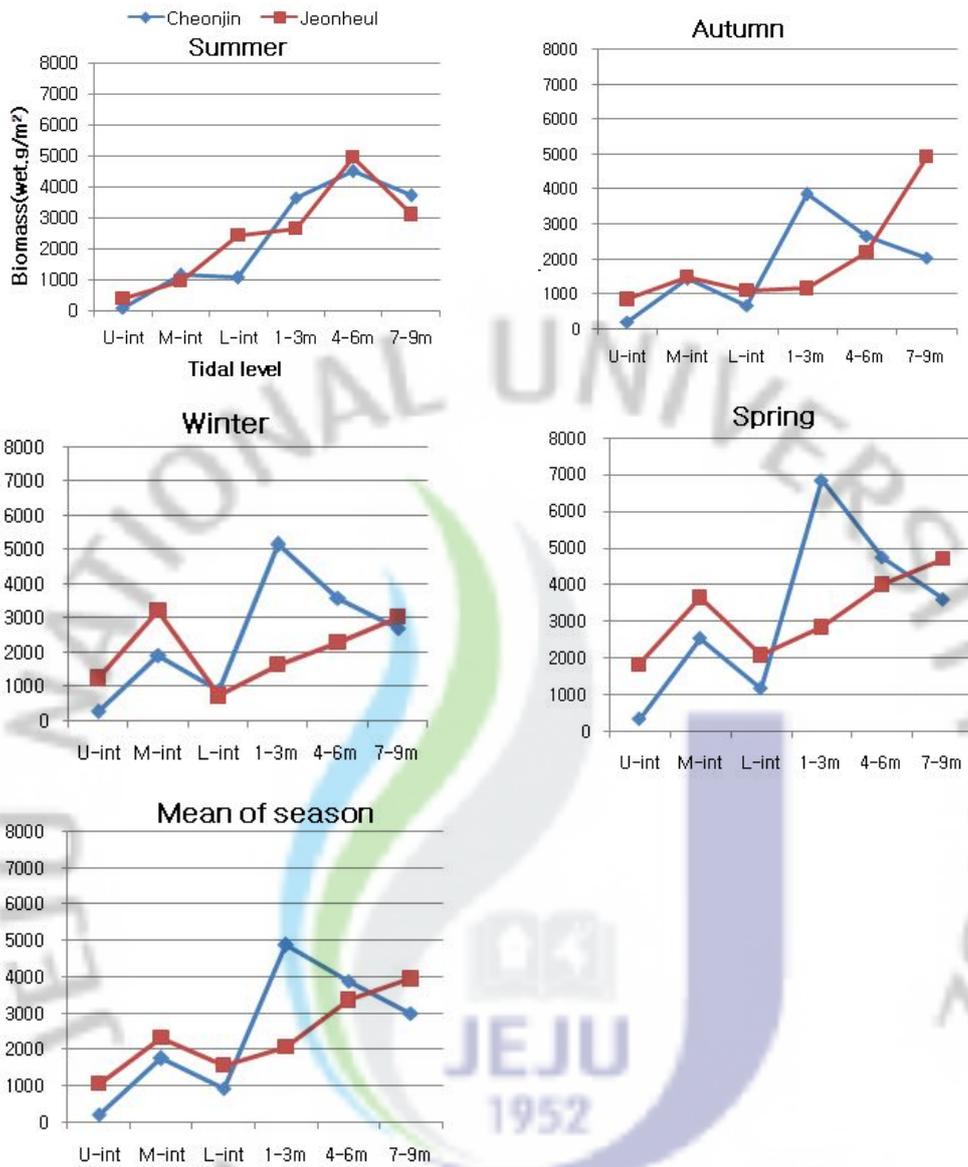


Fig. 5. Vertical and seasonal variation of algal biomass (wet.g/m<sup>2</sup>) from two sites at Udo, Jeju Island.

## 5. 생태학적 상태 및 환경상태

풍도지수, 다양도지수 및 최대다양도지수는 두 조사지점 모두에서 가을에 가장 낮은 값을 나타내고 봄으로 갈수록 높아졌고 균등도지수는 여름에 최대, 가을에 최소값을 나타내었다. 우점도지수는 풍도지수 및 다양도지수와 반비례하는 경향을 나타내었다. 생태학적 지수들은 풍도지수가 전흘동에서 약간 높은 경향을 나타내었을 뿐, 두 조사지점에서 거의 비슷한 수준을 나타내었다(Table 5). 우점도지수와 다양도지수는 두 조사지점 모두에서 연중 단계별 종간경쟁은 “높음”(high), 군집안정도는 “안정”(stable) 및 환경상태는 “좋음”(good)을 나타내었다(Table 1, 5). 평균 피도에 의한 EEC (ecological evaluation categories)는 천진동에서 연중 High의 범위에 속하였고 전흘동에서는 여름에 “낮음”(Low), 가을과 봄에 “좋음”(Good) 그리고 겨울에 “높음”(High)의 범위를 나타내어 연중 “보통”(Moderate)의 범위를 나타내었다 (Table 4).

조사지점, 계절, 수직범위, ESG 및 생육기후대를 인자 (factor)로, 종 수, 생물량 및 중요도지수를 반응변인 (response factor)으로 지정하여 분산분석 (Analysis of variance)을 실시한 결과는 Table 5 와 같다. 종 수에 유의성을 갖는 변인은 계절, 수직범위 및 생육기후대이며 지역 및 ESG는 유의성이 없었다. 두 변인의 상호작용에 대한 유의성은 조사지점-ESG, 조사지점-생육기후대, 계절-ESG, 수직범위-ESG 및 수직범위-생육기후대였다. 생물량에 유의성을 갖는 변인은 계절과 생육기후대였고 조사지점, 수직범위 및 ESG는 유의성이 없었다. 두 변인의 상호작용에 대한 유의성은 조사지점-ESG, 계절-ESG, 수직범위-ESG 및 ESG-생육기후대였다. 중요도지수에 유의성을 갖는 변인은 계절, ESG 및 생육기후대이었으며 조사지점 및 수직범위와는 유의성이 없었다. 두 변인의 상호작용에 대한 유의성은 조사지점-ESG, 계절-ESG, 수직범위-ESG, 수직범위-생육기후대 및 ESG-생육기후대였다 (Table 6).

Table 4. Seasonal variation of each ecological status group (ESGI and ESGII) based on mean coverage (%) and ecological evaluation categories (EEC) from two sites at Udo, Jeju Island.

Site	Season	ESG I	ESGII	EEC
Cheonjin	Summer	64.33	7.22	High
	Autumn	69.67	11.72	High
	Winter	97.83	11.72	High
	Spring	84.83	15.67	High
	mean	79.17	11.58	High
Jeonheul	Summer	23.39	41.94	Low
	Autumn	46.67	17.22	Good
	Winter	60.06	26.06	High
	Spring	71.94	49.78	Good
	mean	50.51	33.75	Moderate

Table 5. Seasonal variation of community indices from two site at U-do.

Site	Community indices	Summer	Autumn	Winter	Spring	Annual
Cheonjin	Richness index(R)	8.45	6.75	9.98	13.00	13.99
	Diversity index(H')	3.43	2.87	3.33	3.75	3.67
	H'max	4.04	3.81	4.23	4.49	4.74
	Eveness index(J')	0.85	0.75	0.79	0.84	0.78
	Dominant index(DI)	0.15	0.25	0.21	0.16	0.22
Jeonheul	Richnessindex(R)	9.12	8.43	11.32	13.67	15.97
	Diversity index(H')	3.42	3.09	3.45	3.71	3.72
	H'max	4.14	4.08	4.37	4.57	4.89
	Eveness index(J')	0.83	0.76	0.79	0.81	0.76
	Dominant index(DI)	0.17	0.24	0.21	0.19	0.24

Table 6. Results of ANOVA for marine macro-algal species from Udo, Jeju Island.

