

탄천 하도사주의 지형 형성과정과 식생분포 연구[†]

최미경* · 이삼희* · 최정권**

*한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 · **경원대학교 조경학과

A Study of the Geomorphological Process and Vegetation Distribution of Sand-bars on the Tan-cheon River

Choi, Mi-Kyoung* · Lee, Sam-Hee* · Choi, Jung-Kwon**

*Dept. of Water Resources and Environment, The Korean Institute of Construction Technology

**Dept. of Landscape Architecture, Kyungwon University

ABSTRACT

This study identified the dynamic process of sandbar and vegetation distribution of the sandbar on the Tan-cheon River. The study area is located in the lower reaches of the Tan-cheon River that has been managed as an Ecosystem Reserve Area since 2002. For the study, the geomorphological process was analyzed through mapping analysis using a satellite image followed by analysis of the vegetation distribution through an on-site survey.

The major findings were as follows :

First, In the fluvial geomorphic process, various kinds of sandbars were developed in 1990s, the morphologic characteristics changing continuously.

Second, In the distribution of vegetation on the sandbar, the sandbar shore was covered with bare sand substrate or intermittent annual vegetation because of the periodic fluctuation of the water-level due to intensive disturbances.

Third, In the relationship between the sandbar formation and vegetation, four types of sandbars were classified: channel-shore stable bar, channel-shore unstable bar, mid-channel stable bar and mid-channel unstable bar, according to the fluvial disturbance & vegetation process.

The study verifies that the vegetation distribution is reciprocally related to the geomorphological process. Accordingly, it is meaningful in the selection of plant species and the planting area of the sand bar. However, it is limited to the planting guidelines on river restoration projects. More diverse on-site experimental studies should be conducted.

Key Words: Disturbance, Riparian Vegetation, Spatial and Temporal Scale, Adaptive Management

국문초록

본 연구는 하천 경관요소 중에서 비교적 단시간에 걸쳐 변화하는 사주 지형과 식생 분포의 역동적 형성과정을 밝히기 위해 수행되었으며, 연구 대상 하천은 2002년 이후 생태계보전지역으로 관리되고 있는 탄천 하류부 구간이다. 이를 위해서

[†]: 이 논문은 경원대학교 2008년도 연구비 지원과 환경부 2009년도 Eco-Star 연구지원에 의해 이루어졌음.

Corresponding author: Jung-Kwon Choi, Dept. of Landscape Architecture, Kyungwon University, Seongnam 461-701, Korea, Tel.: +82-31-750-5285, E-mail: choijk@kyungwon.ac.kr

사주지형의 변화는 항공사진과 경관사진을 통해 그 형성과정을 파악하고 현재 사주 지형 위에 형성된 식생의 분포를 현장조사를 통해 분석하였다.

분석한 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 1980년대 후반에 직강화 되었던 하도 내에서 1990년대에 들어 사주의 발달이 현저하여 다양한 형태의 사주가 형성되었고 이는 지속적으로 변화하였다. 초기에 사주가 형성되고 시간이 경과함에 따라, 하도 내 흐름 특성에 따라 사주의 면적과 높이가 변하였다.

둘째, 식생의 분포에 있어서는 물과 접촉 빈도가 높은 하안부는 교란의 정도가 심하기 때문에 무식생 상태이거나, 간헐적인 식생이 분포하여 피도가 낮게 나타났으며, 고수부지 쪽으로 형성된 사주에는 목본류나 정수식물군락이 활착되면서 식생 피도가 높게 나타나 안정식생역을 형성하였다.

셋째, 사주와 식생형성과정의 관계는 사주의 형태와 식생의 안정성 여부에 따라 저수로변 사주, 불안정 식생 저수로변 사주, 안정식생 하중주 그리고 불안정식생 하중주 4가지 유형으로 나타났다.

본 연구를 통해 밝힌 하도 내 사주와 하천식생의 형성과정에 있어서의 상호관계는 모래하상의 하천부지에서 식물종이나 식재위치 선정에 유용할 것이나, 하천생태계 복원을 위한 실행사업의 식재 지침으로 활용되기 위해서는 다양한 특성을 지닌 하천에 대한 보다 폭 넓은 사례연구가 뒷받침되어야 할 것이다.

주제어: 교란, 하천변 식생, 시공간적 척도, 적응관리

1. 서론

충적하천은 흐르는 물과 하상재료인 유사(流砂)와의 상호작용에 의해 지속적으로 그 형태가 변화해 간다(이삼희 등, 2008; Rosgen, 1996). 또한 하상재료와 식생의 상호관계에 있어서도 역동적 형성과정을 보인다(전승훈 등, 1999). 특히 도시하천의 경우, 유역 내 토지이용의 변화, 하천 주변시가지 개발에 따른 하도의 직강화 등의 인위적인 교란요인이 보태어지면서 하천경관의 변화과정이 가속되어진다(山本晃一, 1994). 또한 도시화에 따른 유황(流況)의 변화로 자연상태에서 평형을 이루면서 이동하던 사주의 물리적인 형태가 바뀌고, 하도내 식생역의 확장을 유발하게 되는 경우가 있다(이삼희 등, 1999). 동시에 평형하상을 이루던 이동상 하도에서 식생역의 확장은 불안정한 하상변동의 원인이 되기도 한다(Shimatani, 2004; Katai et al., 2006). 도시하천에서 발생하는 이러한 현상은 하천에서의 재해관리뿐만 아니라, 하천 생태계에서 생물서식처의 형성과정에 비중을 두는 적응관리에 중요한 고려사항이 되고 있다(小倉紀雄과 山本晃一, 2005; 최미경, 2006).

본 연구의 대상하천인 탄천 하류부 구간은 생태적 역동성과 다양성이 높아 하천관리자인 서울시에 의해 2002년부터 생태계경관보전지역으로 지정·관리되고 있다. 생태계경관보전지역으로 지정된 이후에 환경생태 특성을 고려한 생태적 관리계획(한봉호 등, 2004), 하천생태계의 적응관리를 위한 생태계 모니터링(서울특별시, 2004; 서울특별시, 2007)이 시행되었다. 그러나 생태적 관리계획과 2004년과 2007년에 시행된 두 차례 생태계 모니터링으로 생물상의 종명세(Species List)와 변화과정은

파악하였으나, 생물종의 서식기반환경이 되는 사주의 변화나 이동에 관해서는 체계적인 조사 및 연구가 진행되지 못한 실정이다. 주로 고수부지를 서식지로 하는 생물상조사에 중점을 두었고, 모래톱이라고 불리는 사주에 대한 식생형성의 구조적 관계를 파악하기 위한 조사연구는 미진하였다. 이에 본 연구에서는 하천생태계의 구조적 특성인 역동적 변화를 유발하는 하천의 흐름(Katsuhiko et al., 2006)과 흐름에 의해 형성되는 하도내 사주지형과 식생의 변화과정을 파악하고자 하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 대상지 개황

연구 대상하천인 탄천은 수도권 동남부 일대의 유역에 형성된 하천으로 하류구간에서 양재천과 합류하여 한강에 유입되는 지방하천이다.

