

조름나물이 서식하는 동해안 석호 습지인 선유담의 생태적 특성 및 보전방안

김홍태 · 이광문 · 김재근⁺

서울대학교 생물교육과

The Ecological Characteristics and Conservation Counterplan of *Menyanthes trifoliata* Habitat in Floating Mat in Korean East Coastal Lagoon, Sunyoodam

Heung-Tae Kim · Gwang-moon Lee · Jae Geun Kim⁺

Department of Biology Education, Seoul National University

요 약

본 연구의 목적은 동해안 석호 습지인 선유담에서 조름나물이 서식하는 부유성 매트를 중심으로 조름나물 서식지의 생태적 특성을 밝히고, 서식지를 보전하기 위한 방안을 제안하고자 한다. 식생학적 특성을 확인하기 위하여 부유성 매트의 조름나물 서식지를 중심으로 방형구를 이용한 식생조사를 수행하였다. 부유성 매트의 두께 및 수위, 깊이별 유기물 함량을 조사하였다. 표층수의 pH, DO, EC, TDS를 측정하고, 인산, 질산, 암모늄, Ca, K, Na, Mg의 양을 분석하였다. 선유담에는 총 78분류군의 식물이 서식하고 있으며, 부유성 매트의 조름나물 서식지에서 조름나물의 평균 피도는 62.6%, 평균 shoot 밀도는 71.2개/㎡로서 중요한 수반종은 갈대였다. 부유성 매트의 평균 깊이는 조름나물 순군락에서 26.5cm, 갈대-조름나물 군락에서 68.9cm였으며, 매트 아래 수위는 각각 106.5cm와 17.7cm였다. 매트의 유기물 함량은 아래로 내려갈수록 감소하여 5cm 깊이에서는 73.7%, 이후 40cm 깊이까지는 43.5~54.6%, 40~60cm 깊이에서는 19.3~21.3%의 범위를 보였다. 표층수의 pH, DO, EC, TDS는 각각 5.06, 46.1%, 59.4 μs/cm, 29.3 mg/L였다. 물에서 인산, 질산, 암모늄의 농도는 각각 47.2, 9321, 15.9 μg/L였으며, Ca, K, Na, Mg의 농도는 11.1, 1.5, 15.1, 11.3 mg/L로 확인되었다. 습지형 석호인 선유담의 조름나물 서식지는 Hewett의 분류에서 저지대 군락의 일종에 해당한다. 선유담 습지의 조름나물 서식지를 보전하기 위하여 개방수면의 확보, 관찰로 설치, 오염물 유입을 막기 위한 주변 농지로부터의 유입수 차단이 필요하다.

핵심용어 : 선유담, 석호, 조름나물, 부유성 매트

Abstract

The purpose of this study is to investigate the properties of *Menyanthes trifoliata* habitat in coastal lagoons. To characterize plant composition in the habitats in the lagoon, the plot sampling method was applied. The depths of water and floating mat were measured. Surface water quality factors including pH, electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), and total dissolved solids (TDS) were measured in the sites. Phosphate, nitrate, ammonium, and major cations were measured in laboratory. The wetland has 78 taxa of wetland plants. The average coverage and density of *M. trifoliata* was 62.6% and 71.2/m², respectively and *Phragmites australis* is important associate in Sunyoodam lagoon. The average depths of floating mats were 26.5cm in *M. trifoliata* and 68.9cm in the *P. australis*-*M. trifoliata* communities, and the water depth below the mat was 106.5cm and 17.7cm, respectively. The values of pH, DO, EC and TDS in the water were 5.06, 46.1%, 59.4 μs/cm, and 29.3 mg/L, respectively. The concentrations of phosphate, nitrate, and ammonium showed 47.2, 9321, and 15.9 μg/L, respectively. The concentrations of Ca, K, Na, and Mg had 11.1, 1.5, 15.1, and 11.3 mg/L, respectively. The habitats of *M. trifoliata* in the lagoon corresponds to a kind of lowland communities in Hewett's classification. To conserve the habitats of *M. trifoliata* in Sunyoodam lagoon, the supply of open water area, the construction of observation deck, and the block of inflow from the surrounding paddy fields are needed in the future.

Keywords : Sunyoodam wetland, lagoon, *Menyanthes trifoliata*, floating mat

⁺ To whom correspondence should be addressed.
jaegkim@snu.ac.kr

1. 서론

조름나물은 우리나라 환경부에서 멸종위기보호야생동·식물 II급으로 지정한 보호식물로서, 북반구의 아시아, 유럽, 북아메리카 대륙에서 북극권과 북위 40도 사이의 지역에 생육한다. 조름나물 서식지의 남쪽 경계는 유럽에서는 포르투갈과 스페인 중부, 프랑스 남부, 이탈리아 북부, 그리스, 그리고 코카서스와 온난한 시베리아 지역으로 알려져 있으며, 북아메리카 대륙에서는 서부의 캘리포니아에서 와이오밍, 네브래스카, 미주리를 거쳐 버지니아 및 메릴랜드에 이르는 지역으로, 위의 서식지에서 조름나물은 약 1,000m 고도의 지역에 위치한 호수, 연못, 수로, 습원 등에 자라는 것으로 보고되었다(Hewett, 1964).

일본에서도 조름나물은 북위 38° 이상의 냉온대 지방에 주로 분포하며, 난온대 지방인 일본 남서부 지역에서는 국지적으로 분포하는 것으로 알려져 있다(Kokawa, 1961). 대표적인 예가 북위 35°의 교토시 근방에 위치한 Mizorogaik Pond의 부유성 이탄 매트(floating mat of peat)에 서식하는 조름나물 군락으로, 난온대 지방에서 조름나물이 잔류종(relic species)으로 존재하고 있는 서식지 중의 하나이다(Haraguchi, 2004). 국내에서도 조름나물은 고산습지인 대암산 용늪을 비롯하여 동해안의 일부 해안가 근처 습지형 석호에만 분포하는 등 매우 제한적으로 자생하고 있음이 확인되었다(Kim, 2009; Lim, 2010).