Dependent variable	Source	DF	Type III SS	Mean square	F-value	P-value
Species no.	Site	1	1.0130982	1.0130982	0.27	0.6027
	Season	3	34.9867033	11.6622344	3.13	0.0269*
	Tidal level	5	86.2130069	17.2426014	4.63	0.0005***
	ESG	1	3.8721667	3.8721667	1.04	0.3093
	Habitat climate zone	3	293.4848683	97.8282894	26.25	<0001***
	Site*Season	3	5.4298859	1.809962	0.49	0.6926
	Site*Tidal level	5	13.7537017	2.7507403	0.74	0.5957
	Site*ESG	1	171.7020968	171.7020968	46.07	<0001***
	Site*Habitat climate zone	3	38.7796905	12.9265635	3.47	0.00172**
	Season*tidal level	15	81.3736194	5.424908	1.46	0.1254
	Season*ESG	3	52.7292748	17.5764249	4.72	0.0034**
	Season*Habitat climate zone	9	49.6039162	5.5115462	1.48	0.158
	Tidal level*ESG	5	48.3123721	9.6624744	2.59	0.027*
	Tidal level*Habitat climate zone	15	128.0333923	8.5355595	2.29	0.0052**
	ESG*inhabit climate	3	8.6791271	2.8930424	0.78	0.5085
Biomass	Site	1	5634.354	5634.354	2.36	0.1261
	Season	3	210753.375	70251.125	2.94	0.0342*
	Tidal level	5	174686.192	34937.238	1.46	0.2034
	ESG	1	61111.409	61111.409	2.56	0.1112
	Habitat climate zone	3	906861.474	302287.158	12.67	<0001***
	Site*Season	3	80894.848	26964.949	1.13	0.3381
	Site*Tidal level	5	80587.13	16117.426	0.68	0.6426
	Site*ESG	1	386409.491	38609.491	16.19	<0001***
	Site*Habitat climate zone	3	57062.28	19020.76	0.8	0.4969
	Season*tidal level	15	36374.074	24251.605	1.02	0.44
	Season*ESG	3	302397.31	100799.103	4.22	0.0064**
	Season*Habitat climate zone	9	157634.866	175143985	0.73	0.6774
	Tidal level*ESG	5	410855.297	82171.059	3.44	0.0053**
	Tidal level*Habitat climate zone	15	356708.707	23780.58	1	0.4604
	ESG*Habitat climate zone	3	1014232.783	338077.594	14.17	<0001***
Importance value	Site	1	0.11709037	0.11709037	0.85	0.358
	Season	3	1.35636277	0.45212092	3.28	0.0221*
	Tidal level	5	0.7952235	0.1590447	1.15	0.3338
	ESG	1	0.88886561	0.88886561	6.45	0.0119**
	Habitat climate zone	3	8.06807513	2.68935838	19.5	<0001***
	Site*Season	3	0.21023227	0.07007742	0.51	0.6771
	Site*Tidal level	5	0.71057069	0.14211414	1.03	0.4009
	Site*ESG	1	2.95610172	2.95610172	21.43	<0001***
	Site*Habitat climate zone	3	0.31929301	0.106431	0.77	0.5111
	Season*tidal level	15	1.36188241	0.09079216	0.66	0.8228
	Season*ESG	3	1.73850823	0.57950274	4.2	0.0066**
	Season*Habitat climate zone	9	0.73605582	0.08178398	0.59	0.8019
	Tidal level*ESG	5	2.32128954	0.46425791	3.37	0.0061**
	Tidal level*Habitat climate zone	15	4.00023605	0.2666824	1.93	0.0221*
	ESG*Habitat climate zone	3	9.07746942	3.02582314	21.94	<0001***

\*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001

#### IV. 고 찰

해조류 식생의 수평적 특성으로 한대~아열대 해역의 C/P 값은 0.4~1.5의 범위를, 한 · 온대~열대 해역의 R/P 값은 1.1~4.3의 범위내에 있다는 연구가 진행되어 왔다 (Segawa 1956; Feldman 1937). 또한 Cheney(1977)는 (R+C)/P 값이 온대 및 한대성 해조상은 3이하, 혼합성 해조상은 3~6 및 열대성 해조상은 6이상을 나타낸다고 하였다. 본 조사기간 총 231종 (녹조류 26종, 갈조류 56종, 홍조류 149종)의 해조류가 채집되었는데 여름에 128종, 가을에 134종, 겨울에 160종 및 봄에 182종을 확인하였다. 위 결과를 바탕으로 C/P 비는 0.41~0.50으로 연평균 0.46을 나타내어, 한대~아열대 해역의 범위를 나타내었고, R/P 비는 2.26~2.75로 연평균 2.66을 나타내어 한온대~열대 해역의 범위를, 또한 (R+C)/P 비는 2.76~3.19로 연평균 3.13으로 혼합성 해조상을 나타내었다. 그러나 여름과 겨울에는 (R+C)/P 값이 감소하여 한대~온대 해역에 가까운 특성을 나타내기도 하였다 (Table 2). C/P 값은 이번 조사결과와 20년전 우도 (Lee & Ko 1991) 및 꽃지 (Lee et al. 2007)지역의 조사결과에서 한대~아열대 해역의 범위를 나타내었고 30년전 제주도 (Lee & Lee 1982), 죽변 및 대진 (Shin et al. 2008)지역의 조사결과에서는 보다 낮은 값을 나타내었다. R/P 값은 2.10~2.80으로 본 조사결과를 포함한 비교 대상지역 조사결과 모두에서 한온대~열대 해역의 범위를 나타내었다. (R+C)/P 값은 추자도 지역 조사결과 (Kim et al. 2008)와 대진 및 죽변지역 조사결과 (Shin et al. 2008)에서는 온대 및 한대성 해조상을 나타내었지만 본 조사, 20년 전 우도 (Lee & Ko 1991), 30년 전 제주도 (Lee & Lee 1982) 및 꽃지 지역의 조사결과 (Lee et al. 2007)에서는 혼합성 해조상을 나타내었다(Table 3).

생육기후대에 따른 종 조성 연구결과를 이전에 연구되었던 우도 및 한국의 다른 연안 지역과 비교하였을 때 온대~한대 (TePo) 및 열대~한대 (TrPo) 종의 구성비는 연평균 해수표면 온도와 반비례하는 경향을 나타내었다. 반면 열대~온대 종 및 온대 종의 점유율을 합한 값은 연평균 해수표면 온도와 비례하고 위도와 반비례하는 경향을 보였다. 특히 과거 20년 전 우도지역 (Lee & Ko 1991)과 비

교하였을 때 온대~한대 (TePo) 종은 4% 이상이 감소하였으며 열대~온대 (TrTe) 종과 온대 (TeTe)종은 8% 가까이 증가하였다 (Table 4). 온대~한대 (TePo) 종 중 20년 전 우도지역 (Lee & Ko 1991)에서 보고되었으나 본 조사에서 관찰되지 않은 종은 매생이 (*Capsosiphon fulvescens*), 쇠꼬리산말 (*Desmarestia viridis*), 다시마 (*Sccharina japonica*), 붉은솜 (*Acrochaetium plumosa*), 굵은마디말 (*Bossiella cretacea*), 부리붉은잎 (*Callophyllis rhynchocarpa*), 석목 (*Campylaeophora hypnaeoides*), 비단풀 (*Ceramium kondoi*), 참깃꿀진두발 (*Chondrus pinnulatus*), 왕우뚝가사리 (*Gelidium pacificum*), 막우뚝가사리 (*Gelidium vagum*), 모자반껍데기 (*Hydrolithon sargassi*), 붉은은행초 (*Mazzaella japonica*), 참국수나물 (*Nemalion vermiculare*), 참빗풀 (*Odonthalia corymbifera*) 등이며 반대로 실풀 (*Gloiosiphonia capillaris*), 왜떨기나무붉은실 (*Neosiphonia japonica*), 모로우붉은실 (*Polysiphonia morrowii*) 등은 본 조사에서 새로 관찰되었다. 이와 같은 결과로 볼 때 저온 내성 종 비율 감소 및 고온 내성 종 비율 증가 현상은 전 세계적으로 이슈가 되고 있는 지구 온난화 현상과 관련이 있는 것으로 사료된다. 조간대에서만 수행된 조사결과 (Lee & Lee 1982; Kim et al. 2008; Lee et al. 2007)에서는 조간대와 조하대 모두에서 수행된 조사결과 (This study; Lee & Ko 1991; Shin et al. 2008) 보다 열대~온대 (TrTe) 종의 비율이 높음이 관찰되었는데, 이는 본 연구의 분산분석 결과의 수직범위-생육기후대 변인과 종수 변인이 서로 유의하게 차이가 있는 것으로 사료되나 (Table 6.) 이에 대한 더 많은 현장 및 문헌조사를 통해 보다 더 명료한 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