탄천수계에서 본 연구의 대상이 되는 구간은 성남시와 서울시 경계부에서 양재천 합류부까지의 6.7km에 달하는 탄천 하류부에 해당한다(그림 1 참조). 이 하천구간은 저수로 내부에 인공구조물이 설치되어 있지 않아 하도 내 자연지형으로서 사주의 발달이 현저하여 물새의 서식처로 보전가치가 높아 2002년 4월 서울특별시가 생태계보전지역으로 지정·고시하였다. 이후 자연환경법 개정으로 2006년 1월부터 생태계·경관보전지역으로 변경하였다. 중점조사구간은 특히 다양한 형태의 사주가 발달하고 있는 탄천교~탄천1교 1.85km 구간으로 하였다(그림 2 참조).

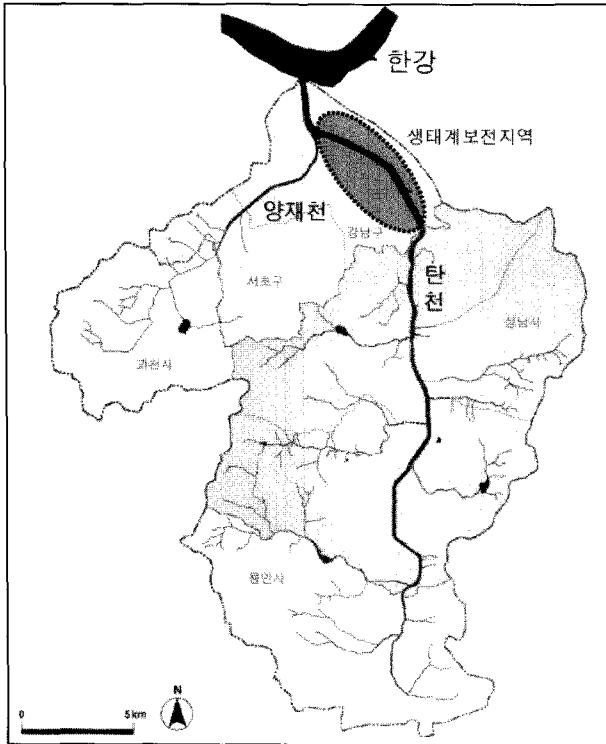


그림 1. 탄천유역과 수계도
 범례: 유역경계, 시경계, 구경계
 자료: 강남구, 2004: 6

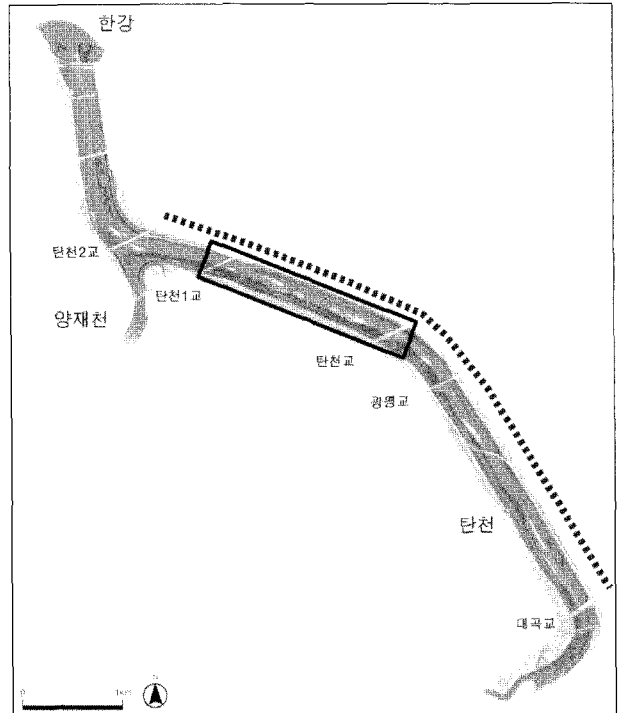


그림 2. 연구대상 하천과 중점조사구간
 범례: 연구대상 하천 6.7km, 중점조사구간 1.85km
 자료: 강남구, 2004: 6

2. 조사 및 연구 방법

1) 하도의 형성과정 분석

도시하천에서 하도 변화는 시가지의 발달과정과 밀접하게 관련되어 있다. 연구대상하천에 인접한 시가지인 송파구와 강남구의 개발시기인 1970년대와 1980년대 그리고 현재에 이르기까지의 하도변화과정을 파악하였다. 지형도상에 나타난 연대별 하도형상의 비교를 통하여 거시적 측면에서의 하도형성과정을 비교하면서 현재 하도의 형성 이력을 전반적으로 이해하고자 하였다.

초기 하도의 기준선은 대규모 인공교란이 발생하기 이전인 1920년대로 설정하였고, 조선총독부에서 간행한 1:50,000 지형도에서, 이후 1970년, 1980년, 1990년대의 하도는 국립지리원에서 간행된 1:25,000 지형도에서 하도의 선형을 추출하였다. 그리고 현재의 하도형상은 2002년 하천정비기본계획 수립 당시에 측량한 1:1,000 실측지도를 활용하였다.

2) 하도 내 사주의 형성과정 분석

하도 내에서 발생하는 미지형으로서 사주의 미시적 형성과정은 인위적인 교란요인을 배제하고 가장 영향력이 큰 흐름영역(fluvial regime)인 강우량과 수문자료를 참고하였다. 강우량은 국가수자원관리 종합정보시스템(<http://www.wamis.go.kr>)에서 대곡교 지점의 연도별, 월별 자료를 활용하였으며, 수문자



그림 3. 항공사진으로 본 탄천, 양재천 합류부
 자료: 필자촬영

료는 하천정비기본계획의 하도특성 자료를 이용하였다.

그리고 사주의 변화과정은 연도별 항공사진과 위성사진을 참고하였다. 사주의 평면 형상의 비교를 위해서는 1:1,000 스케일의 실측도를 활용하였으며, 대상구간의 경관 촬영을 통해 보다 상세한 현장조건을 반영하였다.

3) 식생구조 분석

사주의 식생분포는 2006년 10월 홍수 이후 1:1,000 현황측량도를 바탕으로 하여 현지 식생조사 결과를 분석하였다.

탄천내 사주의 경우, 일부 구간을 제외하면 층별구분이 없는

단층 구조를 이루고 있고, 식생이 전무한 무식생 모래사주를 구분하는 것도 중요하기 때문에 일반적으로 활용하는 브라운-브랑케 (Braun-Blanquet) 방법(김중원과 이윤걸, 2006)과는 달리, 피도분류를 단순화 시켜 나지를 포함하여 6단계로 분류하였다. 피도의 등급은 피복도가 0%이면 나지, 0~20%면 1등급, 20~40%는 2등급, 40~60%는 3등급, 60~80%는 4등급, 80~100%를 5등급으로 구분하여 각각의 면적을 산출하였다.

