

인공어초의 기능도와 성숙도 평가를 위한 생태학적 지수에 대한 연구

유재원¹ · 홍현표^{1,5} · 황재연^{1,5} · 이민수² · 이용우³ · 이채성⁴ · 황선도^{4,*}

¹(주)한국연안환경생태연구소

²미소생물생태환경연구소

³Department of life Science, Texas A&M University

⁴한국수산자원관리공단

⁵인하대학교 해양학과

A Study on the Ecological Indices for the Assessment of the Function and Maturity of Artificial Reefs

JAE-WON YOO¹, HYUN-PYO HONG^{1,5}, JAE-YOUN HWANG^{1,5}, MIN-SOO LEE², YONG-WOO LEE³,
CHAE-SUNG LEE⁴ AND SUN-DO HWANG^{4,*}

¹Korea Institute of Coastal Ecology, Inc. Gyeonggi-do 421-742, Korea

²Misobio Institute, Co., Ltd. Incheon 406-840, Korea

³Department of life Science, Texas A&M University, 6300 Ocean Drive, Corpus Christi, TX 78412, USA

⁴Korea Fisheries Resources Agency, Busan 612-020, Korea

⁵Department of Oceanography Inha University, Incheon 402-751, Korea

국외의 대형 무척추동물과 해조류 군집을 대상으로 해역의 생태학적 상태를 평가하는 모델을 이용하여 인공어초와 인접한 자연초의 상태를 비교함으로써 우리나라 연안역에 설치된 인공어초의 기능도(FI, Functional Index; 군집구조의 안정성과 생산성의 추정)와 성숙도(MI, Maturity Index; 자연초 생물학적 패러미터와의 비교)를 평가할 수 있는, 복수의 생태학적 지수(ecological index)로 구성된 시스템을 개발하였다. 이 생태평가 모델을 서해안 연안바다목장 5개 지역(백령-대청, 연평, 태안, 서천 그리고 부안)의 자연초와 인공어초 또는 어초시설예정지(자연초)에 적용한 결과, 기능도(FI)는 지역별로 평균 31.6%(백령-대청)부터 72.5%(부안), 성숙도(MI)는 53.1%(서천)부터 76.9%(태안)의 범위를 나타내었다. 인공어초의 기능도와 성숙도는 태안에서 가장 양호하였으며, 인접한 인공어초와 자연초 간의 FI는 유의한 선형 관계를 갖는 것으로 나타났다($r^2=0.83$, $p=0.01$). 이 같은 결과는 그 해역의 생물 군집의 상태가 어초의 기능도를 결정하는 데에 중요한 요인으로 작용할 수 있음을 의미한다. 생태학적 상태에 대한 평가 결과는 효율적인 재원의 활용과 의사 결정에 책임이 있는 환경 및 자원 관리자에게 중요한 정보로 활용될 수 있을 것이다. 평가 결과의 정확도를 개선하고 강화하기 위해 다음과 같은 세 가지가 필요하다: (1)평가 결과의 타당성 검증과 이에 기초한 지시자 기준의 보정(rescaling)을 지속하고, (2) 시스템의 적용 및 자료의 축적을 통해 획득된 관찰과 경험을 적극적으로 활용하며, (3) 새로운 지수들을 지속적으로 개발, 검증하고 추가해 나가는 노력이 요구된다.

We reviewed foreign evaluation systems based on the macrobenthic and macroalgal communities and developed a system, composed of a set of ecological indices able to evaluate the functionality (FI, Functional Index; estimation of stability and productivity) and maturity (MI, Maturity Index; comparisons with biological parameters of natural reefs) of artificial reefs by comparing the status in the adjacent natural reefs in Korean coastal waters. The evaluation system was applied to natural and artificial reefs/reef-planned areas (natural reefs), established in the 5 marine ranching areas (Bangnyeong-Daechung, Yeonpyung, Taean, Seocheon and Buan) in the west coast of Korea. The FI ranged between 31.6 (Bangnyeong-Daechung) and 72.5% (Buan) and MI did between 53.1 (Seocheon) and 76.9% (Taean) in average. The evaluation of artificial reefs by the two indices, showed the most appropriate status in Taean. The FI between the adjacent artificial and natural reefs were in significant linear relationship ($r^2=0.83$, $p=0.01$). This indicated the local status of biological community may be

critical in determining the functionality of the artificial reefs. We have suggested an integrative but preliminary evaluation system of artificial reefs in this study. The output from the evaluation system may be utilized as a tool for environment/resource managers or policy makers, responsible for effective use of funds and decision making. Given the importance, we need to use the options to enhance and improve the accuracy as follows: (1) continuous validation of the evaluation system and rescaling the criteria of indicators, (2) vigorous utilization of observation and experience through the application and data accumulation and (3) development and testing of brand-new indicators.

Key words: artificial reef, quality assessment, ecological indicis, functional index, maturity index

서 론

1970년대 이후 수중 생태계의 건강성 또는 서식처 환경의 질적 상태를 모니터링하고 평가하는 데에 활용될 수 있는 지수의 개발에 많은 관심이 집중되어 왔다. 이 과정에서 연성기질 무척추동물 군집을 대상으로 하는 다수의 지수들(Word, 1978; Borja *et al.*, 2000; Rosenberg *et al.*, 2004)이 개발되었으며, 이 가운데 Word (1978)의 내서생물 식성지수(ITI, Infaunal Trophic Index), 이를 수정한 형태인 저서오염지수(BPI, Benthic Pollution Index), 그리고 Borja *et al.*(2000)의 AMBI(AZTI's Marine Biotic Index) 등은 실제 국내의 현장 평가에도 활용된 바 있다(최와 서, 2007; 국토해양부, 2010; 해양환경관리공단, 2011). 국내에서는 90년대 초반부터 국외에서 개발된 지수를 도입, 적용하기 위한 연구가 수행되었으나(해양연구소, 1993), 이후 건강성 평가의 왜곡과 같은 문제점이 지속적으로 제기되었으며, 이 같은 내용은 2011년 3월 '한국 근해 생태계 평가체계 수립을 위한 워크숍'(국토해양부 주최)과 2012년 6월 '해양생태계 건강성 평가 특별세션'(한국해양학회) 등을 통해 공론화되기도 하였다.

최근 들어, 국내에서는 현실성 있는 등급 체계와 국지적인 특성(즉, 한국 연안의 생태학적 특성)에의 적합/순응(adaptation) 등의 문제점 해결에 초점을 맞춰 보완된 지수(ISEP, Inverse Function of Shannon-Wiener's Evenness Proportion; Yoo *et al.*, 2010)와 생태계의 다양한 측면을 반영하는 여러 항목의 지수들을 활용(multi-metric approach)한 종합적 평가 시스템(유 등, 2010, 2011; 국토해양부, 2011a, 2011b)의 개발이 이뤄졌다. 그러나 위에 언급한 지수와 종합 평가 시스템은 갯벌과 같은 연성 기질의 조간대나 조하대에 국한되어 개발되었으므로 적용범위도 제한적일 수밖에 없다. 암반 서식처의 건강성을 평가하는 지수의 개발과 적용사례는 국내는 물론 국외에서도 그 예를 찾아보기 어렵다. 따라서 우리나라 연안 바다목장의 인공어초 저서생물 군집에 적용 가능한 생태학적 건강도 평가 기법의 도출은 새로운 시도라 할 수 있다.

본 연구를 위해서 복수의 국외 평가 지수/시스템을 검토한 결과, Fano *et al.*(2003)과 O'Hara *et al.*(2010)의 방법이 관찰 자료나 평가 경험의 축적이 상대적으로 빈약한 국내 암반 생태계 분야에서도 적절하게 활용될 수 있는 것으로 판단되었다. Fano *et al.*(2003)의 생태기능 질적지수(ecofunctional quality index, EQI)는, 예비적 성격을 갖는 방법의 제안에 의미를 둔 것이긴 하나, 생물 군집의 생태학적 구조(생물 다양성)와 기능(생산력 또는 생태량)을 종합적으로 비교 검토하는 것이며, 방향성이 뚜렷한 패러미터들(예를 들어, 높을수록 양호하며, 낮을수록 악화된 환경을 지시하는 패러미

터로서 서식처의 질적 상태를 선형적으로 반영)의 최대값을 기준으로 해당 패러미터의 관찰값을 기준화(0-100)하여 재조정(rescaling)한 것이다. O'Hara *et al.*(2010)은 대조구와 실험구 간 암반 조간대 서식처 환경과 저서생물 군집의 유사성을 비교하여 환경적 유사성이 높음에도 불구하고 뚜렷하게 구분되는 이질적 생물상이 관찰되는 지의 여부를 바탕으로 교란된 곳과 건강한 곳을 구별하였다. 본 연구에서는 이와 같은 두 가지 연구에서 시도한 방법을 기초로 하여, 대조구(자연초) 저서생물(대형 무척추동물과 해조류) 군집의 속성(패러미터)의 양(quantity)이나 상태(status)를 기준으로 삼고, 전 조사지역(본 연구의 경우, 서해) 또는 국지(태안, 백령도 등)의 연평균 최대치를 활용하여 실험구(인공어초)의 기능도(Functional Index)와 성숙도(Maturity Index)를 평가하는 방법을 개발하였다

어초의 기능도와 성숙도 평가 지수의 개발을 목표로 삼은 본 연구는 어초 부착 저서생물 군집의 생태학적 구조나 기능이 양호할수록 어초에 서식하는 어류 군집의 생산력도 크다는 가정을 전제로 한 것이다. 어초의 복잡성이 높을수록 저서생물 군집의 다양도가 높고, 주변의 어류 서식밀도 역시 높아지는 관계를 보고한 Rilov and Benayahu(1998)와 Holbrook *et al.*(2002)의 연구, 그리고 어류의 위내용물 분석을 통해 이들에 기여하는 어초 저서생물 군집의 중요성을 보고한 Leitão *et al.*(2007)에 근거하면, 이 같은 가정은 합리적이라 할 수 있다.

재료 및 방법

현장 조사

인천시 옹진군 백령-대청면, 연평면, 충남 태안군, 서천군, 그리고 전북 부안군에 위치한 인공어초 및 자연초에 서식하는 저서생물을 조사하기 위해 지역마다 인공어초2곳, 인공어초 주변의 자연초 1곳, 총 3개의 정점을 선정하여 2012년 3월부터 5월, 8월 그리고 10월까지 4회에 걸쳐 계절별로 현장조사를 실시하였다(백령-대청면은 5월과 10월만 조사)(Fig. 1).

어초가 설치된 해역은 연평도, 태안군 그리고 서천군 등이다. 연평도 인근에 위치한 어초는 아치형(arch type, AT)으로 2009년과 2010년에 설치되었다. 태안군에 위치한 돔형증식(dome type, DT)과 정삼각뿔형(tetrahedron type, TT) 어초는 모두 2010년에, 그리고 서천군에 위치한 돔형증식어초는 각각 2010년과 2011년에 설치되었다. 이들 소형인공어초는 자원조성을 목적으로 하는 연안바다목장사업의 특성상 해조류 이식을 하지 않고 어류 서식 수심에 시설했다. 일부 지역은 인공어초가 시설되어 있지 않은 해역이 포

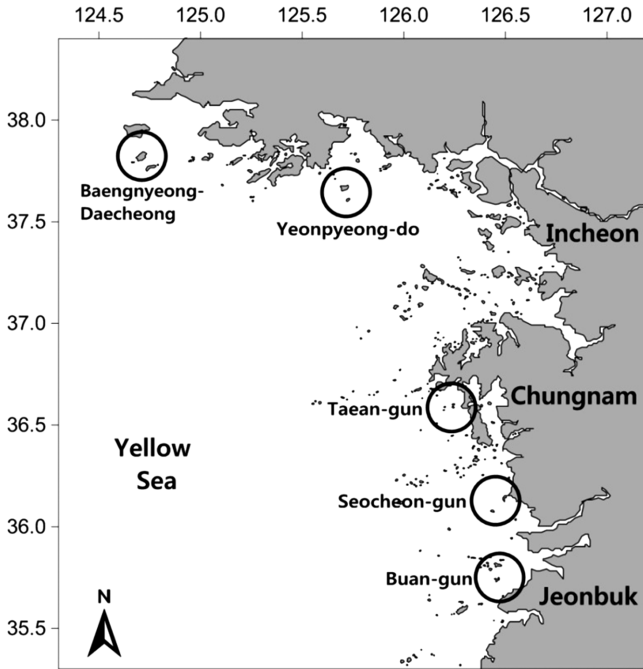


Fig. 1. Location of the study area in the west coast of Korea.

함되어 있는데, 백령·대청과 부안군이 이에 해당한다. 이러한 해역에서는 대조구라 할 수 있는 자연초(natural reefs, NR)와 어초시설예정지(자연초; reef-planned area, RPA, 이하 예정지)가 조사되었고, 따라서 자연초 간 생물학적 특성의 비교가 이루어졌다(Table 1).

어초의 설치 수심은 3~13 m 범위였다. 일본의 경우, 해조장 조성을 목적으로 하는 천해역 어초의 수심을 10 m 이내로 규정(김, 2006)하며, 국내의 경우, 패류 및 해조류의 부착을 유도하기 위한 연안용 어초의 수심을 20 m 이내로 설정하고 있다(해양수산부 훈령 제86호, 2013). 조사 대상 어초는 비록 형태의 차이는 있으나 경성부착기질(콘크리트, 강재, 세라믹 등)을 사용하고 있으며, 10 m

내외의 좁은 수심범위에 설치되어 있어, 5개 해역 간 또는 해역 내 저서생물 표본의 비교가 가능한 것으로 볼 수 있었다. 인공어초와 자연초의 거리는 최대 2 km 이내에 위치하고 있으므로 수질이나 해수의 물리적 특성 측면에서는 동일한 여건으로 볼 수 있었고, 대조구인 자연초와 인공어초 간의 비교 역시 가능한 것으로 판단된다.

각 지역의 정점마다 50×50 cm의 방형구와 잠수용 칼을 이용하여 부착된 생물을 4회씩 반복하여 총 1 m²의 면적에 서식하는 생물을 전량 채집하였으며, 그물눈크기 1 mm인 망 속에 넣어 운반하였다. 채집된 시료는 농도 10%의 중성 포르말린으로 고정하였다. 실험실에서는 무척추동물을 선별하고 가능한 종 수준(species level)까지 동정하였다. 해조류의 경우 비디오와 사진에 의한 정성 채집이 이뤄졌으며, 출현 종수와 피도의 산정은 이 같은 정성 자료의 활용을 통해 보완되었다.

기능도 지수와 성숙도 지수의 산정 방법

서해 연안바다목장 5개 해역에 설치된 인공어초의 생태학적 평가를 위하여, 본 연구에서 제안하는 기능도 지수(Functional Index, 이하 FI)와 성숙도 지수(Maturity Index, 이하 MI)는 다음과 같다.

$$FI(\%) = \left(\sum_{i=1}^n \frac{R_i}{MaxNR_i} \times 100 \right) / n \tag{1}$$

R_i : 인공어초 또는 자연초의 i 번째 패러미터 연평균
 $MaxNR_i$: 연안바다목장 전체해역 자연초의 i 번째 패러미터 연평균 최대값
 n : 패러미터의 개수

$$MI(\%) = \left(\sum_{i=1}^n \frac{AR_i}{NR_i} \times 100 \right) / n \tag{2}$$

AR_i : 인공어초의 i 번째 패러미터 연평균
 NR_i : 각 연안바다목장 자연초의 i 번째 패러미터 연평균
 n : 패러미터의 개수

Table 1. Location and environment of the artificial and natural reef investigated in this study - RPA, Reef planned area; BD and BA, initials of the survey area; NR, Natural reef; AT, Arch type; DT, Dome type; TT, Tetrahedron type. Numbers next to type of the reefs denote reef sampling sites; single digit indicates sampling station of natural reefs and four digits do installation year

Survey area	Type of the reefs and sites	Latitude (N)	Longitude (E)	Distance among the reef (Avg., m)	Depth (m)
Baengnyeong-Daechong	RPA(BD)1	37°49'5.82"	124°39'52.80"	390	10
	RPA(BD)2	37°49'9.00"	124°39'59.88"		13
	NR	37°49'2.16"	124°40'10.20"		13
Yeonpyeong	AT2009	37°36'29.82"	125°42'10.62"	1,370	10
	AT2010	37°37'7.14"	125°42'55.44"		4
	NR	37°36'12.36"	125°42'27.36"		3
Taean	DT2010	36°35'31.08"	126°14'7.74"	290	10
	TT2010	36°35'32.52"	126°14'5.40"		10
	NR	36°35'25.56"	126°14'20.82"		4
Seocheon	DT2010	36°9'9.60"	126°29'13.74"	990	13
	DT2011	36°9'4.38"	126°29'12.36"		13
	NR	36°9'52.14"	126°29'20.64"		3
Buan	RPA(BA)3	35°34'41.58"	126°14'46.26"	940	7
	RPA(BA)4	35°34'57.84"	126°14'43.08"		5
	NR	35°35'4.50"	126°14'2.70"		3

FI는 서해 연안바다목장 5개 해역 간 비교를 통해 인공어초 및 자연초의 양호한 생태학적 상태 여부를 식별하는 데에 목적을 둔 것이다. 자연초의 전반적인 생물학적 패러미터의 수준을 인공어초의 것과 비교될 수 있는 기준인 것으로 간주하고, 전 해역의 자연초 표본으로부터 추정된 각 패러미터 별 연평균 최대값을 기준(100%)으로 설정하였다. 기능도 지수의 산정에 이용된 패러미터들은 부착성 무척추동물 군집의 (1) 서식밀도, (2) 출현종수, (3) 다양도지수, (4) 생체량, 그리고 (5) 해조류 군집의 출현종수, (6) 생체량, (7) 다양도지수, (8) 피도 등 8가지이다. FI의 지역간 비교는 어초가 어느 해역에서 어떤 생태학적 상태에 놓여 있는지를 판단하는 근거로 활용될 수 있다.