Lee & Ko(1991)는 우도 지역의 조간대에는 구멍갈파래 (*Ulva pertusa*)가 순군락을 이루고 그 하부에 단박 (*Ceramium boyidenii*) 및 갈래잎 (*Scbizymenia dubyi*)이 생육한다고 하였으나 본 조사결과 패 (*Ishige okamurai*), 툫 (*Sargassum fusiform*), 짝잎모자반 (*Sargassum hemiphyllum*)이 주요종을 이루고 있었다. 또한 Lee & Ko(1991)의 연구결과에서 감태 (*Ecklonia cava*), 미역 (*Undaria pinnatifida*), 갈색대마디말 (*Cladophora wrightiana*), 우뚝가사리류 (*Gelidium & Pterocladia* spp.) 및 참곱술이 (*Plocamium telfairiae*)가 조하대의 주요종을 이룬다는 점은 본 조사결과와 유사하나 툽니모자반 (*Sargassum*

*serratifolium*), 부채분홍잎 (*Acrosorium flabellatum*), 갈래곰보 (*Meristotheca papulosa*), 벗붉은잎 (*Callophyllis japonica*) 및 참갈파래 (*Ulva lactuca*) 등의 군락은 본 조사에서는 관찰되지 않았다. 이 같은 차이는 Lee & Ko (1991)의 연구가 천진항의 북쪽 조간대~조하대 수심 15m에서 봄에 한해 조사한 결과이므로 두 연구 간 시·공간적 차이에서 기인되는 것으로 사료된다 (Fig. 4).

천진동과 전흘동의 조간대에서 툯 (*Sargassum fusiform*)은 연중 가장 우세한 해조류로 여름 (IV=5.62)에서 겨울 (IV=18.75)로 갈수록 중요도지수가 증가하다가 봄철 (IV=4.31)에 급격히 감소하는 경향을 보였다(Fig 3). 천진동 조하대의 계절적 군락변동은 감태 (*Ecklonia cava*)와 모자반류 (*Sargassum* spp.)의 영향을 많이 받는 것으로 관찰되었다 (Fig. 4). 이는 큰열매모자반 (*Sargassum macrocapum*)이 겨울, 팽생이모자반 (*Sargassum horneri*)이 봄에 생식기를 형성하는데 그 시기가 중요도지수 계절 양상과 일치했다. 전흘동 조하대에서 군락구조의 계절 변동은 감태 (*Ecklonia cava*), 가시뼈대그물말 (*Dictyopteris prolifera*), 넓은뼈대그물말 (*Dictyopteris latiuscula*), 우뭇가사리 (*Gelidium elegans*), 참곱슬이 (*Plocamium telfairiae*) 및 돌가사리 (*Chondracanthus tenellus*) 등에 많은 영향을 받고 있었다. 특히 여름철 수심 5m 부근에서 가시뼈대그물말 및 넓은뼈대그물말의 순군락이 가을철에 갑자기 참곱슬이의 순군락으로 변하는 현상이 관찰되었는데(Fig 3), 이는 가시뼈대그물말 및 넓은뼈대그물말이 가을철에 노쇠하면서 이들을 기질삼아 참곱슬이가 번성하였기 때문이다.

해조류의 평균 생물량 (Wet · g/m<sup>2</sup>) 천진동과 전흘동에서 각각 2,447.11g과 2,392.61g ( Table 3)으로 두 지점간 유의차는 없었다 (Table 6). 거대갈조류인 감태 (*Ecklonia cava*) 와 미역(*Undaria pinnatifida*)의 분포로 인하여 천진동 조하대는 여름을 제외하고 항상 수심이 낮아질수록 높은 생물량을 나타냈지만 전흘동은 반대로 여름을 제외하고 항상 수심이 깊어질수록 높은 생물량을 나타내었다 (Fig. 4). 전흘동 해조류 중 생물량이 높은 거대갈조류는 감태이며, 성긴분지형의 해조류는 낮은 생물량을 보였다. 두 지역 모두 감태가 중요한 해조류임에도 불구하고 조하대의 수심에 따라 생물량이 서로 다르게 나타난 것은 조사지점의 지형적 차이에서 기인된 것으로 보인다. 즉 거대 갈조류는 구조의 특성상 물의 저항에 더 큰 영향을 받기 때문에 외해로 돌출된 전흘동에서는 거대갈조의

생육에 파도와 조류는 큰 영향을 미칠 것이다. 조사지역의 평균 생물량을 최근 수행되었던 다른 연구와 비교했을 때, 제주도 문섬 지역 조하대 (Ko et al. 2008) 보다 약간 낮고, 경상남도 욕지도 (Choi et al. 2008) 및 일광만 지역 (Kang et al. 2008), 강원도 대진 지역 (Shin et al. 2008), 전라북도 외조도 (Choi et al. 2008) 및 주삼도 지역 (Choi et al. 2008) 보다 높은 수준의 값을 나타내었다. 이는 한국의 다른 연안에 비해 우도지역이 보다 풍부한 해조량을 나타내는 것이다 (Table 7).

우점도지수와 다양도지수는 단계별 종간 경쟁, 군락안정도 및 환경상태의 상호 관계를 나타내는 지표가 되는데 (Park et al. 2006), 이번 조사결과 천진동은 연간 다양도지수 3.67 및 우점도지수 0.22로 종간경쟁은 “높음”(High), 군집안정도는 “안정”(stable) 및 환경상태는 “좋음”(Good)으로 나타났다. 전흘동 역시 연간 다양도지수 3.72 및 우점도지수 0.24로 천진동에서와 같은 결과를 보였다(Table 1, 5). 생태학적 평가 범주 (EEC: Ecological Evaluation Categories, Orfanidis et al. 2001)에 의한 환경상태 평가는 천진동에서 연중 “높음”(High)를 나타내어 우점도지수 및 다양도지수를 이용한 평가와 유사하였다. 그러나 전흘동에서는 여름에 “낮음”(Low), 가을과 겨울에 “좋음”(Good) 및 겨울에 “높음”(High)의 범위를 나타내어 연간 “보통”(Moderate)의 범위를 나타내는 등 우점도지수 및 다양도지수를 이용한 평가와 상이한 결과를 나타내고 있다 (Table 4). 생태학적 상태그룹 (ESG: Ecological Status Group)의 정의에는 해조류의 내·외부형태 뿐만 아니라 천이, r-K 군집 연속(Pianka 1970), CRS 모델(Grime 1977) 및 서식지 유형 (Taylor et al. 1990) 등의 개념이 사용되고 있는데, “이 모델들은 패턴을 너무 단순화 시켜 생물 및 비생물 요인들 중 일부가 무시될 가능성이 있다 (Daws 1998).”는 단점이 있다. 전흘동 해조군락의 생태학적 지수는 이 지역의 환경상태가 연중 높은 수준으로 나타나고 있으나 EEC에 의한 평가는 환경상태의 계절 변동이 심한 것으로 나타났다. 실질적으로 전흘동 조하대 수심1~6m에서 중요도 지수가 높은 가시뼈대그물말 (*Dictyopteris prolifera*), 넓은뼈대그물말 (*Dictyopteris latiuscula*), 참곱슬이 (*Plocamium telfairiae*), 우뭇가사리 (*Gelidium elegans*) 및 돌가사리 (*Chondracanthus tenellus*)는 (Fig. 4) 모두 성긴분지형 (Coarsely branched form)으로 스트레스내성 - 황무지개척자 (SR:

Stress tolerant - Ruderal) 또는 스트레스내성 - 경쟁자 (SC: Stress tolerant - Competitors)종에 속하는 ESGII (ecological status group-II)이다. 즉, 다육형 (thick leathery form)에 속하는 모자반류 (*Sargassum* spp.)는 형태가 복잡하고 표면적이 넓기 때문에 강한 조류와 파도 등의 물의 저항에 의한 물리적 요인의 영향을 많이 받을 것이다. 반면 성긴분지형 (coarsely branched form) 해조류는 표면적이 상대적으로 좁으면서도 엽체의 강도가 강하기 때문에 파도에 의한 영향이 적어서 생육에 더 유리할 수 있다.