식물군집은 우점종을 기준으로 분류하였고, 조사구간 전지역을 대상으로 현존식생도(actual vegetation map)를 작성하였다. 현존식생도와 식생피도는 도면을 25m²의 격자로 나누어 정리하였으며, 하천천이 단계별로 나타나는 식생에 따른 분류(일년생 초본, 다년생 초본, 목본류)를 별도의 도면에 구분하였다

하천 단면은 가능한 많은 식생이 분포하는 장소를 선택하여 트랜섹트(transect)를 설치하여, 트랜섹트를 따라서 나타나는 식생을 구분하고, 각 식물군집에서 출현종을 조사하였다.

년대의 탄천 하류부에는 넓은 충적평야에 사행하도가 형성되어 있었다. 탄천과 양재천의 합류부에서 한강합류부가 중첩되면서 잠실 일대에는 넓은 하중주가 형성되어 있었으나, 1971년 잠실섬 북쪽의 한강 줄기를 확장하여 오늘날의 한강 물줄기로 통합하면서 섬의 남쪽으로 흐르는 한강 물줄기를 막아버리고, 공유수면을 모두 매립하여 지금의 잠실 일대의 시가지가 개발되었다. 이후 1980년대에 이르러 탄천변으로 강남구의 개포 토지구획사업, 송파구의 가락 토지구획사업과 함께 하천의 고수제방이 직선형으로 축조되면서 탄천 하류부의 하도는 직강화되어졌고, 사행하도의 만곡부는 유수지와 하수처리장 등으로 변형되었다(그림 4 참조). 뿐만 아니라 1987년 하천정비기본계획에 따라 전반적인 하천정비사업이 진행되면서 하천내 유수구간인 저수로도 직선형으로 정비되고, 양안의 저수호안이 설치되었다(강남구, 2004).

이후 1990년대에 이르러 양재천 복원사업이 진행되면서 하천생태계의 중요성을 인식하게 되었다. 이에 따라 인접한 하천인 탄천에 대한 인위적인 교란을 최소화하면서 생태계 보전사업을 진행하여 저수로 주변으로는 자연적인 회복과정으로 초기사주의 형성과 함께 저수로의 완만한 사행이 비롯되었다. 이후에는 직강화된 하도의 한계 내에서 유수의 에너지에 의해 침식과 퇴적이 반복되면서 저수로 내부에서의 사행화가 점진적으

III. 분석 결과 및 고찰

1. 하도의 거시적 형성과정 분석

도시개발에 따른 대규모 하천교란이 발생하기 이전인 1920

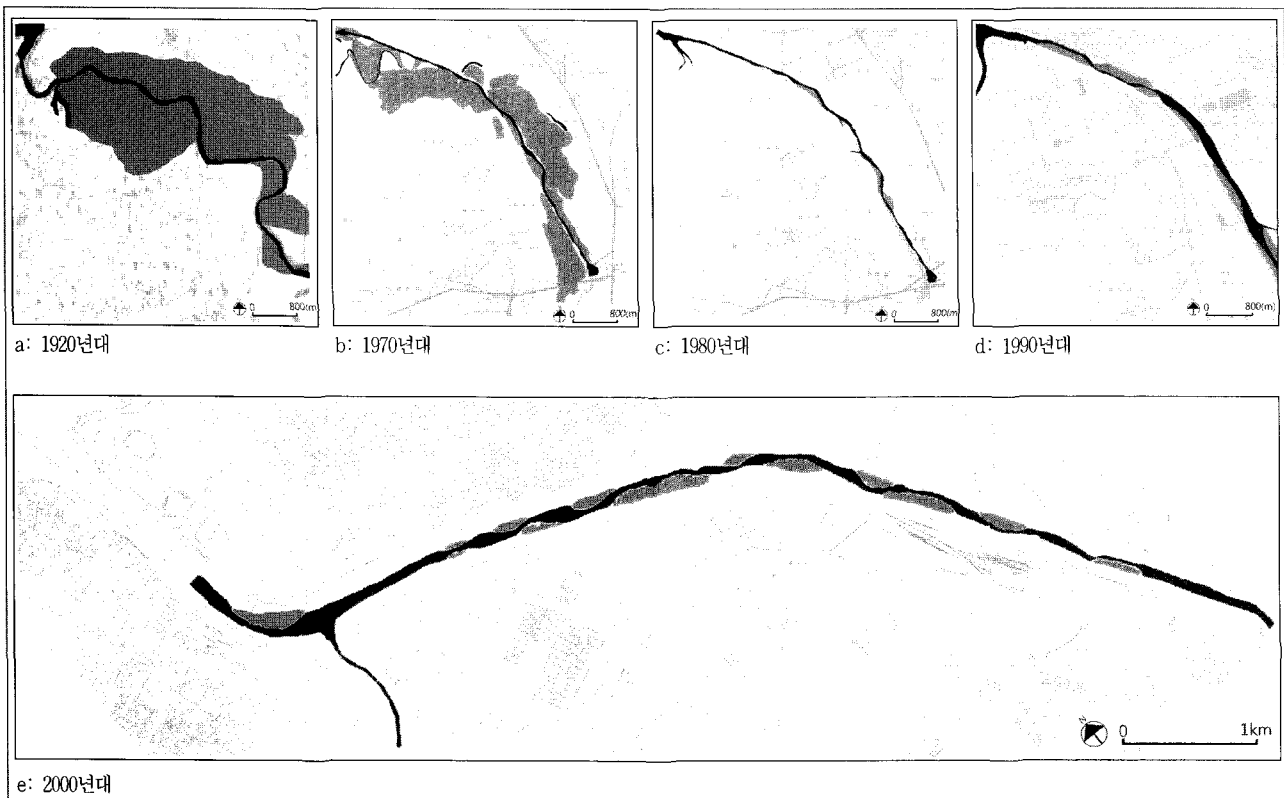


그림 4. 연대별 지형도 분석을 통한 하도변화과정
 자료: <http://www.ngii.go.kr>

로 진행되고 있다.

직장화된 도시하천에서도 자연의 회복력에 의해 사행하천으로 되돌아가려는 특성을 보이기 때문에(서울대학교 지리교육학과, 2004) 유량이나 하상경사에 따라 사행규모가 변화되고, 유량이 많고, 하상경사가 커질수록 사행의 파장이나 진폭이 커진다. 또한 유입부의 입사각이 클수록 사행도도 커지고, 일정한 형태를 갖는 하도에서 유사 공급이 많을수록 사행이 발달하며 그 규모 또한 증대되는 현상을 보이고 있다.

