

제방 축조에 따른 하천공간 토지이용 변화에 관한 연구

신형섭¹, 홍 일*¹, 김지성¹, 김규호¹

¹한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 하천해안연구실

A Study on Variation of Land-use in River Area caused by Levee Construction

Hyoung Sub Shin¹, Il Hong^{1*}, Ji-Sung Kim¹ and Kyu Ho Kim¹

¹River and Coastal Research Division, Water Resources & Environmental Research Department,
Korea Institute of Construction Technology

요약 본 논문에서는 제방축조 전후 하천기능의 변화를 추정하기 위하여 하천 고유의 수문·지형학적 공간을 정의하고, GIS를 이용하여 하천공간을 산정하는 방법을 제안하였다. 하천공간의 경계는 제방에 의한 홍수범람 차단효과를 무시한 100년 빈도의 잠재최대 홍수범람범위로부터 결정하였고, 토지이용이 불명한 저수로변 나지를 대상으로 사행대 경계를 설정하였다. 이를 위하여 1918년 토지이용 수치지도를 제작하였고, 동일한 범례로 2007년 환경부 토지피복도를 변환하여 제방 축조 전후 토지이용 변화를 분석하였다. 분석 결과, 제방 축조 후 만경강 하천공간 내 취락지구는 0.4% 증가하였고, 농경지는 11.6% 증가하였으며, 나지는 10.0% 감소하여 기존 범람원이 토지의 생산성 측면에서 효율적으로 활용됨을 확인하였다. 현재의 하천구역 면적은 사행대 면적과 비슷하였으나, 상·하류 전 구간에서 면적이 감소한 것으로 나타나 생물서식처로서 하천 환경기능의 저하를 추정하였다.

Abstract This paper defines the hydro-geomorphological river area to estimate the change of the river function before/after levee construction, and proposes the methodology that calculates the river area by using GIS. The boundary of river area is determined by the 100-year potential flood inundation area without the levee effect of the flood protection. Firstly, 1918' land-use map was digitized and the changes were analyzed by comparing with 2007' digitized map. The result shows that urban/farmland zone in Mankyung river area were increased by 0.4%/11.6% and bare ground was decreased by 10.0% so that the effective use of floodplain due to levee construction led to better productivity, but the decrease of the environment function of the river was predicted as result of the reduction of the river area.

Key Words : Land-use, Levee construction, River Area, River Improvement

1. 서론

하천은 홍수를 바다로 안전하게 통과시키는 치수 기능, 갈수기에도 각종 용수를 안전하게 공급하는 이수 기능, 그 밖에 수질자정, 생태서식처 및 친수·경관 제공 등의 환경 기능을 가지고 있다. 그러나 1990년대 전까지 경제발전이 집중했던 국내 여건상 인간중심의 국토활용과

침수피해 방지를 위하여 이·치수 위주의 하천계획 수립이 불가피하였다[1]. 이에 따른 하도 직강화와 제방 축조는 하천공간 축소를 야기하였고, 다양한 하천구조물의 건설로부터 종·횡방향 생태연결성 단절이 발생하는 등 개수전보다 하천의 환경기능이 저하되었다. 따라서 지속가능한 하천관리 및 복원방향 설정을 위해서는 우선 제방 축조 이전 하천 고유의 공간을 정의하고, 정의된 공간

본 논문은 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(12기술혁신 C02)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Il Hong(KICT)

Tel: +82-31-910-0671 email: hongil93@kict.re.kr

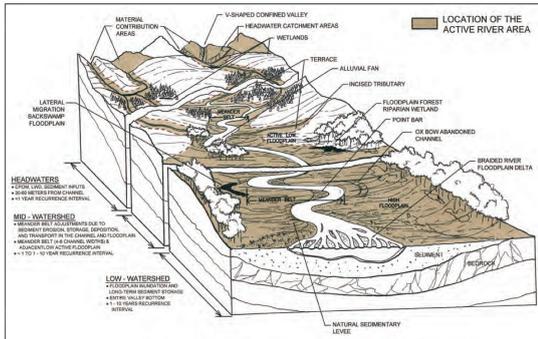
Received March 6, 2014

Revised March 31, 2014

Accepted April 10, 2014

을 대상으로 개수전후 하천의 기능을 비교·평가할 수 있는 기법이 필요하다.

국토 유지관리 및 사용 측면에서 「하천법」 제10조에 규정된 하천구역은 상황에 따라 약간의 차이가 있으나, 전반적으로 계획홍수량이 소통되는데 필요한 하쪽에 해당하는 토지를 의미한다. 한편 미국자연보전협회(TNC, The Nature Conservancy)가 제안한 활성하천공간(Active River Area)은 하천에 의해 형성되는 주요 지형 특성에 근거한 공간으로, 5가지 구성요소로 구분된다: 1) 물질기여지역(material contribution area), 2)사행대(meandering belt), 3)범람원(floodplain), 4) 하안단구(river terrace), 5) 수변 습지(riparian wetland)[2]. 이 가운데 하천수의 영향을 가장 적게 받는 하안단구는 홍수 시 일시적으로 침수되는 지형으로 약 20~100년 빈도 홍수의 범람원에 해당한다. 한편 국내 국가하천 대부분의 제방과 결정을 위한 계획빈도 또한 100년이므로 하천이 가진 치수(홍수 소통) 기능 측면의 하천공간은 거의 유사한 기준을 가지고 있음을 알 수 있다.