Fano *et al.*(2003)은 평가 대상 서식처에서 현화식물이나 대형 해조류와 같은 생물 구성원이 추가적으로 존재할 경우, 관련 패러미터의 추가가 이들 구성원으로 인해 강화되는 기능성을 반영하는 것으로 보고 패러미터의 개수가 늘어남에 따라 더욱 양호한 평가 결과가 산출될 수 있도록 합산값을 활용하였다. Fano *et al.*(2003)의 계산 방식을 근거로, 본 연구에서는 FI가 이를 반영할 수 있도록 패러미터의 합산값을 지수로 사용하는 것을 검토하였다.

그러나 패러미터의 추가는 (1) 우리가 관찰하고 이해할 수 있는 다양한 생태적 시스템의 측면(ecological facets)이 늘어나는 것이고, (2) 이것의 증가로 인해 서식처의 기능이 가법적으로 증가될 것이라는 전제의 입증에 어려운 상황에서는 실질적인 기능이 추가되는 것으로 보기 어려울 것이라는 이견도 존재할 수 있으며, (3) 추후의 연구를 통해 패러미터의 추가가 이루어지거나 소수의 패러미터(예를 들어, 해조류가 관찰되지 않은 서식처)만을 대상으로 평가하는 경우, 질적 상태보다는 적용 가능한 패러미터의 개수에 따라 평가가 달라지는 결과가 유발될 수도 있을 것으로 판단되었다. 이러한 점들을 고려하여 본 연구에서는 각 패러미터 점수(%)의 평균을 FI 값으로 설정하였다. 관찰값이 부재한 패러미터의 경우 계산에 활용하는 것이 바람직하지 않다는 의미에서 0으로 간주하지 않고 FI의 계산에서 제외하였다.

계산된 FI 값을 바탕으로, 자연초와 인공어초 간 FI의 종속 관계 유무를 추정하기 위하여 선형회귀분석을 하였다. 이들 간 상호 종속적 관계의 유무는 FI값의 공간적 분포 패턴과 다음에 설명할 MI 계산 방식의 선정 및 이해에 도움이 될 것으로 판단된다. 회귀 분석 과정에서 예정지(자연초)와 인접 자연초 간 자료는 인공어초와 자연초 간 비교와 통계적 속성(자료의 분산이나 선형성 등) 측면에서 다를 수 있을 것으로 판단되어 제외하였으나 산포도에는 포함하여 예정지의 FI가 나타내는 경향성을 진단하였다.

MI는 인공어초가 천이 과정을 통해 어느 정도까지 자연초와 유사해졌는가를 파악하거나 대등한 수준의 기능을 갖는 어초를 식별하는 데에 목적을 둔 것이다. 자연초와의 비교를 통해 추정된 수준 또는 상태를 지시하는 값(예: 생체량)은, 마치 환경수용력이나 기초생산력이 강한 국지성이나 공간적 변동성을 나타내는 것처럼, 어초가 설치된 지역의 환경적 특성에 따라 달라질 수 있다. FI의 경우와 달리, MI의 패러미터 별 기준은 각 해역의 자연초 표본으로부터 추정된 연평균 값을 기준으로 하는 것이 타당할 것으로 판단하였다. MI 값 역시 0~100% 범위를 가지며, 인공어초의 패러미터 값이 자연초 패러미터 값보다 높은 경우엔 100%의 점수를 할당하였다. MI의 계산은 자연초와 인공어초 간 비교에 의미가 있는

것이므로 자연초인 어초 시설 예정지를 대상으로 조사한 백령과 부안을 제외하고, 서천, 연평 그리고 태안 해역만을 대상으로 하였다.

결 과

서식생물의 종조성

조사기간 중 출현한 무척추동물과 해조류의 종조성 및 출현량을 Appendices I부터 VIII까지에 나타내었다. 무척추동물은 조사기간 중 백령-대청 해역에서 총 74종이 출현하였고, 절지동물이 31종으로 가장 많았다. 이 중 인공어초 설치 예정지인 RPA(BD)1과 RPA(BD)2에서 각각 총 22종과 56종, 그리고 자연초(NR)에서 48종이 출현하였다. 예정지, RPA(BD)1과 RPA(BD)2에서는 연체동물인 보리무룩(*Mitrella bicincta*)이 각각 42%(62 개체/m²)와 49%(174 개체/m²)로 가장 우점하였고, 자연초에서는 석회관갯지렁이(*Spirobidae* sp.)가 46%(124 개체/m²)로 우점하였다. 연평에서는 총 110종이 출현하였고, 환형동물과 절지동물이 각각 36종과 32종 출현하였다. 이 중 인공어초인 AT2009와 AT2010에서 각각 총 38종과 52종, 그리고 자연초에서 100종이 출현하였다. AT2009와 AT2010에서는 각각 연체동물과 절지동물인 돌고부지(*Trapezium liratum*)와 보리무룩(*M. bicincta*)이 17%(30 개체/m²)와 21%(290 개체/m²)로 가장 우점하였고, 자연초에서는 유사뱀이거미불가사리(*Ophiactis affinis*)가 16%(122 개체/m²)로 우점하였다.

태안에서는 총 135종이 출현하였으며, 절지동물과 환형동물이 각각 48종과 44종 출현하였다. 이 중 인공어초인 DT2010과 TT2010에서 각각 총 62종과 83종 출현하였고, 자연초에서 88종이 출현하였다. DT2010과 TT2010에서는 각각 연체동물과 환형동물인 긴네모돌조개(*Arca boucardi*)와 얼굴갯지렁이류(*Polydora* spp.)가 29%(987 개체/m²)와 57%(2,963 개체/m²)로 가장 우점하였고, 자연초에서는 절지동물인 넓은마디육질꼬리옆새우불이(*Erichthonius pugnax*)가 65%(2,022 개체/m²)로 우점하였다.

서천에서는 총 114종이 출현하였고, 절지동물과 환형동물이 각각 42종과 36종 출현하였다. 이 중 인공어초인 DT2010과 DT2011에서 각각 총 44종과 59종이 출현하였고, 자연초에서 86종이 출현하였다. DT2010과 DT2011에서는 환형동물인 얼굴갯지렁이류가 각각 55%(305 개체/m²)와 43%(228 개체/m²)로 가장 우점하였고, 자연초에서는 연체동물인 보리무룩(*M. bicincta*)이 34%(438 개체/m²)로 우점하였다.

부안에서는 조사기간 중 총 146종이 출현하여 조사 해역 중 가장 높은 출현종수를 보였으며, 절지동물이 59종으로 가장 많이 출현하였다. 이 중 예정지인 RPA(BA)3과 RPA(BA)4에서 각각 85종과 112종이 출현하였고, 자연초에서 102종이 출현하였다. RPA(BA)3과 RPA(BA)4에서는 각각 절지동물과 환형동물인 육질꼬리옆새우불이류(*Jassa* spp.)와 실타래갯지렁이류(*Dodecaceria* sp.)가 24%(184 개체/m²)와 19%(426 개체/m²)로 가장 우점하였고, 자연초에서는 환형동물인 염주발갯지렁이류(*Syllidae* spp.)가 19%(358 개체/m²)로 우점하였다.

해조류는 조사기간 중 백령-대청 해역에서 총 21종이 출현하였으며, 예정지, RPA(BD)1, RPA(BD)2, 자연초에서 각각 총 14종, 14종, 7종이 출현하였고, RPA(BD)1에서는 정성조사에서만 출현하였다. RPA(BD)2에서는 다시마(*Laminaria japonica*)가 우점하

였고, 자연초에서는 미역(*Undaria pinnatifida*)이 우점하였다. 연평은 자연초에서만 총 19종이 출현하였으며, 우점종은 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)였다. 태안은 총 34종이 자연초에서만 출현하였고, 우점종은 미역(*U. pinnatifida*)이었다. 서천은 총 23종이 출현하였고, 인공어초, DT2010에서는 출현하지 않았고, DT2011에서는 2종(정성조사)만이 출현하였다. 자연초에서는 총 23종이 출현하였고, 우점종은 부챗살(*Ahmfeltiopsis flabelliformis*)이었다. 부안은 총 71종이 출현하였고, 예정지, RPA(BA)3, RPA(BA)4, 그리고 자연초에서 각각 총 38종, 44종, 57종이 출현하였다. 예정지, RPA(BA)3에서는 큰잎모자반(*Sargassum coreanum*)이 우점하였고, RPA(BA)4에서는 검은서실(*Chondrophycus intermedia*)이, 자연초에서 우뚝가사리(*Gelidium amansii*)가 우점하였다.

생물학적 패러미터의 분포 현황

무척추동물의 연평균 서식밀도는 147~5,167 개체/m²의 범위로 백령-대청 예정지, RPA(BD)1에서 가장 낮았고, 태안 인공어초, TT2010에서 가장 높은 밀도가 관찰되었다. 출현종수에 있어서는 14~62종의 범위로 연평 인공어초, AT2009에서 가장 낮았고, 부안 예정지, RPA(BA)4에서 가장 많은 수의 종들이 출현하였다. 종 다양성지수는 1.45~2.98의 범위로, 태안 인공어초, DT2010에서 가장 낮았고, 부안 예정지, RPA(BA)4에서 가장 높게 나타났다. 생체량은 64.26~561.15 g/m²의 범위였으며, 서천 인공어초, DT2011에서 가장 낮았고, 백령-대청 예정지, RPA(BD)1에서 가장 높았다(Table 2).

해조류의 연평균 생체량은 태안 자연초에서 218.46 g/m²으로 가장 높았으며 백령-대청, 연평, 태안, 서천 해역에서는 일부 또는 전체 어초에서 출현하지 않았다. 출현 종수는 정성 조사자료를 통해 보완되었다(재료 및 방법 참조). 출현하지 않은 곳을 제외한 해조류의 연평균 출현종수는 1~23 종의 범위였으며, 가장 높은 해조류의 출현종수가 관찰된 곳은 부안의 자연초였다. 연평균 종 다양

성지수는 0.14~1.52의 범위를 나타내었다. 가장 낮은 값은 백령-대청 예정지, RPA(BD)2에서 관찰되었고, 가장 높은 값은 부안 예정지, RPA(BA)4에서 관찰되었다. 정성 조사자료에서도 해조류의 출현이 관찰되지 않은 서천, 연평, 태안의 어초지역을 제외하면, 연평균 피도는 5.86~40.23%의 범위를 나타내었다. 피도는 백령-대청 예정지, RPA(BD)1에서 가장 낮고, 부안 자연초에서 가장 높은 값이 관찰되었다(Table 2).

FI의 산정 및 비교

5개 해역 어초의 기능성 평가를 위해, 자연초 중 가장 높은 구조적 안정성 또는 기능성(생물 다양성이나 생체량 등)을 나타내는 것으로 간주할 수 있는 각 패러미터 별 연평균 최대값을 기준치(100%)로 설정하여 패러미터 별로 점수를 계산하고 다수의 패러미터를 평균하여 FI 값을 산출한 결과, 25.1~83.6%의 범위를 보였다(Fig. 2). FI에 의한 기능성 평가에서 자연초만이 조사된 백령-대청과 서천 및 연평의 인공어초에서 상대적으로 낮은 수준의 FI가 관찰되었고, 서천 및 연평의 자연초와 부안 예정지, RPA(BA)3과 태안의 인공어초, DT2010은 중간 수준의 FI 범위를 나타내었다. 가장 높은 값은 부안의 자연초에서 관찰되었으며, 태안의 인공어초, TT2010과 자연초, 그리고 부안 예정지, RPA(BA)4의 경우에도 타 해역의 것에 비해 높은 것으로 나타났다.

FI의 해역별 그리고 어초별로 저서생물의 패러미터를 살펴보면, 기능성 평가에서 가장 낮은 점수를 받았던 백령-대청의 자연초는 무척추동물의 생체량, 다양성지수, 출현종수를 제외하면 해조류를 포함하는 나머지 패러미터들이 20% 미만을 나타내었다. 서천 및 연평의 인공어초 역시 무척추동물의 다양성지수를 제외하면 대부분의 패러미터가 낮은 점수를 나타내었다. 반면 기능도 평가에서 가장 높은 점수를 나타낸 부안의 자연초는 무척추동물의 개체수와 생체량, 그리고 해조류의 생체량을 제외한 모든 세부 항목 패러미

Table 2. Annual mean values of macrofaunal and macroalgal parameters at each investigated sites. RPA, Reef planned area; BD and BA, initials of the survey area; NR, Natural reef; AT, Arch type; DT, Dome type; TT, Tetrahedron type. Numbers next to type of the reefs denote reef sampling sites; single digit indicates sampling station of natural reefs and four-digit number indicates the installation year. NA means not applicable data

Survey area	Types of the reefs and sites	Macrofaunal score				Macroalgal score			
		Abundance (inds./m ²)	Number of taxa	Biomass (g/m ²)	Diversity (H')	Number of taxa	Biomass (g/m ²)	Diversity (H')	Coverage (%)
Baengnyeong-Daechong	RPA(BD)1	147	22	562.15*	2.04	4	NA	NA	5.86
	RPA(BD)2	356	33	233.17	2.06	4	42.40	0.14	6.64
	NR	267	29	134.33	2.23	2	0.44	0.23	8.98
Yeonpyeong	AT2009	180	14	108.92	1.96	NA	NA	NA	NA
	AT2010	1,390	20	111.77	1.80	NA	NA	NA	NA
	NR	754	48	80.32	2.59	10	116.99	1.36	34.41
Taeon	DT2010	3,427	31	142.55	1.45	NA	NA	NA	NA
	TT2010	5,167	34	253.21	2.12	NA	NA	NA	NA
	NR	3105*	44	324.75	2.45	15	218.46*	1.24	20.99
Seocheon	DT2010	558	20	81.06	2.08	NA	NA	NA	NA
	DT2011	528	26	64.26	2.19	1	NA	NA	NA
	NR	1,284	41	163.52	2.40	10	116.77	0.43	26.05
Buan	RPA(BA)3	772	39	184.10	2.71	15	102.75	1.09	14.65
	RPA(BA)4	2,257	62*	221.35	2.98*	20	200.44	1.52*	19.15
	NR	1,866	55	446.32	2.67	23*	139.65	1.32	40.23*

*denotes the maximum value

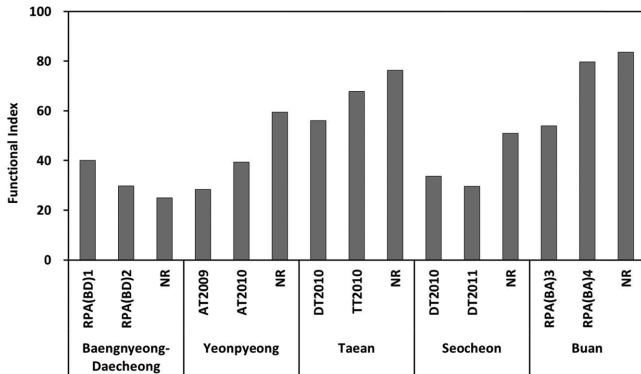


Fig. 2. Distribution of FI (functional index) scores (%) among 5 investigated areas. RPA, Reef planned area; BD and BA, initials of the survey area; NR, Natural reef; AT, Arch type; DT, Dome type; TT, Tetrahedron type. Numbers next to type of the reefs denote reef sampling sites; single digit indicates sampling station of natural reefs and four-digit number indicates the installation year.

