

특량만에 자생하는 잘피의 분포 현황

김정배^{1,2}·박정임^{2*}·이근섭²

¹국립수산과학원 남해수산연구소, ²부산대학교 생물학과

Seagrass Distribution in Deukryang Bay

Jeong Bae Kim^{1,2}, Jung-Im Park^{2*} and Kun-Seop Lee²

¹South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-820, Korea
²Department of Biology, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

Seagrass meadows are important biogenic habitats for a wide variety of marine animals and plants, a source of organic carbon for commercially important animals, and act as a nutrient filter in estuarine and coastal ecosystems. As such, mapping the distribution of seagrass beds provides us with an important component of management and conservation strategies. To survey seagrass distribution within Deukryang Bay, we directly observed seagrass beds using SCUBA in Boseong-gun, Goheung-gun, and Jangheung-gun. Seagrass distribution in Geogeum and Gumdang islands were not observed. Specifically, we monitored the distribution area, species composition, morphology, density, and biomass of seagrass meadows. Seagrass beds were mapped for Daikum-ri coast, Deukryang island, Yongjeong-ri coast, Samsan-ri coast and Ongam-ri coast. Total seagrass coverage in Deukryang Bay was 5.1 km², 4.8 km² of which was *Zostera marina*, 0.3 km² *Z. caulescence* and 0.01 km² *Z. japonica*. *Z. japonica* was found in intertidal zones, *Z. marina* was found from the intertidal to subtidal zones of 2 m MSL (mean sea level) depth, and *Z. caulescence* was found in subtidal zones of 2.5-5 m MSL.

Key words: Seagrass meadows, Distribution, Species composition, Deukryang Bay

서 론

잘피는 꽃, 열매 및 종자를 가지고 있는 해양성 및 기수성 수생관속식물로서 연안 및 하구생태계의 중요한 자리를 차지하고 있다. 형태학적으로 잎, 줄기 및 뿌리의 구분이 명확하고, 관다발 조직이 잘 발달되어 지하경과 뿌리로서 바닥에 고착하여 조간대에서부터 조하대까지 출현한다 (den Hartog, 1970). 전 세계적으로 분포하는 잘피는 60여종으로 알려져 있으며, 우리나라는 9종의 잘피가 자생하고 있다고 보고되고 있다 (den Hartog, 1970; Lee and Lee, 2003; Kim et al., 2009).

연안에서 잘피숲 (seagrass bed)은 다양하고 복잡한 생태계를 구성하며, 연안 및 하구생태계에서 중요한 기능과 역할을 담당한다 (Zieman and Wetzel, 1980). 잘피숲의 역할은 기초생산자로서 초식동물의 직접적인 먹이원이 되기도 하며, 미생물에 의해 분해된 잘피의 유기쇄설물은 연안 생태계 먹이망의 중요한 구성요소가 된다 (Thresher et al., 1992). 또한 잘피 자생지는 경제적 가치가 높은 다양한 어족 자원의 유어 및 자치어들의 서식처와 피난처가 되며, 산란장으로 이용 된다 (Hovel et al., 2002).

잘피의 분류와 생태적인 기능은 빈번히 연구된 반면, 잘피의 분포면적에 대한 실측을 통한 조사는 거의 이루어지지 않았다. 이는 대부분의 잘피가 조하대에 서식하는 침수식물이므로 일부 저조시를 제외하면 육안으로 정확한 서식면적을 측정하기 힘들기 때문일 것이다. 세계 연안에 분포하는 잘피

의 면적은 164,000 km²로 추정되며, 우리나라 연안에서는 55-70 km²의 잘피 자생지를 추정하고 있으나 (Lee and Lee, 2003), 지금까지 우리 연안의 잘피 자생지 면적이 연구된 경우는 많지 않다 (Kang et al., 2006; Kim et al., 2008a). 연안 및 하구에서 잘피 자생지는 중요한 생태적 역할을 수행하므로 연안 관리 측면에서도 잘피 자생지의 정확한 분포면적에 대한 조사는 필수적이라 할 수 있다 (Komatsu et al., 2003).

수생식물의 분포를 조사하기 위해 항공촬영, 수중음향탐사 방법, GPS(global positioning system), 위성촬영, 수중 비디오 장치 등이 활용되고 있다. 조간대 조사에서는 항공촬영과 위성촬영이 사용된다 (McKenzie et al., 2001). 그러나 거머리말, 포기거머리말, 수거머리말 등과 같이 조하대에 주로 자생하는 잘피의 경우는 적용이 힘들 수 있다. 일부에서는 수중음향탐사 방법을 사용하여 밀도나 형태적 특성 조사도 이루어지나 (Kang et al., 2006; Kim et al., 2008a), 해조류와 구분이 명확하지 않을 수 있고, 탁도가 심한 곳에서는 이러한 방법의 적용이 쉽지가 않다 (McKenzie et al., 2001).

특량만은 비교적 만 입구가 넓고 외해에 접하고 해수유통이 원활하여 충분한 영양염의 공급이 이루어지고, 비교적 양호한 해역 환경상태를 유지하고 있어 넓은 잘피 자생지가 잘 발달된 곳이다 (Ward et al., 1984). 그러나, 대규모 간척·매립 등에 의해 생태계의 단절을 가져오고, 해양생물의 산란·서식지인 갯벌과 잘피 자생지가 사라짐에 따라 특량만의 해양생물 생산성은 감소되고 있다 (MOMAF, 2007). 특량만이 생물생산성을 유지하고, 지속가능한 해양수산 기반을 조성하기 위해서

*Corresponding author: jip@pusan.ac.kr

는 득량만에 분포하고 있는 잘피의 분포 현황에 대한 조사가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 득량만 잘피 자생지 분포 면적, 종조성, 형태, 밀도 및 생물량 조사를 바탕으로 득량만에 분포하는 잘피의 분포 현황을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

잘피 자생지 분포 면적 및 종조성

득량만 잘피 현황을 조사하기 위하여 보성군·고흥군·장흥군으로 둘러싸인 득량만 전역 (거금도, 금당도 제외)의 잘피 자생 유무를 2007년 4월에 파악하였고, 자생하고 있는 지역은 분포 면적 및 종조성을 2007년 5월에 조사 하였다 (Fig. 1, A-E). 득량만에 분포하는 일차생산자인 잘피의 분포를 GPS (Garmin 60 CSx, Taiwan)를 이용하여 조사하고, GPS에 기록된 위도와 경도를 토대로 어장관리 프로그램 (MOMAF, 2003)의 전자지도를 통해 잘피가 차지하는 분포 면적을 추정하였다. 잘피 종조성은 직접 잠수하여 시료를 채취한 후 실험실에서 확인하였다.

