

달포늪의 퇴적물과 유기물함량 특성 연구

강 동 환* / 김 성 수** / 정 휘 제*** / 권 병 혁**** / 김 일 규*****

The Characteristics of Sediment and Organic Content in the Dalpo Wetland

Dong Hwan Kang** / Sung Soo Kim** / Hwee Je Jung*** /

Byung Hyuk Kwon**** / Il Kyu Kim*****

요약 : 본 연구에서는 양산 신불산 고층습원인 달포늪 퇴적물의 입도, 주상도 및 유기물함량을 분석하여 퇴적물 입도와 종류에 따른 유기물함량의 상관성을 규명하였다. 연구지역인 달포늪은 3개 습지로 구성되어 있으며, 습지면적은 약 31,295 m² 이다. 달포늪 퇴적물의 입도분석은 7개 지점(습지A 3개, 습지B 3개 및 습지C 1개)에서 채취된 시료를 이용하였으며, 건식체분석과 피펫분석이 수행되었다. 입도분석 의하면 퇴적물 입도는 습지의 가장 자리로 갈수록 크고, 습지A > 습지C > 습지B의 순으로 나타났다. 습지A와 습지B의 장축 및 단축과 습지C의 장축 방향에서 수평거리별 시추조사가 수행되었다. 습지A의 장축에서는 점토질 이탄층이 지표면하 심도 10~90 cm 정도로 분포하고 있으며, 습지 중앙부인 수평거리 100 m 지점에서 지표면하 심도 90 cm로서 가장 두꺼웠다. 습지B에서는 점토질 이탄층의 지표면하 심도가 27 cm 이하로서 습지로서의 수명이 다해가고 있음을 알 수 있었다. 습지C는 규모가 적어 퇴적물의 조성이 단순하였으며, 점토질 이탄층이 지표면하 심도 10~34 cm 정도에 분포하고 있다. 달포늪에서 시추조사에 의해 채취된 퇴적물을 10 cm 간격으로 절단하여 유기물함량을 분석하였다. 습지A 퇴적물에서는 지표면하 심도 70 cm 정도까지 유기물함량이 40% 이상인 것으로 나타났으며, 습지C 퇴적물에서도 지표면하 심도 10 cm 정도까지는 습지A와 유사하였으나 지표면하 심도가 30 cm 이상인 깊이에서는 20% 이내의 유기물함량을 보였다. 습지B는 지표면하 부근에서의 유기물함량이 40% 정도로서 가장 낮게 나타났다. 3개 습지 모두 지표면에 근접한 점토질 이탄층에서의 유기물함량이 높게 나타났으며, 이는 점토질 이탄층의 입도가 세립질이며 또한 식생의 사체를 통해 유기물이 지속적으로 공급되기 때문이다. 달포늪 퇴적물의 유기물함량은 습지A > 습지C > 습지B의 순으로 나타났으며, 이는 퇴적물 내 점토질 이탄층의 형성 정도에 의한 것이다. 본 연구를 통해 달포늪 퇴적물의 유기물함량은 퇴적물의 입도와 상부 식생에 의해 지배되고 있음을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 달포늪, 퇴적물, 입도, 주상도, 유기물함량

Abstract : In this study, the correlation of organic content with particle size and type of sediment was found out. Particle size, stratigraphic section and organic content of sediments sampled from Dalpo wetland was analyzed. Dalpo wetland consists of three wetlands, and the area of Dalpo wetland is about 31,295 m². The particle size analyses for sampled sediments of 7 points (3 points in wetland A, 3 points in wetland B and 1 point in wetland C) were tested. As results of the particle size analyses, the sediment particle size becomes larger as to the edge of the wetland. It is revealed in order of wetland A > wetland C > wetland B. Borehole surveys with horizontal distance in the major and minor axes of wetland A, the major and minor axes of wetland B and the major axis of wetland C were accomplished. Clayey peat deposit is distributed at 10~90 cm depth below ground surface in the major axis of wetland A. The clayey peat deposit was the most thick at the center of wetland A that horizontal

+ Corresponding author : dhkang@pknu.ac.kr
 * 정회원.부경대학교 BK21 지구환경시스템사업단 박사후 연구원
 ** 비회원.부경대학교 환경지질과학과
 *** 비회원.부경대학교 환경지질과학과
 **** 정회원.부경대학교 환경대기과학과 교수
 ***** 비회원.부경대학교 환경공학과 교수

distance is 100 m. As the depth below ground surface of clayey peat deposit is less than 27 cm in the wetland B, we can infer that the life for the wetland B is being finished. Sediment composition of wetland C is simple because wetland C is small scale, and clayey peat deposit is distributed at 10~34 cm depth below ground surface. Sediment sampled by borehole survey in the Dalpo wetland was cut at interval of 10 cm, then organic content was analyzed. Organic content of wetland A sediment showed more than 40% until 70 cm depth below ground surface, also sediment of wetland B is similar to wetland A until 10 cm depth below ground surface, but is showed within 20 % above 30 cm depth below ground surface. Organic content of wetland B is showed the lowest as organic content near the ground surface is about 40%. All of the three wetlands, organic content is showed higher at clayey peat deposit near to ground surface. This is caused by finer particles of the clayey peat deposit, also organic materials were supplied from dead vegetation. Organic content of the Dalpo wetland showed in order of wetland A > wetland C > wetland B. This result is caused by thickness of clayey peat deposit in sediment. Through this study, it was verified that organic content of the Dalpo wetland sediment was dominated by particle size of sediment and vegetation of the upper part.

