



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](#)

수산학박사 학위논문

바다숲 조성에 따른 서식생물상 변동과
자원 조성 효과



2017년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 생 물 학 과

황 철 희

수산학박사 학위논문

바다숲 조성에 따른 서식생물상 변동과 자원 조성 효과

지도교수 김 창 훈

이 논문을 수산학박사 학위논문으로 제출함

2017년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 생 물 학 과

황 철 희

황철희의 수산학박사 학위논문을 인준함

2017년 2월 26일

위 원 장	수산학박사	박 정 환	(인)
위 원	수산학박사	김 남 길	(인)
위 원	수산학박사	최 창 근	(인)
위 원	이 학 박 사	손 민 호	(인)
위 원	농 학 박 사	김 창 훈	(인)

목 차

Abstract	iii
List of Tables	vi
List of Figures	x
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	5
1. 연구해역의 지리적 위치 및 개요	5
2. 서식 생물 현황	11
III. 결과 및 고찰	17
1. 천연해조숲	17
가. 서식 생물 현황	17
나. 주요 어종별 위 내용물 분석	35
다. 천연해조숲의 자원 조성 효과	43
2. 인공해조숲	47
가. 서식 생물 현황	47
나. 주요 어종별 위 내용물 분석	64

다. 인공해조숲의 자원 조성 효과	72
3. 잘피숲	77
가. 서식 생물 현황	77
나. 주요 어종별 위 내용물 분석	93
다. 잘피숲의 자원 조성 효과	102
IV. 종합토론	106
V. 국문 요약	110
VI. 참고문헌	112



Choul-Hee Hwang

Department of Fisheries Biology, The Graduate school,
Pukyong National University

Abstract

In order to evaluate the effects of seaweed beds on fisheries resources, field investigations were conducted at Jeju Island, Yeosu and Seosan during Fall and Winter, 2015. Populations and food-habits of benthos and marine fishes were used as indices for the development of fisheries resources.

As a result, a total of 183, 152 and 63 species were found at natural seaweed beds, artificial seaweed beds and seagrass beds, respectively. Based on the standing crop per hectare, benthos were at rates of 9.9×10^6 individuals (2.1 ton) in natural seaweed beds, 16.1×10^6 individuals (3.7 ton) in artificial seaweed beds, and 2.7×10^6 individuals (356.5 kg) in seagrass beds. In addition, marine fishes were found at rates of 591 individuals (105.8 kg), 663 individuals (169.2 kg) and 1,026 (46.7 kg) in natural seaweed beds, artificial seaweed beds and seagrass beds, respectively.

Considering results of food-habits analyses, predominant five marine fishes (white-spotted conger, marbled rockfish, dark-banded rockfish, javelin goby, and red tongue sole) found in seaweed beds were all carnivorous species consisting of ichthyophagous (white-spotted conger), polyphagous (marbled

rockfish and javelin goby), and benthophagous (dark-banded rockfish and red tongue sole) species.

This study indicated that the five fish species were mainly fed on the organisms inhabiting in seaweed beds. Thus, homing effects of marine fishes could be expected with the establishment of seaweed beds and consequential biomass increases of various food organisms.

Based on the results in this study, the effects of seaweed beds on marine fisheries resources could be anticipated as follows; 1) firstly, benthic or grazing marine invertebrates onto seaweeds will inhabit once seaweed beds are established, 2) secondly, marine fishes that are fed on the invertebrates will more thong into the seaweed beds with the increased biomasses of the invertebrates, 3) lastly, the seaweed beds will provide marine fishes with spawning and nursery grounds and refuges, resulting in stable and sustainable marine ecosystems.

Along with the establishment of marine ecosystems, follow-up management on artificial seaweed bed and extermination of harmful organisms should be properly implemented in order to sustain remediation of ecosystems and enrichment of fisheries resources.

In conclusion, it appears that the establishment of seaweed beds could result in increasing biomasses of marine invertebrates and consequently homing marine fishes into seaweed beds. The results of this study could also provide useful background information for fisheries (recruitment and survival

of fisheries resources) and/or social sciences (fisheries economics) for evaluating the scientific and economic values of seaweed beds.



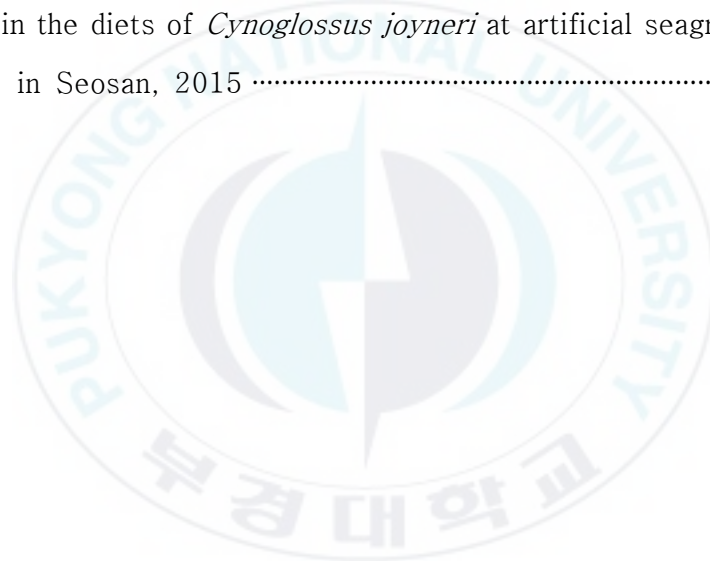
List of Tables

Table 1. Locations and sampling stations of the study conducted in 2015, Korea (Natural: natural seaweed or seagrass bed, Artificial: construction of seaweed or seagrass bed, Control*: natural seaweed beds with poor development of seaweed population(s), Control**: no seagrass)	7
Table 2. Spatio-temporal variations of biological characters (number of species, abundance and biomass) of fish communities sampled with gill net (10×10 cm, 100 m) and drum net trap (Ø40 cm, 30 unit) in Jeju Island, 2015 (A: abundance, B: biomass)	9 2
Table 3. Spatio-temporal variations of biological characters (number of species and abundance) of fish communities to visual census with SCUBA diving in Jeju Island, 2015	10 3
Table 4. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of <i>Conger myriaster</i> at natural seaweed bed that <i>Ecklonia cava</i> predominated (JN-1) in Jeju Island, 2015	7 3
Table 5. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of <i>Conger myriaster</i> at natural seaweed bed that several kind of macroalgae mixed (JN-2) in Jeju Island, 2015 ...	38
Table 6. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N),	

dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of <i>Sebastiscus marmoratus</i> at natural seaweed bed that <i>Ecklonia cava</i> predominated (JN-1) in Jeju Island, 2015 ..	4
Table 7. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of <i>Sebastiscus marmoratus</i> at natural seaweed bed that several kind of macroalgae mixed (JN-2) in Jeju Island, 2015	4
Table 8. Spatio-temporal variations of biological characters (number of species, abundance and biomass) of fish communities sampled with gill net (10×10 cm, 100 m) and drum net trap (Ø40 cm, 30 unit) in Yeosu, 2015 (A: abundance, B: biomass)	8. 5
Table 9. Spatio-temporal variations of biological characters (number of species and abundance) of fish communities to visual census with SCUBA diving in Yeosu, 2015	95
Table 10. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of <i>Sebastes inermis</i> at artificial seaweed bed (YA-1) in Yeosu, 2015	6. 6
Table 11. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of the diets of <i>Sebastes inermis</i> at control site (YC-1) in Yeosu, 2015	7. 6
Table 12. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N),	

dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of <i>Sebastiscus marmoratus</i> at artificial seaweed bed (YA-1) in Yeosu, 2015	0.7
Table 13. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of <i>Sebastiscus marmoratus</i> at control site (YC-1) in Yeosu, 2015	1.7
Table 14. Spatio-temporal variations of biological characters (number of species, abundance and biomass) of fish communities sampled with gill net (10×10 cm, 100 m) and drum net trap (Ø40 cm, 30 unit) in Seosan, 2015 (A: abundance, B: biomass)	9.8
Table 15. Spatio-temporal variations of biological characters (number of species and abundance) of fish communities to visual census with SCUBA diving in Seosan, 2015	0.9
Table 16. Spatio-temporal variations of biological characters (abundance and biomass) of <i>Zostera</i> spp. in Seosan, 2015	2.9
Table 17. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of <i>Synechogobius hasta</i> at natural seagrass bed (SN-1) in Seosan, 2015	5.9
Table 18. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of <i>Synechogobius hasta</i> at artificial seagrass bed (SA-1) in Seosan, 2015	6.9

Table 19. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of <i>Synechogobius hasta</i> at control site (SC-1) in Seosan, 2015	7
Table 20. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of <i>Cynoglossus joyneri</i> at natural seagrass bed (SN-1) in Seosan, 2015	101
Table 21. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of <i>Cynoglossus joyneri</i> at artificial seagrass bed (SA-1) in Seosan, 2015	101



List of Figures

Figure 1. Locations of the study sites in Jeju Island, Korea. Dotted circles represent the sampling areas (JN-1: <i>Ecklonia cava</i> predominated, JN-2: mixed of various seaweeds).	8
Figure 2. Locations of the study sites in Yeosu, Korea. Dotted circles represent the sampling areas (YA-1: artificial seaweed bed, YC-1: control site).	9
Figure 3. Locations of the study sites in Seosan, Korea. Dotted circles represent the sampling areas (SN-1: natural seagrass bed, SA-1: artificial seagrass bed, SC-1: control site).	10
Figure 4. Percent composition of epifauna living on the seaweed surface (blade and holdfast) in Jeju Island on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (An, Annelida; Ar, Arthropoda; Ec, Echinodermata; Mo, Mollusca; Ot, Others).	22
Figure 5. Spatio-temporal variations of number of species, abundance (inds) and biomass (g) of epifauna living on the seaweed surface (blade and holdfast) in Jeju Island on Autumn (left) and Winter (right), 2015.	22
Figure 6. Percent composition of epifauna living on the surface of rock bottom in Jeju Island on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (An, Annelida; Ar, Arthropoda; Ec, Echinodermata; Mo, Mollusca; Ot, Others).	24
Figure 7. Spatio-temporal variations of number of species, abundance	

(inds/m ²) and biomass (g/m ²) of epifauna living on the surface of rock bottom in Jeju Island on Autumn (left) and Winter (right), 2015.	3
Figure 8. Percent composition of seaweed living on the natural seaweed bed in Jeju Island on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (Ch, Chlorophyta; Ph, Phaeophyta; Rh, Rhodophyta).	33
Figure 9. Spatio-temporal variations of number of species and biomass (g/m ²) of seaweed living on the natural seaweed bed in Jeju Island, 2015.	34
Figure 10. Percent composition of epifauna living on the seaweed surface (blade and holdfast) in Yeosu on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (An, Annelida; Ar, Arthropoda; Ec, Echinodermata; Mo, Mollusca; Si, Sipunculida).	94
Figure 11. Spatio-temporal variations of number of species, abundance (inds) and biomass (g) of epifauna living on the seaweed surface (blade and holdfast) Yeosu on Autumn (left) and Winter (right), 2015.	5
Figure 12. Percent composition of epifauna living on the surface of rock bottom in Yeosu on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (An, Annelida; Ar, Arthropoda; Ec, Echinodermata; Mo, Mollusca; Ot, Others).	3
Figure 13. Spatio-temporal variations of number of species, abundance (inds/m ²) and biomass (g/m ²) of epifauna living on the surface of rock bottom in Yeosu on Autumn (left) and Winter (right), 2015.	54

Figure 14. Percent composition of seaweed living on the artificial seaweed bed and control site in Yeosu on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (Ch, Chlorophyta; Ph, Phaeophyta; Rh, Rhodophyta).	2. 6
Figure 15. Spatio-temporal variations of number of species and biomass (g/m ²) of seaweed living on the artificial seaweed bed and control site in Yeosu, 2015.	3
Figure 16. Percent composition of epifauna living on the seagrass surface (blade and holdfast) in Seosan on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (An, Annelida; Ar, Arthropoda; Mo, Mollusca).	9. 7
Figure 17. Spatio-temporal variations of number of species, abundance (inds) and biomass (g) of epifauna living on the seagrass surface (blade and holdfast) in Seosan on Autumn (left) and Winter (right), 2015. ..	80
Figure 18. Percent composition of epifauna living on the surface of soft bottom in Seosan on Autumn(left) and Winter (right), 2015 (An, Annelida; Ar, Arthropoda; Mo, Mollusca).	4. 8
Figure 19. Spatio-temporal variations of number of species, abundance (inds/m ²) and biomass (g/m ²) of epifauna living on the surface of soft bottom in Seosan on Autumn (left) and Winter (right), 2015.	85

I. 서론

해조류와 해초류(잘피)는 해양 산성화의 주범인 이산화탄소를 저감시키고 수질을 정화시키는 환경 보전 역할 뿐만 아니라 연안 생태계 내 일차 생산자로서 물질(에너지) 순환 과정의 중심적 역할과 수산자원의 산란장 또는 성육장 역할을 담당하고 있다(Ohno et al., 1990; Serisawa et al., 1998; Choi et al., 2002). 하지만 한반도 인근 해역에서는 해조(초)류를 비롯한 다양한 수산생물이 사라지는 갯녹음(바다사막화) 현상이 심화되고 있으며, 소멸된 해조(초)군락 자리에는 산호조류가 번무하여 수산자원의 먹이원이 감소하고 산란장 및 성육(서식)장이 소멸되어 기존의 해양생태계 균형이 파괴되고 있다. 해양수산부(2015)는 우리나라 남해 연안을 대상으로 갯녹음 실태조사를 실시한 결과, 약 8,218 ha 중 약 2,738 ha의 암반(33.3%)이 갯녹음 진행 또는 심각 수준인 것으로 보고하였으며, 우리나라 연안 전체로 확대해보면, 조사 대상 면적 34,708 ha 중 16,783 ha(48.4%)의 해역에서 갯녹음 현상이 진행되고 있다고 보고하였다. 이러한 갯녹음 현상의 주요 원인으로는 해양오염 증가, 지구온난화 그리고 성게나 전복 등의 조식성 동물에 의한 식해(grazing, 喰害) 등이 유력하다. 그 중에서 해양오염은 과도한 연안 개발이나 육상으로부터의 오염 물질 유입으로 인해 증가되고 있으며, 해양생물의 폐사와 직접적으로 연관되므로 이에 대한 규제와 복원(회복) 사업이 지속적으로 수행되고 있다. 또한 지구온난화에 따른 수온 상승은 산호조류의 발생과 성장을 촉진시킬 수 있으며(Johannes, 1981; Ichiki et al., 2000), 산호조류는 물리·화학적 antifouling 메커니즘으로 해조류

발생을 억제하거나 방해할 수 있기 때문에 지구온난화도 갯녹음 현상의 원인이 되고 있다(Johnson and Mann, 1986; Keats et al., 1993; Suzuki et al., 1998). 하지만 지금까지 알려진 갯녹음 현상은 특정 원인에 의한 현상이라기보다 여러 원인들이 복합적으로 작용하여 발생하는 것으로 생각되며(해양수산부, 2002; Fujita, 2010), 현재 상태로 방치할 경우에는 해양생태계 훼손이 심화되어 훼손된 생태계의 복원에 얼마만큼의 노력과 시간이 소요될지 예측할 수 없다.

해조류의 종다양성 감소는 우리나라 연안 환경뿐만 아니라 전 세계적으로도 심각하게 보고되는 현상으로(Fujita, 2010) 해조류 광합성을 저해하고 포자 방출 또는 재가입 잠재력을 방해하는 여러 가지 원인들이 복합적으로 작용하고 있다(Lotze and Milewski, 2004; Bates et al., 2005; 최 2007; Bates and DeWreede, 2007). 뿐만 아니라, 생물 유전자원 및 다양성 가치에 대한 인식과 경제적 발전 및 관련 산업 발달에 따른 생물 다양성 감소라는 위기의식이 부각되며 세계 각국은 1992년에 생물다양성의 보유와 이용에 대해 생물다양성협약(CBD: Convention on Biological Diversity)을 채택하였다. 이후 2010년 제10차 유엔 생물다양성협약 총회에서는 생물다양성협약의 세 번째 목적인 생물 유전자원에 대한 접근 및 이익의 공유(ABS: Access to genetic resources and Benefit-Sharing)를 바탕으로 나고야 의정서를 채택하여 생물유전자원 및 관련 전통지식을 사용할 경우, 제공국에게 사전에 통보하여 허가를 받고, 생물유전자원의 이용으로부터 발생한 이익에 대해 대가를 지불하는 것이 의무화되었다. 따라서 향후 각 국가 간에는 생물유전자원에 대한 확보 경쟁이 치열해질 것이며, 보존과 증대에 대한 체계적 대응이 필수적이다(홍 등, 2013).

우리나라에서는 연안 생태계를 복원하고 국내 수산자원을 안정적으로 확보하기 위하여 바다숲 조성 사업을 수행하고 있다. 바다숲은 대상 생물이 해조류인지 또는 잘피류인지에 따라 해조숲(seaweed bed)과 잘피숲(seagrass bed)으로 구분되는데, 바다숲 조성 사업은 기존에 자연적으로 조성되어 있는 해조(초)류 군락을 보호·보전하는 사업과 인위적으로 해조(초)류를 이식하여 새로운 해조(초)류 군락을 조성, 유지하는 사업을 말한다. 우리나라에서는 2009년부터 2014년까지 유용 해조류의 탐색 및 발굴, 기후변화 대응 전략을 위한 바다숲 조성 후보지 사전 확보를 추진하여 약 6,000 ha의 바다숲을 조성하였다. 2015년에도 3,236 ha의 바다숲이 조성되었으며, 향후에는 바다숲 조성 면적을 확대하고 저비용·고효율적 바다숲 조성 및 해조류·산호초를 이용한 바다숲 조성 사업을 추진할 계획이다(해양수산부, 2015).

해조류를 이용한 바다숲 조성 과정에서는 적정지역 선정 후, 해중립초(콘크리트 구조물) 시설, 수중 저연승법이나 포자주머니법 그리고 종묘이식 패널법 등과 같은 전문적 기술을 적용하고 있으며, 잘피류를 이용한 바다숲을 조성하기 위해서는 잘피류를 직접 이식하는 기술을 적용하고 있다. 바다숲 조성에 이용되는 대표적인 해조류는 감태(*Ecklonia cava*), 미역(*Undaria pinnatifida*), 모자반류(*Sargassum* spp.), 다시마류(*Saccharina* spp.), 곰피(*Ecklonia stolonifera*) 그리고 대황(*Eisenia bicyclis*)이 있으며, 잘피류에는 거머리말(*Zostera marina*)이 있다. 하지만 조성만 한다고 해서 바다숲이 제 역할을 수행할 수 있는 것은 아니다. 바다숲 조성 전과 후로 쓰레기나 폐어구 등을 수거하는 것은 물론이고 성게, 고둥류, 군소 등 해적생물까지 수거하여 자원 조성을 위한 필수적인 환경을 조성하는 것이 중요하다.

바다숲을 조성함으로써 얻을 수 있는 이점은 크게 몇 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 상대생장율이 큰 해조류로 단위 시간당 물질 생산력을 높여 해당 생태계에 필요한 물질을 상대적으로 많이 제공받을 수 있다. 둘째, 큰 규모의 숲을 이룰 수 있기 때문에 해양생물이 포식자를 피해 숨을 수 있는 은신처를 제공하여 수산자원 증대를 유도할 수 있다. 셋째, 해조류는 개체별 형태 구조가 복잡하기 때문에 표면 부착생물의 착생을 증가시키고 생물종다양성 및 먹이자원을 증가시켜 수산자원 가입을 유도하는 효과가 있다. 마지막으로 오염된 해역의 환경 개선과 서식지 개선을 통해 해양생태계 복원과 균형을 유지하는데 큰 도움을 줄 수 있다(해양수산부, 2005; 2015). 하지만 이러한 긍정적 효과들은 아직까지 막연한 개념적 측면에 불과하며 과학적이고 정량적인 효과 입증 자료는 현재까지 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 바다숲이 가지는 자원 조성 효과에 대해 첫째, 생물종다양성 증가에 대한 기여 가능성과 둘째, 유용 수산자원 증가에 대한 기여 가능성을 파악하는데 목적이 있다. 또한 이들 두 가지 가능성의 실제적 존재 여부 판단을 위해서 바다숲 생태계 구성 요인들의 생물학적 특징 파악과 이들 간의 기능적 연관성을 함께 고찰하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 연구해역의 지리적 위치 및 개요

본 연구에서는 바다숲 대상 생물이 해조류인지 또는 잘피류인지에 따라 해조숲(seaweed bed)과 잘피숲(seagrass bed)으로 구분하였으며, 자연 상태로 조성되어 있는 바다숲에 대해서는 천연이라는 단어를 별도 부여하였고 인위적으로 조성한 바다숲에 대해서는 인공이라는 단어를 별도 부여하였다. 따라서 본 연구 대상 바다숲의 이름과 특징을 살펴보면 다음과 같다.

천연해조숲(Natural seaweed bed)은 갯녹음 현상 및 인위적 해조류 이식 행위 없이 자연 상태로 해조류가 군락을 이루고 있는 바다숲이다. 지리적 위치는 제주시 구좌읍 종달리 인근 연안이며 쿠로시오 난류와 한국 남해안 연안수의 영향을 받는 제주도 동북부에 위치해 있어 다양한 이질적 수괴 출현 여부에 따라 복잡한 해양학적 특성이 나타날 수 있고 해양생물의 종다양성이 높다(양 등, 2007). 또한 자연 암반이 넓게 분포하고 인위적인 노력 없이 자연 상태의 해조류가 발달되어 있는 지역이었기 때문에 천연해조숲의 자원 조성 효과를 파악하는데 매우 유리한 환경일 것으로 판단된다. 천연해조숲 내 조사 정점은 해조숲을 구성하는 해조류 구성 조건 차이에 따라 감태가 우점하는 정점(JN-1, JN: Jeju Island natural seaweed bed)과 다양한 해조류가 서식, 분포하는 정점(JN-2)으로 구분하였다(Fig. 1).

인공해조숲(Artificial seaweed bed)은 해중립초를 시설하고 해조류를 이식함

으로써 인위적으로 해조류가 서식, 확산해나갈 수 있도록 조성한 바다숲이다. 지리적 위치는 전남 여수시 거문도 내 감태 군락 조성지이며, 고압분사 방식으로 갯닦기를 실시한 후, 2011년에 해중립초를 시설하고 감태 종묘를 수중저연승 방식으로 이식하였다. 전체적인 저서 기질은 암반으로 이루어져 있으며, 비교적 완만한 해저 지형을 나타내고 있다(해양수산부, 2010). 이러한 이유로 해조류를 이용하여 인위적으로 조성한 바다숲이 가지는 자원 조성 효과를 파악하는데 유리한 환경일 것으로 판단되며, 조사 정점은 해조숲 조성지(YA-1, YA: Yeosu artificial seaweed bed)와 대조구(YC-1, YC: Yeosu control site)로 설정하였고 대조구는 감태가 서식하지 않는 조건으로 인공바다숲에서 약 500 m 이상 이격된 자연 암반으로 설정하였다(Fig. 2).

마지막으로 천연 및 인공잘피숲(Natural or artificial seagrass bed)은 연성기질에 거머리말류가 자생하여 군락(천연잘피숲)을 이루고 있는 바다숲과 거머리말류를 이식, 관리하여 군락(인공잘피숲)을 이루고 있는 바다숲이다. 지리적 위치는 충남 서산시 대산읍 오지리 인근으로 가로림만 입구를 중심으로 동쪽에 위치해 있으며, 가로림만 입구가 상대적으로 좁기 때문에 해양적 변화는 매우 적은 조건이다(위 등, 2014). 인공잘피숲은 천연잘피숲에서 동쪽으로 약 200 m 이상 이격된 지점으로 인공호수에 잘피를 이식하는 방식으로 조성되었다. 조사 정점은 천연잘피숲(SN-1, SN: Seosan natural seagrass bed)과 인공잘피숲(SA-1, SA: Seosan artificial seagrass bed) 외에도 잘피류(거머리말류)가 서식하지 않는 대조구(SC-1, SC: Seosan control site)를 설정하였으며, 인공잘피숲에서 천연잘피숲 반대 방향으로 약 200 m 이상 이격된 지점이다(Fig. 3).

Table 1. Locations and sampling stations of the study conducted in 2015, Korea (Natural: natural seaweed or seagrass bed, Artificial: construction of seaweed or seagrass bed, Control*: natural seaweed beds with poor development of seaweed population(s), Control**: no seagrass)

Section	Region	Station	Longitude	Latitude
Seaweed bed	Jeju Island	Natural-1 (JN-1)	126°54'44.20"	33°29'27.00"
		Natural-2 (JN-2)	126°54'50.34"	33°29'53.00"
	Yeosu	Artificial (YA-1)	127°19'14.30"	34°01'21.10"
		Control* (YC-1)	127°18'49.00"	34°01'26.00"
Seagrass bed	Seosan	Natural (SN-1)	126°21'25.13"	36°56'17.30"
		Artificial (SA-1)	126°21'33.31"	36°56'16.65"
		Control** (SC-1)	126°21'42.98"	36°56'16.51"

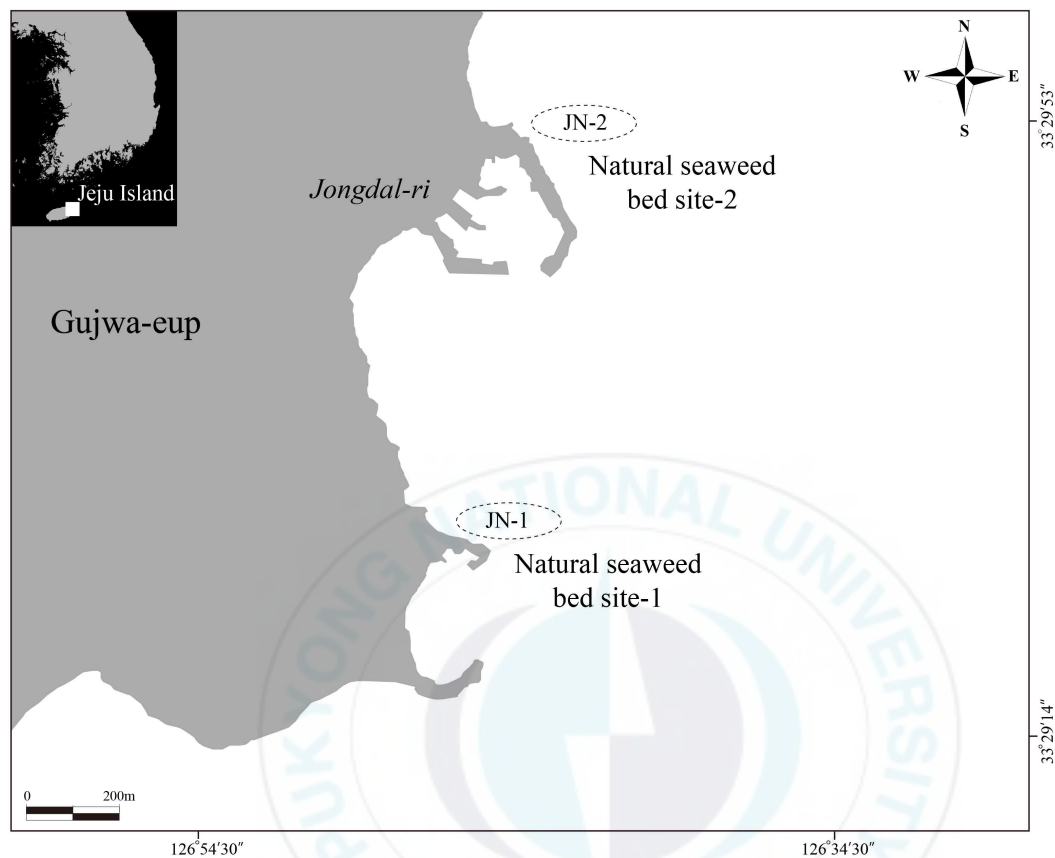


Figure 1. Locations of the study sites in Jeju Island, Korea. Dotted circles represent the sampling areas (JN-1: *Ecklonia cava* predominated, JN-2: mixed of various seaweeds).

