

동해안 석호에서 군개 간척습지의 식생 구조

김자애 · 조강현 · 이호혜미*

인하대학교 이과대학 생물학과, 주식회사 아셈 호소생태연구소*

적 요: 30년 전 석호를 간척한 후 농경을 포기하여 자연 천이가 진행되고 있는 강원도 양양군 동해안의 군개 습지에서 물 및 토양환경과 관련하여 습지 식생을 조사하였다. 이 습지에서는 해수의 유입이 차단되어 거의 담수화되었으며, 수심과 토양 유기물 함량의 공간적 변이가 다른 환경요인에 비하여 상대적으로 컸다. 다변량 분석인 *detrended canonical correspondence analysis*를 실시한 결과 습지의 식물군집 구조는 주로 수심 혹은 지형의 높낮이와 토양 유기물함량에 의하여 결정되었다. 군개 습지에서는 다양한 정수식물 식생이 발달하였다. 갈대, 산조풀, 삿갓사초, 부처꽃과 같은 종은 전체 습지에 넓게 분포하였고, 애기부들과 큰고랭이와 같은 수생식물은 수심이 깊고 낮은 지형에, 미국가막사리, 머느리배꼽과 같은 황무지 식물은 토양 유기물함량이 많은 육상에 가까운 곳에, 통보리사초, 백령풀, 곰솔, 눈양지꽃과 같은 사구식생은 높은 지형에서 발달하였다. 교란된 군개 습지를 보존, 복원하기 위해서는 자연 석호의 식생 분석으로부터 복원 원형을 도출하고 자연 습지 수위로 복원하고 바다와 수문을 연결하는 것이 중요하다고 판단되었다.

검색어: 간척, 군개 습지, 석호, 수심, 식생, 토양

서 론

연안 습지 중 하나인 석호(lagoon)는 바닷가에서 사주(砂洲), 평행사도(平行砂島) 또는 산호초(珊瑚礁)에 의해 바다와 분리되어 있는 비교적 얇고 잔잔한 물이 채워진 호수로서 조석의 차이가 적은 해안에서 가장 흔히 발견되고 전세계 해안선의 13%를 차지한다 (Kjerfve 1994). 우리 나라의 석호 습지는 사주가 발달하여 만이 바다에서 분리되면서 생성되었는데, 특히 강원도 해안에서 가장 발달하였다 (한국 브리태니커 2000). 석호는 육상에서 흘러 들어온 담수와 간헐적으로 바다에서 넘쳐 들어오는 해수가 섞여 기수(brackish)로 되어 있다. 이러한 석호는 상업적 가치가 큰 연안 어류의 산란처와 피란처로서 중요한 가치를 가진다.

동해안 석호 습지는 1960년대 이후 습지의 매립, 수문에 의한 해수 유입의 차단, 제방 축조에 의한 배수, 습지 식생의 제거, 수질오염 등으로 교란되어 그 수와 면적이 점차 감소하고 있는 실정이다 (유 1996). 이 중 강원도 양양군에 위치한 군개 습지는 2002년 양양국제공항 개항으로 배후지원도시 건설과 하조대 집단시설지구 관광지 조성사업에 의하여 개발의 압력에 처해 있다.

본 연구의 목적은 교란 후 자연 천이가 이루어지고 있는 군개 석호 습지에서 물 및 토양 환경과 식생 구조의 특성을 파악하고 그들 사이의 관계를 규명하여 교란된 석호 습지의 보존 혹은 복원 방안을 제안하고자 하는데 있다.

조사지 개황

강원도 양양군 현북면 중광정리에 위치한 군개 습지(위도 38°

01' 30", 경도 128° 43' 00")는 하조대 해수욕장의 북서쪽에 위치하며 7번 국도와 동해의 사이에 넓게 분포하고 있다 (Fig. 1 A). 습지와 인접한 남서쪽은 도로로 이용되고 있고 도로 건너편은 산으로 둘러싸여 있으며, 습지의 일부 지역은 농경지로 이용되고 있다. 군개 습지는 인간 교란이 있기 전에는 석호이었으나, 약 30년 전에 제방을 쌓아 해수의 유입을 막고 정지하여 농경지로 간척하였다. 그러나 해일에 의하여 해수가 유입되어 농경을 포기한 후 자연천이가 진행되고 있다. 이곳에서 육상으로부터 해안의 호수에 이르기까지 약 300 m 가량 습지가 발달하였으며 호수와 바다 사이에는 폭 100 m 정도의 사주가 발달하였다.

