

양양군과 포항 해역에 시설한 인공어초에서 진행된 해조천이와 군집에 관한 연구

이현진 · 최창근*

부경대학교 생태공학과

A Study of Algal Succession and Community Structure on Artificial Reef at Yangyang-gun and Pohang-si, Korea

Hyeon Jin Lee, Chang Geun Choi*

Department of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

Corresponding Author

Chang Geun Choi
 Department of Ecological Engineering,
 Pukyong National University, Busan
 48513, Korea
 E-mail : cgchoi@pknu.ac.kr

Received : May 31, 2019
 Revised : June 05, 2019
 Accepted : October 25, 2019

이 연구는 2016년 9월에 강원도 양양군 남애리, 경상북도 포항시 구룡포읍 석병2리에 설치한 인공어초를 대상으로 해조류 군집 변화를 관찰하기 위하여 연구를 수행하였다. 현장조사는 2017년 2월, 5월, 8월, 11월에 계절별 1회씩 SCUBA Diving으로 수행하였으며, 정량조사와 정성조사를 병행하였다. 본 연구에서 녹조류 11종, 갈조류 15종, 홍조류 68종을 포함하여 총 94종이 채집되었으며, 양양에서 66종(녹조류 8종, 갈조류 9종, 홍조류 49종), 포항에서 65종(녹조류 7종, 갈조류 9종, 홍조류 49종)이 채집 및 동정되었다. 중요도를 기반으로 판단한 우점종의 경우, 양양은 다시마(*Saccharina japonica*)가 우점종, 구멍갈파래(*Ulva australis*)가 준우점종이었으며 포항은 불레기말(*Colpomenia sinuosa*), 우뚝가사리(*Gelidium elegans*) 순으로 우점하였다. 두 해역 모두 어초 설치 초기에 각각 파래류, 불레기말이 착생한 후, 다시마, 감태, 우뚝가사리 등 다년생 해조가 생육하며 우점하여 기존의 천이 패턴과 유사하였다. 해조상 변화를 통해 군집관계를 명확히 하기 위해서는 추후 지속적인 모니터링을 통해 장기적인 변화를 관찰하여 해조군락이 안정되기까지의 천이 과정에 관한 모니터링이 필요한 것으로 판단된다.

This study was carried out to observe the changes of seaweed community in artificial reefs installed in September, 2016 in Namae-ri, Yangyang-gun, and Seokbyeong-ri, Pohang-si, Korea. Field surveys were conducted by SCUBA diving once a season in February, May, August, and November of 2017, and quantitative survey and qualitative survey were carried out in parallel. In this study, a total of 94 species, including 11 green algae, 15 brown algae and 68 red algae were appeared. 66 species (8 green algae, 9 brown algae, 49 red algae) and 65 species (7 green algae, 9 brown algae, 49 red algae) were collected and identified in Yangyang and Pohang. In dominant species, Yangyang was dominant species of *Saccharina japonica* and subdominant species of *Ulva australis*. Pohang dominated in order of *Colpomenia sinuosa* and *Gelidium elegans*. In both coastal areas, *Ulva* spp., *Colpomenia sinuosa* were grown at the early stage of reforestation, and perennial seaweeds such as *Saccharina japonica*, *Ecklonia cava* and *Gelidium elegans* were grown. In order to clarify the clustering relation through flora change, it is necessary to monitor the transition process until the seaweed community is stabilized by observing the long-term change through continuous monitoring.

Keywords: Artificial reef(인공어초), Community(군집), Flora(해조상), Important value(중요도)

서론

해조류는 해양 생태계를 구성하는 기초생산자로서 기능뿐만 아

니라 다양한 해양생물들의 서식처, 산란 및 생육의 장소로서 중요한 역할을 한다. 해조류가 사라지면 주변 연안을 삶의 터전으로 삼는 해양생물들이 잇따라 소멸하고 이는 해양 생태계의 붕괴로

이어진다(Choi et al., 2006a, b; Sohn et al., 2007). 최근 우리나라의 각 연안은 지구온난화에 따른 수온 상승, 태풍이나 해일 등 파도에 의한 물리적인 손상과 같은 자연적 요인과 과도한 채취, 해양 오염과 같은 인위적 요인 등 여러 가지 원인으로 해조류가 감소하는 실정이다. 해조군락이 감소하며, 연안이 황폐화되어가는 것 녹음 현상(barren ground)이 사회문제로 대두되면서 인공어초를 활용한 수산자원 조성, 해조숲 확장 및 생태계 회복을 목적으로 하는 인위적인 생태복원, 생태계 조성과 같은 다양한 사업의 필요성이 증가하고 있다(Serisawa and Ohno, 1995a, b; Choi et al., 2006a).