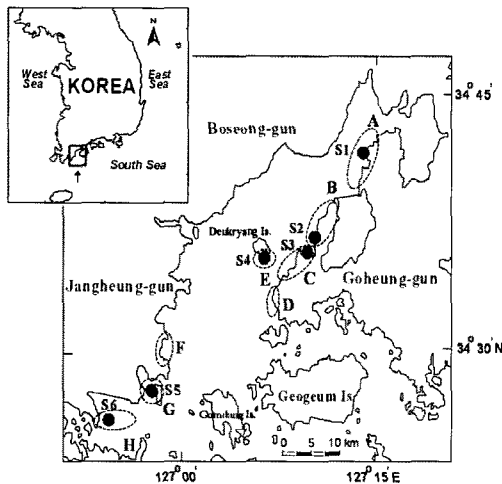


Fig. 1. Seagrass survey area. Seagrasses observed in dotted area in Deukryang Bay. Stational points (S1~S6) indicate sampling sites for morphology, density and biomass of seagrasses and environmental factors.

잘피 자생지의 환경특성

수온, 염분, 용존산소는 수질측정기 (YSI, 85)로 현장에서 측정 하였다. 광소멸 계수 (Kd: Light attenuation coefficient)는 구형인 LI-193SA 광센서와 LI-1400 기록계 (LI-COR, Inc.)를 이용하여 수심별로 광량을 측정한 후 회귀분석을 통하여 구하였다. 퇴적물 입도 분석은 약 5g의 시료를 10%의 염산 (HCl)과 6%의 과산화수소수 (H₂O₂)와 반응시켜 탄산염과 유기물을 제거하고, 표준체 (63 μm~2 mm)를 통해 건식 체질하여 전체 건중량에 대한 표준체의 크기별 백분율 (%)로 나타내었으며, 그 결과로 퇴적물 입도조성을 구하였다. 유기물 양은 550℃에서 1시간 강열감량 (ignition loss) 시킨 후 무게를 측정하여 계산 하였다. 해수의 영양염류는 채수한 해수를 박막여과지

(cellulose membrane filters, Millipore)로 여과한 후 암모늄염 (NH₄⁺), 아질산염 (NO₂⁻)+질산염 (NO₃⁻) 그리고 인산염 (PO₄³⁻)을 흡광 광도법을 이용하여 측정하였다 (MOMAF, 2005).

잘피종의 형태, 밀도 및 생물량

잘피의 형태조사는 잘피류 10여 개체의 식물들을 채취하여 지상부 길이 (shoot height), 엽초 길이 (sheath length), 잎의 폭 (leaf width) 및 잎의 수 (number of leaves) 등을 측정하였다 (Fig. 1, S1~S6; Lee et al., 2003; 2005). 잘피의 자생밀도는 거머리말의 경우 35×35 cm 방형구를 이용하였고 (Lee et al., 2005), 형태가 비교적 작은 애기거머리말의 경우 직경 10 cm corer내에 자생하는 개체수를 측정하여 추정하였다 (Kaldy, 2006; Lee et al., 2006). 생물량은 방형구 내 잘피를 채취한 후 아이스박스를 이용해 실험실로 가져와 담수로 부착생물 및 퇴적물 등을 제거한 후 지상부와 지하부로 분리해서 60℃에서 항량으로 될 때까지 건조시킨다 (Lee et al., 2003; 2005). 각각의 건중량을 측정하였고, 이를 토대로 단위 면적 당 생물량 (g DW m⁻²)을 추정하였다 (Lee et al., 2003; 2005).

통계분석

잘피종의 형태적 조사 자료는 normality와 homogeneity of variance를 검정한 후 one-way ANOVA를 이용하여 정점에 따른 차이의 유의성을 검사하였다 (P<0.05). 통계분석은 SPSS 10.1을 이용하였으며, 측정치는 평균 (mean)과 표준오차 (SE)로 나타내었다.

Table 1. Seagrass species and distributional area occurred in Deukryang Bay. Depth was expressed as MSL (mean sea level). Seagrass survey was conducted in May 2007

Position	Geographical designation	Species	Area (m ²)	Depth (type of meadow)
A	Daikum-ri	<i>Z. marina</i>	58,000	intertidal~1.5m (Bed)
	Pungryou-ri	<i>Z. marina</i>	35,700	intertidal~1.0m (Patch)
	Yongdong-ri	<i>Z. marina</i>	37,500	1.0m (Patch)
B	Kaya-ri	<i>Z. marina</i>	40,500	intertidal~1.5m (Bed)
		<i>Z. japonica</i>	4,500	intertidal (Patch)
C	Kaya-ri Dangjoong	<i>Z. marina</i>	400,000	intertidal~1.0m (Bed)
	Janggye-ri	<i>Z. marina</i>	122,900	1.0m (Bed)
D	Yongjeong-ri	<i>Z. marina</i>	10,700	1.0 m (Patch)
E	Deukryang-ri	<i>Z. marina</i>	28,500	intertidal~1.0m (Bed)
		<i>Z. japonica</i>	4,000	intertidal (Patch)
F	Samsan-ri	<i>Z. marina</i>	1,500	intertidal~1.0m (Patch)
	Sinsang-ri	<i>Z. marina</i>	2,200	intertidal~1.0m (Patch)
G	Noryekdo	<i>Z. marina</i>	1,400,000	intertidal~2.0m (Bed)
		<i>Z. marina</i>	2,700,000	0.5~2.0m (Bed)
H	Ongam-ri	<i>Z. marina</i>	2,700,000	0.5~2.0m (Bed)
		<i>Z. caulescens</i>	300,000	2.5~5.0m (Bed)