결론적으로 우도 지역은 우리나라의 다른 연안에 비해 비교적 높은 해조류 생물량을 보유하고 있으며 군락안정도 및 환경상태가 양호한 해역이다. 그러나 이 지역의 관광객 증가로 인한 식수 및 생활용수 부족으로 2010년 현재 종달리~우도를 잇는 상수관이 시설되고 있는바 이로 인한 생활하수의 증가로 말미암아 이 해역의 청정성이 훼손될 가능성이 있다. 그리고 이전 연구 (Lee & Ko 1991)와 비교하였을 때 이 지역의 저온 저항성 해조류 종의 구성비는 감소한 반면 고온 저항성 해조류 종의 구성비는 증가한 것으로 관찰되어 지구온난화현상에 의한 해수 표면온도의 상승과 관련이 있을 것으로 사료된다. 또한 본 연구는 해조류 군락구조가 그 지역 해류의 흐름과 파도의 강도 등을 약화시킬 수 있는 방파제와 같은 인위적인 구조물에 영향을 받을 수도 있음을 시사하고 있다. 따라서 방파제 등의 인공구조물을 설치함에 있어 그 지역의 생태적 특성을 충분히 고려하고 생태계 교란을 최소화 할 수 있는 방안을 모색하는 것이 절실하다.

Table 7. Comparisons of algal biomass among this study and other coasts in Korea.

	This study	Museum Ko et al. (2008)	Yokjido Choi et al. (2008)	IlKwang Kang et al. (2008)	Daejin Shin et al. (2008)	Woejodo Choi et al. (2008)	Jusamdo Choi et al. (2008)
Investigated range	intertidal and subtidal	subtidal	intertidal and subtidal	intertidal and subtidal	intertidal and subtidal	intertidal and subtidal	intertidal and subtidal
Biomass (wet · g/m <sup>2</sup> )	2434.86	2784	576.8	78.5~731.8	1292	198.27	417.34

## V. 요약

본 연구는 2009년 7월부터 2010년 5월까지 우도 연안의 천진동과 전흥동 2개 조사지점에서 조간대 및 조하대 해조류 식생의 군집구조를 계절별로 정성 및 정량적으로 분석하였다.

조사기간 동안 총 231종의 해조류가 채집·동정되었는데 이중 녹조류가 26종, 갈조류는 56종 그리고 홍조류는 149종으로 분석되어 C/P 비는 한대~아열대, R/P 비는 한온대~열대 그리고 (R+C)/P 비는 혼합성해조상을 나타내었다. 해조류 종을 생육기후대별로 구분하였을 때 온대~한대 종의 구성비는 한국의 다른 연안에 비해 가장 낮았고 20년전에 비해서도 50% 가까이 감소한 것으로 나타났다.

군락구조는 조간대 상부와 중부에서 두 조사지소 모두 패와 툫이 가장 우점하였다. 조간대 하부는 천진동에서 연중 짝잎모자반 (*Sargassum hemiphyllum*)이 우점하나, 전흥동은 여름에 검은개서실 (*Chondrophycus intermedius*), 가을과 겨울에 작은구슬산호말 (*Coralline pilulifera*) 및 봄에 서실 (*Chondria crassicaulis*)이 우점하는 등 천진동보다 복잡한 계절 변동을 나타내었다. 조하대는 두 조사지점 모두 연중 감태 (*Ecklonia cava*)가 우점하였으나 얇은 수심에서 천진동은 감태 및 모자반류 (*Sargassum* spp.) 등의 다육질형 (thick-leathery form)이 전흥동은 가지뺀대그물말 (*Dictyopteris prolifera*), 넓은뺀대그물말 (*Dictyopteris latiuscula*), 참곱슬이 (*Plocamium telfairiae*) 및 우뭇가사리 (*Gelidium elegans*) 등의 성긴분지형 (coarsely branched form)이 우점하여 서로 다른 양상을 보였다. 생물량은 두 조사지점에서 비슷하였으나 조하대의 경우 천진동은 수심이 깊어질수록, 전흥동은 수심이 얇아질수록 생물량이 높아졌다. 우점도지수와 다양도 지수는 두 조사지점 모두에서 중간경쟁은 “높음” (High), 군집안정도는 “안정” (Stable) 및 환경상태는 “좋음” (Good)을 나타내었으나 EEC (ecological evaluation category)는 생태학적 지수가 천진동은 “높음” (High)을, 전흥동은 “보통” (Moderate)을 나타내어 서로 상이한 결과를 보였다. 이와 같은 두 조사지점 간의 차이는 해안선 지형에 따른 차이로 판단되었다.

## VI. 참고문헌

- Bae, E.H. & I.K. Lee (2001). Umbraulva, a new genus based on *Ulva japonica* (Holmes) Papenfuss (Ulvaceae, Chlorophyta). *Algae* 16: 217-231.
- Cheney, D.P. 1977. R & C/P-A new improved ratio for comparing seaweed floras. *Suppl. J. Phyco.* 13: 129
- Choi, C.G., J.H. Kim and I.K. Chung. 2008. Temporal Variation of Seaweed Biomass in Korean Coast: Yokjido, Gyeongnam Province. *Algae.* 23: 311-316.
- Choi, H.G., K.H. Lee, X.Q. Wan, H.I. Hyun, H.H. Park, J.H. Kim and I.K. Chung. 2008. Temporal variations in seaweed biomass in Korean coasts: Woejodo and Jusamdo, Jeonbuk. *Algae.* 23: 335-342.
- Dawes, C.J. 1998. *Marine Botany*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Feldmann, J. 1937. Recherches sur la vegetation marine de la Mediterranée. *Rev. Alg.* 10: 1-340.
- Grime, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *Amer. Nat.* 111: 1169-1194.
- Guiry, M.D. and G.M. Guiry. 2010. Algaebase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available at: <http://www.algaebase.org>; serched on August, 2010.
- Kang, J.W. 1960. The summer algal flora of Cheju Island(Quelpart Island). *Bull. Pusan Fish. Coll.* 3: 17-23.
- Kang, J.W. 1966. On the Geographical Distribution of Marine Alga in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.* 7: 1-125.
- Kang, J. W. 1968. *Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Vol. 8. Marine algae*. Minister of education Republic of Korea.
- Kang, P.J. Y.S. Kim and K.W. Nam. 2008. Flora and community structure of

- benthic marine algae in Ilkwang Bay, Korea. 2008. *Algae* 23: 317-326.
- Kim, M.S., M.R. Kim, M.H. Chung, J.H. Kim and I.K. Chung 2008. Species Composition and Biomass of Intertidal Seaweeds in Chuja Island. *Algae*. 23: 301-310.
- Ko, Y.W., K.H. Sung, C.H. Yi, H.H. Kim, D.M. Choi, Y.D. Ko, W.J. Lee, H.B. Koh, J.H. Oak, I.K. Chung and J.H. Kim 2008. Temporal Variations of Seaweed Biomass in Korean Coasts: Munseom, Jeju Island. *Algae*. 23: 295-300.
- Lee, K.H., H.I. Yoo and H.G. Choi 2007. Seasonal Community Structure and Vertical Distribution of Medicinal Seaweeds at Kkotju in Taean Peninsula, Korea. *Algae*. 22: 209-219.
- Lee, K.M., G.H. Boo, R. Riosmena-Rodriguez, J.-A. Shin & S.M. Boo. 2009. Classification of the genus *Ishige* (Ishigeales, Phaeophyceae) on the North Pacific Ocean with recognition of *Ishige foliacea* based on plastid rbcL and mitochondrial cox3 gene sequences. *Journal of Phycology* 45(4): 906-913.
- Lee, K.W. and S.J. Ko. 1991. Algal Flora of Four Islets without Inhabitants along the Coast of Cheju Island. "The geology and landforms of the inhabited Islets in Cheju Island". MBC Cheju. pp. 234~269.
- Lee, Y.P. 2008. *Marine algae of Jeju*. Academy Publication. 1-177.
- Lee, Y.P. and S.Y. Kang 2001. *A Catalogue of the seaweeds in Korea*. Cheju National University Press.
- Lee, Y.P. and I.K. Lee. 1976. On the algal community in the intertidal belt of Jeju island. 1. Algal community of spring season. *The Korean Journal of Botany*. Vol. 19, No. 4. 111~118.
- Lee, Y.P. and I.K. Lee. 1982. Vegetation analysis of marine Algae in Jeju island. *Proc. Coll. Natur. Sci., SNU*. Vol. 7, No. 2: 73-91.
- Lewis, J.R. 1964. *The Ecology of Rocky Shores*. English University Press, London.
- Little, C. and J.A. Kitching. 1996. *The Biology of Rocky Shores*. Oxford