일반적으로 해중림은 바닷속에 해조류와 해초류가 풍부하여 넓은 면적에 걸쳐 육상의 숲과 같이 울창하게 형성된 곳을 일컫는다. 그러나, 우리나라를 비롯한 일본에서는 1960년대 이후 높은 경제성장기에 연안 해역을 매립하거나 해안선에 콘크리트 구조물을 설치하였고, 임해공단 유래의 공장폐수로 인한 수질오염 등 환경오염이 진행되어 자연적으로 형성된 바다숲이 급속하게 감소하였다. 이로 인한 바다숲 면적은 1980년대부터 약 30년간 전체적으로 약 40% 이상이 감소하였다(Serisawa et al., 1998; Cho et al., 2007).

우리나라에서 인공어초를 이용한 해중림 확대 및 수산자원 증대 사업은 1971~1980년 전후에 불법조업 방지와 어업인 소득증대를 목적으로 소형어초를 바다에 넓게 투하하는 도입기를 지나 1981~1990년대에 다양한 인공어초가 개발되며 체계를 갖추기 시작하였다(Cho et al., 2007; Choi, 2001). 이후 무분별한 시설방지를 위해 시험어초와 연구어초로 구분하여 개발이 이루어지며 인공어초 제작부터 시설까지 양적, 질적으로 성장하며 인공어초를 이용한 사업에 대한 관리나 효과검증 등에 대한 필요성이 대두되었다. 현재까지 해양수산부 산하 연구기관 및 지자체 등에서 인공어초를 이용하여 수산자원 증대, 산란장 조성 및 생태계 회복 등 다양한 목적으로 연구와 생태복원이 진행되고 있다. 이처럼 인공어초를 활용한 해중림 조성 현황과 해양 생태계 조성에 대해 지속적으로 연구되고 있으나 인공어초 설치 후 해조군집이 안정화 될 때까지 진행되는 해조 천이과정에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다(Cho et al., 2007; Choi, 2001).

기질은 저서생물의 분포에 영향을 주는 중요한 지배요인이며, 생물이 어느 기질에 적응하는가에 따라서 서식 환경의 변화에 대한 생리적 적응 등이 결정된다(Nybakken, 1982). 하지만 자연조건에서 기질 특성에 따른 저서생물의 분포양상은 기질의 형성 시기, 위치, 경사도, 방위, 환경요인 등을 연구자 임의로 조절하기 힘들기 때문에 이들의 특징을 파악하기에는 많은 제약과 어려움이 따른다. 따라서 인공기질을 이용한 해조 천이 및 군집분석은 저서생물 생태연구에 다양한 유용성을 제공한다(Osman, 1982; Kim, 1987).

이 연구는 인공어초 시설 후 어초에서 진행되는 해조류 천이의 초기 단계부터 계절 변화에 따른 해조류 종 조성과 군집구조 특성

을 분석하고자 하였다. 또한, 강원도와 경상북도에 시설된 인공어초에서 진행되는 천이 단계에 있어 해역에 따른 우점종과 군집구조의 차이를 밝히고자 하였으며, 인공어초에서 진행된 천이 패턴을 분석하여 인공어초를 활용한 생태복원, 해양 생태계 조성, 해양생물자원 증대와 같은 연구에 있어서 활용 가능한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구는 강원도 양양군 남애리 해역(37° 56.650'N, 128° 47.525'E)과 경상북도 포항시 구룡포읍 석병리 해역(36° 01.562'N, 129° 34.849'E)에 각각 인공어초를 시설할 연구 해역을 선정하였다. 콘크리트 재질의 인공어초를 2016년 9월에 시설하였으며, 설치 수심은 8~15m로 직사각형 형태로 평면 배치하였다. 인공어초 시설단지 주변으로 자연 암반이 발달한 지역을 선정하여 어초를 시설하였다.