7번 국도와 가까운 육상 쪽에는 부처꽃(Lyt.a), 부처꽃+개발나물(Lyt.a + Siu.s), 갯쇠보리(Isa.c), 기장대풀 + 삿갓사초(Isa.g + Car.d) 군집이 분포하며, 갈대(Phr.a)와 갈대+기장대풀(Phr.a + Isa.g) 군집이 육상과 호수 사이에 넓게 분포한다 (Fig. 1 B). 호숫가에는 애기부들(Typ.a)이 patch를 이루고 습지의 북서쪽 사구에는 삿갓사초+곰솔(Car.d+Pin.t), 삿갓사초(Car.d), 백령풀(Dio.t), 눈양지꽃(Pot.e)의 사구식생이 발달하여 있다.

이곳의 지형은 묵논의 형태가 남아 있어서 지면이 비교적 고르게 정지되어 있고 곳곳에 농수로의 흔적이 남아 있으며 토양은 모래가 많은 사토이었다.

연구 방법

식생 조사

식생 조사는 1999년 5월과 8월에 2회에 걸쳐 실시하였다. 군개 습지에서 식생을 대표할 수 있는 장소를 선정하여 습지를 가로지르는 트랜섹트(transect)를 설치하여 식생 단면구조를 조

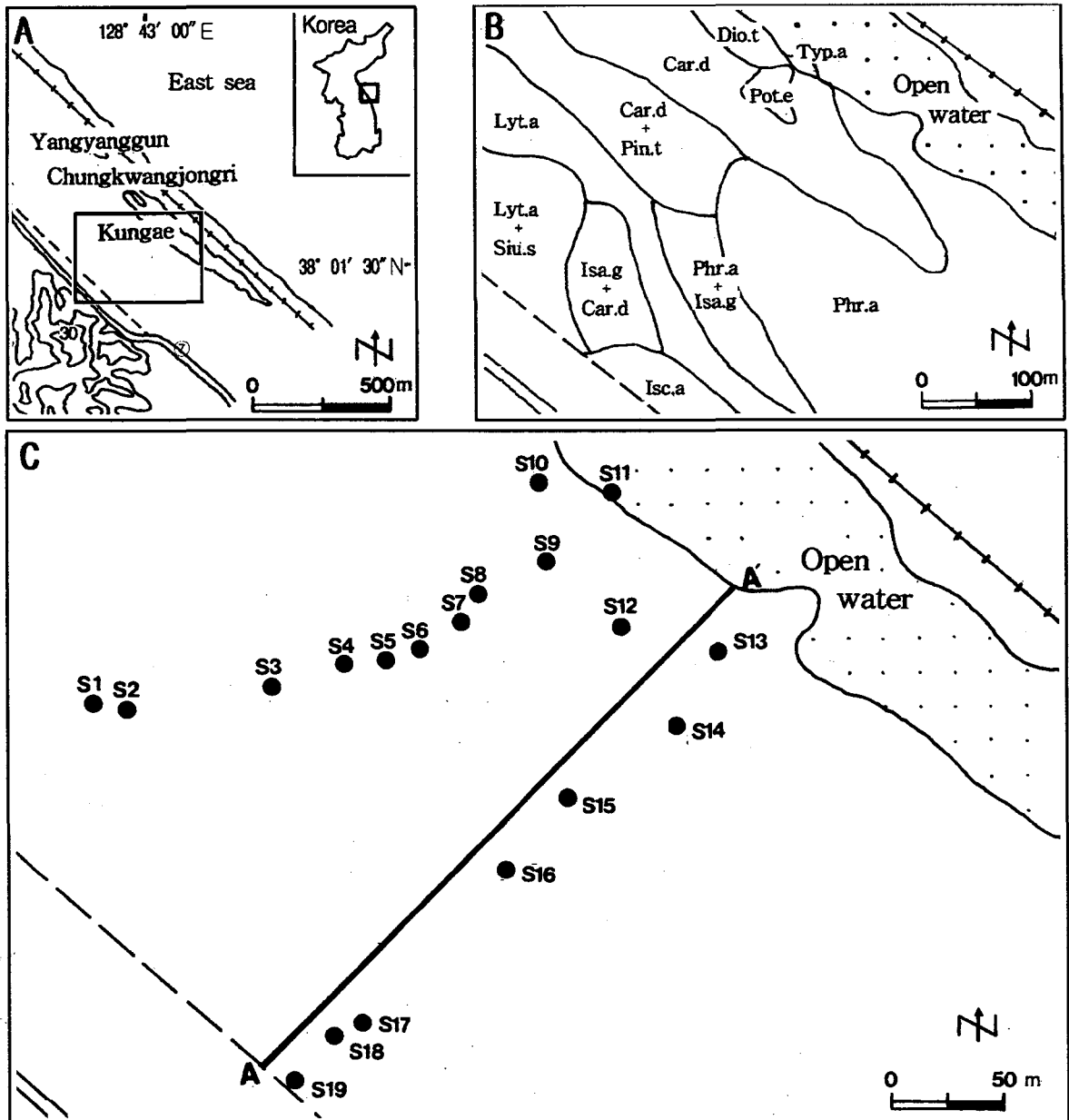


Fig. 1. Map showing the study area. A: key map, B: vegetation map with dominant species (acronym of species name according to Table 3), C: map of sampling sites for vegetation (numerals close to closed circle indicates the sampling site number. Line A-A' indicates a transect for the bisect of vegetation in Fig. 2).

사하였다 (Fig. 1 C의 A-A'). 이 트랜sect에서 식생구조가 달라지는 곳마다 0.5 m × 0.5 m 방형구를 설치하여 식물종의 피도를 기록하고 지형과 식생구조를 식생단면도로 모식화하여 나타내었다. 식물의 동정은 이(1993)에 따라서 수행하였다. 한편 습지 전체의 식생구조를 파악하기 위하여 19개 조사지점(Fig. 1 C의 S1-S19)을 선정하여 5개의 0.5 m × 0.5 m 방형구를 설치하고 식물종의 피도를 조사하였다.

환경 요인 분석

군개 습지에서 토양과 물 환경 요인은 1999년 8월에 실시하였다. 수환경은 식물 군집 조사를 수행한 19개 조사지점에서 직접 측정하였다. 물에 잠겨 있는 조사지점에서 수심을 접자로, 물의 pH를 pH 측정기(Orion 290A)로, 전기전도도를 S-C-T 측정기(YSI 33)로, 용존산소량을 DO측정기(YSI 50B)로 각각 측정하였다. 물이 빠지고 토양이 드러나는 곳(S5, S6, S10)에서는 토양에 구덩이를 파고 지하수위를 측정하였다.

