

한강 하구 습지복원을 위한 장항습지의 사주 지형변화 및 식생정착

안 홍 규* / 김 시 내** / 정 상 준*** / 이 동 준**** / 이 삼 희*****

Topographical change of sandbar and vegetation settlement in Jang-Hang wetlands for Han River Estuary Wetlands Restoration

Hong-Kyu Ahn* / Si-Nae Kim** / Sang-Joon Chung*** / Dong-Jun Lee**** / Sam-Hee Lee*****

요약 : 기수역은 하천의 중횡단 방향으로 수질-하안지질 재료 및 미지형이 변화하는 환경변화가 매우 큰 공간으로 이러한 환경의 질적 차이에 의하여 생물 서식처가 달라지는 특수한 공간이다. 본 연구는 신곡 수중보의 건설과 수중보 하류의 과도한 준설 등이 수리적인 여건 변화를 제공하였고 이로 인하여 사주 변화가 급격히 진행된 한강의 장항습지를 대상으로 하구습지의 공간적 변화 추이와 장항습지의 물리·생태적 특성을 분석하여 사주부 식생의 정착과 확장과정을 규명하였다. 그 결과 장항습지의 사주면적은 1985년과 비교하여 2006년도에는 6배정도로 습지가 확장되었고, 갈대군락은 점차 감소하는 반면 선버들 군락은 증가하였다. 또한 토층분석 결과 장항습지는 하천의 영향을 받아 형성되었으며, 습지의 중류역에서부터 목본류가 정착하여 상하류로 확산된 것으로 분석되었다.

핵심용어 : 사주 확장, 식생 정착, 하도 육역화

Abstract : Estuary is unique habitat ground under substantial changes of water quality, river side, bed material, and micro topography. Construction of SinGok underwater weir with excessive dredging for downstream of weir has changed hydraulic conditions of Han River. This study investigates spatial changes of estuary and expansion process of vegetation on sandbar for JangHang estuary in Han River through analysis of physical and ecological characteristics. As a result of investigation, we found that area of sandbar in JangHang estuary is expanded six times compared between 1985 and 2006, and area of *Phragmites australis* is gradually decreased while area of *Salix subfragilis* Anderson. is increased. Also the analysis result of soil layer shows that the Jang-Hang wetlands are created by effect from river, and woody plants are settled from middle part of wetlands, then spread to upper and lower part of wetlands.

Keywords : Sand Bar Expansion, Vegetation Settlement, Stream Aggradation

1. 서 론

하천의 담수와 바다의 해수가 교차되고 혼합

되는 기수역(汽水域)은 하천의 중횡단 방향으로 수질-하안지질 재료 및 미지형이 변화하는 환경 변화가 매우 큰 공간으로 이러한 환경의 질적 차이

+ Corresponding author : ahnhk@kict.re.kr

* 정희원 · 교신저자 · 한국건설기술연구원 하천해양연구소 · 연구위원 · ahnhk@kict.re.kr

** 비희원 · 한국건설기술연구원 하천해양연구소 · 연구원 · ksn@kict.re.kr

*** 비희원 · 한국건설기술연구원 하천해양연구소 · 연구원 · jsj@kict.re.kr

**** 비희원 · 한국건설기술연구원 하천해양연구소 · 연구원 · ldj@kict.re.kr

***** 정희원 · 한국건설기술연구원 하천해양연구소 · 선임연구위원 · samhee.lee@kict.re.kr

에 의하여 생물 서식처가 달라지는 특수한 공간이다(Paula 등, 2009). 따라서 기수역은 수생 생태계의 중요한 서식처가 될 뿐만 아니라 바다와 하천을 잇는 중요한 생태통로이기도 하며 다양한 생물상들의 복잡한 먹이사슬 구조가 유지되어 자연계에서 종 다양도가 가장 풍부한 수생 생태계로 알려져 있다(Wolanski, 2009).

특히, 한강 하구는 황해로 유입하는 대하천 중에서 유일하게 하구 독이 없는 자연하구로서 가치가 매우 큰 곳으로 황해안은 조석 간만의 차이가 크기로 세계적으로도 유명한 곳이다. 한강 하구는 조석의 영향이 과거에는 팔당호까지 미쳤고, 한강 개발 후에도 한강대교까지 조석의 영향이 미치기도 한다. 또한 한강은 하류의 하폭이 1 km가 넘고 상시 유량도 200 m³/s가 넘는 대하천으로 여름철 홍수 규모도 상당하여 팔당댐 하류의 설계홍수량은 37,000 m³/s에 달하는 곳이기도 하다(한국건설기술연구원, 2002).

그러나 중대하천 하구인 연안하천 구역은 하도 정비를 위한 하중도/사주의 준설, 하구 독/수중보 건설 등으로 인하여 하천 수리/수문 및 형태의 급속한 변화와 함께 생물 서식처는 상당 부분 훼손되었는데, 낙동강 하구 독 건설에 따른 을숙도 하중도/사주 습지 훼손, 금강/영산강/안성천/삽교천 하구 독 건설에 따른 갯벌 소멸, 한강 하도정비 및 수중보 설치에 따른 한강 하구의 셋강이나 하중도/사주 소멸 및 변형 등이 대표적인 예라 할 수 있다(환경부, 2010). 이러한 인위적 하천개발과 정비로 인한 연안하천 및 습지의 생물 서식처 소멸, 변형의 원인은 대부분 하천의 유황(유량과 수위 상태)과 하도 변경 및 준설 등에 기인한 것으로 알려져 있다(楠田哲也 등, 2008).