Keywords : Dalpo wetland, Sediment, Particle size, Stratigraphic section, Organic content

1. 서 론

습지(wetland)는 지구상에 존재하는 가장 중요한 자연생태계 중의 하나이다. 인류 역사에 크게 영향을 미친 사례 중 습지와 관련된 중요한 내용 중 하나는, 근대사회 발전의 원동력이 되어 현재 인류가 의존하고 있는 화석연료의 대부분이 늪(swamp) 상태의 석탄기(Carboniferous period)에 형성된 것이라는 사실이다. 습지는 물리화학적 자연정화 능력으로 인해 “자연의 콩팥”으로 묘사되기도 한다. 또한, 습지는 홍수 및 해안 침식 방지, 지하수 충진을 통한 지하수의 양을 조절하며, 다양한 종류의 동, 식물군을 구성하여 아름다운 자연경관을 만들어 낸다(박수영 등, 2000). 산업화와 현대화의 물결 속에서 배제되었던 습지생태계가 최근에 그 중요성이 크게 인식되고 있으며, 이는 습지가 제공할 수 있는 여러 가지 생태적 기능에 의해 인류 사회에 유익한 보전적 가치가 점차 알려져 가고 있기 때문이다. 습지는 조류, 어류, 포유류, 양서류, 파충류 등의 각종 야생동물이 서식처를 제공하며, 유수 내 침전물과 유기물을 제거하며, 지표수 및 지하수의 저장 및 충진을 통해 유량을 조절하고 수질을 정화하는 다양한 기능을 가지고 있다.

국내에서 1990년대 후반부터 현재까지 수행된 해안, 내륙 및 산지 습지에 관한 연구로는 습지의

유형별 분류 특성(구본학 등, 2001; 문현숙, 2005), 습지의 기능과 역할 규명(구본학 등, 2001; 신영호 등, 2005), 습지의 퇴적물 분포 및 특성(류상욱 등, 1997; 이미경 등, 2004; 이운화 등, 2005), 습지의 퇴적환경(류상욱 등, 1998), 습지 퇴적물과 퇴적구조의 계절적인 변화(백영숙과 전승수, 2004), 습지의 지질 및 토양 환경(허철호와 김성용, 2005), 습지의 공간적인 변화 특성(엄인권 등, 2003), 습지 퇴적물 내 입도와 유기물 함량이 영양염류와 중금속 농도에 미치는 영향(김석구 등, 2005) 및 해안습지의 성장률(박의준, 2000) 등이 수행되었다.

국외에서 수행된 습지 퇴적물 관련 연구로는 안정한 탄소동위원소를 이용하여 퇴적물 내 유기물질의 기원을 밝히는 연구는 Hedges and Parker(1976), Wilson et al.(1985), Requejo et al.(1986), Ruttenberg and Goni(1997) Lobbes et al.(2000), Gordon and Goni(2003) 및 Loh et al.(2007) 등에 의해 수행되었다. 습지의 수리지질학적 특성 연구는 Eser and Rosen(1999)과 Bragg(2002)에 의해 수행되었으며, 탄소순환과 습지의 수문학적 영향 연구는 Froelking et al.(1998)과 Ju et al.(2006) 등이 있다. 최근에는 습지를 이용한 오염물질의 정화 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 대표적인 연구 사례로는 Bankston et al.(2002), Ji et al.(2004), Lorah

and Voytek(2004), Garcia et al.(2007), Braeckevelt et al.(2007) 및 Lee(2007) 등이 있다. 인공습지를 이용하여 유기오염물질을 제거하는 연구 사례로는 Haberal et al.(2003), Huang et al.(2004), Matamoros et al.(2005) 및 Matamoros et al.(2007)이 수행되었다. 또한, 온실가스(greenhouse gas)에 대한 관심이 커져 인공습지로부터 온실가스의 방출에 대한 연구가 활발하게 수행되고 있다. 인공습지와 농경지로부터 온실가스 방출에 대한 연구(Liikanen et al., 2006); Phillips and Beerli, 2007; Picek et al., 2007)를 수행되었고, Ström and Christensen (2007)은 북극 인근에 위치한 습지로부터 온실가스 교환에 대한 연구를 하였다.

이와 같이, 국외에서는 습지에 관련된 다양한 연구들이 수행되고 있지만 국내에서의 습지 연구는 지형·지질학적 특성과 분류, 형성과 발달 과정 및 퇴적환경, 생태학적인 측면에 치중되어 왔으며, 내륙습지에서 토양입도와 유기물함량 사이의 상관성에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다. 습지퇴적물에 있어 유기물함량은 습지의 수명과 직접적으로 관련이 있으며, 습지 주변의 식생에 의해 퇴적물에 유기물이 유입되어야만 습지로서의 기능이 원활하게 수행될 수 있다.

이에 본 연구에서는 신불산 산지습지(이후 “달포늪”으로 명명)에서 채취된 습지퇴적물의 유기물함량을 실내에서 분석하였으며, 이러한 유기물함량에 영향을 미치는 요소들인 퇴적물 입도와 종류 및 주변 식생과의 관계에 대해 논의하였다. 이러한 연구를 위해 달포늪 내 3개 습지(습지A, 습지B 및 습지C)에서 유기물함량의 수평 및 수직적인 분포특성과 퇴적물의 입도와 종류를 비교 분석하였다.

2. 습지 개요

환경부는 경남 양산시 원동면 일대 해발 730~750 m에 소재한 달포늪을 습지보전법 제8조 제

1항 및 4항에 근거하여 2004년 2월 25일에 습지보호지역으로 지정하였으며, 우수한 자연환경 및 지형·지질학적 가치를 체계적으로 보전해 나갈 계획이다. 달포늪은 경남 양산시 원동면 대리 산 92-2 일원에 위치하며, 양산시 원동면 영포리, 상북면 좌삼리, 강서동의 경계부에 위치하고 있다(신영호 등, 2005). 습지보호지역의 전체 면적은 307,551 m² 이며, 3개 군락(습지A, 습지B 및 습지C)으로 구성된 순수 습지면적은 약 31,295 m² 이다(Fig. 1).