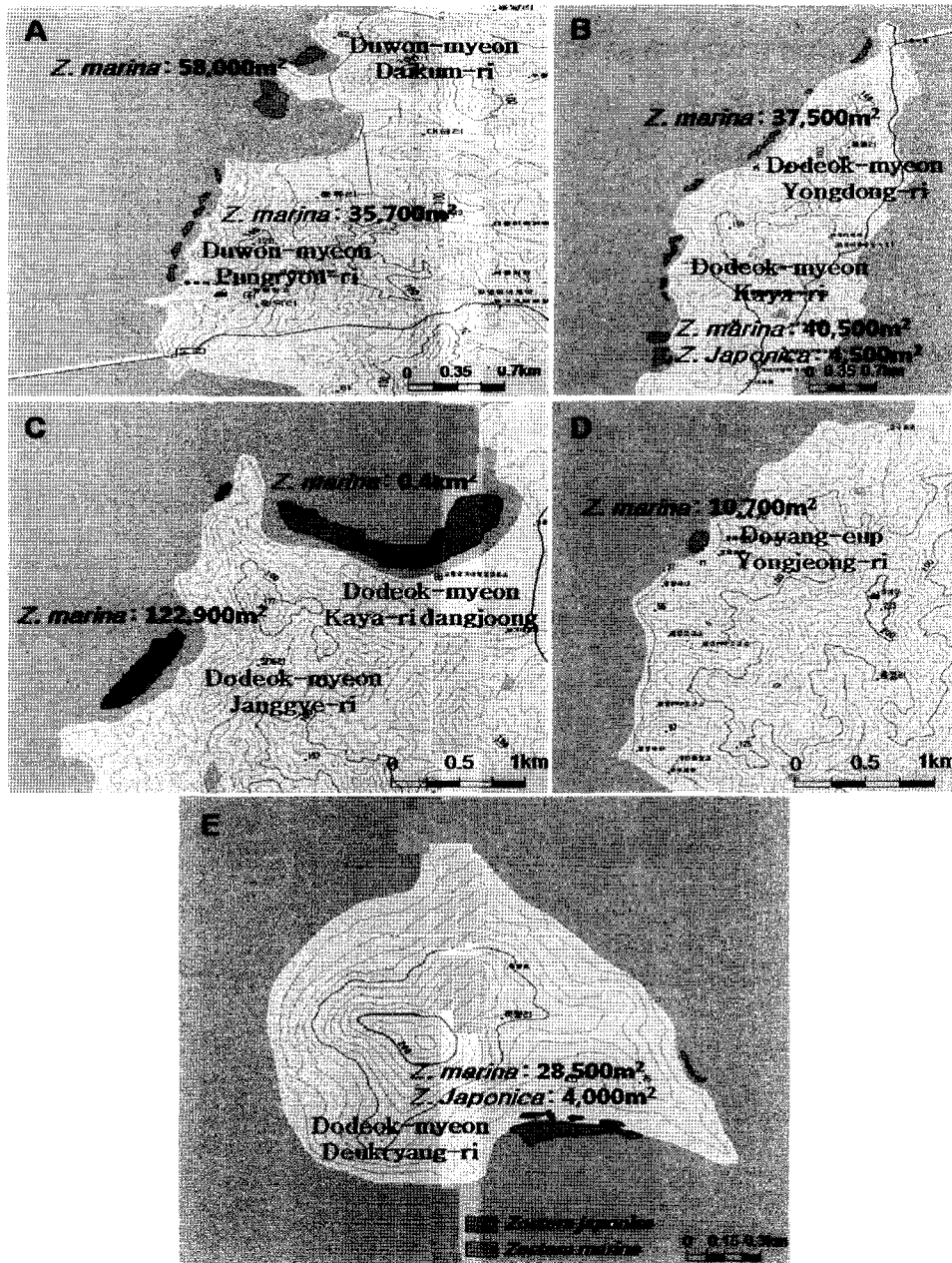


Fig. 2. Mapping of distributional areas of the seagrass species in Deukryang Bay. Seagrass survey was conducted in May 2007.

결 과

특량만 갈피 자생지 분포 면적 및 종조성

갈피 자생지는 동쪽으로 전남 고흥군 두원면 대귀리 연안을 시작으로 특량도를 포함한 도양읍 용정리 연안까지 분포하였고, 서쪽으로는 삼산방조제 이후인 관산을 삼산리 연안부터 출현하기 시작하여 대덕읍 웅암리 연안까지 분포하였다.

특량만의 갈피 분포면적은 거머리말 (*Zostera marina*)이 4.8 km²으로서 가장 많은 면적을 차지하였고, 수거머리말 (*Zostera caulescens*)이 0.3 km², 애기거머리말 (*Zostera japonica*)이 0.01 km²이었다. 지역적으로 보면 웅암리 연안 (Fig. 1H)에서 3.0 km²으로서 가장 넓은 면적을 차지하였고, 노력도 연안 (Fig.

1G)에서 1.4 km², 가야리 당중마을 연안 (Fig. 1C)에서 0.4 km² 등의 순으로 나타났다. 특량만에서 출현한 갈피 3종의 분포양상을 보면 애기거머리말은 조간대에서 군락으로 존재하고, 거머리말은 조간대 하부에서 조하대 2 m까지 넓게 분포하거나 군락을 이루었으며, 수거머리말은 조하대의 2.5-5.0 m까지 넓게 분포하면서 중간 수심을 달리하여 자생하였다 (Table 1, Fig. 2).