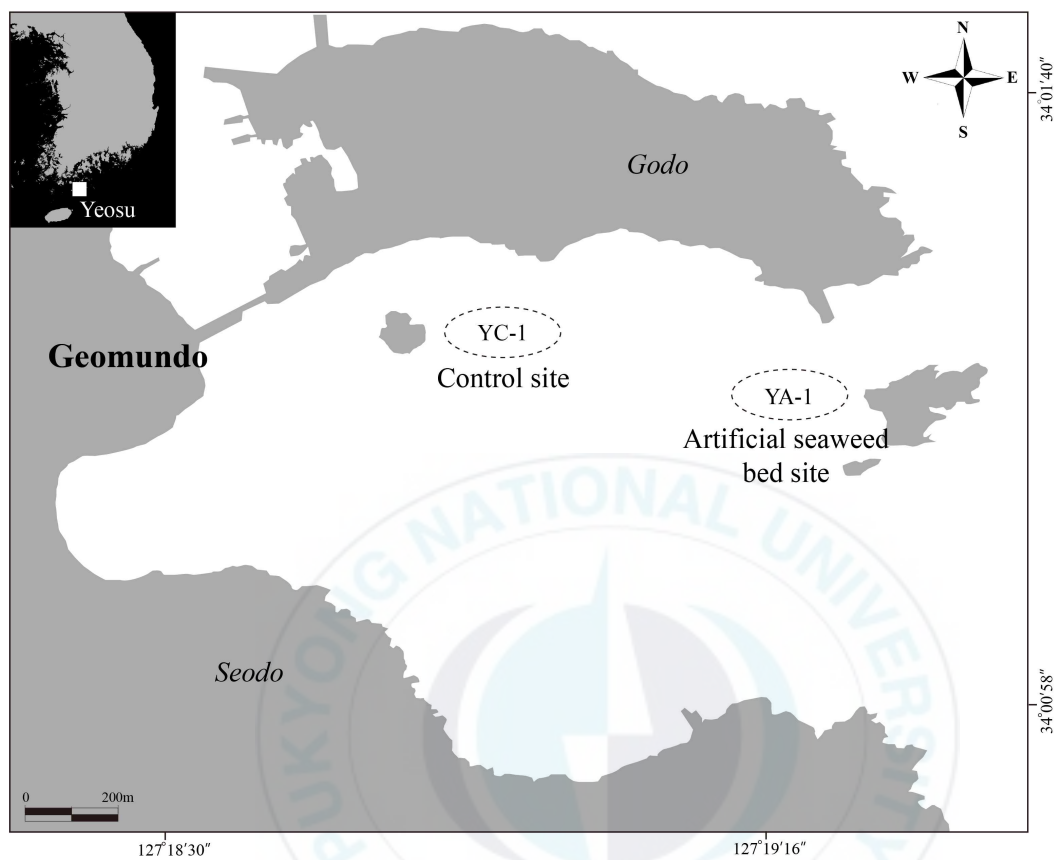


Figure 2. Locations of the study sites in Yeosu, Korea. Dotted circles represent the sampling areas (YA-1: artificial seaweed bed, YC-1: control site).

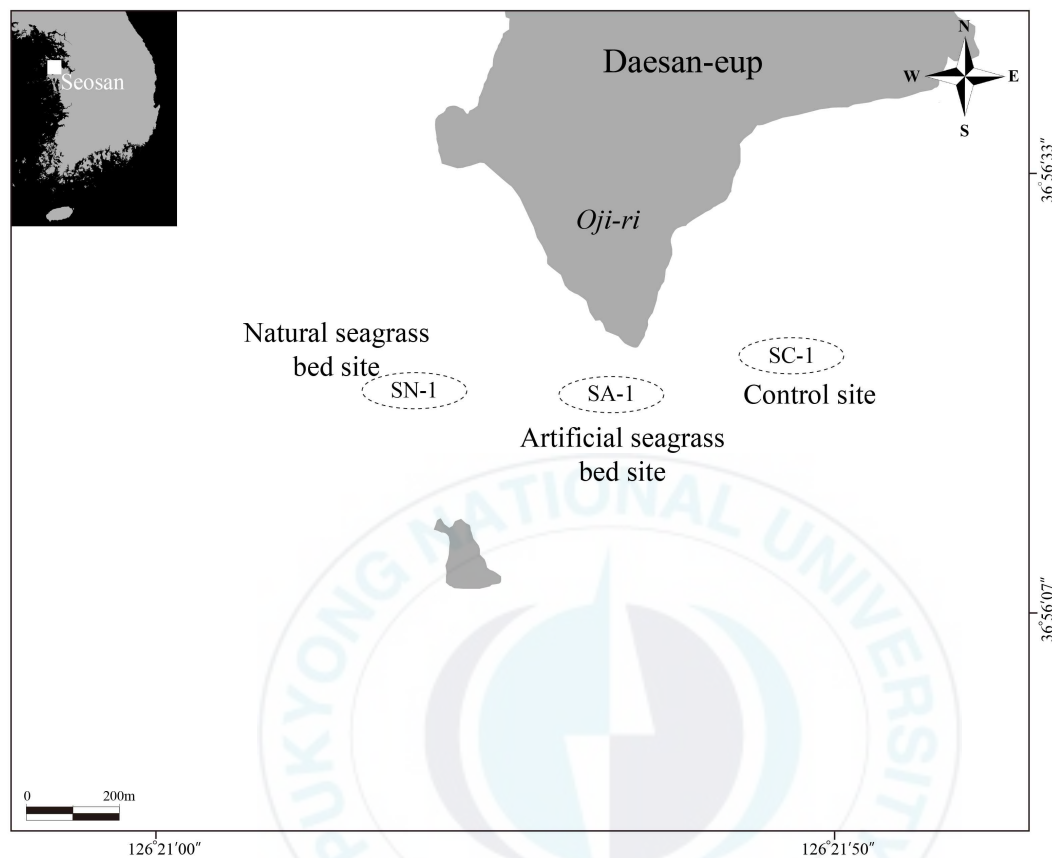


Figure 3. Locations of the study sites in Seosan, Korea. Dotted circles represent the sampling areas (SN-1: natural seagrass bed, SA-1: artificial seagrass bed, SC-1: control site).

2. 서식 생물 현황

가. 표본 채집

서식 생물상을 파악하기 위한 현장 조사는 2015년 추계와 동계에 각 사업지에 서식하는 생물(저서동물, 해산어류, 해조류 또는 잘피류)을 대상으로 실시하였으며, 채집방법은 생물 분류군별 특성에 따라 다르게 적용하였다.

(1) 저서동물, 해조(초)류

저서동물과 해조(초)류는 수중잠수조사로 채집되었다. 특히 해조(초)류에 부착하여 서식하는 저서동물 표본을 채집하기 위해서 해조(초)류의 잎 끝부분부터 부착기까지 전량 수거하였으며, 분석 대상 생물의 유실을 최소화하기 위하여 망목 1 mm이하의 별도 채집망을 이용하였다. 채집된 표본은 지퍼백으로 2중 봉인하여 냉장상태로 실험실까지 운송하였으며 모든 해역에서 3반복 채집하였다.

한편 해저면에 서식하는 저서동물과 해조(초)류는 수중방형구(50×50 cm)를 무작위로 설치(3반복)하고 수중방형구 내 생물을 전량 수거하는 방법으로 채집되었다. 채집된 표본은 채집망(망목 1 mm이하)에 보관하여 냉장상태를 유지하며 실험실로 운송하였으며, 해조(초)류는 바다숲 자원 조성 효과 파악과 동시에 생물 분류군의 종다양성 및 생체량 결과를 정량화(면적에 따른 생물량)하는데 활용하였다.

(2) 해산어류

해산어류는 연안 자망과 연안 통발을 이용하여 채집되었다. 폭 50 m, 높이 2 m의 연안 자망은 정점 당 2폭 씩 설치하였고, 길이 0.6 m, 구경 0.4 m의 연안 통발은 천연해조숲 해역(제주)과 인공해조숲 해역(여수 거문도)에서는 정점 당 30개씩 설치하였고, 천연 및 인공잘피숲 해역(서산)에서는 정점 당 15개씩 설치하였다. 어구는 현장의 여건에 따라 반원 또는 직선으로 설치하였으며, 설치 후 48시간 후에 인망하여 해산어류를 채집하였다.

한편 어구로 채집되지 않는 해산어류의 출현양상은 Sony HDR HC-7 하우징 카메라를 이용하여 촬영한 수중 촬영 영상 및 목시 관찰을 통해 파악하였다. 수중 촬영의 첫 번째 단계에서는 입수 직후 각 해역의 전체적인 현황을 촬영하고 두 번째 단계에서는 가상의 line transect를 따라 이동하면서 해산어류를 대상으로 촬영을 실시하였다. Line을 따라 100m를 이동하였으며, 되돌아 오면서는 일정한 간격을 두고 지그재그 형태로 이동하며 촬영을 실시하였다. 또한 특이적 사항들에 대해서는 정밀하게 촬영하기 위해 이동 속도를 늦추기도 하였으며, 각 해역별 촬영 시간은 40여분 내외로 한정하였다.

나. 표본 분석

(1) 저서동물

해조(초)류에 부착한 저서동물의 표본은 현장에서 채집한 해조(초)류에서 털어내기 방법으로 확보하였다. 채집된 해조(초)류 부착 저서동물은 해부현미경(SZX7, Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 선별 및 동정하였으며, 동정된

표본은 종별로 개체수를 계수하고 생체량을 측정하였다. 저서동물을 제거한 해조(초)류는 10분간 상온에서 건조시킨 뒤 전자저울(ARG2202, Ohaus, NJ, USA)을 이용하여 생체량(0.1 g)을 측정하였다.

해저면에 채집한 저서동물은 10% 중성 해수-포르말린 용액으로 최소 24시간 이상 고정(fixation) 과정을 거친 후 별도 보관하였다. 고정된 표본은 해부 현미경을 이용하여 선별 및 동정하였고 종별로 개체수를 계수하고 생체량을 측정하였으며, 군체를 이루는 해면 등은 개체수를 제외하고 생체량을 측정하였다.

중 동정은 Shen (1932), Imajima (1972, 1987, 1990), 김(1973, 1977), Yang and Sun (1988), 백(1989), Nishimura (1992, 1995), Okutani (1994), 김(1998), 국립수산진흥원(1999, 2001), 국립수산진흥원(2001)과 손과 홍(2003)을 참고하였으며, 출현종에 대한 국명은 한국동물분류학회(1997)를 따랐다.

(2) 해조류/잘피류

현장에서 채집된 해조류는 실험실에서 육안으로 동정하여 출현종 목록 및 출현양상을 파악하였으며, 생체량은 전자저울로 측정 후, 각 정점별 단위면적당 습중량(g/m^2)으로 산출하였다. 해조류 동정 및 국명 인용은 이와 강(1986), 이와 강(2002), 岡村(1936), 千原(1996)와 이(2008)를 참고하였다.

한편 잘피류 표본은 냉장 보관 후, 개체수를 계수하여 단위 면적당 밀도(개체/ m^2)를 산출하였으며, 담수로 세척하고 부착생물 및 이물질을 제거한 후 지상부(잎+엽초)와 지하부(지하경+뿌리)로 분리하여 각각의 습중량을 측정하여 단위 면적당 생체량(g/m^2)을 산출하였다.

(3) 해산어류

현장에서 채집된 해산어류는 7~10% 중성 해수-포르말린 용액으로 고정한 후 실험실로 운반하였고, 분류군별로 선별 및 동정을 실시한 후, 개체수 및 생체량을 측정하였다.

수중 촬영 영상 분석은 실험실에서 동영상을 재생하여 분석하였다. 개체수 파악에 있어서 한 종의 어류가 다수 출현하는 경우, 중복으로 계산될 우려가 있어 본 연구 결과에서는 개체수에 대해 특정 출현 개체수 구간(+++, 100개체 이상; ++, 51~100개체; +, 10~50개체; -, 10개체 이하)을 임의로 설정하여 출현양상을 제시하였다. 또한 수중 영상 촬영에서 미흡할 수 있는 부분을 비교 검색하여 보완할 수 있도록 Canon EOS 50D와 Nikon D90 하우징 카메라를 이용하여 촬영한 수중 사진을 활용하였으며, 출현 어종은 종(species) 수준까지 동정하여 우점종과 출현양상을 파악하였다.

해산어류 중 동정과 생태적 특성은 Masuda et al. (1984), 윤(2002), 김 등 (2005) 및 황 등(2013)을 참고하였다.

다. 자료 정리 및 결과 도출

생물 분류군별 표본 분석 후, 종다양성을 확인하기 위해 출현종수를 파악하였으며, 생물량(개체수, 생체량)은 바다숲 면적에 따라 단위면적당 생물량으로 환산하여 결과를 도출하였다. 특히 자연 상태에서 해양 생물이 밀집분포(Patch distribution)를 하고 있는 경우라도, 바다숲에서는 동일한 밀도와 양상으로 분포(균등분포, Uniform distribution)하고 있다고 가정하여 무작위 채집법

(Random sampling)을 적용하였다.

해조(초)류에 부착하여 서식하는 저서동물의 경우, 1차적인 결과 값은 해조(초)류 무게당 생물량으로 산출되었으나 최종 결과 산출시, 단위면적당 해조류 생체량(g/m^2)을 적용하여 단위면적당 저서동물 생물량으로 환산하였다.

한편, 어구로 채집된 어류의 경우에도 하나의 어구가 제어할 수 있는 면적에 따른 어류 생물량으로 환산하기 위해 Prado (1990)와 Kazi et al. (2011)가 제시한 값을 참고하여 환산하였다.

라. 주요 어종별 위 내용물 분석

서식 생물 현황 조사시, 출현한 해산어류 중, 개체수 측면에서 우점한 어종을 대상으로 어류 자원 조성 효과(위집 효과)를 파악하기 위해 위 내용물 분석을 실시하였다. 위 내용물 분석 결과는 대상 해역에 서식하는 해산어류의 섭식생태, 먹이의 다양성 및 선호도를 파악하는데 기초자료로 활용될 수 있으며, 서식지 또는 성육지로서의 가치를 파악할 수 있다고 판단된다. 현장에서 채집된 해산어류에 대해 동정을 실시한 후, 현장에서 고정액(중성포르말린 10%)을 주입하여 공복, 구토 및 소화에 따른 오차를 최소화하였다. 해산어류 표본에 대해 실험실에서 버니어캘리퍼스를 이용하여 각 개체의 전장(Total length, cm), 체장(Standard length, cm)을 측정하고 전자저울을 이용하여 생체량(Body weight, g)을 측정하였다. 선정된 우점종에서 위(stomach)를 분리하였으며, 위 내용물은 페트리디쉬(petri dish)에 펼쳐 놓은 뒤, 먹이 종류별로 구분하였다. 어류 또는 새우류와 같이 개체별 크기가 큰 생물들은 육안으로 동정

하였으나 크기가 작은 소형 갑각류는 해부현미경을 이용하여 동정하였다. 먹이생물은 국립수산진흥원(2001), 윤(2002) 등을 이용하여 가능한 종(species) 수준까지 동정하였다. 각 먹이생물은 먹이 항목별로 80℃의 건조기(DS-DO150, Lab House, Seoul, Korea)에서 24시간 건조시킨 뒤 건조중량(0.01g)을 측정하였으며, 각 어종의 먹이섭성은 건조 중량비(W, %)와 먹이생물의 개체수비(N, %) 그리고 각 먹이생물의 출현빈도(F, %)로 나타내었고 Pinkas et al. (1971)의 식을 이용하여 상대중요도지수(IRI; Index of Relative Importance) 및 지수비(IRI, %)를 산출하였다.

$$F_i(\%) = \frac{A_i}{N} \times 100$$

A_i: 위 내용물 중 i종의 먹이생물이 출현한 대상어종의 표본 개체수(inds)

N: 먹이를 섭식한 대상어종의 표본 개체수(inds)

$$IRI = (N + W) \times F$$

N: 먹이생물 총 개체수에 대한 해당 먹이생물이 차지한 백분율(%)

W: 먹이생물 총 건조중량에 대한 해당 먹이생물이 차지한 백분율(%)

F: 각 먹이생물의 출현빈도 비율(%)

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 천연해조숲

가. 서식 생물 현황

(1) 해조류 부착 저서동물

(가) 생물종다양성

천연해조숲에서의 해조류에 부착하여 서식하는 저서동물은 6개 분류군, 52종이었으며, 그 중에서 절지동물문이 30종(57.7%)으로 가장 많았고 이밖에도 연체동물문, 환형동물문, 극피동물문 그리고 기타동물군이 출현하였다.

감태가 우점하는 천연해조숲 정점 JN-1에서는 5개 분류군, 19종의 저서동물이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 13종, 동계조사에서 10종이 출현하여 추계에 종다양성이 높았다. 추계조사에서의 우점분류군은 절지동물문(6종, 46.1%)이었으며 동계조사에서의 우점분류군은 연체동물문(5종, 50.0%)이었다(Fig. 4와 5).

한편 다양한 해조류가 서식, 분포하는 천연해조숲 정점 JN-2에서는 5개 분류군, 42종의 저서동물이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 28종, 동계조사에서 17종이 출현하여 추계에 종다양성이 높았다. 그 중에서 절지동물문은 추계조사에서 17종(60.7%), 동계조사에서 11종(64.7%)이 출현하여 우점분류군이었다(Fig. 4와 5).

따라서 천연해조숲에서의 해조류 부착 저서동물 종다양성은 정점에 관계없

이 추계에 높았으며, 정점별로는 정점 JN-1에 비해 정점 JN-2에서 높았다.

(나) 생물량

천연해조숲에서의 해조류 부착 저서동물 생물량은 231개체, 43.59 g이었다. 개체수 측면에서는 절지동물문과 연체동물문이 각각 106개체씩 출현하여 두 분류군은 전체 개체수의 91.8%를 차지하였으며, 특히 절지동물문 중에서는 단각류가 70개체, 연체동물문 중에서는 복족류가 99개체로 가장 많이 출현하였다. 한편 생체량 측면에서는 전체 생체량의 46.6%를 차지한 기타동물군이 20.33 g으로 우점하였다.

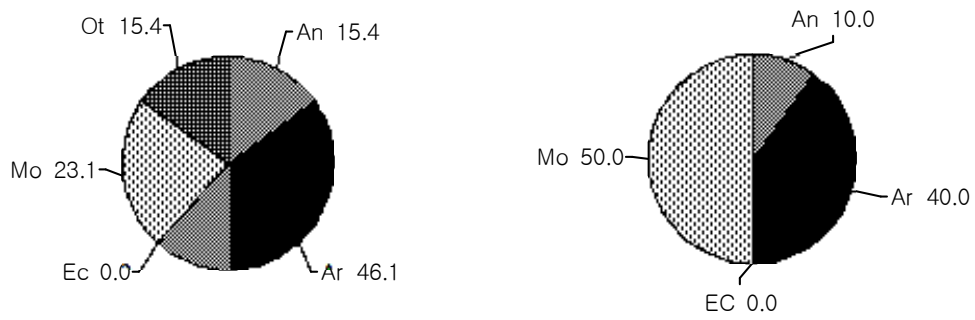
정점 JN-1에서 출현한 해조류 부착 저서동물은 85 개체, 28.21 g이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 55개체, 23.63 g, 동계조사에서 30개체, 4.58 g 이 출현하여 상대적으로 추계에 생물량이 많았다. 개체수 측면에서의 우점분류군은 연체동물문이었으며, 추계조사에서 43개체(78.2%), 동계조사에서 22개체(73.3%)가 출현하였고 생체량 측면에서의 우점분류군은 추계조사에서 기타동물군(17.04 g, 72.1%), 동계조사에서는 연체동물문(4.27 g, 93.2%)이었다(Fig. 5).

한편, 정점 JN-2에서 출현한 해조류 부착 저서동물은 146개체, 15.38 g이었으며, 추계조사에서 85개체, 7.78 g, 동계조사에서 61개체, 7.60 g이 출현하여 조사 시기별로는 생물량이 큰 차이가 없었다. 하지만 개체수와 생체량 측면에서의 우점분류군은 각 조사 시기마다 차이를 보였는데, 개체수 측면에서의 우점분류군은 추계조사에서 절지동물문(64개체, 75.3%), 동계조사에서 연체동물문(35개체, 57.4%)이었고, 생체량 측면에서의 우점분류군은 추계조사에서 기타

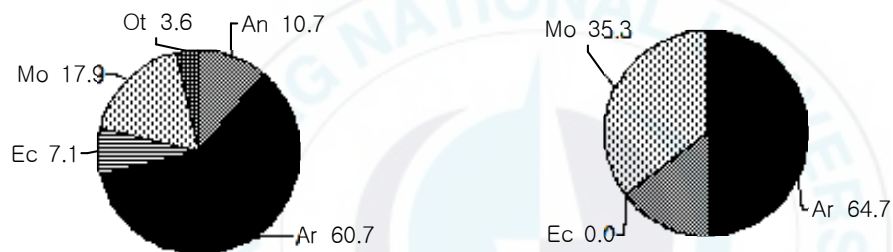
동물군(3.29 g, 42.3%), 통계조사에서 연체동물문(7.04 g, 92.6%)이었다(Fig. 5).

따라서 천연해조숲에서의 해조류 부착 저서동물 생물량은 종다양성 경향과 마찬가지로 추계에 많았으며, 정점별로는 정점 JN-2에서 개체수가 많았고, 정점 JN-1에서는 생체량이 많았다. 이는 추계조사 시 나타난 정점별 우점종의 차이 때문으로 정점 JN-2에서는 종별 생체량이 상대적으로 적은 갈고리손바다 대벌레(*Caprella subinermis*)가 우점하였으나, 정점 JN-1에서는 종별 생체량이 상대적으로 많은 두줄얼룩고둥(*Cantharidus callichroa bisbalteatus*)이 우점하였다. 한편 스푼이끼벌레(*Hippomenella spatulata*)도 정점 JN-1에서 출현하여 생체량이 크게 증가하였다.





<JN-1>



<JN-2>

Figure 4. Percent composition of epifauna living on the seaweed surface (blade and holdfast) in Jeju Island on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (An, Annelida; Ar, Arthropoda; Ec, Echinodermata; Mo, Mollusca; Ot, Others).

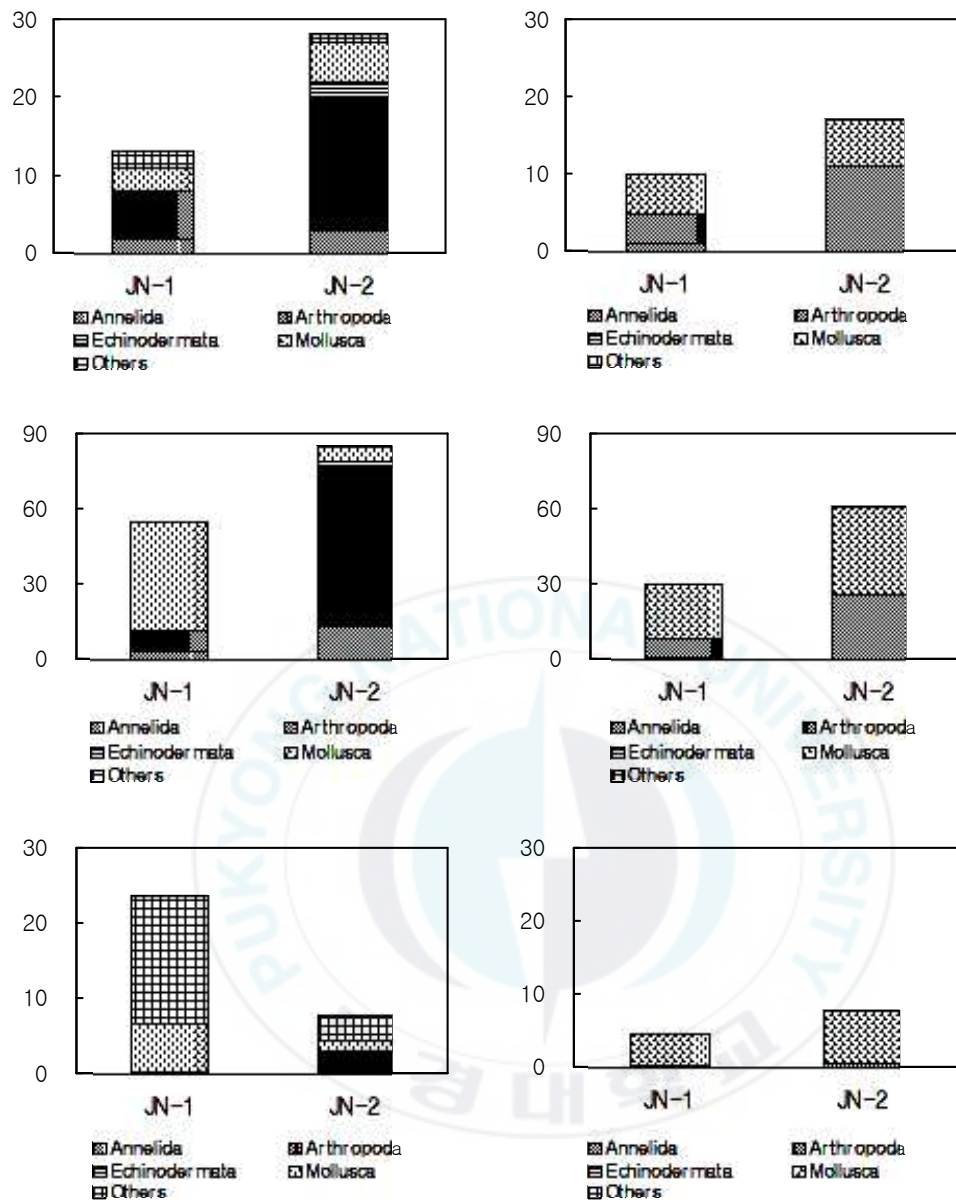


Figure 5. Spatio-temporal variations of number of species, abundance (inds) and biomass (g) of epifauna living on the seaweed surface (blade and holdfast) in Jeju Island on Autumn (left) and Winter (right), 2015.

(2) 해저면 서식 저서동물

(가) 생물종다양성

천연해조숲에서 출현한 해저면 서식 저서동물은 9개 분류군, 116종이었으며, 그 중에서 연체동물문이 46종(39.7%)으로 가장 많았고 이밖에도 절지동물문, 환형동물문, 극피동물문 등이 출현하였다.

정점 JN-1에서는 9개 분류군, 71종이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계 조사에서 35종, 동계조사에서 55종이 출현하여 상대적으로 동계에 종다양성이 높았다. 추계조사에서의 우점분류군은 연체동물문(14종, 40.0%)이었으며, 동계 조사에서의 우점분류군은 절지동물문(21종, 38.2%)이었다(Fig. 6과 7).

정점 JN-2에서는 6개 분류군, 82종이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계 조사에서 54종, 동계조사에서 56종이 출현하여 조사 시기별 종다양성은 유사하였다. 우점분류군은 연체동물문이었으며 추계조사에서 27종(50.0%), 동계 조사에서 21종(37.5%)이 출현하였다(Fig. 6과 7).

따라서 천연해조숲에서의 해저면 서식 저서동물 종다양성은 추계에 비해 동계에 높았으며 정점별로는 유사하였다.

(나) 생물량

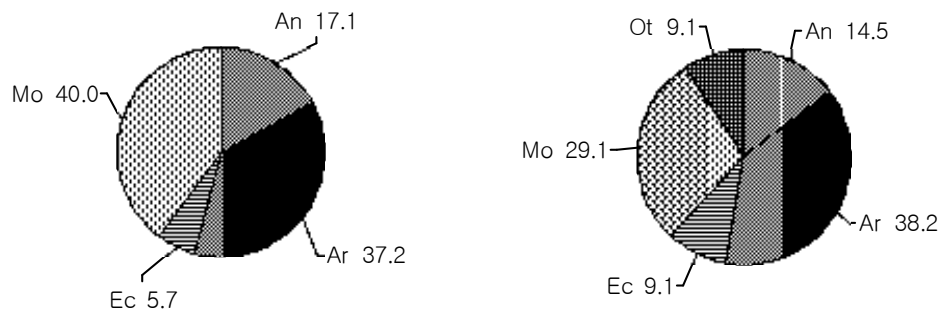
천연해조숲에서의 해저면 서식 저서동물 생물량은 2,834개체(평균 1,418 개체/m²), 625.48 g/m²(평균 312.75 g/m²)이었다. 우점 분류군인 연체동물문은 평균 898 개체/m², 평균 271.00 g/m²이 출현하여 전체 개체수의 63.4%, 전체 생물량의 86.7%를 차지하였다.