현장조사는 2017년 2월부터 2018년 1월까지 계절별 1회씩 총 4회 실시하였다. 해조군집 조사는 스쿠버다이빙(SCUBA diving)으로 수행하였으며 두 해역에 설치된 어초구의 해조군집 변화를 관찰하였다. 해양환경조사는 YSI (YSI 6050000, Professional plus)를 이용하여 수행하였으며 표층·저층 수온, 염분(Salinity), 수소이온농도(pH), 용존산소량(DO)를 측정하고, Secchi 디스크(직경 30 cm)를 이용하여 투명도를 측정하였다. 인공어초 상부에서 해조군집을 대표할 수 있는 정점을 선정하여 가로, 세로 10 cm로 구획된 50×50 cm 방형구(quadrat)를 이용하여 정량 채집하였으며, 수중 디지털카메라로 촬영하여 정성적으로 분석하였다. 방형구 내 출현한 해조류는 정량 채집한 후 급속냉동하거나 현장에서 5~7% 포르말린-해수 용액으로 고정한 뒤 실험실에서 운반하였다. 현존량은 담수로 충분히 세척하여 불순물을 제거한 뒤 동정하여 종별 습중량을 0.01 g 단위까지 측정하여 기록하고 단위 면적당 생체량(g/m²)으로 환산하였다.

동정된 해조류의 학명·국명의 인용은 한국 해조류 목록(Kang, 1968; Lee and Kang, 2002), 국가생물종 목록집 및 일본 해조류 도감을 참고하였다.

각 해역에서 채집된 시료는 분류체계 및 생태유형별로 분류하고 정량 지수를 산출하였다. 풍부도(richness index, R), 다양도(diversity index, H'), 균등도(evenness index, J'), 우점도(dominance index, D)를 산출하였으며 조사 시기별로 출현한 해조류의 종수와 생물량을 근거로 하여 다음의 공식에 따라 산출하였다.

$$\text{풍부도}(R) = N - 1 / \ln(S)$$

$$\text{균등도}(J') = H' / \ln(N)$$

$$\text{다양도}(H') = - \sum_{i=1}^N P_i (\ln P_i)$$

$$\text{우점도}(DI) = (n_1 + n_2) / S$$

여기서 N = 총 종수

S = 총 생물량

Pi = i번째 종의 생물량 비율

n1 = 제 1 우점종 생물량

n2 = 제 2 우점종 생물량

해역 특성을 분석하기 위하여 해역별 출현 종수를 이용하여 갈조류(Phaeophyta, P)에 대한 홍조류(Rhodophyta, R)의 비(R/P), 갈조류(P)에 대한 녹조류(Chlorophyta, C)의 비(C/P), 갈조류(P)에 대한 홍조류(R)와 녹조류(C)의 비(R+C/P)를 통해 한대·온대성, 열대성, 혼합성 해조상으로 구분하였다(Feldmann, 1937; Segawa, 1956; Cheney, 1977).

출현종에 대하여 생태학적 그룹(Ecological Status Group, ESG)으로 구분하여 피도값을 측정하였고 평가 지수를 산출하였다(Fig. 1, Table 1).

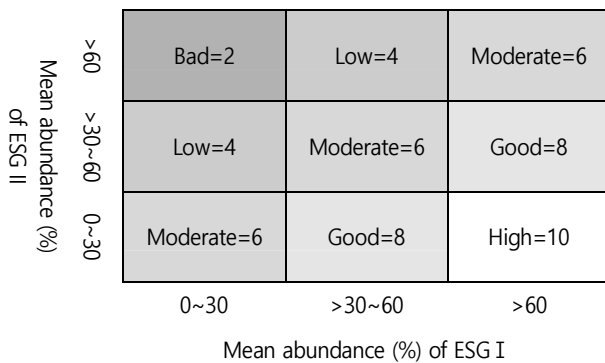


Fig. 1. The abundance (% coverage) of ESG I and ESG II are cross compared in a matrix to evaluate of ecological status in a range of five classes from high to bad (Orfanidis et al., 2013). ESG I = [(IA*1)+(IB*0.8)+(IC*0.6)], ESG II = [(IIA*0.8)+(IIB*1)].

결과 및 고찰

본 연구에서 녹조류 11종, 갈조류 15종, 홍조류 68종을 포함하여 총 94종이 채집되었고 해역별로는 양양군 남애리에서 66종(녹조류 8종, 갈조류 9종, 홍조류 49종), 구룡포 석병리에서 65종(녹조류 7종, 갈조류 9종, 홍조류 49종)이 채집 및 동정되었다. 해조류 출현 종수를 기반으로 해조상의 특징을 분석한 결과, 남애리 해역(C/P=0.9, R/P=5.4, (C+R)/P=6.3)과 석병리 해역 해조상(C/P=0.8, R/P=5.4, (C+R)/P=6.2) 모두 R/P 값을 제외하고 혼합 해조상의 특징을 나타냈다(Table 2). Sohn et al. (2007)은 남애리 해역에서 C/P=2.00, R/P=6.00으로 아열대에 가까운 해조상을 보고하였고, 삼척 갈남(C/P, R/P=0.27, 1.73)과 강릉 연곡 해역(C/P, R/P=0.75, 3.50)은 혼합형 해조상을 나타내는 것으로 보고하였다.