그간 한강하구 장항습지는 한강유역환경청이 관리하며 습지보전법에 의해 2006년에 국가습지 보호지역으로 지정되었지만, 군사보호구역이기도 한 이곳은 출입제한의 한계로 많은 연구가 이루어지지 못했다. 그러나 최근 들어 남북공유수면이기도 한 한강하구에 대한 새로운 관심이 집중되면서 연구가 늘어나고 있는 추세로, 공학적 측면에서는

하구부의 수리학적 영향을 주로 검토하였는데, 하구부 준설에 따른 수리학적 영향(김건홍 등, 2010)과 한강개발에 따른 흐름 및 하상변동(백경오, 2009)에 대한 연구가 이루어졌다.

장항습지의 관리측면에서는, 식물학적 측면에서의 습지 관리방안에 관한 연구(염정현 등, 2010)와 한강하구의 활용을 위한 검토(이양주, 2008) 그리고 습지에서의 생물모니터링 조사(환경부, 2009)가 이루어 졌다.

또한, 장항습지의 보전-생태적인 측면에서는, 선버들(*Salix nipponica*)과 말뚝개(*Sesarma dehaani* H. Milne Edwards)의 서식특성에 관한 연구(한동욱 등, 2010), 염분구배에 따른 대형저서동물과의 관련성에 대한 연구(해양수산부, 2008)가 이루어졌지만, 한강 하구부 습지를 대상으로한 생태학적 연구는 많이 이루어지지 못한 것이 현실이다.

반면 하천의 물리적인 현상에 의하여 형성되는 사주의 변화와 식생과의 관계에 대한 연구는 국내외 적으로 많이 이루어져 왔는데, 하도내 식생의 분포 측면에서는 하도내 식생역의 확장 및 식생형성 과정에 관한 연구(藤田光一 등, 2003; 이삼희, 2006), 사주의 물리적 특성과 식생분포에 관한 연구(안홍규, 2001)가 이루어졌고, 보 철거에 의한 하류의 지형과 생태계변화에 관한 연구(환경부, 2004 ; 길혜경 등, 2007 ; 안홍규 등, 2011)가 이루어졌다.

또한, 사주 형성 및 확장에 관해서는 사주에서 식생형성과정에 관한 연구(이삼희 등, 2008)와 하도사주의 지형 형성과정과 식생분포에 관한 연구(최미경, 2010) 등이 이루어졌지만 정작 장항습지와 같은 기수역에서의 사주와 생태학적 관련성에 관한 연구는 미흡한 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 기수역인 한강하구부 장항습지를 대상으로 하구습지의 공간적 변화 양상 그리고 장항습지의 물리-생태적 특성을 분석하여 사주부 식생의 정착과 확장과정을 규명하고자 하였다.

2. 연구 방법 및 범위

2.1 연구 대상지

장항습지는 한강하구를 향하여 우안으로 가늘

고 길게 형성된 사주로서, 본 연구에서는 종단길이 약 7.5km(신곡수중보~일산대교 구간)를 대상으로 하였으며, 조사구간 내 사주의 폭은 최장 약 500m, 최단 약 60m 정도이다.

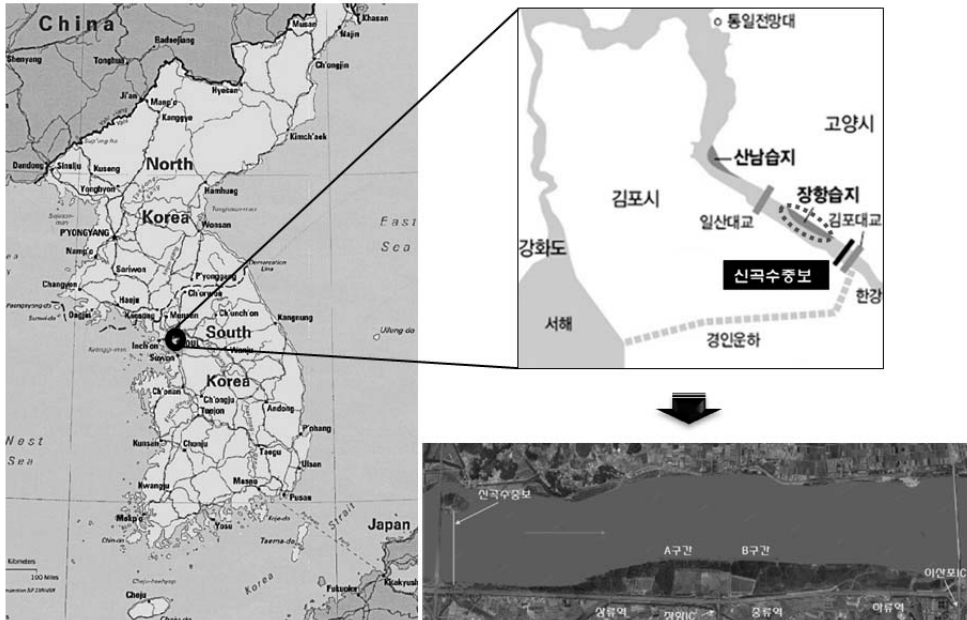


그림 1. 연구 대상지

2.2 장항습지 공간적 특성분석

장항습지의 형성은 신곡수중보가 1986년 완공되면서 직하류 우안의 고수부지가 형성되었는데 이러한 형성 원인으로는 신곡수중보의 준공과 하천개발에 의한 유심선(流深線, Thalweg)의 변화가 주된 원인으로 추정된다(이삼희, 2006).

따라서 장항습지의 공간적 특성을 분석하기 위하여 항공사진(국토지리정보원 제공)을 활용하였고, 습지의 면적은 물이 들어오고 나가는 펄은 제외하고 육지로 확연하게 구분되는 곳만을 대상으로 하였으며, 구적계를 이용하여 산출하였다.

1995년도에 항공사진 촬영이 이루어지지 않은 구간이 발생함에 따라 장항 IC를 기점으로 하여 상류구간을 A구간으로 하류 구간을 B구간으로 구분하여 시행하였다

1) 장항습지 사주 면적 변화 분석

대상지를 A구간(신곡수중보-장항IC 구간)과 B구간(장항IC-이산포IC 구간)으로 나누어 1985년부터 2006년까지의 항공사진 분석을 통해 사주면적과 식생천이의 경년변화를 분석함으로써 공간적 변화 추이를 파악하였으며, 이러한 경년변화 추이를 파악함으로써 향후 사주 및 식생의 확장 경향을 분석하였다.