[Fig. 1] Definition of Active River Area[2]

Fig. 1의 하천공간 세부 구성요소는 하천과의 연계를 고려한 지형요소이며 이는 지형, 지질, 토지이용 자료 등을 이용한 GIS(Geographic Information System) 공간분석으로부터 구분 가능하다. Kim et al.[3]은 섬진강 지류인 경천을 대상으로 장기 모니터링을 수행하여 공간정보 자료를 수집하였고, 30m 간격으로 분할하여 각 구간마다 하천자연도를 평가하고 도식화하였으나, 제방축조 이전 하천고유 공간에 대한 분석을 수행하지는 못하였다. Hong et al.[4]은 만경강의 1918년 지형도 및 1967년, 1978년, 1989년, 2003년 항공사진을 이용하여 구하도 형성, 하도 중횡단 변화, 하도 내 미지형 변화 등을 조사함

으로써 사업 전부터 현재까지의 하천변화 이력을 분석하였으나, 저수로 하도 변화에 국한되어 하천공간에 대한 종합적 판단은 수행하지 않았다. 제방 축조 후 하천공간에서 가장 크게 영향을 받는 부분은 토지이용의 변화일 것이다. 이는 매년 홍수에 시달리던 상습침수 지역조차 제방으로 보호되어 안정적인 활용이 가능해지기 때문이다. Choi[5]은 도시내 토지이용 변화로부터 자연재해 취약성에 미치는 영향을 분석하였고, 이처럼 제방 축조 전후의 토지이용 변화를 정량적으로 분석함으로써 하천공간 기능 변화의 간접 추정이 가능할 것이다.

본 연구는 지속가능한 하천관리 방향을 설정하기 위한 기초연구로서, 하도 직강화 및 제방 축조 등 하천개수 이후 하천공간 토지이용 변화를 분석하는 것이 연구목적이다. 이를 위하여, 제방 축조 이전 하천 고유의 수문·지형학적 공간 설정 방안을 제안하였고, 제안된 공간 내에서 GIS를 이용하여 토지이용 변화를 정량적으로 분석하였다. 만경강을 대상으로 하천공간 내 토지이용 특성을 분석함으로써 제방 축조 전후 하천의 주된 기능을 추정하였고, 국토 이용의 효율성 극대화가 필요한 국내 실정을 반영하면서 하천의 다양한 기능을 최대한 발휘할 수 있는 하천공간 관리방안을 모색하였다.

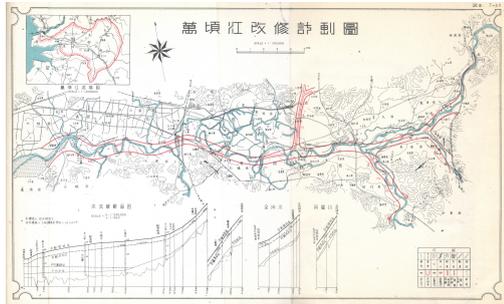
2. 대상구역 및 자료구축

2.1 만경강

대상구역의 분류 하천인 만경강은 원주군에서 발원하여 소양천, 전주천, 익산천 등의 지류를 포함하고 있으며, 유역면적 1,527.1 km², 유로연장 77.4 km, 유역평균폭 19.73 km의 유역 특성을 갖고 있다. 또한 유역형상계수는 0.255이며, 유역 면적에 비해 유로연장이 긴 형태를 하고 있다. 하상경사는 만경강 하류부 30 km 구간이 1/3,800, 중류부 50 km까지가 1/540, 상류부 구간이 1/120이며, 소양천과 전주천이 각각 1/360, 1/700 정도로서 만경강 분류 하류 구간을 제외한 대부분의 구간은 경사가 비교적 급하다. 유역면적의 42%가 농경지, 40.5%가 산림으로 이용되고 있어 토지이용 측면에서 하천 하류부 및 상류부가 명확히 구분되는 특성을 갖고 있다[6].

만경강 유역의 근대적인 하천개수 사업은 일제강점기인 1920~1940년대에 진행되었다. 만경강의 개수는 홍수 범람 방지를 위한 원활한 배수기능과 배후습지를 농업용

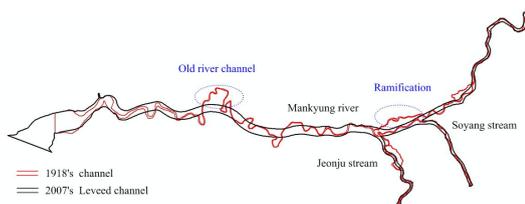
지로 확보하기 위하여 축제계획, 저수로 계획 및 기존유로의 직강화 등으로 추진되었다(Fig. 2).