또한 Nam et al. (1996)은 포항시 구룡포 해역의 R+C/P 값이 5.9로 열대성에 가까운 혼합형 해조상이라고 하였으나 이는 동해안 지역의 이전 결과들과 비교할 때 조사지점별 차이로 인한 갈조류 감소에서 기인한 표본오차 차이로 해석하였다. 이와 유사하게 본 연구에서도 갈조류와 비교하면 홍조류의 종수가 다양하게 출현하여 분석값이 6.5로 열대성에 가까운 수치를 나타냈으나, 이 또한 표본의 차이에 의한 것인지 해조상의 변화인지는 추후에 추가적인 연구를 통해서 판단해야 할 것이라 여겨진다. Kim et al. (2011)

Table 2. The number of appearance and characteristics of each group according to the study area (C: Chlorophyta, P: Phaeophyta, R: Rhodophyta)

Region	C/P	R/P	(C+R)/P	Value
Yangyang	0.9	5.4	6.3	Mixed
Pohang	0.8	5.4	6.2	Mixed

Table 1. Key functional traits of coastal water benthic macrophyte ecological status groups (Orfanidis et al., 2013)

Functional traits	ESG IA	ESG IB	ESG IC	ESG IIA	ESG IIB
Thallus morphology	Thick	Thick	Calcareous upright, calcareous and non-calcareous crusts	Fleshy	Filamentous and leaf-like
Growth	Slow	Slow	Slow	Fast	Fast
Light adaptation	Sun-adapted	Sun-adapted	Shade-adapted	Sun-adapted	Sun-adapted
Phenotypic plasticity	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Thallus longevity	Perennial	Perennial thallus basis or stipe	Perennial thallus basis	Annual	Annual
Succession	Late-successional	Late-successional	Late-successional	Opportunistic	Opportunistic

의 연구에서 구룡포 하정의 해조상은 C/P, R/P=0.67, 2.33으로 혼합형 해조상으로 나타났다. 이번 연구에서도 조사 시기별로 구분하여 해역 특성의 경향을 보았을 때 수온이 올라가기 시작하는 5월, 8월에 유사한 특성을 보였고 수온이 낮아지기 시작하는 11월과 최저수온을 보이는 2월이 유사한 결과를 나타냈다.

출현 종수와 생물량을 이용하여 군집 지수를 평가한 결과 양양군 남애리 해역에 비해 구룡포 석병리 해역이 상대적으로 풍도, 균등도, 다양도가 높은 것으로 나타났다. 조사 시기에 따른 해역별 값을 분석해보면 양양군 남애리 해역의 경우 해역의 풍도(1.33~7.29), 균등도(0.37~0.66), 다양도(0.67~2.19)는 2월이 가장 높았고 8월에 가장 낮았다. 8월의 경우, 다시마가 어초 상부에 착생하며 우점도가 높아지고 표면의 소형 해조류가 감소하는 데서 기인한 것으로 판단된다. 인공어초 기질의 해조군집 생태계는 자연 암반과 비교하면 중 조성이 단순하여 계절의 영향에 대해 더 크게 반응하는 것으로 판단된다. 반면, 구룡포 석병리 해역에서는 가장 높은 생물량을 보인 5월에 최대였고, 균등도 지수는 0.20에서 0.91의 범위로 8월에 최대, 2월에 최소였다. 다양도 지수는 균등도와 마찬가지로 0.51~2.46으로 8월에 최대, 2월에 최소를 나타냈다. 또한 우점도는 2월이 다른 조사 시기에 비해 월등히 높게 나타났는데, 이는 어초 설치 후 초기에 불레기말(*Colpomenia sinuosa*)이 어초 상부에 전반적으로 빠르게 우점하였기 때문으로 판단되며 5월부터 감태(*Ecklonia cava*), 참개도박(*Pachymeniopsis elliptica*), 우뭇가사리(*Gelidium elegans*) 등이 유입되며 다양한 해조류가 생육하는 특성을 나타냈다(Park et al., 2017).

