

한강 하구 습지복원을 위한 장항습지의 공간 특성 분석

Spatial Characteristics Analysis for Estuary Wetlands Restoration

-Case study for Jang-Hang wetlands-

안홍규¹⁾, 김시내²⁾, 정상준³⁾, 이삼희⁴⁾

Hogn Kyu Ahn, Si Nae Kim, Sang Jun Chung, Sam Hee Lee

I. 서론

하천의 담수와 바다의 해수가 교차되고 혼합되는 기수역(汽水域)은 하천의 종횡단 방향으로 수질·하안·저질 재료 및 미지형이 변화하는 환경변화가 매우 큰 공간으로 이러한 환경의 질적 차이에 의하여 생물 서식처가 달라지는 특수한 공간이다.

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.

그러나 국내의 경우, 중대하천 하구인 연안하천 구역은 하도정비를 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/삼교천 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.

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 판단된다. 특히, 한강 하구는 황해로 유입하는 대하천 중에서 유일하게 하구 독이 없어 자연하구로서 가치가 매우 큰 곳으로, 황해안은 조석 간만의 차이가 크기로 세계적으로 유명하며, 한강 하구 역시 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 규모 또는 상당하여 팔당댐 하류의 설계홍수량은 37,000 m³/s에 달하는 곳이기도 하다.

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

1) 정희원. 한국건설기술연구원 하천해안연구실·수석연구원 E-mail : ahnhk@kict.re.kr

2) 비희원. 한국건설기술연구원 하천해안연구실·연구원 E-mail : ksn@kict.re.kr

3) 정희원. 한국건설기술연구원 하천해안연구실·연구원 E-mail : jsj@kict.re.kr

4) 정희원. 한국건설기술연구원 하천해안연구실·연구위원 E-mail : samhee.lee@kict.re.kr

II. 연구 방법 및 범위

1. 연구 대상지

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

2. 장항습지 공간적 특성분석

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 파악하고자 하였으며, 이러한 경년변화 추이를 파악함으로써 향후 사주 및 식생의 확장 경향을 분석하였다.

2) 장항습지 식생활착 비율 분석

1985년도 사주가 형성되기 이전의 것을 제외한 1995년도, 2000년도, 2006년도를 대상으로, 사주면적을 구적계를 이용하여 산출한 것을 바탕으로 A, B 두 구간에서의 전체 식생이 차지하고 있는 면적을 산출하여 사주면적 대비 식생면적을 분석하였다.

3) 식생별 활착비율 분석

장항습지의 대표 식생이라고 할 수 있는 선버들, 갈대, 줄을 군락단위로 세분하여 각 식생이 차지하고 있는 면적을 환산하여 장항습지내 경년별 식생분포 변화를 분석하였다.

3. 장항습지의 물리적 특성분석

1) 토양입경분석

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

2) 지하수위 측정

장항습지에서의 대표식생(줄/선버들)을 선정하고 각 식생을 대상으로 간조시를 기점으로 1m 깊이의 토양을 굴착하여 그곳에서 지하수위를 측정하였다.

4. 장항습지의 생태적 특성분석

장항습지를 상류/중류/하류역으로 구분하고 각각의 지점에서 목본류(키버들과 선버들)를 대상으로 수고와 흉고직경(DBH)을 조사하여 식생 정착과정을 추론하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 장항습지 사주 면적 변화 분석

장항습지 사주면적은 신곡 수중보가 설치된 1986년도 이후에 장항습지의 면적이 급격히

증가하였음을 알 수 있다. 이러한 사주면적의 증가추이는 구간 A에 비해 구간 B에서 급격하게 증가하는 양상을 보이고 있으며, A 구간은 1985~1995년 사이에 사주면적이 약 3배 이상 증가하는 양상을 보여 이 기간에 신곡수중보의 설치에 따른 영향으로 판단된다.

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

또한, 본 분석에서 장항습지의 상류역보다 하류역의 사주면적 증가율이 높았음을 알 수 있다.