석호는 담수와 해수가 만나면서 형성된 독특한 형태의 기수 환경에 적응하는 다양한 동식물이 서식하기 때문에 생물다양성이 높다고 알려져 있다(Um, 1998). 이러한 석호는 퇴적작용으로 인하여 호수에서 습지로 천이된 후 육지로 변화하는 육상화 단계를 거치며, 우리나라 동해안의 습지형 석호는 조름나물이 서식하는 것으로 확인된 선유담과 봉포호를 비롯하여 8개 정도로 보고되었다(Park, 2006). 그러나 석호는 주변 지역이 관광지나 농경지로 개발되는 등 인위적인 영향을 더 크게 받으면서 경관 및 환경이 크게 훼손되고 있다(Yoon et al., 2008). 특히 조름나물이 서식하는 석호 중에서 봉포호의 경우는 석호로서의 보전가치를 상실한 것으로 나타났다(WREO, 2008). 그러나 조름나물이 갈대와 함께 군락을 이루고 있는 것으로 확인된 선유담은 다른 석호에 비해 양서·과충류가 더 많이 서식하며, 환경부 지정 멸종위기 야생동·식물 II급인 맹꽁이가 관찰되었기에 보전가치가 높다고 판단된다(WREO, 2008). 습지생태계에서 주변 농경지나 주거지로부터 유입되는 인으로 인한 수환경의 변화는 서식하는 식물종의 변화를 야기한다(Rejmánková, 2011). 따라서 조름나물 자생지로서 선유담을 보전하고 주변 환경 변화를 확인하기 위한 생태적 특성에 대한

기초 자료가 필요하다.

한편, 조름나물 자생지의 위도보다 낮은 북반구 지방의 저지대에서 조름나물의 서식지를 조성하고 복원하기 위한 기술 개발을 위해 조름나물의 생육에 미치는 서식 기질과 동반종의 영향이나 효과적인 증식 기법에 대한 연구들이 이루어졌다(Lee, 2011a, 2011b, 2012). 일본의 경우는 부유성 이탄 매트에서 조름나물의 생육특성을 밝히는 연구들이 이루어졌다(Haraguchi, 1993, 1996, 2004). 그러나 서식지 조성의 모델이 될 수 있는 저지대 자생지의 생태학적 특성을 밝힌 연구는 부족한 상황이다. 특히 선유담에서 조름나물은 줄 또는 갈대의 사체 및 지하경이 얽혀 이루어진 부유성 매트(이하 부유성 매트라 지칭)에 서식하거나 조름나물만으로 이루어진 식물섬(floating island)과 같은 독특한 생태적 특성을 보여주고 있다.

자연 식물섬을 모델로 하는 인공식물섬은 수심이 깊거나 수위 변동이 큰 곳, 호안 경사가 급한 곳, 그리고 기질이 콘크리트와 같은 인공적인 곳에서 수생식물을 복원할 수 있는 효과적인 생태기술로서, 수질 정화, 생물서식공간 제공, 파랑 감소 및 경관미 조성 등의 효과가 있다(Lee and Kwon, 2002). 따라서 식물섬을 형성하여 자라기도 하는 조름나물은 인공식물섬의 소재로 활용될 수 있으며, 이를 위해서는 우선적으로 조름나물 자생지의 생태적 특성에 대한 기초자료를 확보할 필요가 있다.

본 연구의 목적은 조름나물이 서식하는 동해안 석호 습지인 선유담에서 조름나물이 자라고 있는 부유성 매트 지역을 중심으로 서식지의 생태적 특성을 밝히는 것이며, 이를 바탕으로 멸종위기보호야생동·식물 II급인 조름나물의 선유담 서식지를 보전하기 위한 방안도 제안하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 조사지 개황

선유담 습지(Fig. 1)는 강원도 고성군 죽왕면 공현진리에 위치하며, 지리좌표는 북위 38°21'24.45", 동경 128°30'13.90"이다(Ministry of Environment, 2010). 선유담은 산록에 둘러싸여 있는 담수화된 석호로서 상당히 육지화되어 석호의 육상화 단계 중 호습지형에 속하는 석호성 해안습지이다(Ministry of Environment, 2010; Park, 2006). 습지가 위치한 지역은 해안충적지로 지질은 화강암으로 구성되어 있으며, 수원은 주로 강수와 사면의 지표유출수이며, 면적은 17,400 m²이고 토탄은 형성되지 않았다(Ministry of Environment, 2010). 멸종위기보호야생동·식물 II급인 조름나물이 서식하는 것으로 확인되어 전국내륙습지조사에서는 습지보전등급 '중'의 판정을 받았다.