터가 80% 이상의 높은 점수를 나타내었다(Fig. 3). 대체로 자연초의 경우에는 무척추동물과 해조류가 높고, 고른 점수로 평가(예를 들어, Fig. 3의 태안과 부안의 자연초)된 반면, 인공어초의 FI는 무척추동물이 우세하게 분포(예를 들어, 연평의 아치형어초나 서천의 돛형증식어초 등)하는 것으로 나타났다(Fig. 3).

Fig. 4는 자연초와 인공어초의 FI 간 관계를 나타낸 것이다. 모형의 결정계수(r^2)는 0.83이며, p-value, 0.01에서 둘 간의 관계는 유의한 것으로 나타났다. 비록 자료의 개수가 적어 분석에서는 제외되었으나, 자연초와 인접한 어초 예정지 간 관계 역시 유사한 경향을 갖는 것으로 볼 수 있었다.

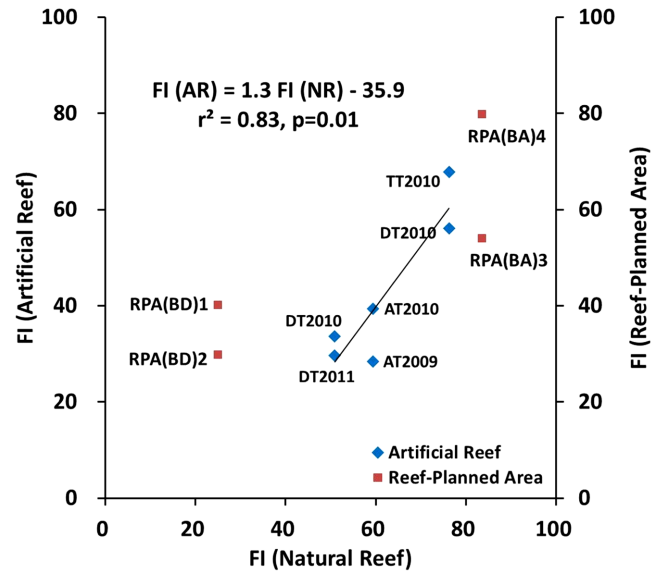


Fig. 4. A linear relationship of FI between natural reefs and artificial reefs. AR, Artificial Reef; RPA, Reef planned area; BD and BA, initials of the survey area; NR, Natural reef; AT, Arch type; DT, Dome type; TT, Tetrahedron type.

MI의 산정 및 비교

서천의 MI는 49.0~57.1%의 범위로 2010년 시설 어초, DT2010의 MI가 2011년의 것(DT2011)에 비해 높은 것으로 나타났다. 연평의 경우, MI는 57.2~77.7%의 범위로 나타났으며, 2010년 시설 어초, AT2010이 2009년의 것(AT2009)보다 높은 것으로 나타났다.

태안의 MI는 자연초 대비 68.4~85.4%의 범위를 나타내었으며,

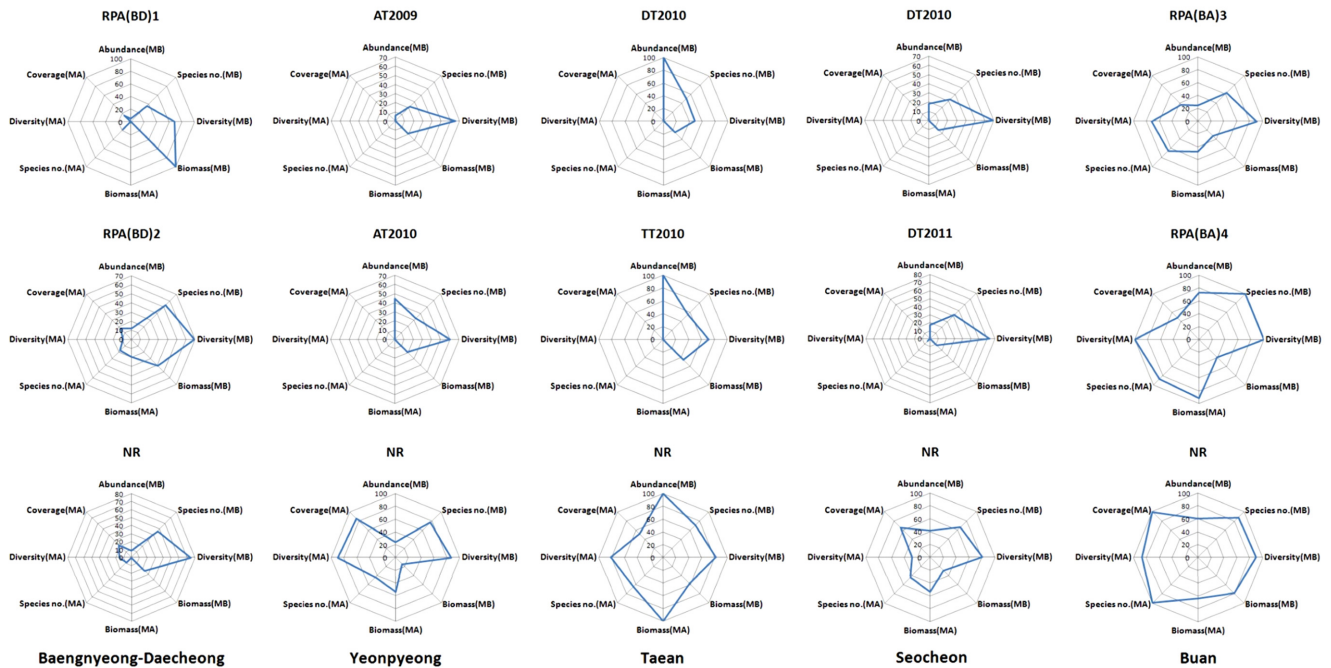


Fig. 3. FI (Functional Index) scores of macrobenthic (MB) and macroalgal (MA) parameters estimated from natural and artificial reefs. RPA, Reef planned area; BD and BA, initials of the survey area; NR, Natural reef; AT, Arch type; DT, Dome type; TT, Tetrahedron type. Numbers next to type of the reefs denote reef sampling sites; single digit indicates sampling station of natural reefs and four-digit number indicates the installation year.

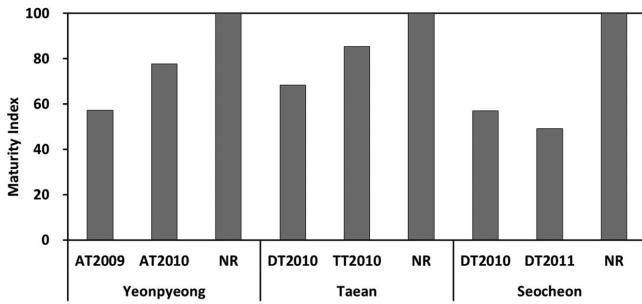


Fig. 5. Distribution of MI (maturity index) scores (%) among 3 reef-installed areas. NR, Natural reef; AT, Arch type; DT, Dome type; TT, Tetrahedron type. Numbers next to type of the reefs denote reef sampling sites; four-digit number indicates the installation year.

2010년 시설 어초, TT2010의 성숙도는 자연초의 85.4%까지 근접하였다. 2010년 시설 어초, DT2010은 68.4%인 것으로 계산되었다(Fig. 5).

고찰

평가 패러미터와 어초의 기능

종전의 인공어초에 관한 연구 및 관심은 어류 생태학의 측면에서 초점이 맞춰져 있으나, 인공어초의 기능 또는 기초적 특성을 이해하고 이것이 바탕이 된 관리를 위해서는 경성기질 생태학(hard substratum ecology)의 다양한 측면에 초점을 맞춘 종합적 접근이 필요하다(Svane and Petersen, 2001; Boaventura *et al.*, 2006). 인공어초의 기능적 측면에서 저서생물 군집의 역할, 예를 들면, 2차 생산을 통한 먹이와 서식처(biogenic structure) 제공과 해조류 열상체(macroalgal fronds)형성으로부터 비롯된 은신처 제공 기능 등이 매우 중요하다(Rilov and Benayahu, 1998; Leitão *et al.*, 2007; Holbrook *et al.*, 2002). 그럼에도 불구하고, 국내에서는 해조류(조 등, 2007)를 제외한 어초 무척추동물 군집의 생태학적 특성의 학술지 보고 사례는 전무한 실정이라 할 수 있다.

어초에 서식하는 무척추동물 군집의 밀도 변동은 환형동물의 다모류(Serpulidae, Cirratulidae 등), 절지동물, 갑각류의 만각류(Cirripedia)와 단각류(Gammaroidea, Caprellidea 등) 등이 주도하며, 생체량 측면에서는 극피동물의 성게류(Strongylocentrotidae, Echinometridae)나 불가사리류(*Asterina*나 *Asterias* 등), 연체동물의 복족류(Mitrellidae, Muricidae, Turbinidae 등)나 이매패류(Arcidae, Mytilidae, Ostreidae 등)가 상대적으로 많은 비중을 차지하는 것으로 나타났다(김 등, 2010). 이 같은 상위 분류군(목이나 과 수준) 별 출현 양상은 일반적인 경성기질 무척추동물 군집과 유사하였다.

Leitão *et al.*(2007)은 어초 주변 서식 동류(*Diplodussargus*)의 위 내용물에서 어초에 서식하는 해조류, 갈피, 무척추동물 등의 다양한 먹이생물을 관찰하고, 특히 만각류(*Balanus amphitrite*)와 복족류(*Gibbula* spp.)가 먹이생물 가운데 높은 기여도를 보임을 확인하였다. 국내에서도 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)의 위 내용물 가운데 파래류와 같은 해조류부터 복족류 보리무룩(*Mitrella bicincta*)과 이매패류 진주담치(*Mytilus edulis*), 만각류(*Balanus*

albicostatus) 등과 같은 경성기질 무척추동물이 주로 섭식되는 것으로 보고된 바 있다(해양수산부, 2003). 이러한 결과들은 이용 가능한 어초나 자연초 저서생물이 어류 군집에게 중요한 섭이장소이자 먹이원으로 활용됨을 의미하는 것이라 할 수 있으며, 더 나아가서는, 어초의 기능을 이해하는 데에 있어 무척추동물과 해조류군집의 질과 양을 반영하는 본 연구의 패러미터가 기능의 평가에서 매우 유용한 것이고, 이를 활용한 어초의 생태학적 평가 역시 타당성이 높은 것이라 할 수 있다.

표본 내 각 패러미터 별 패턴을 보여주는 Fig. 3에 의하면, 수심에 따른 차이를 보이는 부안의 것을 포함해서 대체로 자연초와 어초시설 예정지 간 차이는 적으나, 자연초와 인공어초 간 차이는 상대적으로 현저하였고, 해역 내 인공어초 간 차이는 크지 않은 것으로 나타났으며, 관찰된 차이는 해조류 관련 패러미터의 영향에 기인한 것으로 판단된다. Table 2의 해조류 피도(macroalgal coverage, %)를 수심 10 m를 기준으로 구분하면, 자연초-어초 가운데 수심 10 m 이내에서 해조류가 존재하지 않은 경우가 35%(4/11)이며, 10 m를 초과하는 수심에서 해조류가 존재하는 경우는 50%(2/4)이긴 하였으나, 수심 10 m 이내에서 해조류가 출현한 곳이 65%(7/11)에 달하였다. 한편, 해조류의 피도를 기준으로 할 때 자연초 9개(시설예정지 포함)에서는 해조류가 100% 출현하였고, 인공어초 6개에서는 100%의 부체가 관찰되어 자연초/인공어초의 여부 역시 중요한 요인이라 할 수 있다. 비록 적은 수의 표본 규모(n=15)여서 정량적 분석이 어려우나, 관찰된 패턴은 수심 또는 이와 상관성을 갖는 요인이나 자연초/인공어초 여부 등의 복합적 영향에 의한 것으로 보인다(아래 지수의 개선 및 활용에서 추가로 논의).

Fig. 4는 어초 또는 자연초의 FI 평가 결과가 주변의 자연초의 것과 종속적 관계에 놓여있을 가능성을 제시하였다. 이는 설치 이전에 어초 기능성 발현 정도를 예측하는 것이 가능함을 의미한다. 현재로서는 보완된 자료에 의한 추가 분석이나 검증이 필요한 단계이나 선형이든 비선형이든 강건한 모형이 제시된다면 이를 활용하여 적지를 선정하는 것은 물론 시설 이전에 어초의 기능을 높일 수 있는 방안(예를 들면, 어초 시설 지역의 위치 변경 또는 어초터미의 높이(pile-up height) 등과 같은 규모의 조정 등)를 마련할 수 있게 된다는 것이다.

인접한 암반 기질 간 또는 자연초와 인공어초 간 FI가 상호의존적 관계를 갖는다는 것, 즉 주변 암반 저서생물 군집의 풍부함 정도가 높을수록 어초의 생물상 역시 풍부해진다는 것은 군집의 구성과 구조를 결정하는 요인들(환경 요인, 생물학적 상호작용, 유생의 공급 등)이 인접한 지역 간 높은 동질성을 갖기 때문인 것으로 해석될 수 있다. 이는 인접한 자연초의 FI를 인공어초 MI의 기준으로 설정한 시도가 갖는 타당성의 중요한 근거가 된다. 다만 이 같은 요인들의 지역 내 동질성은, 유생의 공급(larval supply)이 포화된 정도에 따라 유생가입 생태학(supply-side ecology)과 같은 모델에 의한 설명의 가능 여부가 달라지듯(Roughgarden *et al.*, 1987), 모든 해역에서 동일할 것으로 기대하기 어려우며, 따라서 자료의 축적과 병행하며 관찰하는 것이 필요하다고 할 수 있다.

지수의 개선 및 활용

FI와 MI에 사용된 패러미터는 무척추동물 4개 그리고 해조류 4

개 항목으로 이루어졌다. 현재의 평가방식은 출현에 관한 정보가 존재하는 경우에만 이뤄졌기 때문에 해조류의 일부 또는 전체 패러미터의 측정이 누락된 경우 그렇지 않은 표본의 것과 사용되는 패러미터의 개수가 다르다. 무척추동물과 달리 그 출현 여부가 환경 조건에 따라 제한되는 해조류의 경우, 평가의 정확도 개선 측면에서, 이들이 서식할 수 있는 서식처인지 여부를 검토하고 그 차이를 평가에 반영해 볼 필요성이 있다.

예를 들면, 서천이나 연평 해역의 경우, 해조류가 자연초에는 존재하나 인공어초에서는 관찰되지 않았다. 만약 자연초와 어초의 환경 특성이 달라 해조류의 생육이 어려운 환경이라면, 해조류에 해당하는 세부 항목에 대해 0점을 부여하는 것이 아니라, 본 연구에서와 같이, 지수 계산에서 제외하는 것으로 표기(예, NA: not applicable)해야 할 것이다. 반면, 정성 및 정량적 관찰 결과의 차이에 따라 일부 정성 관찰 해조류 항목은 자료가 산출되었으나, 나머지 정량적 관찰이 이뤄지지 않은 경우에는 해당 패러미터를 NA로 처리하는 것보다 0점을 부여하는 것이 타당한 것으로 볼 수도 있다. 일부 해조류 관련 항목의 측정이 가능하였다면 해조류 생육이 어려운 환경은 아닌 것으로 볼 수 있기 때문이다. 즉, 정량적 결과에서 해조류의 생체량 자료가 산출되지 않았다 하더라도 피도가 일정 수준 이상(예를 들어, 백령대청 예정지 1의 5.86%)으로 관찰되었다면, 나머지 측정이 되지 않은 항목은 낮은 현존량을 반영하는 것으로 간주할 수 있고 0점으로 평가(지수 계산에 포함)해야 한다는 것이다.