- University Press, Oxford.
- Littler, M.M. and D.S. Littler. 1984. Relationships between macroalgal functional form groups and substrate stability in subtropical rocky intertidal system. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 74: 13-14.
- Littler, M.M. and S. N. Murray. 1974. The primary productivity of marine macrophytes from a rocky intertidal community. *Mar. Biol.* 27: 131-135.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *General system.* 3: 36-71.
- Mann, K. H. and A.R. O. Chapman. 1975. Primary production of marine macrophytes. In *Photosynthesis and Productivity in Different Environments*, Cambridge University Press, Cambridge. 3: 207-248.
- McNaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of California Grassland. *Nature* 216: 168-169.
- Orfanidis, S., P. Panayotidis and N. Stamatis. 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal and water; A marine benthic macrophytes-based model. *Medit. Mar. Sci.* 2: 45-65.
- Paoletti, M.G. 1999. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74. 1-18.
- Park, S.H., Y.P. Lee, Y.H. Kim and I.K. Lee. 1994. Qualitative and quantitative analyses of intertidal benthic algal community in Cheju island. 1. Species composition and distributional patterns. *The Korean journal of Phycology.* Vol. 9. 193-203.
- Park, Y.K., K.S. Seo and C.K. Choi. 2006. *Environmental Biology*. Daehakseolim, Seoul.
- Pianka, E.R. 1970. On r- and K-selection. *Amer. Nat.* 104: 592-597.
- Segawa, S. 1956. *Coloured illustrations of the seaweeds of Japan*. Hokkusha. Osaka.
- Shannon, C. E. and W. Wiener. 1949. *The mathematical theory of communication*. Illinois Univ. Press, Urbana. 117pp.
- Shin, J.D., J.K. Ahn., Y.H. Kim, S.B. Lee, J.H. Kim and I.K. Chung. 2008.

- Community structure of benthic marine algae at Daejin and Jukbyeon on the Mid-East coast of Korea. *Algae*. 23: 231-240.
- Shin, J.D., J.K Ahn, Y.H. Kim, S.B. Lee, J.H. Kim and I.K. Chung. 2008. Temporal variations of seaweed biomass in Korea Coasts: Daejin, Gangwondo. *Algae* 23: 327-334.
- Sohn, C.H., C.G. Choi and H.G. Kim. 2007. Algal Communities and Useful Seaweed Distribution at Gangnung and It's Vicinity in East Coast of Korea. *Algae*. 22: 45-52.
- Steneck, R. and S. Walting. 1982. Feeding capabilities and Limitation of herivorous molluscs: A functional approach. *Mar. Biol.* 68: 299-312.
- Taylor, D.R., L.W. Aarssen and C. Loehle. 1990. On the relationship between r/K selection and environmental carrying capacity: A new habitat templet for plant life history strategies. *Oikos* 58: 239-250.
- Valiela, I. 1984. *Marine Ecological Processes*. Springer-Verlag, New York.
- Yoshida, T. 1998. *Marine algae of Japan*. Tokyo: Uchida Rokakuho Publishing Co., Ltd.. 1-1222.
- Yoshida, T., Nakajima, Y. & Nakata, Y. 1990. Check-list of marine algae of Japan (revised in 1990). *Japanese Journal of Phycology* 38: 269-320.
- Zahoor, M., A. Suhail, J. Iqbal, Z. Zulfaqar and M. Anwar. 2003. Biodiversity of predaceous Coccinellids and Their Role as Bioindicators in an Agro-ecosystem. *Int. J. Agri. Biol.*, vol. 5, No. 4. 555-559.

**Appendix.** A list of marine macro-algal species from U-do, Jeju Island, including functional(F) form, Ecological status group(ESG), habitat climate zone(HCZ) and importance value (F, filamentous form; S, sheet form; CB, coarsely branched form; TL, thick leathery form; C, Crustose form; JC, jointed calcareous form; TrTe, tropical~temperate zone; TeTe, only temperate zone; TePo, temperate~polar zone; TrPo, tropical~polar zone).

Division/species	F-form	ESG	HCZ	Cheonjin(2009~2010)				Jeonheui(2009~2010)			
				Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring
<b>Chlorophyta</b>											
<i>Byropsis australis</i>	F	ESGII	TePo								0.03
<i>Byropsis foliosa</i>	F	ESGII	TeTe								+
<i>Byropsis plumosa</i>	F	ESGII	TrPo			0.04	0.04		0.03	0.10	0.09
<i>Byropsis indica</i>	F	ESGII	TrTe			+					
<i>Byropsis maxima</i>	F	ESGII	TrTe								0.03
<i>Byropsis ryukyensis</i>	F	ESGII	TeTe					0			
<i>Caulepa okamurae</i>	CB	ESGII	TrTe			+		+	+		
<i>Chaetomorpha aerea</i>	F	ESGII	TrPo			0.04	0.04	+		0.03	
<i>Cladophora japonica</i>	F	ESGII	TrTe	+	+		0.08		+	+	+
<i>Cladophora wrightiana</i>	F	ESGII	TrTe	1.03	5.69	0.04	1.87	1.07	0.45	3.64	1.77
<i>Cladophoropsis javanica</i>	F	ESGII	TrTe					0.09		+	+
<i>Codium arabicum</i>	CB	ESGII	TrTe	+	+	+	+		0.19	+	+
<i>Codium coactum</i>	CB	ESGII	TeTe	+		+		+	0.31	+	+
<i>Codium contractum</i>	CB	ESGII	TrPo	+	+	0.05	+	0.13	+	+	+
<i>Codium fragile</i>	CB	ESGII	TrPo	+		+		0.07	+		
<i>Codium hubbsii</i>	CB	ESGII	TeTe			0.04	+			+	+
<i>Codium intricatum</i>	CB	ESGII	TrTe	+			+	+	+	+	
<i>Codium minus</i>	CB	ESGII	TeTe	+	+	+		+		+	
<i>Derbesia marina</i>	F	ESGII	TrPo		+			+	0.03		
<i>Derbesia rhizophora</i>	F	ESGII	TeTe					+			
<i>Microdictyon nigrescens</i>	F	ESGII	TeTe				0.04				+
<i>Ulothrix flacca</i>	F	ESGII	TrPo					+			
<i>Ulva conglobata</i>	S	ESGII	TrTe	+		0.95	0.08		+	+	0.89
<i>Ulva intestinalis</i>	S	ESGII	TrPo								+
<i>Ulva japonica</i>	S	ESGII	TeTe	0.57	+	0.04	0.08	0.28		+	0.14
<i>Ulva pertusa</i>	S	ESGII	TrTe	2.60	0.05	0.07	0.12	2.32	0.03	0.03	0.09
<b>Phaeophyta</b>											
<i>Acinetospora crinita</i>	F	ESGII	TePo					+			
<i>Colpomenia bullosa</i>	CB	ESGII	TrPo			0.07	+			+	
<i>Colpomenia expansa</i>	CB	ESGII	TrTe	+				0.12			
<i>Colpomenia peregrina</i>	CB	ESGII	TrPo	+		+	+	+		+	
<i>Colpomenia sinuosa</i>	CB	ESGII	TrPo	+	0.10	0.29	0.31	+	+	+	0.03
<i>Desmarestia tabacoides</i>	CB	ESGII	TeTe								0.18
<i>Dictyosphaera divaricata</i>	CB	ESGII	TrTe		+						
<i>Dictyosphaera latiuscula</i>	CB	ESGII	TeTe					11.15			1.35

Appendix (continued)