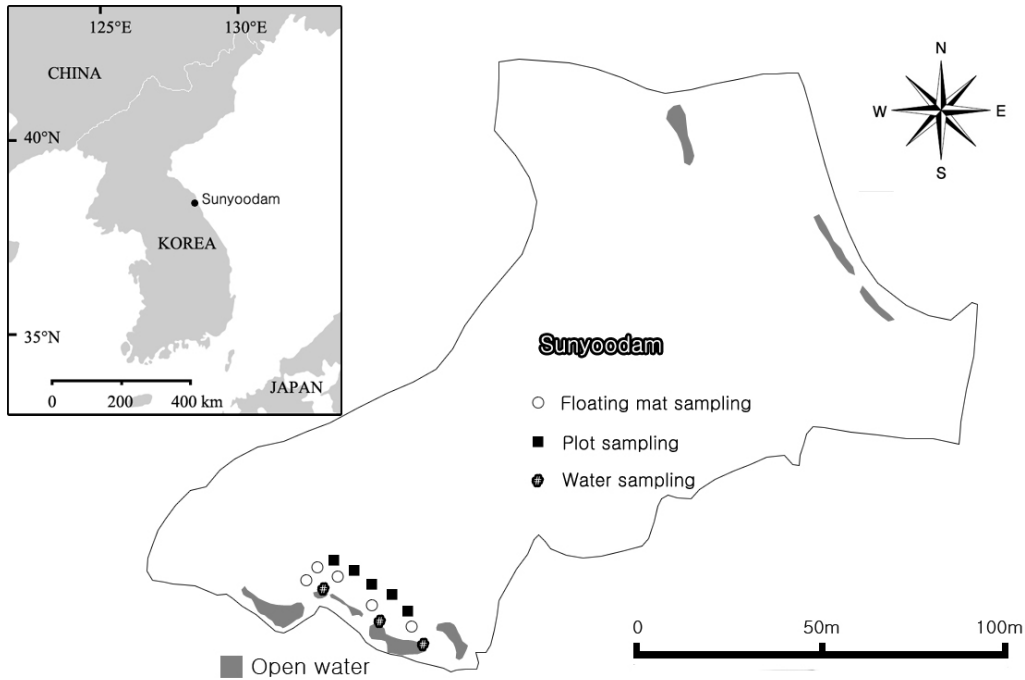


Fig. 1. Sampling points in Sunyoodam

2.2 식물상 및 식생조사

선유담 습지의 부유성 매트와 주변부에 서식하는 식물을 확인하였다. 식생조사는 선유담 습지의 부유성 매트에 형성된 갈대군락에서 조류나물이 서식하는 지역을 중심으로 5곳에 1m×1m 방형구를 설정하여 수행하였다. 방형구에 나타나는 식물종들의 피도와 개체수를 측정하고 상대피도와 상대밀도를 계산하였다.

2.3 부유성 매트 분석

선유담 습지에서 조류나물이 서식하는 부유성 매트의 특성을 조사하기 위하여 조류나물이 자라고 있는 지점의 부유성 매트의 두께 및 수위와 유기물 함량을 측정하였다. 부유성 매트의 두께 및 수위는 조류나물이 순군락을 형성하고 있는 지점과 함께 조류나물이 줄 및 갈대와 함께 자라고 있는 지역을 대비하여 조사하였다(Fig. 1). 조사는 10cm, 150cm의 T자형 철제 막대에 줄자를 붙인 도구를 제작하여 막대를 매트에 수직으로 박아 넣어서 매트의 두께 및 수위를 측정하였다. 부유성 매트의 유기물 함량 조사를 위하여 갈대와 조류나물이 군락을 이루고 있는 지역에서 임의로 선정한 한 지점에서 부유성 매트를 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm, 20-30cm, 40-50cm, 50-60cm의 깊이별로 채집하였다. 깊이별로 채집된 매트의 유기물 함량은 550℃로 4시간 동안 작열소실 시키는 방법을 이용하여 측정하였다(Boyle, 2004).

2.4 수질분석

조류나물이 식물섬을 이루어 서식하는 지역의 표층수를 채집하여(Fig. 1), pH, 용존산소량(DO), 전기전도도(EC), 총용존성고형물질(TDS), 인산성 인($PO_4^{3-}-P$), 질산성 질소($NO_3^- -N$), 암모늄성 질소($NH_4^+ -N$), Ca, K, Na, Mg를 측정하였다. pH, DO, EC, TDS는 현장에서 각각 pH meter(model PH-220, Lutron), DO meter(model PDO-520, Lutron), electrical conductivity meter(model 311 chekmate II, Corning)를 이용하여 측정하였다. 질산성 질소, 암모늄성 질소, 인산성 인 분석을 위해 물을 채수한 후 0.45 μm Whatman cellulose nitrate membrane filter로 걸러 분석에 이용하였다. 질산성 질소는 hydrazine method로(Kamphake et al., 1967), 암모늄성 질소는 indophenol method로(Liddicoat et al., 1975), 인산성 인은 ascorbic acid reduction method로 분석하였다(Solorzano, 1969). 물속에 녹아있는 Ca, K, Na, Mg의 양이온 양은 불꽃원자흡광광도계(AA240FS, Varian)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 선유담 습지의 식물상 및 부유성 매트의 식생

문헌조사를 포함한 본 연구 결과, 37과 60속 61종 1아종 14변종 1품종에 속하는 77분류군이 선유담에 서식하는 것으로 확인되었다. 2008년 수행된 연구에서는 선

유담에 멸종위기보호야생동·식물 II급인 조름나물과 각 시수련을 포함하여 38종의 식물이 서식하는 것으로 보고되었다(Kim, 2009). 2010년 전국내륙습지조사 결과(Ministry of Environment, 2010)에서는 조름나물을 포함하여 총 55종으로 확인되었다(Table 1). 조사간 식물종수의 차이는 선유담 습지의 부유성 매트와 경계지역에 서식하는 종을 포함시켰는지에 따른 것으로 판단된다. 본 연구에서는 부유성 매트에 우리나라 환경부에서 지정하는 멸종위기야생동·식물 II급인 제비붓꽃이 서식하고 있음을 확인하였다. Kim(2009)의 연구에서는 제비붓꽃이

보고되지 않았으나 제비붓꽃을 꽃창포로 오동정했을 가능성이 있는 것으로 판단된다. 이에 대해서는 후후 면밀한 조사가 필요하다. 2010년 습지조사보고서에는 식물상 목록에는 없으나 내용 중에 붓꽃류가 언급되어 있어서 선유담에 서식하는 것이 관찰되었던 것으로 보이나 목록에는 누락되어 있었다. 따라서 선유담 습지는 환경부 지정 멸종위기야생동·식물 II급의 조름나물과 제비붓꽃을 포함하여 총 78종의 식물이 서식하는 것이 확인되어 양서·과충류의 보전 측면에서 뿐만 아니라 식물의 종보전 측면에서도 보전 가치가 높은 것으로 판단된다.