중요도를 기준으로 판단한 해역별 우점종은 남애리 해역의 경

우, 2월에 구멍갈파래(*Ulva australis*)가 우점, 띠갈파래(*Ulva fasciata*)가 준우점하였으며, 5월에 띠갈파래, 다시마(*Saccharina japonica*), 구멍갈파래가 유사한 정도로 우점하다가 8월 다시마가 높은 중요도를 나타내며 우점하였다. 11월 조사에서도 다시마가 일정 부분 감소하였지만, 여전히 우점하였다. 석병리 해역은 2월에 불레기말(*Colpomenia sinuosa*)이, 5월 조사에서 불레기말, 감태 순으로 우점하였으며 8월과 11월에는 우뭇가사리(*Gelidium elegans*), 참개도박(*Pachymeniopsis elliptica*), 진두발(*Chondrus ocellatus*) 순으로 높은 중요도를 보였으며 11월에 우뭇가사리의 생육이 8월보다 증가하였다. 설치 초기에 생물 착생이 없었던 어초 상부에 유입되는 해조류 변화는 소형 단년생 해조인 파래류, 불레기말에서 소형 다년생 해조인 우뭇가사리, 다시마, 감태와 같은 대형 다년생 해조류로 우점종이 변화하는 것으로 나타났다. 이 결과는 일반적으로 천이 초기 단계에 소형 1년생 해조와 각상 해조에서 소형 다년생 해조, 최종적으로 대형 다년생 해조로 이어져 극상의 상태로 바다숲이 형성되는 천이계열과 일치하는 것을 확인할 수 있었다(Saito et al., 1976; Serisawa et al., 1998; Choi et al., 2006a).

생태학적 상태 변화를 분석하기 위하여 해역별로 생태-생리학적 특성에 따라 5개 등급으로 구분하였다. 강원도 양양군 남애리 해역의 연평균 피도는 ESG I 18.3%, ESG II 25.3%로 보통(moderate) 등급이었으며 시기별로 2월과 5월에 정도의 차이는 있으나 약간 낮은(low) 등급에서 8월에 ESG I 42.1%, ESG II 0.6%로 양호(good), 11월 ESG I 13.6%, ESG II 9.8%로 보통(moderate) 등급을 나타내었다. 반면 구룡포 석병리 해역의 연평균 피도는 ESG I 9.7%, ESG II 39.8%로 약간 낮은(low) 정도를 보였고 2월과 5월에

Table 3. Evaluate of ecological status by abundance (%) of ESG I and ESG II

Region		Feb	May	Aug	Nov	Total	
Yangyang	IA	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	
	IB	2.3	15.2	41.8	13.6	18.2	
	ESG I	2.3	15.2	42.1	13.6	18.3	
	IIA	0.0	0.0	0.0	9.0	2.3	
	IIB	35.0	55.8	0.6	0.8	23.0	
	ESG II	35.0	55.8	0.6	9.8	25.3	
	EEl	Low	Low	Good	Moderate	Moderate	
Pohang	IA	0.0	5.5	21.7	11.4	9.7	
	ESG I	0.0	5.5	21.7	11.4	9.7	
	IIA	29.0	12.1	50.6	67.6	39.8	
	ESG II	29.0	12.1	50.6	67.6	39.8	
		EEl	Moderate	Moderate	Low	Bad	Low

보통(moderate)수준을 보이다가 11월로 갈수록 빈약(bad)한 상태로 변화하는 것으로 나타났다(Table 3). 이는 남해리 해역에서 어초 설치 직후 띠갈파래(*Ulva fasciata*), 구멍갈파래(*Ulva australis*)가 빠르게 성장하여 초기에 우점하다가 8월에 다시마(*Saccharina japonica*)의 점유율이 높아지면서 우점하여 피도 값이 상승하면서 나타난 결과로 판단된다. 반면, 석병리 해역은 초기에 불레기말(*Colpomenia sinuosa*)이 우점하다가 5월부터 ESG I 그룹에 속하는 감태, 진두발의 유입으로 피도가 점차 증가하였지만, 그에 비해 우뚝가사리, 참개도박 등 홍조류가 상대적으로 빠르고 높은 우점을 보여 ESG II의 피도 값이 8월 50.6%에서 11월에는 67.6%까지 증가하는 데에 따른 결과라고 판단된다(Table 3).