[Fig. 2] Initial Mankyung River Improvement[6]

일제 강점기 이후 만경강 유역은 1976년에 처음 하천기본계획을 수립하였으며, 이를 1993년 및 2012년에 보완하였다. 만경강의 국가하천 구간연장은 하구 새만금사업에 따른 하천중심선 변경으로 1976년에 64 km, 1993년 54 km, 2012년 54.15 km 로 줄어들었으며, 현재 개수율은 요개수연장 109.53 km 중 92.54 km가 완성되어 개수율은 84.5%이다[6].

개수된 현재 만경강은 과거 사행하도 및 분기하도의 대부분이 직강화 되었고 상류와 중류에는 많은 횡단구조물이 설치되었다[Fig. 3]. 이로 인해 만경강의 하천공간은 구하도 및 하도습지의 형성, 농경지 및 취락시설의 증가 등 많은 변화가 발생하였다.

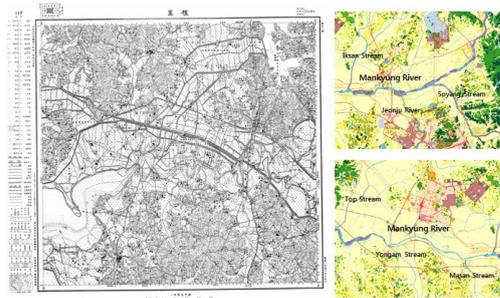


[Fig. 3] Improvement of Mankyung river (Present)

2.2 가용자료

본 연구는 하천공간의 토지이용 변화를 분석하기 위하여 만경강 유역의 근세 한국오만분지일지형도(1918년 지형도)와 환경부 토지피복도(중분류)를 기본 도면으로 사용하였다[Fig. 4]. 국내 지형자료 중 1914년~1918년에 제작된 근세한국오만분지일지형도는 국내 최초로 근대적인 지도제작방법에 의해 한반도의 모든 지역을 대상으로 동일한 축척으로 제작되었고, 근대적인 의미의 토목

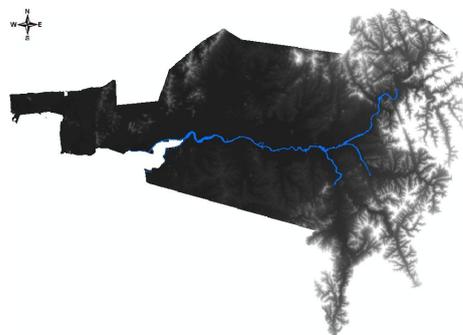
공사가 시작되기 이전에 제작되어 조선 후기의 한반도 모습이 반영되었다는 점에서 매우 중요하다고 할 수 있다[7]. 특히 만경강의 개수공사가 1920~1940년대에 진행된 점을 고려할 때 1918년 지형도의 만경강은 인위적 하천정비 측면에서 보아 자연하천에 가까운 하도 형태를 나타내고 있을 것으로 판단된다.



[Fig. 4] Topographic map(1918) and land-cover (Ministry of Environment)

환경부 중분류 토지피복도는 위성영상을 이용하여 감속분류로 제작된 대분류 토지피복도와 달리, 고해상도 위성영상을 이용하여 수동으로 판독하고 관련 주제도를 참고하여 작성되므로 더욱 정밀한 자료이다. 또한 중분류 토지피복도는 2007~2010년까지 갱신작업을 통하여 개선되어 물환경, 자연환경, 대기/기후, 농업 등 많은 분야에서 활용되고 있다[8].

수치표고모델(Digital Elevation Model; DEM)은 홍수 가능 범람공간을 분석하기 위한 지형자료로써 Fig. 5와 같이 만경강 유역의 5m 공간해상도 DEM을 이용하였다.



[Fig. 5] DEM of Mankyung river basin

2.3 토지피복도 구성항목

토지피복도의 구성항목은 1918년 지형도와 2007년 환

경부 토지피복도가 서로 다르며, 토지이용의 변화를 분석하기 위해서는 이를 재구성하여 일치시킬 필요가 있다.

[Table 1] Adjustment about legend of land-cover

Legend	1918's map	2007's land cover
Urban	Village	Residential Area(110)
	facility	Manufacturing Area(120)
	-	Commercial Area(130)
	-	Settlement Area(140)
Farmland	-	Public Facilities Area(160)
	Paddy	Paddy(210)
	mulberry field	Upland(220)
	Orchard	Vinyl house(230)
Forest	-	Orchard(240)
	-	Other Farmland(250)
	broadleaf forest	Broadleaf Forest(310)
Grassland	Coniferous Forests	Coniferous Forests(320)
	Bamboo	Mixed Forest(330)
	Little Pine	-
Wetland	Reed Beds	Natural Grassland(410)
	-	Artificial Grassland(420)
Water Area	Wetland	Inland Wetland(510)
	Salt Field	Coastal Wetland(520)
Bare Ground	River	inland Rivers(710)
	Lake	Sea(720)
Bare Ground	Garden	Natural Bare Ground(610)
	Burn Field	Other Bare Ground(620)
	Fallow Ground	-

1918년 지형도는 수역, 토지이용(논, 밭, 산림 등), 도로(일등, 이등, 소로 등) 등의 정보를 나타내고 있는 반면, 환경부 토지피복도의 토지이용정보는 대분류, 중분류, 세분류로 상세하게 구분되어 있다. 이에 본 연구의 토지피복 구성항목은 Table 1과 같이 1918년 지형도의 범례와 환경부 토지피복도의 중분류 체계를 기준으로 각 항목의 속성을 고려하여 조정하였다. 재구성된 토지피복 항목은 취락 및 시설, 경작지, 산림, 초지, 습지, 수역, 나지 등 총 7개로 제시하였다.