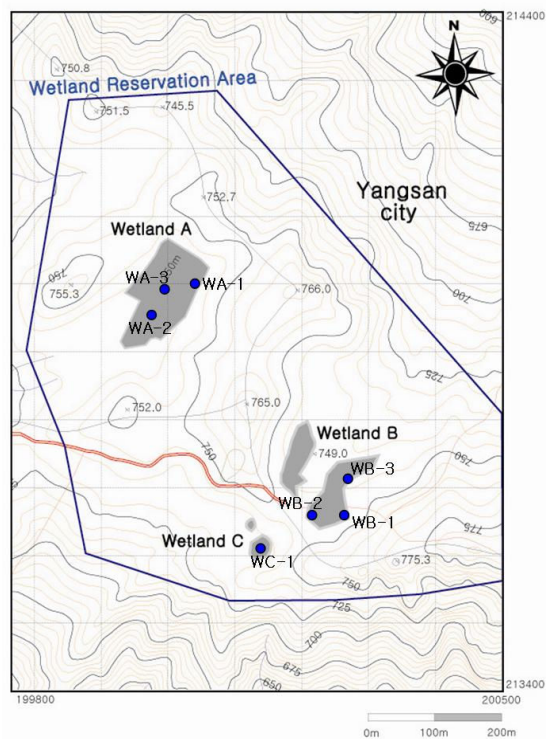


Fig. 1. Reservation area and location of the Dalpo wetland

3. 퇴적물의 입도분석

달포늪에 형성된 습지A(WA-1, WA-2 및 WA-3 지점), 습지B(WB-1, WB-2 및 WB-3 지점) 및 습지C(WC-1 지점)에서 2003년 12월에 채취된 퇴적물의 입도분석이 수행되었다(Fig. 1

참조). 건식체분석(dry sieving) 방법은 입자가 통과하는 가장 작은 체의 간격을 입자의 크기로 하여, 각 체의 간격에 따른 입자들의 무게를 측정하여 무게비율로 입자의 평균입도를 계산한다. 건식체분석에서 #200체(0.074 mm)를 통과한 시료는 피펫(pipet) 분석을 실시하였으며, 피펫분석 방법은 입자의 침강속도가 입자크기에 비례한다는 이론(스토크의 법칙)에 근거하여 퇴적물의 입자를 산정하는 방법이다. 이 방법은 매질의 밀도, 입자의 비중과 크기에 따라 계산된 입자의 침강속도에 의해 일정한 시간에 시료의 일부분을 계속 뽑아낸 다음, 입자의 무게를 측정하여 무게비율로 평균입도를 계산한다.

습지 지역에서 채취된 시료의 입도시험 결과가 Table 1에 정리되어 있다. 습지A에서 채취된 퇴적물 내 모래의 함량은 49.1~92.4% 정도이었으며, 실트와 점토의 함량은 6.8~46.2% 이었다. 습지A에서 채취된 WA-1 시료의 모래 함량이 상대적으로 높은 것은 습지의 가장자리에서 채취되었기 때문이며, 습지의 중앙으로 갈수록 실트와 점토의 함량이 높음을 알 수 있었다. 습지B에서 채취된 퇴적물 내 모래의 함량은 59.0~72.3% 정도이었으며, 실트와 점토의 함량은 27.5~39.4% 정도이었다. WB-1, WB-2 시료는 모래와 실트의 흙 입자 함유율이 유사하게 나타났으나, WB-3 시료는 모래가 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 이는 습지B의 경우 현재 습지의 경계가 매우 불확실하며, 습지의 1/3 이상이 유기질 퇴적층이 전혀 남아 있지 않았고 나머지 2/3도 일부만이

습지의 기능을 유지하고 있는 상태이기 때문에 습지 내에서도 채취지점에 따라 흙 입자의 구성이 다르게 나타난 것으로 판단된다. 습지C에서 채취된 퇴적물 내 모래의 함량은 54.2% 이었으며, 실트와 점토의 함량은 45.8%로서 습지A에서 채취된 WA-3 시료의 흙 입자 함유율과 비슷하게 나타났다.

달포늪에서 채취된 퇴적물 시료별 입도분포곡선이 Fig. 2에 작성되어 있다. 세로축은 입자크기(가로축)보다 작은 입자의 중량백분율(%)을 나타내며 곡선의 기울기가 완만할수록 입자크기의 분포범위는 넓어지며, 곡선의 기울기가 급할수록 입자크기의 분포범위가 좁다는 것을 의미한다. 습지A의 가장자리에서 채취된 WA-1 시료의 입경각적곡선 기울기가 가장 급하게 나타났다. 이는 WA-1 시료가 특정 입경의 흙입자(모래)가 매우 높은 비율을 차지하고 있음을 의미한다. WA-3과 WC-1 시료에는 실트와 점토가 상대적으로 많이 함유되어 있어 다른 시료들에 비해 입도분포곡선의 기울기가 완만하게 나타났다.

입도분포곡선을 작성한 후 각각 5, 16, 50, 84, 95%에 해당하는 입자의 크기를 그래프에서 추정 한 후, 각 퍼센트에 해당하는 입자의 크기를 이용하여 평균입경(average particle size)과 분급도(degree of sorting)를 아래의 수식을 이용하여 구하였다(조성권 등, 1995).

$$average\ particle\ size = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3} \quad (1)$$

Table 1. Particle size percent of sediments in the Dalpo wetland (unit: %)

Sediment No.	Gravel	Sand	Silt	Clay
WA-1	0.8	92.4	5.5	1.3
WA-2	6.9	71.7	19.6	1.8
WA-3	4.7	49.1	39.6	6.6
WB-1	0.4	60.2	34.3	5.1
WB-2	3.0	59.0	35.2	2.8
WB-3	0.2	72.3	25.6	1.9
WC-1	0.0	54.2	41.2	4.6

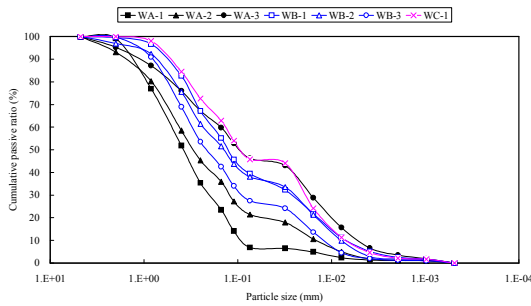


Fig. 2. The distribution curves of sediment particle size in the Dalpo wetland

$$\text{degree of sorting} = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_{84}}{6} \quad (2)$$

여기서 $\phi_5, \phi_{16}, \phi_{50}, \phi_{84}, \phi_{95}$ 는 가적통과율이 각각의 퍼센트에 해당하는 입자의 크기(mm)이다. 위의 식 (1)에서 산정된 평균입경은 흙입자 전체의 평균적인 입경을 의미하며, 식 (2)에 의한 분급도는 입도의 분포가 얼마만큼 중앙 집중의 경향을 보이는가의 정도를 나타내는 척도로써 분급이 양호하다는 것은 특정 입도를 갖는 입자의 비율이 높다는 것을 나타낸다. 달포늪에서 채취된 퇴적물 시료의 평균입경과 분급도가 Table 2에 정리되어 있다. 먼저 평균입경은 WA-1 시료가 0.5697 mm로서 가장 크고, WC-1 시료가 0.1655 mm로서 평균입경이 가장 적은 것으로 나타났다. 평균입경이 크게 나타나는 퇴적물(WA-1)은 주로 모래 성분이 우세함을 보여주는 것이다. 습지별 평

균입경의 크기는 습지A > 습지B > 습지C의 순으로 나타났다.