Division/species	F-form	ESG	inhabit climate	Jeonju				Jeonheul			
				summer	autumn	winter	spring	summer	autumn	winter	spring
<i>Dictyoptera prolifera</i>	CB	ESGII	TfTe	0.25	0.06	+	0.2	14.73	0.89	0.21	2.74
<i>Dictyoptera undulata</i>	CB	ESGII	TfTe	+	+	+	+	+	+		
<i>Dictyota coriacea</i>	S	ESGII	TeTe	+		+	0.31	1.07		0.45	0.62
<i>Dictyota dichotoma</i>	S	ESGII	TrPo	0.89	0.10	+	0.39	0.28	0.58	0.45	0.35
<i>Dictyota friabilis</i>	S	ESGII	TfTe		+	0.20			+	+	
<i>Dictyota okamurai</i>	S	ESGII	TfTe	+	+	+	+	+	0.52	1.95	0.06
<i>Diatromium decumbens</i>	S	ESGII	TeTe		+		0.27				
<i>Ecklonia cava</i>	TL	ESG I	TeTe	26.69	23.35	12.86	12.62	12.74	24.68	19.14	17.29
<i>Ecklonia kurome</i>	TL	ESG I	TeTe			+					
<i>Elachista nipponica</i>	F	ESGII	TeTe				+				
<i>Elachista orbiculata</i>	F	ESGII	TeTe		+						
<i>Himckasia mitchelliae</i>	F	ESGII	TfTe		+						
<i>Hydroclathrus clathratus</i>	CB	ESGII	TfTe			+				+	
<i>Ishige okamurai</i>	TL	ESG I	TeTe	4.80	5.98	6.26	3.54	5.30	10.27	7.76	5.69
<i>Ishige foliacea</i>	CB	ESGII	TeTe			0.10	0.04	+	0.03	+	0.14
<i>Leathesia difformis</i>	CB	ESGII	TrPo	+			0.04	+		+	+
<i>Leathesia sp.</i>	CB	ESGII				+			+	+	0.42
<i>Myagropsis myagroides</i>	TL	ESG I	TfTe	0.41		1.13	1.48		+	+	+
<i>Myelophycus simplex</i>	TL	ESG I	TeTe	0.23		1.00	1.46	0.67	0.10	0.92	0.76
<i>Padina arborescens</i>	TL	ESG I	TeTe	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Padina crassa</i>	TL	ESG I	TfTe		+						
<i>Petalonia binghamiae</i>	CB	ESGII	TeTe			0.11			0.31	2.01	0.19
<i>Petalonia fascia</i>	CB	ESGII	TrPo								
<i>Petersonspongium rugosum</i>	CB	ESGII	TeTe	+		0.11	0.36	+		+	0.06
<i>Ralfsia expansa</i>	C	ESG I	TfTe	+	1.56	0.62	+	+	+	+	+
<i>Sargassum confusum</i>	TL	ESG I	TfTe	0.09	0.29	0.09	0.14		+	+	+
<i>Sargassum coreanum</i>	TL	ESG I	TeTe	0.54	0.87	1.25	6.16			0.42	
<i>Sargassum filicinum</i>	TL	ESG I	TfTe	0.09		+	+				
<i>Sargassum fulvellum</i>	TL	ESG I	TfTe		+						
<i>Sargassum fusiform</i>	TL	ESG I	TeTe	5.62	10.27	19.62	4.31	3.52	9.89	16.12	8.12
<i>Sargassum hemiphylum</i>	TL	ESG I	TfTe	4.79	6.41	4.16	4.56		+	+	+
<i>Sargassum homerii</i>	TL	ESG I	TfTe	0.14	0.16	4.11	15.88			+	0.05
<i>Sargassum macrocarpum</i>	TL	ESG I	TeTe	10.39	4.33	4.40	3.02	0.52	+	0.49	+
<i>Sargassum micracanthum</i>	TL	ESG I	TeTe	0.74	0.08	+		0.05	1.08	+	+
<i>Sargassum nigrifolium</i>	TL	ESG I	TfTe						1.36		
<i>Sargassum patens</i>	TL	ESG I	TfTe			+	+	+			
<i>Sargassum piluliferum</i>	TL	ESG I	TfTe							+	+

Appendix (continued)

Division/species	F-form	ESG	inhabit climate	Ceonjin				Jeonheud				
				summer	autumn	winter	spring	summer	autumn	winter	spring	
<i>Sargassum siliquastrum</i>	TL	ESG I	TeTe	1.36	0.87	+	+			+	+	
<i>Sargassum yendoii</i>	TL	ESG I	TrTe	1.27		1.47	0.19	+		+	+	
<i>Sargassum sp.</i>	TL	ESG I				+	+					
<i>Sargassum autumnale</i>	TL	ESG I	TeTe			+						
<i>Sargassum thumbergii</i>	TL	ESG I	TeTe	1.86	0.27	2.20	2.13	0.61	2.37	0.91	4.56	
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	S	ESG II	TrPo				+					
<i>Spatoglossum crassum</i>	CB	ESG II	TeTe					+			0.30	
<i>Spatoglossum latum</i>	S	ESG II	TeTe	0.11			0.06	0.32			0.07	
<i>Spatoglossum solieri</i>	S	ESG II	TrTe				0.04			+	+	
<i>Undaria pinnatifida</i>	TL	ESG I	TePo	0.11		0.04	4.94			0.03	0.95	
<i>Zonaria diessingiana</i>	CB	ESG II	TrTe	0.05		0.07	+					
<b>Rhodophyta</b>												
<i>Acanthopeltis longiramulosa</i>	TL	ESG I	TeTe	2.44	0.67	0.90	1.56	1.04	5.54	1.80	1.50	
<i>Acanthopeltis sp.</i>	TL	ESG I	TeTe		+	0.04	0.42	+	+	2.57	1.81	
<i>Acrosorium flabellatum</i>	S	ESG II	TeTe								0.03	
<i>Acrosorium polymeunum</i>	S	ESG II	TeTe		+	+	0.15	0.08	0.21	0.24	0.03	
<i>Acrosorium uncinatum</i>	S	ESG II	TrTe		+	0.04	0.08		+	0.20	0.50	
<i>Acrosorium venulosum</i>	S	ESG II	TrTe				0.04	+	0.03	+	0.15	
<i>Acrosorium yendoii</i>	S	ESG II	TePo					0.75	+	0.10	0.97	
<i>Actinotrichia fragilis</i>	TL	ESG I	TrTe	+	+			+	+			
<i>Aglaothamnion callophyllidicola</i>	F	ESG II	TeTe		+		0.04		0.03	0.10	0.09	
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	CB	ESG II	TrPo	+	+	+	0.11	+	+	+	0.03	
<i>Alatocladia modesta</i>	JC	ESG I	TePo	1.07	0.14		0.69			0.67		
<i>Amphiroa anceps</i>	JC	ESG I	TrTe	4.99	16.48	7.32	8.26	0.55	0.34	0.50	1.02	
<i>Amphiroa besuvoisii</i>	JC	ESG I	TrPo	0.65	0.17	1.11	0.98		0.03	0.03	0.05	
<i>Amphiroa ephedraea</i>	JC	ESG I	TrTe	0.16	+	0.07	0.06	+	+		+	
<i>Amphiroa foliacea</i>	JC	ESG I	TrTe	0.05	+		1.65	0.04	0.03	0.08	0.03	
<i>Amphiroa honoi</i>	JC	ESG I	TeTe			0.06						
<i>Amphiroa galapagensis</i>	JC	ESG I	TrTe		0.06	0.14						
<i>Amphiroa pusilla</i>	JC	ESG I	TeTe	+	0.05	1.70	0.04				+	
<i>Anotrichium tenue</i>	F	ESG II	TrTe	+	+							
<i>Anotrichium yagii</i>	F	ESG II	TeTe		+	+	0.08			0.03	0.06	
<i>Anotrichium sp.</i>	F	ESG II									+	
<i>Antithamnion cristithizoporum</i>	F	ESG II	TeTe			+			+	0.03		
<i>Antithamnion densum</i>	F	ESG II	TrPo		+							
<i>Antithamnion nipponicum</i>	F	ESG II	TrPo				0.04				0.03	
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	CB	ESG II	TrTe	+		+	+					

Appendix (continued)