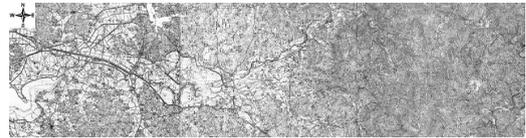
3. GIS 활용 분석방법

3.1 영상 수치화 및 토지피복 추출방법

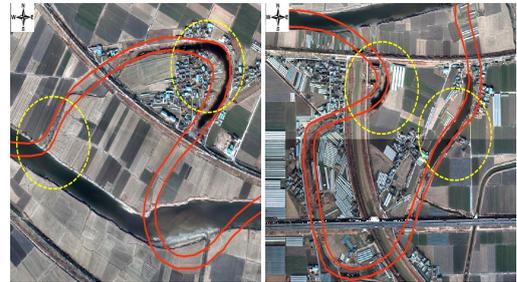
영상자료의 정보를 이용하기 위해서는 이미지 형태의 영상에 좌표 값을 입력하고, 왜곡된 영상의 보정을 통한 수치화 과정이 필요하다.

1918년 지형도는 경위도 좌표로 되어 있는 도곽좌표를 좌표변환프로그램을 이용하여 Bessel 타원체의 중부

원점 평면직각 좌표체계로 변환한 후 GIS 환경에서 지형도의 스캔이미지에 좌표변환 값을 입력함으로써 수치화하였다. 대상구역은 3도엽의 영상을 연속적인 자료를 만들기 위해 정합(mosaic) 과정을 거쳐 하나의 영상으로 완성하였다[Fig. 6]. 수치화된 영상의 검증은 Fig. 7과 같이 국토지리정보원에서 취득한 좌표보정된 항공사진을 참조하여 1918년의 하도와 중첩·비교하였다. 주요 좌표검토지점은 현재 존치된 구하도 지점과 지류 합류 지점을 대상으로 하였고, 그 결과 현재 하천망과 거의 일치하므로 좌표변환이 적절히 수행되었음을 확인하였다. 환경부 토지피복도의 좌표는 Bessel 타원체의 중부원점 평면직각좌표로 처리된 영상이므로 별도의 좌표변환처리는 하지 않았다.



[Fig. 6] Mosaic of topographic map(1918)



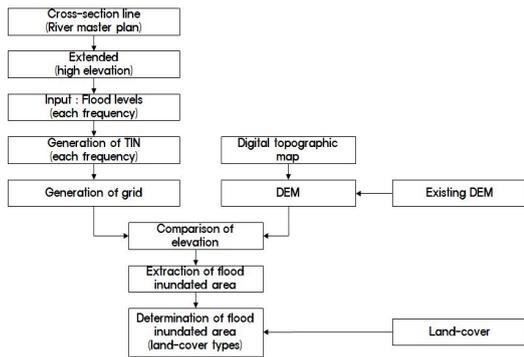
[Fig. 7] Coordinate analysis of topographic map(1918)

토지피복 추출방법은 스크린 디지털라이징 기법을 이용하였으며, 수치화된 1918년 지형도에 대해 스크린상에서 지형 경계를 판독하고 직접 디지털라이징 함으로써 경계 부분에 대해 다각형(polygon) 형태로 추출하였다. 추출된 각각의 토지피복 경계는 재구성된 항목을 기준으로 공간 및 속성 데이터를 편집(구조화 편집)함으로써 1918년 지형도의 토지피복도를 작성하였다[9]. 그리고 환경부 토지피복도는 재구성된 항목을 기준으로 동일하게 재분류(reclassify) 하였다.

3.2 홍수범람 가능공간 분석방법

홍수범람 가능공간은 다양한 조건의 수리·지형학적

인 요소들을 고려해야 하지만 단순하게 수리분석에 의한 빈도별 홍수위와 제내지의 지형정보를 이용하여 근사적으로 산정할 수 있다[10]. 본 연구에서는 홍수범람 가능공간을 분석하기 위해 1차원 수리모델인 HEC-RAS와 지형자료인 5m 공간해상도의 DEM을 이용하였고, 분석과정은 Fig. 8과 같다. 먼저 HEC-RAS수리분석에 사용된 횡단면을 좌우 제내지 범람원까지 확장하고, 각 횡단면에 연계한 빈도별 홍수위를 공간 보간하여 수면 grid를 생성한다. 마지막으로 지면보다 낮은 수면을 제거함으로써 빈도별 홍수범람 가능공간이 추출된다. 본 연구의 홍수범람 범위는 만경강 계획빈도인 100년 빈도 홍수위 자료를 활용하여 분석하였다. 이 방법은 제방에 의한 홍수범람 차단효과를 무시한 것으로, 제방이 없을 경우 발생할 수 있는 하천변 저류특성을 고려하지 않은 것이므로 잠재최대 홍수범람범위가 될 것이다.