2) 장항습지 식생활착 면적 분석

1985년도 사주가 형성되기 이전의 것을 제외한 1995년도, 2000년도, 2006년도를 대상으로 A, B 두 구간에서 사주면적 대비 식생활착 면적을 분석하였다.

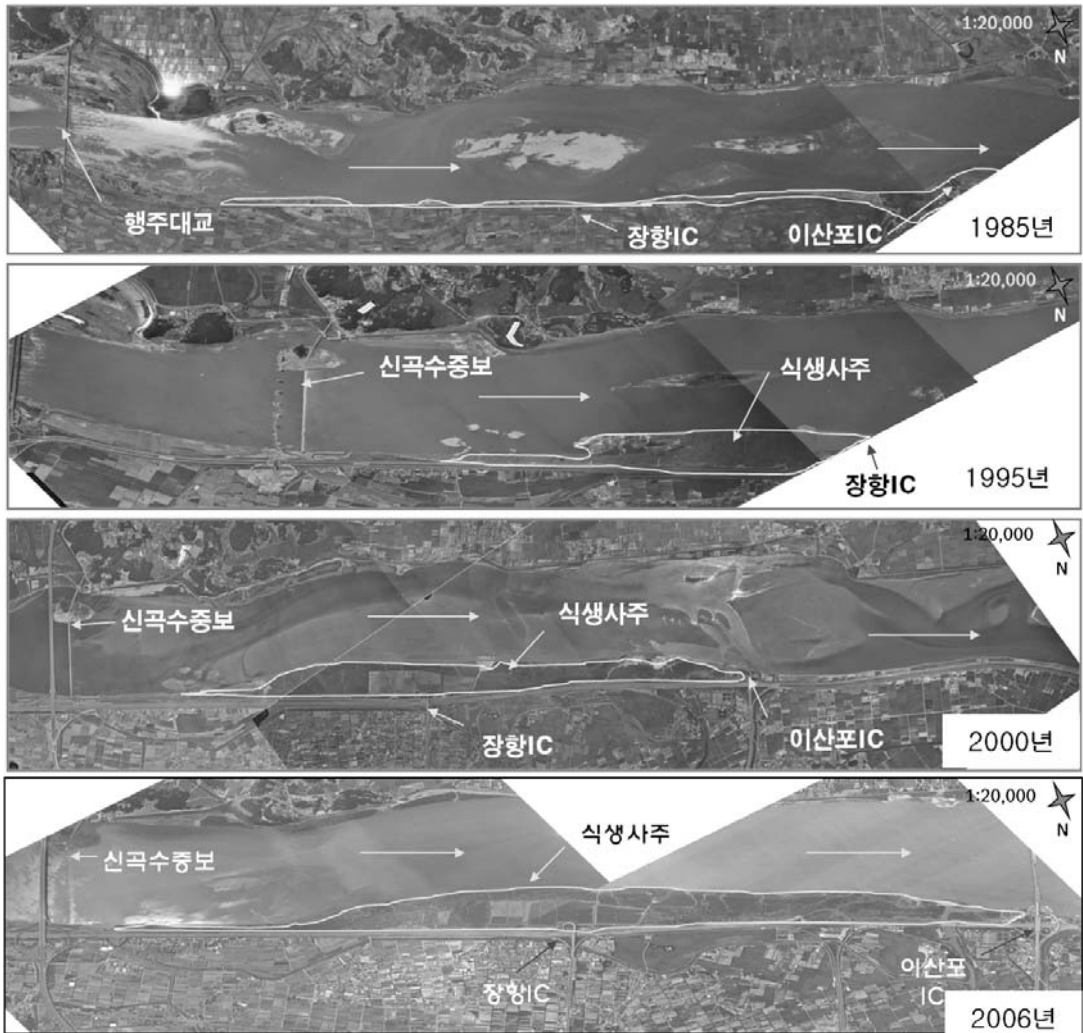


그림 2. 경년별 변화에 따른 장항습지의 형성

3) 식생별 활착비율 분석

장항습지의 대표 식생이라고 할 수 있는 선버들 (*Salix nipponica*), 갈대(*Phragmites communis*), 줄(*Zizania latifolia*)을 군락단위로 세분하여 각 식생이 차지하고 있는 식생활착 면적을 계산하여 장항습지내 경년별 식생분포 변화를 분석하였다.

2.3 장항습지의 물리·화학적 특성분석

1) 토양입경분석

장항습지에서의 대표식생(줄/선버들)을 선정하고 각 식생을 대상으로 식물의 뿌리가 있는 유효 토심 20cm 구간에서 토양을 채취하여 토양입경을 분석하였다.

2) 토양단면

장항습지의 형성이 조위의 영향을 크게 받는지 아니면 하천의 영향을 더 크게 받는지 분석하기 위하여 장항습지 하류부에서 토양단면을 분석하였다.

3) 토양의 화학적 특성분석

장항습지를 상/중/하류 3구역으로 구분하고 각 구역별로 줄, 갈대, 선버들 군락을 대상으로 총 27개 토양시료를 채취하여 토양의 화학적 특성을 분석하였다.

4) 하천지형 분석

장항습지의 지형과 식생과의 관련성을 분석하기 위하여 습지의 상중하류에서 횡단측량 [RTK-VRS(R6)와 Total Station(GPT-7001L) 측량기기 활용]을 실시하였는데, 만조시 물이 차고 평수기에 물이 빠져나가 식생이 위치하고 있지 않은 펄 지역은 제외하였다.