현장에서 채취한 토양 시료를 이용하여 실험실에서 토양의 pH, 전기전도도, 수분함량, 유기물함량 등을 측정하였다. 토양의 pH와 전기전도도는 생토양과 증류수를 1 : 2 (무게 : 부피)의 비율로 혼합하여 2시간 동안 진탕기(Vision KMC 120S5)로 진탕한 뒤, 상층액에 각각 pH 측정기(Orion 920A)의 전극(Orion 9165BN)과 전기전도도 측정기의 전극(Orion 018005)을 넣어 측정하였다. 토양의 수분함량은 생토양 약 10 g을 건조기에 넣고 105°C에서 48시간 건조시켜 무게 감소량을 생토양 무게의 백분율로 표시하여 구하였다 (Topp 1993). 유기물함량은 105°C에서 건조시킨 토양을 550°C의 전기로(Thermolyne 67100)에서 5시간 태워서 무게 손실량을 건조토양의 백분율로 표시하여 구하였다 (Parent and Caron 1993).

자료 처리

각 조사지점마다 5개의 방형구에서 측정한 식물의 종별 피도로부터 상대피도(relative coverage)와 상대빈도(relative frequency)를 구하고, 이 두 값의 평균값으로부터 각종의 중요도(importance value)를 계산하였다 (여천생태연구회 1997). 식생구조와 환경요인 사이의 관계를 규명하기 위하여 다변량분석인 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)를 실시하였

다. 19개 조사지점별 25개 식물종의 우점도로 구성된 식생 자료 행렬과 각 조사지점의 수심(혹은 지하수위), 토양의 pH, 전기전도도, 수분함량, 유기물함량의 5개 요인으로 구성된 환경 자료 행렬을 CANOCO 4에 입력하여 DCCA 분석을 수행하였다 (ter Braak and Smilauer 1998).

결 과

습지 환경 특성

1999년 8월 강우때 측정한 군개 습지의 수심은 대체로 육상 쪽에서 호수쪽으로 갈수록 증가하였다 (Table 1). 그리고 지면이 드러난 조사지점 S5, S6 및 S10의 지하수위는 각각 20, 5 및 15 cm 이었다. 습지의 수심은 애기부들 생육지인 S11에서 72 cm로서 가장 깊었고, 기장대풀이 우점하는 S19에서 1 cm로서 가장 얇았다. 각 조사지점에서 물의 pH는 평균 6.4로서 조사지점에 따른 차이가 크지 않았으나 개발나물이 우점하는 S1에서 pH 5.9로서 낮았고 애기부들이 우점하는 S11에서 pH 7.6로서 높았다 (Table 1). 물의 전기전도도는 평균 13 mS/m으로서 담수에 속하였으며 호수가에 위치한 S11에서도 26 mS/m로서 해수 유입이 거의 일어나지 않는 것으로 판단되었다. 용존산소는 습지 평균 3.8 mg/L이었고 단지 S11에서만 6.9 mg/L로서 포화용