이번 연구에서 강원도 양양군 남해리 해역과 경상북도 포항시 구룡포읍 석병리 해역을 대상으로 인공어초에 진행된 해조류 군집 변화를 분석한 결과, 해조류 종 구성을 통해 두 해역 모두 혼합성 해조상을 보이는 것으로 나타났다. 두 해역 모두 파래류, 불레기말 등 소형 단년생 해조류가 빠르게 성장하여 우점하다가 점차 다시마, 감태가 유입되어 빠른 성장을 나타냈으며 우뚝가사리, 진두발 등 소형 다년생 해조류가 전반적으로 우점하는 경향을 보였다. 이는 일반적으로 인공어초에서 진행되는 해조상의 전형적인 천이 단계를 나타내었으나, 바다숲이 안정화되어 해조숲이 극상에 이르는 과정까지는 더 많은 기간이 소요되어야 한다고 판단된다.

따라서 앞으로 지속적인 모니터링 연구를 통해 장기적으로 생육상태와 군집구조를 분석하여 안정적인 해조숲이 형성되는지에 대한 연구를 지속할 필요가 있다고 판단된다.

참고문헌

- Cheney DP. 1977. R & C/P - A new and improved ratio for comparing seaweed floras. *Suppl J Phycol* 13: 129.
- Cho SH, Choi CG, Choa JH. 2007. Restoration of the seaweed forest and algal succession on a porous thpe (shaped half saw teeth) artificial reef. *J Kor Fish Soc* 40: 220-225.
- Choi CG, Kwak SN, Sohn CH. 2006b. Community structure of subtidal marine algae at Uljin on the East coast of Korea. *Algae* 21: 463-470.
- Choi CG, Ohno M, Sohn CH. 2006a. Algal succession on different substrata covering the artificial iron reef at Ikata in Shikoku, Japan. *Algae* 21: 305-310.
- Choi CG. 2001. Marine communities around the experimental artificial reefs. Ph. D. Thesis, Pukyong National University, Korea. 1-190.
- Feldmann J. 1937. Recherches sur la vegetation marine de la Mediterranee. La Cote des Alberes. *Rev Algol* 10: 1-339.
- Kang JW. 1968. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Vol. 8. Marine algae. Ministry of Education, Seoul. pp 465.
- Kim YD, Park MS, Yoo HI, Min BH, Moon TS, Choi HG. 2011. Seasonal variation in subtidal seaweed community structure at Hajung, on the southeast coast of Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 44: 740-746.
- Kim YH. 1987. A study on colonization and succession of marine algae using an artificial substratum. *The Kor J Phycol* 2: 73-91.
- Lee YP, Kang SY. 2002. A Catalogue of the Seaweeds in Korea. Cheju National University Press, Cheju. pp 662.
- Nam KW, Kim YS, Kim YH, Sohn CH. 1996. Benthic marine algae in the East coast of Korea: Flora, distribution and community structure. *J Korean Fish Soc* 29: 727-743.
- Nybakken JW. 1982. Marine Biology: An ecological approach. Harper & Row, publ., N.Y. pp 446.
- Osman RW. 1982. Artificial substrates, J. Cairns, Jr. (ed.). Ann Arbor Publ., MI. pp 71-114.
- Park GJ, Ju H, Choi OI, Choi CG. 2017. Community structure and distribution of natural seaweed beds on the Eastern coast of Korea. *J Kor Soc Mar Env & Saf* 23: 338-346.
- Saito Y, Sasaki H, Watanabe K. 1976. Succession of algal communities on the vertical substratum faces of breakwaters in Japan. *Phycologia* 15: 93-100.
- Segawa S. 1956. Coloured illustrations of the seaseeds of Japan. Hoikusha Publ Co, Osaka, Japan, 1-195.
- Serisawa Y, Ohno M. 1995b. Succession of seaweed communities on artificial reefs in Tei, Tosa Bay, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 61, 854-859.
- Serisawa Y, Ohno M. 1995a. Succession of seaweed communities on artificial reefs in the inlet of Tosa Bay, Japan. *Suisanzoshoku* 43: 437-443.
- Serisawa Y, Taino S, Ohno M, Aruga Y. 1998. Succession of seaweeds on experimental plates immersed during different seasons in Tosa Bay, Japan. *Bot Mar* 41: 321-328.
- Sohn CH, Choi CG, Kim HG. 2007. Algal communities and useful seaweed distribution at Gangnung and its vicinity in East coast of Korea. *Algae* 22: 45-52.