Table 1. Plant list of Sunyoodam wetland, 2008 from Kim (2009) and 2010 from Ministry of Environment (2010)

Family name (Korean name)	Scientific name (Korean common name)	Year		
		2008	2010	2011
Potamogetonaceae (가래과)	<i>Potamogeton distincuts</i> (가래)	○	○	○
Alismataceae (택사과)	<i>Sagittaria sagittifolia</i> subsp. <i>leucopetala</i> (벗풀)		○	
	<i>Sagittaria aginashi</i> (보풀)	○		
Anacardiaceae (웃나무과)	<i>Rhus javanica</i> (불나무)		○	
Apiaceae (산형과)	<i>Sium suave</i> (개밭나물)	○		
	<i>Oenanthe javanica</i> (미나리)	○		
Asclepiadaceae (박주가리과)	<i>Metaplexis japonica</i> (박주가리)		○	
Aspleniaceae (꼬리고사리과)	<i>Athyrium niponicum</i> (개고사리)	○		
Asteraceae (국화과)	<i>Bidens tripartita</i> (가막사리)		○	○
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> (돼지풀)		○	
	<i>Bidens frondosa</i> (미국가막사리)	○	○	○
	<i>Eclipta prostrata</i> (한련초)	○		
Campanulaceae (초롱꽃과)	<i>Lobelia chinensis</i> (수염가래꽃)	○	○	○
Cannabinaceae (삼과)	<i>Humulus japonicus</i> (환삼덩굴)		○	
Caprifoliaceae (인동과)	<i>Lonicera japonica</i> (인동덩굴)		○	
Caryophyllaceae (석죽과)	<i>Stellaria aquatica</i> (쇠별꽃)		○	
Commelinaceae (닭의장풀과)	<i>Commelina communis</i> (닭의장풀)		○	
	<i>Aneilema keisak</i> (사마귀풀)	○	○	○
Crassulaceae (돌나물과)	<i>Orostachys malacophylla</i> (둥근바위솔)		○	
Cyperaceae (사초과)	<i>Scirpus radicans</i> (도루박이)		○	
	<i>Cyperus amuricus</i> (방동사니)		○	
	<i>Carex forficula</i> var. <i>forficula</i> (산뚝사초)		○	○
	<i>Scirpus triangulatus</i> (송이고랭이)		○	
	<i>Eleocharis acicularis</i> for. <i>longiseta</i> (쇠털골)		○	
	<i>Eleocharis kuroguwai</i> (올방개)		○	
	<i>Scirpus lacustris</i> var. <i>creber</i> (큰고랭이)	○		
	<i>Scirpus fluviatilis</i> (매자기)	○		○
	<i>Kyllinga brevifolia</i> (파대가리)		○	
Davalliaceae (넉줄고사리과)	<i>Thelypteris palustris</i> (처녀고사리)	○		
Fabaceae (콩과)	<i>Glycine soja</i> (돌콩)		○	
	<i>Robinia pseudoacacia</i> (아까시나무)		○	
	<i>Aeschynomene indica</i> (자귀풀)	○	○	○
	<i>Trifolium repens</i> (토끼풀)		○	

Table 1. Plant list of Sunyoodam wetland, 2008 from Kim (2009) and 2010 from Ministry of Environment(2010) (continued)

Family name (Korean name)	Scientific name (Korean common name)	Year		
		2008	2010	2011
Haloragaceae (개미탑과)	<i>Myriophyllum spicatum</i> (이삭물수세미)	○		
Hydrocharitaceae (자라풀과)	<i>Ottelia alismoides</i> (물질경이)		○	
Iridaceae (붓꽃과)	<i>Iris ensata</i> var. <i>spontanea</i> (꽃창포)	○		
	<i>Iris setosa</i> (부채붓꽃)	○		
	<i>Iris laevigata</i> (제비붓꽃)			○
Juncaceae (골풀과)	<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i> (골풀)	○	○	○
Lamiaceae (꿀풀과)	<i>Isodon inflexus</i> (산박하)		○	
	<i>Lycopus lucidus</i> (취싸리)	○	○	○
	<i>Lycopus maackianus</i> (애기취싸리)	○	○	
	<i>Elsholtzia ciliata</i> (향유)		○	
Lemnaceae (개구리밥과)	<i>Lemna perpusilla</i> (좀개구리밥)	○		
Lentibulariaceae (통발과)	<i>Utricularia vulgaris</i> var. <i>japonica</i> (통발)	○		
Liliaceae (백합과)	<i>Smilax china</i> (청미래덩굴)		○	
Lythraceae (부처꽃과)	<i>Lythrum anceps</i> (부처꽃)	○	○	
Menispermaceae (방기과)	<i>Cocculus trilobus</i> (댕댕이덩굴)		○	
Menyanthaceae (조름나물과)	<i>Menyanthes trifoliata</i> (조름나물)	○	○	○
Nymphaeaceae (수련과)	<i>Nymphaea tetragona</i> var. <i>minima</i> (각시수련)	○		
Phytolaccaceae (자리공과)	<i>Phytolacca americana</i> (미국자리공)		○	
Poaceae (벼과)	<i>Phragmites australis</i> (갈대)	○	○	○
	<i>Phalaris arundinacea</i> (갈풀)	○		
	<i>Setaria viridis</i> var. <i>viridis</i> (강아지풀)		○	
	<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i> (개솔새)		○	
	<i>Setaria glauca</i> (금강아지풀)		○	
	<i>Isachne globosa</i> (기장대풀)	○		○
	<i>Phragmites japonica</i> (달뿌리풀)	○		
	<i>Echinochloa crusgalli</i> var. <i>crusgalli</i> (돌피)	○	○	○
	<i>Echinochloa crusgalli</i> var. <i>oryzicola</i> (물피)		○	
	<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> (솔새)		○	
	<i>Andropogon brevifolius</i> (쇠풀)		○	
	<i>Setaria × pycnocomma</i> (수강아지풀)		○	
	<i>Zizania latifolia</i> (줄)	○	○	○
	Polygonaceae (마디풀과)	<i>Persicaria thunbergii</i> (고마리)	○	○
<i>Persicaria perfoliata</i> (머느리배꼽)			○	○
<i>Persicaria sagittata</i> (미꾸리뉘시)		○	○	○
<i>Persicaria hydropiper</i> (여뀌)			○	
<i>Persicaria orientalis</i> (털여뀌)			○	○
Pontederiaceae (물옥잠과)	<i>Monochoria vaginalis</i> var. <i>plantaginea</i> (물달개비)		○	
	<i>Monochoria korsakowii</i> (물옥잠)	○	○	
Primulaceae (앵초과)	<i>Lysimachia vulgaris</i> var. <i>davurica</i> (좁쌀풀)	○		
Rubiaceae (꼭두서니과)	<i>Rubia akane</i> (꼭두선이)		○	
Salicaceae (버드나무과)	<i>Salix koreensis</i> (버드나무)	○	○	○
Typhaceae (부들과)	<i>Typha orientalis</i> (부들)	○		
	<i>Typha angustifolia</i> (애기부들)	○		
Violaceae (제비꽃과)	<i>Viola verecunda</i> var. <i>verecunda</i> (콩제비꽃)	○		
Subtotal		38	55	21
Total		78		