현재까지 주어진 자료에 의하면 해조류의 생육이 가능한지를 지시하는 측정치나 기준에 대한 정보가 부재하다. 따라서 본 연구로부터 제시된 평가 결과는 해조류가 출현하지 않은 지역을 해조류의 생육이 어려운 환경인 것으로 간주하거나 또는 이 같은 가정을 전제로 한 것과 다르다. 그렇다면 과연 이러한 전제를 얼마나 타당한 것으로 볼 수 있겠는가? 추후 지수의 계산에서, 관련된 측정 자료(광량 등)나 해조류 서식가능/불가능 관련 범주화 정보, 일부 해조류 관련 항목 측정 여부 또는 현재 해중립용 어초의 설치 기준 등을 활용한다면, FI나 MI 평가 결과의 정확도는 보다 향상될 것으로 기대할 수 있게 될 것이다. 뿐만 아니라, 관련 정보나 평가 결과의 축적과 이에 대한 분석이 시설 예정 어초의 종류를 검토한다거나 해조류의 생육을 저해하는 요인에 대한 탐색이 가능토록 해줄 것이라는 점에서 이를 위한 앞으로의 시도와 노력은 큰 의미를 지니는 것으로 볼 수 있다.

본 연구의 FI와 MI 평가는 저서생물 군집과 어류의 서식밀도 또는 생산력 간 긍정적 상관관계가 존재할 것이라는 가정에 기반을 둔 것이다. 그 근거는 1970년대부터 최근까지 다양한 연구를 통해 찾아볼 수 있다. Okamoto *et al.*(1979), Hueckel(1980) 그리고 Buckley and Hueckel(1985) 등은 인공어초가 저서생물의 부착 기질을 제공함에 따라 이곳에 부착하여 서식하게 되는 생물이 늘어나면서 어패류의 먹이생물로 중요하게 기여하고 있다고 보고하였다. 또한, 저서생물의 다양도와 어류 서식밀도 간 상관관계를 관찰한 연구도 보고된 바 있다(Rilov and Benayahu, 1998; Holbrook *et al.*, 2002).

열거한 문헌에만 기초한다면 어초 간 어류의 자원 증가 효과가 균질하다는 귀무가설은 쉽게 기각될 것이다. 이는 (1) 비록 표본의 수가 적어 통계적인 검증은 의미가 없으나, 저서생물 군집의 풍성함

정도에 다양한 생태학적 양상이 존재함을 보여준 FI와 MI의 평가 결과, (2) Grossman *et al.*(1997)이 인공어초가 주변 해역의 어류 생산량을 증가시킨 것으로 분명하게 결론짓는 논문은 상대적으로 드물게 존재한다고 언급한 점, 또는 (3) 어초의 위집성(agggregation)과도 관련된 것으로 볼 수 있는 어초 주변과 대조구 간 어류 서식 밀도의 차이를 보고한 연구(유 등, 2007)에서도 분명한 어초의 긍정적 효과는 대상 어초 네 곳 가운데 한군데에서만 관찰된 것으로 기술된 점 등의 이용 가능한 정보에 기반을 두면, 어초의 효과는 이질적일 것이라는 추정이 가능할 것으로 판단된다.

어초의 상태를 객관적으로 이해할 수 있는 지의 여부는 어초의 관리에 있어서 매우 중요하다. 서식처의 상태를 이해하면 서식처 기능의 복원(restoration) 또는 증강(enhancement) 등과 같은 인위적인 행위를 마련할 수 있듯이, 지수를 활용하면, 어초에 인위적인 조치(예를 들어, 유절석회 조류 제거 후 재시설 등)가 필요한 상태인지에 대한 판단이나 양호한 기능과 관련된 요인에 대한 추정(예를 들어, FI나 MI 또는 각 패러미터와 관련된 환경 또는 생물학적 요인과의 비교)이 가능해질 것이다. 게다가, 이 같은 시도와 경험이 오랜 기간 축적되면, 취할 수 있는 다양한 조치에 대한 검토가 가능하고, 이를 통해 상태의 개선에 소요되는 시간이나 효율성 높은 조치를 탐색하는 데에 필요한 정보를 얻을 수 있게 된다. 국내의 어초 효과 추정에 관한 연구는 군집의 종조성이나 이것의 계절변동, 정성적 효과 입증(예를 들어, 객관적 결과보다는 '어류가 아주 많음을 확인' 등으로 기술) 등에 국한되어 있으며, 황 등(2004)이 그 필요성을 언급한, 음향조사와 시광학적 조사방법과 같은 실물 확인(ground truthing)의 병행이나 그 외의 정량적 방법으로 추정된 자원 관련 패러미터와의 비교를 통한 효과의 입증 사례가 부족한 것으로 볼 수 있다.

기작에 준한 현실적 가설을 토대로 한 가정은 타당성을 갖춘 것이나, Fano *et al.*(2003)의 것과 마찬가지로, 본 연구는 예비적 성격의 한계를 벗어나고 있지 못하다. FI와 MI는 개별적인 관찰치에 비해 변동 범위가 상대적으로 좁은 연평균 추정치 간 비교를 행하는 것이며 기존의 생태학적 상식과 일치하는 변동의 가능성을 나타내긴 하였으나(Fig. 4), 아직까지는 풍부한 관찰 사례가 뒷받침된 것으로 볼 수 없다.

만화경(kaleidoscope)같은 자연 또는 인공 기질로 구성된 서식처의 변동성을 상대하기 위해서는 당분간은 지속적인 자료의 축적과 다양한 지역을 대상으로 하는 검증이 필요하다. FI와 MI역시 위와 같은 어류 군집 조사 결과와 비교되고 정확성을 입증하는 과정을 거쳐야 현장에 적용될 수 있을 것이다. 그럼에도 불구하고, 이 같은 시도는 국내의 어초 효과 검증이나 효과 조절요인을 파악하고자 하는 노력의 집중과 평가 시스템 활용의 필요성을 일깨우는 데 기여할 것이다.

사 사

이 논문을 검토해 주시고 좋은 의견을 주신 편집위원과 한국해양과학기술원의 최진우 박사님 그리고 익명의 심사위원께 진심으로 감사드립니다. 이 논문은 한국수산자원관리공단의 "2012년 서해 연안바다목장 조성사업"으로부터 지원을 받았습니니다.

참고문헌(References)

- 국토해양부, 2010. 해양환경측정망 운영 환경관리해역 저서생물 모니터링. 국토해양부, 152pp.
- 국토해양부, 2011a. 연안습지 기초조사-기본조사. 발간등록번호, 11-1611000-000985-10, 국토해양부, 791pp.
- 국토해양부, 2011b. 해양생태계 기본조사, 남해동부 (128.8°E 어수~129.3°E 부산). 정부간행물등록번호, 11-1611000-001602-10, 국토해양부, 927pp.
- 김대영, 2006. 일본 인공어초사업의 추진 현황과 시사점. 월간 해양수산, **267**: 6-20.
- 김운철, 윤호섭, 박일웅, 안윤근, 최상덕, 2010. 가막만 모자반군락지내 부착생물의 종조성 및 월별 변동. 한국수산학회지, **43**: 345-350.
- 유재원, 이민우, 이창근, 김창수, 김정수, 홍재상, 2007. 통발 어구를 이용한 서해 경계만 사각형어초 시설의 효과 평가. 한국어업기술학회지, **43**: 126-139.
- 유재원, 이창근, 고병설, 이시완, 한동욱, 최근형, 김창수, 홍재상, 2010. 한국 갯벌 생태 등급도의 개발 필요성과 방향. Ocean and Polar Research, **32**: 137-144.
- 유재원, 이창근, 고병설, 이시완, 한동욱, 최근형, 김창수, 홍재상, 2011. 한국의 갯벌 생태등급도 개발을 위한 생물학적 지시자의 검토와 제안. Ocean and Polar Research, **33**: 85-97.
- 조성환, 최창근, 최중현, 2007. 다공질 인공어초(반톱니형)에서 진행된 해조천이 및 해중류 조성. 한국수산학회지, **40**: 220-225.
- 최진우, 서진영, 2007. 마산만 저서생태계를 중심으로 연안해역 건강성 평가를 위한 저서생물지수의 적용. Ocean and Polar Research, **29**: 339-348.
- 해양연구소, 1993. 해양 저서생물상에 의한 환경평가. 한국해양연구소, 95pp.
- 해양수산부, 2003. 전남 다도해형 바다목장 기반조성사업 연구용역 보고서. BSPM 176-00-1531-3, 해양수산부, 603pp
- 해양수산부훈령 제86호, 2013. 인공어초시설사업집행 및 관리규정. <http://www.law.go.kr>.
- 해양환경관리공단, 2011. 해양환경측정망 운영 - 환경보전해역 저서동물 모니터링-. 해양환경관리공단, 80pp.
- 황두진, 박주삼, 이유원, 2004. 어군탐지기를 이용한 인공어초 주변의 어군량 추정. 한국수산학회지, **37**: 249-254.
- Borja, A., J. Franco and V. Perez, 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin, **40**: 1100-1114.
- Boaventura, D., A. Moura, F. Leitao, S. Carvalho, J. Curdia, P. Pereira, L. Fonseca, M. N. Santos, and C.C. Monteiro, 2006. Macrobenthic colonisation of patricidal reefs on the southern coast of Portugal (Ancão, Algarve). Hydrobiologia **555**: 335-343.
- Buckley, R.M. and G.J. Hueckel, 1985. Biological processes and ecological development on an artificial reef in Puget Sound, Washington. Bull. Mar. Sci., **37**(1): 50-69.
- Fano, E.A., M. Mistri and R. Rossi, 2003. The ecofunctional quality index (EQI): a new tool for assessing lagoonal ecosystem impairment. Estuarine, Coastal and Shelf Science, **56**: 709-716.
- Grossman, G.D., G.P. Jones and W.J. Seaman, Jr., 1997. Do artificial reefs increase regional fish production? a review of existing data. Artificial Reef Management, **22**: 17-23.
- Holbrook, S.J., A.J. Brooks and R.J. Schmitt, 2002. Variation in structural attributes of patch-forming corals and patterns of abundance of associated fishes. Marine and Freshwater Research, **53**: 1045-1053.
- Hueckel, G.J., 1980. Foraging on an artificial reef by three Puget Sound fish species. Wash. Dept. Fish. Tech. Rept., **53**: 110pp.
- Leitão, F., M.N. Santos and C.C. Monteiro, 2007. Contribution of artificial reefs to the diet of the white sea bream (*Diplodus sargus*). ICES Journal of Marine Science, **64**: 473-478.
- Okamoto, M., T. Kuroki and T. Murai, 1979. Fundamental studies on the ecology of fishes near artificial reefs. 1. Preparatory observation of fish amount. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **45**(9): 1085-1090.
- O'Hara, T.D., P.F.E. Addison, R. Gazzard, T.L. Costa and J.B. Pocklington, 2010. A rapid biodiversity assessment methodology tested on intertidal rocky shores. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, **20**: 452-463.
- Rilov, G. and Y. Benayahu, 1998. Vertical artificial structures as an alternative habitat for coral reef fishes in disturbed environments. Marine Environmental Research, **45**: 431-451.
- Rosenberg, R., M. Blomqvist, H.C. Nilsson, H. Cederwall, and A. Dimming, 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin **49**: 728-739.
- Roughgarden, J., S.D. Gaines and S.W. Pacala, 1987. Supply side ecology: the role of physical transport processes. In: Organization of communities past and present, edited by J.H.R. Gee and P.S. Giller, Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 491-518.
- Svane, I. and J.K. Petersen, 2001. On the Problems of Epibioses, Fouling and Artificial Reefs, a Review. P.S.G.N.: Marine Ecology **22**: 169-188.
- Word, J.Q., 1978. The infaunal trophic index. In: Southern California coastal water research project annual report, El Segundo, CA, pp. 19-39.
- Yoo, J.W., Y.W. Lee, J.L. Ruesink, C.G. Lee, C.S. Kim, M.R. Park, K.T. Yoon, I.S. Hwang, J.H. Maeng, R. Rosenberg and J.S. Hong, 2010. Environmental quality of Korean coasts as determined by modified Shannon-Wiener evenness proportion. Environmental Monitoring and Assessment, **170**: 141-157.

2013년 9월 16일 원고접수

2014년 1월 2일 수정본 접수

2014년 1월 22일 수정본 채택

담당편집위원: 김종규

Appendix I. Species composition and mean abundance and biomass of macrobenthos in Baengyeong-Daecheong from May to October 2012. A: abundance (inds./m²), B: biomass (g/m²)

No.	Species		RPA(BD)1		RPA(BD)2		NR	
	Species name	Korean name	A	B	A	B	A	B
Annelida			환형동물					
1	<i>Anaitides maculata</i>	네모부채발갯지렁이			2	0.002		
2	<i>Eulalia viridis</i>	녹색불꽃부채발갯지렁이			4	0.002		
3	<i>Eunice</i> spp.	털갯지렁이류					1	0.036
4	<i>Genetyllis castanea</i>	납작수염부채발갯지렁이					2	0.001
5	Harmothoinae spp.	비늘갯지렁이류			1	0.001		
6	<i>Hydroides fuscicola</i>	석회관갯지렁이류	2	0.019			1	0.003
7	<i>Lumbrineris japonica</i>	참송곳갯지렁이			5	0.004	6	0.002
8	<i>Naineris laevigata</i>	모자갯지렁이			5	0.015		
9	<i>Nereis multignatha</i>	깨점박이참갯지렁이			1	0.010	3	0.005
10	<i>Nicomache</i> sp.	대나무갯지렁이류	1	0.025	9	0.161	9	0.049
11	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	두점참갯지렁이			1	0.030		
12	<i>Polydora</i> spp.	얼굴갯지렁이류					1	0.002
13	<i>Potamilla</i> sp.	꽃갯지렁이류			1	0.034		
14	Spirorbidae sp.	석회관갯지렁이류					124	0.006
15	Syllidae spp.	염주발갯지렁이류	8	0.019	21	0.015	19	0.022
16	Terebellidae sp.	유령갯지렁이류			1	0.041	3	0.010
17	<i>Tharyx</i> spp.	실타래갯지렁이류					1	++
Arthropoda			절지동물					
18	<i>Abludomelita</i> sp.	멜리타옆새우류					1	0.007
19	<i>Acetes japonicus</i>	젓새우			1	0.008		
20	<i>Ammothea hilgendorfi</i>	술병부리바다거미			5	0.107		
21	<i>Ampithoe</i> spp.	참옆새우류			7	0.079	1	0.007
22	<i>Aoroides columbiae</i>	북태평양육질꼬리옆새우	1	++	4	0.002	2	0.001
23	<i>Apocorophium acutum</i>	뽕족이형뽕옆새우	1	0.002	1	0.001		
24	<i>Balanus rostratus</i>	붕우리따개비			2	2.195		
25	<i>Caprella</i> spp.	바다대벌레류			3	0.009	13	0.022
26	<i>Cyathura higoensis</i>	모래마디벌레			1	0.002		
27	<i>Erichthonius pugnax</i>	넓은마디육질꼬리옆새우붙이			13	0.007		
28	<i>Gammaropsis japonicus</i>	극동육질꼬리옆새우	1	0.005	23	0.025	8	0.013
29	<i>Gammaropsis liuruiyui</i>	육질꼬리옆새우류	2	0.003				
30	<i>Holotelson tuberculatus</i>	세혹잔벌레			1	0.013	2	0.057
31	<i>Hyalidae</i> spp.	해조숨이옆새우류			10	0.116	4	0.028
32	<i>Ischyroceridae</i> spp.	육질꼬리옆새우붙이류					5	0.009
33	<i>Jassa</i> spp.	육질꼬리옆새우붙이류			2	++		
34	<i>Leptochelia</i> spp.	주걱벌레붙이류	1	++	1	++	4	0.001
35	<i>Megamoera</i> sp.	멜리타옆새우류					1	0.004
36	<i>Melitidae</i> sp.	멜리타옆새우류			2	0.006		
37	<i>Odius</i> sp.	옆새우류	2	0.009			1	0.002
38	<i>Pachycheles stevensii</i>	게붙이	6	8.348			1	0.611
39	<i>Paguristes japonicus</i>	꼬마긴눈집게	5	3.753	11	13.470	5	2.699
40	<i>Pagurus</i> spp.	집게류	4	0.994	6	4.692	4	1.297
41	<i>Parapleustes filialis</i>	주걱턱옆새우류			2	0.004	3	0.003
42	<i>Photis longicaudata</i>	볼록눈이형꼬리다리옆새우			12	0.007		
43	<i>Pleustes</i> sp.	주걱턱옆새우류					1	0.001
44	<i>Pontogeneia rostrata</i>	북태평양짧은채찍옆새우			3	0.004	2	0.005
45	<i>Pugettia</i> sp.	물맛이게류	1	0.045	5	0.729	1	0.032
46	<i>Pycnogonidae</i> spp.	바다거미류			1	0.011	2	0.013
47	<i>Synidotea laevidorsalis</i>	둥근주걱벌레			2	0.027		
48	<i>Xanthidae</i> sp.	부채게류			1	0.036		