Division/species	F-form	ESG	inhabit climate	Ceonjin				Jeonheul				
				summer	autumn	winter	spring	summer	autumn	winter	spring	
<i>Audouinella codicola</i>	F	ESGII	TeTe		+							+
<i>Audouinella daviesii</i>	F	ESGII	TrPo		+							
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	F	ESGII	TePo				+					+
<i>Callophyllia adhaerens</i>	CB	ESGII	TeTe	0.27	0.06	0.11	+	0.08	+	0.10	0.09	
<i>Callophyllia adnata</i>	CB	ESGII	TeTe			+	0.12		0.03	0.03	2.51	
<i>Callophyllia japonica</i>	CB	ESGII	TeTe	0.92	+	0.11	+	0.95	0.77	0.40	+	
<i>Campylaeophora crassa</i>	F	ESGII	TePo	+	+	+	+				+	
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	F	ESGII	TiTe	0.29	0.44	1.29	1.16	0.51	+	+	0.25	
<i>Centroceras clavulatum</i>	F	ESGII	TiTe						+			+
<i>Ceramium affine</i>	F	ESGII	TiTe									+
<i>Ceramium flaccidum</i>	F	ESGII	TePo						0.03	0.03		
<i>Ceramium japonicum</i>	F	ESGII	TePo				+			+		
<i>Ceramium nakamurae</i>	F	ESGII	TeTe				+		+			
<i>Ceramium tenerrimum</i>	F	ESGII	TiTe			+	+				0.03	
<i>Champia compressa</i>	S	ESGII	TiTe	+			+					
<i>Champia expansa</i>	S	ESGII	TeTe		+	0.04	+			+	+	
<i>Champia parvula</i>	S	ESGII	TiTe	+	+	0.29	0.22	0.51	+	0.07	+	
<i>Chondracanthus intermedius</i>	CB	ESGII	TiTe	0.09	0.42		0.13	0.90	+	+	0.03	
<i>Chondracanthus tenellus</i>	CB	ESGII	TiTe	+	+	+	0.04	3.60	4.25	1.23	4.25	
<i>Chondria crassaiculis</i>	CB	ESGII	TiTe	+	0.13	0.56	0.80	0.68	0.18	3.64	5.47	
<i>Chondria expansa</i>	CB	ESGII	TeTe	+								
<i>Chondrophycus cartilagineus</i>	CB	ESGII	TiTe	+		0.04	+	0.11		+	0.11	
<i>Chondrophycus undulatus</i>	CB	ESGII	TiTe				+	0.31				
<i>Chondrophycus intermedius</i>	CB	ESGII	TiTe		+	2.36	+	5.85	+	0.60	0.36	
<i>Chondrophycus kangjiaevonii</i>	CB	ESGII	TeTe							0.11		
<i>Chondrus canaliculatus</i>	CB	ESGII	TiTe	+		+	+	0.31	0.07		+	
<i>Chondrus ocellatus</i>	CB	ESGII	TrPo	+		+	0.06	0.13	0.18	0.12	0.03	
<i>Corallina confusa</i>	JC	ESG I	TeTe	0.05		0.08						
<i>Corallina elongata</i>	JC	ESG I	TiTe	0.58	0.05	0.12	0.20					+
<i>Corallina officinalis</i>	JC	ESG I	TrPo	3.49	1.41	+	0.04	1.65		0.10	1.48	
<i>Corallina pilulifera</i>	JC	ESG I	TrPo	2.91	3.99	5.35	1.87	+	6.74	5.54	7.10	
<i>Cryptopleura membranacea</i>	S	ESGII	TeTe			+		0.04	0.03			
<i>Dasys scoparia</i>	F	ESGII	TiTe									0.03
<i>ErythroGLOSSUM minimum</i>	S	ESGII	TeTe		+		0.11		0.03	+	0.06	
<i>Galaxaura apiculata</i>	JC	ESG I	TiTe	0.59		0.08	+	0.18		0.10	0.03	
<i>Galaxaura falcata</i>	JC	ESG I	TiTe	0.64		0.04	0.12	0.37		0.12	0.44	
<i>Galaxaura hystrix</i>	JC	ESG I	TiTe	1.16		+	+			0.23	+	

Appendix (continued)

Division/species	F-form	ESG	inhabit climate	Ceonjin				Jeonheui				
				summer	autumn	winter	spring	summer	autumn	winter	spring	
<i>Galaxaura marginata</i>	JC	ESG I	TrTe					0.13				
<i>Gelidium australe</i>	CB	ESGII	TeTe					+				
<i>Gelidium elegans</i>	CB	ESGII	TePo	+	1.79	+	+	6.54	6.63	4.11	3.36	
<i>Gelidium divaricatum</i>	CB	ESGII	TrTe	0.32	0.46	0.05	0.04	0.19	+	+	+	
<i>Gelidium pusillum</i>	CB	ESGII	TrPo				3.88					
<i>Gloiopeltis furcata</i>	CB	ESGII	TePo	0.80		0.26	1.66	0.04		+	0.76	
<i>Gloiopeltis tenax</i>	CB	ESGII	TrTe	0.71				1.02		+	1.72	
<i>Gloiosiphonia capillaris</i>	CB	ESGII	TePo			+						
<i>Gracilaria textorii</i>	CB	ESGII	TrPo	0.23		+	+			0.03	+	
<i>Grateloupia asiatica</i>	CB	ESGII	TeTe			+	+	+	+	+	+	
<i>Grateloupia angusta</i>	TL	ESG I	TeTe	3.00	1.93	1.14	1.63	0.80	2.45	1.94	1.16	
<i>Grateloupia chiangii</i>	CB	ESGII	TeTe	+			+	0.16	+		0.25	
<i>Grateloupia crispata</i>	CB	ESGII	TrTe		+							
<i>Grateloupia elata</i>	CB	ESGII	TeTe	+	+	+		0.05	1.03	1.06	0.12	
<i>Grateloupia elliptica</i>	CB	ESGII	TeTe	+	0.07	0.04	0.85	3.85	0.54	0.43	0.77	
<i>Grateloupia imbricata</i>	CB	ESGII	TeTe	0.09		+	0.28	0.79		+	0.11	
<i>Grateloupia lanceolata</i>	CB	ESGII	TeTe	0.08		+	0.12	0.05	+	0.08	1.13	
<i>Grateloupia kurogii</i>	CB	ESGII	TeTe	+		+	0.10	0.09		+	0.36	
<i>Grateloupia furuturu</i>	CB	ESGII	Trpo					+	+		0.25	
<i>Giffithsia japonica</i>	F	ESGII	TrTe				0.11		0.03	0.07	+	
<i>Giffithsia venusta</i>	F	ESGII	TeTe						+	0.07	0.06	
<i>Halichrysis micans</i>	CB	ESGII	TrTe						0.07	+		
<i>Herpochondria elegans</i>	S	ESGII	TrTe		+		+		0.07	0.03	0.06	
<i>Herpochondria pygraea</i>	S	ESGII	TeTe			+						
<i>Heterosiphonia japonica</i>	CB	ESGII	TePo						0.03	0.07	0.41	
<i>Heterosiphonia pulchra</i>	F	ESGII	TeTe				0.04		0.07	0.07	0.09	
<i>Hypnea asiatica</i>	CB	ESGII	TeTe	+				3.21		+		
<i>Hypnea japonica</i>	CB	ESGII	TePo		+			0.16	2.43	2.01	0.09	
<i>Hypnea pannosa</i>	CB	ESGII	TrTe							0.07	+	
<i>Hypnea saidana</i>	CB	ESGII	TrTe							0.15	0.06	
<i>Hypnea spinella</i>	CB	ESGII	TrTe			0.04	0.04		+	0.10	+	
<i>Hypoglossum gemmatum</i>	S	ESGII	TeTe		+		0.04					
<i>Hypoglossum minimum</i>	S	ESGII	TrTe				0.08				+	
<i>Jania arborea</i>	JC	ESG I	TrTe	0.22	0.20	0.13	0.27	0.04	0.03	0.07	0.03	
<i>Jania yendo-shimensis</i>	JC	ESG I	TeTe						+	+	+	
<i>Kallymenia crassiuscula</i>	CB	ESGII	TeTe					+				
<i>Kallymenia harveyana</i>	CB	ESGII	TeTe							0.03		

Appendix (continued)