조름나물이 국지적으로 자라는 지점을 중심으로 설정한 방형구에서 출현한 식물종들은 갈대, 고마리, 줄 등이었다(Table 2). 조름나물의 평균 피도는 62.6%, 평균 shoot 밀도는 71.2개/㎡였다. 조름나물 외의 식물종에서는 평균 피도는 고마리가 그 다음으로 높았으나 상대피도는 갈대가 더 높은 것으로 나타났다. 밀도 역시 평균 밀도는 고마리가 높았으나 shoot의 상대밀도는 갈대가 더 높았다. 따라서 조름나물 출현 방형구에서 상대피도와 상대밀도의 합을 기준으로 보았을 때 갈대가 조름나물의 가장 중요한 수반종인 것으로 나타났다.

일본의 경우 조름나물과 갈대의 혼합 군락에서 갈대의 평균 shoot 밀도는 60.7개/㎡인 것으로 보고되었다(Haraguchi, 1993). 이러한 결과는 본 연구의 조사지보다 갈대 밀도가 상당히 높은 수준에서도 조름나물이 동반하여 서식할 수 있음을 보여준다. 이는 갈대가 우점하는 곳은 키가 큰 갈대에 의해 햇빛이 차단되므로 생육에 불리한 환경이지만, 조름나물은 표현형과 생활사를 조정하여 그늘진 환경에 적응하는 특성이 있기 때문이다(Haraguchi, 1993). 따라서 갈대가 중요 수반종으로 출현하는 습지형 석호인 선유담의 조름나물 부유성 매트 서식지는 Hewett(1966)의 조름나물 서식지 분류에서 저지대 군락의 하나에 해당한다고 볼 수 있다. 그러나 조름나물은 갈대가 밀집하여 자라고 있는 부유성 매트의 중

심부에서도 드문드문 모여 자라기도 하지만, 갈대 서식 지역의 주변부 및 개방수면에서 더욱 밀집하여 자라면서 식물섬을 형성하는 경우가 많이 관찰되었다(Fig. 2). 이는 조름나물은 갈대가 있는 환경에 적응하여 살 수는 있지만, 다른 식물이 살기 어려운 부유성 매트에 쉽게 정착하여 사는 식물로서 기본적으로는 햇빛을 많이 받을 수 있는 장소를 더 선호한다고 볼 수 있다. 따라서 부유성 매트에서 갈대의 밀도 증가는 조름나물의 생육에 바람직하지 않다.



Fig. 2. Floating island of *M. trifoliata*

Table 4. Coverage, relative coverage, shoot density, and relative density of the plants occurred in the sampled plots

Species	Average coverage (%)	Average relative coverage	Average shoot density (No./m ²)	Average relative density
<i>M. trifoliata</i>	62.6	0.65	71.2	0.47
<i>P. australis</i>	6.8	0.17	11.0	0.27
<i>Z. latifolia</i>	4.8	0.04	7.4	0.05
<i>P. thunbergii</i>	14.4	0.14	28.0	0.21

3.2 선유담의 부유성 매트 두께 및 수위

선유담의 부유성 매트는 조름나물만 서식하는 곳에서는 두께가 평균 26.5cm, 매트 밑에서 습지바닥까지의 수위는 평균 106.5cm였으며, 갈대와 조름나물이 함께 서식하는 곳은 매트의 평균 두께가 68.9cm, 매트 밑의 수위는 평균 17.7cm, 매트 위로 수면까지의 수위는 평균 10.5cm였다(Fig. 3). 일본의 난온대 지방에 존재하는 조름나물 서식지에서 부유성 이탄 매트의 두께는 1.2~1.8m였으며, 매트 아래부터 바닥까지의 수위는 2월에 0~50cm, 8월에 20~100cm 수준으로 풍수기와 갈수기에 따라 차이를 보이는 것으로 보고되었다(Haraguchi, 1991).

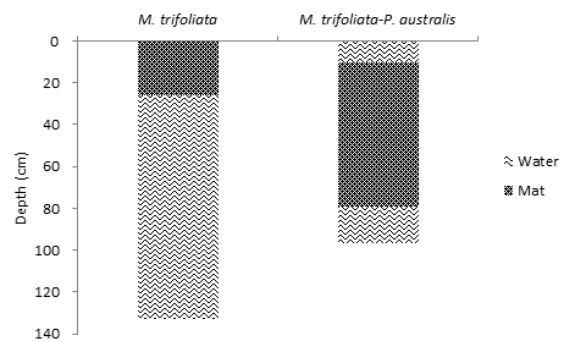


Fig. 3. Depth of floating mat and water level below the mat

조름나물이 서식하는 부유성 이탄 매트가 육상화되는 과정에서는 식물의 천이 과정은 두 가지 경로를 가지는 것으로 밝혀졌는데, 수위가 높으면서 침수기간이 매트가 물 밖으로 드러나는 건조기간 보다 상대적으로 더 긴 환경에서는 조름나물의 서식지에 갈대가 가장 많이 출현하며 이후 툽사초 또는 기장대풀이 나타나는 것으로 조사되었다(Haraguchi, 1991). 수위가 낮으면서 매트의 건조기간이 더 긴 경우에는 큰고양이수염, 흰개수염, 물이끼가 침입하는 것으로 밝혀졌다(Haraguchi, 1991). 또한 갈대군락 및 툽사초군락에서는 수위 변화에 따른 부유성 매트의 부침이 작으며 수위의 변동이 10cm 이내로 적은 것으로 나타났으며, 툽사초가 물에 잠기지 않는 tussock을 형성하면서 육상화를 촉진하는 것으로 확인되었다(Haraguchi, 1991). 본 연구의 조사지인 선유담 또한 수위의 계절적 변동은 크지 않은 것으로 관찰되었으며, 부유성 매트의 깊이 및 출현종의 양태로 보았을 때 부유성 매트 천이 과정의 첫 번째 경로를 거치고 있는 것으로 판단된다.