표 1. 연도별 장항습지 사주면적 변화

(단위:km²)

구간		연도			
		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	0.753	1.723	1.964

사주면적 증가율

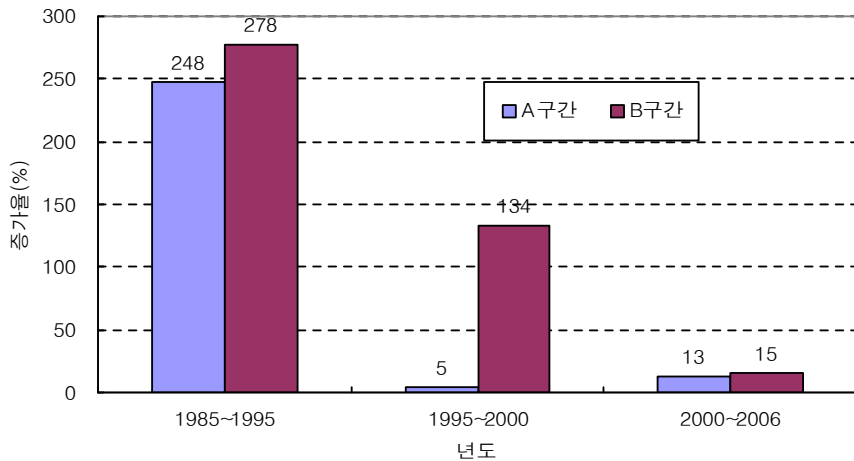


그림 1. 장항습지의 구간별 사주면적 증가율

2. 장항습지 식생활착 비율 분석

1995년도 분석결과 A 구간에서는 아래 표에서 보는 바와 같이 총 사주면적 대비 식생이 차지하고 있는 면적은 약 33.5%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

2000년도 분석에서는 A 구간에서는 1995년도에 비하여 사주면적이 약간 증가되었고 식생면적은 오히려 약간 감소하는 추세(총 사주면적 대비 식생이 차지하고 있는 면적은 약 31.1%)를 보이고 있다. 또한 1995년도 항공사진이 결핍되었던 B 구간에서의 총 사주면적 대비 식생이 차지하고 있는 면적은 약 40.6%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

2006년도 분석에서는 AB, 두 구간이 모두 사주면적이 증가되고 있는 것으로 분석되었으며, 총 사주면적 대비 식생이 차지하고 있는 면적도 각각 증가하고 있는 것으로 분석되었는데, 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.

표 2. 장항습지의 경년별 사주면적 대비 식생면적(단위:km²)

		1995년도	2000년도	2006년도
A구간	사주면적	0.753	0.788	0.887
	식생면적	0.252	0.245	0.444
B구간	사주면적	-	0.935	1.077
	식생면적	-	0.38	0.595

3) 식생별 활착비율 분석

A구간에서의 버드나무 군락은 1995년과 2000년도를 비교하면 1995년도의 11배, 2000년도와 2006년도를 비교하면 2000년도의 1.8배, 1995년대비 2006년도의 식생활착 면적은 약 20배가 증가한 것으로 분석되었고, 갈대군락은 1995년과 2000년도를 비교하면 1995년도의 6.2배에 해당하는 면적이 감소하였으며, 2000년도와 2006년도를 비교하면 2000년도의 1.6배가 증가되었다. 1995년대비 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 증가된 것으로 분석되었다.

A구간의 식생 군락의 변화추이는 전체 식생사주면적이 감소한 원인도 있으며, 또한 갈대군락이 축소되고 그곳에 선버들군락이 증가한 것으로 판단되었다.

특히 B구간 수제부에 형성된 줄 군락은 다음세대의 식생으로의 천이, 사주의 확장, 하도 육역화 및 수림화 진행에 기여하고 있는 것으로 판단된다.

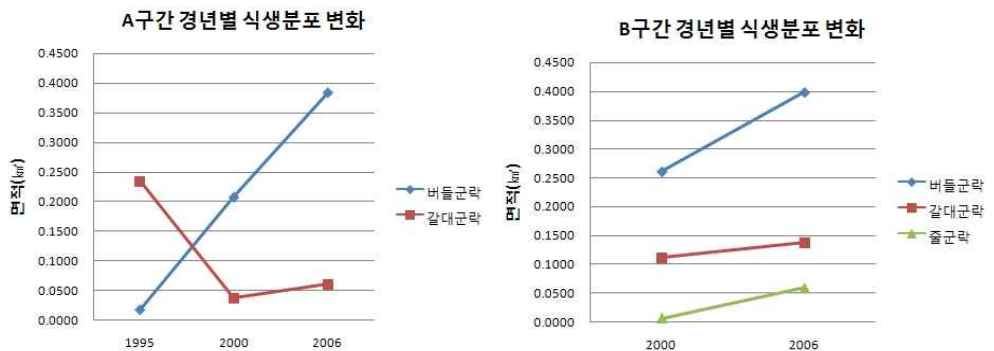


그림 2. 경년별 식생분포 변화

3. 장항습지의 물리적 특성분석

1) 토양입경분석

줄 균락지의 토양은 90%이상이 0.075mm의 체를 통과하는 실트가 대부분으로 구성되어 있으며, 선버들의 토양은 D50이 0.5m로 줄 균락지에 비하여 입자가 약간 큰 곳에 균락을 형성하고 있는 것으로 분석되었다.