Table 1. Properties of water and soil in the reclaimed wetland of Kungae lagoon

Site Number	Water				Soil			
	Depth (cm) (wDE)	pH (wpH)	Electric conductivity (mS/m) (wEC)	Dissolved oxygen (mg/L) (wDO)	pH (spH)	Electric conductivity (mS/m) (sEC)	Water content (%) (sWC)	Organic matter (%) (sOM)
S 1	9	5.9	12	3.9	5.6	41	22	8.2
S 2	3	6.3	18	5.6	5.9	50	77	28.9
S 3	6	6.3	18	3.1	5.3	35	61	13.5
S 4	7	6.1	11	3.0	5.4	38	29	4.4
S 5	-20	-	-	-	5.5	26	27	2.7
S 6	-5	-	-	-	5.3	28	27	4.5
S 7	4	6.6	12	3.1	5.8	23	27	3.1
S 8	13	6.1	10	3.1	5.7	23	24	2.8
S 9	21	6.4	12	3.1	5.6	37	41	6.0
S10	-15	-	-	-	5.8	10	20	0.9
S11	72	7.6	26	6.9	6.1	33	22	0.7
S12	57	6.6	9	4.0	6.4	29	25	1.1
S13	56	6.6	10	3.8	5.7	52	38	1.8
S14	26	6.4	10	2.7	5.8	45	33	1.6
S15	14	6.3	9	4.0	5.9	82	43	8.0
S16	32	6.4	13	3.2	5.8	43	48	6.3
S17	17	6.4	11	2.9	5.8	51	52	9.8
S18	19	6.4	17	4.0	5.7	43	36	5.2
S19	1	6.3	17	4.0	5.9	32	43	7.9
Mean	17	6.4	13	3.8	5.7	38	37	6.2
SD	24	0.4	5	1.1	0.3	15	15	6.5

손산소량에 가까웠다.

토양의 전기전도도는 사구인 S10에서 10 mS/m로서 가장 낮고 산조풀과 삿갓사초가 우점하는 S15에서 82 mS/m에서 가장 높았으며 습지 전체의 평균은 38 mS/m이었다 (Table 1). 토양의 수분함량과 유기물함량은 밀접한 상관관계($r=0.865$, $p<0.001$)에 있었는데, 대체로 호수에 가까운 조사지점에서 낮았고 육상쪽의 조사지점에서 높았다.

습지 식생 단면

군개 습지의 식생을 대표하는 트랜sect A-A'(Fig. 1 C)의 식물군집 구조와 식생단면도를 Table 2와 Fig. 2에 나타내었다. 트랜sect 전체적으로 갈대가 우점하였으며 그 아래에 까락골, 삿갓사초, 부처꽃 등이 연속적으로 분포하고 있었다. 육지와 인접한 부분에는 갯쇠보리가 우점하였고, 호수와 가까운 곳에 산조풀이 분포하였으며 호수가에는 갈대 순군락이 발달되어 있었

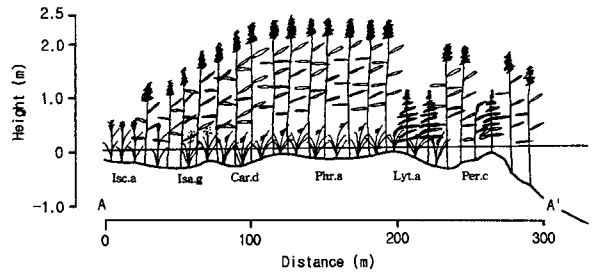


Fig. 2. Systematic diagram of bisect in the reclaimed wetland of Kungae lagoon. A-A' indicates the transect in Fig. 1. Acronyms of plant species according to Table 3.

다. 한편 미꾸리늪시, 꽃여뀌, 개발나물, 사마귀풀, 애기부들, 너도방동사니 등이 갈대와 함께 산재하여 분포하였다.