2. 구간 내 하도특성

1) 하상경사 및 수심

하상경사는 하천중단방향으로 형성된 하천바닥면의 기울기로서 하천의 침식과 퇴적에 영향을 미치며 하상미지형으로서 사주의 형성과정에 직접적인 요인이 된다. 연구대상 하천구간에서 하상경사의 변화를 살펴보면 상류부인 대곡교에서 광평교까지의 구간에서는 1/840의 경사를 보이고 있다. 중하류구간인 탄천교에서 탄천2교에 이르는 구간은 1/1,310에서 1/2,100의 하상경사를 이루어 상류구간에 비해 상대적으로 유사의 퇴적이 활발하게 이루어짐을 알 수 있다(표 1 참조). 퇴적된 하상재료는 모래 위주로 구성됨을 알 수 있다. 수심은 하류구간으로 갈수록 점차 깊어지게 되면서 저수로변으로 사주형성을 촉진시키고 있다.

2) 하폭과 저수로폭

동일하천수계의 일정구간에서 하폭과 저수로폭의 변화에 따라 퇴적지형의 형성과 함께 하상재료의 대표 입경이 달리 나타난다.

상류구간인 대곡교에서 광평교까지의 구간은 하폭이 225m에서 233 m로, 하류구간인 탄천교에서 양재천 합류부인 탄천2교까지는 하폭이 235m에서 374m, 저수로폭은 90m에서 149m에 이르기까지 대폭 넓어지면서 사주지형의 형성이 촉진되었다. 특히 양재천 합류부인 탄천2교 구간에서는 대규모 하중주를 형성하게 되었다. 하상재료의 대표입경은 하상경사가 상대적으로 급한 상류구간은 0.80cm에서 0.84cm로 가는 자갈과 굵은

표 1. 측정별 하상경사와 수심

구간	하상경사	수심(m)
대곡교~고속도로교	1/840	0.79~0.88
고속도로교~광평교		0.88~1.06
광평교~탄천교	1/1,310	1.24
탄천교~탄천1교		1.27
탄천1교~탄천2교		1.26

자료: 강남구, 2004: 118

표 2. 하도 특성

측점	하폭(m)	저수로폭(m)	대표입경(cm)
대곡교	225.0	56.2	0.80
양재천 합류점	240.0	88.7	0.90
고속도로교 하류	223.2	64.5	1.00
광평교 상류	236.6	69.5	0.84
탄천교-광평교	232.8	88.1	0.68
탄천1교	235.2	68.1	0.40
탄천2교	374.7	149.0	0.12

자료: 강남구, 2004: 117

모래의 혼합사이며, 하상경사가 완만한 하류 구간은 굵은 모래에서 가는 모래의 혼합사로 구성되어 있다.

3) 강우량

집중호우나 태풍으로 인해 홍수가 발생하면 상류에서부터 내려오는 토사의 양이 급격하게 증가하고, 저수로뿐만 아니라, 하도 내 전 구간을 흐르면서 퇴적과 세굴로 인해 사주지형 형성에 크게 영향을 미친다.

수자원관리 종합정보시스템에서 제공되는 탄천의 강우량을 1990년대 이후 현재까지 연도별, 월별로 살펴보면 1995년, 1998년에는 여름철 집중호우로 인해 강우량이 크게 증가한 것을 볼 수 있다(그림 5 참조). 연도별 사주형태(그림 6 참조)와 비교하여 살펴보면, 1990년대 초반에 형성되어진 사주지형은 1995년 집중호우 이후 1997년에는 현재의 모습과 유사한 교호사주가 형성되었으며, 1998년 집중호우 이후 2002년에는 사주의 위치가 눈에 띄게 하류로 이동하였다는 것을 알 수 있다.

2006년, 2009년에도 비교적 규모가 큰 집중호우가 있었으나, 사주의 변화는 과거에 비해 그다지 크게 나타나지 않는다.

강우량과 홍수기, 비홍수기의 반복은 초기 사주의 발달과 변화에 있어서는 크게 영향을 미치지지만, 이미 형성된 사주에서는 다소 영향력이 작아진다는 것을 알 수 있다.

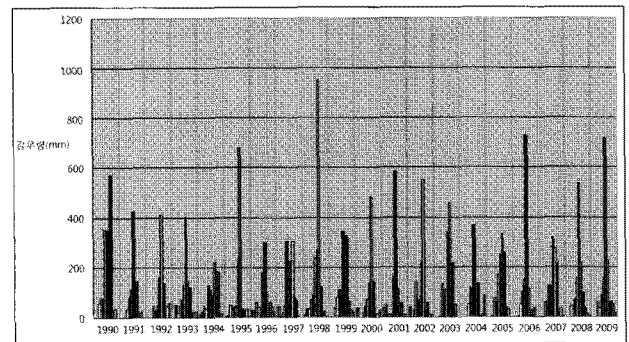


그림 5. 20년간 집중호우 및 강우량 비교

자료: <http://www.wamis.go.kr>

3. 사주지형 변화

1) 사주와 유수역의 면적 변화

전체구간에 대해 1992년, 1997년, 2002년, 2006년 항공사진을 통한 사주면적을 산출한 결과를 살펴보면, 1992년 28,404m²에서 1997년 135,746m²으로 대폭 증가하였고, 이후에는 2009년에 이르기까지 점진적으로 증가하였다. 저수로면적 대비 사주 면적비는 1992년 4.5%에서 1997년 21.5%에 이르고 2009년에는 31.8%에 달한다. 저수로내에서 사주면적이 증가함에 따라 상대적으로 유수역의 면적은 감소해왔음을 알 수 있다. 1997년의 사주면적 증가는 1995년의 유출 증가에 따른 활발한 유사 이송량의 변화에 기인한 것으로 여겨진다.

유수역의 면적은 1992년 601,765m²에서 2009년 417,776m²로 점차 감소해 가고 있다(표 3 참조). 저수로내의 사주면적이 증가함에 따라 상대적으로 유수역의 면적이 감소하게 되면서 유수역에 있어 다양한 수심과 유속의 변화를 유발하게 되므로 다양한 생태적 기반환경을 형성하게 되었음을 알 수 있었다.

2) 중점구간 사주 형태 변화

사주의 미시적 형성과정을 중점적으로 조사한 탄천교~탄천1교 구간에는 호안을 따라 형성된 교호사주와 교호사주가 분리되어 분절된 하중주가 다양한 형태로 발달하고 있다.

본 구간은 보와 낙차공과 같은 하천 횡단구조물이 없으며, 하상경사는 점차 낮아지고 소류력이 작기 때문에 퇴적지향의 사주 형성에 유리하고, 하도폭이 넓기 때문에 교호사주나 하중주가 다양한 형태로 발달하기에 용이한 조건을 갖추고 있다(그림 6 참조).

1992년 이후 사주가 형성되기 시작하면서 1997년에는 현재의 사주형태를 갖추게 되고, 2002년에는 규모가 커진 교호사주가 분리되면서 교호사주와 하중주가 동일한 구간 내에 형성되었다.

1997년에 형성된 사주에 비해서 2002년도의 사주는 훨씬 길고 폭이 넓게 분포하여 사주의 위치 또한 하류로 이동한 것을 확인할 수 있다. 직선하도에서 형성된 사주는 하류로 이동하고, 동시에 소와 여울의 위치도 변한다는 것(未次忠可, 2005)을 확인할 수 있었다.