정점 JN-1에서 출현한 해저면 서식 저서동물은 744 개체/m²(평균 374 개체

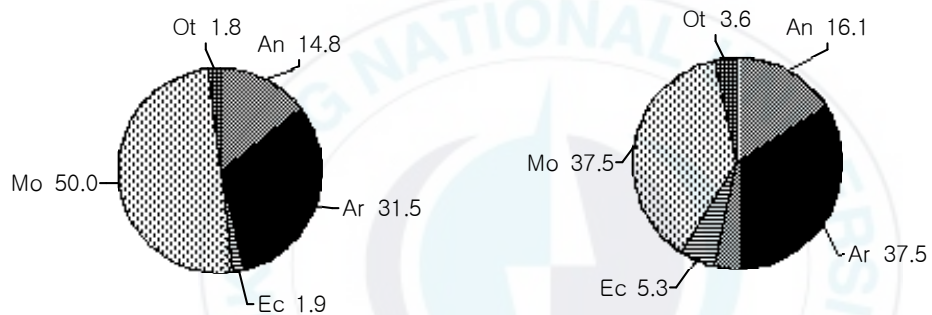
/m²), 495.48 g/m²(평균 247.75 g/m²)이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 437 개체/m², 136.86 g/m², 동계조사에서 307 개체/m², 358.62 g/m²이 출현하여 동계에는 개체수가 감소하고 생체량이 증가하였다. 개체수와 생체량 측면에서의 우점분류군은 연체동물문으로 추계조사에서 364 개체/m²(83.3%), 131.66 g/m²(96.2%)이었으며, 동계조사에서 115 개체/m²(37.46%), 306.86 g/m²(85.57%) 이 출현하였다(Fig. 7).

정점 JN-2에서 출현한 해저면 서식 저서동물은 2,090개체(평균 1,047 개체/m²), 130.00 g/m²(평균 65.01 g/m²)이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 1,521 개체/m², 74.08 g/m², 동계조사에서 569 개체/m², 55.92 g/m²이 출현하여 추계에 개체수와 생체량이 많았다. 우점분류군은 연체동물문으로 추계조사에서 1,061 개체/m²(69.8%), 63.68 g/m²(87.0%), 동계조사에서 256 개체/m²(45.0%), 39.80 g/m²(71.2%)이 출현하였다(Fig. 7).

따라서 천연해조숲에서의 해저면 서식 저서동물은 동계에 비해 추계에 개체수가 많았으며, 우점분류군은 연체동물문이었다. 정점별 생물량을 비교해보면, 정점 JN-1에 비해 정점 JN-2의 개체수가 많았으나 생체량은 반대 경향이 었다. 이는 앞서 살펴본 해조류 부착 저서동물에서의 생물량 경향과 유사한 경우로 서식생물의 종별 크기 특성이 생체량 특성을 결정짓기 때문에 나타난 차이로 볼 수 있다.



<JN-1>



<JN-2>

Figure 6. Percent composition of epifauna living on the surface of rock bottom in Jeju Island on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (An, Annelida; Ar, Arthropoda; Ec, Echinodermata; Mo, Mollusca; Ot, Others).

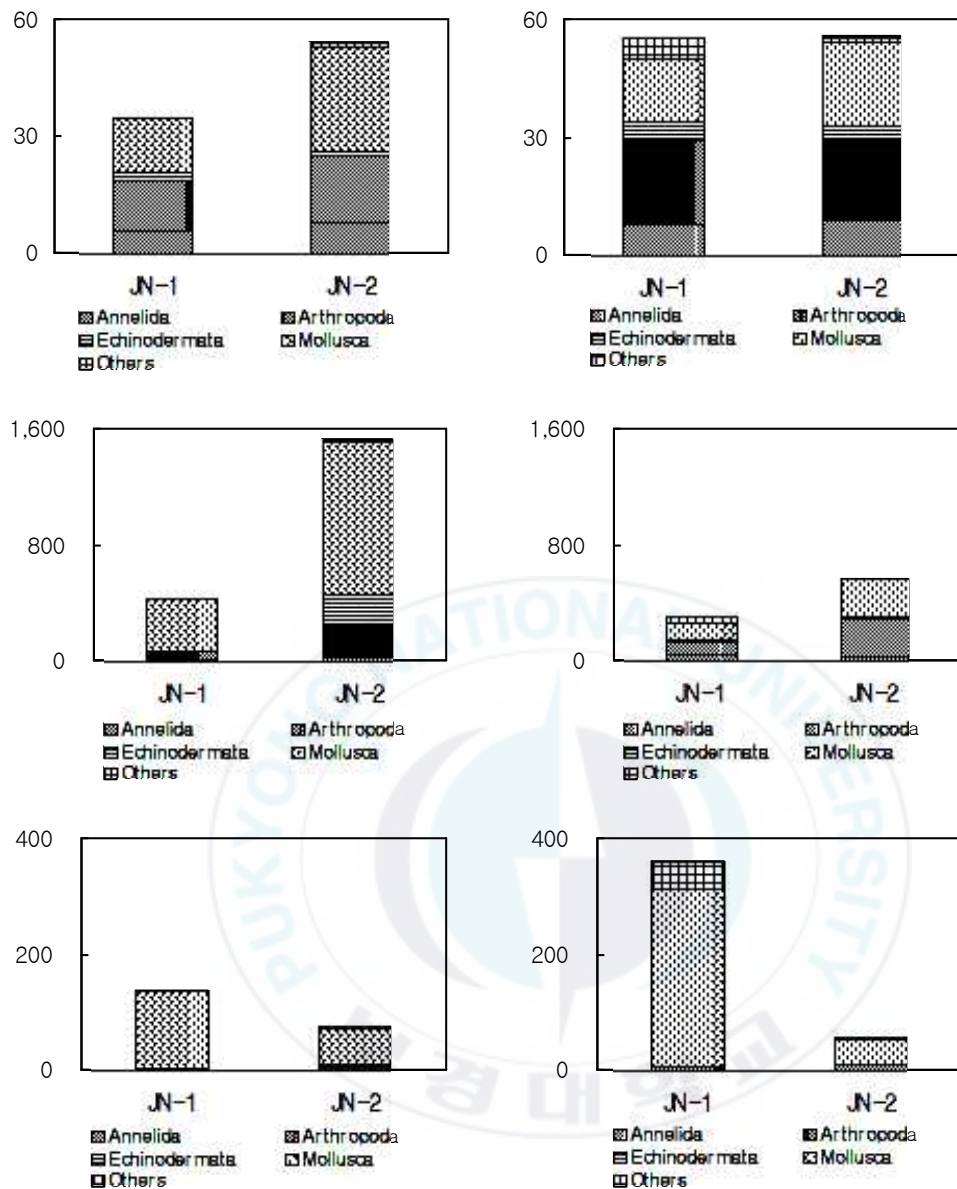


Figure 7. Spatio-temporal variations of number of species, abundance (inds/m²) and biomass (g/m²) of epifauna living on the surface of rock bottom in Jeju Island on Autumn (left) and Winter (right), 2015.

(3) 해산어류

(가) 생물종다양성

천연해조숲에서 어구로 포획된 해산어류는 7목, 21과 29종으로 흰가오리 (*Urolophus aurantiacus*)와 붕장어(*Conger myrister*)가 우점하였다.

정점 JN-1에서는 7목 16과 18종(자망 12종, 통발 9종)의 해산어류가 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 7목 15과 17종(자망 12종, 통발 6종), 동계조사에서 4목 6과 6종(자망 3종, 통발 4종)이 출현하여 추계에 해산어류 종다양성이 높았다(Table 2).

정점 JN-2에서는 7목 15과 20종(자망 16종, 통발 5종)의 해산어류가 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 7목 11과 11종(자망 7종, 통발 4종), 동계조사에서 5목 9과 11종(자망 10종, 통발 2종)이 출현하여 조사 시기별 종다양성이 유사하였다(Table 2).

따라서 천연해조숲에서의 해산어류 종다양성은 동계에 비해 추계에 높았으며, 정점별로는 유사하였다.

(나) 생물량

천연해조숲에서 출현한 해산어류의 생물량은 183개체, 27,033.3 g이었다. 개체수 측면에서 가장 우점한 어종은 붕장어였으며 28개체가 출현하여 전체 개체수의 15.3%를 차지하였고, 생체량 측면에서는 쏨뱅이(*Sebastiscus marmoratus*)가 5,579.2 g으로 전체 생체량의 20.6%를 차지하여 우점하였다.

정점 JN-1에서 출현한 해산어류는 123개체, 16,167.2 g이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 66개체, 10,293.5 g, 동계조사에서 57개체, 5,873.7 g이 출

현하여 동계에 비해 추계에 해산어류 생물량이 많았다. 우점종은 쏘중개(*Plotosus lineatus*)였으며, 이밖에도 붕장어, 어랭놀래기(*Pteragogus flagellifer*), 쏘뱅이 등이 출현하였다(Table 2).

정점 JN-2에서 출현한 해산어류는 60개체, 10,866.1 g이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 26개체, 4,052.0 g, 동계조사에서 34개체, 6,814.1 g이 출현하여 추계에 비해 동계에 해산어류 생물량이 많았고, 정점 JN-1과는 반대 양상이었다. 우점종은 붕장어였으며, 이밖에도 쏘뱅이, 흰가오리, 노래미(*Hexagrammos agrammus*) 등이 출현하였다(Table 2).

천연해조숲에서의 해산어류 개체수와 생체량은 정점 JN-2에 비해 정점 JN-1에서 많았으며, 조사 시기별로는 정점에 따라 서로 다른 양상이었다.

(다) 수중 촬영 영상

수중 촬영 영상 결과에서 출현한 해산어류는 5목 18과 27종이었으며, 그 중에서 자리돔(*Chromis notata*), 놀래기(*Halichoeres tenuispinis*) 그리고 물꽃치(*Iso flosmaris*)가 우점하였다.

정점 JN-1에서는 4목 13과 18종의 해산어류가 출현하였다. 추계조사에서는 3목 10과 15종의 해산어류가 출현하였으며 그 중에서 자리돔이 우점하였고 흰줄망둑(*Pterogobius zonoleucus*)과 놀래기가 차우점하였다. 한편 동계조사에서는 4목 12과 15종의 해산어류가 출현하였으며 그 중에서 자리돔이 가장 우점하였고 물꽃치와 볼락(*Sebastes inermis*)이 차우점하였다(Table 3).

정점 JN-2에서는 5목, 17과 24종의 해산어류가 관찰되었다. 추계조사에서는 4목 14과 20종의 해산어류가 출현하였으며, 그 중에서 망상어(*Ditrema*

temminckii)가 가장 우점하였고 놀래기가 차우점하였다. 동계조사에서는 3과 9목 13종의 해산어류가 출현하였고 그 중에서 놀래기가 우점하였으며 물꽃치(*Iso flosmaris*)가 차우점하였다(Table 3).

수중 촬영 영상 결과에서는 정점 JN-2에서 해산어류 종다양성이 높았으며, 조사 시기별로는 두 정점 모두 유사하였다.



Table 2. Spatio-temporal variations of biological characters (number of species, abundance and biomass) of fish communities sampled with gill net (10×10 cm, 100 m) and drum net trap (Ø40 cm, 30 unit) in Jeju Island, 2015 (A: abundance, B: biomass)

Species	Stations	JN-1				JN-2			
		Autumn		Winter		Autumn		Winter	
		A(inds)	B(g)	A(inds)	B(g)	A(inds)	B(g)	A(inds)	B(g)
<i>Conger myriaster</i>		12	2,396.8			7	360.5	9	2,677.0
<i>Sebastiscus marmoratus</i>		4	454.4	17	4,138.8			6	986
<i>Stephanolepis cirrifer</i>		4	188.2	19	683.7			2	170.7
<i>Plotosus lineatus</i>		4	250.8	10	400.6	1	71.5		
<i>Urolophus aurantiacus</i>		9	3,150.2			5	1,365.9		
<i>Pteragogus flagellifer</i>		11	498			2	94.4		
<i>Pseudolabrus japonicus</i>		2	216.9	6	255			1	136.8
<i>Pagrus major</i>		4	918.8	4	388.7				
<i>Chromis notatus</i>		5	183.2						
<i>Hexagrammos agrammus</i>								4	742.5
<i>Sebastes inermis</i>								4	633.3
<i>Sillago japonica</i>						4	168.6		
<i>Ditrema temmincki</i>								3	285
<i>Paraplagusia japonica</i>						1	309.6	2	345.8
<i>Hypodytes rubripinnis</i>		3	35.3						
<i>Sebastes schlegeli</i>						2	998.3		
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>		1	152.9			1	116.2		
<i>Paralichthys olivaceus</i>		1	220.4			1	437.8		
<i>Microcanthus strigatus</i>		2	266.3						
<i>Pseudoblennius cottoides</i>								1	15.5
<i>Pseudoblennius percoides</i>								1	50.1
<i>Scombrops boops</i>						1	56.1		
<i>Takifugu pardalis</i>								1	771.4
<i>Takifugu poecilonotus</i>						1	73.1		
<i>Branchiostegus japonicus</i>		1	541.5						
<i>Dasyatis akajei</i>		1	657.9						
<i>Furcina oshimai</i>				1	6.9				
<i>Hexagrammos otakii</i>		1	79.1						
<i>Pleuronectes yokohamae</i>		1	82.8						
Sum		66	10,293.5	57	5,873.7	26	4,052	34	6,814.1
Number of species		17		6		11		11	

Table 3. Spatio-temporal variations of biological characters (number of species and abundance) of fish communities to visual census with SCUBA diving in Jeju Island, 2015

Species	Stations	JN-1		JN-2	
		Autumn	Winter	Autumn	Winter
<i>Chromis notata</i>		++++	++++		+
<i>Halichoeres tenuispinis</i>		++++	++	+++	++++
<i>Ditrema temminckii</i>		+	+	++++	+
<i>Iso flosmaris</i>			++++		++++
<i>Sebastes inermis</i>		++	+++	++	++
<i>Pterogobius zonoleucus</i>		+++	++	+	+
<i>Girella punctata</i>		++	++	++	+
<i>Pseudolabrus sieboldi</i>		+	+	++	+
<i>Microcanthus strigatus</i>		++	+	+	
<i>Halichoeres poecilopterus</i>		+	++	+	+
<i>Petroscirtes breviceps</i>		+	++	+	
<i>Siganus fuscescens</i>		++		+	
<i>Plotosus lineatus</i>				++	
<i>Ostracion immaculatus</i>		+	+	+	
<i>Pteragogus flagellifer</i>		+		+	+
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>		+	+	+	
<i>Parupeneus indicus</i>				+	+
<i>Rudarius ercodes</i>				+	
<i>Oplegnathus fasciatus</i>			+		
<i>Pseudoblennius cottoides</i>				+	
<i>Pseudoblennius percoides</i>					+
<i>Parupeneus spilurus</i>					+
<i>Sagamia geneionema</i>				+	
<i>Apogon doederleini</i>				+	
<i>Goniistius zonatus</i>			+		
<i>Canthigaster rivulata</i>				+	
<i>Pomacentrus coelestis</i>		+			
Number of species		15	15	20	13

++++: Upper 100, +++: 51~100, ++: 10~50, +: Below 10 individuals

(4) 해조류

(가) 생물종다양성

천연해조숲에서 출현한 해조류는 37종이었으며 녹조식물 2종(5.4%), 갈조식물 7종(18.9%), 홍조식물 28종(75.7%)이 출현하여 홍조식물의 구성비가 높았다.

정점 JN-1에서는 19종의 해조류가 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 15종(녹조식물 1종, 갈조식물, 4종, 홍조식물 10종), 동계조사에서 13종(갈조식물 2종, 홍조식물 11종)이 출현하여 종다양성이 유사하였다. 우점분류군은 조사 시기에 관계없이 홍조식물문이었으며, 평균 75.6%를 차지하였다(Fig. 8과 9).

정점 JN-2에서는 28종의 해조류가 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 14종(녹조식물 1종, 갈조식물, 3종, 홍조식물 10종), 동계조사에서 21종(녹조식물 1종, 갈조식물 5종, 홍조식물 15종)이 출현하여 동계에 종다양성이 높았다. 우점분류군은 조사 시기에 관계없이 홍조식물문이었으며, 평균 71.5%를 차지하였다(Fig. 8과 9).

따라서 천연해조숲에서의 해조류 종다양성은 추계에 비해 동계에 높았으며, 정점별로는 정점 JN-2에서 높았다.

(나) 생체량

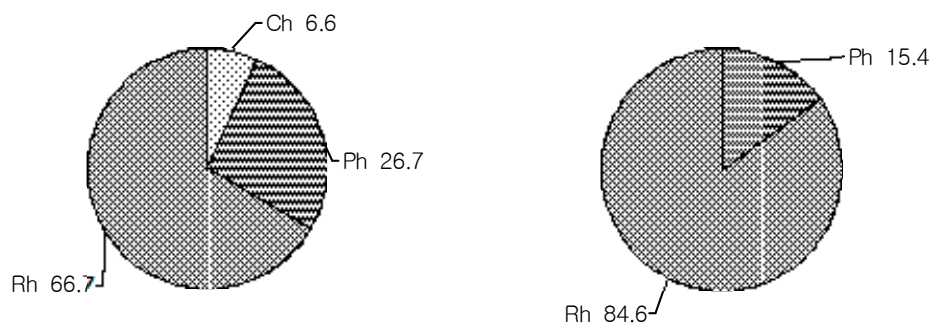
천연해조숲에서 출현한 해조류 생체량은 7,237.39 g(평균 1,809.35 g/m²)이었다. 분류군별 생체량을 살펴보면, 녹조식물 4.15 g/m²(0.2%), 갈조식물 1,036.06 g/m²(57.3%), 홍조식물 769.14 g/m²(42.5%)이 출현하여 갈조식물의 생체량이 가장 많았으며 그 중에서 감태가 전체 생체량의 32.7%를 차지하여 가장 우점하

였고 이밖에도 방황게발혹(*Marginisporium aberrans*), 큰열매모자반(*Sargassum macrocarpum*) 등이 차우점하였다(Fig. 9).

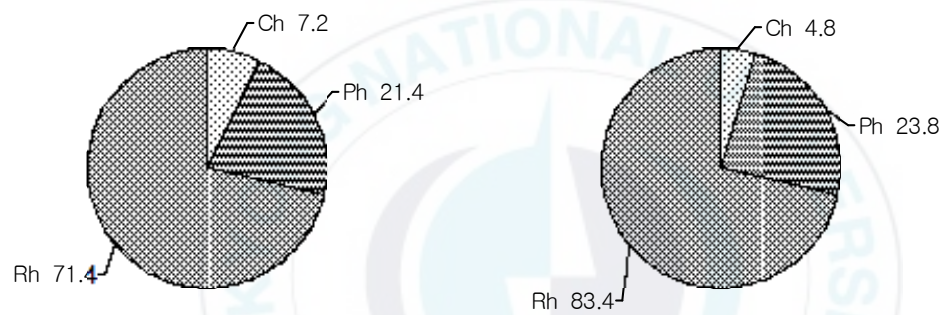
정점 JN-1에서 출현한 해조류는 5,210.83 g(평균 2,605.4 g/m²)이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 3,654.60 g/m², 동계조사에서 1,556.23 g/m²이 출현하여 추계에 해조류 생체량이 상대적으로 많았다. 우점종은 감태였으며, 추계조사에서는 전체 생체량의 37.9%, 동계조사에서는 51.4%를 차지하였고 이밖에도 방황게발혹, 큰열매모자반 등이 차우점하였다(Fig. 9).

정점 JN-2에서 출현한 해조류는 2,026.56 g(평균 1,013.28 g/m²)이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 1,063.85 g/m², 동계조사에서 962.71 g/m²이 출현하여 조사 시기별 생체량 출현 양상은 유사하였다. 추계조사에서의 우점종은 방황게발혹으로 전체 생체량의 60.1%를 차지하였고 동계조사에서는 가지까막살(*Grateloupia chiangii*)이 전체 생체량의 22.2%를 차지하여 우점하였다. 차우점종은 고리마디게발(*Amphiroa beauvoisii*)과 개그물바탕말(*Dilophus okamurae*)로 나타났다.

따라서 천연해조숲에서 출현한 해조류 생체량은 동계에 비해 추계에 많았으며, 정점별로는 정점 JN-1에서 많았다.



<JN-1>



<JN-2>

Figure 8. Percent composition of seaweed living on the natural seaweed beds in Jeju Island on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (Ch, Chlorophyta; Ph, Phaeophyta; Rh, Rhodophyta).

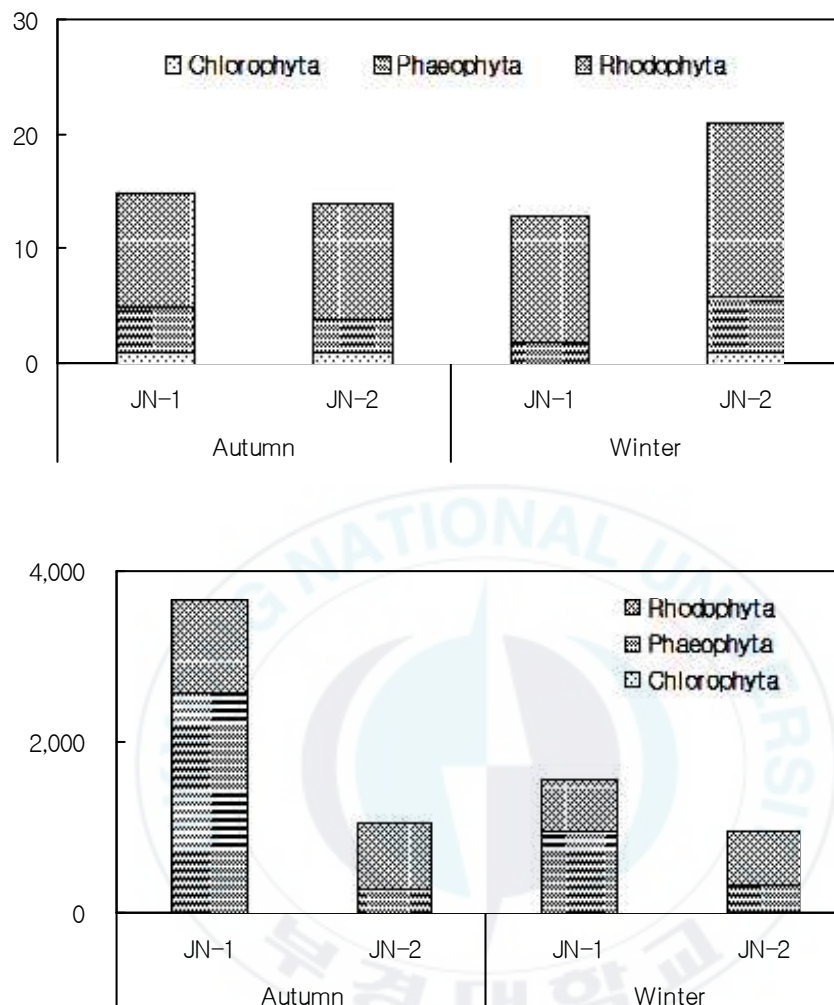


Figure 9. Spatio-temporal variations of number of species and biomass (g/m^2) of seaweed living on the natural seaweed beds in Jeju Island, 2015.

나. 주요 어종별 위 내용물 분석

(1) 붕장어

(가) 체장(SL, cm) 조성

정점 JN-1에서 출현한 붕장어 12개체의 체장 범위는 12.3~28.8 cm였으며, 체장 19.1~22.0 cm의 범위 내에서 4개체가 출현하여 빈도수가 가장 많았다. 한편, 정점 JN-2에서 출현한 붕장어 16개체의 체장 범위는 11.7~31.2 cm였으며, 체장 16 cm이하에서 8개체가 출현하여 출현빈도수가 가장 많았다.

(나) 위 내용물 조성

정점 JN-1에서 출현한 붕장어는 총 12개체였으며, 그 중에서 위 속에 먹이가 전혀 없었던 개체는 1개체(공복율 8.3%)였다. 위 내용물 중 주 먹이생물은 미역치(*Hypodytes ribripinnis*)를 포함하는 어류(Pisces)였으며, 전체 먹이생물 개체수의 58.8%, 위 내용물 전체 건조중량의 79.2% 그리고 상대중요도지수비 95.6%를 차지하였다. 오징어류(Loliginidae sp.)는 상대중요도지수비 1.3%, 도화새우류(Pandalidae sp.)는 상대중요도지수비 1.1%를 차지하였으며, 이밖에도 부채발갯지렁이류(Phyllodocidae sp.)와 상어껍질별벌레(*Phascolosoma scolops*)등이 먹이생물로 출현하였다(Table 4).

정점 JN-2에서 출현한 붕장어는 총 16개체였으며 그 중 8개체에서 공복이 확인되어 공복율은 50.0%였다. 위 내용물 중에서 주 먹이생물은 정점 JN-1에서와 마찬가지로 어류였으며, 전체 먹이생물 개체수의 16.7%, 위 내용물 전체 건조중량의 86.5% 그리고 상대중요도지수비 65.7%를 차지하였다. 그 다음으로 새우류(Macrura sp.)가 상대중요도지수비 20.6%를 차지하였으며, 이밖에도 곤

쟁이류(Mysidae sp.)와 대롱수염새우류(Solenoceridae sp.) 등이 먹이생물로 출현하였다. 특히 위 내용물 중 어류의 개체수는 새우류에 비해 적었으나 건조중량이 새우류에 비해 약 20배 가까이 많은 것으로 나타나 상대중요도지수(비)가 높았다(Table 5).

따라서 천연해조숲에서 출현한 붕장어는 어류를 주 먹이원으로 하는 강한 육식성 어류였으며, 공복율 결과를 바탕으로 정점 JN-1에서 붕장어의 먹이 활동이 활발하였다.



Table 4. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Conger myriaster* at natural seaweed bed that *Ecklonia cava* predominated (JN-1) in Jeju Island, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Annelida					
Polychaeta					
Phyllodocidae sp.	7.7	5.9	2.0	60.9	0.6
Arthropoda					
Brachyura					
<i>Liocarcinus corrugatus</i>	7.7	2.9	0.3	24.6	0.2
Portunidae sp.	7.7	2.9	0.4	25.4	0.2
Caridea					
Macrura sp.	7.7	2.9	0.1	23.2	0.2
Pandalidae sp.	7.7	11.8	2.9	113.0	1.1
Chordata					
Pisces	76.9	52.9	78.3	10,099.1	94.6
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	15.4	5.9	0.9	103.8	1.0
Mollusca					
Cephalopoda					
Myopsida					
Loliginidae sp.	7.7	2.9	14.8	136.7	1.3
Gastropoda					
Siphonaria sp.	7.7	2.9	0.3	24.6	0.2
Nematoda					
Nematoda					
Nematoda sp.	7.7	2.9	0.0	22.8	0.2
Sipuncula					
Phascolosomatida					
<i>Phascolosoma scolops</i>	7.7	5.9	0.0	45.4	0.4
Sum		100.0	100.0	10,679.5	100.0

Table 5. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Conger myriaster* at natural seaweed bed that several kind of macroalgae mixed (JN-2) in Jeju Island, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Arthropoda					
Amphipoda					
Gammaridea					
Ampithoidae sp.	12.5	5.6	0.1	70.3	1.2
Decapoda					
Anomura					
Paguridae sp.	12.5	5.6	2.0	94.3	1.6
Brachyura					
Carybdis sp.	12.5	5.6	2.1	95.6	1.6
Portunidae sp.	12.5	5.6	1.1	83.4	1.4
Caridea					
Hippolytidae sp.	12.5	5.6	0.1	70.8	1.2
Macrura sp.	37.5	27.8	4.5	1,210.9	20.6
Solenoceridae sp.	12.5	5.6	3.3	110.5	1.9
Diplostraca					
Cladocera sp.	12.5	5.6	0.1	70.3	1.2
Mysida					
Mysidae sp.	12.5	16.7	0.3	211.9	3.6
Chordata					
Pisces	37.5	16.7	86.5	3,867.3	65.7
Sum		100.0	100.0	5,885.5	100.0

(2) 솜뱅이

(가) 체장(SL, cm) 조성

정점 JN-1에서 출현한 솜뱅이는 21개체였으며, 체장 범위는 12.4~24.6 cm였고 그 중에서 체장 19.1~22.0 cm의 범위에서 9개체가 출현하여 빈도수가 가장 많았다. 한편, 정점 JN-2에서 출현한 솜뱅이는 6개체로 체장 범위가 14.4~20.1 cm였으며, 체장 구간별로는 출현량이 유사하였다.

(나) 위 내용물 조성

정점 JN-1에서 출현한 솜뱅이는 총 21개체였으며 그 중에서 위 속에 먹이가 전혀 없었던 개체는 7개체로 공복율이 33.3%였다. 위 내용물 중 주 먹이생물은 모래무지벌레(*Argathona* sp.)였으며 전체 먹이생물 개체수의 37.8%, 위 내용물 전체 건조중량의 7.9% 그리고 상대중요도지수비 29.2%를 차지하였다. 민꽃게류의 상대중요도지수비는 28.4%, 꼬마새우류(*Hippolytidae* sp.)의 상대중요도지수비는 21.7%였으며, 이밖에도 어류와 갯지렁이류(*Polychaeta* sp.) 등이 먹이생물로 출현하였다(Table 6).