Table 2. Changes in coverages of plant species along transect from upland to shore in the reclaimed wetland of Kungae lagoon

Species (Common name)	Distance from upland to shore (m)*															
	A	0	45	75	105	205	220	225	240	245	250	255	260	265	275	285
<i>Phragmites australis</i> (갈대)	10	90	60	90	20	80		50		40		40	40	80	90	20
<i>Eleocharis valliculosa</i> (까락골)	5	5		10	10	10		20	20		5	5		5	10	
<i>Persicaria sieboldii</i> (미꾸리늪시)	5	5		20	5											
<i>Isachne globosa</i> (기장대풀)	10	40						10	5	10	10	20	20	5		
<i>Persicaria conspicua</i> (꽃여뀌)	5		5	10		5	20	30	70							
<i>Sium suave</i> (개발나물)	5				10									5		
<i>Aneilema keisak</i> (사마귀풀)	30							1	5							
<i>Ischaemum antheplhoroides</i> (갯쇠보리)	70															
<i>Commelina communis</i> (닭의장풀)	10															
<i>Carex dispalata</i> (삿갓사초)		20	30	30	30	30	50	20	30	60	10	30	70	20		
<i>Typha angustifolia</i> (애기부들)		20					20									
<i>Galium trachyspermum</i> (네잎갈퀴)		5														
<i>Bidens frondosa</i> (미국가막사리)		5														
<i>Lythrum anceps</i> (부처꽃)			10		60	10	5		20	50	20	60	10	1		
<i>Mosla dianthera</i> (쥐깨풀)			1													
<i>Calamagrostis epigeios</i> (산조풀)					5					10	5	10	30			
<i>Cyperus serotinus</i> (너도방동사니)					5	5	5			5						
<i>Persicaria nodosa</i> (큰개여뀌)							5	1								
<i>Scirpus triqueter</i> (세모고랭이)							10									
<i>Persicaria maackiana</i> (나도미꾸리늪시)									10							
<i>Inula britannica</i> var. <i>chinensis</i> (금불초)														1		

* Location of the transect (A-A') is designated at Fig. 1 C.

DCCA 분석

군개 습지의 조사지점, 종 및 환경요인을 동시에 분석한 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)의 최초 1과 2 축이 식생 자료의 변이 중 21.3%를 설명하였고, 환경요인에 의한 변이 중 62.8%를 설명할 수 있었다. DCCA의 제 1 축은 수심, 토양 pH와 관련이 있었는데 특히 수심과 깊은 관련($r=0.871$, $p<0.001$)이 있었으며, 제 2 축은 토양의 유기물함량과 깊은 상관($r=0.391$, $p<0.01$)이 있었다 (Fig. 3).

DCCA 서열 그림에서 제 1 축의 오른쪽에 위치한 조사지점

S11, S12 및 S13은 호수가에 위치한 수심이 깊은 곳이며, 제 1 축의 왼쪽에 위치한 S5, S6 및 S10은 사구로서 물위로 드러난 지소이고, 제 2 축의 윗쪽에 위치한 S1, S2는 육상에 가까운 지소들이었다 (Fig. 3). 또한 수심이 깊은 곳에는 애기부들(Typ.a)과 큰고랭이(Sci.t)가 분포하였고, 수심이 얇은 곳에는 백령풀(Dio.t), 통보리사초(Car.t), 매듭풀(Kum.s), 곰솔(Pin.t) 등이 분포하였다. 토양 유기물함량이 많은 곳에 미국가막사리(Bid.f), 머느리배꼽(Per.p), 쥐깨풀(Mos.d) 등이 분포하였고 유기물함량이 적은 곳에서는 꽃여뀌(Per.c), 갈대(Phr.a), 미꾸리늪시(Per.s), 산조풀(Cal.e) 등이 분포하였다 (Fig. 3와 Table 3).

고찰

1999년 8월에 조사한 군개 습지의 수환경은 해수의 유입이 거의 일어나지 않아서 담수 습지의 특성을 보이고 있었다 (Table 1). 원래 자연 석호에서는 사주의 모래층을 통하여 해수가 침투되거나 바다와 연결된 수로를 통하여 부정기적으로 다량의 해수가 유입되어 기수호를 이룬다 (김 등 1997). 그러나 현재 군개 습지는 간척에 의한 제방축조로 해수가 유입되는 수로가 없으며, 조사시기가 8월의 우기로서 담수 유입량이 많아서 모래층을 통한 해수의 유입이 어렵기 때문에 담수화된 것으로 생각된다. 일반적으로 석호 습지에서 그 지역의 기후, 기상 조건에 따라서 해수의 유입량을 결정하는 염수성 지하수위와 담수 유입량이 계절적 변화를 한다고 알려져 있으므로(Herrera-Silveira *et al.* 1998), 계절에 따라서 군개 습지의 수환경을 조사하여야 할 것으로 판단된다.