갈피 자생지의 환경특성

조사지역의 수온은 17.7~19.5°C이고, 염분은 32.3~33.4 psu이며, 용존산소 농도는 7.28~9.38 mgL⁻¹이었다. 광소멸계수 (Kd)는 0.3~1.2인 것으로 나타났다. 특량만에 출현한 3종의

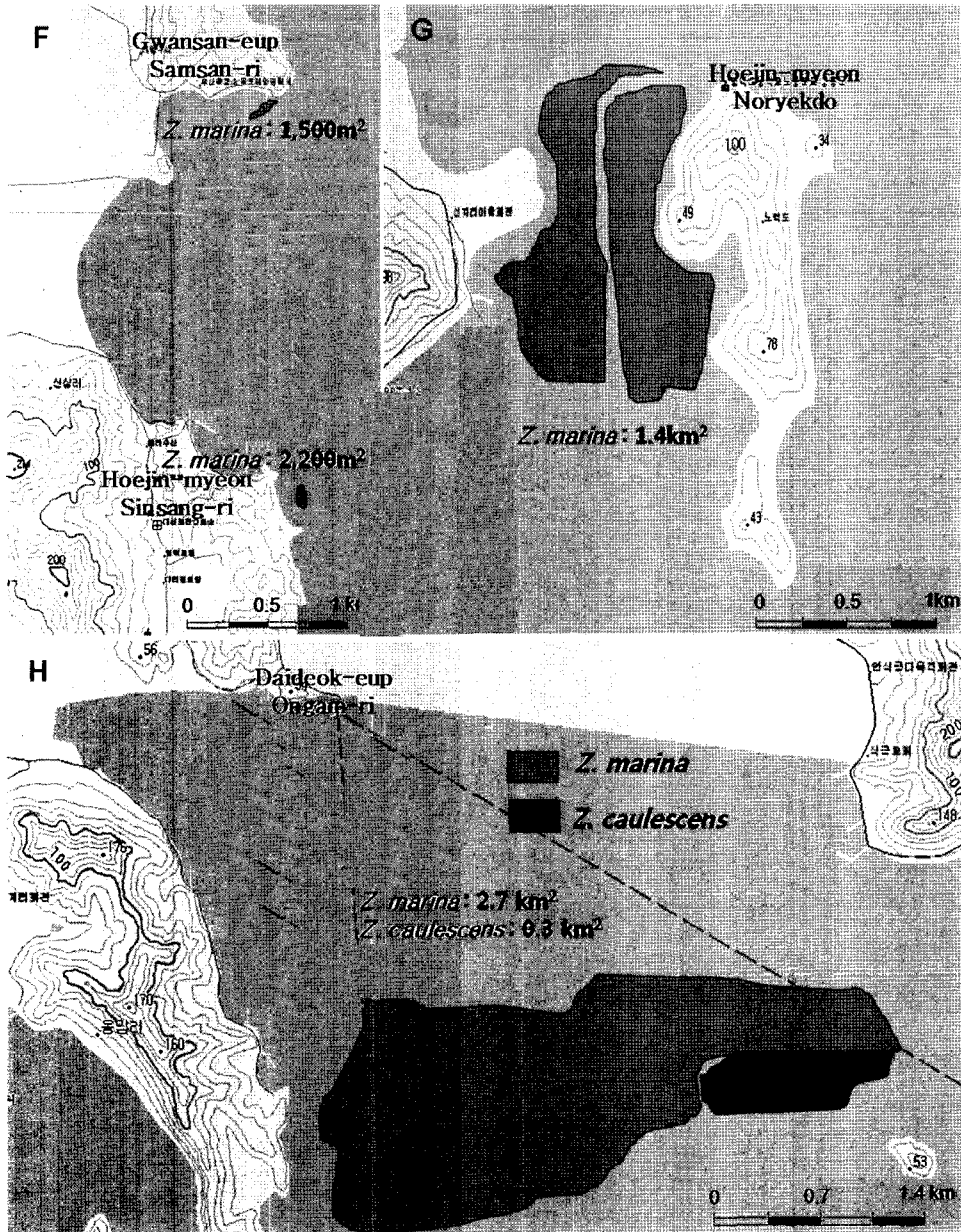


Fig. 2. Continued.

거머리말속 잘피가 자생하는 지역의 입도조성 및 유기물량은 거머리말의 경우 사나질 및 니사질, 0.9~3.3%이고, 애기거머리말의 경우 니사질, 0.6~0.9%였으며, 수거머리말의 경우 사나질, 2.6%로 각각 출현 하였다 (Fig. 3).

특량만 잘피 자생 지역의 해수 영양염류 중 암모늄염은 4.97~6.79 μM 범위이며, 인산염은 0.16~0.49 μM 범위이고, 아질산염+질산염은 1.03~1.76 μM 범위로 나타났다 (Fig. 4A, B, C). 퇴적물 공극수 영양염류 중 암모늄염은 74~289 μM 범위이며, 인산염은 2.0~7.8 μM 범위이고, 아질산염+질산염은 3.1~8.4 μM 범위로 나타났다 (Fig. 4D, E, F).

잘피종의 형태적 특성

특량만에 출현한 잘피의 형태적인 특성을 살펴보면 거머리

말의 경우 지상부 평균 길이는 92~198 cm, 엽초의 평균길이는 19~44 mm, 잎의 폭은 7.2~13 mm, 잎의 수는 5~6개로서 정점별 유의한 차이를 보였다 ($P < 0.05$, Fig. 5A, B, C, D). 애기거머리말의 경우 지상부 평균 길이는 14~18 cm, 엽초의 평균길이는 3.0~4.2 mm, 잎의 폭은 1.4~1.5 mm로서 정점별 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P > 0.05$, Fig. 5H). 수거머리말의 경우 지상부 평균 길이는 119 cm, 엽초의 평균길이는 27 mm, 잎의 폭은 13 mm, 잎의 수는 4개였다 (Fig. 5I, J, K, L).