특히, 줄균락지와 선버들 균락지 중간위치의 임의의 장소의 단면을 절개한 조사에서는 토층이 다양하게 나타나고 있는 것으로 조사되었는데, 이는 장항습지가 조위의 영향도 받지만 상대적으로 하천의 영향을 더욱 크게 받아 토사의 역전현상이 나타나고 있는 것으로 판단되었다.

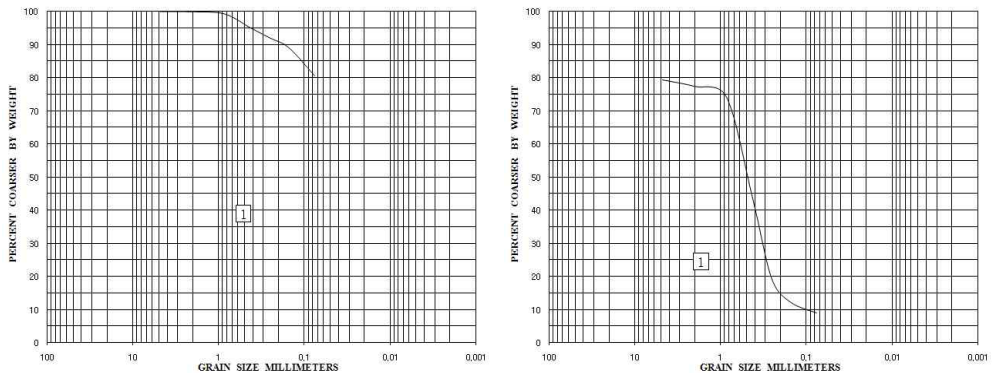


그림 3. 토양분석 결과(좌:줄균락, 우:선버들균락)

2) 지하수위 분석

선버들 균락은 한강하구 사주 수변부에서 제방쪽 약 50m 안쪽에서 시작하여 약 150m 폭의 균락을 형성하고 있으며, 조위의 영향은 크게 받지 않는 곳에 위치하고 있다. 지하수위는 약 75cm를 굴착하였으나 지하수위를 파악하기 어려웠다.

반면 줄균락은 수변부에 가장 가깝게 위치한 균락으로 조위의 영향을 크게 받는 곳에 위치하고 있으며, 지표면에서 약 70cm 하부에서 지하수가 검출되었는데, 보다 장기적인 모니터링이 필요한 것으로 판단되었다.



그림 4. 대상식생별 지하수위 조사(좌:줄균락, 우:선버들균락)

4. 장항습지의 생태적 특성분석

장항습지 하류부에서는 키버들이 더 우세한 것으로 파악되었지만, 중류부의 경우는 식생대가 형성되어있는 물가와 제방쪽으로는 갯버들과 키버들이 우세하였지만, 내부쪽으로는 선버들이 우점하고 있는 것으로 파악되었다.

또한, 장항습지 내에서의 벌채가 불가능하였기에 선버들 고사목 10여그루를 대상으로 연륜을 분석 하였는데, 흉고직경이 약 6cm 인 것이 6-9년 정도, 흉고직경이 약 9cm 인 것은 13-16년 정도의 연륜을 나타내었다.

따라서 평균수고와 흉고직경 분석 및 연륜분석을 통하여 장항습지의 중류역에서부터 가장 먼저 목본이 정착하였으며 습지 상하류로 목본군락이 확산되어 간 것으로 판단되었다.