군개 습지의 토양 환경은 교란전 석호 습지의 특성을 반영하고 있었는데 모래함량이 많아서 대체로 유기물함량이 적었으나, 육상에 가까운 습지에서는 토양의 모래 함량이 적고 지표수와 바람에 의하여 육상의 유기물이 유입되어 토양 유기물 함량이 많았다 (Table 1). 군개 습지에서 가장 뚜렷한 환경 경사 (gradient)를 나타내는 것은 수심으로서 수심 72 cm인 호수로부터 지하수위 20 cm인 육상까지 다양한 지형의 변화가 나타났다 (Table 1). 그러나 군개 습지는 과거에 논으로 이용되던 곳으로서 지형의 변화가 연속적으로 일어나지 않았고 계단식으로 호수로부터 육상으로 비연속적으로 지형이 높아져서 인간 교란에 의한 흔적을 엿볼 수 있었다.

다변량분석인 DCCA의 결과 군개 습지의 식생구조에 영향을 미치는 주요한 환경 요인은 수심과 토양의 유기물함량으로 판별되었다 (Fig. 3). 수심과 토양 유기물함량에 의하여 군개 습지에서는 수심이 깊은 호수가에 애기부들과 큰고랭이가 분포하고 수심이 얇고 유기물함량이 많은 육상에 가까운 곳에 미국가막사리와 머느리배꼽이 생육하였으며, 물위로 드러난 사구에서는 통보리사초, 백령풀, 곰솔, 눈양지꽃 등의 전형적인 사구 식생이 발달하였다. 습지의 전체적으로는 갈대, 산조풀, 기장대풀, 까라클, 샷갯사초, 부처꽃 등이 고르게 분포하였다 (Table 3).

기수성 자연 석호 습지의 식생과 비교하면(이 2000), 군개 습지에서 식생의 특징으로서 갈대 이외의 정수식물(emergent ma-

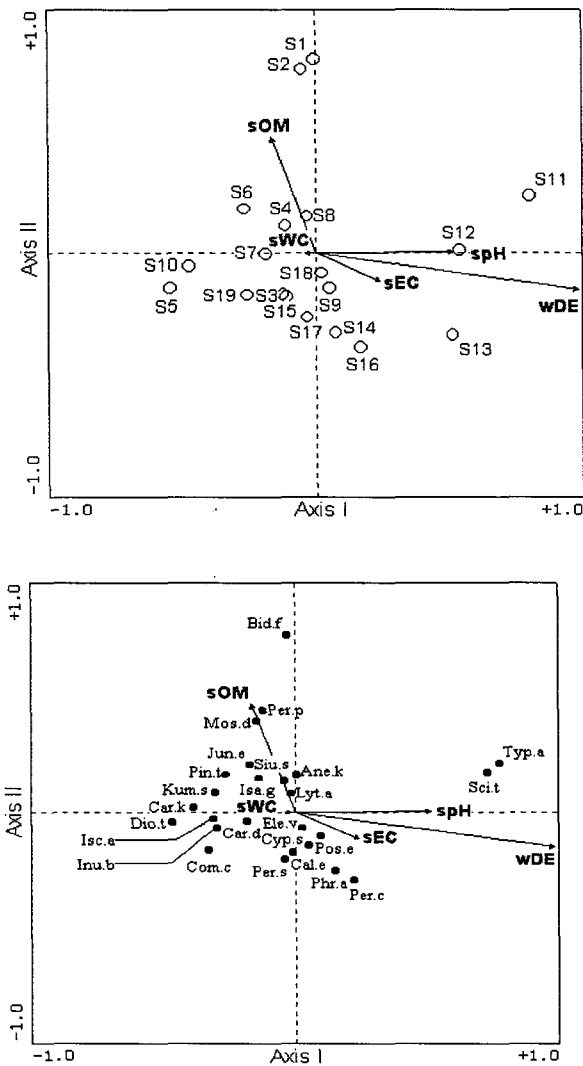


Fig. 3. Ordination diagram of a detrended canonical correspondence analysis of sampling sites (open circle) and vegetation (closed circle) with five environmental factors (arrows) in the reclaimed wetland of Kungae lagoon. Numerals close to open circle indicate the sampling site number in Fig. 1. Abbreviations of environmental factors according to Table 1. Acronym of species name according to Table 3.