5) 지하수위 분석

장항습지에서의 대표식생(줄/선버들)을 선정하고 각 식생을 대상으로 간조시를 기점으로 1.5 m 깊이의 토양을 굴착하여 그곳에서 지하수위를 측정하였다.

2.4 장항습지의 수목 특성분석

장항습지를 상류/중류/하류역으로 구분하고 각각의 지점에서 목본류(키버들과 선버들)를 대상으로 수고와 흉고직경(Diameter in Breast Height : DBH)을 조사하여 식생 정착과정을 추정하고자 하였다.

그러나 연륜분석의 샘플수가 적어 대표성을 가질 수 없기 때문에 총 395그루(상류역 79그루, 중류역 209그루, 하류역 107그루)를 대상으로 흉고직경을 계측하고 평균하여 습지의 어떤 부근에서부터 가장 먼저 식생이 정착하였고 확산되었는지를 추정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 장항습지 공간적 특성

1) 장항습지 사주 면적 변화

장항습지 사주면적은 신곡 수중보가 설치된 1986년도 이후에 장항습지의 면적이 급격히 증가하였음을 알 수 있는데 2006년까지 장항습지의 면적은 1985년 대비 약 6배나 증가 하였다.

구간별로는 A구간에 비해 B구간에서 급격하게 증가하는 양상을 보이고 있으며, A구간은 1985~1995년 사이에 사주면적이 약 3배 이상 증가하는 양상을 나타내었다.

반면 B구간의 경우, 1995년 항공사진 자료가 없어 A구간의 10년간의 변화는 알 수 없으나 1985~2000년도 사이의 사주면적 변화는 약 9배 증가하는 양상이 관찰되었다.

따라서 장항습지의 사주면적 변화추이는 상류역보다 중하류역의 사주면적이 상대적으로 많이 증가하였으며, 2006년까지 장항습지의 사주면적은 지속적으로 커지고 있다고 할 수 있다.

표 1. 연도별 장항습지 사주면적 변화

(단위:km²)

구간 \ 연도		1985	1995	2000	2006
		1985	1995	2000	2006
A	신곡수중보 - 장항 IC	0.216	0.753	0.788	0.887
B	장항 IC - 이산포 IC	0.106	-	0.935	1.077
총계		0.322	-	1.723	1.964

2) 장항습지 식생활착 면적

1995년도 분석결과 A구간에서는 사주면적 대비 식생이 차지하고 있는 면적은 약 33.5%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

2000년도 분석에서는 A구간에서는 1995년도에 비하여 사주면적이 약간 증가되었고 식생면적은 오히려 약간 감소하는 추세(총 사주면적 대비 식생이 차지하고 있는 면적은 약 31.1%)를 나타내었다. 또한 1995년도 항공사진이 촬영되지 않았던 B구간에서의 총 사주면적 대비 식생이 차지하고 있는 면적은 약 40.6%를 차지하고 있다.

2006년도에는 A와 B, 두 구간의 사주면적이 모두 증가되고 있는 것으로 나타났으며, 총 사주

면적 대비 식생이 차지하고 있는 면적도 각각 증가하고 있는 것으로 나타났는데, A구간에서는 총 사주면적 대비 식생이 차지하고 있는 면적이 약 50.1%, B구간에서는 총 사주면적 대비 식생이 차지하고 있는 면적은 약 55.2%로 나타나고 있다.

2000년도 분석에서 사주면적은 증가한 반면 식생이 차지하고 있는 면적이 줄어든 원인으로는 항공사진이 촬영된 2000년도 바로 직전에 커다란 홍수가 발생하였고 이로 인하여 다량의 토사가 공급되어 사주면적이 증가하였으며, 또한 식생면적이 줄어 든 것은 홍수에 의하여 식생이 파괴되었고 사진이 촬영된 시점까지 식생이 안정화되지 않았다는 것을 반증하는 결과이다.

표 2. 장항습지의 경년별 사주면적 대비 식생면적

(단위:km²)

구 간		연 도	1995년도	2000년도	2006년도
A구간	신곡수중보 - 장항 IC	사주면적	0.753	0.788	0.887
		식생면적	0.252	0.245	0.444
B구간	장항 IC - 이산포 IC	사주면적	-	0.935	1.077
		식생면적	-	0.38	0.595

3) 장항습지 식생별 활착비율

항공사진 자료에 의하면 1985년도에 비로소 장항습지가 생성되는 시기로 하도내의 하중도(모래톱)와 우안측(장항습지부분)에 퇴적지역이 존재하지만, 식생이 활착되지 않은 상태로 분석되었다.

이후, A구간에서의 버드나무류 군락은 1995년과 2000년도를 비교하면 1995년도의 11배, 2000년도와 2006년도를 비교하면 2000년도의 1.8배, 1995년 대비 2006년도의 식생활착 면적은 약 20배가 증가하였으며, 갈대군락은 1995년과 2000년도를 비교하면 1995년도의 6.2배에 해당하는 면적이 감소하였고, 2000년도와 2006년도를 비교하면 2000년도의 1.6배가 증가되었다. 1995년 대비 2006년도의 갈대군락의 식생활착

면적은 약 3.9배가 감소되었다.

B구간에서는 버드나무군락의 경우, 2000년도와 2006년도를 비교하면 약 2000년도의 1.5배로 증가된 것으로 분석되었고, 갈대군락은 2000년도와 2006년도를 비교하면 약 2000년도의 1.1배 증가된 것으로 분석되었으며, 줄 군락은 2000년도와 2006년도를 비교하면 약 2000년도의 9배로 증가되었다.

이러한 식생군락의 변화의 원인으로는 1999년도의 홍수에 의한 갈대군락의 매몰 및 목본 종자의 공급에 의한 것으로 추정된다.

또한 인위적인 간섭 없이 자연의 힘에 맡겨두었을 경우, 수제부에 형성된 줄 군락은 다음세대의 식생으로의 천이, 사주의 확장, 하도 육역화 및 수립화로 진행될 가능성이 높은 것으로 예측된다.