잘피종의 자생밀도 및 생물량

잘피의 자생밀도는 거머리말의 경우 103~256 shoot m^{-2} 로서

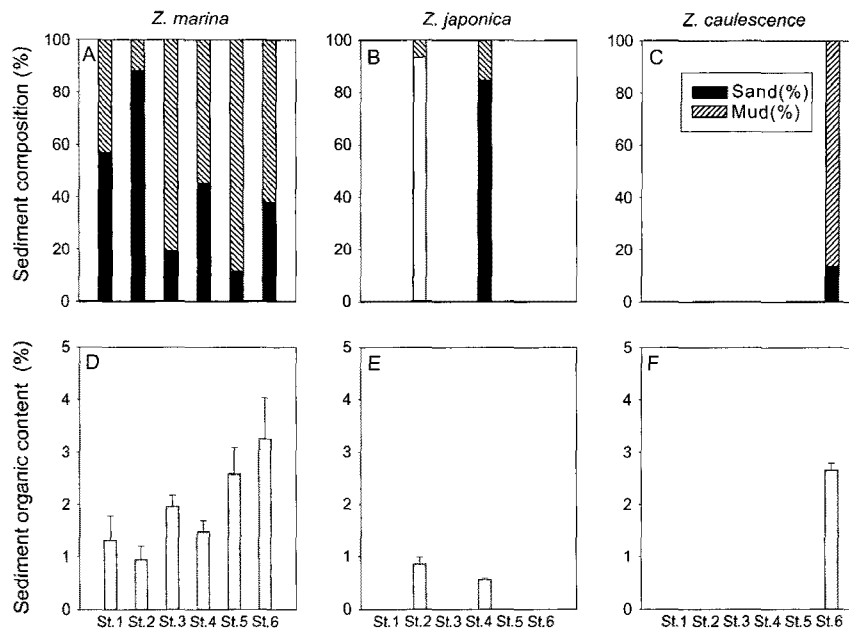


Fig. 3. Sediment composition (A~C) and organic content (D~F) at the study sites. Sediment samples were collected at the study site in May 2007.

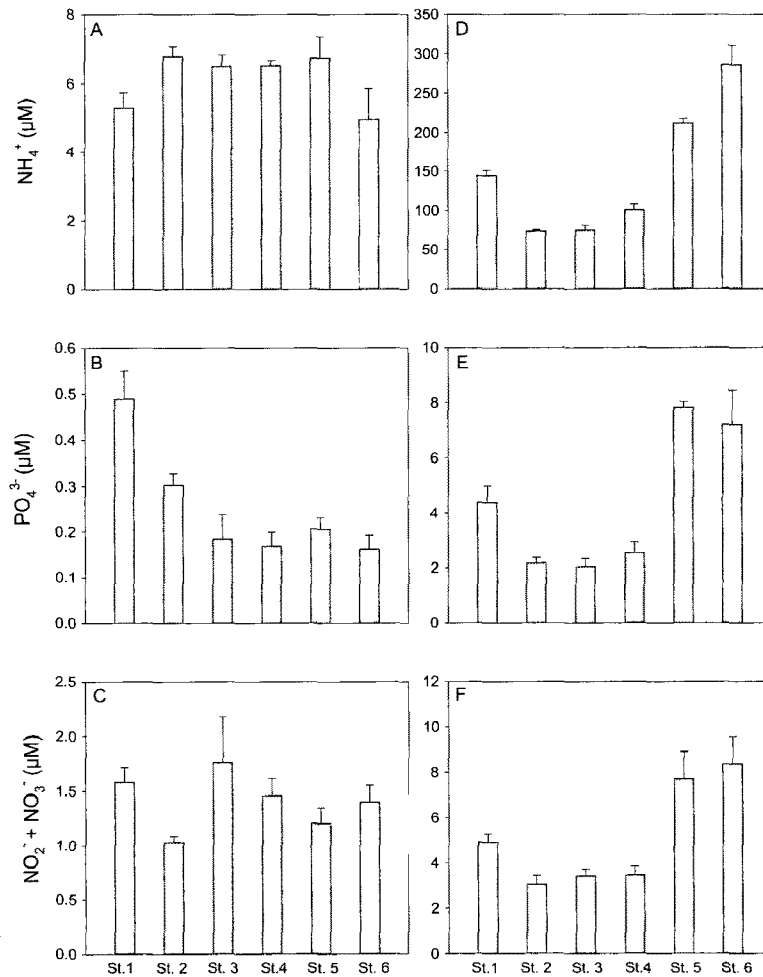


Fig. 4. Water column and sediment pore water nutrient concentrations at the study sites. Water column ammonium (A), phosphate (B) and nitrate + nitrite (C), and sediment pore water ammonium (D), phosphate (E) and nitrate + nitrite (F). Water column and sediment porewater samples were collected at the study site in May 2007.

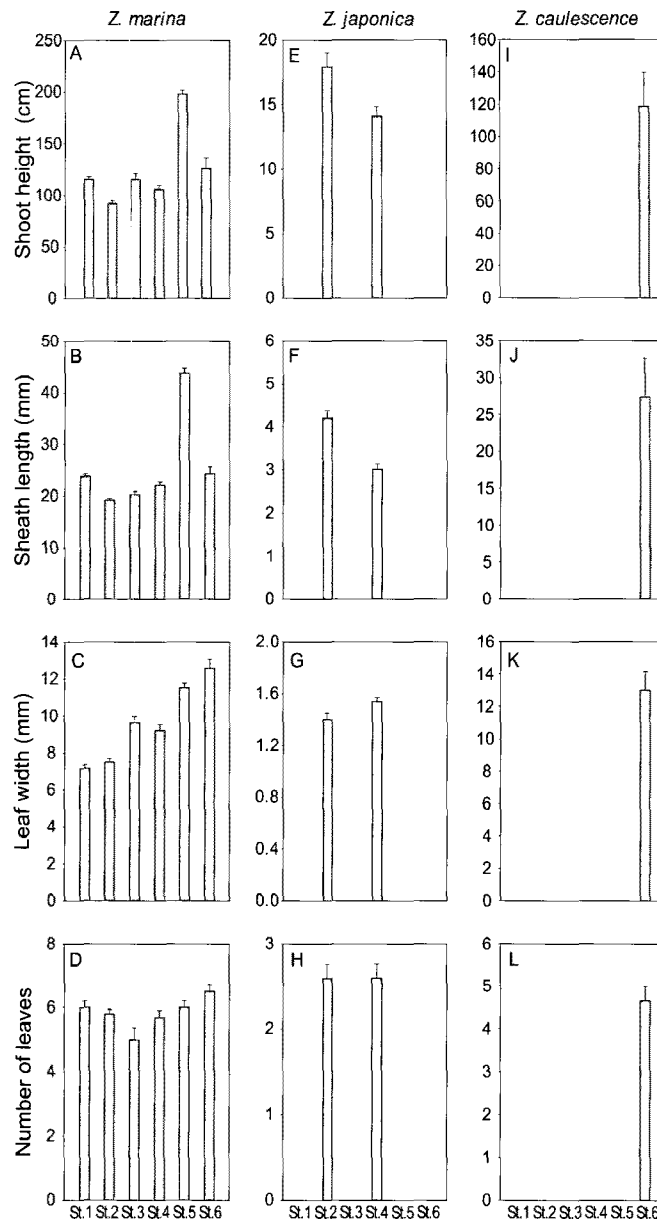


Fig. 5. Morphological characteristics of the seagrasses occurred in Deukryang Bay. Shoot height (A, E, I), sheath length (B, F, J), leaf width (C, G, K), number of leaves (D, H, L). Seagrass collected at the study site in May 2007.