표 3. 년도별 사주와 유수역의 면적 비교

면적 \ 연도	1992년	1997년	2002년	2006년	2009년
저수로 면적(m ²)	630,169	630,169	630,169	630,169	630,169
사주면적(m ²)	28,404	135,746	168,043	194,086	200,750
사주면적/저수로비(%)	4.5	21.5	26.6	30.7	31.8
유수역면적(m ²)	601,765	494,423	462,126	436,083	429,419

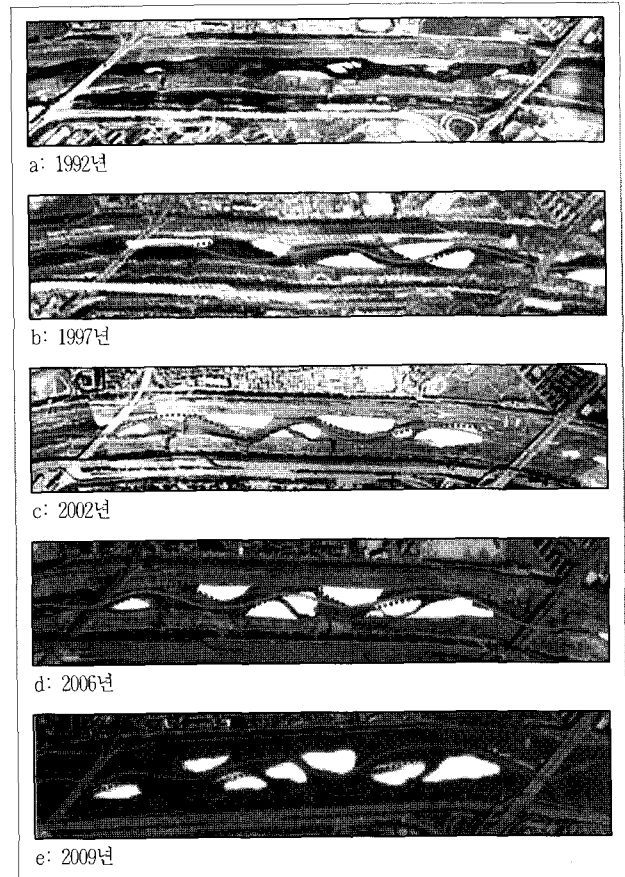


그림 6. 탄천교~탄천1교 사주형태 및 유심선 변화
자료: 小倉紀雄, 2005: 114

2002년 이전에는 집중호우와 상류 도시개발로 인한 유사 공급으로 사주의 발달과 이동이 활발히 진행되었으나, 이미 생성된 사주는 2002년 이후 크게 이동하지는 않지만, 넓은 저수로 폭이나 낮은 하상경사로 인해 사주의 크기나 형태가 조금씩 변화되어지고 있는 것으로 판단된다.

앞으로 탄천생태계·경관보전지역의 사주는 유량과 하도 특성에 따라 교호사주와 같은 이동성 사주는 점차 하류로 이동하고 폭이 점차 커지는 교호사주나 하중주는 유수의 저항에 의해 분열되거나, 일부가 소멸되면서 일정한 구간 안에서 사주의 면적은 점차 증가하고, 사주 개수의 변화가 나타날 것으로 예상되어진다.

4. 식생분포변화

1) 식생분포 면적 변화

2006년 홍수이후 9~10월의 식생분포를 살펴본 결과, 모래사주에서 식생이 활착하지 않은 무식생역의 면적비율은 전체의 22%이며, 무식생역은 주로 하안부에서 수면접촉 빈도가 높아 유사 이동과 퇴적이 빈번한 곳에 나타났다.

식생역에서도 피도 등급이 1~2등급의 낮은 식생 피도를 보

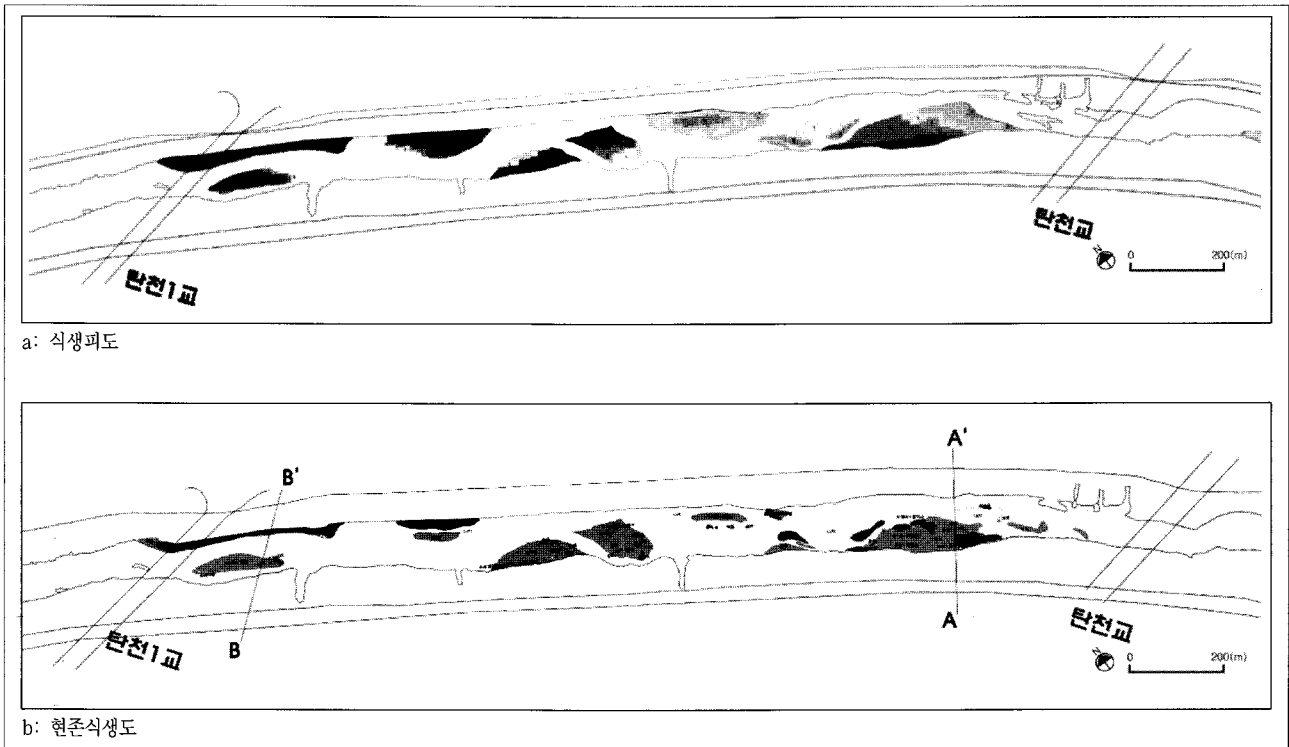


그림 7. 탄천교~탄천1교 식생피도 및 현존식생도

식생피도 범례: ■ 5등급: 80~100%, ■ 4등급: 60~80%, ■ 3등급: 40~60%, ■ 2등급: 20~40%, ■ 1등급: 0~20%, ■ 나지
 현존식생도 범례: ■ 목본류, ■ 다년생 초본류, ■ 일년생 초본류

이는 면적비율은 23.00%이며, 수변부의 무식생역에 연이어서 주로 나타나거나, 사주에서 수류가 직접적으로 영향을 받는 사주 상단부에서 흔히 볼 수 있었다(그림 7 참조).