Echinodermata		극피동물						
49	<i>Anthocidaris crassispina</i>	보라성게	5	457.110	1	96.380	2	111.710
50	<i>Asterias amurensis</i>	아무르불가사리	4	12.218	1	1.999	1	0.481
51	<i>Asterina pectinifera</i>	별불가사리	2	40.150	1	21.400	1	10.695
52	<i>Ophiactis affinis</i>	유사뱀이거미불가사리			1	0.012		
53	<i>Solaster</i> sp.	햇님불가사리류			1	6.310		
Mollusca		연체동물						
54	<i>Acmaea pallida</i>	흰삿갓조개			1	0.622	1	0.302
55	<i>Arca boucardi</i>	긴네모돌조개					1	0.160
56	<i>Calliostoma unicum</i>	방석고둥	33	19.443	6	1.834	4	1.867
57	<i>Chlamys</i> sp.	가리비류			1	33.720		
58	<i>Ischnochiton comptus</i>	연두군부					1	0.485
59	<i>Lirularia pygmaea</i>	햇살밤고둥			3	0.043		
60	<i>Littorina brevicula</i>	총알고둥			1	0.157	1	0.008
61	<i>Lyonsia</i> sp.	안쪽인대조개류			1	0.006		
62	<i>Mitrella bicincta</i>	보리무럭	62	0.863	174	4.114	23	0.612
63	<i>Modiolus agripetus</i>	개적구			1	0.049		
64	<i>Mopalia retifera</i>	수염군부			1	0.002	3	0.354
65	<i>Musculus cumingiana</i>	등근계관담치	1	0.014	1	0.002	2	0.005
66	<i>Mytilus coruscus</i>	홍합			1	44.090		
67	<i>Odostomia</i> sp.	회오리고둥류	1	0.008	1	0.003	2	0.006
68	<i>Punctrella nobilis</i>	부리구멍삿갓조개			1	0.488	1	0.188
69	<i>Siphonalia fusoides</i>	민허리뿔지고둥	2	19.114				
70	<i>Trapezium liratum</i>	돌고부지	2	0.006	2	0.063	3	0.007
Others		기타						
71	<i>Anthozoan</i> spp.	강장동물류			1	0.015		
72	<i>Micrura</i> spp.	유형동물류					1	0.001
73	<i>Nemertinea</i> sp.	유형동물류			2	0.005	4	0.004
74	<i>Porifera</i> sp.	해면동물류					1	2.511
Total			147	562.149	356	233.169	267	134.333
Number of species					22	56	47	

++ <0.001 g/m²

Appendix II. Species composition and mean abundance and biomass of macrobenthos in Yeonpyeong from March to October 2012. A: abundance (inds./m²), B: biomass (g/m²)

No.	Species		AT2009		AT2010		NR	
	Species name	Korean name	A	B	A	B	A	B
Annelida			환형동물					
1	<i>Anaitides maculata</i>	네모부채말갯지렁이	6	0.006			3	0.001
2	<i>Arabellidae</i> spp.	홍점갯지렁이류					2	0.010
3	<i>Chaetozone</i> spp.	실타래갯지렁이류			4	0.001		
4	<i>Chrysopetalum occidentale</i>	황금비늘갯지렁이			2	0.002	6	0.009
5	<i>Eulalia bilineata</i>	두줄불꽃부채말갯지렁이					1	0.001
6	<i>Eulalia viridis</i>	녹색불꽃부채말갯지렁이			7	0.008	2	0.001
7	<i>Eumida sanguinea</i>	심장부채말갯지렁이			5	0.006	3	0.011
8	<i>Eunice</i> spp.	털갯지렁이류			4	0.002	2	0.025
9	<i>Genetyllis castanea</i>	납작수염부채말갯지렁이	2	0.001	5	0.009	2	0.001
10	<i>Glycera chirori</i>	치로리미갑갯지렁이					1	++
11	<i>Harmothoinae</i> spp.	비늘갯지렁이류	2	0.002	26	0.083	19	0.106
12	<i>Hydroides ezoensis</i>	우산석회관갯지렁이	4	0.002			1	0.002
13	<i>Hydroides fusicola</i>	석회관갯지렁이류	+	++	1	0.013	7	0.039
14	<i>Lepidonotinae</i> spp.	비늘갯지렁이류			4	0.018	5	0.126
15	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	짧은가시송곳갯지렁이					1	++
16	<i>Lumbrineris japonica</i>	참송곳갯지렁이	4	0.001	4	0.001	1	++
17	<i>Lysidice collaris</i>	노란숨털갯지렁이			4	0.004	+	++
18	<i>Marphysa sanguinea</i>	바위털갯지렁이			1	0.002	+	0.002
19	<i>Nectoneanthes multignatha</i>	참갯지렁이류			+	0.002	+	++
20	<i>Nematonereis</i> sp.	털갯지렁이류	2	0.001	2	0.001	+	++
21	<i>Nereis multignatha</i>	깨점박이참갯지렁이	6	0.004	19	0.063	4	0.038
22	<i>Nereis</i> sp.	참갯지렁이류					8	0.020
23	<i>Nicomache</i> sp.	대나무갯지렁이류	+	0.001			5	0.149
24	<i>Oncoscolex pacificus borealis</i>	민구더기갯지렁이					1	0.001
25	<i>Perinereis cultrifera</i>	한토막눈썹참갯지렁이					+	0.006
26	<i>Phyllodocidae</i> sp.	부채말갯지렁이류					2	0.001
27	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	두점참갯지렁이					6	0.083
28	<i>Polydora</i> spp.	얼굴갯지렁이류	19	0.024	80	0.126	18	0.008
29	<i>Pomatoleios krausii</i>	굵은석회관갯지렁이			4	0.004	1	0.015
30	<i>Potamilla</i> sp.	꽃갯지렁이류	+	++	1	0.014	+	0.002
31	<i>Prionospio (M.) multibranchiata</i>	얼굴갯지렁이류					+	++
32	<i>Sabellaria ishikawai</i>	길쭉등근울타리갯지렁이	9	0.029	7	0.020	1	0.001
33	<i>Spirobranchus tetraceros</i>	사방조름석회관갯지렁이	5	0.069	18	0.087	5	0.013
34	<i>Syllidae</i> spp.	염주말갯지렁이류	7	0.001	37	0.011	32	0.015
35	<i>Terebellidae</i> sp.	유령갯지렁이류	3	0.019	32	0.066	5	0.034
36	<i>Tharyx</i> spp.	실타래갯지렁이류					3	0.001
Arthropoda			절지동물					
37	<i>Acetes japonicus</i>	젓새우					+	0.006
38	<i>Ampithoe</i> spp.	참옆새우류					17	0.268
39	<i>Aoroides columbiae</i>	북태평양육질꼬리옆새우			20	0.006	12	0.004
40	<i>Apocorophium acutum</i>	뾰족이형뱀옆새우					1	++
41	<i>Balanus reticulatus</i>	줄따개비	12	5.084	290	19.256	32	0.918
42	<i>Caprella</i> spp.	바다대벌레류			80	0.020	10	0.007
43	<i>Cerapus longirostris</i>	옆새우류			+	0.001		
44	<i>Charybdis japonica</i>	민꽃게			+	0.033	1	0.187
45	<i>Cymodoce japonica</i>	두혹잔벌레					+	0.002

46	<i>Erichthonius pugnax</i>	넓은마디육질꼬리옆새우붙이	1	0.001	194	0.077	110	0.052
47	<i>Gammaropsis japonicus</i>	극동육질꼬리옆새우	1	0.001	13	0.016	2	0.002
48	<i>Gammaropsis liuruiyui</i>	육질꼬리옆새우류					+	++
49	<i>Gammaropsis longipropodi</i>	육질꼬리옆새우류					1	++
50	<i>Holotelson tuberculatus</i>	세혹잔벌레					7	0.085
51	<i>Iphimedia mala</i>	옆새우류					2	0.005
52	<i>Jaeropsis lobata</i>	등각류					2	0.001
53	<i>Janiridae</i> sp.	등각류					3	0.001
54	<i>Jassa</i> spp.	육질꼬리옆새우붙이류			32	0.008	1	0.002
55	<i>Latreutes</i> sp.	꼬마새우류	2	0.021	5	0.021	1	0.019
56	<i>Leptochelia</i> spp.	주걱벌레붙이류					1	++
57	<i>Lysianassidae</i> spp.	긴팔옆새우류					+	0.002
58	<i>Monocorophium</i> spp.	육질꼬리옆새우류			24	0.012	2	0.001
59	<i>Pachycheles stevensii</i>	게붙이					13	0.350
60	<i>Pagurus</i> spp.	집게류	+	0.001			9	0.779
61	<i>Parapleustes filialis</i>	주걱턱옆새우류	+	++	4	0.002	13	0.006
62	<i>Photis longicaudata</i>	볼록눈이형꼬리다리옆새우			16	0.002	24	0.008
63	<i>Pleustes panopla</i>	주걱턱옆새우류					1	0.008
64	<i>Podocerus hoonsooi</i>	등빨긴배옆새우			40	0.050	3	0.003
65	<i>Pontogeneia rostrata</i>	북태평양짧은채찍옆새우					4	0.013
66	<i>Postodius imperfectus</i>	옆새우류					1	0.005
67	<i>Pugettia</i> sp.	물맛이게류	1	0.017	9	0.908	2	0.356
68	<i>Sphaerozius nitidus</i>	비단부채게			14	0.317	0	0.045
Echinodermata		극피동물						
69	<i>Asterias amurensis</i>	아무르불가사리	+	7.670				
70	<i>Asterina pectinifera</i>	별불가사리	2	38.375	3	57.705	1	26.212
71	<i>Ophiactis affinis</i>	유사뱀이거미불가사리	6	0.141	20	0.393	122	2.688
72	<i>Ophiothrix exigua</i>	짧은가시거미불가사리					10	0.251
73	<i>Pentacta doliolum</i>	오각해삼					+	0.068
74	<i>Temnopleurus toreumaticus</i>	분지성게	+	7.360	+	9.802		
Mollusca		연체동물						
75	<i>Alvania plicosa</i>	꼬마뿔족고둥					17	0.018
76	<i>Anomia chinensis</i>	잠쟁이	2	12.977				
77	<i>Arca boucardi</i>	긴네모돌조개					1	0.049
78	<i>Calliostoma unicum</i>	방석고둥	1	0.032			5	0.037
79	<i>Chlorostoma turbinata</i>	구멍뿔고둥					4	11.326
80	<i>Crassostrea gigas</i>	굴			6	0.649	8	6.828
81	<i>Crepidula walshi</i>	배고둥					+	0.001
82	<i>Gastrochaena cuneiformis</i>	구멍뿔이조개					8	0.112
83	<i>Iolaea scitula</i>	서해췌기고둥					1	0.001
84	<i>Ischnochiton boninensis</i>	가는줄연두군부					3	0.152
85	<i>Ischnochiton comptus</i>	연두군부					+	0.014
86	<i>Lirularia pygmaea</i>	햇살뿔고둥					11	0.178
87	<i>Littorina brevicula</i>	총알고둥					1	0.001
88	<i>Mitrella bicincta</i>	보리무늬	22	0.690	172	4.585	90	1.204
89	<i>Modiolus agripetus</i>	개적구					1	0.053
90	<i>Mopalia retifera</i>	수염군부					2	0.085
91	<i>Musculista senhousia</i>	종뿔	1	0.031	36	0.944		
92	<i>Musculus cumingiana</i>	등근계란담치			6	0.022	3	0.006
93	<i>Odostomia</i> sp.	회오리고둥류					2	0.011
94	<i>Rapana venosa</i>	피뿔고둥	1	34.454	1	14.377	1	5.159

95	<i>Sphenia coreanica</i>	말뿌리꼬마우렁	27	0.766	1	0.029		
96	<i>Stenotis smithi</i>	좁총알고둥					3	0.103
97	<i>Thais bronni</i>	두드럭고둥					1	7.789
98	<i>Thais clavigera</i>	대수리					2	10.700
99	<i>Trapezium liratum</i>	돌고부지	30	0.334	98	0.920	27	0.555
100	<i>Zafra mitriformis</i>	붓솔무늬					3	0.019
Others		기타						
101	<i>Anthozoa</i> spp.	강장동물류			+	0.005		
102	Ascidacea sp.	피낭류					+	0.001
103	<i>Coptothyris grayi</i>	세로줄조개사돈	+	0.005	14	0.144	7	2.800
104	Lineus spp.	연두끈벌레류					+	0.002
105	<i>Nemertinea</i> sp.	유형동물류	3	0.008	7	0.027	2	0.002
106	<i>Notoplana humilis</i>	민무늬납작벌레	+	0.001	20	0.079	2	0.035
107	<i>Phascolosoma scolops</i>	상어껍질벌레					1	0.015
108	<i>Platyhelminthes</i> spp.	편형동물류	+	0.001			+	0.002
109	<i>Porifera</i> sp.	해면동물류	1	0.793				
110	<i>Tridentiger trigenocephalus</i>	두줄망둑			2	0.829		
Total			180	108.920	1,390	111.774	754	80.325
Number of species			38		52		100	

+ <1 ind./m², ++ <0.001 g/m²

Appendix III. Species composition and mean abundance and biomass of macrobenthos in Taean from March to October 2012. A: abundance (inds./m²), B: biomass (g/m²)