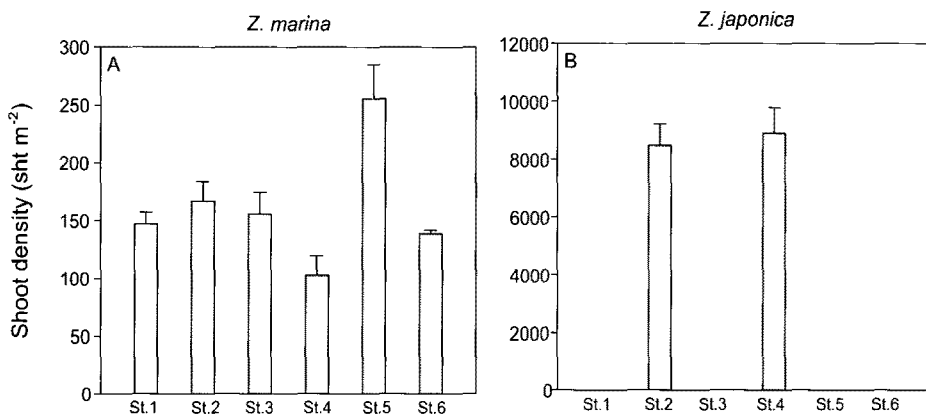


Fig. 6. Vegetative shoot density of *Z. marina* (A) and *Z. japonica* (B) at the study sites in Deukryang Bay. Shoot density was surveyed in May 2007.

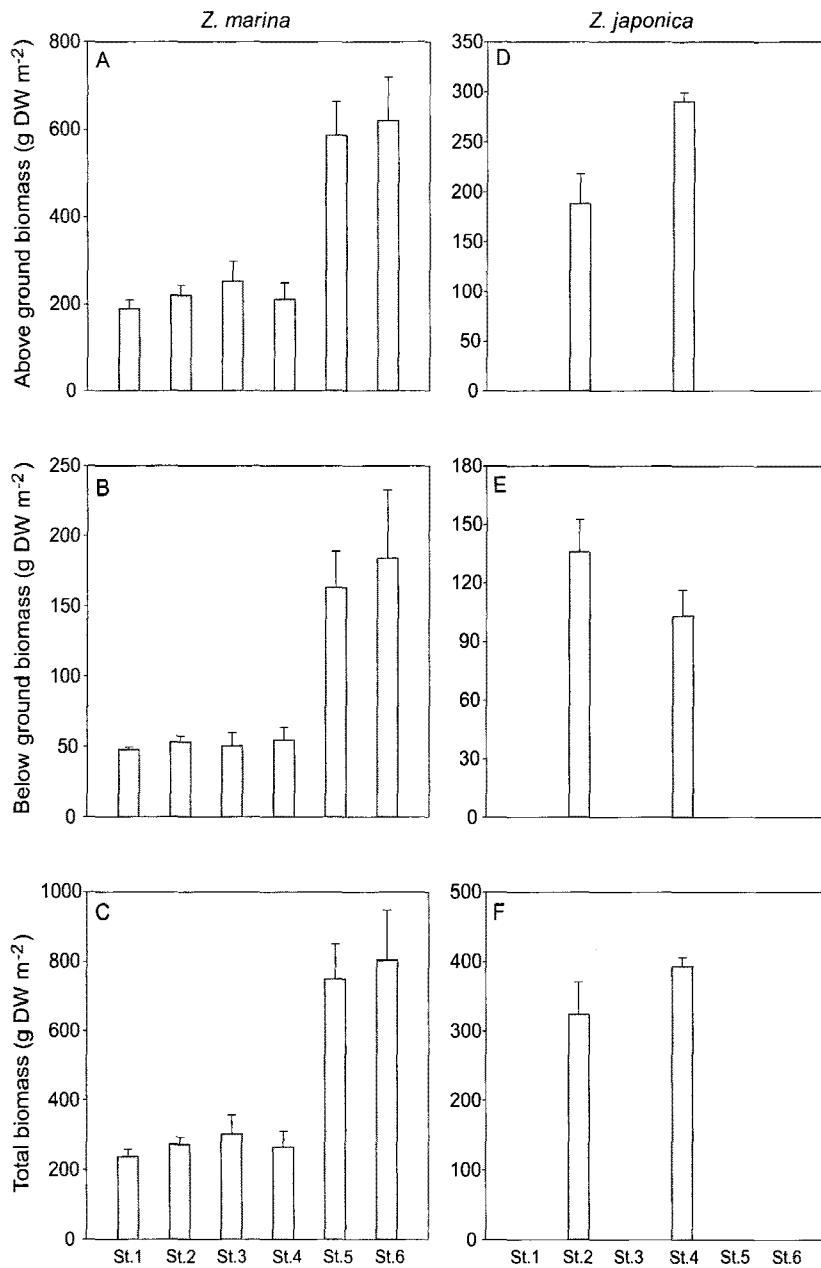


Fig. 7. Above ground biomass (A, D), below ground biomass (B, E) and total biomass (C, F) of *Zostera marina* and *Zostera japonica* at the study sites in Deukryang Bay. Biomass survey was conducted in May 2007.

정점 5번에서 높은 자생 밀도를 보였다 (Fig. 6A). 애기거머리말의 경우 8,493~8,917 shoot m²로서 정점별 차이는 나타나지 않았다 (Fig. 6B).