달포늪에서 채취된 퇴적물의 분급도는 0.2073~0.7037 정도로서 다양하게 나타났으며, WC-1과 WB-1 시료의 분급도가 가장 낮아 다양한 입도로 구성되어 있음을 알 수 있었다.

4. 습지의 퇴적물 주상도

달포늪 퇴적물의 수직적인 층서를 파악하기 위해, 습지A의 장축(SW-NE 라인) 및 단축(SE-NW 라인), 습지B의 장축(E-SW 라인), 습지C의 장축(N-S 라인)에서 각각 10개, 6개, 9개 및 2개 지점에서 시추하였다(Fig. 3).

습지A 장축의 토양주상도는 Fig. 4에, 단축의 토양주상도는 Fig. 5에 작성되어 있다. 습지A의 장축에서 점토질 이탄층의 지표면하 심도는 10~90 cm 정도로서 다양하게 분포되어 있으며, 흑색의 점토질 이탄 형태로 퇴적되어있다. 습지A의 장축 100 m 지점에서는 지표면하 90 cm 정도까지 점토질 이탄이 발달하고 있으며, 이는 습지의 중앙부에서 점토질 이탄층의 두께가 두꺼움을 보여주는 것이다. 습지A의 단축에서는 점토질 이탄층의 두께가 불균일하게 분포하고 있으며, 0 m, 40 m 및 80 m 지점에서 점토질 이탄층이 두껍게 형성되어 있다. 점토질 이탄층을 제외한 바닥층은 황색, 회황색 등의 모래질 입자가 2 mm 이

Table 2. Average particle size and degree of sorting for sediments in the Dalpo wetland

Sediment No.	Particle size(mm)					Average particle size(mm)	Degree of sorting
	5%	16%	50%	84%	95%		
WA-1	0.0170	0.1183	0.3835	1.2073	1.7822	0.5697	0.5397
WA-2	0.0079	0.0272	0.3034	1.1740	2.7600	0.5015	0.7037
WA-3	0.0029	0.0080	0.0947	0.7159	1.9544	0.2729	0.4727
WB-1	0.0038	0.0114	0.1282	0.4414	0.7867	0.1937	0.2261
WB-2	0.0051	0.0120	0.1421	0.6204	1.4981	0.2582	0.3783
WB-3	0.0082	0.0192	0.2181	0.7007	1.3693	0.3127	0.3766
WC-1	0.0041	0.0107	0.0924	0.3934	0.7412	0.1655	0.2073

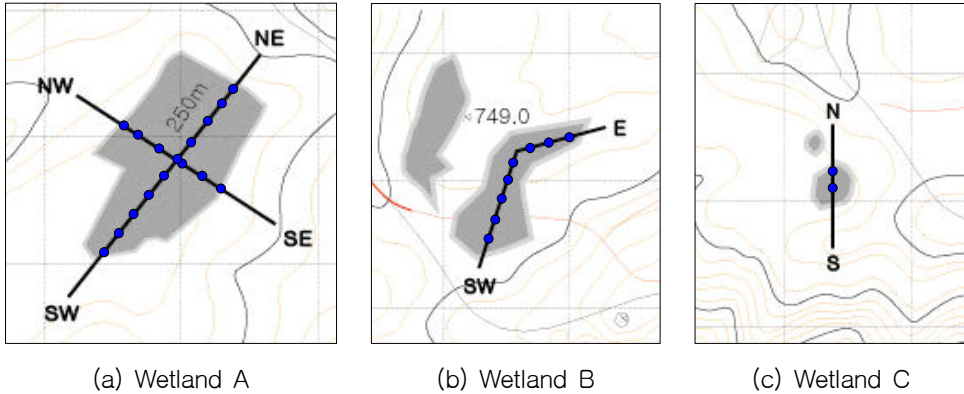


Fig. 3. Sampling points for organic content analysis of sediments at the Dalpo wetland

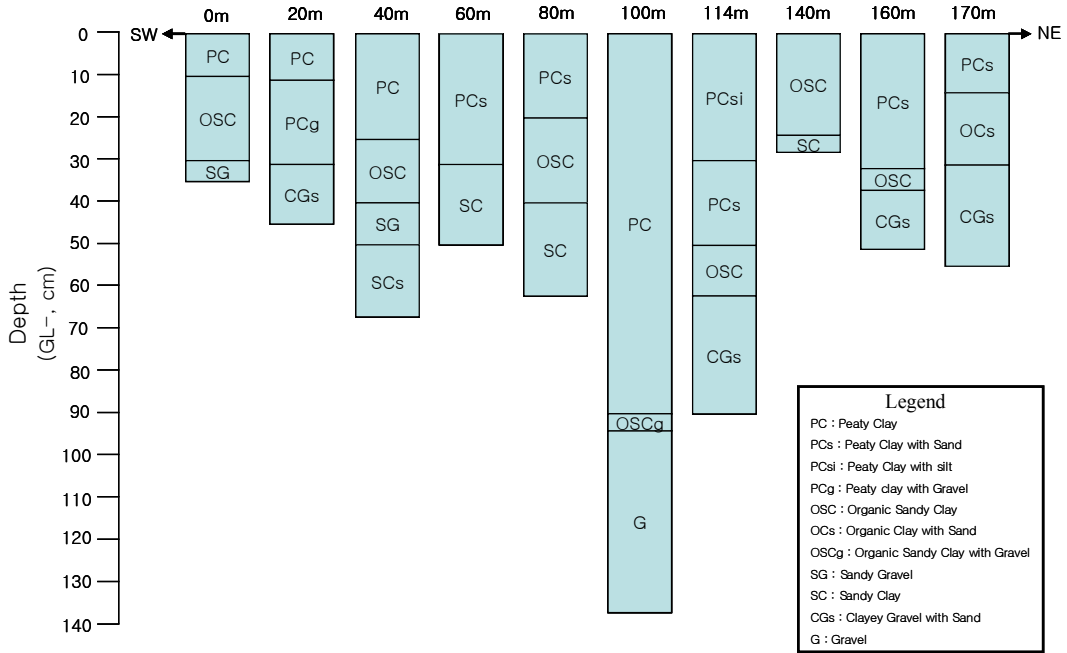


Fig. 4. Stratigraphic sections of the major axis direction in wetland A

상인 모래질 점토와 자갈로 구성되어 있다.