정점 JN-2에서 출현한 솜뱅이는 총 6개체였으며 그 중 1개체에서 공복이 확인되어 공복율은 16.7%였다. 위 내용물 중에서 주 먹이생물은 물맞이게류(*Majidae* sp.)였으며, 전체 먹이생물 개체수의 42.9%, 위 내용물 전체 건조중량의 1.5% 그리고 상대중요도지수비 46.3%를 차지하였다. 그 다음으로 상대중요도지수비가 높은 먹이생물은 어류(27.2%)였으며, 이밖에도 부채게류(*Xanthidae* sp.)와 민꽃게류(*Carybdis* sp.) 등이 먹이생물로 출현하였다(Table 7).

따라서 천연해조숲에서 출현한 솜뱅이는 등각류(Isopoda), 게류(Brachyura),

어류 그리고 새우류(Caridea)를 주로 섭식하는 강한 잡식성 어종이었으며, 정점 JN-2에서 솜뱅이 공복율이 상대적으로 낮은 것으로 나타나 특정 한 종의 해조류가 우점하는 천연해조숲 조건에 비해 다양한 해조류가 서식, 분포하는 천연해조숲에서 솜뱅이의 먹이 활동이 유리할 것이다.



Table 6. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Sebastiscus marmoratus* at natural seaweed bed that *Ecklonia cava* predominated (JN-1) in Jeju Island, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Annelida					
Polychaeta					
Polychaeta sp.	21.4	10.0	4.0	300.3	5.4
Arthropoda					
Brachyura					
<i>Carybdis</i> sp.	28.6	12.2	43.3	1,587.2	28.4
Majidae sp.	21.4	3.3	1.1	95.8	1.7
Xanthidae sp.	7.1	1.1	0.5	11.4	0.2
Caridea					
<i>Alpheus</i> sp.	7.1	1.1	0.3	10.3	0.2
Hippolytidae sp.	35.7	23.3	10.5	1,209.1	21.7
Macrura sp.	21.4	4.4	1.0	117.3	2.1
Isopoda					
<i>Argathona</i> sp.	35.7	37.8	7.9	1,632.0	29.2
Chordata					
Pisces	21.4	3.3	21.1	524.6	9.4
Mollusca					
Gastropoda					
<i>Mancinella</i> sp.	7.1	1.1	8.0	65.3	1.2
<i>Puncturella</i> sp.	7.1	1.1	0.8	13.4	0.2
<i>Stomatolina rubra</i>	7.1	1.1	1.3	17.2	0.3
Sum		100.0	100.0	5,583.8	100.0

Table 7. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Sebastiscus marmoratus* at natural seaweed bed that several kind of macroalgae mixed (JN-2) in Jeju Island, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Arthropoda					
Decapoda					
Anomura					
<i>Pachycheles</i> sp.	20.0	4.8	1.4	122.4	1.6
Brachyura					
<i>Carybdis</i> sp.	20.0	19.0	16.6	712.6	9.3
Majidae sp.	80.0	42.9	1.5	3,546.4	46.3
Xanthidae sp.	20.0	4.8	34.0	774.5	10.1
Caridea					
<i>Rhynchocinetes uritai</i>	20.0	4.8	0.8	111.1	1.4
Chordata					
Pisces	40.0	9.5	42.7	2,088.5	27.2
Mollusca					
Bivalvia					
<i>Septifer keenae</i>	20.0	4.8	0.7	109.6	1.4
Gastropoda					
<i>Mitrella bicincta</i>	20.0	4.8	0.0	95.2	1.2
Sum		100.0	100.0	7,667.1	100.0

다. 천연해조숲의 자원 조성 효과

인위적인 노력(어초 시설, 해조류 이식 등) 없이 자연상태 그대로 해조류가 발달되어 있는 천연해조숲은 연안에 서식하는 유용 수산동물의 산란장, 서식장 및 먹이 제공원으로써 연안 생태계 유지에 크게 기여하고 있다(Chol et al., 2002). 본 연구의 천연해조숲에서 출현한 저서동물과 해산어류는 총 183종(정점 JN-1: 114종, 정점 JN-2: 141종)이었으며, 이 중에서 해조류에 부착하여 서식하는 저서동물은 52종(정점 JN-1: 19종, 정점 JN-2: 42종), 해저면에 서식하는 저서동물은 116종(정점 JN-1: 71종, 정점 JN-2: 82종), 해산어류는 46종(정점 JN-1: 38종, 정점 JN-2: 39종)이었다. 특히 천연해조숲의 해조류 우점종 양상에 따라 정점을 구분하였을 때, 다양한 해조류가 서식, 분포하는 천연해조숲(정점 JN-2)에서의 종다양성이 감태가 우점하는 천연해조숲(정점 JN-1)의 생물 종다양성에 비해 높거나 유사하였다. 이는 감태와 같이 특정 한 종이 우점하는 천연해조숲의 경우에는 해당 종을 먹이 또는 서식처로 선택할 수 있는 해양생물(예. 표생생물)의 서식, 분포에 제한을 줄 수 있기 때문이다.

천연해조숲에서 출현하는 저서동물과 해산어류의 정점별 생물량을 살펴보면, 해조류 부착 저서동물은 정점 JN-1에서 184 개체/m², 58.4 g/m², 정점 JN-2에서 382 개체/m², 42.0 g/m², 해저면에 서식하는 저서동물은 정점 JN-1에서 372 개체/m², 247.7 g/m², 정점 JN-2에서 1,045 개체/m², 65.0 g/m²이었다. 따라서 해조류 부착 저서동물과 해저면 서식 저서동물의 개체수는 정점 JN-2에서 많았으며, 생체량은 정점 JN-1에서 많았다. 한편, 해산어류는 정점 JN-1에서 741 개체/ha, 122.4 kg/ha, 정점 JN-2에서 441 개체/ha, 89.1 kg/ha로 나타나 정점 JN-1에서 해산어류 생물량이 많았다. 이를 바탕으로 천연해조숲 1 ha

를 보존 및 관리하였을 경우, 출현할 수 있는 생물량을 환산해보면, 9.9×10^6 개체/ha의 저서동물과 591 개체/ha의 해산어류가 서식할 수 있을 것으로 예상되며, 저서동물 생체량은 2.1 ton/ha, 해산어류 생체량은 105.8 kg/ha이었다. 정점별로 구분해보면, JN-1에서 서식하는 저서동물은 5.6×10^6 개체/ha, 3.1 ton/ha였으며, 해산어류는 741개체/ha, 122.4 kg/ha였다. JN-2에서 서식하는 저서동물은 14.3×10^6 개체/ha, 1.1 ton/ha였으며, 해산어류는 441개체/ha, 89.1 kg/ha였다.

Coles et al. (2008)은 하와이의 자연암반에서 124종(저서동물 64종, 어류 60종)의 해양생물이 서식한다고 보고하여 종다양성이 본 연구와 유사하였으며, Graiff (2008)는 자연암반에서 52종의 무척추동물 서식을 보고하여 종다양성이 본 연구에 비해 낮았다. 한편 Taylor (1998)는 암반지역에 서식하는 해양생물 (size 0.5 mm<)의 개체수가 $243 \sim 2,033 \times 10^6$ 개체/ha, 213.0~421.6 kg/ha였다고 보고하였으며, 개체수의 대부분(99% 이상)은 표생생물이었다. 또한 개체수가 가장 적은 지역은 성게류가 우점하는 지역이었으며, 해조류를 먹이로 하는 복족류의 개체수와 생체량이 다른 지점들에 비해 많은 특징을 보였다. 따라서 해조류를 기반으로 서식할 수 있는 생물들은 해조류의 생체량이 많은 환경에서 개체수가 많고, 해조류를 먹이로 할 수 있는 생물의 출현종수 비율이 높은 경우에는 서식 생물의 전체 개체수가 적다는 것을 알 수 있었다. 또한 복족류나 성게와 같이 초식압이 높은 초식동물이 많은 조건에서는 점차적으로 해조류의 양이 감소할 수 있으며 이에 따라 해양생물 전체가 감소할 수 있다. 일반적으로 갯녹음이 발생한 암반지역에는 조식동물이 과다하게 서식하고 있으며, 산호조류가 사멸한 후 백색으로 변하여 암반을 뒤덮게 되는데 이 지역에

서는 성게류가 통상 30 개체/m² 밀도로 군집을 형성한다(NFRDI, 2005; 2006). 갯녹음이 발생하면 해조군락의 소멸, 뿐만 아니라 해조류에 부착하여 서식하는 미세동물의 감소로 먹이사슬이 파괴되고 나아가 수산자원이 감소할 수 있기 때문에 천연해조숲의 보존과 활용을 위해서는 주기적인 조식동물 구제활동이 반드시 수반되어야 할 것이다.

해산어류의 위 내용물 분석 결과를 종합해보면, 천연해조숲에서 서식하는 붕장어의 공복율은 정점 JN-1에서 상대적으로 낮았으며(8.3%), 어류를 주 먹이원으로 하는 강한 육식성 어류였다. 허와 곽(1998a)은 붕장어의 주 먹이원이 어류, 새우류 및 게류이며, 공복율은 다른 어종들에 비해 낮다고 보고하여 본 연구 결과와 매우 유사하였다. 또한 계절 및 주변 생물 변화와 관계없이 특정 먹이만을 섭이한다고 보고하여 붕장어는 생태계 먹이사슬 관계에서 상위포식자 중에 하나였다. 최 등(2008)은 붕장어가 주로 섭식하는 어종이 멸치(*Engraulis japonicus*)와 샛멸(*Glossanodon semifasciatus*) 같은 부유성 어종들이라고 보고하였으나, 허와 곽(1998a)은 잘피숲에 서식하는 날개망둑(*Favonigobius gymanuchen*), 청보리멸(*Sillago japonica*)과 같은 저서성 소형어류라고 보고하여, 서식환경 조건에 따라 선호하는 먹이는 차이를 보일 수 있는 것으로 생각된다. 결국 붕장어는 서식 환경에 따라 먹이를 다양하게 선택할 수 있으며, 크기가 작거나 무리를 지어 생활하는 어종은 붕장어의 좋은 먹이로 활용될 것이다. 특히 천연해조숲은 크기가 작은 어류들이 대량 서식할 수 있는 환경이기 때문에 붕장어와 같은 상위포식자에게는 먹이 섭식에 매우 유리한 환경이 될 수 있다. 천연해조숲에서 서식하는 쏨뱅이의 공복율은 정점 JN-2에서 낮았으며(16.7%), 이는 붕장어와는 반대 경향으로 선호하는 먹이에

의한 차이가 크기 때문이었다. 쏜뱅이는 등각류와 게류를 주 먹이원으로 하는 강한 육식성 어종이며 정점 JN-2에서 저서동물의 생물량이 많았던 결과와 연관성이 깊다. 백 등(2011)은 쏜뱅이가 어류를 주로 섭식하는 어식성이 강한 육식성 어종이고 공복율은 34.9%라 보고하여 본 연구에서의 공복율이 상대적으로 낮았다. 또한 체장 증가에 따라 어류 섭식 비율이 상승하는 대신 새우류와 게류의 비율은 감소여 식성 변화가 있다고 보고하였다.

일반적으로 어류의 식성은 영양단계에 따라 초식성(Herbivore), 잡식성(Omnivore), 육식성(Carnivore)으로 나눌 수 있으며(김, 2000), 먹이 형태에 따라서는 플랑크톤식성, 조식성, 저서생물식성, 혼합식성(저서생물과 어류 섭식), 어식성으로 구분할 수 있다(Moiseev, 1953; Dou, 1995; 추, 2007). 본 연구에서 나타난 봉장어의 식성은 어식성이 강한 육식성 어종이었으며, 쏜뱅이는 혼합식성이 강한 육식성 어종이었다. 먹이섭이 특성을 이용한 생태계 내에서의 종 상호간 피포식관계 파악은 생태계 기반의 자원관리연구에 기초자료로 활용될 수 있다(Bax, 1998). 따라서 천연해조숲 보호 및 보전에 따라 작은 크기의 먹이생물들이 서식하게 되면, 이를 먹이로 섭식하는 해산어류의 부양 효과가 증가할 것이며, 이를 수산자원으로 활용하여 경제적 수익성도 높아질 것이다.

종합적으로 천연해조숲에서는 다양한 저서동물과 해산어류들에게 서식처를 제공하는 자원 조성 효과가 나타났으며, 상위포식자들에게는 먹이를 제공할 수 있는 기반이 마련되어 생태계 유지 및 먹이피라미드 형성에 큰 기여를 하고 있었다.

2. 인공해조숲

가. 서식 생물 현황

(1) 해조류 부착 저서동물

(가) 생물종다양성

인공해조숲 조성지와 인근 지역(대조구)에서 출현한 해조류 부착 저서동물은 5개 분류군, 58종이었으며, 그 중에서 연체동물문이 21종(36.2%)으로 가장 많았고 이밖에도 절지동물문, 환형동물문, 극피동물문 그리고 성구동물문이 출현하였다.

인공해조숲 조성지인 정점 YA-1에서는 5개 분류군, 44종의 저서동물이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 21종, 동계조사에서 28종이 출현하여 동계에 종다양성이 높았다. 우점분류군은 추계조사에서 절지동물문(9종, 42.8%)이었고 동계조사에서는 연체동물문(9종, 32.1%)이었다(Fig. 10과 11).

대조구 정점 YC-1에서는 4개 분류군, 19종의 저서동물이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 6종, 동계조사에서 13종이 출현하여 조성지에서와 마찬가지로 동계에 종다양성이 높았다. 추계조사에서의 우점분류군은 환형동물문(4종, 66.6%)이었고, 동계조사에서의 우점분류군은 연체동물문(11종, 84.6%)이었으며, 특히 추계조사에서의 우점분류군은 정점간(조성지, 대조구)에 차이가 있었다(Fig. 10과 11).

따라서 인공해조숲 조성지에서의 해조류 부착 저서동물 종다양성은 대조구 정점에 비해 높았으며, 조사 시기에 따라서는 추계에 비해 동계에 높았다.

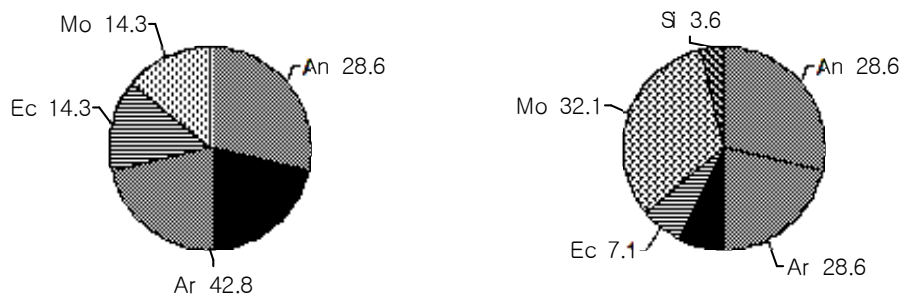
(나) 생물량

인공해조숲 조성지와 인근 지역(대조구)에서 출현한 해조류 부착 저서동물의 생물량은 264개체, 37.34 g이었다. 개체수 측면에서 우점분류군은 절지동물문으로 87개체가 출현하여 전체 출현개체수의 33.0%를 차지하였으며, 특히 절지동물문 중에서는 만각류(따개비류)가 26개체로 가장 많이 출현하였다. 한편 생체량은 연체동물문이 24.74 g으로 전체 생체량의 66.3%를 차지하여 우점하였다.

정점 YA-1에서 출현한 해조류 부착 저서동물은 215개체, 20.25 g이었으며, 추계조사에서 94개체, 4.33 g, 동계조사에서 121개체, 15.92 g이 출현하여 동계에 생물량이 많았다. 개체수 측면에서의 우점분류군은 추계조사에서 극피동물문(34개체, 36.2%), 동계조사에서 절지동물문(50개체, 41.3%)이었으며, 생체량 측면에서의 우점분류군은 추계조사에서 극피동물문(2.02 g, 46.7%), 동계조사에서는 연체동물문(8.29 g, 52.1%)이었다(Fig. 11).

한편, 정점 YC-1에서 출현한 해조류 부착 저서동물은 49개체, 17.09 g이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 11개체, 0.56 g, 동계조사에서 38개체, 16.53 g이 출현하여 동계에 해조류 부착 저서동물 생물량이 많았다. 개체수와 생체량 측면에서의 우점분류군은 추계조사에 환형동물문(4개체, 0.41 g), 동계조사에 연체동물문(35개체, 16.04 g)이었다(Fig. 11).

따라서 인공해조숲 조성지에서의 해조류 부착 저서동물 생물량은 대조구에 비해 많았으며, 조사 시기별로는 추계에 비해 동계에 많았다.



<YA-1>



<YC-1>

Figure 10. Percent composition of epifauna living on the seaweed surface (blade and holdfast) in Yeosu on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (An, Annelida; Ar, Arthropoda; Ec, Echinodermata; Mo, Mollusca; Si, Sipunculida).

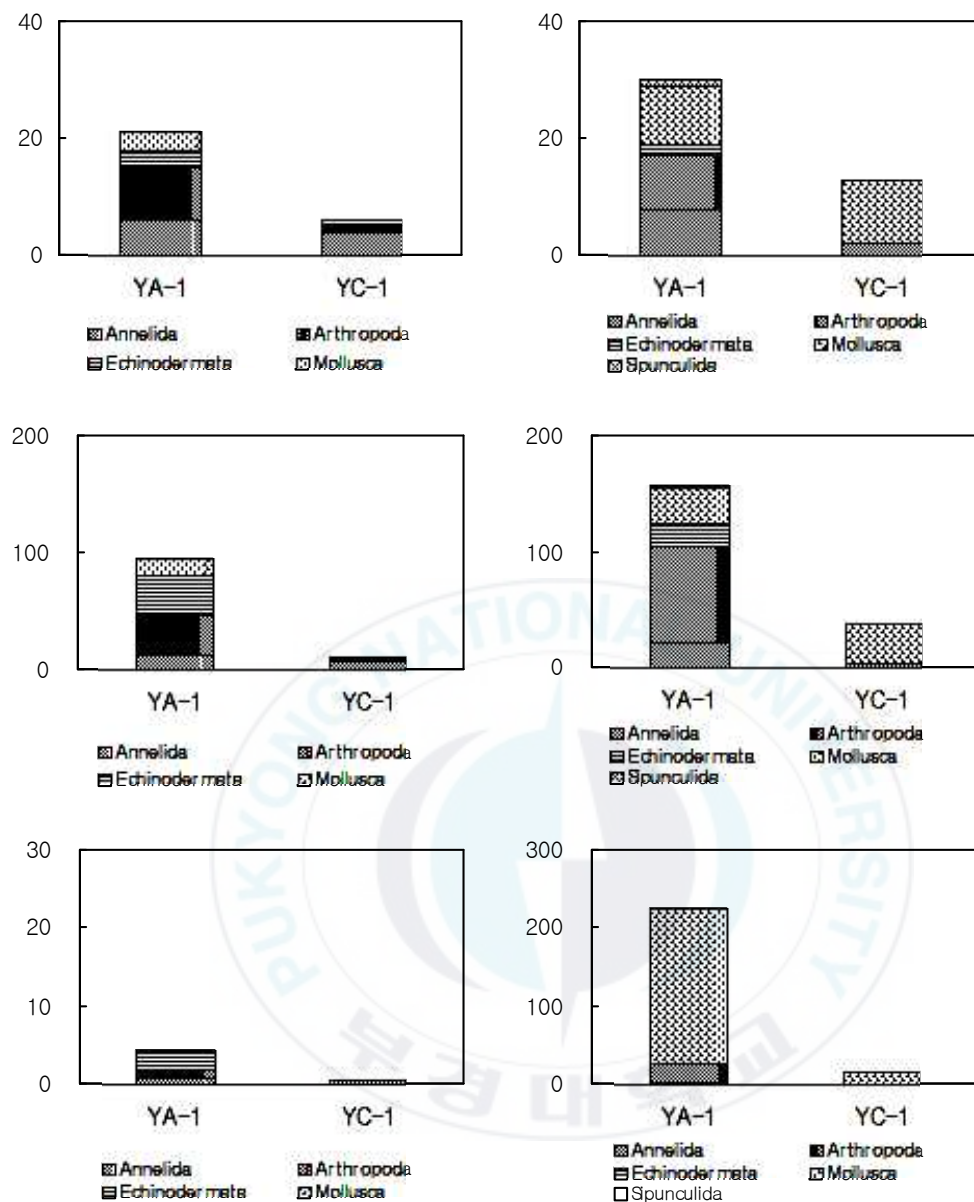


Figure 11. Spatio-temporal variations of number of species, abundance (inds) and biomass (g) of epifauna living on the seaweed surface (blade and holdfast) Yeosu on Autumn (left) and Winter (right), 2015.

(2) 해저면 서식 저서동물

(가) 생물종다양성

인공해조숲 조성지와 인근 지역(대조구)에서 출현한 해저면 서식 저서동물은 7개 분류군, 130종이었으며, 그 중에서 연체동물문이 63종(48.5%)으로 가장 많았고 이밖에도 절지동물문, 환형동물문 등이 출현하였다.

정점 YA-1에서는 7개 분류군, 99종의 저서동물이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 62종, 동계조사에서 69종이 출현하여 종다양성이 유사하였다. 우점분류군은 연체동물문이었으며, 추계에 34종(54.8%), 동계에 30종(43.5%)이 출현하였다(Fig. 12와 13).

정점 YC-1에서는 5개 분류군, 61종의 저서동물이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 37종, 동계조사에서 42종이 출현하여 조성지에서의 결과와 마찬가지로 종다양성이 조사 시기에 상관없이 유사하였다. 우점분류군도 조성지에서의 결과와 마찬가지로 연체동물문이었으며 추계와 동계 모두 24종씩(각각 64.9%, 57.1%) 출현하였다(Fig. 12와 13).

따라서 인공해조숲 조성지에서의 해저면 서식 저서동물 종다양성은 대조구에 비해 높았으며, 조사 시기별로는 유사하였다. 저서동물 중 연체동물문은 모든 정점에서 우점하는 분류군이었다.

(나) 생물량

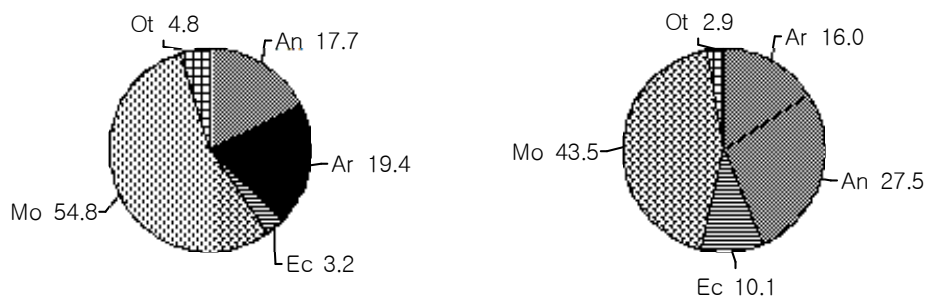
인공해조숲 조성지와 인근 지역(대조구)에서 출현한 해저면 서식 저서동물의 생물량은 1,982개체(평균 992 개체/m²), 492.23 g(평균 246.12 g/m²)이었다. 개체수 측면에서의 우점분류군은 절지동물문으로 평균 447 개체/m²가 출현하

여 전체 출현개체수의 45.1%를 차지하였고, 생체량 측면에서의 우점분류군은 기타동물군으로 평균 133.87 g/m^2 가 출현하여 전체 생체량의 54.4%를 차지하였다.

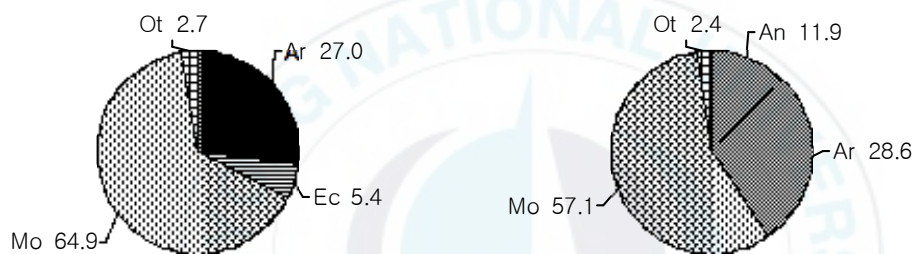
정점 YA-1에서 출현한 해저면 서식 저서동물은 1,295개체(평균 649 개체/ m^2), 492.23 g (평균 246.12 g/m^2)이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 459 개체/ m^2 , 365.19 g/m^2 , 동계조사에서 836 개체/ m^2 , 127.04 g/m^2 이 출현하여 동계조사에서 개체수가 증가한 반면 생체량은 감소하였다. 개체수 측면에서의 우점분류군은 절지동물문으로 추계조사에서 119 개체/ m^2 (25.9%), 동계조사에서 414 개체/ m^2 (49.5%)가 출현하였다. 생체량 측면에서는 추계조사에서 기타동물군이 247.87 g/m^2 (67.9%)으로 출현하여 우점하였고 동계조사에서는 연체동물문이 41.23 g/m^2 (32.5%)으로 출현하여 우점하였다(Fig. 13).

한편 정점 YC-1에서 출현한 해저면 서식 저서동물은 687 개체(평균 345 개체/ m^2), 111.70 g (평균 55.86 g/m^2)이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 266 개체/ m^2 , 52.91 g/m^2 , 동계조사에서 421 개체/ m^2 , 58.79 g/m^2 이 출현하여 동계에 개체수가 증가하고 생체량은 조사 시기별로 큰 차이가 없었다. 개체수 측면에서의 우점분류군은 추계조사에서 연체동물문(135 개체/ m^2 , 50.8%), 동계조사에서 절지동물문(264 개체/ m^2 , 62.7%)이었으며, 생체량 측면에서의 우점분류군은 추계조사에서 연체동물문(39.40 g/m^2 , 74.5%), 동계조사에서는 절지동물문(64.31 g/m^2 , 64.31%)이었다(Fig. 13).

따라서 인공해조숲 조성지에서의 해저면 서식 저서동물 생물량은 대조구에 비해 2배 이상 많았으며, 조사 시기에 따라서는 동계에 개체수가 증가한 반면, 생체량은 감소하였다.



<YA-1>



<YC-1>

Figure 12. Percent composition of epifauna living on the surface of rock bottom in Yeosu on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (An, Annelida; Ar, Arthropoda; Ec, Echinodermata; Mo, Mollusca; Ot, Others).

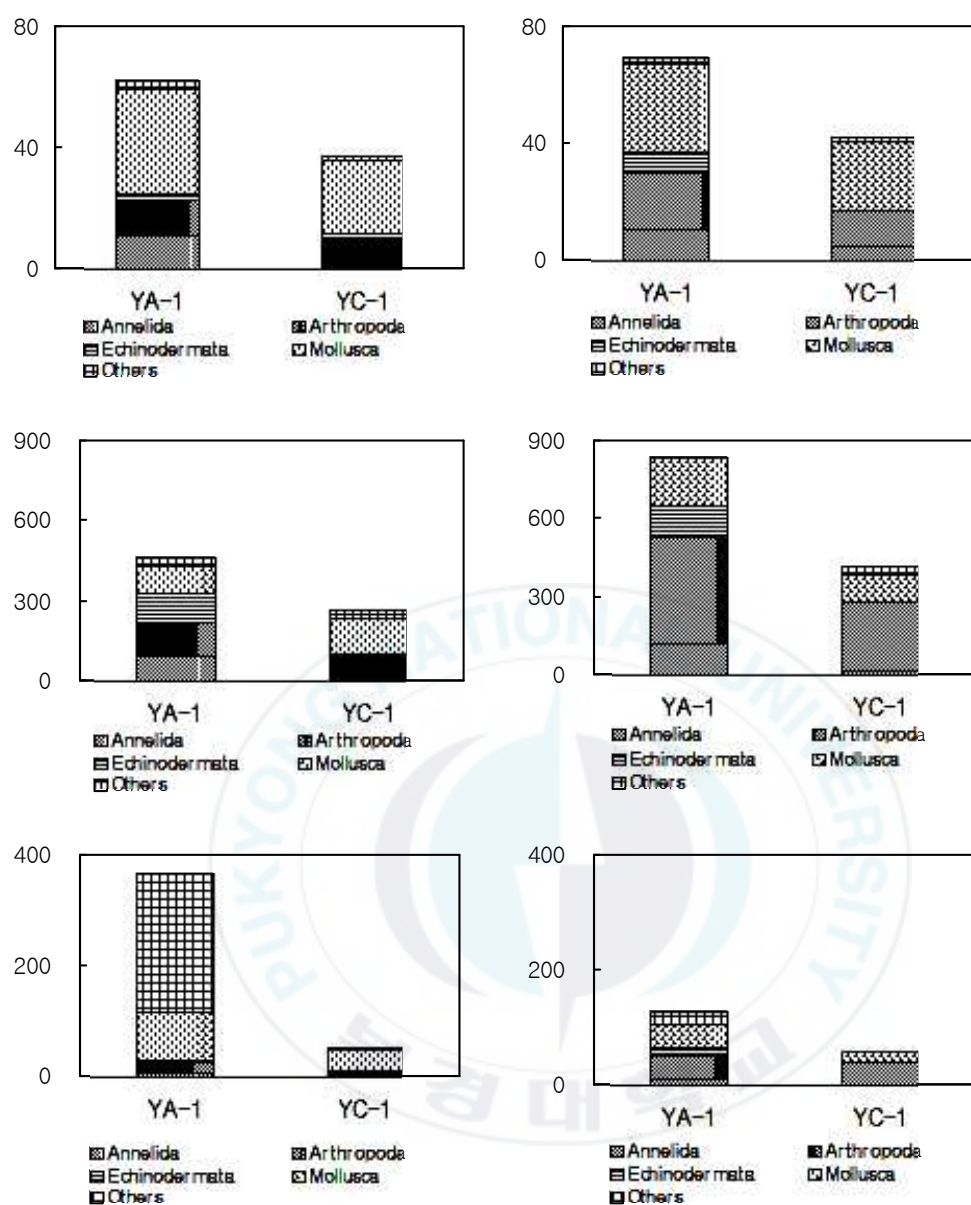


Figure 13. Spatio-temporal variations of number of species, abundance (inds/m²) and biomass (g/m²) of epifauna living on the surface of rock bottom in Yeosu on Autumn (left) and Winter (right), 2015.