갈피종의 생물량은 거머리말의 경우 지상부 189~620 g DW m⁻², 지하부 48~184 g DW m⁻², 총생물량 238~804 g DW m⁻²로서 정점 5, 6번에서 높은 생물량을 보였다 (Fig. 7A, B, C). 애기거머리말은 지상부 188~291 g DW m⁻², 지하부 103~136 g DW m⁻², 총생물량 325~394 g DW m⁻²로서 두 정점 모두 비슷한 생물량을 보였다 (Fig. 7D, E, F).

고찰

갈피는 지상부 조직을 통해 해수 내의 영양염을 흡수 제거

하고, 지하부 조직은 퇴적물을 안정화 시켜 수질향상 및 연안 환경 정화에 매우 중요한 역할을 담당한다 (Short and McRoy, 1984; Ward et al., 1984; Fonseca and Fisher, 1986). 갈피 1에이커의 면적에서는 연간 10톤 이상의 잎을 생산할 수 있는 높은 생산력을 바탕으로 연안 및 하구에서 많은 척추동물과 무척추동물의 성어·치어들에게 먹이, 서식지, 산란장 및 성육장을 제공하여 4천여 마리의 어류와 5천만 마리 정도의 무척추동물이 서식한다고 보고되고 있다 (Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, 2003). 이렇게 생태학적, 수산경제학적으로 중요한 갈피를 보전하고 보호하기 위해서는 갈피의 분포 면적, 종 조성, 형태, 밀도 및 생물량을 파악할 필요가 있다. 항공촬영, 수중음향탐사방법, 위성촬영, 수중 비디오

장치 등으로 용이하게 잘피 분포 면적조사가 가능하나, 직접 다이버에 의한 조사는 시간과 노력이 많이 소요되는 단점이 있음에도 불구하고 잘피 분포에 대한 정확한 정보를 제공할 수 있다 (McKenzie et al., 2001).

득량만 서쪽 상부 및 삼산방조제 주변을 조사한 결과 상부에는 갯벌이 잘 발달되어 있고, 삼산방조제 주변에는 방파제 공사가 일부 진행되고 있었으며, 잘피는 자생하지 않았다. 우리나라 잘피 자생면적은 대략 55-70 km²으로 대부분 수질악화나 인위적 교란에 의하여 잘피 자생지가 사라진 것으로 보고되고 있는데 (Lee and Lee, 2003), 득량만의 경우에는 농지 조성을 위한 간척패류사업, 방조제·해안도로 건설 등에 의하여 잘피 자생지가 소실된 것으로 보고되었다 (MOMAF, 2007).

득량만의 잘피 중 가야리 연안 (Fig. 1B) 및 득량도 연안 (Fig. 1E)은 애기거머리말 및 거머리말이 출현하였고, 대덕읍 용암리 연안 (Fig. 1H)은 거머리말 및 수거머리말이 출현 하였다. 조간대에 분포하는 애기거머리말의 경우 조수간만의 차에 의하여 외부에 노출되는 시간이 많았으며, 거머리말의 경우 일부 노출되기도 하지만 대부분 물속에 잠겨서 자생하고, 수거머리말의 경우 항상 물에 잠겨있었다. 이들 3종은 조간대에서 조하대 5 m 수심까지 자생하면서 종마다 서식 수심을 달리 하여 자생하여 공간적인 분포가 제한되거나 구분되는 양상을 보였다 (Lee and Lee, 2003; Lee et al., 2006).

유기물량은 조사지역 중 넓은 면적의 잘피가 자생하고 있는 정점에서 대체적으로 높은 값을 보이고 있으나, 우리연안에서 건강한 잘피 자생지가 보고된 가배만 및 고성만에 비하여 낮은 값을 보였다 (Lee et al., 2003). 해수 영양염류 중 인산염은 정점 간 차이를 보이고 있고, 퇴적물 공극수 내 영양염은 득량만 하부에 위치하고 있는 노력도 및 용암리 연안에서 높은 값을 보이고 있으나 전반적으로 가배만 및 고성만과 비슷하거나 낮은 값을 보였다 (Lee et al., 2003).

잘피의 형태적 특성, 자생밀도 및 생물량은 분포지역, 계절 및 종에 따라서 다양한 형태로 나타난다. 거머리말의 경우 조사정점 5번을 제외하면 지상부 평균 길이, 엽초의 평균길이, 잎의 폭 및 자생밀도는 같은 시기 (2007년 5월)에 조사된 가막만, 진동만의 값과 유사하였다 (Kim et al., 2008b). 애기거머리말의 경우 지상부 평균 길이, 엽초의 평균길이, 잎의 폭 및 자생밀도는 동월에 조사된 거제 다대의 값과 유사하였다 (Lee et al., 2006).

생물량을 보면 거머리말의 경우 높은 생물량을 보인 조사정점 5, 6번을 제외하면 지상부, 지하부 및 총 생물량이 같은 시기에 조사된 가막만, 진동만의 값과 유사하였다 (Kim et al., 2008b). 애기거머리말의 지상부, 지하부 및 총생물량은 동월에 조사된 거제 다대의 값과 유사하였다 (Lee et al., 2006). 거머리말의 지상부 평균 길이, 엽초의 평균길이, 잎의 폭 등이 크거나, 생물량이 높은 지역은 퇴적물 공극수 내 영양염이 다른 지역에 비해 상대적으로 높은 농도 값을 보이는 것과 연관이 있을 것으로 추정된다 (Short, 1983; Lee and Dunton, 2000).