습지B 장축의 토양주상도는 Fig. 6에 작성되어 있다. 습지B 장축에서는 18 m에서 96 m 사이의 퇴적물에는 모래를 함유한 점토질 이탄(PCs)이 지표면하 심도 5~27 cm 정도에 존재하지만, 수평거리가 96 m 이후인 지점들에서는 점토질 이탄층이 존재하지 않았다. 이는 습지B의 훼손이 상당 부분 발생하였거나, 습지로서의 수명이 다해가

고 있음을 의미하는 것이다.

습지C 장축에서는 수평적으로 2개 지점에서 시추조사가 수행되었으며, 토양주상도는 Fig. 7에 작성되어 있다. 습지 규모가 적어 퇴적물의 조성이 단순하게 나타났으며, 점토질 이탄층의 심도는 지표면하 10 cm와 34 cm 이었다. 점토질 이탄층의 하부에는 갈회색과 회황갈색 모래질 및 점토질 자갈로 구성되어 있다.

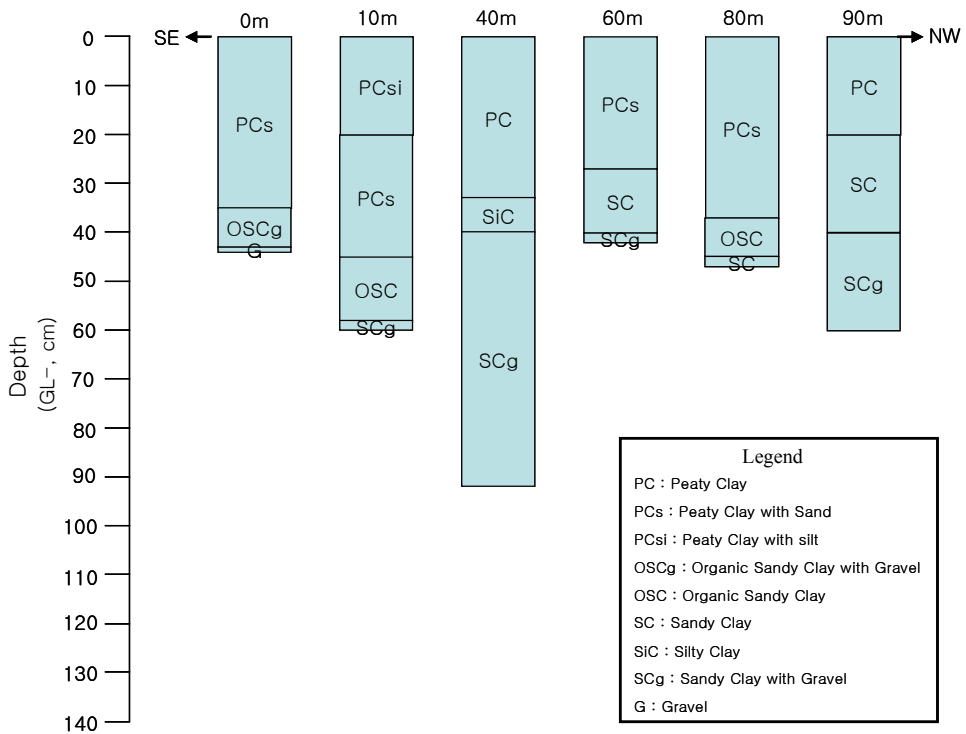


Fig. 5. Stratigraphic sections of the minor axis direction in wetland A

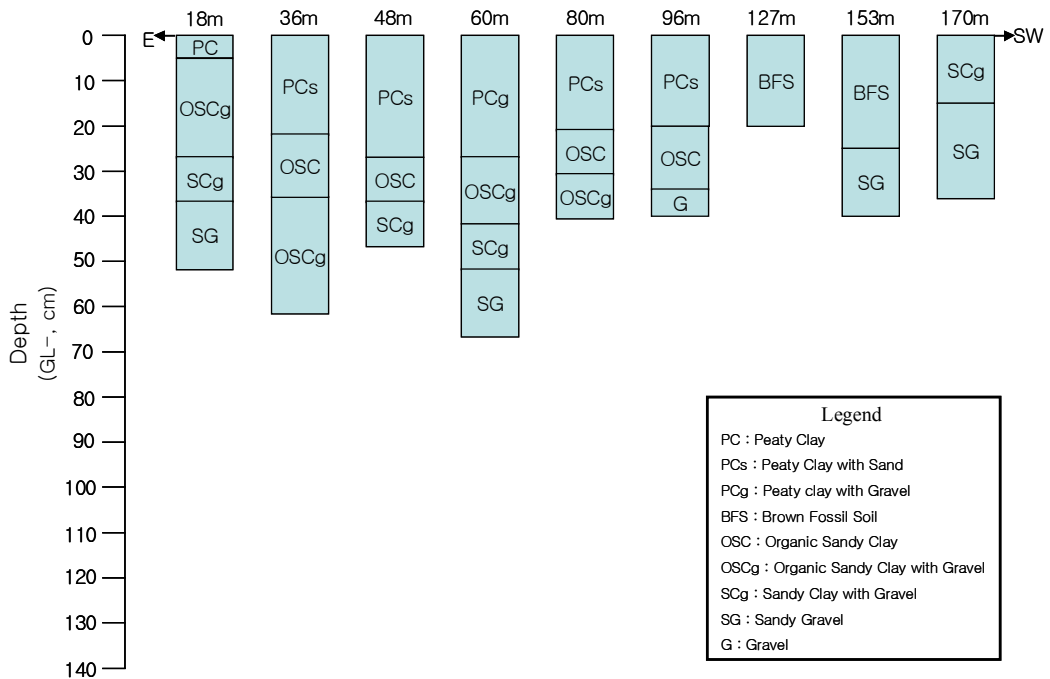


Fig. 6. Stratigraphic sections of the major axis direction in wetland B

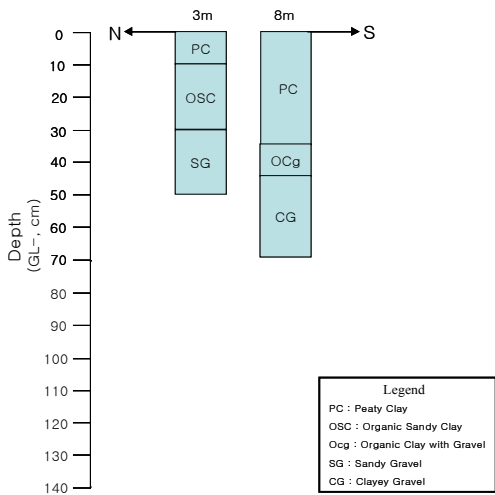


Fig. 7. Stratigraphic sections of the major axis direction in wetland C

5. 퇴적물의 유기물함량