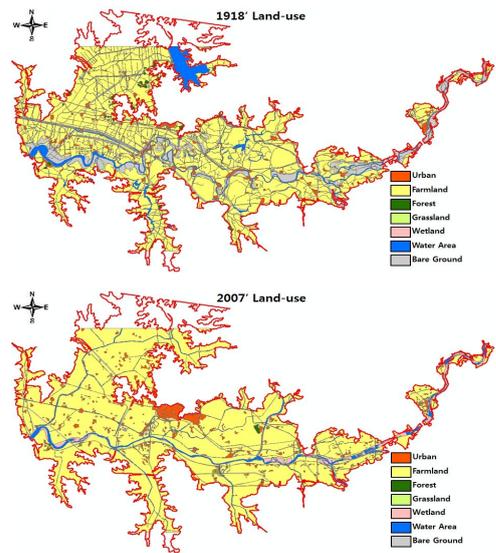


[Fig. 8] Estimation of probable flood inundation area

4. 하천개수 후 하천공간 변화

4.1 하천공간의 정의 및 토지이용 변화

제방 축조 후 하천의 하천공간은 제외지로 한정되지만, 개수 전 하천공간의 범위는 경계 설정이 불분명하다. 다만, 치수기능 측면에서 국내 국가하천의 계획빈도가 100년인 점을 고려한다면, 100년 빈도 홍수위가 하천공간 경계 설정을 위한 하나의 기준이 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 100년 빈도 잠재최대 홍수범람범위로부터 제방축조 전 하천 고유공간의 경계를 결정하였다. 이와 같은 방법에 의한 하천공간 설정은 개수 이전 하천지형자료(1910년대 DEM 등) 취득의 한계로 수리·수문분석이 현실적으로 불가능하다는 점을 반영한 것이다.



[Fig. 9] Comparison of land-use in flood inundation area

Fig. 9는 만경강 고유의 하천공간(홍수범람범위) 내 토지이용 현황을 개수 전(1918년)과 개수 후(2007년)로 나타낸 것이다. 하천공간의 토지이용 구성은 1918년의 경우 농경지(72.2%)>나지(22.4%)>수역(17.3%)>취락 및 시설(15.8%) 순이며, 2007년은 농경지(83.9%)>취락 및 시설(7.7%)>수역(4.8%)>습지(2.7%) 순으로 나타났다.

[Table 2] Results of land-use change in river area

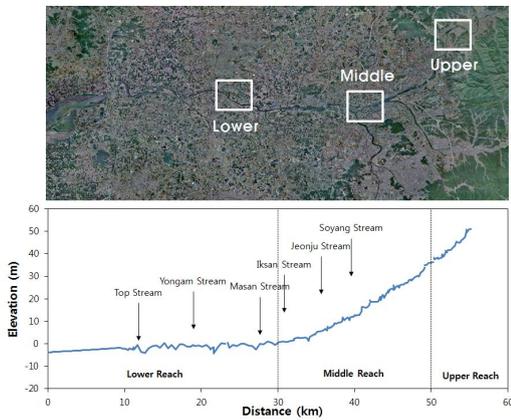
Classification	1918		2007		Variation	
	Area (km ²)	Rate (%)	Area (km ²)	Rate (%)	Area (km ²)	Rate (%)
Urban	15.8	7.4	166	7.7	0.8 △	0.4 △
Farmland	1545	72.2	179.3	83.9	24.9 △	11.6 △
Forest	3.5	1.6	0.4	0.2	3.1 ▼	1.5 ▼
Grassland	0.4	0.2	0.5	0.3	0.1 △	0.1 △
Wetland	-	-	5.8	2.7	5.8 △	2.7 △
Water Area	17.3	8.1	10.3	4.8	7.0 ▼	3.3 ▼
Bare Ground	22.4	10.5	0.9	0.4	21.4 ▼	10.0 ▼
Total	213.9	100.0	213.9	100.0	-	-

Table 2는 하천공간의 토지이용 변화를 나타낸 결과이다. 만경강 하천공간 내에서 가장 많은 토지이용은 농경지이며, 개수 후에도 가장 높은 증가폭인 11.6%로 나타났다. 그 외에도 취락 및 시설, 초지, 습지가 각각 0.4%, 0.1%, 2.7% 증가한 것으로 나타났다. 반면에 산림, 수역, 나지는 각각 1.5%, 3.3%, 10.0% 감소한 것으로 나타났다.

이는 제방 축조를 통해 확보된 나지, 수역 등 토지 대부분이 경작지로 용도 변경된 점과 일부 지역의 도시화 진행이 원인인 것으로 확인되었다. 한편 개수 후 습지의 증가는 환경부 토지피복분류에서 취입보 상하류에 발생된 식생구간을 하도습지로 분류하였기 때문이며, 유역내 습지 네트워크의 확장은 없는 것으로 확인되었다.