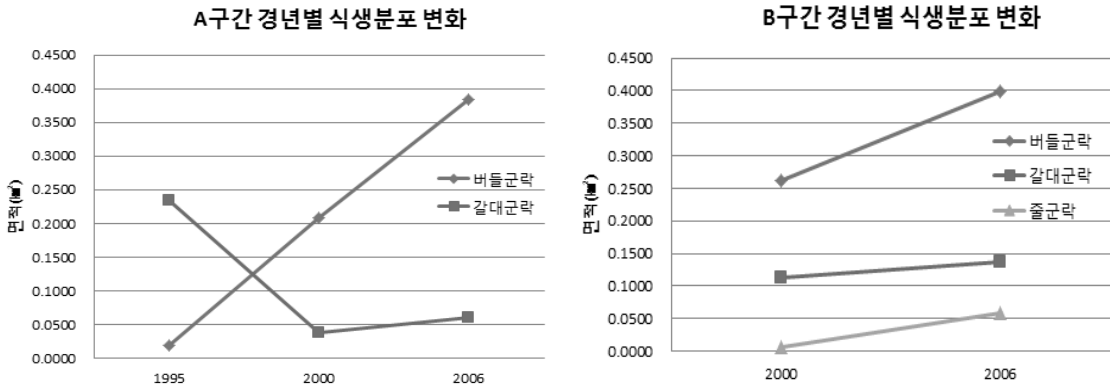


그림 3. 경년별/구간별 식생분포 변화

3.2 장항습지의 물리/화학적 특성

1) 토양단면에 따른 입경 특성

토양 입경분석은 표토에서 뿌리방향으로 20cm 가 되는 지점에서 채취하여 체분석을 통하여 이루어졌으며, 장항습지의 대표식생(줄/선버들)을 대상

으로 한 토양입경 분석결과, 줄 군락지의 토양은 90%이상이 0.075mm의 체를 통과하는 실트이며 선버들 군락지의 토양은 D50이 0.5mm로 구성되어 있어 줄 군락지에 비하여 토양입자가 약간 큰 곳에 버드나무류 군락이 형성되어 있는 것으로 분석되었다.

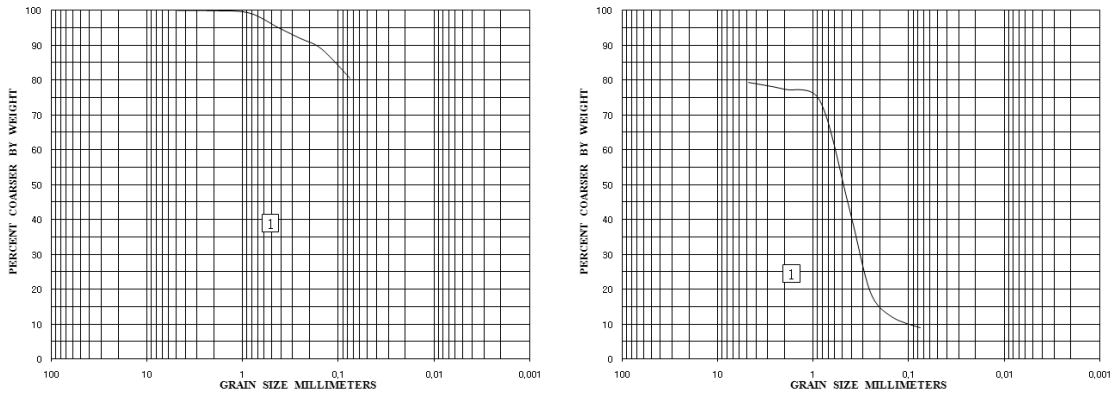


그림 4. 토양분석 결과(좌:줄군락, 우:선버드나무류 군락)

하천에서 식생이 입지한 장소가 홍수와 증수와 같은 하천의 자연적 교란을 얼마나 받고 있는 장소인가를 입증하는 결정적인 단서로서 하천에서의 토양단면 조사분석은 식생의 정착 및 입지조건 중 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 본 장항습지의

경우, 토층의 역전현상이 나타나고 있는 것으로 보아 장항습지가 조위의 영향도 받지만 상대적으로 하천의 영향을 더욱 크게 받아 형성된 습지임을 입증하는 결과이다.