(3) 해산어류

(가) 생물종다양성

인공해조숲 조성지와 인근 지역(대조구)에서 출현한 해산어류는 8목, 22과 35종이었으며, 그 중에서 볼락, 무점황놀래기(*Pseudolabrus eoethinus*), 황놀래기(*Pseudolabrus sieboldi*) 그리고 쏨뱅이 등이 우점하였다.

정점 YA-1에서 출현한 해산어류는 7목 18과 27종(자망 18종, 통발 14종)이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 6목 16과 24종(자망 14종, 통발 13종), 동계조사에서 4목 8과 12종(자망 9종, 통발 5종)이 출현하여 추계에 더 다양한 해산어류가 출현하였다(Table 8).

한편 정점 YC-1에서는 6목 15과 22종(자망 17종, 통발 7종)의 해산어류가 출현하였고, 조사 시기별로는 추계조사에서 6목 11과 15종(자망 11종, 통발 6종), 동계조사에서 4목 13과 15종(자망 10종, 통발 6종)이 출현하여 조성지에서와는 달리 조사 시기에 따라 종다양성이 유사하였다(Table 8).

따라서 인공해조숲 조성지에서의 해산어류 종다양성은 대조구에 비해 높았으며, 조사 시기별로는 동계에 비해 추계에 높았다.

(나) 생물량

인공해조숲 조성지와 인근 지역(대조구)에서 출현한 해산어류의 생물량은 217개체, 36,074.7 g이었다. 출현개체수에서 가장 우점한 어종은 쏨뱅이로 31개체가 출현하여 전체 출현개체수의 14.3%를 차지하였으며, 생체량 측면에서는 볼락이 5,614.9 g으로 전체 생체량의 15.6%를 차지하였다.

정점 YA-1에서 출현한 해산어류는 135개체, 19,175.9 g이었으며, 조사 시기

별로는 추계조사에서 75개체, 9,905.7 g, 동계조사에서 60개체, 9,270.2 g이 출현하여 조사 시기별로 생물량이 유사하였다. 추계조사에서의 우점종은 무점황놀래기, 쏙줄개였으며, 동계조사의 우점종은 황놀래기, 그물베도라치였다(Table 8).

한편, 정점 YC-1에서 출현한 해산어류는 82개체, 16,898.8 g이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 42개체, 11,642.7 g, 동계조사에서 40개체, 5,256.1 g이 출현하여 동계에 생체량이 감소하였다. 추계조사에서의 우점종은 쏙뱅이, 미역치, 불락이었으며, 동계조사에서의 우점종은 그물베도라치였다(Table 8).

따라서, 인공해조숲 조성지에서의 해산어류 생물량은 대조구에 비해 많았으며, 조사 시기별로는 큰 차이가 없었다.

(다) 수중 촬영 영상

수중 촬영 영상을 판독한 결과, 해산어류는 3목, 17과 29종이었으며, 그 중에서 자리돔이 우점하였다.

정점 YA-1에서는 3목 14과 21종의 해산어류가 출현하였다. 조사 시기별로는 추계조사에서 3목 13과 19종의 어류가 출현하였고, 그 중에서 자리돔이 우점하였으며 전갱이(*Trachurus japonicus*)는 해조숲 조성지에서 무리지어 출현하며 차우점종으로 나타났다. 동계조사에서는 3목 9과 12종의 해산어류가 출현하였고 조성지에서는 조사 시기에 관계없이 자리돔이 우점하는 것으로 나타났다(Table 9).

정점 YC-1에서는 3목 10과 18종의 해산어류가 출현하였다. 추계조사 결과, 3목 9과 13종이 출현하였으며 그 중에서 자리돔이 우점하고 망상어(*Ditrema*

temminckii)가 차우점하였다. 동계조사에서는 3목 8과 12종의 해산어류가 출현하였고 그 중에서 자리돔이 우점하였으며 용치놀래기(*Halichoeres poecilopterus*)가 차우점하였다. 대조구에서의 해산어류는 조사 시기별로 큰 차이가 없었으며 자리돔은 조성지에서도 마찬가지로 조사 시기에 관계없이 우점하였다(Table 9).

따라서 수중 촬영 영상에서 출현한 해산어류를 분석한 결과, 인공해조숲 조성지에서의 종다양성은 대조구에 비해 높았으며, 조사 시기에 따라서는 추계에 높았다.



Table 8. Spatio-temporal variations of biological characters (number of species, abundance and biomass) of fish communities sampled with gill net (10×10 cm, 100 m) and drum net trap (Ø40 cm, 30 unit) in Yeosu, 2015 (A: abundance, B: biomass)

Species	Stations	YA-1				YC-1			
		Autumn		Winter		Autumn		Winter	
		A(inds)	B(g)	A(inds)	B(g)	A(inds)	B(g)	A(inds)	B(g)
<i>Sebastes marmoratus</i>		2	310.1	14	1874.8	12	2,519.8	3	208.6
<i>Pseudolabrus sieboldi</i>		5	370.7	14	883.2	3	210.6	4	216.6
<i>Dictyosoma burgeri</i>		2	161	12	730	1	73.9	10	815.4
<i>Sebastes inermis</i>		5	1488.3	7	2,374.1	6	1,752.5		
<i>Pseudolabrus eoethinus</i>		14	380.2						
<i>Hypodytes rubripinnis</i>		2	15.7	1	8.3	6	79.1	3	22.6
<i>Plotosus lineatus</i>		8	293.6						
<i>Stephanolepis cirrifer</i>		4	654.8			1	135.4	2	231.3
<i>Pseudoblennius percoides</i>						1	49.7	5	280.1
<i>Sebastes pachycephalus</i>				3	395.6			2	421.8
<i>Hexagrammos agrammus</i>		2	36.6	1	166.4			2	264
<i>Oplegnathus fasciatus</i>		3	733.3	1	1,455.3			1	199.2
<i>Goniistius zonatus</i>		4	1342					1	294.9
<i>Rudarius ercodes</i>		4	17.8						
<i>Microcanthus strigatus</i>		2	170.6	2	151.2				
<i>Conger myrister</i>		2	231.7			1	18	1	353.6
<i>Pteragogus flagellifer</i>		4	185.4						
<i>Hexagrammos otakii</i>		2	579.6			2	1,401.9		
<i>Pagrus major</i>		2	680			2	1,460.3		
<i>Ostracion immaculatus</i>						2	978.1	1	152.9
<i>Chromis notata</i>		1	13.1					2	51.1
<i>Okamejei kenojei</i>				3	381.4				
<i>Girella melanichthys</i>		1	286.2	1	273.3				
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>		2	616.5						
<i>Ditrema temminckii</i>								2	290.9
<i>Semicossyphus reticulatus</i>						2	1,062.6		
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>								1	1453.1
<i>Oplegnathus punctatus</i>		1	423.3						
<i>Paralichthys olivaceus</i>				1	576.6				
<i>Pleuronectes yokohamae</i>						1	687.2		
<i>Seriola quinqueradiata</i>		1	605.9						
<i>Mugil cephalus</i>						1	1,105.9		
<i>Halichoeres poecilopterus</i>						1	107.7		
<i>Narke japonica</i>		1	296.6						
<i>Vellitor centropomus</i>		1	12.7						
Sum		75	9,905.7	60	9,270.2	42	11,642.7	40	5,256.1
Number of species		24		12		15		15	

Table 9. Spatio-temporal variations of biological characters (number of species and abundance) of fish communities to visual census with SCUBA diving in Yeosu, 2015

Species	Stations	YA-1		YC-1	
		Autumn	Winter	Autumn	Winter
<i>Chromis notata</i>		++	++	++++	++++
<i>Pterogobius zonoleucus</i>			++++		+
<i>Halichoeres poecilopterus</i>		++	++	++	+
<i>Trachurus japonicus</i>				+++	
<i>Ditrema temminckii</i>		++		++	+
<i>Girella punctata</i>				++	
<i>Pseudolabrus sieboldi</i>		++	+	+	
<i>Sebastes inermis</i>			+	++	+
<i>Halichoeres tenuispinis</i>		+		+	++
<i>Sagamia geneionema</i>		+	+		
<i>Oplegnathus fasciatus</i>				++	
<i>Petroscirtes breviceps</i>		+		+	+
<i>Semicossyphus reticulatus</i>		+	+	+	
<i>Sebastes joyneri</i>				+	
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>		+	+	+	+
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>		+	+		
<i>Ostracion immaculatus</i>				+	+
<i>Microcanthus strigatus</i>				+	
<i>Apogon doederleini</i>			+		
<i>Pteragogus flagellifer</i>				+	+
<i>Enneapterygius etheostomus</i>				+	+
<i>Apogon semilineatus</i>		+			
<i>Pagrus major</i>			+		
<i>Pseudoblennius percoides</i>			+		
<i>Hypodytes rubripinnis</i>		+			
<i>Goniistius zonatus</i>				+	
<i>Neoditrema ransonnetii</i>					+
<i>Pterogobius elapoides</i>		+			
<i>Canthigaster rivulata</i>				+	
Number of species		20	13	15	15

++++: Upper 100, +++: 51~100, ++: 10~50, +: Below 10 individuals

(4) 해조류

(가) 생물종다양성

인공해조숲 조성지와 인근 지역(대조구)에서 출현한 해조류는 31종이었으며, 녹조식물 2종(6.5%), 갈조식물 10종(32.3%), 홍조식물 19종(61.2%)이 출현하여 홍조식물의 구성비가 높았다.

정점 YA-1에서는 22종의 해조류가 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 12종(녹조식물 1종, 갈조식물, 5종, 홍조식물 6종), 동계조사에서 16종(갈조식물 6종, 홍조식물 10종)이 출현하여 동계에 해조류 종다양성이 높았다. 우점분류군은 추계와 동계조사 모두 홍조식물문(평균 56.3%)이었다(Fig. 14와 15).

정점 YC-1에서는 18종의 해조류가 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 10종(갈조식물, 4종, 홍조식물 6종), 동계조사에서 12종(녹조식물 1종, 갈조식물 1종, 홍조식물 10종)이 출현하여 조성지에서의 출현양상과 마찬가지로 동계에 종다양성이 높았다. 우점분류군도 조사 시기에 관계없이 홍조식물문(평균 71.7%)이었다(Fig. 14와 15).

따라서 인공해조숲 조성지에서의 해조류 종다양성은 대조구에 비해 높았으며, 조사 시기별로는 추계에 비해 동계에 높았다.

(나) 생물량

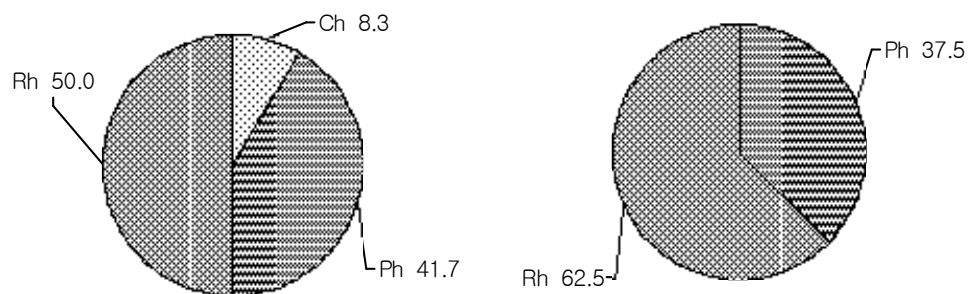
인공해조숲 조성지와 인근 지역(대조구)에서의 해조류 생체량은 5,248.85 g (평균 1,312.21 g/m²)이었다. 분류군별 생체량을 살펴보면, 녹조식물은 3.93 g/m²(0.3%), 갈조식물은 1,176.66 g/m²(89.7%), 홍조식물은 131.63 g/m²(10.0%)으

로 나타나 갈조식물 생체량이 가장 많았으며 그 중에서 감태는 전체 생체량의 56.6%를 차지하여 우점하였고 큰열매모자반, 큰잎모자반(*Sargassum coreanum*) 등이 차우점하였다.

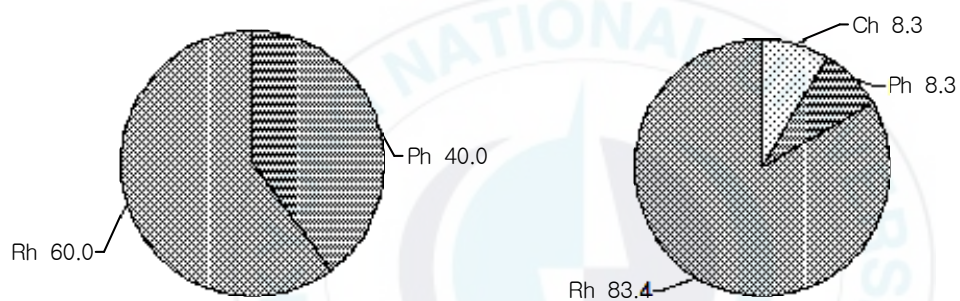
정점 YA-1에서 출현한 해조류는 4,107.83 g(평균 2,053.91 g/m²)이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 910.19 g/m², 동계조사에서 3197.64 g/m²이 출현하여 동계조사에서 해조류 생체량이 증가하였다. 우점종은 추계와 동계 모두 감태였으며(각각 58.5%, 71.2%), 큰열매모자반과 큰잎모자반이 차우점하였다(Fig. 15).

한편, 정점 YC-1에서 출현한 해조류는 1,141.02 g(평균 570.51 g/m²)이었고 조사 시기별로는 추계조사에서 910.85 g/m², 동계조사에서 230.17 g/m²의 해조류가 출현하여 추계에서의 해조류 생체량이 상대적으로 많았다. 우점종은 추계와 동계 모두 큰열매모자반이었으며(각각 52.5%, 29.3%), 자루바다표고(*Peyssonnelia caulifera*)가 차우점하였다(Fig. 15).

인공해조숲 조성지에서의 해조류 생체량은 대조구에 비해 많았으나 조사 시기별로는 동계에 증가하였다. 하지만 대조구에서는 동계에 해조류 생체량이 감소하여 반대의 경향이였다.



<YA-1>



<YC-1>

Figure 14. Percent composition of seaweed living on the artificial seaweed bed and control site in Yeosu on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (Ch, Chlorophyta; Ph, Phaeophyta; Rh, Rhodophyta).

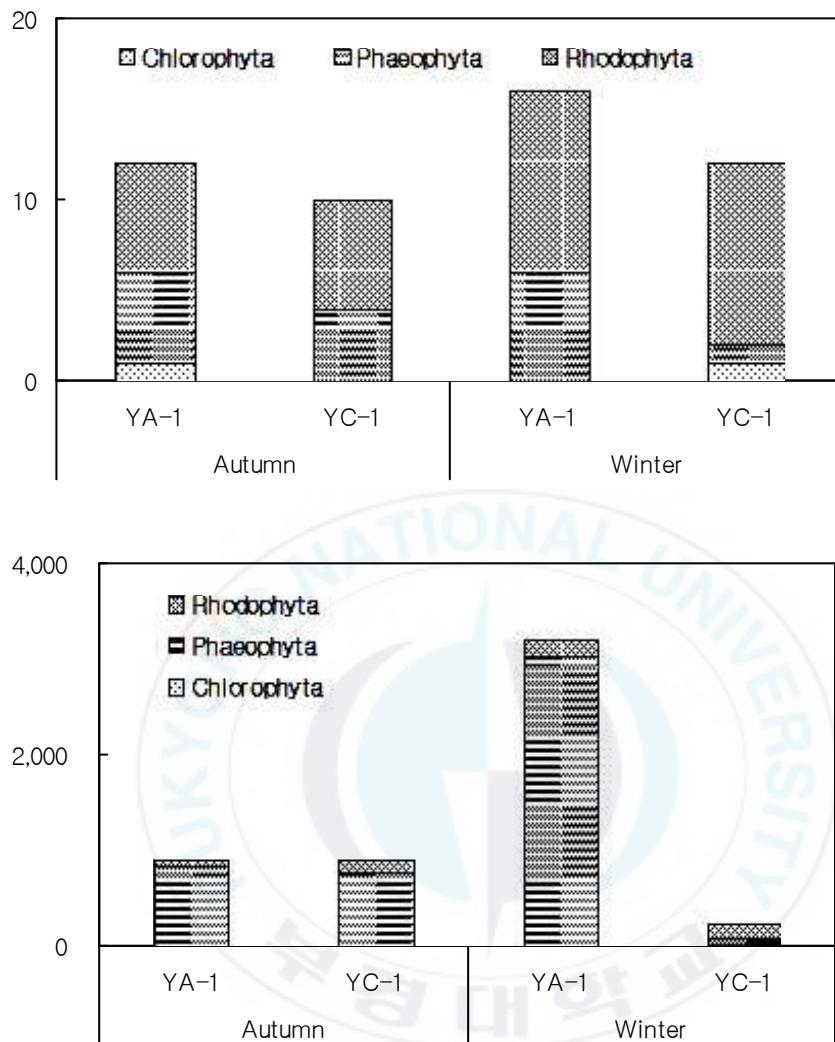


Figure 15. Spatio-temporal variations of number of species and biomass (g/m^2) of seaweed living on the artificial seaweed bed and control site in Yeosu, 2015.

나. 주요 어종별 위 내용물 분석

(1) 볼락

(가) 체장(SL, cm) 조성

정점 YA-1에서 출현한 볼락 12개체의 체장 범위는 16.8~25.4 cm였으며, 체장 20.1~22.0 cm 범위 내에 5개체가 출현하여 빈도수가 가장 많았다. 한편 정점 YC-1에서 출현한 볼락 6개체의 체장 범위는 17.8~23.4 cm였으며, 정점 YA-1과 마찬가지로 체장 20.1~22.0 cm 범위 내에 4개체가 출현하여 빈도수가 가장 많았다.

(나) 위 내용물 조성

정점 YA-1에서 출현한 볼락은 총 12개체였으며 공복율은 0.0%였다. 위 내용물 중에서 주 먹이생물은 곤쟁이류(Mysidae sp.)였으며, 전체 먹이생물 개체수의 93.8%, 위 내용물 전체 건조중량의 82.1% 그리고 상대중요도지수비 98.0%를 차지하였다. 그 다음으로 꼬덕새우(*Rhynchocinetes uritai*), 지각류(Cladocera sp.) 등이 먹이생물로 출현하였으나 상대중요도지수비는 0.6% 이하였다(Table 10).

정점 YC-1에서 출현한 볼락은 총 6개체였으며, 정점 YA-1과 마찬가지로 공복율은 0.0%였다. 위 내용물 중 주 먹이생물로는 곤쟁이류였으며, 총 먹이생물 개체수의 67.9%, 위 내용물 전체 건조중량의 60.8% 그리고 상대중요도지수비 60.3%를 차지하였다. 그 다음으로 지각류는 상대중요도지수비 38.6%였으며, 이밖에도 긴배옆새우류(*Podocerus* sp.), 새우류(*Gammaropsis* sp.) 등이 먹이생물로 출현하였다(Table 11).

따라서 인공해조숲 조성지에서 채집된 볼락의 주 먹이원은 곤쟁이류였으며, 공복율이 0.0%인 것으로 미루어 보아 인공해조숲 조성지에서의 먹이활동은 매우 활발한 것을 알 수 있었다. 결국 인공해조숲이 조성, 관리되어 곤쟁이류의 생물량이 증가하게 된다면 수산자원으로서 가치가 높은 볼락의 위집효과가 매우 증가할 것으로 생각된다.



Table 10. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Sebastes inermis* at artificial seaweed bed (YA-1) in Yeosu, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Arthropoda					
Amphipoda					
<i>Caprella danilevski</i>	8.3	0.5	1.1	13.6	0.1
<i>Caprella</i> sp.	16.7	0.2	0.4	9.1	0.1
Gammaridea					
Ampeliscidae sp.	8.3	0.1	0.1	1.7	0.0
Amphipoda sp.	8.3	0.1	0.1	1.7	0.0
Ampithoidae sp.	8.3	1.6	1.9	29.0	0.2
<i>Palinnotus</i> sp.	8.3	0.1	0.1	1.7	0.0
<i>Polycheria</i> sp.	25.0	0.6	0.6	30.3	0.2
<i>Synchelidium</i> sp.	8.3	0.1	0.1	1.7	0.0
Decapoda					
Caridea					
<i>Macrura</i> sp.	16.7	0.2	0.4	9.1	0.1
<i>Rhynchocinetes uritai</i>	8.3	0.2	9.5	80.2	0.6
Diplostraca					
Cladocera sp.	16.7	1.9	1.0	48.8	0.4
Isopoda					
<i>Cymodoce japonica</i>	8.3	0.2	1.0	9.8	0.1
Leptosrtaca					
<i>Nebalia</i> sp.	16.7	0.2	0.3	7.0	0.1
Mysida					
Mysidae sp.	75.0	93.8	82.1	13,194.5	98.0
Chordata					
Pisces	16.7	0.4	1.3	28.0	0.2
Sum		100.0	100.0	13,466.3	100.0

Table 11. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of the diets of *Sebastes inermis* at control site (YC-1) in Yeosu, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Arthropoda					
Gammaridea					
Amphipoda sp.	16.7	0.4	0.7	17.9	0.1
<i>Gammaropsis</i> sp.	33.3	0.8	1.4	71.5	0.5
<i>Podocerus</i> sp.	33.3	0.8	1.4	71.5	0.5
Diplostraca					
Cladocera sp.	83.3	30.2	35.8	5,497.5	38.6
Mysida					
Mysidae sp.	66.7	67.9	60.8	8,577.9	60.3
Sum		100.0	100.0	14,236.2	100.0

(2) 솜뱅이

(가) 체장(SL, cm) 조성

정점 YA-1에서 출현한 솜뱅이 16개체의 체장 범위는 12.2~21.4 cm였으며, 체장 범위 16.1~19.0 cm에서 7개체가 출현하여 빈도수가 가장 많았다. 한편 정점 YC-1에서 출현한 솜뱅이 15개체의 체장 범위는 12.3~21.8 cm였으며, 체장 19.1~22.0 cm의 범위 내에 8개체가 출현하여 빈도수가 가장 많았다.

(나) 위 내용물 조성

정점 YA-1에서 출현한 솜뱅이는 총 16개체였으며 공복율은 37.5%였다. 위 내용물 중에서 주 먹이생물은 꼬덕새우였으며, 전체 먹이생물 개체수의 48.8%, 위 내용물 전체 건조중량의 55.6% 그리고 상대중요도지수비 74.4%를 차지하였다. 그 다음으로 상대중요도지수비가 높은 먹이생물은 모래무지벌레류 (*Argathona* sp., 12.3%)였고, 이밖에도 꼬덕새우류(*Rynchocinetidae* sp.)와 민꽃게류 등이 먹이생물로 출현하였다(Table 12).

정점 YC-1에서 출현한 솜뱅이는 총 15개체였으며, 공복율은 46.7%였다. 위 내용물 중 주 먹이생물은 지각류였으며 전체 먹이생물 개체수의 69.2%, 위 내용물 전체 건조중량의 2.9% 그리고 상대중요도지수비 47.3%를 차지하였다. 그 다음으로 꼬덕새우와 꼬덕새우류의 상대중요도지수비가 각각 17.7%였으며 이밖에도 주요 먹이생물은 안경민꽃게(*Charybdis miles*) 등이었다(Table 13).

따라서 인공해조숲 조성지에서 서식하는 솜뱅이의 주 먹이원은 꼬덕새우였으며, 조성지 뿐만 아니라 대조구에서도 절지동물이 솜뱅이의 주요 먹이생물이었다. 따라서 인공바다숲 조성과 관리에 의해 절지동물 생물량이 증가하게

된다면 솜뱅이 서식량 증가에도 영향을 미칠 것이다. 또한 솜뱅이의 공복율이 인공해조숲 조성지에 비해 대조구에서 높게 나타난 것은 대조구에 서식하는 먹이생물 양이 부족하였기 때문으로 생각되며, 이는 본 연구에서의 저서동물 출현량이 대조구에 비해 인공해조숲 조성지에서 많았던 결과와 동일하다.



Table 12. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Sebastiscus marmoratus* at artificial seaweed bed (YA-1) in Yeosu, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Arthropoda					
Amphipoda					
Gammaridea					
<i>Podocerus</i> sp.	9.1	2.4	0.1	23.0	0.3
Decapoda					
Brachyura					
<i>Carybdis</i> sp.	18.2	7.3	14.6	399.3	4.5
<i>Rhynchoplax</i> sp.	9.1	2.4	0.5	26.6	0.3
Caridea					
Macrura sp.	18.2	4.9	0.6	99.2	1.1
<i>Rhynchocinetes uritai</i>	63.6	48.8	55.6	6,641.6	74.4
Rhynchocinetidae sp.	18.2	9.8	21.5	568.0	6.4
Isopoda					
<i>Argathona</i> sp.	45.5	19.5	4.6	1,097.1	12.3
<i>Cymodoce japonica</i>	9.1	4.9	2.5	67.1	0.8
Sum		100.0	100.0	8,921.9	100.0

Table 13. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Sebastiscus marmoratus* at control site (YC-1) in Yeosu, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Arthropoda					
Amphipoda					
Gammaridea					
<i>Polycheria</i> sp.	12.5	1.9	0.1	25.5	0.7
Decapoda					
Brachyura					
<i>Charybdis</i> miles	12.5	7.7	40.3	599.5	15.7
<i>Liocarcinus</i> corrugatus	12.5	1.9	1.6	43.7	1.1
Caridea					
<i>Rhynchocinetes</i> uritai	12.5	9.6	44.4	674.9	17.7
Rhynchocinetidae sp.	37.5	5.8	10.5	610.8	16.0
Diplostraca					
Cladocera sp.	25.0	69.2	2.9	1,803.3	47.3
Isopoda					
<i>Argathona</i> sp.	12.5	1.9	0.1	25.5	0.7
<i>Paranthura</i> sp.	12.5	1.9	0.1	25.5	0.7
Sum		100.0	100.0	3,808.9	100.0

다. 인공해조숲의 자원 조성 효과

인공해조숲은 다양한 해양생물(특히 표생생물)이 서식할 수 있는 공간을 제공할 수 있기 때문에 갯녹음 피해가 나타나는 해역들에 비해 종다양성과 생물량이 높다. 뿐만 아니라, 수산경제에 직접적 영향을 미칠 수 있는 유용수산동물의 먹이 제공, 산란장 또는 서식처 등의 역할을 하고 있어 어업생산량이 증가할 수 있다(Ohno, 1993; Blankenhorn, 2007; Okuda, 2008).