식생 피도 3~5등급의 면적비율은 55.00%에 달하며, 고수부지에 가까운 곳이나 수류의 접촉이 빈번하지 않은 사주의 중하단부에 주로 분포한다(표 4 참조).

2) 중점구간 식생분포 분석

연구대상 하천에서 가장 다양한 형태의 사주가 발달한 탄천교~탄천1교구간의 사주면에 형성된 식생분포의 특성은 사주의 형태적 특성과 수류에 의한 교란 정도에 따라 달리 나타났다.

유사의 퇴적이 계속되는 조건에서 사주규모가 확장된 후 분절된 하중주와 수로변에 초기 생성된 수로변 사주에는 선구식물로서 주로 일년생 초본류가 낮은 피도로 분포하고 있으면서

표 4. 식생역, 무식생역 비율

구분	면적(m ²)	비율(%)	
무식생역	41,319	22.00	
식생역	피도1~2등급	40,625	23.00
	피도3~5등급	105,193	55.00

연중 홍수에 의한 수위변동으로 생성과 소멸이 반복되는 양상을 보인다. 반면에 사주면의 이동이 제한된 곡류사주¹⁾와 식생 피도가 높은 상태에서 퇴적이 가중되어 사주면의 지반고가 높아진 사주에는 다년생 정수식물군락이 높은 피도를 형성하며 상대적으로 안정적인 식생분포역을 이루고 있다.

하천중단면으로 보면 사주의 상단부면은 수류에 직접적으로 영향을 받아 피도가 전반적으로 낮게 나타나고 있으며, 활주사면²⁾의 하단부로 갈수록 점차 피도가 높아진다는 것을 알 수 있다. 고수부지와 연이어 있는 사주의 피도는 하중주에 비해 상대적으로 높게 나타난다.

넓은 면적으로 형성된 수로변 사주의 횡단면인 A-A' 단면을 보면 사주지형이 블록형이면 하안부에는 교란식물로서 일년생 초본류가 주로 분포하고, 교란빈도가 낮은 블록한 사주사면에는 다년생 초본류가 주로 분포하고 있다(그림 8 참조). 좁고 긴 형상의 수로변 사주와 소규모 하중주가 형성된 B-B' 횡단면은 하중주에는 일년생 초본류가 우점하고 있으며, 수로변 사주에는 수류에 의한 교란에 적응하는 달뿌리풀과 같은 다년생 초본류가 높은 피도로 우점하고 있다(그림 9 참조).

3) 식물군락별 분포역

본 연구와 하도 특성과 식생의 상관관계(이진원, 2000)에 따

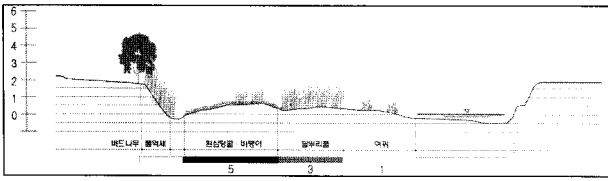


그림 8. 탄천교~탄천1교 A-A' 단면

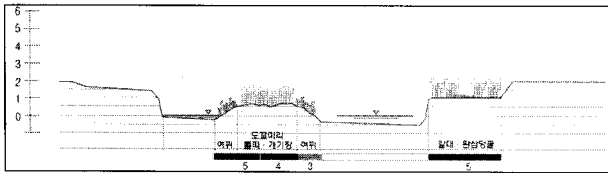


그림 9. 탄천교~탄천1교 B-B' 단면

르면, 하도 내 사주에 형성된 식물군락은 수류에 의한 교란 정도에 따라 분포역을 달리 함을 알 수 있었다. 주요 식물군락별로 교란정도를 나타내는 상시유량시 유수면을 형성하는 하안선에서의 거리와 사주면의 높이를 측정 표기하였다(그림 10 참조).

교목성 목본류인 버드나무는 하안선에서의 거리가 50.0m에서 55.0m지점에, 사주면의 높이는 1.8m에서 2.0m에 이르는 지점 분포역을 형성하였다. 관목성목본류인 갯버들은 하안선에서의 거리가 60m지점에 사주면의 높이가 0.5m에서 2.0m지점에 위치하였다. 목본류의 분포역은 안정적으로 활착하는데 오랜 시간을 요하기 때문에 비교적 교란을 적게 받는 하안선에서 이격되고 상대적으로 높은 지역에 형성되었다.

다년생 정수식물로서 갈대군락은 사주의 전면에 폭넓게 분포하고 있다. 그러나 수위변동이 심한 저수로변보다는 고수부지쪽으로 갈수록, 높이차가 높아질수록 많은 분포를 보인다. 본 구간에서 환삼덩굴과 함께 피도가 가장 높고, 넓은 면적을 차지하고 있다. 물억새군락은 모래사주에 활착한 경우를 제외하고는 주로 저수로변에서 20m 이상, 높이차도 1m 이상인 곳에서 생육하였다.

일년생 초본류이면서, 선구식물인 소리쟁이나 속속이풀군락은 하안선에 가장 가깝고 평수위와 유사한 사주높이를 이루어 근경부가 침수되거나 토양수분이 포화상태인 곳에 분포역을 형성하였다. 특히 속속이풀은 홍수 교란에 매우 민감하여 홍수에 의해 교란된 생육지에서 비홍수기에 기회적으로 생육지를 확보하는 회피형(조형진, 2004)이기 때문에 홍수 후에 가장 많이 볼 수 있으며, 홍수 이후 사주의 형태 변화나 형성기간 등을 유추하기에 적절한 식물군이다.

일년생 초본류는 불룩한 지형이나 고수부지에 가까운 쪽에 주로 분포하였다. 교란의 정도가 비교적 작은 곳, 하안부 다른 식물 군락의 가장자리에 자리잡고 있지만, 사주가 안정화 되어 감에 따라 일년생 초본류는 천이 과정을 통해 갈대나 물억새 등 정수식물군락으로 바뀌게 될 것으로 예상된다.