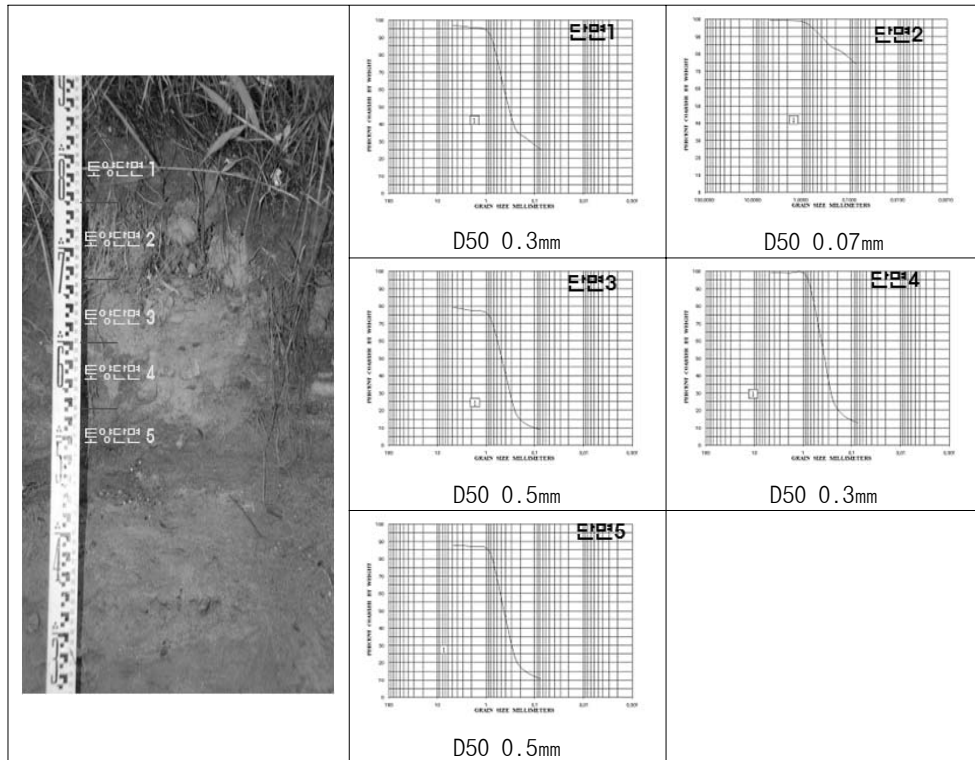


그림 5. 토층단면도와 단면별 토양입경 분석결과

2) 장항습지 토양의 화학적 특성 분석

별로 지역적인 차이는 있을 수 있으나 질소전량은 하천쪽 보다는 제방쪽에서 다소 높게 나타났다.

장항습지 토양의 화학적 분석 결과, 각 식생군락

표 3. 장항습지의 식생군락별 토양의 물리/화학적 특성 비교

구분	식생	함수량 (%)	유기물 (%)	pH	전기 전도도 (uS/cm)	전질소량 (mg/kg)	유효 인산 (mg/kg)	염도 (%)	치환성양이온 (cmol/kg)				Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Pb (mg/kg)
									K	Ca	Mg	Na			
상류	줄	21.8	2.6	6.51	315	602	19	0.1	0.27	2.94	1.62	0.42	185.	8.4	8.4
	갈대	18.8	1.8	6.88	234	1330	42	0.3	0.32	5.48	1.56	0.41	266	19.0	13.7
	선버들	17.8	1.4	7.03	164	1358	53	0.4	0.34	5.71	1.50	0.47	247	23.1	12.1
중류	줄	20.5	1.5	6.89	236	700	29	0.3	0.25	3.83	1.38	0.43	233	9.9	10.5
	갈대	17.9	1.5	6.65	202	938	35	0.3	0.29	4.73	1.66	0.50	201	10.2	11.3
	선버들	18.0	1.5	6.32	241	784	33	0.3	0.34	4.40	1.91	0.60	239	8.9	9.0
하류	줄	24.8	1.7	6.52	310	630	21	0.2	0.30	2.92	2.07	0.57	144	7.3	9.6
	갈대	18.3	1.1	6.67	167	294	9	혼적	0.15	1.40	0.47	0.11	53	2.9	4.0
	선버들	15.7	1.5	6.84	113	868	9	0.3	0.26	4.48	2.09	0.74	233	14.2	10.6

기수역으로서 염분농도가 각 식생에 미치는 영향을 보기 위하여 분석한 결과, 식생군락별 염분농도의 차이는 매우 미약한 것으로 나타났으며, 염분농도가 물가쪽보다 제방쪽에서 상대적으로 높은 수치가 나타나는 경향을 보였다. 이는 조위의 영향을 받아 염분이 높아졌다가도 썰물시 강물에 의하여 염분이 씻겨 내려감으로 인하여 나타난 현상으로 판단된다. 또한, 중금속의 경우는 상하류 및 각 식생군락별 커다란 경향을 나타내지는 않았다.

3) 장항습지의 하천지형별 식생군락분포

장항습지의 하천횡단측량을 통하여 기수의 영향을 가장 강하게 받고 있는 한강본류쪽으로 줄군락이 대상형태로 군락을 형성하고 있으며, 지형이 조금 높아지는 그 뒤편으로 갈대군락, 그리고 보다 높은 지형에는 선버들 군락이 위치하고 있는 것으로 조사되었다.

그 중 가장 큰 군락을 이루고 있는 선버들 군락은 장항습지 수변부에서 제방쪽 약 50m 안쪽에서 시작하여 약 150-350m 폭의 군락을 형성하고 있으며, 조위의 영향은 크게 받지 않는 지형적으로 다소 높은 곳에 위치하고 있는 것으로 조사되었다.

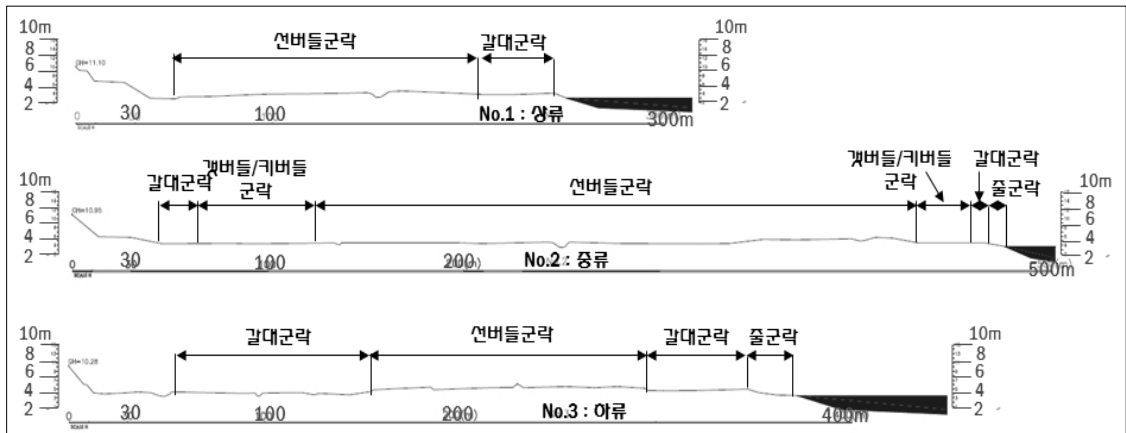


그림 6. 장항습지의 하천 횡단지형과 식생군락 분포특성

4) 장항습지의 지하수위 분석

하천식생의 성립에 커다란 영향을 미치는 지하수위는 하천지형과도 매우 밀접한 관계를 맺고 있는 것으로 조사되었는데, 선버들 군락의 경우 다소 높은 곳에 위치하고 있기 때문에 약 75cm를 굴착하였으나 지하수위를 파악하기 어려웠다.