본 연구 결과, 인공해조숲 조성지에서 출현한 저서동물과 해산어류는 153종(해조류 부착 저서동물 44종, 해저면 서식 저서동물 99종, 해산어류 40종)으로 대조구(96종)에 비해 종다양성이 높았으며, 앞서 살펴본 천연해조숲의 종다양성과는 유사하였다. 따라서 천연해조숲을 보호하는 방법과 다년생 해조류인 감태를 이용하여 인위적으로 조성·관리하는 인공해조숲 조성 방법은 황폐해져 가는 연안 해역에 해양생물의 서식처를 제공할 수 있는 가장 효율적인 방법이 될 수 있다. 한편 본 연구의 인공해조숲 조성지와 동일한 지역(여수 거문도)에서 실시한 바다숲 조성사업 효과조사에서는 조성 전 저서동물 출현종이 85종이었으나 조성 후에는 최대 102종까지 증가하였다(한국수산자원관리공단, 2014). 또한 본 연구에서는 저서동물 출현종수가 113종까지 증가하여 본 연구의 대상 해역인 인공해조숲 조성지가 안정적으로 유지되고 해양생물 서식처로서의 기능이 상승하여 자원 조성 효과가 높아졌음을 입증하고 있다.

한편, Coles et al. (2008)은 하와이의 자연암반에서 124종(저서동물 64종, 어류 60종)의 해양생물이 서식한다고 보고하였으나 본 연구의 인공해조숲 조성지 내 종다양성에 비해 상대적으로 적었다. Vieja and Åberg (2003)는 갈조식물에 표생생물 17~31종이 서식하고 이들의 80% 정도는 해조류를 섭식할 수

있는 조식성 종들임을 보고하여 갈조식물이 서식지와 먹이로서의 역할을 동시에 수행하고 있음을 알 수 있었다. 이러한 선행 연구 결과에서 나타난 종다양성은 본 연구에서의 종다양성과는 다소 차이를 보이고 있는데 이는 조사방법이나 사용 어구 등에 의한 차이로 해석할 수 있다. 하지만, 갯녹음 해역에서의 황폐화된 생태계와 비교해 보면, 바다숲의 자원 조성 효과는 매우 긍정적이고 높을 것이다. 또한 Kathiresan (2000)은 맹그로브에 서식하는 저서동물과 어류가 평균 722종이었으며, McCloskey (1970)는 coral reef에서 0.2 mm 이상의 생물체가 309종, Gibbs (1971)은 220종의 생물이 서식한다고 보고하였다. 역시 이들 결과에서도 서식지의 특성과 지역에 따라 종다양성이 다소 다르게 나타나고 있으나 한 가지 명백한 사실은 인공해조숲이 조성되면 해양생물이 서식할 수 있는 서식지가 형성되고 결국 종다양성이 높은 해양생태계가 구성될 수 있다는 것을 증명하는 실례라 할 수 있다.

인공해조숲 조성지에서 출현하는 저서동물과 해산어류의 생물량을 살펴보면, 해조류 부착 저서동물은 962 개체/m^2 , 120.7 g/m^2 , 해저면 서식 저서동물은 648 개체/m^2 , 246.1 g/m^2 , 해산어류는 663 개체/ha , 169.2 kg/ha 이었다. 이를 인공해조숲 1 ha에 서식하는 생물량으로 환산하면, 저서동물은 $16.1 \times 10^6 \text{ 개체/ha}$, 3.7 ton/ha , 해산어류는 663 개체/ha , 169.2 kg/ha 였다. 이 결과는 앞서 살펴본 천연해조숲에서 서식하는 생물량에 비해 많았으며 이를 통해 해조숲을 인공적으로 조성하여 관리하는 방법이 해양생물 서식처 제공에 매우 효과적인 방법이 될 수 있음을 입증하고 있다.

Vieja and Åberg (2003)는 갈조식물에 부착하여 서식하는 표생생물이 평균 3~10 개체/g로 보고하여 본 연구에서의 해조류 부착 저서동물 개체수에 비해

적었다. 한편 Taylor (1998)는 암반지역에 서식하는 해양생물(size 0.5 mm<)의 개체수가 $243 \sim 2,033 \times 10^6$ 개체/ha, 213.0~421.6 kg/ha이었다고 보고하였으며, 개체수의 대부분(99% 이상)은 표생생물이었다. 그 중에서 해조류를 기반으로 서식하고 있는 저서동물들의 종다양성과 개체수는 조식동물인 성게의 출현량 증가에 따라 감소할 수 있는 것으로 나타났다. 일반적으로 갯녹음은 조식동물의 출현여부에 따라 영향을 받을 수 있다. 갯녹음이 발생하면 산호조류가 사멸한 후 백색으로 변하여 암반을 뒤덮게 되는데 이러한 갯녹음 지역에서는 성게류가 통상 30 개체/m²로 군집을 형성한다(NFRDI, 2005; 2006). 갯녹음이 발생하고 해조군락이 소멸되면 해조류에 부착하여 서식하는 미세동물이 감소할 것이고 상위포식자들도 영향을 받아 먹이사슬이 파괴되며 나아가 수산자원의 감소로 이어진다. 따라서 조식동물의 증가와 갯녹음 현상의 확산과 지속은 해조류의 서식량을 감소시키고 해양생물들의 서식처를 소멸시킬 것이다. 따라서 해양생태계의 안정적 구성을 위해서는 해조류 섭식자의 생물량을 인위적으로 조절(예. 구제활동)할 수 있는 노력과 함께 해조류의 양을 지속적으로 증가시킬 수 있는 방안을 마련하는 것이 필요할 것이다.

해산어류의 위 내용물 분석 결과를 종합해보면, 인공해조숲 조성지에서 서식하는 볼락의 공복율이 0.0%로 나타나 인공해조숲에서의 볼락 먹이활동은 매우 활발하였다. 볼락의 주 먹이원은 곤쟁이류였으며, 인공해조숲을 시설, 관리함에 있어서 곤쟁이류의 생물량 증가는 볼락의 서식량과 직접적인 연관성을 가질 것이다. 볼락의 식성에 관한 기존 연구를 살펴보면, 어린 볼락의 경우, 요각류(Copepoda)와 단각류(Amphipoda)를 주로 섭식하지만 성장하면서 새우류(Macrura)와 같은 개체 크기가 큰 저서동물을 주로 섭식한다고 보고하였다(허

와 곽 1998b; Kim and Kang, 1999). 본 연구에서의 주 먹이원인 곤쟁이류를 비롯하여 단각류와 요각류는 해조류가 밀생한 암반지역에서 서식하는 대표적인 무척추동물이기 때문에 인공해조숲 조성은 불락의 서식과 먹이 활동에 매우 유리한 환경을 조성해줄 수 있을 것이다.

인공해조숲 조성지에서 서식하는 쏨뱅이의 공복율은 37.5%로 앞서 살펴본 천연해조숲에서의 쏨뱅이 공복율(25.0%)에 비해 다소 높았으나 백 등(2011)의 공복율(34.9%)과는 유사하였다. 본 연구에서 출현한 대부분의 쏨뱅이는 19.0 ~ 22.0 cm 개체들로 이들의 주 먹이원은 꼬떡새우를 포함하는 절지동물이었다. 백 등(2011)은 쏨뱅이가 성장(19.0 cm 이상)하면서 새우류와 게류의 섭식 비율이 감소하고 어류 섭식 비율이 높아지며 이 등(2012)은 표준체장 15.0cm 이하의 개체들이 새우류를 주로 섭식하고 25.0 cm 이상의 개체들은 어류를 주로 섭식한다고 보고하였다.

일반적으로 어류의 식성을 영양단계에 따라 초식성(Herbivore), 잡식성(Omnivore), 육식성(Carnivore)로 나눌 수 있으며(김, 2000), 먹이 형태에 따라 플랑크톤식성, 조식성, 저서생물식성, 혼합식성(저서생물과 어류 섭식), 어식성으로 구분할 수 있다(Moiseev, 1953; Dou, 1995; 추, 2007). 본 연구에서 나타난 불락의 식성은 저서생물식성이 강한 육식성 어종이었으며, 쏨뱅이는 혼합식성이 강한 육식성 어종이었다.

해양생태계에서 1차 생산력의 연평균 생산율을 보면 해조숲의 생산력이 대륙붕이나 용승해역보다도 4배 이상 높고 외해역보다는 10배 이상 높다고 보고된다(홍, 1999). 1차생산력이 높음에 따라 이들 먹이를 바탕으로 다른 생물들이 서식하기에 적합한 환경이 조성될 수 있으며, 결국 종다양성이 높은 해양

생태계가 조성될 수 있는 것이다. 결론적으로 인공바다숲 조성은 앞서 언급한 천연해조숲과 마찬가지로 다양한 저서동물과 어류들에게 서식처를 제공할 수 있으며, 상위포식자들에게는 먹이를 제공할 수 있는 기반을 마련하여 자원 조성 효과가 높을 것으로 판단된다.



3. 잘피숲

가. 서식 생물 현황

(1) 잘피류 부착 저서동물

(가) 생물종다양성

천연잘피숲과 인공잘피숲에서 출현한 잘피 부착 저서동물은 3개 분류군, 14종이었으며, 그 중에서 절지동물문이 7종(50.0%)으로 가장 많았고 이밖에도 연체동물문, 환형동물문이 출현하였다. 절지동물문 중에서는 단각류가 6종으로 가장 많았고, 그 다음으로 연체동물문의 복족류가 5종 출현하였다.

천연잘피숲 정점 SN-1에서는 2개 분류군, 5종의 저서동물이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 절지동물문 2종, 동계조사에서는 연체동물문 3종이 출현하여 종다양성이 매우 빈약하였다(Fig. 16과 17).

인공잘피숲 정점 SA-1에서는 3개 분류군, 10종의 저서동물이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 8종, 동계조사에서 2종이 출현하여 추계에 상대적으로 출현종수가 많았고, 천연잘피숲에 비해 출현종수가 많았다. 우점분류군은 추계조사에서 절지동물문(5종, 62.5%)이었으며 동계조사에서는 연체동물문(2종, 100.0%)이었다(Fig. 16과 17).

대조구의 경우, 잘피가 서식하지 않는 지역을 설정하였기 때문에 잘피 부착 저서동물은 항목에서 제외하였다.

따라서 천연 및 인공잘피숲에서의 잘피 부착 저서동물 종다양성은 조사 시기별로 큰 차이가 없었으나 정점별로는 정점 SA-1에서의 종다양성이 정점 SN-1에 비해 높은 것으로 나타나 인위적인 노력이 가해진 인공잘피숲이라 할

지라도 천연잘피숲 못지않게 생물 서식처로서의 가치가 높다는 것을 의미한다.

(나) 생물량

천연잘피숲과 인공잘피숲에서 출현한 잘피 부착 저서동물의 생물량은 37개체, 2.46 g이었다. 개체수 측면에서는 절지동물문이 21개체 출현하여 전체 출현개체수의 56.8%를 차지하였으며, 특히 절지동물문 중에서는 단각류가 19개체로 가장 많았다. 한편 생체량은 연체동물문이 1.59 g으로 전체 생체량의 64.6%를 차지하여 우점하였다.

정점 SN-1에서 출현한 잘피 부착 저서동물은 6개체, 1.39 g이었으며, 조사 시기별 우점분류군은 추계조사에서 절지동물문(3개체, 0.51 g), 동계조사에서 연체동물문(3개체, 0.88 g)이었다(Fig. 17).

한편, 정점 SA-1에서 출현한 잘피 부착 저서동물은 31개체, 1.07 g이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 28개체, 0.84 g, 동계조사에서 3개체, 0.23 g이 출현하여 추계에 생물량이 많았다. 개체수 측면에서의 우점분류군은 추계조사에서 절지동물문(18개체, 64.3%), 동계조사에서는 연체동물문(3개체, 100.0%)이었으며, 생체량 측면에서의 우점분류군은 추계조사에서 연체동물문(0.48 g, 57.1%) 동계조사에서도 연체동물문(0.23 g, 100.0%)이었다(Fig. 17).

천연잘피숲과 인공잘피숲에서의 잘피 부착 저서동물 생물량은 조사 시기별로 유사하였으며, 정점별로는 정점 SN-1에 비해 정점 SA-1에서 개체수가 많았고 생체량은 유사하였다.

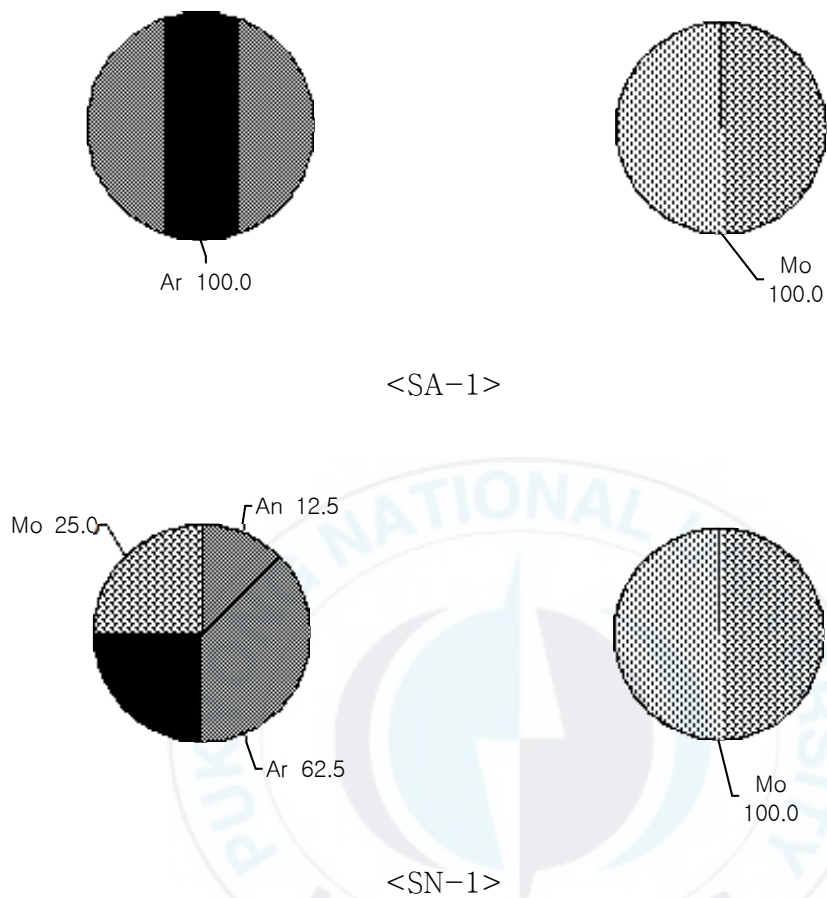


Figure 16. Percent composition of epifauna living on the seagrass surface (blade and holdfast) in Seosan on Autumn (left) and Winter (right), 2015 (An, Annelida; Ar, Arthropoda; Mo, Mollusca).

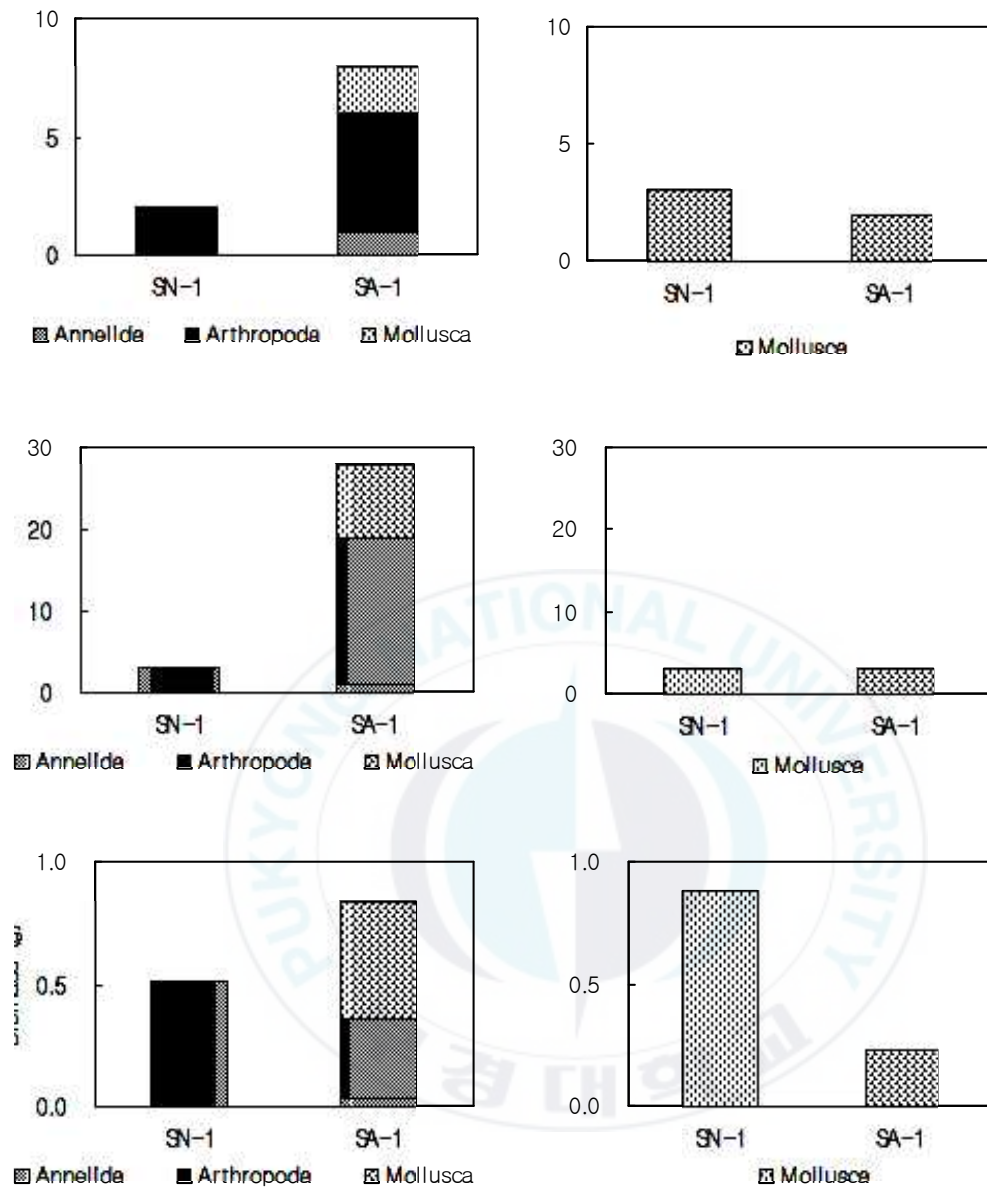


Figure 17. Spatio-temporal variations of number of species, abundance (inds) and biomass (g) of epifauna living on the seagrass surface (blade and holdfast) in Seosan on Autumn (left) and Winter (right), 2015.

(2) 해저면 서식 저서동물

(가) 생물종다양성

잘피숲(천연잘피숲, 인공잘피숲)과 인근 지역(대조구)에서 출현한 해저면 서식 저서동물은 3개 분류군, 42종이었으며, 그 중에서 환형동물문이 19종(45.2%)으로 가장 많았고 이밖에도 연체동물문과 절지동물문이 출현하였다.

정점 SN-1에서는 3개 분류군, 19종의 저서동물이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 7종, 동계조사에서 14종이 출현하여 동계에 출현종수가 많았다. 우점분류군은 연체동물문으로 추계조사에 4종(57.1%), 동계에 7종(50.0%)이 출현하였다(Fig. 18과 19).

정점 SA-1에서는 3개 분류군, 24종이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 14종, 동계조사에서 11종이 출현하여 출현종수가 유사하였다. 우점분류군은 환형동물문으로 추계에 6종(42.8%), 동계에 10종(90.9%)이 출현하였다(Fig. 18과 19).

한편 잘피가 없는 대조구 정점 SC-1에서는 3개 분류군, 27종의 저서동물이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 17종, 동계조사에서 15종이 출현하였다. 우점분류군은 추계에 연체동물문(8종, 47.1%)이었으며 동계에는 연체동물문과 환형동물문이 각각 7종(46.7%)씩 출현하였다(Fig. 18과 19).

결과적으로 천연잘피숲에서의 해저면 서식 저서동물은 동계에 종다양성이 높았고, 우점분류군은 연체동물문이었다. 인공잘피숲의 경우에는 추계에 종다양성이 높고 우점분류군은 환형동물문이었기 때문에 저서동물의 출현양상은 잘피숲이 자연적으로 조성된 조건인가 또는 인위적으로 조성한 조건인가에 따라 차이가 있었다. 또한 천연잘피숲에 비해 인공잘피숲에서의 종다양성이 상

대적으로 더 높은 것으로 미루어보아 인위적으로 조성, 관리하고 있는 인공잘피숲에서도 해양생물 서식처로서의 효과가 매우 높았다. 한편 잘피숲(천연잘피숲, 인공잘피숲)에 비해 대조구에서의 종다양성이 더 높게 나타난 것은 본 연구 해역이 사니질 지역에 작은 자갈들이 분포하는 특성이었고 갯벌에 서식하는 갯지렁이류가 많이 분포하여 잘피류의 서식과는 무관하게 생물종다양성이 높을 수 있는 환경이었다. 또한 인근 마을어장에서 굴, 바지락 양식이 성행하여 이들의 출현도 생물종다양성 증가에 기여하였다.

(나) 생물량

잘피숲(천연잘피숲, 인공잘피숲)과 인근 지역(대조구)에서 출현한 해저면 서식 저서동물의 생물량은 949개체(평균 316 개체/m²), 1,057.55 g(평균 352.51 g/m²)이었다. 개체수 측면에서의 우점분류군은 환형동물문으로 평균 161 개체/m²가 출현하여 전체 개체수의 51.0%를 차지하였으며, 생체량 측면에서는 연체동물문이 평균 343.50 g/m²이 출현하여 전체 생체량의 97.4%를 차지하였다.

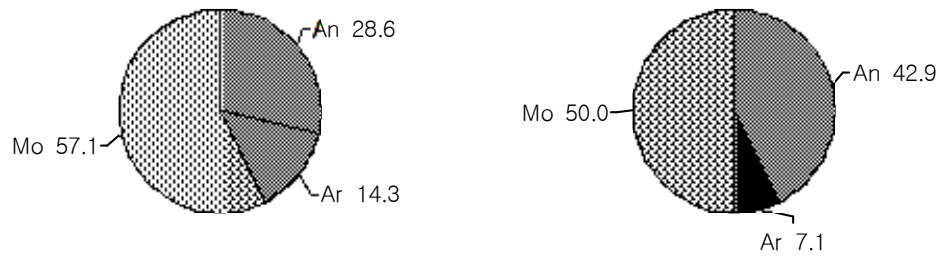
정점 SN-1에서 출현한 해저면 서식 저서동물은 323개체(평균 163 개체/m²), 121.31 g(평균 60.66 g/m²)이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 59 개체/m², 28.75 g/m², 동계조사에서 264 개체/m², 92.56 g/m²이 출현하여 동계에 많이 출현하였다. 개체수 측면에서의 우점분류군은 추계조사에서 환형동물문(32 개체/m², 54.2%), 동계조사에서 연체동물문(139 개체/m², 52.7%)이었으며, 생체량 측면에서의 우점분류군은 추계와 동계조사 모두 연체동물문(추계-27.86 g/m², 96.9%; 동계-3.40g/m², 90.1%)이었다(Fig. 19).

정점 SA-1에서 출현한 해저면 서식 저서동물은 158개체(평균 79 개체/m²),

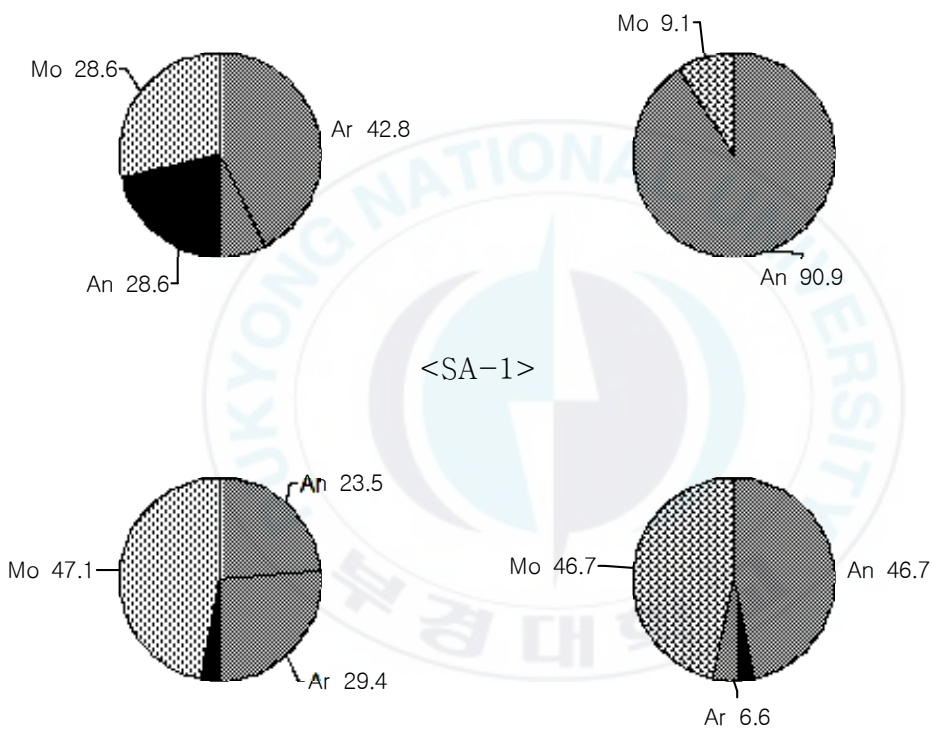
18.79 g/m²(평균 9.41 g/m²)이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 95 개체/m², 9.78 g/m², 동계조사에서 63 개체/m², 9.01 g/m²이 출현하여 개체수는 추계에 많았고 생체량은 조사 시기에 관계없이 유사하였다. 개체수 측면에서의 우점분류군은 환형동물문(추계-50 개체/m², 52.6%; 동계-58 개체/m², 92.1%)이었으며, 생체량 측면에서의 우점분류군은 추계조사에서 연체동물문(6.27 g/m², 64.1%), 동계조사에서 환형동물문(5.07 g/m², 56.3%)이었다(Fig. 19).

한편 정점 SC-1에서는 468개체(평균 235 개체/m²), 917.45 g/m²(평균 458.73 g/m²)의 해저면 서식 저서동물이 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 128 개체/m², 397.88 g/m², 동계조사에서 340 개체/m², 519.57 g/m²이 출현하여 동계에 생물량이 많았다. 개체수 측면에서의 우점분류군은 추계조사에서 연체동물문(100 개체/m², 78.1%), 동계조사에서 환형동물문(203 개체/m², 59.7%)이었으며, 생체량측면에서는 연체동물문(추계-395.83 g/m², 99.5%; 동계-513.21 g/m², 98.8%)이 우점분류군이었다(Fig. 19).

따라서 조사 시기별 저서동물의 개체수는 천연잘피숲에서 많았으며, 생체량은 천연잘피숲의 경우 동계에 많고 인공잘피숲의 경우에는 조사 시기별로 큰 차이가 없었다. 한편 대조구에서는 잘피숲에 비해 해저면 서식 저서동물이 많았으며, 인근 마을어장에서 양식되는 굴, 바지락 등의 생체량 증가와 관계있었다.



<SN-1>



<SC-1>

Figure 18. Percent composition of epifauna living on the surface of soft bottom in Seosan on Autumn(left) and Winter (right), 2015 (An, Annelida; Ar, Arthropoda; Mo, Mollusca).