4.2 하천공간의 종적 특성 변화

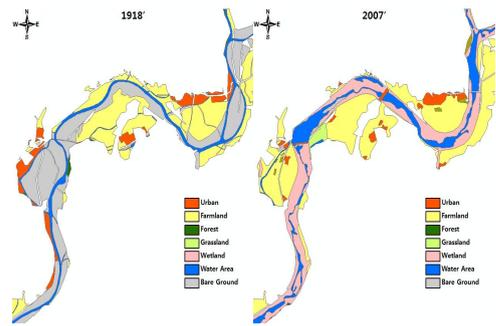
만경강은 상·중·하류 구간마다 하상경사, 사행대 등 하천의 물리적 특성이 명확히 구분되어 진다. 이에 본 연구에서는 Fig. 10과 같이 상·중·하류의 대표구간을 선정하여 종적 토지이용변화를 비교·분석하였다.



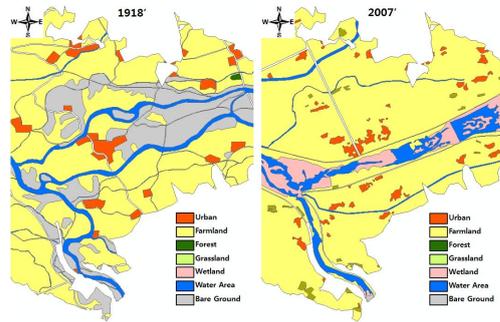
[Fig. 10] Upper · Middle · Lower Reach of Mankyung river

개수전후 만경강 상·중·하류 대표구간의 하천공간 토지이용 현황을 각각 Fig. 11, 12, 13에 나타내었고, 이에 대한 정량적 결과를 Table 3에 제시하였다.

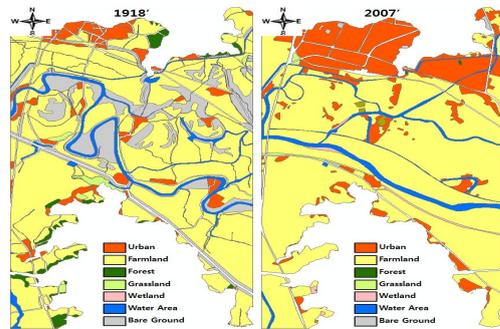
1918년 하천공간의 토지이용 중 나지가 차지하는 부분은 상류(39.4%), 중류(21.8%), 하류(14.4%) 순이며, 수역은 상류(11.2%), 중류(7.4%), 하류(5.7%) 순으로 나타났다. 반면에 경작지는 하류(65.0%), 중류(63.4%), 상류(36.9%) 순으로 나타났다. 2007년 하천공간의 토지이용 중 수역이 차지하는 부분은 상류(15.8%), 중류(8.0%), 하류(5.3%) 순이며, 습지는 상류(28.7%), 중류(6.0%), 하류(0.7%) 순으로 나타났다. 반면에 경작지는 중류(80.5%), 하류(70.2%), 상류(47.6%) 순이며, 나지는 상·중·하류 모두 차지하는 공간(1% 이하)이 미미한 것으로 나타났다.



[Fig. 11] Change of Mankyung river area(Upper reach)



[Fig. 12] Change of Mankyung river area(Middle reach)

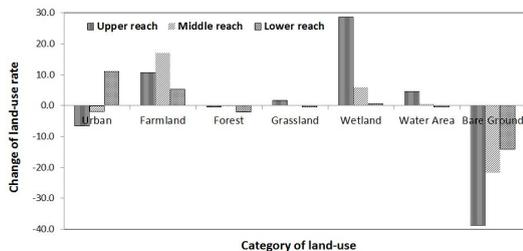


[Fig. 13] Change of Mankyung river area(Lower reach)

Fig. 14는 하천개수 전·후 만경강 유역 상·중·하류 하천공간의 토지이용별 증감 변화를 도식한 결과이며, 경작지와 습지는 상·중·하류의 모든 하천공간에서 증가하였으나, 나지는 감소한 것으로 나타났다. 전반적으로 나지의 감소는 경작지와 취입 및 시설 이용면적의 증가 때문이며, 상류와 중류 구간에서는 수역에 인접한 나지가 다수의 취입보 건설로 인하여 하도 습지로 변경되었기 때문인 것으로 확인되었다[Fig. 11, 12, 13]. 그 외 상류 하천공간을 제외한 수역, 산림, 초지는 하천개수 전·후 토지이용 증감 변화가 2% 내외로 크지 않았다.

[Table 3] Results of land-use change in Mankyung river (upper · middle · lower reach)

Reach	Classification	1918		2007	
		Area (km ²)	Ratio (%)	Area (km ²)	Ratio (%)
U p p e r	Urban	0.4	12.0	0.2	5.4
	Farmland	1.4	36.9	1.8	47.6
	Forest	0.02	0.5	0.004	0.1
	Grassland	-	-	0.1	1.7
	Wetland	-	-	1.1	28.7
	Water Area	0.4	11.2	0.6	15.8
	Bare Ground	1.5	39.4	0.02	0.7
	total	3.7	100	3.7	100
M i d d l e	Urban	1.0	7.3	0.7	5.4
	Farmland	8.5	63.4	10.8	80.5
	Forest	0.02	0.1	-	-
	Grassland	-	-	-	-
	Wetland	-	-	0.8	6.0
	Water Area	1.0	7.4	1.1	8.0
	Bare Ground	2.9	21.8	0.02	0.2
	total	13.4	100	13.4	100
L o w e r	Urban	2.5	11.9	4.8	23.0
	Farmland	13.6	65.0	14.6	70.2
	Forest	0.4	2.1	0.02	0.1
	Grassland	0.2	0.9	0.1	0.4
	Wetland	-	-	0.1	0.7
	Water Area	1.2	5.7	1.1	5.3
	Bare Ground	3.0	14.4	0.1	0.4
	Total	20.9	100	20.9	100