반면 수변부에 가장 가깝게 위치한 줄군락은 조위의 영향을 크게 받는 곳에 위치하고 있으며 간조시 지표면에서 약 70cm 하부에서, 그리고 줄군락보다는 다소 높은 곳에 위치한 갈대군락

의 경우는 약 1m 20cm 하부에서 지하수가 검출되었다. 그러나 지하수위와 식생과의 관계에 대해서는 보다 많은 자료수집과 장기적인 모니터링을 통한 정량적인 분석이 필요한 것으로 판단된다.

3.3 장항습지의 수목 특성분석

장항습지에는 갯버들(*Salix gracilistyla* Miq.), 키버들(*Salix purpurea* var. *japonica*), 선버들이

분포하고 있는데, 그 중 대부분 선버들이 우점하고 있는 것으로 보고되고 있다(환경부 2009). 전체적인 분포역별로는 상류부와 하류부에서는 전체적으로 선버들이 우세하고 중류부의 경우는 물가 및 제방쪽으로는 갯버들과 키버들이 우세하였지만 내부쪽으로는 선버들이 우점하고 있는 것으로 파악되었다.

또한, 장항습지 내에서의 벌채 및 산림훼손이 불가능하였기에 선버들 고사목과 멧그루의 표본목을 대상으로 연륜을 분석 하였는데, 흉고직경이 약 6cm 인 것이 6-9년 정도, 흉고직경이 약 9cm 인 것은 13-16년 정도의 연륜을 나타내었다.

장항습지의 선버들을 대상으로 한 평균수고 및 흉고직경 분석 결과, 중류부(현 장항IC 농경지 직 하류)에서 수고 및 평균흉고직경이 상대적으로 크게 나타났다. 따라서 장항습지의 중류부에서부터

가장 먼저 목본이 정착하였으며 습지 중·상류로 목본군락의 분포 범위가 확산되어 간 것으로 판단 되었다. 다만 중류역인 장항IC 부근의 대규모 인위적인 교란(농경지 조성)으로 인하여 그 부근에서의 식생정착과정을 유추할 수는 없었다.

표 4. 장항습지 선버들의 평균수고 및 흉고직경

	평균수고(m)	평균흉고직경(cm)
습지 상류부	10.59	12.56
습지 중류부	11.96	16.00
습지 하류부	11.47	12.45

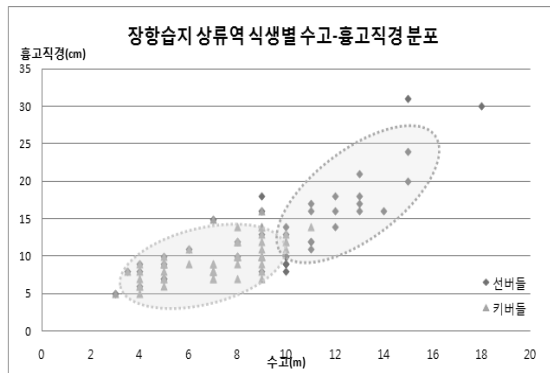
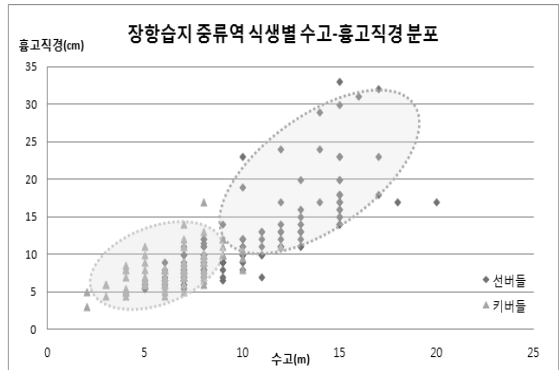
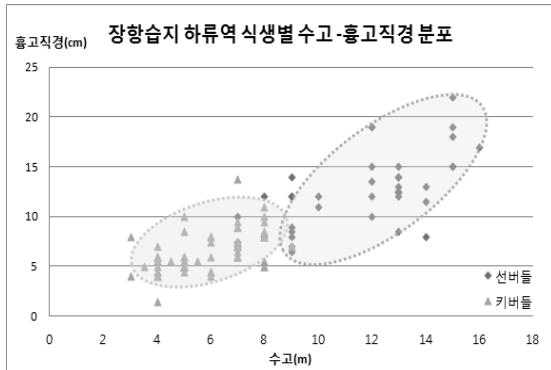