갈대-조름나물 군락이 있는 곳의 부유성 매트는 줄 또는 갈대로 추정되는 식물체의 사체와 갈대 지하경이 얽혀 이루어져 있었다. 부유성 매트의 유기물함량은 0~5 cm 깊이에서는 73.7%, 5~40cm 깊이에서는 43.5~54.6% 사이의 값을 보였으며, 40cm이하 깊이에서는 21.3%로 나타났다(Fig. 4). 따라서 부유성 매트는 깊이별로 분해정도에 따라 세단계로 나눌 수 있는 것으로 생각된다. 즉, 표면과 가까운 깊이는 최근에 유입된 식물체 성분으로 유기물 함량이 높은 단계이며, 그 아래로 수십cm 깊이 지점은 분해가 절반 정도 진행된 단계로 부유성 매트를 지탱하고 있는 핵심 구성부라 할 수 있다. 마지막으로는 바닥과 가장 가까운 부위로 유기물 함량이 20%대로 낮아지며 아래로부터 유입된 진흙성분의 무기물도 섞여 있는 단계이다.

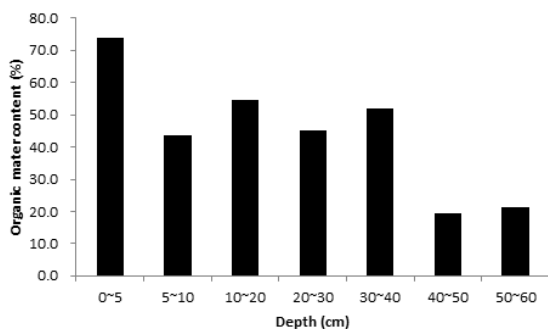


Fig. 4. Change of organic mater contents in floating mats with depth

갈대 등의 식물 사체로 이루어진 부유성 매트가 조름

나물만 자라는 지점보다 조름나물이 갈대와 공존하는 지점에서 더 두껍다는 점은 부유성 매트에서 갈대의 밀도가 증가는 조름나물의 순군락이 형성될 수 있는 서식지 면적을 줄이고 있음을 간접적으로 보여준 결과이다. 따라서 조름나물의 서식지를 안정적으로 유지하기 위해서는 일정 수준의 개방수면이 확보되어야 한다.

3.3 선유담 습지의 표층수 특성

선유담 습지에서 조름나물이 부유성을 형성하고 있는 곳에서 채집한 표층수의 pH, DO, EC, TDS, PO_4^{3-} -P, NO_3^- -N, NH_4^+ -N, Ca, K, Na, Mg의 값을 일본 조름나물 서식지의 물과 비교한 결과는 Table 3과 같다. 수환경에서는 식물에서 유리되는 유기물이 분해되면서 pH가 낮아지는 경향이 있다. 일본에서 보고된 바에 따르면 외부 유입수와 격리된 조름나물 서식지에서는 생육기에 물의 pH가 4이하의 낮은 값을 보이는 등 변동이 있으나 다른 수체와 연결된 곳에서는 pH의 변화가 크지 않은 것으로 나타났다(Haraguchi and Matsui, 1990). 선유담 습지의 경우, 유입수와 조름나물이 서식하는 곳의 물이 연결되어 자유로이 드나들기 때문에 pH의 차이는 크지 않은 것으로 판단된다. DO가 낮을 경우 유기물에 의한 오염이 높다고 볼 수 있다. 선유담 부유성 매트에서의 조름나물 서식지의 DO는 일본의 조름나물 서식지의 DO 값과 유사한 수준인 것으로 판단된다(Haraguchi and Matsui, 1990). 전기저항의 역수인 EC는 수중서식지의 중요한 물리적 요인으로서 물속의 이온이 많을수록 높은 값을 나타낸다. 선유담 습지의 부유성 매트 조름나물 서식지의 EC는 조름나물 일본 서식지의 EC와 유사하여 수중 부유 이온의 양은 비슷한 수준이라고 볼 수 있다.

선유담 조름나물 서식지의 물에 존재하는 PO_4^{3-} -P와 NH_4^+ -N의 값은 일본 서식지의 값 변화의 범위 내인 것으로 나타났으나, NO_3^- -N은 일본 서식지 보다 평균적으로 30배 이상의 높은 값을 보였다. 이는 선유담 습지 주변의 농경작지가 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다. 선유담 습지는 폭이 얇은 논둑 하나를 사이로 주변 논과 분리되어 있다. 특히 조름나물이 식물성을 형성하며 많이 자라고 있는 개방수면은 바로 옆 논으로부터 물이 쉽게 흘러들어 오고 있었다. 따라서 논에 뿌려지는 비료의 질소 성분이 지속적으로 선유담 습지에 유입될 가능성이 있다. 양이온 중 Ca는 조름나물의 생육기 중에 감소하는 경향을 보여 조름나물의 양분 이용과 관계가 있을 것으로 보고되었다(Haraguchi and Matsui, 1990). 본 연구에서는 조름나물 서식지의 물에 존재하는 Ca의 양은 선유담이 전체적으로 일본 내 서식지보다 더 높은 것으로 나타났다.