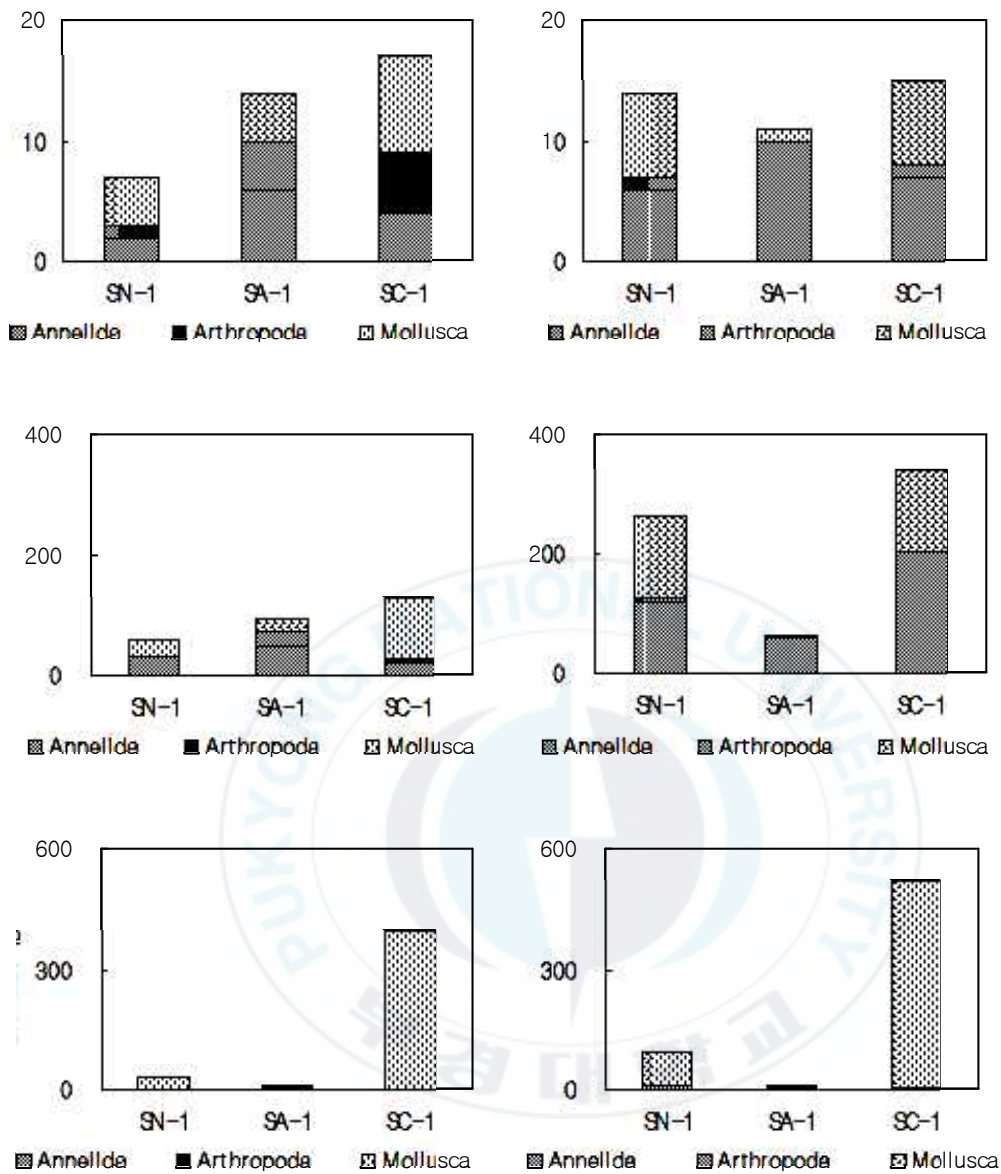


Figure 19. Spatio-temporal variations of number of species, abundance (inds/m²) and biomass (g/m²) of epifauna living on the surface of soft bottom in Seosan on Autumn (left) and Winter (right), 2015.

(3) 해산어류

(가) 생물종다양성

잘피숲(천연잘피숲, 인공잘피숲)과 인근 지역(대조구)에서 출현한 해산어류는 8목 19과 28종이었으며, 그 중에서 풀망둑(*Synechogobius hasta*)과 참서대(*Cynoglossus joyneri*)가 우점하였다.

정점 SN-1에서는 6목 14과 16종(자망 9종, 통발 8종)의 해산어류가 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 4목 8과 9종(자망 5종, 통발 4종), 동계조사에서 6목 11과 13종(자망 6종, 통발 8종)이 출현하여 동계에 더 다양한 해산어류가 출현하였다(Table 14).

정점 SA-1에서는 7목 15과 22종(자망 13종, 통발 10종)의 해산어류가 출현하였으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 5목 10과 15종(자망 9종, 통발 6종), 동계조사에서 6목 12과 14종(자망 7종, 통발 8종)이 출현하여 조사 시기별로 큰 차이가 없었다(Table 14).

한편 정점 SC-1에서는 추계조사에서 해산어류가 출현하지 않았고 동계조사에서는 5목 8과 9종(자망 9종, 통발 6종)이 출현하였다(Table 14).

따라서 해산어류 종다양성은 천연잘피숲에 비해 인공잘피숲에서 높은 것으로 나타나 저서동물 결과와 마찬가지로 인공잘피숲의 해양생물 서식처 기능이 매우 높았으며, 대조구의 종다양성은 상대적으로 낮았다.

(나) 생물량

잘피숲(천연잘피숲, 인공잘피숲)과 인근 지역(대조구)에서의 해산어류 생물량은 188개체, 9,239.0 g이었다. 그 중에서 풀망둑은 69개체, 3,792.6 g이 출현

하여 전체 출현개체수의 36.7%, 전체 생체량의 41.0%를 차지하여 우점하였다.

정점 SN-1에서 출현한 해산어류는 59개체, 2,111.8 g이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 24개체, 869.1 g, 동계조사에서 35개체, 1,212.7 g이 출현하여 동계에 생물량이 많았고, 우점종은 추계와 동계조사 모두 풀망둑과 참서대였다(Table 14).

정점 SA-1에서 출현한 해산어류는 110개체, 5,137.2 g이었으며, 조사 시기별로는 추계조사에서 57개체, 1,957.9 g, 동계조사에서 53개체, 3,179.3 g이 출현하여 동계에 생체량이 증가하였고 추계와 동계조사 모두 풀망둑이 우점, 참서대가 차우점하였다(Table 14).

정점 SC-1에서는 동계조사에서만 해산어류가 출현하였으며 그 생물량은 19개체, 1,990.0 g이었다. 출현종 가운데 풀망둑이 가장 우점하였으며, 이밖에도 조피볼락(*Sebastes schlegelii*)과 문치가자미(*Pleuronectes yokohamae*) 등이 출현하였다(Table 14).

천연잡피숲과 인공잡피숲에서의 해산어류 생물량은 동계에 많았으며, 조사지점별로는 인공잡피숲에서의 생물량이 천연잡피숲에 비해 많았기 때문에 인공잡피숲에서의 자원 조성 효과가 상대적으로 높았다.

(다) 수중 촬영 영상

목시 관찰 자료와 함께 수중 촬영 영상을 판독한 결과, 2목 3과 7종의 해산어류가 출현하였으며, 그 중에서 두줄망둑(*Tridentiger trigonocephalus*)이 우점하였다.

정점 SN-1에서는 2목 2과 3종의 해산어류가 관찰되었다. 조사 시기별 해산

어류 출현양상을 살펴보면, 추계조사에서는 1목 1과 1종(두줄망둑), 동계조사에서는 총 2목 2과 3종이 출현하였고 두줄망둑이 우점하였다(Table 15).

정점 SA-1에서는 2목 3과 5종의 해산어류가 관찰되었다. 조사 시기별 해산어류 출현양상을 살펴보면, 추계조사 결과, 2목 3과 5종이 출현하였으며 그 중에서 두줄망둑과 문절망둑(*Acanthogobius flavimanus*)이 우점하였고 동계조사에서는 2목 3과 5종이 출현하였으며, 두줄망둑이 우점하였다(Table 15).

한편 정점 SC-1에서는 해산어류가 출현하지 않았다.

결과적으로 천연잔피숲과 인공잔피숲에서 직접 육안으로 관찰한 해산어류의 종다양성은 어구로 채집한 조사방법에 비해 상대적으로 낮았으며, 조사 시기 또는 조사 지점별로 큰 차이가 없었다. 그리고 연성기질을 기반으로 하는 환경조건에 서식하기 양호한 망둑어과 어종이 우점하여 출현하는 것은 공통적인 특징이었다.

Table 14. Spatio-temporal variations of biological characters (number of species, abundance and biomass) of fish communities sampled with gill net (10×10 cm, 100 m) and drum net trap (Ø40 cm, 30 unit) in Seosan, 2015 (A: abundance, B: biomass)

Species	Stations	SN-1				SA-1				SC-1	
		Autumn		Winter		Autumn		Winter		Winter	
		A(inds)	B(g)	A(inds)	B(g)	A(inds)	B(g)	A(inds)	B(g)	A(inds)	B(g)
<i>Synechogobius hasta</i>		7	496.9	9	374	21	844.4	26	1,591.0	6	486.3
<i>Cynoglossus joyneri</i>		5	100.8	9	121	9	318.5	13	223	1	19.3
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>		2	1.2	2	8.4	6	3.7				
<i>Sebastes inermis</i>		2	24.9	3	86.9	2	19.7			2	21.8
<i>Takifugu niphobles</i>		1	7.1	3	62.2	1	22.5	1	19.2	1	32.3
<i>Pleuronectes yokohamae</i>						1	167.8	2	263	3	821.3
<i>Pennahia argentata</i>						5	112.6				
<i>Conger myrister</i>				1	115.8			2	427.2	2	58.1
<i>Cociella crocodila</i>	3	53.5						1	3.3		
<i>Trachidermus fasciatus</i>				1	21.9	1	7	1	10.3	1	13.5
<i>Zebrias fasciatus</i>	2	36.7		1	37.7			1	46.7		
<i>Konosirus punctatus</i>						4	92				
<i>Pseudoblennius percoides</i>				2	29.1			1	10.1		
<i>Sebastes schlegelii</i>								1	320.1	2	502.1
<i>Cynoglossus semilaevis</i>						2	76.9				
<i>Pholis nebulosa</i>						1	1.8	1	98.3		
<i>Platycephalus indicus</i>						1	27.9	1	50.5		
<i>Hexagrammos otakii</i>				1	105.7			1	89.8		
<i>Liparis tanakae</i>										1	35.3
<i>Paralichthys olivaceus</i>				1	216.1						
<i>Eopsetta grigorjewi</i>						1	123.6				
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	1	15									
<i>Nibea albiflora</i>	1	133									
<i>Mugil cephalus</i>								1	26.8		
<i>Inimicus japonicus</i>						1	72.4				
<i>Larimichthys polyactis</i>						1	67.1				
<i>Sillago japonica</i>				1	10.2						
<i>Okamejei kenojei</i>				1	53.7						
Sum		24	869.1	35	1,242.7	57	1,957.9	53	3,179.3	19	1,990.0
Number of species		9		13		15		14		9	

Table 15. Spatio-temporal variations of biological characters (number of species and abundance) of fish communities to visual census with SCUBA diving in Seosan, 2015

Species	Stations	SN-1		SA-1	
		Autumn	Winter	Autumn	Winter
<i>Tridentiger trionocephalus</i>		++	+++	++	++
<i>Acanthogobius flavimanus</i>				++	+
<i>Sagamia geneionema</i>			+		+
<i>Trachidermus fasciatus</i>			+	+	+
<i>Sebastes schlegelii</i>					+
Gobiidae sp.				+	
<i>Sebastes koreanus</i>				+	
Number of species		1	3	5	5

+++ : 51~100, ++ : 10~50, + : Below 10 individuals

(4) 잘피류

정점 SN-1에서의 거머리말류 밀도는 추계조사에서 533 개체/m², 동계조사에서 600 개체/m²가 출현하여 동계에 출현량이 증가하였으며, 정점 SA-1에서의 거머리말류 밀도는 추계조사에서 333 개체/m², 동계조사에서 294 개체/m²가 출현하여 동계에 출현량이 감소하였다. 특히 인공잘피숲에 비해 천연잘피숲에서의 거머리말류 밀도가 높아 천연잘피숲이 부착생물 서식처 제공에 유리할 것으로 예상되었으나 실제 서식 생물 현황 결과에서는 거머리말류 밀도 증가와 서식생물의 출현종수 또는 생물량 증가는 관계가 없었다(Table 16).

정점 SN-1에서의 거머리말류 생체량은 추계조사에서 1,421 g/m², 동계조사에서 663 g/m², 정점 SA-1에서는 추계조사에서 869 g/m², 동계조사에서 801 g/m²이 출현하여 천연잘피숲과 인공잘피숲에서는 공통적으로 동계에 생체량이 감소하였다. 특히 생체량 감소가 두드러진 곳은 천연잘피숲이었으며 동계에 밀도가 증가한 반면 생체량이 감소한 이유는 수온 저하로 인한 생리활성이 저하되고 이에 따라 개체 크기가 감소하였기 때문이다(Table 16).

Table 16. Spatio-temporal variations of biological characters (abundance and biomass) of *Zostera* spp. in Seosan, 2015

	SN-1		SA-1	
	Autumn	Winter	Autumn	Winter
Abundance (inds/m ²)	533 ± 22	600 ± 74	333 ± 55	294 ± 34
Total Biomass (g/m ²)	1,421 ± 165	663 ± 53	869 ± 127	801 ± 50
Biomass of aerial part (g/m ²)	897 ± 117	338 ± 28	607 ± 99	587 ± 30
Biomass of subterranean part (g/m ²)	524 ± 48	325 ± 42	262 ± 29	214 ± 20

나. 주요 어종별 위 내용물 분석

(1) 폴망둑

가) 체장(SL, cm) 조성

정점 SN-1에서 출현한 폴망둑 42개체의 체장 범위는 10.3~27.6 cm였으며, 체장 15.1~18.0 cm 범위에서 17개체가 출현하여 빈도수가 가장 많았다. 정점 SA-1에서 출현한 폴망둑 16개체의 체장 범위는 10.7~21.0 cm였으며, 15.1~18.0 cm 그리고 18.1~21.0 cm 구간에서 각각 5개체씩 출현하여 빈도수가 가장 많았다. 한편 정점 SC-1에서는 총 6개체의 폴망둑이 출현하였으며, 체장 범위는 14.3~22.3 cm였고, 출현빈도수는 18.1~21.0 cm 구간에서 가장 높았다.

(나) 위 내용물 조성

정점 SN-1에서 출현한 폴망둑은 총 42개체였으며 공복율은 69.0%였다. 주 먹이생물은 어류였으며, 전체 먹이생물 개체수의 17.6%, 위 내용물 전체 건조중량의 30.3% 그리고 상대중요도지수비 42.3%를 차지하였다. 그 다음으로 폴게(*Hemigrapsus penicillatus*)가 상대중요도지수비 26.0%를 차지하였으며 이밖에도 바위게류(*Grapsidae* sp.)와 참집게류(*Pagurus* sp.) 등이 먹이생물로 출현하였다(Table 17).

정점 SA-1에서 출현한 폴망둑은 총 16개체였으며 공복율은 50.0%였다. 위 내용물 중에서 주 먹이생물은 새우류(*Macrura* sp.)였으며, 전체 먹이생물 개체수의 22.2%, 위 내용물 전체 건조중량의 28.5% 그리고 상대중요도지수비 34.8%를 차지하였다. 그 다음으로 어류가 상대중요도지수비 28.0%를 차지하였고 이밖에도 딱충새우류(*Alpheus* sp.)와 선충류(*Nematoda* sp.) 등이 먹이생물로

출현하였다(Table 18).

정점 SC-1에서 출현한 풀망둑은 총 6개체였으며, 공복율은 33.3%였다. 위 내용물 중 주 먹이생물은 어류였으며, 전체 먹이생물 개체수의 40.0%, 위 내용물 전체 건조중량의 43.9% 그리고 상대중요도지수비 59.0%를 차지하였다. 이 밖에도 딱총새우류와 선충류가 먹이생물로 출현하였다(Table 19).

따라서 잘피숲(천연잘피숲, 인공잘피숲)과 인근 지역(대조구)에서 출현한 풀망둑은 육식성이 강한 어종으로 주 먹이원은 어류와 새우류였다.



Table 17. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Synechogobius hasta* at natural seagrass bed (SN-1) in Seosan, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Arthropoda					
Amphipoda					
Gammaridea					
Amphipoda sp.	7.7	5.9	0.1	46.0	1.8
Decapoda					
Anomura					
<i>Pagurus</i> sp.	7.7	5.9	7.6	103.8	4.0
Brachyura					
Grapsidae sp.	7.7	17.6	12.8	234.5	9.0
<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	15.4	17.6	26.5	679.0	26.0
<i>Portunus trituberculatus</i>	7.7	5.9	0.5	49.5	1.9
Caridea					
<i>Alpheus brevicristatus</i>	7.7	5.9	3.9	75.6	2.9
<i>Alpheus japonicus</i>	7.7	5.9	5.3	86.1	3.3
Macrura sp.	7.7	5.9	6.1	92.5	3.5
Chordata					
Pisces	23.1	17.6	30.3	1,107.4	42.3
Nematoda					
Nematoda					
Nematoda sp.	7.7	5.9	0.1	46.0	1.8
Nemertea					
Lineidae sp.	7.7	5.9	6.6	96.0	3.7
Sum		100.0	100.0	2,616.2	100.0

Table 18. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Synechogobius hasta* at artificial seagrass bed (SA-1) in Seosan, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Arthropoda					
Amphipoda					
Gammaridea					
Amphipoda sp.	12.5	11.1	0.1	140.5	3.9
Ampithoidae sp.	12.5	11.1	0.1	140.5	3.9
Caridea					
<i>Alpheus</i> sp.	12.5	11.1	52.5	795.5	21.8
Macrura sp.	25.0	22.2	28.5	1,267.6	34.8
Chordata					
Pisces	25.0	22.2	18.6	1,020.7	28.0
Nematoda					
Nematoda					
Nematoda sp.	12.5	22.2	0.1	279.4	7.7
Sum		100.0	100.0	3,644.2	100.0

Table 19. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Synechogobius hasta* at control site (SC-1) in Seosan, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Arthropoda					
Decapoda					
Caridea					
<i>Alpheus</i> sp.	33.3	20.0	51.2	2,374.0	25.1
Chordata					
Pisces	66.7	40.0	43.9	5,593.5	59.1
Nematoda					
Nematoda					
Nematoda sp.	33.3	40.0	4.9	1,495.9	15.8
Sum		100.0	100.0	9,463.4	100.0

(2) 참서대

(가) 체장(SL, cm) 조성

정점 SN-1에서 출현한 참서대 22개체의 체장 범위는 13.2~20.7 cm였으며, 체장 18.1~21.0 cm 범위에서 8개체가 출현하여 출현빈도수가 가장 많았다. 정점 SA-1에서는 14개체의 참서대가 출현하였고 체장 범위는 12.2~17.2 cm였고, 12.1~15.0 cm 구간에서 8개체가 출현하여 빈도수가 가장 많았다. 한편 정점 SC-1에서는 참서대가 출현하지 않았다.

(나) 위 내용물 조성

정점 SN-1에서 출현한 참서대는 22개체였으며 공복율은 18.2%였다. 주 먹이생물은 단각류(Amphipoda sp.)였으며, 전체 먹이생물 개체수의 49.0%, 위 내용물 전체 건조중량의 39.5% 그리고 상대중요도지수비 86.0%를 차지하였다. 그 다음으로 상대중요도지수비가 높은 먹이생물은 멜리타옆새우류(Melitidae sp.)로 7.3%를 차지하였다(Table 20).

정점 SA-1에서 출현한 참서대는 총 14개체였으며 공복율은 42.9%였다. 주 먹이생물은 천연 잘피 군락지에서와 마찬가지로 단각류였으며, 전체 먹이생물 개체수의 46.9%, 위 내용물 전체 건조중량의 42.9% 그리고 상대중요도지수비 66.7%를 차지하였다. 그 다음으로 상대중요도지수비가 높은 먹이생물은 참옆새우류(Ampithoidae sp.)로 25.7%였고, 이밖에도 불은꼬리옆새우류(Atylidae sp.), 육질꼬리옆새우류(*Gammaropsis* sp.), 멜리타옆새우류, 긴배옆새우류(*Podocerus* sp.)가 먹이생물로 출현하였다(Table 21).

종합적으로 천연잘피숲과 인공잘피숲에서 출현한 참서대의 주 먹이원은 단

각류를 포함하는 옆새우류였으며, 잘피숲(천연잘피숲, 인공잘피숲)에서의 옆새우류 서식 여부는 참서대 생물량 증가에 영향을 미칠 것이다.



Table 20. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Cynoglossus joyneri* at natural seagrass bed (SN-1) in Seosan, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Arthropoda					
Amphipoda					
Gammaridea					
Amphipoda sp.	66.7	49.0	39.5	5,901.0	86.0
Ampithoidae sp.	11.1	3.1	7.0	111.5	1.6
Gammaropsis sp.	5.6	1.0	2.3	18.6	0.3
Hyalae sp.	5.6	9.2	9.3	102.7	1.5
Melitidae sp.	11.1	28.6	16.3	498.3	7.3
Peramphithoe sp.	5.6	3.1	2.3	29.9	0.4
Podocerus sp.	11.1	2.0	4.7	74.4	1.1
Cumacea					
Leptostylis sp.	5.6	1.0	2.3	18.6	0.3
Decapoda					
Brachyura					
Grapsidae sp.	5.6	1.0	4.7	31.5	0.5
Caridea					
Hippolytidae sp.	5.6	1.0	7.0	44.4	0.6
Chordata					
Pisces	5.6	1.0	4.7	31.5	0.5
Sum		100.0	100.0	6,862.4	100.0

Table 21. Percentage frequency of occurrence (F), number of individuals (N), dry weight (W) and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Cynoglossus joyneri* at artificial seagrass bed (SA-1) in Seosan, 2015

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Arthropoda					
Amphipoda					
Gammaridea					
Amphipoda sp.	50.0	46.9	42.9	4,486.6	66.7
Ampithoidae sp.	25.0	40.6	28.6	1,729.9	25.7
Atylidae sp.	12.5	3.1	7.1	128.3	1.9
<i>Gammaropsis</i> sp.	12.5	3.1	7.1	128.3	1.9
Melitidae sp.	12.5	3.1	7.1	128.3	1.9
<i>Podocerus</i> sp.	12.5	3.1	7.1	128.3	1.9
Sum		100.0	100.0	6,729.9	100.0

다. 잘피숲의 자원 조성 효과

Blankenhorn (2007)은 잘피숲에 서식하는 생물을 크게 5개로 분류하였다(①부착성 생물, ②잘피류 사이의 대형동물, ③움직임이 느린 생물, ④저서생물, ⑤유영동물). 이 5개 분류군은 잘피숲을 기반으로 먹이 피라미드를 형성하며 상위 포식자에 에너지를 제공함으로써 해양생태계 구성 및 유지에 큰 역할을 하고 있다.

본 연구의 잘피숲에서 출현한 저서동물과 해산어류는 63종(잘피류 부착 저서동물 14종, 해저면 서식 저서동물 33종, 해산어류 22종)이었으며, 그 중에서 천연잘피숲에서는 39종, 인공잘피숲에서는 57종이 출현하여 인공잘피숲에서의 종다양성이 상대적으로 높았다. 특히 천연잘피숲과 인공잘피숲에서의 종다양성은 천연해조숲과 인공해조숲에 비해 상대적으로 낮았는데 이는 해저면 기질에 따라 출현하는 동물상 차이 때문이다. 본 연구에서는 해저 표면에 부착하여 서식하는 표생동물(epifauna)을 주 분석 대상 동물로 분석하였으나 연성기질(빨, 모래 등)에서는 해저층에 구멍을 뚫어 서식하거나 해저면을 기어다니는 내생동물(infauna)이 많기 때문에 상대적으로 다양성이 적었을 가능성이 높다. 하지만 앞서 살펴본 것과 같이 천연해조숲에 비해 인위적으로 조성한 인공해조숲에서 종다양성이 높았던 결과와 유사하게 잘피숲의 경우에서도 인공잘피숲에서의 종다양성이 천연잘피숲에 비해 높은 것으로 나타나, 인위적인 조성 과 관리의 노력은 종다양성 증가에 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다. 한편, 잘피숲에 서식하는 해양생물에 대한 국내 연구는 어류를 대상으로 다수 이루어져 있다. 잘피숲에 서식하는 어종은 18~58종이 보고되었으며, beam trawl을 이용한 연구에서는 종다양성이 높았으나 통발을 이용한 연구에

서는 종다양성이 낮은 것으로 나타나 사용 어구에 따라 종다양성 차이가 두드러질 수 있다(허, 1986; 고와 조, 1997; 김과 콕, 2006; 황, 2007).

잘피숲은 전 세계적으로 어류의 산란 및 성육장으로 활용도가 매우 높고 영양분 공급, 저질 안정화, 산소 공급 및 탄소 제거에 효과적인 것으로 각광받고 있다. 또한 잘피의 밀집으로 인해 파도의 힘과 유속은 크게 감소될 수 있으며, 수온 변화의 폭을 감소시켜 저서동물의 부유유생이 안정적으로 정착할 수 있는 기회를 제공할 수 있다(Heck et al., 2003; Short et al., 2011). 본 연구의 대조구에서 나타나는 종다양성은 51종으로 연성기질에 서식하는 환형동물문이 대부분을 차지하였으며, 잘피숲에서의 종다양성에 비해 높게 나타났는데 이는 잘피숲이 아닌 사니질 또는 갯벌로서의 가치가 반영된 결과이다. 특히 본 연구는 표생동물을 주 분석 대상으로 설정하였는데, Craig and Jones (1966)는 모래, 사니질 그리고 니질의 환경에서는 표생동물 다양성보다 내생동물 다양성이 2배 이상 높다고 보고하여 본 연구의 대조구에서 더 높은 생물종 다양성이 나타날 수 있는 가능성을 뒷받침한다. 하지만 이러한 사니질 또는 갯벌은 해산어류의 산란지 또는 어린 개체들의 성육지로서의 역할이 매우 제한적이며 잘피숲과는 다른 성격의 가치로 평가되어야 할 것이다.

잘피숲에서의 생물량을 살펴보면, 천연잘피숲에서는 잘피 부착 저서동물이 77 개체/m², 0.7 g/m², 해저면 서식 저서동물은 162 개체/m², 60.7 g/m², 해산어류는 713 개체/ha, 21.9 kg/ha가 출현하였으며, 인공잘피숲에서는 잘피 부착 저서동물 228 개체/m², 0.5 g/m², 해저면 서식 저서동물 79 개체/m², 9.4 g/m², 해산어류 1,338 개체/ha, 71.4 kg/ha가 출현하였다. 이를 바탕으로 잘피숲 1 ha를 조성할 경우, 저서동물은 2.7×10^6 개체/ha, 356.5 kg/ha, 어류는 1,026 개체

/ha, 46.7 kg/ha이 서식할 수 있다. 기존 문헌에서는 잘피숲에 서식하는 어류의 생물량이 잘피가 없는 지역의 어류 생물량에 비해 많은 것으로 보고하였으며(Orth and Heck, 1980; Mattila et al., 1999), 이는 잘피숲이 어류의 보호지와 먹이공급원 역할을 하기 때문이다(신 등, 2015). 실제로 해양에서 잘피의 양이 감소하게 되면 어류의 중요한 먹이생물들과 치어들의 생물량이 감소하며, 잘피숲 생산성을 감소시켜 먹이망 구조에 심각한 영향을 준다(Nelson, 1979). 정 등(2004)은 잘피숲에 서식하는 단각류 11종(평균 20,401 개체/m²)을 보고하였는데, 이들은 잘피가 분해된 유기쇄설입자를 직접 먹거나 이를 먹이로 하는 다른 미소동물들을 먹은 뒤, 어류와 같은 상위 단계로 에너지를 연결하는 중요한 구실을 한다(Thayer et al., 1984). 이밖에도 허와 안(1997, 1998)은 새우류 26종, 게류 21종이 잘피숲에서 서식한다고 보고하여 기존 문헌들은 잘피숲의 자원 조성 효과를 주장하고 있다.

해산어류의 위 내용물 분석 결과를 종합해보면, 잘피숲에서 서식하는 풀망둑 공복율은 평균 60.0%로 비교적 높았으며, 천연잘피숲의 공복율이 상대적으로 높았다(69.0%). 천연잘피숲에서의 풀망둑 주 먹이원은 어류였으나 인공잘피숲에서는 새우류였다. 기존 문헌에 의하면 풀망둑은 다양한 저서성 대형저서동물(게류, 새우류, 두족류, 갯지렁이류 등)과 소형 어류를 섭식한다고 보고하였으며(백, 1969; 최 등, 1996), 서와 홍(2006)도 갑각류를 비롯하여 다모류와 연체동물을 주로 섭식한다고 보고하여, 풀망둑의 식성은 혼합식성이 강한 육식성으로 판단된다.

한편, 잘피숲에서의 참서대 공복율은 평균 30.6%였고 천연잘피숲의 공복율이 상대적으로 높았으며(49.0%), 먹이 경쟁을 할 수 있는 풀망둑에 비해서는

상대적으로 낮은 공복율이었다. 본 연구에서의 참서대 주먹이원은 옆새우류였으며, 백 등(2002)은 참서대의 주 먹이생물이 단각류와 소형 이매패류이고 성장하면서 단각류(참서대 전장 9~15 cm 구간)에서 소형 이매패류(참서대 전장 17 cm 이상 구간)로 먹이 조성이 변화한다고 보고하였다. 이를 종합해보면 참서대의 식성은 저서생물식성이 강한 육식성으로 판단된다.