[Fig. 14] Analysis of land-use change in Mankyung river (upper · middle · lower reach)

4.3 하천공간의 구성요소 변화

국토의 절반이상을 산지가 차지하고 있어 국토 이용의 효율성 극대화가 필요한 국내 여건상 제방의 축조는 불가피하다. 다만 계획하폭의 결정에 있어 치수기능 확보 위주의 경험적 방법[11]에만 의지하고 있어 하천구역 결정을 위한 다양한 접근 방법이 개발될 필요가 있다. 본 연구에서는 적정 하천공간의 결정을 위하여 사행대 경계를 활용하고자 한다. TNC에서 제안한 활성하천공간의

구성요소 가운데 사행대는 하도가 이동하거나 사행하는 범위를 의미하며, 하천공간 내에서 가장 활동적인 부분이다[2]. 따라서 사행대는 구조적으로 불안정하기 때문에 홍수위험 완화를 위하여 최소한의 하천공간으로 확보할 필요가 있다[12]. 뿐만 아니라 사행대는 유수에 의해 조성된 미지형으로부터 다양한 서식처 조성이 가능하므로 환경기능의 발현에도 중요한 공간이 될 것이다.

국내의 경우, 근대적인 지도제작 기술이 도입되었던 시기와 동기간에 많은 하천이 개수되어 하도의 이동이 제외지로 제한되었다. 이는 수문 · 지질 · 지형 특성을 고려한 자연 하천의 사행대 추정에 필요한 자료가 상당히 부족함을 의미한다. 본 연구에서는 1918년 지형도에서 하천면 토지이용이 불명한 나지를 잦은 침수 및 하도변동 영향구간으로 가정함으로써 하천고유의 사행대 경계로 결정하였고, 현재 하천의 제외지, 즉 하천구역과 비교하였다.

[Table 4] Result of river area change on each frequency

Reach		River Area(km ²) (100 fr)	River Area(km ²) (Low fr)	Ratio (%)
Upper	1918	3.69	1.87	50.6
	2007	1.72	1.72	Equal
	Variation	1.97 ▼	0.15 ▼	-
Middle	1918	13.42	3.92	29.2
	2007	2.70	2.70	Equal
	Variation	10.72 ▼	1.22 ▼	-
Lower	1918	20.85	4.20	20.1
	2007	3.54	3.54	Equal
	Variation	17.31 ▼	0.65 ▼	-

Table 4는 빈도별 만경강 하천공간의 종적 변화를 정량적으로 제시한 결과이다. 개수된 현재(2007년) 하천공간은 계획홍수위를 고려한 제방 축조로 인해 100년 빈도와 저빈도 하천공간은 모두 동일하다. 하지만 하천개수 전 과거(1918년) 하천공간은 100년 빈도 경계와 사행대 면적 차이가 상류 50.6%, 중류 29.2%, 하류 20.1%로 매우 크게 나타났다.

하천개수 전 사행대와 치수 위주의 개수 후 제외지의 면적은 상 · 중 · 하류의 모든 하천공간에서 감소한 것으로 나타났다. 하천개수 후 100년 빈도의 하천공간을 기준으로 상 · 중 · 하류의 하천공간 면적은 각각 53.4%, 79.9%, 83.0%, 사행대를 기준으로 각각 7.8%, 31.1%, 15.5% 축소된 것으로 나타났다. 이와 같은 하천공간의

감소 결과는 지형학적 공간범위의 축소로써 하천의 물리 구조적, 생태 기능적 측면의 악화를 초래할 수 있을 것이다. 아울러 홍수재해 저감 역시 제방강화 및 증고에 의한 홍수방어에 주안점을 둘 수밖에 없는 한계가 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 하도 직강화 및 제방축조 등 하천개수에 따른 만경강 하천공간의 변화를 진단하고 이로 인한 하천 기능을 검토하였다. 이를 위하여, 만경강 유역을 대상으로 하천개수 전·후의 토지이용변화 분석, 하천 고유의 수문·지형학적 공간 설정, 하천공간의 종적 특성 및 구성요소 분석을 수행하였다.