Table 5. Means and ranges of chemical properties for water from Sunyoodam wetland and Japanese habitat of *M. trifoliata*, mean (maximum-minimum)

	Sunyoodam wetland	Japanese Mizorogaike Pond (Haraguchi and Matsui, 1990)
pH	5.06 (4.95-5.12)	4.85 (3.37-6.25)
DO (%)	46.1 (42.5-49.8)	36.1 (10.0-69.0)
EC (μ S/cm)	59.4 (55.1-67.4)	38.9 (10.5-73.6)
TDS (mg/L)	29.3 (27.2-33.0)	-
PO ₄ ³⁻ -P (μ g/L)	47.2 (43.4-50.2)	25 (0-130)
NO ₃ ⁻ -N (μ g/L)	9321 (7125-10481)	28 (0-130)
NH ₄ ⁺ -N (μ g/L)	15.9 (7.8-23.1)	32 (0-310)
Ca (mg/L)	11.1 (8.9-12.5)	3.2 (0.9-7.1)
K (mg/L)	1.5 (1.2-1.6)	0.9 (0.1-7.4)
Na (mg/L)	15.1 (11.7-17.1)	-
Mg (mg/L)	11.3 (9.2-12.7)	-

3.4 선유담 습지의 조름나물 서식지역을 보전하기 방안 제안

선유담 습지는 담수화된 석호 습지로서 국내에서는 흔치않은, 저지대에 위치한 조름나물 자생지이다. 그러나 선유담 습지는 석호의 자연적인 천이 과정으로서 유역으로부터 흘러드는 토사에 의해 점차 육상화 되는 과정에 있다. 한편 갈대가 밀집하여 자라는 부유성 매트 지역 또한 점차 확장되면서 조름나물이 살 수 있는 개방수면이 감소되고 있는 듯 하다. 더욱이 선유담 습지 바로 옆은 대부분 논으로 이용되고 있고, 많은 사람들이 식물 관찰을 위해 방문하면서 점차 인간 활동의 영향을 더 많이 받을 가능성이 높아지고 있다. 그러므로 선유담 습지 내 조름나물의 서식지역을 보전하기 위해서는 다음과 같은 방안이 마련되어야 한다.

첫째, 본 연구에서 조름나물은 개방수면이 있는 곳에서 갈대와 함께 자라는 것으로 나타났다. 그러나 갈대의 밀도가 증가하면서 밀집하게 되면 조름나물이 살 수 있는 침수면적이 감소한다. 따라서 현재의 조름나물 서식면적이 유지되거나 늘어날 수 있도록 서식이 가능한 침수지역을 계속적으로 마련해 줄 필요가 있다. 조름나물은 다른 수생식물이 잘 자라지 못하는 침수된 환경의 부유성 매트에 정착하여 잘 자란다. 또한 개방수면으로 확장된 지하경이 얽히면서 식물섬을 형성하기도 하며, 키가 큰 갈대와 공존할 수 있는 생태적 적응력을 가진 식물이기도 하다. 그러나 부유성 매트의 자연적인 천이 진행 과정에서 갈대의 확장과 함께 다른 습생 식물이

유입되어 공기 중에 드러난 지역이 증가하면 조름나물이 자랄 수 있는 면적은 감소한다. 그러므로 선유담 습지에서 조름나물 서식지역을 보전하기 위해서는 부유성 매트 내에서 조름나물이 조각으로 모여 자라는 지역의 주변부 갈대를 주기적으로 제거하여 침수된 부유성 매트지역을 유지시켜 줄 필요가 있다.

둘째, 선유담 습지는 멸종위기야생동·식물 II급으로 꽃이 아름다운 조름나물과 제비붓꽃이 자생하고 있기 때문에, 사람들의 많은 관심을 받고 있다. 따라서 습지를 구경하고 4-5월에 꽃이 피는 조름나물과 제비붓꽃을 관찰하기 위해 선유담을 찾는 사람들이 주변 농지의 논둑을 무너뜨리지 않도록 습지 외연부의 논둑위에 안정적인 접근로를 설치할 필요가 있다. 이와 더불어 습지의 안쪽으로 들어가지 않고도 습지와 식물을 잘 볼 수 있도록 선유담 습지 가장자리에 관찰대를 마련할 필요가 있다. 선유담 습지의 부유성 매트 가장자리에서 조름나물은 작은 순집단을 형성하여 자라면서 개방수면으로 확장되고 있다. 그러나 논둑을 사이로 그 바로 옆에서 벼농사를 짓고 있는 농민에게 조름나물은 논으로 넘어오는 거추장스러운 풀로 인식될 뿐이다. 더욱이, 4월에 피는 조름나물의 꽃 사진을 찍기 위해 사람들이 논둑을 밟고 지나가면서 논둑이 망가지고 무너지는 경우가 잦은 듯하였다. 이로 인하여 조름나물을 바로 옆에서 마주하는 농민이 조름나물을 보호하고 서식지를 보전하려는 의지를 갖기는 힘들 것으로 판단된다. 2011년 조사 당시만 해도 논둑 가까이의 개방수면에 자라던 조름나물들이 거의 대부분 제거되어 2012년 5월 답사 때는 볼 수

없었던 점은 주변 농민들의 조름나물에 대한 부정적 인식의 결과이다. 따라서 관찰자들이 선유담 습지를 훼손하지 않고 주변 농민에 피해를 주지 않으면서도 선유담 습지와 조름나물, 제비붓꽃을 관찰할 수 있도록 안전한 통로와 관찰대를 조성해야만 한다.