득량만에서 조사된 잘피 자생지의 총 면적은 5.1 km²으로서

우리나라 잘피 자생면적의 약 7.3%를 차지하는 넓은 면적의 잘피숲이 형성되어있음을 알 수 있었다. Texas Parks and Wildlife Department (1999)는 잘피숲의 경제적 가치를 상업 및 휴양시설, 폭풍으로의 보호기능 등을 고려하여 산출할 때 1에이커당 연간 9천~28천 달러의 경제적 효과가 있다고 하였다. 이 값을 적용시 득량만 잘피숲의 경제적 가치 및 효과는 연간 135~420억원으로 추정해볼 수 있다. 따라서 득량만은 우리나라 연안에서 잘피 자생 면적이 가장 넓은 지역 중의 하나로서, 잘피가 자생하는 지역에는 많은 통발이 놓여져 있고, 어업인 들이 소형 어선을 이용하여 어로활동을 하고 있어 잘피숲이 득량만의 높은 생산성을 유지하는데 중요한 기능을 담당하고 있는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국립수산과학원 (RP-2009-ME-31)의 지원에 의해 운영되었습니다. 무명의 심사자의 지적에 의해 본 논문의 질이 향상되었으며 이에 깊이 감사드립니다. 조사와 시료분석에 많은 도움을 주신 국립수산과학원 해조류바이오연구소의 이상용 박사, 남해수산연구소 연안생태복원실의 정나영님 및 전남대학교 수산증양식연구센터의 추부관님께 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

- den Hartog, C. 1970. The seagrass of the world. North-holland Publishing company, Amsterdam, 275.
- Florida Fish and Wildlife Conservation Commission. 2003. Conserving Florida's seagrass resources: Developing a coordinated statewide management program. Florida Marine Research Institute. 100 Eighth Avenue SE St. Petersburg, FL 33701-5095.
- Fonseca MS and Fisher JS. 1986. A comparison of canopy friction and sediment movement between four species of seagrass with reference to their ecology and restoration. Mar Ecol Prog Ser 29, 5-22.
- Hovel KA, Fonseca MS, Meyer DL, Kenworthy WJ and Whitfield PG. 2002. Effects of seagrass landscape structure, structural complexity and hydrodynamic regime on macrofaunal densities in North Carolina seagrass beds. Mar Ecol Prog Ser 243, 11-24.
- Kaldy JE. 2006. Production ecology of the non-indigenous seagrass, dwarf eelgrass (*Zostera japonica* Ascher. & Graeb.), in a Pacific northwest estuary, USA. Hydrobiologia 553, 201-217.
- Kang D, Cho S, La H, Kim J.-M, Na J and Myoung J.-G. 2006. Estimating spatial and vertical distribution of seagrass habitats using hydroacoustic system. Ocean and Polar Res 28, 225-236.

- Kim JB, Park J-I, Jung C-S, Lee P-Y and Lee K-S. 2009. Distributional range extension of the seagrass *Halophila nipponica* into coastal waters off the Korean peninsula. *Aquat Bot* 90, 267-272.
- Kim K, Kim J and Kim KY. 2008a. Using a digital echosounder to estimate eelgrass (*Zostera marina* L.) cover and biomass in Kwangyang Bay *Algae*, 23, 83-90.
- Kim TH, Park SR, Kim YK, Kim J-H, Kim SH, Kim JH, Chung IK and Lee K-S. 2008b. Growth dynamics and carbon incorporation of the seagrass, *Zostera marina* L. in Jindong Bay and Gamak Bay on the southern coast of Korea. *Algae*, 23, 241-250.
- Komatsu T, Igarashi C, Tatsukawa K, Sultana S, Matsuoka Y and Harada A. 2003. Use of multi-beam sonar to map seagrass beds in Otsuchi Bay on the Sanriku Coast of Japan. *Aquat Liv Res* 16, 223-230.
- Lee K-S and Dunton KH. 2000. Effect of nitrogen enrichment on biomass allocation, growth, and leaf morphology of the seagrass *Thalassia testudinum*. *Mar Ecol Prog Ser* 196, 39-48.
- Lee K-S and Lee SY. 2003. The seagrasses of the republic of Korea. In: *World Atlas of Seagrasses: present status and future conservation*, edited by Green, E.P., F.T. Short and M.D. Spalding, University of California Press, Berkeley, 193-198.
- Lee K-S, Kang C-K and Kim Y-S. 2003. Seasonal dynamics of the seagrass *Zostera marina* on the south coast of the Korean peninsula. *J. Korean Soc Oceanogr* 38, 68-79.
- Lee K-S, Park SR and Kim JB. 2005. Production dynamics of the eelgrass, *Zostera marina* in two systems on the south coast of the Korea peninsula. *Mar Biol* 147, 1091-1108.
- Lee SY, Kim JB and Lee SM. 2006. Temporal dynamics of subtidal *Zostera marina* and intertidal *Zostera japonica* on the southern coast of Korea. *Mar Ecol* 27, 133-144.
- McKenzie LJ, Finkbeiner MA and Kirkman H. 2001. Methods for mapping seagrass distribution. In: Short, F.T. and Coles R.G eds *Global seagrass research methods*. Elsevier, Amsterdam, 101-121.
- MOMAF. 2003. Fishing ground management program
- MOMAF. 2005. *Standard Methods of Marine Environment*, 400.
- MOMAF. 2007. Study on environmental management of environment protect area in Deukryang Bay, 171.
- Short FT. 1983. The seagrass, *Zostera marina* L: Plant morphology and bed structure in relation to sediment ammonium in Izembek Lagoon, Alaska *Aquat Bot* 16, 149-161.
- Short FT and McRoy CP. 1984. Nitrogen uptake by leaves and roots of the seagrass *Zostera marina* L *Bot Mar* 27, 547-555.
- Texas Parks and Wildlife Department. 1999. Seagrass conservation plan for Texas: Austin, Tex., Texas Parks and Wildlife Resource Protection Division, with Texas General Land Office, Texas Natural Resources Conservation Commission, Galveston Bay Estuary Program, and Coastal Bend Bays and Estuary Program, 79.
- Thresher RE, Nichols PD, Gunn JS, Bruce BD and Furlani DM. 1992. Seagrass detritus as the basis of a coastal planktonic food chain. *Limnol. Oceanogr.* 37: 1754-1758.
- Ward LG, Kemp WM and Boynton WR. 1984. The influence of waves and seagrass communities on suspended particulates in an estuarine embayment. *Mar Geol* 59, 85-103.
- Zieman JC and Wetzel RG. 1980. Productivity in seagrass: methods and rates. In: Phillips, R.C. and McRoy C.P, eds. *Handbook of seagrass biology: An ecosystem perspective* Garland STPM Press, New York, USA, 87-116.

2009년 6월 25일 접수

2009년 9월 10일 수정

2009년 10월 16일 수리