5. 식생분포에 따른 사주의 유형

하도 내 사주는 수류와 유사의 공급 정도에 따라 달라지며, 식생형성과정에 의해 그 유형을 달리 한다. 중점조사구간에 나타난 사주의 유형은 형태적 특성으로 저수로변 사주와 하중주로

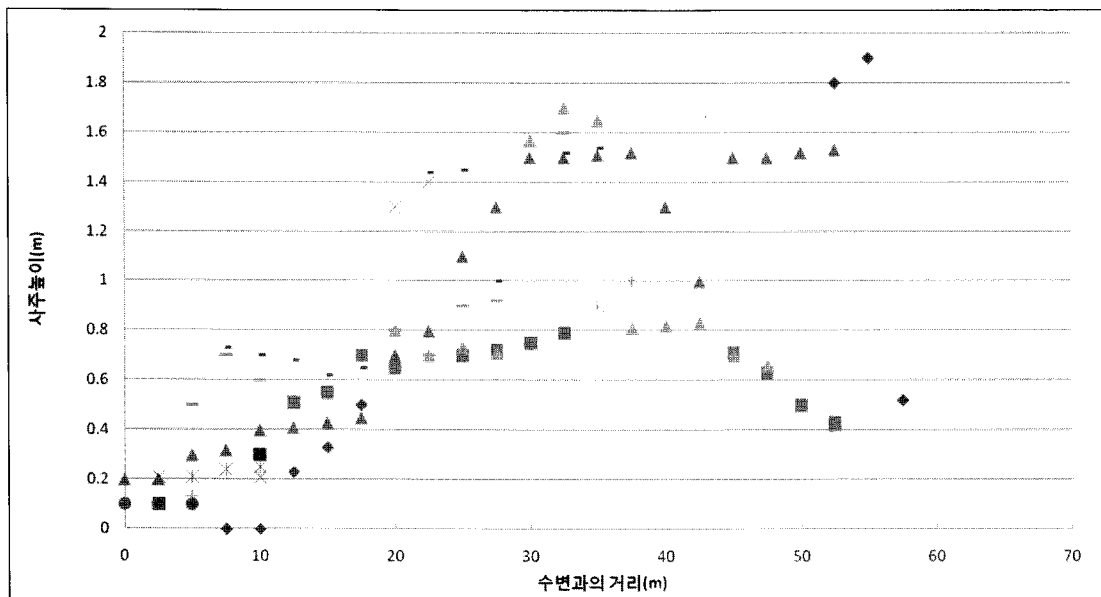


그림 10. 주요 식물군락의 분포역

범례: ◆ 버드나무, ■ 갯버들, ▲ 갈대(다), × 물억새(다), * 달뿌리풀(다), ● 소리쟁이(다), + 속속이풀(다), - 돌피, - 개기장, ◆ 여뀌(일), ■ 바랭이, ▲ 환삼덩굴(일)

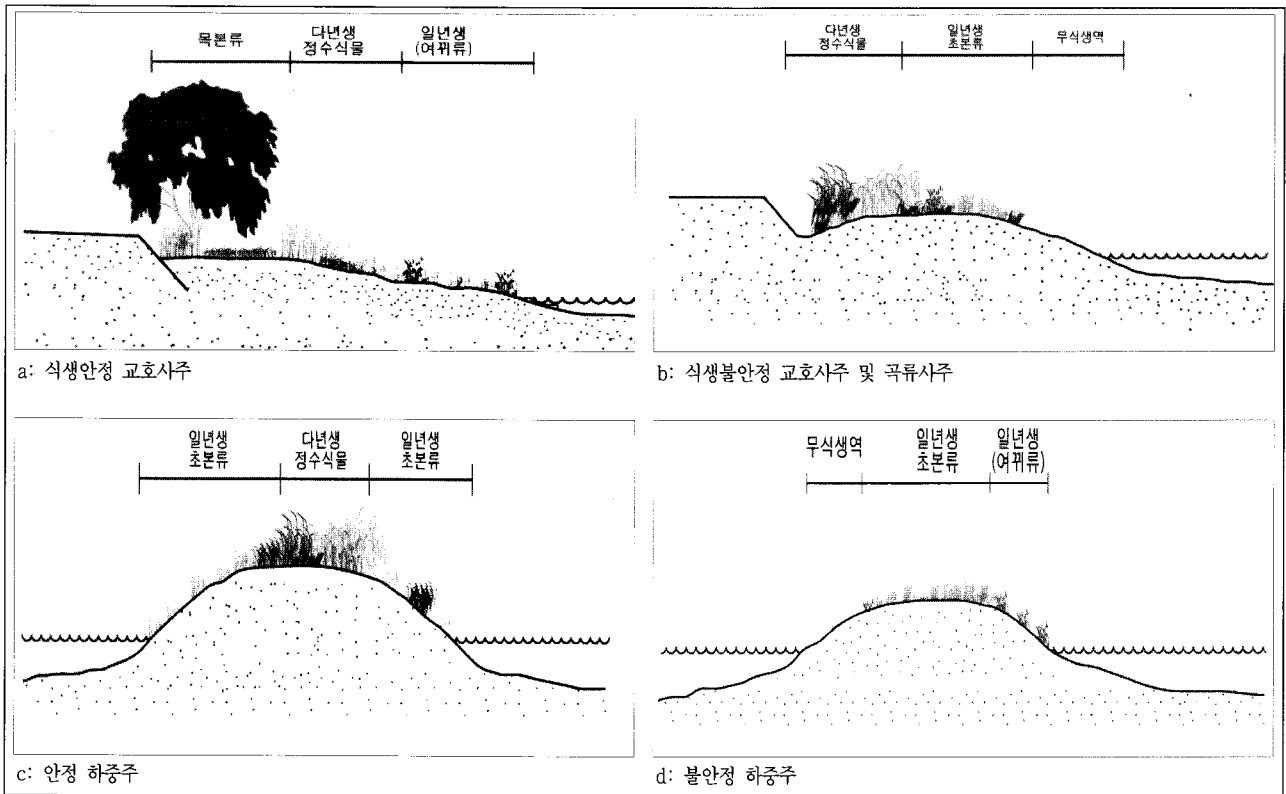


그림 11. 사주의 유형

구분되었으며, 식생역의 안정성 여부에 따라 세분되어 4가지 유형으로 구분해볼 수 있다.

식생안정화 수로변사주는 하도의 곡류부나 생성년도가 오래된 수로변에 형성되며, 비교적 그 규모가 크게 나타난다. 고수부지에 가까운 면으로 퇴적층이 높게 형성되어 버드나무와 같은 목본류가, 이어진 완사면으로 정수식물군락이 안정적으로 형성되며, 하안선에 가까운 면으로는 일년생 선구식물군락이 형성된다.

식생불안정 수로변 사주는 하도의 직류부와 수충부에 형성되며, 사주의 생성년도가 오래 되지 않아 사주의 형태는 대체로 좁고 긴 편이다. 주기적으로 수류에 의한 교란을 받게 되어 안정된 식물군락을 형성하지 못하고 식생피도도 낮은 편이다.

식생안정 하중주는 저수로폭이 넓거나 하상경사가 완만한 곳에 형성되며, 생성년도가 오래 되면 정수식물 위주의 안정된 군락을 형성하게 된다.

식생불안정 하중주는 좁고 긴 형상을 취하며 수류에 의한 교란이 빈번하고 생성년도가 오래 되지 않아 무식생상태를 보이거나 선구식물 위주의 낮은 식생피도를 형성하고 있다.