셋째, 선유담 습지의 표층수에서 질산성 질소의 농도가 매우 높은 것은 주변 농지가 영향을 미치고 있음을 의미한다. 따라서 선유담 습지의 물이 주변 논에서 발생하는 오염물질의 영향을 받지 않도록 보호대책을 강구해야만 한다. 선유담 습지는 양서·과충류가 풍부하게 서식하는 등 보전가치가 높아 조류 및 습지식생 탐방을 위한 생태교육장으로 활용될 여지가 높은 것으로 보고되었다. 그러나 습지 주변 산지는 비교적 개발되지 않고 잘 보전되고 있는 반면, 주변의 땅들은 모두 논으로 이용되고 있어서 사면이 오염 가능성에 노출되어 있다. 벼 농사를 짓는 대부분의 농민이 비료와 각종 농약을 사용한다는 점을 감안하면, 이러한 오염물은 살포과정에서 직접 선유담 습지로 날아 들어오거나 논물에 섞여 선유담으로 흘러들어올 수 있다. 게다가 선유담 습지와 논을 가르는 논둑은 얇고 물러 쉽게 무너지는 편이었다. 따라서 논물이 선유담 습지로 흘러들지 않도록 논둑을 강화하고 다른 곳으로 흘러나갈 수 있도록 우회수로를 만들어 줄 필요가 있다. 장기적으로는 선유담 습지 바로 옆의 논들을 습지 완충대로 전환하는 방안도 모색할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 환경부 “차세대에코이노베이션기술개발사업(과제명: 습지생태계조성 및 자연생태 회복기술 개발)”으로 지원받은 과제임.

References

Boyle, J. (2004). A Comparison of Two Methods for Estimating the Organic Matter Content of Sediments, *Journal of Paleolimnology*, 31(1), pp. 125-127.

Haraguchi, A. (1991). Effect of Flooding-drawdown Cycle on Vegetation in a System of Floating Peat Mat and Pond. *Ecological Research*, 6(3), pp. 247-263.

Haraguchi, A. (1993). Phenotypic and Phenological Plasticity of an Aquatic Macrophyte *Menyanthes trifoliata* L., *Journal of Plant Research*, 106(1), pp. 31-35.

Haraguchi, A. (1996). Rhizome Growth of *Menyanthes trifoliata* L. in a Population on a Floating Peat Mat in Mizorogaike Pond, Central Japan, *Aquatic Botany*,

53(3-4), pp. 163-173.

Haraguchi, A. (2004). Seasonal Changes in Redox Properties of Peat, Nutrition and Phenology of *Menyanthes trifoliata* L. in a Floating Peat Mat in Mizorogaike Pond, Central Japan, *Aquatic Ecology*, 38(3), pp. 351-357.

Haraguchi, A. and Matsui, K. (1990). Nutrient Dynamics in a Floating Mat and Pond System with Special Reference to its Vegetation, *Ecological Research*, 5(1), pp. 63-79.

Hewett, D. G. (1964). *Menyanthes trifoliata* L., *Journal of Ecology*, 52(3), pp. 723-735.

Kamphake, L. J., Hannah, S. A., and Cohen, J. M. (1967). Automated Analysis for Nitrate by Hydrazine Reduction, *Water Research*, 1(3), pp. 205-216.

Kim, H. Y. (2009). *Change of the Vegetation Structure According to Hydrosere Processes and the Evaluation of Successional State of the 18 Lagoon Located in the East Coastal Region, Korea*, Master's Thesis, Gangneung university, pp. 1-137. [Korean Literature]

Kokawa, S. (1961). Distribution and Phytostratigraphy of *Menyanthes* Remains in Japan, *Journal of Biology Osaka City University*, 12, pp. 123-151.

Lee, G. M. and Kim, J. G. (2011a). Effects of Habitat Substrates on Growth of *Menyanthes trifoliata*, *Journal of Wetlands Research*, 13(2), pp. 355-362. [Korean Literature]

Lee, G. M. and Kim, J. G. (2011b). Effects of Habitat Substrates and Companion Species on the Growth of *Menyanthes trifoliata*, *Journal of Wetlands Research*, 13(3), pp. 613-621. [Korean Literature]

Lee, G. M. and Kim, J. G. (2012). Effects of Rhizome Length and Node Numbers on the Proliferation of *Menyanthes trifoliata* Cuttings, *Journal of Wetlands Research*, 14(2), pp. 193-198. [Korean Literature]

Lee, H. H. M. and Kwon, P. (2002). Development of Floating-Islands with a Sod Mat by Shooting and Rooting from Shoot Nodes of Common Reed, *Journal of Korean Environmental Restoration & Revegetation Technology*, 5(1), pp. 59-65. [Korean Literature]

Liddicoat, M. L., Tibbitts, M. I. and Butler, E. I. (1975). The Determination of Ammonia in Seawater, *Limnology and Oceanography*, 20(1), pp. 131-132.

Lim, Y. S. (2010). *Distribution Characteristics of Hydrophytes in Korea*, Doctoral Thesis, Soon Chun Hyang university. [Korean Literature]

Ministry of Environment. (2010). General Investigation for Inland Wetlands across the Nation in 2010, Ministry of

The Ecological Characteristics and Conservation Counterplan of *Menyanthes trifoliata* Habitat in Floating Mat in Korean East Coastal Lagoon, Sunyoodam

- Environment, pp. 606-609. [Korean Literature]
- Park, C. G. (2006). Present Condition and Conservation Countermeasure for Eastern Lagoons, *Journal of Wetlands Research*, 8(1), pp. 21-31. [Korean Literature]
- Rejmánková, E. (2011). The Role of Macrophytes in Wetland Ecosystems, *Journal of Ecology and Field Biology*, 34(4), pp. 333-345.
- Solorzano, L. (1969). Determination of Ammonia in Natural Waters by the Phenolhypochlorite Method, *Limnology and Oceanography*, 14(5), pp. 799-801.
- Um, J. H. (1998). A Study on the Water Quality, Characteristics of Sediments and Local Changes of Lagoon, Maiho in East Sea, *Journal of Geographic and Environmental Education*, 6(2), pp. 95-110. [Korean Literature]
- Wonju Regional Environmental Office (WREO). (2008). A Detail Survey and Study on the Management Practices for the Conservation and Restoration of Eastern Lagoon Ecosystem, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Yoon, S. O., Hwang, S., Park C. S., Kim, H. S. and Moon, Y. R. (2008). Landscape Change of Coastal Lagoons during the 20th Century in the Middle East Coast, South Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 43(4), pp. 449-465. [Korean Literature]
- 논문접수일 : 2012년 11월 14일
○ 심사의뢰일 : 2012년 11월 16일
○ 심사완료일 : 2013년 02월 04일