No.	Species		DT2010		TT2010		NR	
	Species name	Korean name	A	B	A	B	A	B
	Annelida	환형동물						
1	<i>Ampharete arctica</i>	작은사슴갯지렁이	1	++				
2	<i>Anaitides maculata</i>	네모부채말갯지렁이	78	0.031	151	0.031	10	0.006
3	Arabellidae spp.	홍점갯지렁이류					+	0.001
4	Arctonoinae spp.	비늘갯지렁이류	7	0.019				
5	<i>Boccardiella</i> spp.	얼굴갯지렁이류	2	0.003	+	0.001		
6	<i>Chrysopetalum occidentale</i>	황금비늘갯지렁이	6	0.003	14	0.015	+	++
7	Dorvilleidae spp.	구슬수염갯지렁이류	+	++			2	0.003
8	<i>Euclymene oerstedii</i>	대나무갯지렁이류	+	++				
9	<i>Eulalia bilineata</i>	두줄볼꽃부채말갯지렁이	1	0.002	16	0.017	1	0.002
10	<i>Eulalia viridis</i>	녹색볼꽃부채말갯지렁이	23	0.016	143	0.096	13	0.015
11	<i>Eumida sanguinea</i>	심장부채말갯지렁이	4	0.007	18	0.070	6	0.003
12	<i>Eunice</i> spp.	털갯지렁이류	24	0.012	72	0.051	+	++
13	<i>Genetyllis castanea</i>	납작수염부채말갯지렁이	3	0.001				
14	Harmothoinae spp.	비늘갯지렁이류	32	0.048	26	0.060	13	0.064
15	<i>Heteromastus filiformis</i>	버들갯지렁이류			6	0.002		
16	<i>Hydroides ezoensis</i>	우산석회관갯지렁이	98	1.866	367	14.491	40	0.507
17	<i>Hydroides fusicola</i>	석회관갯지렁이류	141	2.040	88	0.256	3	0.017
18	<i>Lanice conchilega</i>	유령갯지렁이류					+	0.001
19	Lepidonotinae spp.	비늘갯지렁이류	1	0.004	25	0.648		
20	<i>Lumbrineris japonica</i>	참송곳갯지렁이	2	0.006	14	0.012		
21	<i>Lysidice collaris</i>	노란숨털갯지렁이			4	0.001		
22	<i>Mediomastus californiensis</i>	버들갯지렁이류	2	0.001	74	0.004		
23	<i>Naineris laevigata</i>	모자갯지렁이					1	0.011
24	<i>Neanthes succinea</i>	두줄박이참갯지렁이	+	0.005				
25	<i>Nectoneanthes multignatha</i>	참갯지렁이류	13	0.192	8	0.016	11	0.011
26	<i>Nereis multignatha</i>	깨점박이참갯지렁이	1	0.026				
27	<i>Nereis</i> sp.	참갯지렁이류	14	0.011	7	0.006		
28	<i>Notophyllum</i> sp.	부채말갯지렁이류			+	++		
29	<i>Oncoscolex pacificus borealis</i>	민구더기갯지렁이			26	0.030		
30	<i>Perinereis cultrifera</i>	한토막눈썹참갯지렁이					+	0.018
31	<i>Pherusa plumosa</i>	깃더덕갯지렁이	1	++				
32	Phyllodocidae sp.	부채말갯지렁이류					2	0.001
33	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	두점참갯지렁이					4	0.076
34	<i>Podarke</i> spp.	수염갯지렁이류			4	0.001		
35	<i>Polydora</i> spp.	얼굴갯지렁이류	823	0.931	2,963	6.883	36	0.009
36	<i>Polyopthalmus pictus</i>	무늬요정갯지렁이					+	++
37	<i>Pomatoleios krausii</i>	굵은석회관갯지렁이					1	0.010
38	<i>Sabellaria ishikawai</i>	길쭉둥근올타리갯지렁이					+	0.001
39	<i>Spirobranchus tetraceros</i>	사방조름석회관갯지렁이	6	0.001	6	0.014		
40	Spirorbidae sp.	석회관갯지렁이류					87	0.003
41	Syllidae spp.	염주말갯지렁이류	26	0.014	40	0.031	39	0.048
42	<i>Tachytrypa</i> sp.	요정갯지렁이류					+	++
43	Terebellidae sp.	유령갯지렁이류	1	0.016	43	0.821	5	0.028
44	<i>Tharyx</i> spp.	실타래갯지렁이류			36	0.026		
	Arthropoda	절지동물						
45	<i>Acetes japonicus</i>	젓새우	+	0.008				
46	<i>Ampithoe</i> spp.	참옆새우류	1	0.001			36	0.071
47	<i>Aoroides columbiae</i>	북태평양양육질꼬리옆새우			6	0.004	3	0.002
48	<i>Apocorophium acutum</i>	뽕족이형뱀옆새우			1	0.001	19	0.002

49	<i>Balanus reticulatus</i>	줄따개비			+	0.003		
50	<i>Balanus rostratus</i>	봉우리따개비			+	0.801		
51	<i>Cancer gibbosulus</i>	두드리기은행게	1	0.053				
52	<i>Caprella</i> spp.	바다대벌레류	822	1.587	290	0.696	339	1.163
53	<i>Ceimina japonica</i>	미역속살이벌레옆새우					+	++
54	<i>Charybdis japonica</i>	민꽃게					+	0.139
55	<i>Cymodoce japonica</i>	두혹잔벌레					2	0.012
56	<i>Dimorphostylis</i> sp.	이형꼬리올챙이새우류					+	0.001
57	<i>Dynoides</i> spp.	잔벌레류					+	++
58	<i>Erichthonius pugnax</i>	넓은마디육질꼬리옆새우붙이	6	0.004	2	0.002	2,022	0.697
59	<i>Gammaropsis japonicus</i>	극동육질꼬리옆새우	126	0.143	7	0.009	12	0.010
60	<i>Gammaropsis liuruiyui</i>	육질꼬리옆새우류	5	0.011	2	0.001		
61	<i>Gammaropsis longipropodi</i>	육질꼬리옆새우류					1	0.001
62	<i>Holotelson tuberculatus</i>	세혹잔벌레					3	0.043
63	<i>Iphimedia mala</i>	옆새우류			+	0.001		
64	<i>Iphiplateia whiteleggei</i>	옆새우류					+	0.001
65	<i>Ischyroceridae</i> spp.	육질꼬리옆새우붙이류	18	0.048	1	0.004		
66	<i>Jaeropsis lobata</i>	등각류					+	++
67	<i>Janiridae</i> sp.	등각류			+	++	2	0.001
68	<i>Jassa</i> spp.	육질꼬리옆새우붙이류	1	++	3	0.003	169	0.070
69	<i>Laetmatophilus</i> sp.	긴배옆새우류	1	0.001	2	0.001	1	0.001
70	<i>Latreutes</i> sp.	꼬마새우류	1	0.022	2	0.017	3	0.040
71	<i>Leptocheilia</i> spp.	주걱벌레붙이류			+	++	2	0.001
72	<i>Liljeborgia hwanghaensis</i>	황해릴예보옆새우			+	0.001		
73	<i>Maera</i> sp.	멜리타옆새우류					1	0.002
74	<i>Melitidae</i> sp.	멜리타옆새우류	+	0.001				
Arthropoda		절지동물						
75	<i>Monocorophium</i> spp.	육질꼬리옆새우류	17	0.009	4	0.002	+	++
76	<i>Munna</i> sp.	등각류					+	++
77	<i>Pachycheles stevensii</i>	게붙이	7	0.195	1	0.030		
78	<i>Pagurus</i> spp.	집게류	+	0.941	3	0.534	2	0.678
79	<i>Paradexamine</i> sp.	붙은꼬리옆새우류					+	0.001
80	<i>Paranthura japonica</i>	큰마디벌레	+	0.003	2	0.004	4	0.008
81	<i>Parapleustes filialis</i>	주걱턱옆새우류			1	0.002	13	0.004
82	<i>Peramphithoe baegryeongensis</i>	백령도참옆새우					1	0.011
83	<i>Photis longicaudata</i>	볼록눈이형꼬리다리옆새우			1	0.001	81	0.030
84	<i>Pilumnus minutus</i>	애기털보부채게			+	0.036		
85	<i>Pleustes panopla</i>	주걱턱옆새우류					2	0.040
86	<i>Pleustes</i> sp.	주걱턱옆새우류					+	0.003
87	<i>Podocerus hoonsooi</i>	등빨긴배옆새우			+	0.001		
88	<i>Pontogeneia rostrata</i>	북태평양짧은채찍옆새우			1	0.003	5	0.013
89	<i>Postodius imperfectus</i>	옆새우류			+	0.001		
90	<i>Pugettia</i> sp.	물맞이게류	7	0.363	4	0.334	20	0.758
91	<i>Sphaerozium nitidus</i>	비단부채게	1	0.050	1	0.107		
92	<i>Xanthidae</i> sp.	부채게류	2	0.585	1	0.185	1	0.019
Echinodermata		극피동물						
93	<i>Anthocidaris crassispina</i>	보라성게	0	18.080	+	13.718		
94	<i>Asterias amurensis</i>	아무르불가사리	7	4.452	3	34.873	3	30.930
95	<i>Asterina pectinifera</i>	별불가사리	5	87.038	8	145.461	11	199.478
96	<i>Comanthus japonica</i>	일본깃갯고사리			3	0.505		
97	<i>Holothuroidea</i> sp.	해삼류	+	0.009				
98	<i>Ophiactis affinis</i>	유사뱀이거미불가사리	4	0.040	7	0.073	2	0.011
99	<i>Ophiothrix exigua</i>	짧은가시거미불가사리					+	0.008
100	<i>Temnopleurus hardwickii</i>	하드윅분지성게	+	1.028	+	0.008	1	2.965

Mollusca		연체동물						
101	<i>Acmaea pallida</i>	흰삿갓조개				2	1.993	
102	<i>Alvania plicosa</i>	꼬마뽕족고둥	6	0.013	2	0.004	6	0.006
103	<i>Anomia chinensis</i>	잠쟁이			1	0.354		
104	<i>Arca avellana</i>	돌조개					9	70.560
105	<i>Arca boucardi</i>	긴네모돌조개	987	20.995	270	21.795	4	0.081
106	<i>Calliostoma unicum</i>	방석고둥			1	0.077	+	0.005
107	<i>Chlorostoma turbinata</i>	구멍뽕고둥					1	8.808
108	<i>Crassostrea gigas</i>	굴			1	1.053	0	0.175
109	<i>Crepidula walshi</i>	배고둥	1	0.005	1	0.007		
110	<i>Dilwynella</i> sp.	투명꼬마고둥류			1	0.001		
111	<i>Epimania</i> sp.	복족류 - 무관류			4	0.018		
112	<i>Gastrochaena cuneiformis</i>	구멍뽕이조개			+	0.001		
113	<i>Iolaea scitula</i>	서해췌기고둥	+	0.001	4	0.005	1	0.001
114	<i>Lirularia pygmaea</i>	햇살뽕고둥			1	0.037	7	0.168
115	<i>Littorina brevicula</i>	총알고둥					+	0.066
116	<i>Mitrella bicincta</i>	보리무릅	19	0.909	74	3.154	24	1.563
117	<i>Modiolus agripetus</i>	개적구			1	0.062	+	0.001
118	<i>Mopalia retifera</i>	수염군부					1	0.289
119	<i>Musculus cumingiana</i>	등근계란담치	30	0.094	13	0.023	4	0.012
120	<i>Odostomia</i> sp.	회오리고둥류					2	0.012
121	<i>Philine argentata</i>	흰민칭이					1	0.016
122	<i>Stenotis smithi</i>	좁총알고둥					1	0.016
123	<i>Thais clavigera</i>	대수리					+	0.359
124	<i>Trapezium liratum</i>	돌고부지	36	0.339	264	4.764	6	0.090
125	<i>Xenostrobus atrata</i>	왜홍합			1	0.008		
Others		기타						
126	Asciacea sp.	피낭류			+	0.119		
127	Asciacea spp.	피낭류	+	0.093	1	0.648	1	2.376
128	<i>Coptothyris grayi</i>	세로줄조개사돈					+	0.082
129	Lineus spp.	연두끈벌레류			+	0.010		
130	<i>Nemertinea</i> sp.	유형동물류	4	0.006	2	0.002	5	0.009
131	<i>Notoplana humilis</i>	민무늬납작벌레			5	0.005		
132	<i>Phoronis australis</i>	호주비벌레			18	0.048	1	0.008
133	<i>Platyhelminthes</i> spp.	편형동물류					1	0.008
134	<i>Sipunculoidea</i> sp.	성구동물류			+	0.017		
135	<i>Tridentiger trionocephalus</i>	두줄망둑	1	0.176				
Total			3,427	142.554	5,167	253.208	3,105	324.745
Number of species			62		83		88	

+ <1 ind./m², ++ <0.001 g/m²

Appendix IV. Species composition and mean abundance and biomass of macrobenthos in Seocheon from March to October 2012. A: abundance (inds./m²), B: biomass (g/m²)

No.	Species		DT2010		DT2011		NR	
	Species name	Korean name	A	B	A	B	A	B
	Annelida	환형동물						
1	<i>Anaitides maculata</i>	네모부채발갯지렁이	8	0.001	13	0.002	1	0.001
2	Arctonoinae spp.	비늘갯지렁이류			+	0.001	1	0.001
3	<i>Armandia lanceolata</i>	침보석요정갯지렁이					2	0.001
4	<i>Boccardiella</i> spp.	얼굴갯지렁이류	8	0.008	3	0.002	4	0.001
5	<i>Chrysopetalum occidentale</i>	황금비늘갯지렁이			2	0.002	2	0.002
6	<i>Cirriiformia tentaculata</i>	명주실타래갯지렁이					+	0.003
7	Dorvilleidae spp.	구슬수염갯지렁이류	+	++	2	0.001		
8	<i>Eulalia bilineata</i>	두줄불꽃부채발갯지렁이			1	0.002		
9	<i>Eulalia viridis</i>	녹색불꽃부채발갯지렁이	1	0.002	2	0.001	1	0.003
10	<i>Eumida sanguinea</i>	심장부채발갯지렁이	+	0.001	4	0.019	6	0.006
11	<i>Eunice</i> spp.	털갯지렁이류	2	0.002				
12	<i>Genetyllis castanea</i>	납작수염부채발갯지렁이	2	0.001			2	0.001
13	Harmothoinae spp.	비늘갯지렁이류	3	0.013	6	0.030	15	0.013
14	<i>Hydroides ezoensis</i>	우산석회관갯지렁이	4	0.050	2	0.046	35	0.424
15	<i>Hydroides fusicola</i>	석회관갯지렁이류	17	0.085	10	0.130	22	0.042
16	Lepidonotinae spp.	비늘갯지렁이류					+	0.004
17	<i>Lumbrineris japonica</i>	참송곳갯지렁이	2	0.001	2	0.002		
18	<i>Marphysa sanguinea</i>	바위털갯지렁이	+	0.006	+	0.001		
19	<i>Mediomastus californiensis</i>	버들갯지렁이류	2	++	+	++	+	++
20	<i>Naineris laevigata</i>	모자갯지렁이					1	0.017
21	<i>Nectoneanthes multignatha</i>	참갯지렁이류	+	0.005	15	0.029		
22	<i>Nematonereis</i> sp.	털갯지렁이류	+	++				
23	<i>Nereis multignatha</i>	깨집박이참갯지렁이	2	0.037	2	0.095	1	0.011
24	<i>Nereis</i> sp.	참갯지렁이류	10	0.018	5	0.003	1	0.001
25	<i>Notophyllum</i> sp.	부채발갯지렁이류	+	0.003	+	0.002	+	0.003
26	<i>Perinereis cultrifera</i>	한토막눈썹참갯지렁이					+	0.004
27	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	두점참갯지렁이					5	0.058
28	<i>Polydora</i> spp.	얼굴갯지렁이류	305	0.182	228	0.114	48	0.047
29	<i>Pomatoleios krausii</i>	굵은석회관갯지렁이					1	++
30	<i>Potamilla</i> sp.	꽃갯지렁이류			1	0.002		
31	<i>Prionospio (M.) multibranchiata</i>	얼굴갯지렁이류	1	0.001				
32	<i>Sabellaria ishikawai</i>	길쭉둥근올타리갯지렁이			2	0.002		
33	<i>Spirobranchus tetraceros</i>	사방조름석회관갯지렁이	7	0.023	8	0.084	3	0.003
34	Syllidae spp.	염주발갯지렁이류	3	++	2	++	21	0.022
35	<i>Tachytrypane</i> sp.	요정갯지렁이류					+	++
36	Terebellidae sp.	유령갯지렁이류					3	0.023
	Arthropoda	절지동물						
37	<i>Ampelisca miharaensis</i>	안경옆새우류					1	0.001
38	<i>Ampithoe</i> spp.	참옆새우류					14	0.052
39	<i>Aoroides columbiae</i>	북태평양육질꼬리옆새우	11	0.008	11	0.009	25	0.007
40	<i>Apocorophium acutum</i>	뽕족이형뱀옆새우					14	0.008
41	<i>Balanus reticulatus</i>	줄따개비	81	6.607	119	12.040		
42	<i>Caprella</i> spp.	바다대벌레류			1	0.002	120	0.111
43	<i>Cleantiella isopus</i>	갯주걱벌레					+	0.011
44	<i>Cymodoce japonica</i>	두혹잔벌레					11	0.058
45	<i>Dactylopleustes</i> sp.	주걱턱옆새우류			1	0.001		
46	<i>Dyopedos</i> sp.	긴배옆새우류			1	0.001	+	++
47	<i>Eochelidium miraculum</i>	붉은눈옆새우류			1	0.001		
48	<i>Erichthonius pugnax</i>	넓은마디육질꼬리옆새우붙이			1	0.001	67	0.035