Table 3. Importance values (%) of plant species at the sampling sites of the reclaimed wetland of Kungae lagoon

Species	Acronym	Site number																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>Phragmites australis</i>	Phr.a				19	12						3	75		17	57	27	15	11
<i>Mosla dianthera</i>	Mos.d	8	4				10	6											
<i>Sium suave</i>	Siu.s	32		22					9						16		5	34	
<i>Ischaemum antheplhoroides</i>	Isc.a	2	2	8	12	28												5	2
<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i>	Jun.e	2	7			6		2	9						2				3
<i>Pinus thunbergii</i>	Pin.t						23	2											
<i>Inula britannica</i> var. <i>chinensis</i>	Inu.b					6		10							2				
<i>Isachne globosa</i>	Isa.g	20	21		31	14	11	11	17				6	3				7	42
<i>Eleocharis valleculosa</i>	Ele.v				9		16	5	9	13		14	20	10			20	3	2
<i>Persicaria conspicua</i>	Per.c											3		3		9			
<i>Cyperus serotinus</i>	Cyp.s																3	3	
<i>Potentilla egedei</i> var. <i>groenlandica</i>	Pot.e									35									
<i>Commelina communis</i>	Com.c					2													6
<i>Kummerowia striata</i>	Kum.s					2	7	2											
<i>Persicaria perfoliata</i>	Per.p		4																2
<i>Bidens frondosa</i>	Bid.f	8	10																
<i>Persicaria sieboldii</i>	Per.s							5									33	8	
<i>Lythrum anceps</i>	Lyt.a	10	38	24	2		2		15	17		3		45	18			2	
<i>Aneilema keisak</i>	Ane.k	2	2															10	
<i>Calamagrostis epigeios</i>	Cal.e	4	4		10	17	9	18		9	5			10	22		4		4
<i>Carex dispalata</i>	Car.d	9	9	34	17	12		24	32	26		42		28	22	34	8	13	9
<i>Diodia teres</i>	Dio.t						2				55								
<i>Typha angustifolia</i>	Typ.a											89	9						
<i>Carex kobomugi</i>	Car.k						19	4			36								
<i>Scirpus tabernaemontani</i>	Sci.t											11	4						

crophyte)의 종이 다양하다는 것과 침수식물 군집이 발달되지 않았다는 것을 들 수 있다. 정수식물의 종이 다양한 것은 간척에 의한 교란으로 너도방동사니, 미국가막사리, 며느리배꼽, 매듭풀 등과 같은 황무지식물(ruderals)이 침입하였고, 육상화에 의하여 쥐깨풀, 닭의장풀, 샷갓사초 등의 습생 혹은 육상 식생이 정착하였기 때문인 곳으로 생각된다. 또한 해수의 유입이 차단되어 담수성 수생식물인 개발나물, 사마귀풀, 큰고랭이, 애기부들 등이 갈대와 더불어 생육하게 된 것으로 생각된다. 일반적으로 석호에서는 거머리말, 줄말, 실말, 민나자스말 등의 침수식물 군집이 발달되는데(이 2000), 군개 습지에서는 통발이의외의 침수식물이 관찰되지 않았다.

한편 습지에서 대형수생식물(macrophyte)은 수심에 따라서 빛, 수온, 수압, 파도, 수체의 화학적 특성, 저토의 입자형 등이 변하여 뚜렷한 대상분포(zonation)로 생태적 지위(niche)를 분리한다 (Spence 1982, Keddy 1983, Collins *et al.* 1987, Casanova and Brock 2000). 군개 습지에서는 식생이 뚜렷한 대상분포를 보이는 않았지만 수심이 식생구조에 영향을 미치는 가장 중요한 환경요인으로 나타났다 (Fig. 3).

이상의 결과를 종합하면 석호를 농경지로 간척하고 농경을 포기한 후 군개 습지에서는 육상화와 담수화가 진행되면서 다양한 정수식물이 정착하는 자연천이가 이루어지고 있었으며, 수심과 토양의 유기물함량에 따라서 사구식생, 다양한 습생 및

정수식물 군집이 분포하였다.

현재 군개 습지는 건설중인 양양국제공항의 배후도시 및 관광단지 개발로 긴박한 훼손의 위기에 처해 있다. 대부분의 동해안 석호가 이미 호수 주변이 농경지와 주거 및 관광지로 개발되어 석호 습지의 기능이 저하되어 있는데, 군개 습지는 비록 과거에 간척에 의한 교란이 있었지만 현재 자연 천이가 진행되어 대규모의 면적에 습지 식생이 발달되어 있다. 그러므로 동해안 석호 습지의 원형과 해안의 생물다양성을 유지하기 위하여 군개 습지를 보존하고 나아가 자연 석호 습지로 복원하는 노력이 절실하다고 생각된다.

군개 습지를 복원하기 위하여서는 이곳에서 가장 중요한 환경 요인으로 밝혀진 수심을 비롯한 습지 수문 체계(hydrologic regime)의 회복이 우선되어야 한다고 생각된다. 이를 위하여 호수로 해수의 유입이 가능한 수로(channel)를 조성하고 과거 간척에 의하여 정지된 지형을 다양화하며 개방수면을 가진 호수면을 확대하는 방안을 검토하여야 할 것이다. 또한 식생의 복원을 위하여 무엇보다 먼저 자연 석호 습지의 식생구조를 연구하여 습지 복원의 원형(prototype)을 도출하고 천이 등의 자연과정을 모방하는 복원기술의 개발이 중요하다고 생각된다 (Wilcox and Whillans 1999).