IV. 종합토론

본 연구에서는 바다숲의 자원 조성 효과를 파악하기 위해 바다숲에 서식하는 해양생물의 현황과 이를 먹이로 섭식하는 해산어류의 위 내용물을 분석하였다.

천연해조숲에서 서식하는 저서동물과 해산어류는 총 183종이었으며, 천연해조숲 1 ha 내에는 저서동물 9.9×10^6 개체/ha, 2.1 ton/ha, 해산어류 591 개체/ha, 105.8 kg/ha가 서식하는 것으로 나타났다. 인공해조숲에서는 152종의 해양생물이 출현하였으며, 인공해조숲 1 ha 조성시, 저서동물 16.1×10^6 개체/ha, 3.7 ton/ha, 해산어류 663 개체/ha, 169.2 kg/ha가 서식하는 것으로 나타났다. 천연 및 인공갈피숲에서는 63종의 해양생물이 출현하였으며, 저서동물은 2.7×10^6 개체/ha, 356.5 kg/ha, 해산어류는 1,026 개체/ha, 46.7 kg/ha가 서식하는 것으로 나타났다.

해조류는 엽체의 형태, 생존전략 및 내부구조에 따라 엽상형(sheet form), 사상형(filamentous form), 성긴분지형(coarsely branched form), 다육질형(thick leathery form), 유절산호말형(jointed calcareous form) 그리고 각상형(crustose form)으로 구분되며(Littler and Littler, 1984), 이러한 형태적 특징에 따라 부착성 저서동물이 종 특이성을 보일 수 있다(Edgar and Klumpp, 2003; Schmidt and Scheibling, 2006). 일부 연구에서는 부착성 저서동물의 풍부도가 해조류의 다양성과 연관성이 없고 해조류의 종 특이성과 부착성 저서동물이 밀접한 연관성을 보이지 않는다고도 보고하고 있다(Bates and DeWreeds, 2007; Gestoso

et al., 2010). 그러나 일반적으로는 부착성 저서동물들이 자신들의 크기에 적합한 해조류를 우선적으로 선택하여 해조류 표면과 일정한 접촉을 유지하며 서식하기 때문에 해조류의 형태적 특징에 따라 부착성 저서동물 군집이 변할 가능성이 높으며(Parker et al., 2001), 따라서 해조상의 변화에 따라 자원증가 효과도 차이를 보일 수 있을 것으로 예상된다. 이밖에도 해조류 기원의 유인 물질에 의한 저서동물의 유인 및 변태, 착저 유도효과와 조류 강도에 의한 이동성 저서동물의 구성 중 차이도 바다숲의 자원 조성 효과 변화에 영향을 미칠 것이다(윤과 홍, 1995).

해산어류의 위 내용물을 분석한 결과, 바다숲에 서식하는 5개 어종(붕장어, 솜뱅이, 볼락, 풀망둑 그리고 참서대)은 모두 육식성 어종이었으며, 세부적으로는 어식성이 강한 육식성 어종(붕장어), 혼합식성이 강한 육식성 어종(솜뱅이, 풀망둑), 저서생물식성이 강한 육식성 어종(볼락, 참서대)으로 나뉘었다. 이들은 모두 바다숲이 조성되고 이를 기반으로 서식하는 해양생물들을 먹이로 섭식할 수 있는 어종들이었으며, 따라서 바다숲 조성과 먹이생물 서식 여부는 해산어류의 위집 효과와 매우 밀접한 연관성을 가짐으로써 어민 소득 증대에도 영향을 미칠 수 있을 것이다. 한편, 계절적 또는 지역적 특성의 차이로 인해 동일한 어종이라도 먹이생물 구성에 차이를 보였다. 우리나라와 같은 온대해역의 경우, 수온이 계절적으로 크게 변화하며, 이에 따라 해산어류의 먹이가 되는 먹이생물들의 현존량과 종조성은 차이를 보인다. 하지만 해산어류는 주변에서 쉽게 섭식할 수 있는 먹이생물로 선호도가 전환되는 경향이 있기 때문에(Nikolsky, 1963), 먹이생물 구성이 계절적, 지역적 차이를 보인다 할지라도 바다숲이 조성되고 해산어류의 먹이생물이 서식 기반을 확대, 유지하게 된다

면 해산어류의 서식 효과는 유지 또는 증가할 것이다.

한편, 저서동물이 해조류를 먹이원으로 활용하고 해산어류는 저서동물을 먹이원으로 활용하여 먹이사슬이 형성된다면, 해조류의 양에 따라 해산어류의 양도 조절될 수 있다. 유 등(2007)은 작은 몸체의 저서동물일수록 효율적인 해조류 섭식자이며, 조식동물 군집조성과 밀도가 일정하다고 가정할 때, 5g의 해조류가 하루에 섭식된다고 보고하였다. 본 연구에서는 해조류에 부착하여 서식하는 중형저서동물에 대해 연구가 수행되지 않아 직접적인 활용이 불가능하지만 추후 해조류에 부착하여 서식하는 중형저서동물의 생물량을 기초로 어류의 중·대형 저서동물 섭식량과 저서동물의 해조류 섭식량에 대한 검토가 이루어진다면, 자원량 조절에 필요한 기초자료를 확보할 수 있을 것이다.

최근 문제시 되는 갯녹음 해역에서는 해조(초)류의 서식밀도 감소 및 먹이 생물 부족에 따라 어패류 등 연안 생태계의 수산생물자원이 지속적으로 감소하고 있다. 하지만 천연바다숲(해조숲 또는 잘피숲)을 보전하거나 황폐화된 해역에 인공바다숲을 인위적으로 조성하고 관리하면 앞서 살펴본바와 같이 다양한 해양생물이 서식할 수 있는 공간과 먹이를 마련해줄 수 있다. 세부적으로 진행과정을 살펴보면, 첫 번째로 해조(초)류가 정착하고 이에 부착하거나 해조(초)류를 먹이로 하는 무척추동물들이 서식하게 된다. 두 번째로 무척추동물 서식량이 증가하면서 이를 섭식하는 대형생물(예. 어류)들이 위집되며, 세 번째로 모여든 대형생물들이 안정적인 생활을 하며 산란장으로 활용하게 된다. 또한 부화한 어린 개체들은 다른 포식자들을 피해 은신할 수 있으며, 성체가 될 때 까지 성육장으로 활용한다. 따라서 다양한 형태의 바다숲 조성은 해조(초)류를 기반으로 정착하는 연안 해양생물의 서식지와 산란지를 제공해 줄

수 있으며, 결국 에너지 전달과 효율이 우수한 하나의 해양생태계를 구성하는 기반을 만들어 줄 수 있게 되는 것이다.

현재, 일본에서는 해조군락의 복원 및 수산자원증강을 위하여 바다숲 보전과 회복에 관심이 집중되어 있으며, 바다숲을 조성하는 시설사업과 바다숲 확산을 위한 지원 사업을 통해 소멸된 해조군락을 회복하고 관리하고 있다 (Terawki et al., 2001). 우리나라의 경우도 황폐화된 연안 해역을 복원하고 수산자원을 조성하기 위해 바다숲 조성사업을 실시하는 등 많은 노력이 투입되고 있다. 본 연구에서 살펴본 바와 같이 바다숲이 가질 수 있는 자원 조성 효과는 매우 높았으며, 특히 인위적으로 조성한 인공바다숲이 가지는 효과는 천연바다숲에 못지않거나 또는 그 이상의 효과(예. 서식생물 다양성 증가, 생물량 증가)를 보였다. 이러한 결과는 향후 연안 환경 개선과 수산자원회복을 위해서는 천연바다숲의 보전뿐만 아니라 인공바다숲의 조성과 지속적인 바다숲의 보존, 관리에 더 많은 노력을 기울여야 함을 시사한다. 이러한 측면에서 본 연구는 바다숲의 자원 조성 효과에 대한 천연 및 인공바다숲 현장에서 실질적인 조사와 연구결과를 토대로 평가하였다는 점에서 그 의미가 있다고 할 것이다.

V. 국문요약

바다숲이 가지는 자원 조성 효과를 파악하기 위해 2015년 추계와 동계에 제주의 천연해조숲, 여수의 인공해조숲, 서산의 천연 및 인공잘피숲에서 현장 표본 조사를 실시하였으며, 저서동물과 해산어류의 현황과 해산어류의 먹이생물 및 식성을 자원 조성 효과 파악을 위한 주요 지표로 이용하였다. 바다숲에서 서식하는 해양생물의 출현종수를 파악한 결과, 천연해조숲에서 183종, 인공해조숲에서 152종, 천연 및 인공잘피숲에서는 63종이 출현하였다. 또한 바다숲 1 ha내 서식하는 생물량을 환산한 결과, 저서동물은 천연해조숲에서 9.9×10^6 개체/ha, 2.1 ton/ha, 인공해조숲에서 16.1×10^6 개체/ha, 3.7 ton/ha 그리고 천연 및 인공잘피숲에서 2.7×10^6 개체/ha, 356.5 kg/ha가 서식하였으며, 해산어류는 천연해조숲에서 591 개체/ha, 105.8 kg/ha, 인공해조숲에서 663 개체/ha, 169.2 kg/ha 그리고 천연 및 인공잘피숲에서 1,026 개체/ha, 46.7 kg/ha가 서식하였다.

바다숲에서 우점 출현한 해산어류의 위 내용물을 분석한 결과, 5개 어종(붕장어, 쏨뱅이, 볼락, 풀망둑 그리고 참서대) 모두 육식성 어종이었으며, 세부적으로는 어식성이 강한 육식성 어종(붕장어), 혼합식성이 강한 육식성 어종(쏘뱅이, 풀망둑), 저서생물식성이 강한 육식성 어종(볼락, 참서대)으로 나뉘었다. 본 연구에서 나타난 해산어류 5종의 주 먹이원들은 바다숲에 서식하는 해양생물상에 포함되는 생물들로 구성되었으며, 이에 따라 바다숲 조성으로 인해 해산어류가 먹이로 이용할 수 있는 해양생물량이 증가하게 된다면, 해산어

류의 위집효과에도 긍정적으로 작용할 것이다.

연구 결과들을 바탕으로 바다숲의 자원 조성 효과를 단계적으로 나누어 보면, 첫 번째 단계에서는 해조(초)류가 정착하게 되면서 해조(초)류에 부착하거나 섭식(grazing)하는 무척추동물들이 서식하게 되고, 두 번째 단계에서는 무척추동물 서식량이 증가하면서 이를 섭식하는 대형동물(예. 어류)들이 위집한다. 세 번째 단계에서는 위집한 대형동물들이 안정적인 생활을 하며 산란장으로도 활용하게 되고 신규 가입된 해양 생물의 어린 개체들은 은신처 및 성육장으로 바다숲을 활용하게 된다. 결국 바다숲 조성은 안정적인 생태계 그룹을 형성하며 이후 주변 해역으로까지 확산되어 우리나라 연안 생태계가 회복되는 것이다. 바다숲 조성이 일시적인 연안 생태계 구성을 도모하는 것이라면, 시설 상태 점검, 조식동물 구제 등을 통한 사후 관리는 연안 생태계 복원, 수산자원량 및 소득 증대를 도모하는 것으로 지속적인 연안 생태계 안정 및 회복을 위해서는 바다숲 시설에만 머무를 것이 아니라 사후 관리에도 많은 노력이 필요하다.

본 연구에서 확인된 바다숲의 자원 조성 효과는 서식생물상(현존량 포함)의 증대 및 해산어류의 먹이활동을 통한 위집이었다. 향후 본 연구의 결과들은 수산자원의 가입량이나 생존율과 같은 자연과학적 요소, 경제적 소득 증대와 같은 인문사회적 요소와 동시에 검토될 수 있으며 바다숲의 가치 평가에 대한 논의가 가능할 것이다.

VI. 참고문헌

- 국립수산진흥원, 1999. 한국연근해 유용연체동물도감. 도서출판구덕, 부산, 215pp.
- 국립수산진흥원, 2001. 한국새우류도감. 한글그라픽스, 부산, 224pp.
- 고유봉, 조성환, 1997. 제주도 연안 해초지대 어류군집에 관한 연구 I. 종조성과 계절변화. 한국어류학회지, 9, 48-60.
- 김병기, 곽우석, 2006. 거제도 지세포만 잘피밭 어류 종조성의 계절 변동. 한국어류학회지, 18, 234-243.
- 김익수, 최윤, 이충열, 이용주, 김병직, 김지현, 2005. 원색 한국어류대도감. 교학사, 서울, 615pp.
- 김인배, 2000. 어류양식학. 한글, 부산, 615pp.
- 김일회, 1998. 한국동식물도감, 제38권 동물편(따개비류, 공생성 요각류, 바다거미류). 교육부 국정교과서주식회사, 서울, 1038pp.
- 김훈수, 1973. 한국동식물도감, 제14권 동물편(집게·게류). 문교부, 서울, 694pp.
- 김훈수, 1977. 한국동식물도감, 제19권 동물편(새우류). 문교부, 서울, 414pp.
- 백근욱, 여영미, 정재묵, 박주면, 허성희, 2011. 통영 연안에 출현하는 쏨뱅이 (*Sebastiscus marmoratus*)의 식성. 한국어류학회지, 23, 128-134.
- 백근욱, 허성희, H. Hashimoto, 2002. 여수 연안에서 채집된 참서대 (*Cynoglossus joyneri*)의 식성. 한국어류학회지, 14, 234-239.
- 백의인, 1969. 폴망둑 *Synechogobius hasta* (Temminck et Schlegel)의 먹이조사. 한국수산학회지, 2, 47-62.
- 백의인, 1989. 한국동식물도감, 제31권 동물편(갯지렁이류). 문교부, 서울,

764pp.

- 서인수, 홍재상, 2006. 갯벌을 이용하는 풀망둑(*Acanthogobius hasta*)과 쉬쉬망둑(*Chaeturichthys sigmatias*)의 섭식생태. 한국수산학회지, 39, 165-179.
- 손민호, 홍성윤, 2003. 바위해변에 사는 해양생물. 풍등출판사, 서울, 143pp.
- 신경수, 한경호, 백정익, 이성훈, 이원교, 2015. 거문도 연안 잘피밭과 주변해역의 어류 종조성 및 양적변동. 한국어업기술학회지, 51, 484-492.
- 양문호, 문태석, 유준택, 고준철, 장대수, 2007. 제주 차귀도 연안역 저서 무척추동물의 출현과 계절적 변동. 한국패류학회지, 23, 235-243.
- 유재원, 김효진, 이현정, 이창근, 김창수, 홍재상, 홍정표, 김동삼, 2007. 동해안 조식성 무척추동물과 해조류 간 상호작용. 한국해양학회지, 12, 125-132.
- 윤성규, 홍재상, 1995. 해양생물학. 아카데미서적, 서울, 412pp.
- 윤창호, 2002. 한국어류도감. 아카데미서적, 서울, 747pp.
- 위찬우, 이정호, 신현출, 2014. 가로림만 저서다모류군집의 시·공간 분포 및 건강 상태. 한국해양학회지, 19, 256-264.
- 이승종, 김병엽, 차형기, 2012. 제주 연안에 서식하는 쏨뱅이(*Sebastiscus marmoratus*)의 식성. 한국어업기술학회지, 481, 379-386.
- 이용필, 2008. 제주의 바닷말. 아카데미서적, 서울, 477pp.
- 이용필, 강서영, 2002. 한국산 해조류의 목록. 제주대학교출판부, 제주, 662pp.
- 이인규, 강제원, 1986. 한국산 해조류의 목록. 한국조류학회지, 1, 311-325.
- 정승진, 유옥환, 서해립, 2004. 광양만 잘피밭에 서식하는 단각류의 계절변동과 식성. 한국수산학회지, 37, 122-128.
- 추현기, 2007. 동해 남서부 고리 주변해역 어류의 종조성과 섭식 생태. 부경대학교 박사학위논문, 부산, 126pp.
- 최윤, 김익수, 유봉석, 박종영, 1996. 금강하구 풀망둑(*Synechogobius hasta*)의

- 생태. 한국수산학회지, 29, 115-123.
- 최정화, 최승희, 김종빈, 박정화, 오철웅, 2008. 한국 남해 연안에 분포하는 붕장어(*Conger myriaster*)의 섭이생태. 한국수산학회지, 41, 282-288.
- 최창근, 2007. 부산영도의 해조강과 곰피(*Ecklonia stolonifera* Okamura) 군락. *Alage*, 22, 313-318.
- 한국동물분류학회, 1997. 한국동물명집. 아카데미서적, 서울, 489pp.
- 해양수산부, 2002. 갯녹음 (백화) 현상의 원인 규명 및 대책. 243pp.
- 해양수산부, 2005. 전남 다도해형 바다목장화 개발연구 용역보고서. 670pp.
- 해양수산부, 2010. 바다숲 조성사업 최종보고서. 623pp.
- 해양수산부, 2014. 바다숲 조성사업 최종보고서. 799pp.
- 해양수산부, 2015. 바다숲 조성사업 최종보고서. 909pp.
- 허성희, 1986. 잘피밭에 서식하는 어류의 종조성 및 생물량의 계절적 변동에 관한 연구. 한국수산학회지, 19, 509-517.
- 허성희, 박석남, 1998a. 광양만 잘피밭에 서식하는 붕장어(*Conger myriaster*)의 식성. 한국수산학회지, 31, 665-672.
- 허성희, 박석남, 1998b. 광양만 잘피밭에 서식하는 볼락(*Sebastes inermis*)의 식성. 한국수산학회지, 31, 168-175.
- 허성희, 안용락, 1998. 광양만 잘피밭에 서식하는 게류 군집의 계절 변동. 한국수산학회지, 31, 535-544.
- 홍재상, 1999. 인천갯벌의 생태적 가치와 보전방안: 인천갯벌의 생물다양성-대형저서생물을 중심으로- '갯벌 보호 인천시민헌장 제정과 랍사르지역 지정을 위한 심포지엄'. 인천광역시, 인천환경운동연합, 33-56.
- 홍현득, 임홍탁, 조은설, 2013. 우리나라 ABS (나고야의정서) 대응정책의 평가와 과제. 기술혁신학회지, 16, 506-529.

- 황원진, 2007. 남해 앵강만 잘피밭에 서식하는 어류의 종조성 및 계절변동. 부경대학교 석사학위논문, 부산, 63pp.
- 황철희, 남윤주, 김진구, 명정구, 2013 한국의 연안어류. 아카데미서적, 서울, 176pp.
- Bates, C.R., G.W. Saunders and T.C. Chopin, 2005. An assessment of two taxonomic distinctness indices for detecting seaweed assemblage responses to environmental stress. *Bot. Mar.*, 48, 231–243.
- Bates, C.R. and R.E. DeWreede, 2007. Do changes in seaweed biodiversity influence associated invertebrate epifauna? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 344, 206–214.
- Bax, N.J., 1998. The significance and prediction of predation in marine fisheries. *ICES J. Mar. Sci.*, 55, 997–1030.
- Blankenhorn, S.U., 2007. Seaweed farming and artisanal fisheries in an Indonesian seagrass bed – Complementary or competitive usages? University Bremen, Bremen, 133pp.
- Brohan, P., J.J. Kennedy, I. Harris, S.F.B. Tett and P.D. Jones, 2006. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *J. Geophys. Res.*, 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.
- Choi, C.G., Y. Takeuchi, T. Terawaki, Y. Serisawa, M. Ohno and C.H. Shon, 2002. Ecology of seaweed beds on two types of artificial reef. *J. Appl. Phycol.*, 14, 343–349.
- Craig, G.Y. and N.S. Jones, 1966. Marine benthos, substrate and palaeoecology. *Palaeoecology*, 9, 30–38.

- Dou, S., 1995. Food utilization of adult flatfishes co-occurring in the Bohai Sea of China. *Neth. J. Sea. Res.*, 34, 183–193.
- Edgar, G., D.W. Klumpp, 2003. Consistencies over regional scales in assemblages of mobile epifauna associated with natural and artificial plants of different shape. *Aquat. Bot.*, 75, 275–291.
- Fujita, D., 2010. Current status and problems of isoyake in Japan. *Bull. Fish. Res. Agen.*, 32, 33–42.
- Gestoso, I., C. Olabarria and J.S. Troncoso, 2010. Variability of epifaunal assemblages associated with native and invasive macroalgae. *Mar. Fresh. Res.*, 61, 724–731.
- Heck, K.L., G. Hays and R.L. Orth, 2003. Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 253, 123–136.
- Holme, N.A. and A.D. McIntyre, 1971. *Methods of the Study of Marine Benthos*. Blackwell Sci. Publ., Oxford, 334pp.
- Ichiki, S., H. Misuta and H. Yamamoto, 2000. Effects of irradiance, water temperature and nutrients on the growth of sporelings of the crustose coralline alga *Lithophyllum yessoense* Foslie (Corallinales, Rhodophyceae). *Phycol. Res.*, 48, 115–120.
- Imajima, M., 1972. Review of the annelid worms of the family Nereidae of Japan, with descriptions of five new species or subspecies. *Bull. Natu. Sci. Mus.*, Tokyo, 15, 153pp.
- Imajima, M., 1987. Nephtyidae (Polychaeta) from Japan II., The genera *Dentinephtys* and *Nephtys*. *Bull. Natu. Sci. Mus.*, Tokyo, Ser. A, 13, 42–77.

- Imajima, M., 1990. Spionidae (Annelida, Polychaeta) from Japan III., The genus *Prionospio* (Minuspio). Bull. Natu. Sci. Mus., Tokyo, Ser. A, 16, 61–78.
- Johansen, H.W., 1981. Coralline algae, a first synthesis. CRC Press Inc., Florida, 1–157.
- Johnson, C.R. and K.H. Mann, 1986. The crustose coralline alga, *Phymatolithon* Foslie, inhibits the overgrowth of seaweeds without relying on herbivores. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 96, 127–146.
- Kazi, T.G., A.S. Mohite and R.R. Jadhav, 2011. Design and general characteristics of sole fish gill nets of Rarnagiri, Maharashtra. Indian J. Geo–Marine Sci., 40, 722–724.
- Keats, D.W., A. Groener and Y.M. Chamberlain, 1993. Cell sloughing in the littoral zone coralline alga, *Spongites yendoii* (Foslie) Chamberlain (Corallinales, Rhodophyta). Phycologia, 32, 143–150.
- Kim, C.K. and Y.J. Kang, 1999. Feeding ecology of black rockfish, *Sebastes inermis*. J. Kor. Fish. Soc., 32, 637–641.
- Littler M.M. and D.S. Littler, 1984. Relationships between macroalgal functional form groups and substrate stability in a subtropical rocky intertidal system. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 74, 13–34.
- Lotze, H.K. and I. Milewski, 2004. Two centuries of multiple human impacts and successive changes in a North Atlantic food web. Ecol, Appl., 14, 1428–1447.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Arago, T. Ueno and T. Yoshino, 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago, Tokai Univ. Press, Tokyo, 437pp.
- Mattila, J., G. Chaplin, M.R. Eilers, K.L. jr. Heck, J.P. O'Neal and J.F.

- Valentine, 1999. Spatial and diurnal distribution of invertebrate and fish fauna of a *Zostera marina* bed and nearby unvegetated sediments in Damariscotta River, Maine (USA). J. Sea Res., 41, 321–332.
- Moiseev, P.A., 1953. Cod and flounders of far-eastern seas. Izv. Tikhookean. Nauchnoissled. Inst. Ryb. Khoz. Okeanoge., 40, 1–287.
- Nelson, W.G. 1979. An analysis of structural pattern in an eelgrass (*Zostera marina* L.) amphiphd community. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 39, 231–264.
- Nikolsky, G.V., 1963. The ecology of fishes. Academic Press, New York. 223pp.
- Nishimura, S. (ed.), 1992. Guide to Seashore Animals of Japan with Color Pictures and Keys, Vol. I. Hoikusha, Tokyo, 663pp.
- Nishimura, S. (ed.), 1995. Guide to Seashore Animals of Japan with Color Pictures and Keys, Vol. II. Hoikusha, Tokyo, 425pp.
- NFRDI, 2005. A study on construction of seaweed forest in the East Sea. Final Report on Fisheries Life Sciences and Aquaculture Sciences. National Fisheries R&D Institute, 5–50.
- NFRDI, 2006. A study on construction of seaweed forest in the East Sea. Final Report on Fisheries Life Sciences and Aquaculture Sciences. National Fisheries R&D Institute, 521–696.
- Ohno, M., 1993. Succession of seaweed communities on artificial reefs in Ashizuri, Tosa Bay, Japan. Algae, 8, 191–198.
- Ohno, M., S. Arai and M. Watanabe, 1990. Seaweed succession on artificial reefs on different bottom substrata. J. Appl. Phycol., 2, 327–332.
- Okuda, K., 2008. Coastal environment and seaweed-bed ecology in Japan.

- Kuroshio Science, 2, 15–20.
- Okutani, T., 1994. Field Books, Vol. 8. Yama-kei Publishers Co., Ltd., Tokyo, 367pp.
- Orth, R.J. and K.L.J. Heck, 1980. Structural component of the eelgrass (*Zostera marina*) meadow in the lower Chesapeake Bay fishes. Estuaries, 3, 278–288.
- Parker, J.D. J.E. Duffy and R.J. Orth, 2001. Plant species diversity and composition: experimental effects on marine epifaunal assemblages. Mar. Ecol. Prog. Ser., 224, 55–67.
- Prado, J., 1990. Fisherman's Workbook. Fishing News(Books), Oxford, 180pp.
- Schmidt, A.L. and R.E. Scheibling, 2006. A comparison of epifauna and epiphytes on native kelps (*Laminaria* species) and invasive alga (*Condium fragile* ssp. *tomentosoides*) in Nova Scotia, Canada. Bot. Mar., 49, 315–330.
- Serisawa, Y., S. Taino, M. Ohno and Y. Aruga, 1998. Succession of seaweed on experimental plates immersed during different seasons in Tosa Bay, Japan. Bot. Mar., 41, 321–328.
- Shen, C.J., 1932. The Brachyuran Crustacea of North China – Ser. A, Invertebrates of China. The Fan Memorial Institute of Biology, Peijing, China, 321pp.
- Short, F.T., B. Polidoro, S.R. Livingstone, K.E. Carpenter, S. Bandeira, J.S. Bujang, H.C. Calumpong, T.J.B. Carruthers, R.G. Coles, W.C. Dennison, P.L.A. Erftemeijer, M.D. Fortes, A.S. Freeman, T.G. Jagtap, A.H.M. Kamal, G.A. Kendrick, W.J. Kenworthy, Y.A.L. Nafie, I.M. Nasution, R.J. Orth, A.

- Prathey, J.C. Sanciangco, B. van Tussenbroek, S.G. Vergara, M. Waycott and J.C. Zieman, 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biol. Conserv.*, 144, 1961–1971.
- Suzuki, Y., T. Takabayashi, T. Kawaguchi and K. Matsunaga, 1998. Isolation of an alleloathic substance from the crustose coralline algae, *Lithophyllum* spp., and its effect on the brown alga, *Laminaria religiosa* Miyabe (Phaeophyta). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 225, 69–77.
- Taylor, G.W., K.A. Bjorndal, J.C. Ogden, S.L. Williams and J.C. Zieman, 1984. Role of larger herbivores in seagrass communities. *Estuaries*, 7, 351–376.
- Terawaki, T., H. Hasegawa, S. Arai and M. Ohno, 2001. Management-free techniques for restoration of *Eisenia* and *Ecklonia* beds along the central Pacific coast of Japan. *Appl. Phycol.*, 13, 13–17.
- Viejo, R.M. and P. Åberg, 2003. Temporal and spatial variation in the density of mobile epifauna and grazing damage on the seaweed *Ascophyllum nodosum*. *Mar. Biol.*, 142, 1229–1241.
- Yang, D. and R. Sun, 1988. Polychaetous annelids commonly seen from the Chinese Waters. ISBN7-109-00135-0/Q1, 352pp.
- 千原光雄, 1996. 學研生物圖鑑. 海藻. 學習研究社, 292pp.
- 岡村金太郎, 1936. 日本海藻誌. 內田老鶴圃, 964pp.

감사의 글

대학시절부터 언제나 응원해주시고 바른길로 인도해주신 김창훈 교수님, 연구자의 길에 항상 동행해주시는 손민호 박사님, 작은 부분까지 제 일처럼 지도해주신 김남길 교수님, 최창근 교수님, 박정환 교수님께 감사드립니다. 베풀어주신 큰 가르침과 사랑은 잊지 않고, 함께할 줄 아는 사람이 되겠습니다. 학위과정을 무사히 마칠 수 있도록 응원해주신 모든 분들께 감사드리며 언제나 제 편이 되어 주시는 부모님과 가족들에게도 감사의 인사를 전합니다.

2017년 2월

황철희 올림