49	<i>Gammaropsis japonicus</i>	극동육질꼬리옆새우	3	0.013	5	0.036	3	0.019
50	<i>Gammaropsis longipropodi</i>	육질꼬리옆새우류					1	0.001
51	<i>Gammaropsis</i> sp.	육질꼬리옆새우류					+	0.001
52	<i>Gitanopsis koreana</i>	짧은꼬리옆새우					4	0.004
53	<i>Heptacarpus rectirostris</i>	좁은빨꼬마새우			+	0.104		
54	<i>Holotelson tuberculatus</i>	세혹잔벌레					1	0.009
55	<i>Iphimedia mala</i>	옆새우류					+	0.003
56	<i>Ischyroceridae</i> spp.	육질꼬리옆새우붙이류			1	++		
57	<i>Jaeropsis lobata</i>	등각류					1	0.001
58	<i>Janiridae</i> sp.	등각류	+	++	2	0.001	6	0.002
59	<i>Jassa</i> spp.	육질꼬리옆새우붙이류			+	++	24	0.024
60	<i>Latreutes</i> sp.	꼬마새우류	+	0.011	2	0.056	3	0.028
61	<i>Leptocheilia</i> spp.	주걱벌레붙이류					28	0.007
62	<i>Melita</i> sp.	멜리타옆새우류			+	0.002		
63	<i>Monocorophium</i> spp.	육질꼬리옆새우류	+	++	+	++		
64	<i>Munna</i> sp.	등각류					2	0.001
65	<i>Pachycheles stevensii</i>	게붙이	1	0.008	2	0.018	2	0.010
66	<i>Pagurus</i> spp.	집게류					2	1.346
67	<i>Paranthura japonica</i>	큰마디벌레					3	0.008
68	<i>Parapleustes filialis</i>	주걱턱옆새우류	1	0.002			46	0.019
69	<i>Pareurystheus</i> sp.	육질꼬리옆새우류			1	++		
70	<i>Photis longicaudata</i>	블록눈이형꼬리다리옆새우					92	0.034
71	<i>Pleustes panopla</i>	주걱턱옆새우류					2	0.001
72	<i>Podocerus hoonsooi</i>	등빨긴배옆새우					9	0.008
73	<i>Pontogeneia rostrata</i>	북태평양짧은채찍옆새우					10	0.006
74	<i>Postodius imperfectus</i>	옆새우류			+	0.001	+	0.001
75	<i>Pugettia</i> sp.	물맞이게류					5	0.110
76	<i>Rhynchoplax</i> sp.	말랑게류					+	0.001
77	<i>Stenothoe valida</i>	꼬마예쁜이옆새우			+	++	4	0.001
78	<i>Xanthidae</i> sp.	부채게류	3	0.068	2	0.068		
Echinodermata		극피동물						
79	<i>Amphioplus japonicus</i>	순양거미불가사리			+	0.001		
80	<i>Asterias amurensis</i>	아무르불가사리			+	0.147	7	24.238
81	<i>Asterina pectinifera</i>	별불가사리	3	72.496	2	37.508	9	121.816
82	<i>Holothuroidea</i> sp.	해삼류					2	0.003
83	<i>Ophiactis affinis</i>	유사뱀이거미불가사리			2	0.002	1	0.005
84	<i>Ophiothrix exigua</i>	짧은가시거미불가사리					1	0.009
85	<i>Ophiura kinbergi</i>	빗살거미불가사리	+	0.026				
86	<i>Ophiurida</i> spp.	거미불가사리류	+	++	+	++		
87	<i>Temnopleurus hardwickii</i>	하드윅분지성게			1	12.389	1	0.034
Mollusca		연체동물						
88	<i>Acmaea pallida</i>	흰삿갓조개					1	0.333
89	<i>Alvania plicosa</i>	꼬마뽕족고둥	2	0.011	4	0.007	55	0.067
90	<i>Anomia chinensis</i>	잠쟁이	2	0.136	3	0.601	1	0.100
91	<i>Arca boucardi</i>	긴네모돌조개	3	0.117	2	0.139	5	0.098
92	<i>Barnea manilensis inornata</i>	돌맛조개	1	0.003				
93	<i>Calliostoma unicum</i>	방석고둥			+	0.024		
94	<i>Chlamys</i> sp.	가리비류			+	0.019		
95	<i>Chlorostoma turbinata</i>	구멍밤고둥					1	4.649
96	<i>Crepidula walshi</i>	배고둥					+	0.001
97	<i>Epimania</i> sp.	무관류					+	0.006
98	<i>Lirularia pygmaea</i>	햇살밤고둥					3	0.047
99	<i>Mitrella bicincta</i>	보리무늬	52	0.965	37	0.290	438	5.743
100	<i>Mopalia retifera</i>	수염군부					2	0.152

101	<i>Musculus cumingiana</i>	등근계 란담치	5	0.019	3	0.010	38	0.178
102	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	지중해담치			+	0.001		
103	<i>Nudibranchia</i> spp.	나새류					1	0.002
104	<i>Odostomia</i> sp.	회오리고둥류					5	0.013
105	<i>Philine argentata</i>	흰민칭이			+	0.000		
106	<i>Trapezium liratum</i>	돌고부지	12	0.134	16	0.216	30	0.197
107	<i>Xenostrobus atrata</i>	왜홍합	2	0.002			1	0.001
Others		기타						
108	<i>Coptothyris grayi</i>	세로줄조개사돈					1	3.195
109	<i>Lineus</i> spp.	연두끈벌레류					1	0.007
110	<i>Micrura</i> spp.	유형동물류					2	0.003
111	<i>Notoplana humilis</i>	민무늬납작벌레	1	0.001			1	0.005
112	<i>Phoronis australis</i>	호주비벌레					1	++
113	<i>Planocera multitentaculata</i>	다촉수납작벌레	+	0.001				
114	<i>Platyhelminthes</i> spp.	편형동물류					2	0.002
Total			558	81.065	528	64.260	1,284	163.520
Number of species			44		59		86	

+ <1 ind./m², ++ <0.001 g/m²

Appendix V. Species composition and mean abundance and biomass of macrobenthos in Buan from March to October 2012. A: abundance (inds./m²), B: biomass (g/m²)

No.	Species		RPA(BA)3		RPA(BA)4		NR	
	Species name	Korean name	A	B	A	B	A	B
Annelida			환형동물					
1	<i>Anaitides maculata</i>	네모부채발갯지렁이	1	0.000	1	0.001	7	0.004
2	<i>Arabellidae</i> spp.	홍점갯지렁이류	6	0.100	36	0.650	25	0.237
3	<i>Arctonoinae</i> spp.	비늘갯지렁이류			+	0.003		
4	<i>Boccardiella</i> spp.	얼굴갯지렁이류			2	0.001	1	0.001
5	<i>Capitella capitata</i>	등가시버들갯지렁이	2	0.001			2	0.001
6	<i>Chaetozone</i> spp.	실타래갯지렁이류	+	0.000			2	0.006
7	<i>Chrysopetalum occidentale</i>	황금비늘갯지렁이	8	0.016	18	0.015	3	0.002
8	<i>Cirriiformia tentaculata</i>	명주실타래갯지렁이	1	0.011	2	0.013	+	0.001
9	<i>Dodecaceria</i> sp.	실타래갯지렁이류	47	0.064	426	0.914	28	0.025
10	<i>Dorvilleidae</i> spp.	구슬수염갯지렁이류	10	0.003	4	0.003	2	0.001
11	<i>Eulalia bilineata</i>	두줄볼꽃부채발갯지렁이					11	0.005
12	<i>Eulalia viridis</i>	녹색볼꽃부채발갯지렁이	1	0.031	5	0.002	18	0.012
13	<i>Eumida sanguinea</i>	심장부채발갯지렁이			21	0.162	8	0.053
14	<i>Eunice</i> spp.	털갯지렁이류	2	0.067	2	0.002	4	0.043
15	<i>Genetyllis castanea</i>	납작수염부채발갯지렁이	1	0.001	+	0.000	10	0.003
16	<i>Harmothoinae</i> spp.	비늘갯지렁이류	16	0.043	31	0.146	29	0.101
17	<i>Hydroides ezoensis</i>	우산석회관갯지렁이	+	0.001	22	0.265	108	1.176
18	<i>Hydroides fusicola</i>	석회관갯지렁이류			27	0.036	26	0.065
19	<i>Lepidonotinae</i> spp.	비늘갯지렁이류	1	0.048	1	0.029	18	0.290
20	<i>Lumbrinerides</i> sp.	송곳갯지렁이류					4	0.001
21	<i>Lumbrineris japonica</i>	참송곳갯지렁이	1	0.002	6	0.012	2	0.002
22	<i>Naineris laevigata</i>	모자갯지렁이	16	0.126	47	0.318	50	0.194
23	<i>Nereis multignatha</i>	깨점박이참갯지렁이	1	0.013	1	0.015	7	0.055
24	<i>Nereis</i> sp.	참갯지렁이류	2	0.007	3	0.002	8	0.008
25	<i>Nicomache</i> sp.	대나무갯지렁이류	+	0.004			5	0.020
26	<i>Phyllodocidae</i> sp.	부채발갯지렁이류	+	0.000	4	0.004	+	0.001
27	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	두겹참갯지렁이	6	0.110	11	0.218	6	0.048
28	<i>Polydora</i> spp.	얼굴갯지렁이류	7	0.003	24	0.013	76	0.045
29	<i>Pomatoleios krausii</i>	굵은석회관갯지렁이			24	0.143		
30	<i>Potamilla</i> sp.	꽃갯지렁이류			+	0.000		
31	<i>Sabellaria ishikawai</i>	길쭉둥근울타리갯지렁이					2	0.001
32	<i>Spirobranchus tetraceros</i>	사방조름석회관갯지렁이	1	0.000	+	0.000	3	++
33	<i>Spirorbidae</i> sp.	석회관갯지렁이류	50	0.003			23	0.004
34	<i>Syllidae</i> spp.	염주발갯지렁이류	52	0.051	319	0.398	358	0.329
35	<i>Terebellidae</i> sp.	유령갯지렁이류	3	0.039	6	0.062	2	0.027
36	<i>Terebellides stroemii</i>	조름털갯지렁이			+	0.000		
37	<i>Tharyx</i> spp.	실타래갯지렁이류	5	0.001	1	0.011	8	0.002
Arthropoda			절지동물					
38	<i>Achelia echinata sinensis</i>	가시에기손바다거미	1	0.001	1	0.002	24	0.071
39	<i>Ammothea hilgendorfi</i>	술병부리바다거미			+	0.003		
40	<i>Ampelisca miharaensis</i>	안경옆새우류	+	0.000			1	0.002
41	<i>Ampithoe</i> spp.	참옆새우류	17	0.261	93	0.485	19	0.284
42	<i>Anatanais normani</i>	주걱벌레붙이류			2	0.000	2	0.002
43	<i>Aoroides columbiae</i>	북태평양육질꼬리옆새우	4	0.005	15	0.011	+	0.001
44	<i>Apocorophium acutum</i>	뽕족이형뱀옆새우	1	0.000	5	0.002	+	++
45	<i>Balanus reticulatus</i>	줄따개비					1	0.691
46	<i>Balanus rostratus</i>	봉우리따개비	1	5.357				
47	<i>Caprella</i> spp.	바다대벌레류	28	0.045	51	0.055	299	0.207
48	<i>Ceradocus</i> sp.	멜리타옆새우류					4	0.002

49	<i>Cleantiella isopus</i>	갯주걱벌레			+	0.016		
50	<i>Cleantiella stresseni</i>	주걱벌레류			1	0.008		
51	<i>Colomastix</i> sp.	해면살이옆새우류					+	++
52	<i>Cyathura higoensis</i>	모래마디벌레			25	0.024		
53	<i>Cymodoce japonica</i>	두혹잔벌레	5	0.022	11	0.038	13	0.044
54	<i>Dactylopleustes</i> sp.	주걱턱옆새우류	1	0.000				
55	<i>Dynoides</i> spp.	잔벌레류			27	0.049	25	0.044
56	<i>Eochelidium miraculum</i>	붉은눈옆새우류	+	0.000				
57	<i>Erichthonius pugnax</i>	넓은마디육질꼬리옆새우붙이	61	0.050	58	0.027	9	0.006
58	<i>Gammaropsis japonicus</i>	극동육질꼬리옆새우	3	0.003	108	0.160	42	0.026
59	<i>Gammaropsis liuruiyui</i>	육질꼬리옆새우류			+	0.001		
60	<i>Gammaropsis longipropodi</i>	육질꼬리옆새우류	+	0.000	1	0.001		
61	<i>Gitanopsis koreana</i>	짧은꼬리옆새우			6	0.003	8	0.005
62	<i>Holotelson tuberculatus</i>	세혹잔벌레	2	0.036	5	0.072	1	0.011
63	<i>Hyalidae</i> spp.	해조숨이옆새우류			109	0.143	12	0.033
64	<i>Iphiplateia whiteleggei</i>	옆새우류			1	0.001		
65	<i>Jaeropsis lobata</i>	등각류			5	0.001	1	++
66	<i>Janiridae</i> sp.	등각류	2	0.002			3	0.001
67	<i>Jassa</i> spp.	육질꼬리옆새우붙이류	184	0.024	16	0.008	25	0.010
68	<i>Latreutes</i> sp.	꼬마새우류			2	0.020		
69	<i>Leptochelia</i> spp.	주걱벌레붙이류	1	0.000	12	0.003	2	++
70	<i>Lysianassidae</i> spp.	긴팔옆새우류	3	0.007	6	0.015		
71	<i>Maera</i> sp.	멜리타옆새우류			+	0.001	1	0.002
72	<i>Megabalanus rosa</i>	빨강따개비					6	0.938
73	<i>Monocorophium</i> spp.	육질꼬리옆새우류			2	0.001	3	0.003
74	<i>Munna</i> sp.	등각류			+	0.000		
75	<i>Nebalia bipes</i>	옆새우					2	0.009
Arthropoda		절지동물						
76	<i>Oedignathus inermis</i>	두드러기어리게					1	1.058
77	<i>Pachycheles stevensii</i>	게붙이	+	0.002				
78	<i>Paguristes barbatus</i>	털보긴눈집게	+	0.214				
79	<i>Pagurus simulans</i>	갈색털손참집게	7	1.254	14	17.085		
80	<i>Pagurus</i> spp.	집게류	5	1.311	1	0.486	+	1.058
81	<i>Paradexamine</i> sp.	붉은꼬리옆새우류			1	0.001		
82	<i>Paranthura japonica</i>	큰마디벌레	1	0.002	12	0.024	7	0.022
83	<i>Paraphoxus tomiokaensis</i>	긴빨옆새우류	+	0.001				
84	<i>Parapleustes filialis</i>	주걱턱옆새우류	15	0.008	65	0.109	80	0.070
85	<i>Photis longicaudata</i>	볼록눈이형꼬리다리옆새우	33	0.012	132	0.046	45	0.013
86	<i>Pleustes panopla</i>	주걱턱옆새우류			1	0.023		
87	<i>Pleustes</i> sp.	주걱턱옆새우류	1	0.003	1	0.010		
88	<i>Podocerus hoonsooi</i>	등빨긴배옆새우			1	0.003	3	0.007
89	<i>Pontogeneia rostrata</i>	북태평양짧은채찍옆새우	1	0.001	31	0.050	58	0.038
90	<i>Protohyale</i> sp.	해조숨이옆새우류			2	0.025	1	0.002
91	<i>Pugettia</i> sp.	물맞이게류	3	0.465	16	4.018	6	1.053
92	<i>Pycnogonidae</i> spp.	바다거미류			+	0.002	3	0.007
93	<i>Sphaerozius nitidus</i>	비단부채게			1	1.867	3	2.503
94	<i>Stenothoe valida</i>	꼬마예쁜이옆새우	1	0.000	123	0.043	112	0.048
95	<i>Synidotea laevidorsalis</i>	둥근주걱벌레			1	0.022		
96	<i>Xanthidae</i> sp.	부채게류	+	0.016			2	1.425
Echinodermata		극피동물						
97	<i>Anthocidaris crassispina</i>	보라성게					1	27.398
98	<i>Asterias amurensis</i>	아무르불가사리	14	17.678	15	7.029	12	20.483
99	<i>Asterina pectinifera</i>	별불가사리	4	144.551	3	111.875	4	108.920
100	<i>Ophiactis affinis</i>	유사뱀이거미불가사리	+	0.007	1	0.034		