N. 결론

도시하천은 도시화 과정에서 다양한 형태로 교란이 발생하

는 생태계이다. 대표적인 생태적 교란으로는 하도의 직강화를 들 수 있으며, 하상지형이 직선화되면서 이에 악영향을 받아 하천생태계는 단순화되어진다. 한편, 유수에 의한 자연형성과정과 인위적인 하천복원이 진행되면 다양한 하천지형과 식생이 형성되고 이는 생태적 기반환경으로 기능하게 되면서 하천생태계의 다양성과 고유성을 증가시킨다. 본 연구의 대상인 탄천 하류부 구간은 1980년대의 도시화 과정에서 하도가 직강화되어 생태계가 교란되었다가 1990년대 이후의 형성과정을 통해 생태계가 재생된 대표적인 도시하천이다(서울특별시, 2004). 탄천의 하천생태계가 재생되면서 2002년부터 생태계경관보전지역으로 지정·관리되고 있으나, 생태적 기반환경을 이루는 하도 내 하상지형과 식생의 형성과정에 대해서는 체계적인 조사연구가 진행되지 못했다.

이에 본 연구에서는 하천생태계의 교란과 재생이 역동적으로 진행된 1980년대 이후의 하천지형과 식생의 변화과정을 분석함으로써 하천생태계 관리와 재생을 위한 기초자료를 마련하고자 하였다.

분석한 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 1987년도에 치수위주의 하천정비로 직강화 되었던 저수로 선형이 10~20년이 경과한 1990년도 후반, 2000년대에 이르러 유수에 의한 자연형성과정으로 사주가 형성되면서 완만한 사행하도 형태로 회복되었으며, 그 형태가 지속적으로 변화

해 가고 있음을 확인하였다.

둘째, 식생의 분포에 있어서는 물과 접촉 빈도가 높은 하안부는 교란의 정도가 심하기 때문에 무식생 상태이거나, 간헐적인 식생이 분포하여 피도가 낮게 나타났다. 안정된 사주일수록 고수부지쪽으로 갈수록 식생이 안정화 되어 목본류나 정수식물군락이 분포하면서 피도가 높게 나타났다.

셋째, 하도 내 사주는 수류와 유사의 공급 정도에 따라 달라지며 식생형성과정에 의해 그 유형을 달리한다. 중점조사구간에 나타난 사주의 유형은 형태적 특성으로 저수로변 사주와 하중주로 구분되었으며, 식생역의 안정성 여부에 따라 세분되어 4가지 유형으로 구분되었다. 특히 불안정 사주역은 수위변동이 발생하는 하천 구간의 하안부에 형성되는 고유한 환경적 특성을 나타내므로 하천생태계 적응관리에 유의해야 하는 구역이다.

본 연구에서 밝혀진 하도내 사주지형과 식생 형성과정에서의 특성은 하천생태계 복원계획과 복원실행 후 적응관리 방안을 작성하는데 유용할 것이다. 나아가 하천 생태복원 과정에 식물종과 식재위치 선정에 기초자료로도 활용될 수 있을 것이다. 하지만 모래하천인 탄천하류부에 국한된 사례연구이므로 하천복원 현장에 두루 적용할 수 있는 실행기준으로는 한계가 있으므로 하상재료를 달리하는 다양한 하천구간에 대한 사례연구가 후속적으로 수행되어야 할 것이다.

- 주 1. 곡류사주(曲流砂洲)는 경사가 완만하며 유로변경이 자유로운 넓은 범람원을 관류하는 구간에서 나타나는 하천지형요소로서 하천 양안에 침식과 퇴적이 반복되면 물굽이가 연속되면서 사행하도(蛇行河道)로 발전하게 된다.
- 주 2. 활주사면(滑走斜面)은 곡류하도의 내측에 형성되는 완만한 퇴적사면으로 느린 유속이 발생하며, 곡류부 외측에는 빠른유속의 공격사면(攻撃斜面)이 형성된다.

인용문헌

1. 강남구(2004) 탄천수질개선을 위한 종합계획 설계. 서울: 강남구.
2. 김종원, 이윤결(2006) 식물사회학적 식생 조사와 평가 방법. 월드사이언스.
3. 서울대학교 지리교육과(2004) 하천지형학 연구.
4. 서울특별시(2004) 탄천생태계보전지역 생태변화관찰 및 관리대책. 서울특별시.
5. 서울특별시(2007) 탄천 생태·경관보전지역 일반생태 변화관찰 및 관리대책 연구. 서울특별시.
6. 李參熙, 藤田光一, 山本晃一(1999) 자갈상 하도에서의 안정식생역 확대의 시나리오: 다마천 상류를 대상으로 한 사례분석, 일본토목학회 수공학논문집 43: 977-982.
7. 이삼희, 옥기영, 최정권(2008) 충적하천 사행하도에 발달한 사주에서의 식생형성과정에 관한 연구. 환경생태학회지 22(8): 659-660.
8. 이진원(2000) 하도 특성과 식생의 상관관계 분석. 한국건설기술연구원.
9. 전승훈, 현진이, 최정권(1999) 하천 미지형 및 하상지질에 따른 갯바들과 달뿌리풀 군락의 분포특성에 관한 연구. 한국조경학회지 27(2): 59.
10. 조형진(2004) 청미천에서 홍수 교란에 대한 하안식생의 반응. 인하대학교 대학원 석사학위논문.
11. 최미경(2006) 사주의 지형 형성과정과 식생분포에 관한 연구. 강원대학교 대학원 석사학위논문.
12. 한봉호, 김종엽, 홍석환(2004) 서울시 탄천 생태계 보전지역의 환경생태특성을 고려한 생태적 관리계획. 한국조경학회지 33(5): 84-101.
13. 末次忠可(2005) 河川の科學. ナツメ社.
14. 山本晃一(1994) 沖積河川學. 山海堂.
15. 小倉紀雄, 山本晃一(2005) 自然的攪亂・人為的攪亂と河川生態學. 技報堂出版.
16. Katai Taceshi, Tetsuya Sumi and Tetsoro Tsujimoto(2006) Interactions Among Geomorphology, Vegetation, Subsurface Flow And Chemistries On Functional Landscape In The River Kizu. Joint Seminar Between Korea and Japan On Ecology And Civil Engineering: 113-116.
17. Katsuhiko Onuma *et al.*(2006) Characteristics of the change of amount of flow caused by Dam Operation. Journal of River Techniques 12: 125-141.
18. Rosgen D.(1996) Applied River Morphology. Hilton Lee Silvey: 57-58
19. Thorne, Colin R., Richard D. Hey and Malcolm D. Newson(1997) Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. New York: John Wiley.
20. http://www.wamis.go.kr/WKW/RF_MNDDATA.ASPX?code=1018410

원 고 접 수 일: 2009년 12월 30일
 심 사 일: 2010년 1월 25일(1차)
 2010년 2월 3일(2차)
 계 재 확 정 일: 2010년 2월 8일
 3인익명 심사필