달포늪에서 오거시추에 의해 채취된 퇴적물을 10 cm 간격으로 구분하여 유기물함량의 평균값들을 산정하여 도시하였다(Fig. 8). 습지 A에서는

장축(10개 지점)과 단축(6개 지점), 습지 B에서는 장축 방향의 9개 지점, 습지 C에서는 장축 방향의 2개 지점에서 채취된 퇴적물 내 유기물함량을 평균하였다.

모든 습지에서 지표면에 근접할수록 점토질 이탄층의 유기물함량이 높게 나타났으며, 이는 식생에 의한 것이다. 습지A 퇴적물에서는 지표면하 심도 70 cm 정도까지 유기물함량이 40% 이상으로 매우 높게 나타났으며, 습지B는 지표면 근처에서만 40% 정도의 유기물이 함유되어 있다. 습지 C 퇴적물에서는 지표면하 심도 10 cm 이내에서는 습지A와 유사한 유기물함량을 나타내었으나, 심도가 30 cm보다 깊은 지점들에서는 20% 이내의 함량을 나타내었다. 달포늪에서 퇴적물의 유기물함량은 습지A > 습지C > 습지B의 순으로 나타났으며, 평균입도 크기는 습지A > 습지C > 습지B의 순이었다. 일반적으로는 퇴적물이 세립일수록 유기물함량 높지만, 본 연구지역에서는 습지B의 훼손으로 인해 식생에 의한 유기물의 공급이 적었기 때문에 습지C에 비해 낮은 유기물함량을 보인 것으로 판단된다.

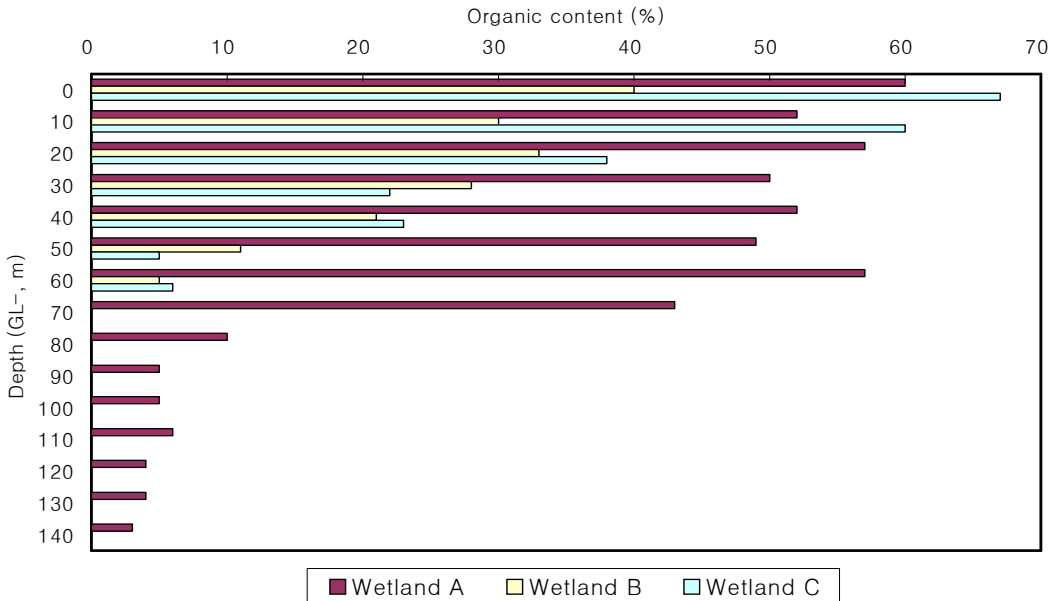


Fig. 8. The organic content with depth of sediments at the Dalpo wetland

6. 요약 및 결론

본 연구에서는 달포늪 퇴적물의 유기물함량 분포특성이 퇴적물의 입도분석 및 주상도에 의해 분석되었으며, 다음의 결론들이 도출되었다.