101	<i>Ophiothrix exigua</i>	짧은가시거미불가사리	3	0.491	1	0.358	3	0.086
102	<i>Sclerodactyla multipes</i>	다족환꼬리해삼	+	0.340				
103	<i>Temnopleurus hardwickii</i>	하드윅분지성게	14	5.515	9	3.064	1	0.122
Mollusca		연체동물						
104	<i>Acanthochiton achates</i>	좀털군부	2	0.025	11	0.278	3	0.367
105	<i>Acmaea pallida</i>	흰삿갓조개	+	0.003	+	0.005		
106	<i>Alvania plicosa</i>	꼬마뽕족고둥			6	0.008	1	0.003
107	<i>Anomia chinensis</i>	잠쟁이	+	0.056	1	0.050		
108	<i>Arca avellana</i>	돌조개					10	66.017
109	<i>Arca boucardi</i>	긴네모돌조개	11	0.144	1	0.083	6	1.049
110	<i>Calliostoma unicum</i>	방석고둥	4	0.995	4	0.525	+	0.447
111	<i>Ceratostoma burnetti</i>	입뿔고둥	1	0.123				
112	<i>Crassostrea gigas</i>	굴	2	0.495				
113	<i>Crepidula walshi</i>	배고둥			+	0.003		
114	<i>Epimania</i> sp.	복족류 - 무판류			14	0.015		
115	<i>Gibberula japonicus</i>	싸라기고둥			1	0.002		
116	<i>Iolaea scitula</i>	서해췌기고둥			12	0.021		
117	<i>Ischnochiton comptus</i>	연두군부	1	0.052				
118	<i>Lasaea undulata</i>	족사살이조개	5	0.016	2	0.002		
119	<i>Lirularia pygmaea</i>	햇살뿔고둥			1	0.024		
120	<i>Lithophaga curta</i>	애기돌맛조개			1	0.082		
121	<i>Littorina brevicula</i>	총알고둥	1	0.016	1	0.017		
122	<i>Mitrella bicincta</i>	보리무룩	52	2.999	78	4.190	68	2.715
123	<i>Mitrella tenuis tenuis</i>	날씬이보리무룩					+	0.100
124	<i>Modiolus agripetus</i>	개적구	+	0.020	2	0.841	5	5.113
125	<i>Mopalia retifera</i>	수염군부	2	0.267	4	0.097	3	0.248
126	<i>Musculus cumingiana</i>	둥근계란담치	27	0.258	19	0.044	9	0.055
127	<i>Mytilus coruscus</i>	홍합					2	184.059
128	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	지중해담치	1	0.019	10	0.026	18	0.436
129	<i>Nudibranchia</i> spp.	나새류			2	0.164	+	0.008
130	<i>Odostomia</i> sp.	회오리고둥류			1	0.003	19	0.068
131	<i>Philine argentata</i>	흰민칭이	4	0.039				
132	<i>Placiphorella stimpsoni</i>	따가리			1	4.379	4	14.021
133	<i>Proterato callosa</i>	애기개오지			+	0.032	1	0.031
134	<i>Rapana venosa</i>	피뿔고둥			1	58.523	1	1.266
135	<i>Trapezium liratum</i>	돌고부지	3	0.003	11	0.051	3	0.027
136	<i>Xenostrobus atrata</i>	왜홍합			1	0.001	1	++
137	<i>Zafra mitriformis</i>	벗솔무룩			1	0.002		
Others		기타						
138	<i>Anthozoa</i> spp.	강장동물류					8	0.352
139	<i>Lineus</i> spp.	연두끈벌레류			1	0.010	8	0.054
140	<i>Micrura</i> spp.	유형동물류			3	0.010	1	0.002
141	<i>Nemertinea</i> sp.	유형동물류	1	0.003	20	0.065	2	0.011
142	<i>Nephtheidae</i> sp.	곤봉바다맨드라미류	+	0.125				
143	<i>Notoplana humilis</i>	민무늬납작벌레	2	0.007	2	0.010	1	0.006
144	<i>Pholis fangi</i>	흰베도라치	+	0.015				
145	<i>Phoronis australis</i>	호주비벌레			16	0.079	4	0.009
146	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>	두줄망둑			1	0.956	+	0.397
Total			772	184.103	2,257	221.348	1,866	446.317
Number of species			85		112		102	

+ <1 ind./m², ++ <0.001 g/m²

Appendix VI. Species composition and mean biomass (g/m²) of macroalgae in Baengnyeong-Daechong and Yeonpyeong from March to October 2012. +: species is observed only in qualitative analysis

No.	Species		Baengnyeong-Daechong			Yeonpyeong		
	Species name	Korean name	RPA(BD)1	RPA(BD)2	NR	AT2009	AT2010	NR
Chlorophyta			녹조류					
1	<i>Cladophora</i> sp.	대마디말류	+					
2	<i>Ulva pertusa</i>	구멍갈파래	+					30.113
Phaeophyta			갈조류					
3	<i>Dictyopteria divaricata</i>	미끈뼈대그물말	+	0.168				
4	<i>Laminaria japonica</i>	다시마	+	35.883				
5	<i>Sargassum micracanthum</i>	잔가시모자반						3.203
6	<i>Sagarssum</i> sp. 1	모자반류 1	+					+
7	<i>Sargassum</i> sp. 2	모자반류 2						
8	<i>Sphacelaria</i> sp.	갯쇠털류	+	+	+			
9	<i>Undaria pinnatifida</i>	미역	+	+	0.300			
Rhodophyta			홍조류					
10	<i>Acrosorium yendoii</i>	누운분홍잎						0.235
11	<i>Acrosorium</i> sp.	분홍잎류	+					0.045
12	<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	부챗살	+	4.738				9.445
13	<i>Ahnfeltiopsis paradoxa</i>	철사썩새기		0.088				
14	<i>Amphiroa</i> sp. 1	게발류 1	+					
15	<i>Antithamnion nipponicum</i>	참깃풀			+			+
16	<i>Campylaeophora crassa</i>	굵은석목						0.023
17	<i>Carpopeltis affinis</i>	참까막살		+				4.200
18	<i>Chondracanthus tenellus</i>	돌가사리	+	+	0.030			21.753
19	<i>Corallina officinalis</i>	참산호말		0.373	0.098			
20	<i>Delisea pulchra</i>	나도펍꼬리		0.118				
21	<i>Erythrotrichia</i> sp.	붉은털류						+
22	<i>Erythroglossum minimum</i>	꼬마붉은혀						0.023
23	<i>Gelidium amansii</i>	우뭇가사리						5.215
24	<i>Gelidium pacificum</i>	왕우뭇가사리						9.650
25	<i>Grateloupia filicina</i>	참지누아리	+	+				+
26	<i>Halymenia formosa</i>	가시왕지누아리						1.270
27	<i>Hildenbrandia dawsonii</i>	연골분홍딱지	+	+	+			0.165
28	<i>Marginisporum aberrans</i>	방황게발혹		1.013				
29	<i>Plocamium telfairiae</i>	참곱슬이		0.020	0.008			
30	<i>Pterocliadiella capillacea</i>	큰개우무	+					17.158
31	<i>Rhodymenia intricata</i>	두갈래분홍치						14.443
Total			0.000	42.398	0.435	0.000	0.000	116.938
Number of species			14	14	7	0	0	19

Appendix VII. Species composition and mean biomass (g/m^2) of macroalgae in Taean and Seocheon from March to October 2012. +: species is observed only in qualitative analysis.

No	Species		Taean			Seocheon		
	Species name	Korean name	DT2010	TT2010	NR	DT2010	DT2011	NR
Chlorophyta			녹조류					
1	<i>Cladophora meridionalis</i>	낮대마디말			0.353			
2	<i>Cladophora</i> sp.	대마디말류			5.868			0.040
3	<i>Codium arabicum</i>	떡칭각			0.558			
4	<i>Codium fragile</i>	칭각					+	+
5	<i>Monostroma nitidum</i>	참홀파래						0.143
6	<i>Ulva pertusa</i>	구멍갈파래			4.835		+	4.410
Phaeophyta			갈조류					
7	<i>Colpomenia sinuosa</i>	불레기말			0.043			
8	<i>Dictyopteris divaricata</i>	미끈뻐대그물말			74.025			+
9	<i>Sargassum thunbergii</i>	지층이						+
10	<i>Sagarssum</i> sp. 1	모자반류 1						+
11	<i>Undaria pinnatifida</i>	미역			82.335			
Rhodophyta			홍조류					
12	<i>Acrosorium venulosum</i>	갈고리분홍잎			0.100			
13	<i>Acrosorium yendoi</i>	누운분홍잎			0.050			0.008
14	<i>Acrosorium</i> sp.	분홍잎류			+			+
15	<i>Agardhiella subulata</i>	미끌바늘			0.020			
16	<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	부챗살			19.445			83.038
17	<i>Amphiroa valonioides</i>	등근마디게발			0.290			
18	<i>Amphiroa</i> sp. 1	게발류 1			0.028			
19	<i>Antithamnion cristirhizophorum</i>	양가지참깃풀			0.138			
20	<i>Antithamnion densum</i>	윗가지참깃풀			0.018			
21	<i>Antithamnion nipponicum</i>	참깃풀						0.270
22	<i>Antithamnion</i> sp.	깃풀류			0.040			
23	<i>Carpopeltis affinis</i>	참까막살			+			+
24	<i>Chondrus verrucosus</i>	애기진두발			11.895			0.750
25	<i>Chondracanthus tenellus</i>	돌가사리			+			+
26	<i>Chrysiomenia wrightii</i>	누른끈적이			1.875			9.753
27	<i>Erythrogloussum minimum</i>	꼬마붉은혀			0.040			
28	<i>Gelidium amansii</i>	우뭇가사리			0.298			
29	<i>Gracilaria verrucosa</i>	꼬시래기			0.098			
30	<i>Grateloupia filicina</i>	참지누아리			0.105			+
31	<i>Grateloupia subpectinata</i>	빗살도박			1.370			
32	<i>Halymenia formosa</i>	가시왕지누아리						+
33	<i>Herpochondria</i> sp.	잇바디가지류			0.005			
34	<i>Heterosiphonia japonica</i>	엿가지풀			0.383			
35	<i>Hideophylum yezoense</i>				3.470			
36	<i>Hildenbrandia dawsonii</i>	연골분홍딱지			+			0.030
37	<i>Lomentaria catenata</i>	마디잘록이						+
38	<i>Neosiphonia</i> sp.	붉은실류			+			
39	<i>Plocamium telfairiae</i>	참곱슬이						+
40	<i>Pterocladia capillacea</i>	큰개우무			0.375			0.025
41	<i>Rhodymenia intricata</i>	두갈래분홍치			9.088			18.275
42	<i>Symphyocladia latiuscula</i>	참보라색우무			1.318			0.033
Total			0.000	0.000	218.460	0.000	0.000	116.773
Number of species			0	0	35	0	2	23

Appendix VIII. Species composition and mean biomass (g/m^2) of macroalgae in Buan from March to October 2012. +: species is observed only in qualitative analysis.

No.	Species		Buan		
	Species name	Korean name	RPA(BA)3	RPA(BA)4	NR
	Chlorophyta	녹조류			
1	<i>Cladophora sericea</i>	덤불대마디말		0.270	1.670
2	<i>Cladophora</i> sp.	대마디말류	0.033		
3	<i>Codium arabicum</i>	떡청각	0.025		
4	<i>Codium fragile</i>	청각	0.283		
5	<i>Ulva pertusa</i>	구멍갈파래	+	+	+
	Phaeophyta	갈조류			
6	<i>Colpomenia simuosa</i>	불레기말	+	2.303	+
7	<i>Dictyopteris divaricata</i>	미끈뻐대그물말	+	1.735	+
8	<i>Sargassum coreanum</i>	큰잎모자반	31.870		+
9	<i>Sargassum horneri</i>	팽생이모자반	8.098		
10	<i>Sargassum thunbergii</i>	지충이	0.280	14.548	3.520
11	<i>Sagarssum</i> sp. 1	모자반류 1		+	1.503
12	<i>Sargassum</i> sp. 2	모자반류 2	11.623		+
13	<i>Sphacelaria</i> sp.	갯쇠털류	+	0.103	+
14	<i>Undaria pinnatifida</i>	미역	0.503	0.795	6.178
	Rhodophyta	홍조류			
15	<i>Acrosorium polyneurum</i>	잔금분홍잎			+
16	<i>Acrosorium yendoi</i>	누운분홍잎	+	0.368	1.045
17	<i>Acrosorium</i> sp.	분홍잎류		+	+
18	<i>Agardhiella subulata</i>	미끌바늘	0.980	0.303	0.765
19	<i>Aglaothamnion oosumiense</i>	외깃말사춘			+
20	<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	부켓살	1.885	27.928	14.873
21	<i>Amphiroa beauvoisii</i>	고리마디게말			0.538
22	<i>Amphiroa valonioides</i>	둥근마디게말	3.735	0.268	
23	<i>Amphiroa</i> sp. 1	게말류 1	4.528	+	0.030
24	<i>Amphiroa</i> sp. 2	게말류 2		+	
25	<i>Amphiroa</i> sp. 3	게말류 3		0.948	
26	<i>Anthitjammionella glandifera</i>	은방울가지말			+
27	<i>Antithamnion densum</i>	윗가지참깃풀	+	0.050	0.008
28	<i>Antithamnion nipponicum</i>	참깃풀	+	0.505	0.258
29	<i>Antitahmion</i> sp.	깃풀류			+
30	<i>Binghamia californica</i>	분홍애기풀	0.093	0.425	
31	<i>Callithamnion pinnatum</i> (-> <i>corymbosum</i>)	홍실외깃풀 (술외깃풀)		+	
32	<i>Campylaephora crassa</i>	굵은석목		0.760	0.183
33	<i>Carpopeltis affinis</i>	참까막살			2.123
34	<i>Ceramium boydenii</i>	단박	3.190	0.873	0.630
35	<i>Ceramium</i> sp. 1	비단풀류 1	+	2.103	+
36	<i>Chondrus verrucosus</i>	애기진두발			6.955
37	<i>Chondrus ocellatus</i>	진두발			8.350
38	<i>Chondracanthus tenellus</i>	돌가사리	0.008	0.055	+
39	<i>Chondrophyucus intermedia</i>	검은서실		118.000	+
40	<i>Corallina elongata</i>	긴가지산호말		0.125	0.058
41	<i>Corallina officinalis</i>	참산호말	0.125		0.045
42	<i>Corallina pilulifera</i>	민자루산호말	+	1.050	1.055
43	<i>Corallina</i> sp. 1	산호말류 1	0.018	0.045	0.015
44	<i>Corallina</i> sp. 2	산호말류 2		0.570	0.175
45	<i>Dasya</i> sp.	다홍풀류	+		+
46	<i>Erythrotrichia</i> sp.	붉은털류			+
47	<i>Gelidium amansii</i>	우뭇가사리	3.800	1.490	35.375

48	<i>Gelidium australe</i>	호주우뭇가사리			+
49	<i>Gelidium pacificum</i>	왕우뭇가사리		0.503	33.310
50	<i>Gracilaria cuneifolia</i>	췌기꼴꼬시래기	0.025	3.208	0.023
51	<i>Grateloupia filicina</i>	참지누아리	+	+	
52	<i>Halymenia formosa</i>	가시왕지누아리		+	+
53	<i>Herpochondria</i> sp.	잇바디가지류	+	+	+
54	<i>Herposiphonia</i> sp.	거미줄류		0.100	
55	<i>Heterosiphonia japonica</i>	엇가지풀			0.015
56	<i>Hildenbrandia dawsonii</i>	연골분홍딱치	+	0.318	+
57	<i>Laurencia venusta</i>	애기서실			0.775
58	<i>Lithothamnion</i> sp.	쩍류	0.583		
59	<i>Lomentaria catenata</i>	마디잘록이	0.033	7.145	0.428
60	<i>Marginisporum aberrans</i>	방황계발혹			+
61	<i>Neosiphonia</i> sp.	붉은실류	+		
62	<i>Neosiphonia yendoi</i>	쇠털붉은실			0.285
63	<i>Pleonosporium venustissimum</i>	각시오디풀			+
64	<i>Plocamium telfairiae</i>	참곱슬이		0.085	0.335
65	<i>Polysiphonia atlantica</i>	큰열매붉은실			0.113
66	<i>Polysiphonia</i> sp.	붉은실류		+	0.080
67	<i>Pterocladia capillacea</i>	큰개우무		0.248	1.395
68	<i>Rhodymenia intricata</i>	두갈래분홍치	18.805	6.488	17.490
69	<i>Stenogramma interrupta</i>	가는줄풀	12.008	2.275	
70	<i>Symphyocladia latiuscula</i>	참보라색우무	0.225	4.460	0.015
71	<i>Symphyocladia pennata</i>	애기보라색우무			0.040
Total			102.750	200.443	139.650
Number of species			38	44	57