Division/species	F-form	ESG	inhabit climate	Ceonjin				Jeonheul			
				summer	autumn	winter	spring	summer	autumn	winter	spring
<i>Kallymenia oligonema</i>	CB	ESGII	TeTe								0.03
<i>Kallymenia sessilis</i>	CB	ESGII	TfTe					+		0.03	0.29
<i>Kinfokiocolax aggregato-cerantha</i>	CB	ESGII	TeTe	0.04		0.04	0.08		0.03	0.17	+
<i>Laurencia composita</i>	CB	ESGII	TfTe			0.04	+	+		0.09	+
<i>Laurencia okamurae</i>	CB	ESGII	TfTe				+				+
<i>Laurencia pinnata</i>	CB	ESGII	TrPo				0.13		0.07	0.11	0.13
<i>Laurencia venusta</i>	CB	ESGII	TfTe		0.05		+				0.03
<i>Leveillea jungermannioidea</i>	F	ESGII	TfTe			+					
<i>Lomentaria catenata</i>	CB	ESGII	TeTe			+	1.08	0.15	0.16	+	+
<i>Lomentaria flaccida</i>	CB	ESGII	TeTe								+
<i>Lophocladia japonica</i>	F	ESGII	TeTe					+			
<i>Marginisporum aberrans</i>	JC	ESGI	TeTe	0.78	2.91	7.93	1.18	4.24	2.81	6.88	2.69
<i>Marginisporum crassissimum</i>	JC	ESGI	TeTe	4.27	0.18	+	0.08		+		+
<i>Martensia jejuensis</i>	S	ESGII	TeTe						+		
<i>Martensia bibarii</i>	S	ESGII	TeTe				+				
<i>Meristotheca papulosa</i>	CB	ESGII	TfTe	0.12	+	0.04	0.06	+	+	+	+
<i>Neosiphonia pometa</i>	F	ESGII	TeTe				0.04				0.03
<i>Neosiphonia savatieri</i>	F	ESGII	TfTe			+	+				
<i>Neosiphonia decumbens</i>	F	ESGII	TeTe		+						
<i>Neosiphonia sphaerocarpa</i>	F	ESGII	TfTe			+					
<i>Peysannella capensis</i>	C	ESGI	TfTe	0.91	0.46	0.18	+	+	0.39	0.19	0.30
<i>Phacelocarpus japonicus</i>	CB	ESGII	TeTe		+		+				
<i>Phycodiya australasica</i>	S	ESGII	TeTe				+				0.03
<i>Pleonosporium yagii</i>	S	ESGII	TeTe								0.03
<i>Plocamium cartilagineum</i>	CB	ESGII	TrPo	0.11	0.46	0.36	0.80			+	0.41
<i>Plocamium ovicoma</i>	CB	ESGII	TeTe	+	+		0.04				
<i>Plocamium telfairiae</i>	CB	ESGII	TfTe	2.61	6.79	3.51	1.38	2.66	8.66	7.52	8.01
<i>Plocamium uncinatum</i>	CB	ESGII	TeTe	0.71	0.29	0.41	+	0.17	0.62	0.17	0.11
<i>Plumariella yoshikawae</i>	CB	ESGII	TeTe							0.03	
<i>Polyopes affinis</i>	CB	ESGII	TfTe			0.04	0.04	+	+	+	+
<i>Polysiphonia atlantica</i>	F	ESGII	TfTe				0.08				
<i>Polysiphonia motowii</i>	F	ESGII	TePo								+
<i>Porphyra ishigocola</i>	S	ESGII	TeTe			+				0.03	0.03
<i>Portieria japonica</i>	CB	ESGII	TfTe	+	0.06		0.08	+		0.03	0.03
<i>Predaea tokidae</i>	CB	ESGII	TeTe				+				
<i>Pterocladiaella capillacea</i>	CB	ESGII	TfTe	+	0.05	0.13	1.53	1.92	1.75	0.07	0.24
<i>Ptilonia okadae</i>	S	ESGII	TeTe							0.07	

Appendix (continued)

Division/species	F-form	ESG	inhabit climate	Geonjin				Jeonheul			
				summer	autumn	winter	spring	summer	autumn	winter	spring
<i>Rhodymenia intricata</i>	CB	ESGII	TrTe				+	+	0.07	0.14	0.06
<i>Rhodymenia sp.</i>	CB	ESGII					0.04				0.03
<i>Rytiphlaea? Sp.</i>	CB	ESGII	TeTe		+					+	+
<i>Schizymenia dubyi</i>	CB	ESGII	TePo			+	+			0.03	0.33
<i>Scinaia confusa</i>	CB	ESGII	TrPo				+				
<i>Scinaia okamurae</i>	CB	ESGII	TeTe			+					
<i>Sobdenia yamadae</i>	CB	ESGII	TrTe				+				
<i>Symphyccladia latiuscula</i>	S	ESGII	TePo								+
<i>Symphyccladia marchantioidea</i>	S	ESGII	TrPo						0.03	0.07	0.24
<i>Symphyccladia pulmilla</i>	S	ESGII	TeTe			0.18	0.23		0.07	0.27	0.15
<i>Symphyccladia sp.</i>	S	ESGII						0.49	0.03		0.35
<i>Synarthrophyton chejuensis</i>	C	ESGI	TeTe	0.04	0.15	0.22	0.19	0.08	0.21	0.24	0.12
<i>Wrangelia tanegana</i>	CB	ESGII	TrTe								+

## 감사의 글

회사생활을 접기 즈음해서 마음이 너무나도 힘겨운 어느 날 라디오에서 흘러나오던 시가 한 구절 생각납니다. ‘모든 순간이 꽃봉오리인 것을’... 그 시절 나를 힘들게 만들고 있는 것은 그 상황이 아니라 그 상황을 만든 나의 그 ‘매너리즘’이란 것을 깨달았습니다. 지금 이 순간 논문작성을 마감하며 다시 떠올려 봅니다. ‘매 순간 정말 최선을 다했을까? 지금 힘든 상황을 핑계 대며, 엄살떨며 나태하고 있는 것은 아닐까?’ 그리고 다시 ‘내가 좋아하면서 가장 잘 할 수 있는 것이 무엇일까?’라고 되짚어봅니다. 결국 그것은 바다와 바다풀로 귀결됩니다. 제가 학부를 졸업하고 수년이 흐른 뒤 다시 공부를 시작하는 데에 너무나도 많은 분들의 도움이 있었습니다. 내가 잃어버렸던 다이빙 감각을 다시 일깨워준 규호야 고맙다. 어떻게든 제 일감을 몰어다 주려고 고민했고 고민하고 있는 고용덕 선배님 너무 감사합니다. 기영이형님 금등공사로 첫 등록금 냈습니다. 우리 Benthos 승우형, 창호형 그리고 용혁이 형도... 3년만 더 참아 주세요. 공부 더 해야 합니다. 지난 2년간 생활을 유지할 수 있도록 일을 만들어 주신 제주수산연구원의 김문관, 홍성완, 고희범, 강봉조 박사님을 비롯하여 김수강 연구사, 진혁이, 민수... 직원 여러분 정말 감사합니다. 종철아 내가 니 마음 쓰고 있는 빛은 언제고 꼭 갚으마. 오윤식 교수님께 선물 받은 압력밥솥이 마음에 커다란 부담으로 자리잡고 있습니다. 밥 열심히 먹고 공부 열심히 하겠습니다. 윤장택 박사님! 일 할만 하니까 떠나버리시면 어떡합니까? 나중에 꼭 다시 뵈 기회 만들어 주십시오. 미량이 누나 사업 일취월장 하세요. 경철아! 항상 잊지 않고 안부 먼저 전해 줘서 고맙다. 가끔은 나도 먼저 연락 하마. 병석아! 항상 그림구나... 쫘 실험실 와서 도와줘라. 이 순간에도 나와 내 가족을 위해 기도해 주시는 친구 현문일 신부님... 훈석아 그동안 밥과 술 고맙게 잘 얻어먹었다. 복 받을 거야. 마음의 빛이 무겁구나.

“네 학위는 내가 주고 싶었다.”라는 이용필 교수님, 항상 아버지 같은 마음으로 저를 대해주시는 데 대해 어떤 말로 표현해야 할 지 모르겠습니다. 교수님의 표본과 자료는 정말 저에게 보물과도 같습니다. 사모님! 앞으로도 종종 밥 줘 얻어먹겠습니다. 그리고 제가 학부 4년 동안 이끌어 주시고 다시 대학원 공부를 시작할 수 있도록 갖은 수고를 마다 않고 해 주신 김문홍 교수님, 이화자 교수님, 고석찬 교수님, 김세제 교수님, 이선령 교수님께 감사합니다. 생태학에 대한 기초가 모자라 헤매고 있을 때 많은 조언해준 국만아 고맙다. 그리고 명옥이 형님, 화자 누나 응원해 주셔서 고맙습니다. 행복아! 올핸 장가가거라. 그래야 성일이, 혜선이도 줄줄이 뚫린다. 세영이 쫘알거리는 소리가 없어서 심심하구나.

우리 해산방 식구들... 빨간검둥이 여왕 김명숙 교수님, 그라텔로피아 왕자 은규, 그라실라리아 공주 미연이, 코디움 장관 형우, 현장 감리 영호 그리고 프리젠테이션 감독 태섭이... 졸업하게 도와줘서 정말 고맙습니다. 김명숙 교수님을 만난 건 제 일생의 행운과도 같습니다. 앞으로도 많은 지도 부탁드립니다.

어머니, 아버지 그리고 누나 동생들 지금 제 모습을 보고 계신 마음이 결코 편치 않을 것입니다. 하지만 이제 이 길이 제가 끝까지 갈 길입니다. 조금만 참고 지켜봐 주십시오. 내 사랑하는 혀니야! 힘들게 해서 정말 미안해... 내가 할 수 있는 말이라곤 ‘조금 더...’

라는 말을 반복하는 것 뿐이구나. 혀니, 동훈이, 민서 그리고 여름에 태어날 우리 아가...  
내가 살아가는 이유입니다. 우리 가족 하루하루 살아갈 힘을 줘서 너무 감사합니다.  
오늘도 열심히... 아자! 아자! 아자!