표 3. 장항습지의 평균수고 및 흉고직경

	평균수고(m)		평균흉고직경(cm)	
	키버들	선버들	키버들	선버들
습지 상류부	7.20	11.96	9.65	16.00
습지 중류부	6.55	10.59	8.04	12.56
습지 하류부	5.85	11.56	6.48	12.45

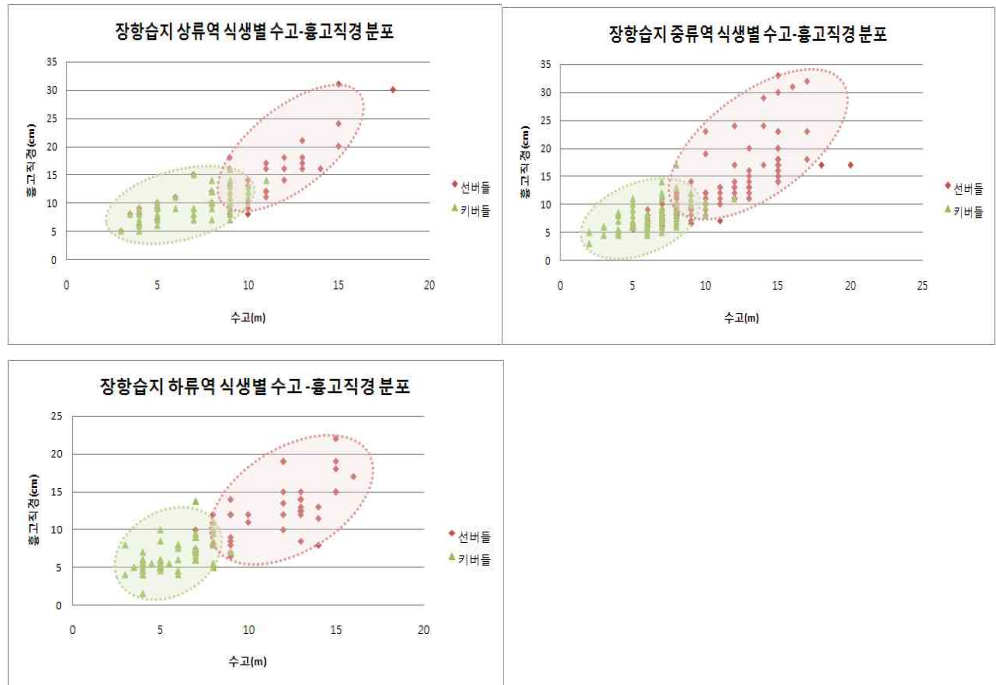


그림 5. 장항습지의 식생별 수고-흉고직경 분포

IV. 결론 및 시사점

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

- 1) 항공사진을 분석한 결과 신곡 수중보가 설치된 1986년 직후와 비교하여 장항습지의 사주면적이 A 구간에서는 약 3배, B구간에서는 약 9배 증가함을 알 수 있었으며, 사주면적이 증가함에 따라 식생면적도 증가하는 것으로 분석되었다.
- 2) 식생별 활착비율을 살펴본 결과 갈대군락은 점차 감소하는 반면에 선버들 군락은 증가한 것으로 판단되며, 수제부에 형성된 줄 군락은 다음세대의 식생으로의 천이, 사주의 확장, 하도육역화 및 수립화 진행에 기여하고 있는 것으로 판단된다.
- 3) 장항습지가 조위의 영향도 받지만 상대적으로 하천의 영향을 더욱 크게 받아 토사의 역전현상이 나타나고 있는 것으로 판단되었다.
- 4) 평균수고와 흉고직경 분석 및 연륜분석을 통하여 장항습지의 중류역에서부터 가장 먼저 목본이 정착하였으며 습지 상하류로 목본군락이 확산되어 간 것으로 판단되었다.

현재 장항습지는 군사보호구역으로 설정되어 있어 정밀하고 활발한 조사를 시행하기에는 많은 제약조건들이 따르지만, 장항습지에서 보다 세밀한 구역조사가 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 장항습지와 산남습지를 대상으로 하여 하구습지의 공간적 변화 추이와 습지의 물리·생태적 특성을 분석하기 위한 기초적 연구로서 향후, 하천미지형분석 및 토성분석 등 물리적 특성분석과 더불어 수리적 특성을 연계한 연구를 수행할 계획에 있다.

감사의 글

본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발 사업”의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

인용문헌

1. 환경부(2010) “한강하구 하상변화 평가모형 및 습지복원기법개발” 1차년도 연차보고서, 한국건설기술연구원
2. 안홍규(2001) 토양의 물리적 특성 및 수분조건에 따른 하반식물의 분포 -토양환경과 식생과의 관계를 중심으로-, 한국조경학회지 28(5):39-47
3. 楠田哲也(2008) 河川氣水域-その環境特性と生態系の保全・再生-. 東京: 技報堂出版.