인용문헌

- 김형섭, 황일기, 김양배. 1997. 강원연안 기수호의 수생식물분포와 식물플랑크톤 군집의 계절변동. "제1회 환동해권 호수환경에 관한 한·일 국제 Symposium 논문집"에서, 강릉대학교 동해안지역연구소. pp. 48-76.
- 여천생태연구회. 1997. 현대생태학실험서. 교문사, 서울. 286 p.
- 유홍식. 1996. 동해안 호수와 그 유역의 경관 변화 - 경포호와 영랑호를 중심으로-. "동해안 호수 보존 심포지움 논문집"에서, 강릉경제정의실천시민연합. pp. 9-16.
- 이창복. 1993. 대한식물도감. 향문사, 서울. 990 p.
- 이효혜미. 2000. 한국의 습지 분류. 인하대학교 석사학위논문. 147 p.
- 한국 브리태니커 온라인. 2000. http://premium.britannica.co.kr/bol/topic?article_id=b12s0126b.
- Casanova, M.T. and M.A. Brock. 2000. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities. *Plant Ecology* 147:237-250.
- Collins, C.D., R.B. Sheldon and C.W. Boylen. 1987. Littoral zone macrophyte community structure: Distribution and association of species along physical gradients in Lake George, New York, U.S.A. *Aquatic Botany* 29: 177-194.
- Herrera-Silveira, J.A., J.R. Ramirez and A.J. Zaldivar. 1998. Overview and characterization of the hydrology and primary producer communities of selected coastal lagoons of Yucatan, Mexico. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 1: 353-372.
- Keddy, P.A. 1983. Shoreline vegetation in Axe Lake, Ontario: effects of exposure on zonation patterns. *Ecology* 64: 331-344.
- Kjerfve, B. 1994. *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier, New York. 598 p.
- Parent, L.E. and J. Caron. 1993. Physical properties of organic soils. In M.R. Carter (ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Lewis, Florida. pp. 441-458.
- Spence, D.H.N. 1982. The zonation of plants in freshwater lakes. *Advances in Ecological Research* 12: 37-125.
- Ter Braak, C.J.F. and P. Smilauer. 1998. *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (Version 4)*. Microcomputer Power, Ithaca, NY. 351 p.
- Topp, G.C. 1993. Soil water content. In M.R. Carter (ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Lewis, Florida. pp. 43-49.
- Wilcox, D.A. and T.H. Whillans. 1999. Techniques for restoration of disturbed coastal wetlands of the Great Lakes. *Wetlands* 19: 835-857.

(2000년 8월 21일 접수; 2000년 11월 3일 채택)

Vegetation Structure of the Kungae Reclaimed Wetland in a Coastal Lagoon of East Sea, Korea

Kim, Jaai, Kang-Hyun Cho and Hyo-Hye Mi Lee*

Department of Biology, Inha University, Incheon 402-751, Korea,

Institute of Limnology, Assum Co., Ltd. Myungwoo B/D, 300 Yangjae-dong, Seocho-ku, Seoul 137-896, Korea*

ABSTRACT: We described the vegetation of a disturbed lagoon wetland in relation to water and soil environments in Kungae lagoon reclaimed 30 years ago. Water depth and soil organic matter showed a great spatial heterogeneity in Kungae wetland which was changed into a freshwater marsh by the dike construction. Detrended canonical correspondence analysis suggested that differences in vegetation structure were primarily the result of variation in water depth or microtopography and soil organic matter. Various emergent vegetations were developed in the wetland: species such as *Phragmites australis*, *Calamagrostis epigeios*, *Carex dispalata* and *Lythrum anceps* in a wide area, hydrophytes such as *Typha angustifolia* and *Scirpus tabernaemontani* at the low elevation with deep water, ruderals such as *Bidens frondosa* and *Persicaria perfoliata* near upland with much soil organic matter and sand-dune vegetation such as *Carex kobomugi*, *Diodia teres*, *Pinus thunbergii* and *Potentilla egedei* var. *groenlandica* at the high elevation. These results suggest that development of a prototype for wetland restoration from vegetation analysis of other natural lagoons and restoration of natural water tables and hydrologic connections between the diked wetland and the sea are important in the disturbed Kungae wetland.

Key words: Kungae wetland, Lagoon, Reclamation, Soil, Vegetation, Water depth