1. 달포늪의 7개 지점(습지A 3개, 습지B 3개 및 습지C 1개)에서 채취된 퇴적물의 입도분석에 의하면, 습지의 중앙으로 갈수록 실트와 점토의 함량이 높고 가장자리로 갈수록 모래의 함량이 높음을 알 수 있었다. 퇴적물의 입경가적곡선에서는 습지A의 가장자리에서 채취된 WA-1 시료의 기울기가 가장 급하게 나타났으며, 이는 WA-1 시료에 모래의 함량이 매우 높았기 때문이다. 그리고, WA-3과 WC-1 시료에는 실트와 점토가 상대적으로 많이 함유되어 있어 다른 시료들에 비해 기울기가 완만하게 나타났다. 달포늪에서 채취된 퇴적물 시료의 평균입경은 WA-1 시료가 0.5697 mm로서 가장 크고, WC-1 시료가 0.1655 mm로서 평균입경이 가장 적은 것으로 나타났다. 달포늪에서 퇴적물의 평균입경 크기는 습지A > 습지B > 습지C의 순으로 나타났으며, 분급도는 0.2073~0.7037 정도이며 WC-1과 WB-1 시료의 분급도가 가장 낮아 다양한 입도로 구성되어 있음을 알 수 있었다.
2. 달포늪 퇴적물의 수직적인 층서를 파악하기 위해, 습지A의 장축(SW-NE 라인) 및 단축(SE-NW 라인), 습지B의 장축(E-SW 라인), 습지C의 장축(N-S 라인) 주상도가 작성되었다. 퇴적물 입도가 세립질인 점토질 이탄층의 지표면하 심도(두께)는 습지A > 습지C > 습지B의 순으로 나타났다. 그리고, 습지의 중앙에서 점토질 이탄층이 두껍게 형성되어 있으며, 가장자리로 갈수록 점토질 이탄층이 얇아지는 경향을 보였다. 점토질 이탄층의 하부에는 황색, 회황색 등의 모래질(입경 2 mm 이상) 점토와 자갈로 구성되어

있었다.

3. 달포늪에서 시추조사 시 채취된 퇴적물을 10 cm 간격으로 구분하여 유기물함량을 분석하였다. 모든 습지에서 지표면에 근접할수록 점토질 이탄층의 유기물함량이 높게 나타났으며, 이는 시추조사에서도 확인되었듯이 점토질 이탄층의 입도가 세립이고 또한 상부 식생의 사체에 의해 지속적으로 유기물이 공급되었기 때문이다. 달포늪에서 퇴적물의 유기물함량은 습지A > 습지C > 습지B의 순으로 나타났으며, 이는 습지 상부에 존재하는 식생의 생장에 따른 점토질 이탄층의 형성 정도에 의한 것이다.
4. 달포늪에서 수행된 본 연구를 통해, 습지퇴적물 내 유기물함량은 습지의 중앙으로 갈수록 두꺼운 점토질이탄층으로 인해 지표면하의 깊은 심도까지 높은 함유량을 나타내었다. 이는 산지습지의 일반적인 지형구조가 오목한 형태이어서 강우의 침수 및 식생의 번식이 습지 중앙부에서 가장 잘 형성되어 있기 때문이다. 달포늪 퇴적물 내 유기물함량은 퇴적물의 입도가 적은 점토질이탄층에서 높은 함유량을 보였으며, 이는 퇴적물의 입도가 적을수록 큰 비표면적에 의해 유기물의 흡착능이 높아지기 때문이다. 따라서, 달포늪 습지퇴적물의 유기물함량은 습지의 상부 식생에 의한 유기물의 지속적인 공급 정도와 입도가 적은 점토질 이탄층의 두께에 의해 지배되어 짐을 확인할 수 있었다.

사 사

이 논문은 부경대학교 BK21 지구환경시스템사업단 및 기상청 기상지진기술개발사업단(CATER 2007-4403)에 의하여 연구비가 지원되었으며, 지원기관에 감사한다. 그리고, 익명의 심사위원님께서도 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 구본학, 김귀곤, 우리나라 습지 유형별 분류특성에 관한 연구 -내륙 습지를 대상으로-, 한국환경복원녹화기술학회지, 4(2), pp. 11~25, 2001.
- 김석구, 이미경, 안재환, 강성원, 전상호, 퇴적물 내 입도와 유기물 함량이 영양염류 및 중금속 농도에 미치는 영향, 대한환경공학회지, 27(9), pp. 923~931, 2005.
- 류상욱, 유환수, 김민지, 문병찬, 한국 서해 남부 함평만의 퇴적환경, 한국지구과학회지, 19(3), pp. 343~353, 1998.
- 류상욱, 유환수, 전승수, 한국 서해 남부 함평만 표층퇴적물의 분포 및 특성, 한국지구과학회지, 18(5), pp. 367~378, 1997.
- 문현숙, 습지의 발달 환경과 특성 -경기도 산지를 중심으로-, 한국지형학회지, 12(4), pp. 55~67, 2005.
- 박수영, 윤성운, 이기철, 김귀곤, 배덕효, 김형수, 경남발전연구원, 습지학원론, 은혜기획, p. 414, 2000.
- 박의준, 해안습지 성장률의 공간적 특성에 관한 연구 -순천만 염하구 해안습지를 사례로-, 한국지역지리학회지, 6(3), pp. 153~168, 2000.
- 백영숙, 전승수, 한국 서남해안 두우리 조간대에서 표층 퇴적물 및 퇴적구조의 특성과 계절변화, 한국석유지질학회지, 10(1,2), pp. 10~17, 2004
- 신영호, 김성환, 박수진, 신불산 산지 습지의 지화학적 특성과 역할, 한국지형학회지, 12(1), pp. 133~149, 2005.
- 엄인권, 임동일, 이미경, 전수경, 정희수, 한국 동해안 영일만 표층 퇴적물의 금속 함량과 공간 변화 특성, 한국지구과학회지, 24(5), pp. 477~490, 2003.
- 이미경, 배우근, 엄인권, 정희수, 영일만 해역 표층 퇴적물의 금속 분포 특성, 대한환경공학회지, 26(5), pp. 543~551, 2004.
- 이윤화, 조화룡, 범성만 갯벌의 지형 및 퇴적물의 입도 특성 분석, 한국지형학회지, 12(1), pp. 63~76, 2005.
- 조성권, 이철우, 손영관, 황인걸, 퇴적학, 우성사, p. 89, 1995.
- 허철호, 김성용, 흑산도 지역 장도습지의 지질 및 토양환경: 예비조사, 한국지구과학회지, 26(7), pp. 661~667, 2005.
- Bankston, J. L., Sola, D. L., Komor, A. T., Dwyer, D. F., Degradation of trichloroethylene in wetland microcosms containing broad-leaved cattail and eastern cottonwood, Water Research, 36(6), pp. 1539~1546, 2002.
- Braeckevelt, M., Rokadia, H., Imfeld, G., Stelzer, N., Paschke, H., Kuschke, P., Kästner, M., Richnow, H. H., Weber, S., Assessment of in situ biodegradation of monochlorobenzene in contaminated groundwater treated in a constructed wetland, Environmental Pollution, 148(2), pp. 428~437, 2007.
- Bragg, O. M., Hydrology of peat-forming wetlands in Scotland, The Science of the Total Environment, 294, pp. 111~129, 2002.
- Eser, P., Rosen, M. R., The influence of groundwater hydrology and stratigraphy on the hydrochemistry of Stump Bay, South Taupo Wetland, New Zealand, Journal of Hydrology, 220, pp. 27~47, 1999.
- Frolking, S. E., Bubier, J. L., Moore, T. R., Ball, T., Bellisario, L. M., Bhardwaj, A., Carroll, P., Crill, P. M., Lafleur, P. M., Mccaughey, J. H., Roulet, N. T., Suyker, A. E., Verma, S. B., Waddington, J. M., Whiting, G. J., Relationship between ecosystem productivity and photo-synthetically active radiation for northern peatlands. Global Biogeochemical Cycles, 12, pp. 115~126, 1998.
- Garcia, J., Capel, V., Castro, A., Ruiz, I., Soto,