1. 만경강 유역 하천고유공간은 하천개수 후 경작지, 습지, 취락 및 시설, 초지 항목 순으로 증가한 반면 나지, 수역, 산림 항목은 감소한 것으로 나타났다. 변화폭이 가장 큰 나지의 감소는 전반적으로 경작지와 취락 및 시설 이용 부분의 증가로 이어졌으며, 이는 하도 직강화 및 제방 축조 후 홍수범람위험의 감소로 인한 토지이용 고도화가 직접적인 원인이라고 할 수 있다. 한편 하천공간의 종적 특성변화 결과는 1918년의 경우, 상류로 갈수록 나지와 수역이 지배적이나, 2007년의 경우에는 하천의 영향을 받던 대부분의 나지가 취입보의 배수영향을 받는 하도습지로 변환되어, 상류로 갈수록 수역과 습지가 지배적인 것으로 나타났다.
2. 하천공간은 개수 전 홍수범람공간에서 개수 후 현재의 제외지 공간으로 변화하였다. 개수된 현재(2007년) 하천공간은 제방 축조로 인해 100년 빈도 홍수영향 공간과 사행대 공간의 면적이 동일하다. 반면에 하천개수 전 과거(1918년) 하천공간은 100년 빈도 범람면적과 사행대 면적 차이가 상류 50.6%, 중류 29.2%, 하류 20.1%로 매우 크게 나타났다. 하천개수 전·후 하천공간의 면적 변화는 상·중·하류 모두 감소한 것으로 나타났다. 제방 축조를 위한 계획하폭 설정시 기존 치수기능 위주의 경험적 방법과 더불어 하천 고유의 사행대 면적을 고려하는 방법을 제안하였고, 이는 개수에 따른 하천공간의 축소를 완화할 수 있는 접근 방법이 될

것이다.

3. 본 연구결과는 토지이용현황이라는 비교적 제한적이고 평면적인 공간정보만을 다루는 한계를 가지고 있다. 하지만 개수전 자료의 정확도가 낮고 자료 수 또한 충분하지 않은 국내 실정에서 수리수문학적 공간설정의 방법론과 토지이용항목의 속성을 연계한 하천공간 구성요소의 평가방법은 하천공간의 변화를 진단하는데 효과적인 방법으로 판단된다.

본 연구는 지속가능한 하천관리 방향을 설정하기 위한 기초연구이며, 과거 및 현재의 하천기능 평가와 더불어 손실된 하천기능을 정량화하고 복원목표를 분명히 함으로써 향후 하천공간 확보 및 복원계획 수립에 크게 기여할 것이다.

References

- [1] H.S. Woo, S.H. Lee, "Eco-friendly River Plan", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 45, No. 2, pp. 48-56, 1997.
- [2] The Nature Conservancy, *The Active River Area: A Conservation Framework for Protecting Rivers and Streams*, pp. 59, 2008.
- [3] S.G. Kim, K.Y. Ko, "Evaluation and Comparison of Stream Naturalness of Before and After Works Using Stream Spatial Information", *Journal of the Korean Cadastre Information Association*, Vol. 11, No. 1, pp. 191-198, 2009.
- [4] I. Hong, J.G. Kang, H.K. Yeo, "A Study on the Channel Planform Change Using Aerial Photographs and Topographic Map in the Mangyoung River", *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 45, No. 2, pp. 127-136, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3741/JKWRA.2012.45.2.127>
- [5] C-I. Choi, "A Study on Natural Hazards Vulnerability in Urban Area by Urban Land Use Change: In case of Kyonggi Province", *Journal of the Korea Planners Association*, Vol. 38, No. 2, pp. 35-48, 2003.
- [6] Ministry of Land Transport and Maritime Affairs, *Schematic Plan for Mankyung-River*, 2012.
- [7] S.H. Bae, "Urban Change Analysis using 1:50,000 Topographical Map which is Produced to 1910's", *Journal of Korea Association of Geographic Information Studies*, Vol. 10, No. 3, pp. 93-103, 2007.
- [8] Ministry of Environment, *Environment Geographic*

Information System : <http://egis.me.go.kr>

- [9] H.H. Chung, S.I. Na, S.H. Lee, J.Y. Choi, "Construction of Farmlands Spatial Information for Reasonable Adjustment of Farmland Use", *Journal of Korean Society of Rural Planning*, Vol. 15, No. 4, pp. 213-220, 2009.
- [10] N.S. Noman, E.J. Nelson, A.K. Zundel, "Review of automated flood plain delineation from digital terrain models", *J. Water Resour. Plan. Manage.*, Vol. 127, pp. 394 - 402, 2001.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2001\)127:6\(394\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2001)127:6(394))
- [11] Ministry of Land Transport and Maritime Affairs, *River Design Criteria*, 2009.
- [12] Arnaud-Fassetta G., Fort M., "The Integration of Functional Space in Fluvial Geomorphology, as a Tool for Mitigating Flood Risk; Application to the left-bank Tributaries of the Aude River, Mediterranean France", *4th ECRR Conference on River Restoration*, June, 2008.

신 형 섭(Hyoung Sub Shin) [정회원]



- 2010년 2월 : 충북대학교 대학원 지역건설공학과(공학석사)
- 2003년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 석사후연구원

<관심분야>
수리학, 지형정보공학

홍 일(Hong Il) [정회원]



- 2003년 2월 : 경희대학교 대학원 환경학과(이학석사)
- 2003년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>
하천환경, 하천공학

김 지 성(Ji-Sung Kim) [정회원]



- 2007년 2월 : 경북대학교 대학원 토목공학과(공학박사)
- 2007년 1월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>
수리학, 토목공학

김 규 호(Kyu Ho Kim) [정회원]



- 1999년 2월 : 연세대학교 대학원 토목공학과(공학박사)
- 1987년 1월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>
생태수리학, 토목공학