그림 7. 장항습지 구역별 식생별 수고-흉고직경 분포

4. 결론 및 시사점

본 연구에서는 1986년에 신곡 수중보가 건설됨으로써 그 하류의 수리적 환경 등의 여건 변화로 사주의 변화가 급격히 진행된 한강의 장항습지를 대상으로 하였다. 본 장항습지의 공간적 변화 추이와 물리·생태적 특성을 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 항공사진을 분석한 결과 신곡 수중보가 설치된 1986년 직후와 비교하여 장항습지의 사주면적은 1985년과 비교하여 2006년도에는 6배 정도로 습지가 확장되었으며, 구간별로는 A 구간에서 약 3배, B구간에서 약 9배 증가하였고, 사주면적이 증가함에 따라 식생면적도 증가하는 것으로 분석되었다.
- 2) 2006년도까지의 사주면적 분석결과, 장항습지는 지속적으로 김포쪽으로 확장되고 있는 추세로, 인위적인 교란이 없다면 장항습지는 더욱 성장할 가능성이 있는 것으로 판단되었다.
- 3) 식생별 활착비율을 살펴본 결과 갈대군락은 점차 감소하는 반면에 선버들 군락은 증가한 것으로 판단되며, 수제부에 형성된 줄군락은 다음세대의 식생으로의 친이, 사주의 확장, 하도유역화 및 수림화 진행에 기여하고 있는 것으로 판단된다.
- 4) 토양 및 토층분석 결과, 장항습지가 조위의 영향도 받지만 토층의 역전현상이 나타나고 있는 것으로 보아 상대적으로 하천의 영향을 더욱 크게 받고 있는 것으로 판단되었다.
- 5) 장항습지는 기수역으로 염분농도가 각 식생에 미치는 영향은 없지는 않으나 식생군락별 염분농도의 차이는 매우 미약한 것으로 나타났으며, 염분농도가 물가쪽보다 제방쪽에서 상대적으로 높은 수치가 나타나는 경향을 보였다.
- 6) 평균수고와 흉고직경 분석 및 연륜분석을 통하여 장항습지의 중류역에서 부터 가장

먼저 목본이 정착하였으며 습지 상하류로 목본군락이 확산되어 간 것으로 유추되었다.

현재 장항습지는 군사보호구역으로 설정되어 있어 정밀하고 활발한 조사를 시행하기에는 많은 제약조건들이 따르지만, 장항습지에서 보다 세밀한 구역조사(하도내 유사공급 및 퇴적현황 등)가 장기적으로 이루어진다면 사주내 식생의 정착과정을 보다 정밀하게 유추 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 수중보가 건설됨으로써 그 하류의 수리적 환경 등의 여건 변화로 사주의 변화가 급격히 진행된 한강의 장항습지를 대상으로 하여 하구습지의 공간적 변화 추이와 습지의 물리·생태적 특성을 분석하기 위한 기초적 연구로서 향후, 보다 정밀한 하천미지형분석 및 토성분석 등 물리적 특성분석과 더불어 수리적 특성을 연계한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업”의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

1. 길혜경, 김동건, 정상우, 신일권, 조강현, 우효섭, 배연재. 2007. 경기도 경안천에서 소형 보(洑)의 철거 이후에 변화된 저서성 대형무척추동물 군집, 한국환경생물학회지, Vol.25, No.4, pp.385-393
2. 김건홍, 최계운. 2010. 한강하구의 매립 및 준설에 따른 수리학적 영향검토. 인천지역환경기술개발센터. pp.1-252
3. 백경오. 2009. 한강하구 개발에 따른 흐름 및 하상변동 고찰. 경기개발연구원. pp. 1-155
4. 안홍규. 2001. 토양의 물리적 특성 및 수분조건에 따른 하반식물의 분포 -토양환경과 식생과의 관계를 중심으로-, 한국조경학회지 28(5): 39-47

5. 안홍규, 김시내, 우효섭. 2011. 보 철거를 통한 하천생물이동통로의 생태적 복원. 환경영향평가학회 Vol.21, No.1, pp.171-184
6. 염정현, 한봉호, 이경재. 2010. 대규모 습지의 Ramsar Site 지정 가능성 검토 및 관리방안 연구. 환경생태학회지 Vol.24, No.3. pp.249-257
7. 이삼희, 황승룡. 2006. 한강하구 장항습지의 형성과정, 건설기술정보. pp.17-22
8. 이삼희, 옥기영, 최정권. 2008. 층적하천 사행 하도에 발달한 사주에서의 식생형성과정에 관한 연구, 한국환경생태학회지 22(6):658-665
9. 이양주. 2008. 장항습지의 위상과 한강하구의 활용검토. 경기개발연구원 CEO report No.7. pp.1-24
10. 최미경, 이삼희, 최정권. 2010. 탄천 하도사주의 지형 형성과정과 식생분포 연구. 한국조경학회지 37(6). pp.96-105
11. 한국건설기술연구원. 2002. 한강하류부 하상 변동분석 연구
12. 한동욱, 유재원, 유영한, 이은주, 박상규. 2010. 한강하구 장항습지의 선버들의 지상부 1차 생산성과 말뚝계의 2차 생산성. Korea J. Limnol. Vol.43, No.2. pp.298-306
13. 해양수산부. 2008. 한강하구습지 염분구배에 따른 대형저서동물과 공생미생물의 분포과악 및 유전자원 확보 보고서. 인하대학교. pp.1-127
14. 환경부. 2009. 한강하구 습지보호지역 모니터링 결과보고서, 한강유역환경청. pp. 69-79
15. 환경부. 2004. “기능을 상실한 보 철거를 통한 하천 생물이동통로 및 수질개선효과 연구” 최종보고서, 한국건설기술연구원. pp. 179-228
16. 환경부. 2010. “한강하구 하상변화 평가모형 및 습지복원기법개발” 1차년도 연차보고서, 한국건설기술연구원. pp. 78-95
17. Paula D. Pratolongo, Jason R. Kirby, Andrew Plater, Mark M. Brinson. 2009. Temperate Coastal Wetlands : Morphology, Sediment Processes, and Plant Communities. Coastal wetlands-An integrated ecosystem approach-. ELSEVIER. pp. 89-118
18. Wolanski, E.. 2009. "Coastal Wetlands", Elsevier B.V. pp.1-62
19. 楠田哲也, 山本晃一. 2008. 河川気水域-その環境特性と生態系の保全-再生-. 東京: 技報堂出版. pp. 5-30
20. 藤田光一, 李參熙, 渡辺敏, 塚原隆夫, 山本晃一, 望月達也, 2003, 扇状地礫床河道における安定植生域消長の機構とシミュレーション土木学会論文集 No.747, pp.41-60

- 논문접수일 : 2012년 03월 19일
- 심사의뢰일 : 2012년 03월 19일
- 심사완료일 : 2012년 05월 29일