- M., Anaerobic biodegradation tests and gas emissions from subsurface flow constructed wetlands, *Bioresource Technology*, 98(16), pp. 3044~3052, 2007.
- Gordon, E. S., Goni, M.A., Sources and distribution of terrigenous organic matter delivered by the Atchafalaya River to sediment in the northern Gulf of Mexico, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67, pp. 2359~2375, 2003.
- Haberal, R., Grego, S., Langergraber, Kadlec, R. H., Cicalini, A. R., Martins, D. S., Novais, J. M., Aubert, S., Gerth, A., Thomas, H., Hebner, A., Constructed wetland for the treatment of organic pollutants, *J. Soils Sed.* 3, pp. 109~124, 2003.
- Hedges, J. I., Parker, P. L., Land-derived organic matter in surface sediments from the Gulf of Mexico, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 40(9), pp. 1019~1029, 1976.
- Huang, Y., Latorre, A., Barcelo, D., Garcia, J., Mujeriego, R., Bayona, J.M., Factors affecting linear alkylbenzene sulfonates removal in subsurface flow constructed wetlands, *Environ. Sci. Technol.* 38, pp. 2657~2663, 2004.
- Ji, G. D., Yang, Y. S., Zhou, Q., Sun, T., Ni, J. R., Phytodegradation of extra heavy oil-based drill cuttings using mature reed wetland: an in situ pilot study, *Environment International* 30, pp. 509~517, 2004.
- Ju, W., Chen, J. M., Black, T. A., Barr, A. G., McCaughy, H., Roulet, N. T., Hydrological effects on carbon cycles of Canada's forest and wetlands, *Tellus*, 58B, pp. 16~30, 2006.
- Lee, S. J., Enhanced dissolution of TCE in NAPL by TCE-degrading bacteria in wetland soils, *Journal of Hazardous Material*, 145, pp. 17~22, 2007.
- Liikanen, A., Huttunen, J. T., Karjalainen, S. M., Heikkinen, K., Väisänen, T. S., Nykänen, H., Martikainen, P. J., Temporal and seasonal changes in greenhouse gas emissions from a constructed wetland purifying peat mining runoff waters, *Ecological Engineering*, 26(3), pp. 241~251, 2006.
- Lobbes, J. M., Fitznar, H. P., Kattner G., Biogeochemical characteristics of dissolved and particulate organic matter in Russian rivers entering the Arctic Ocean, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64(7), pp. 2973~2983, 2000.
- Loh, P. S., Reeves, A. D., Harvey, S. M., Overnell, J., Miller, A. E. J., The fate of terrestrial organic matter in two Scottish sea lochs, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, pp.1~14, 2007.
- Lorah, M. M., Voytek, M. A., Degradation of 1,1,2,2-tetrachloroethane and accumulation of vinyl chloride in wetland sediment microcosms and in situ porewater: biogeochemical controls and associations with microbial communities, *Journal of Contaminant Hydrology*, 70, pp. 117~145, 2004.
- Matamoros, V., Garcí'a, J., Bayona, J.M., Behavior of selected pharmaceuticals in subsurface flow constructed wetlands: a pilot-scale study, *Environ. Sci. Technol.* 39, pp. 5449~5454, 2005.
- Matamoros, V., Puigagut, J., Garcia, J., Bayona, J. M., Behavior of selected priority organic pollutants in horizontal subsurface flow constructed wetlands: A preliminary screening, *Chemosphere*, 69(9), pp 1374~

- 1380, 2007.
- Mayer, L. M., Schick, L. L., Allison, M. A., Ruttenberg, K. C., Bentley, S. J., Marine vs. terrigenous organic matter in Louisiana coastal sediments: The uses of bromine: organic carbon ratios, *Marine Chemistry*, 107(2), pp. 244~254, 2007.
- Phillips, R., Beerli, O., The role of hydro-pedologic vegetation zones in greenhouse gas emissions for agricultural wetland landscapes, *CATENA*, 2007.
- Picek, T., Čížková, H., Dušek, J., Greenhouse gas emissions from a constructed wetland-Plants as important sources of carbon, *Ecological Engineering*, 31(2), pp. 98~106, 2007.
- Requejo, A. G., Brown, J. S., Boehm, P. D., Lignin geochemistry of sediments from the Narragansett Bay Estuary, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 50(12), pp. 2707~2717, 1986.
- Ruttenberg, K. C., Goni, M. A., Photophous distributon, C:N:P ratios, and $\delta^{13}C_{oc}$ in arctic, temperate, and tropical coastal sediments: tools for characterizing bulk sedimentary organic matter, *Marine Geology*, 139(1~4), pp. 123~145, 1997.
- Ström, L., Christensen, T. R., Below ground carbon turnover and greenhouse gas exchanges in a sub-arctic wetland, *Soil Biology and Biochemistry*, 39(7), pp. 1689~1698, 2007.
- Wilson, J. O., Valiela, I., Swain, T., Sources and concentrations of vascular plant material in sediments of Buzzards Bay, Massachusetts, USA, *Marine Biology*, 90, pp. 129~137, 1985.