

북한 지역 동해안과 서해안 평야의 지형 환경 변화*

— 안주평야와 함흥평야를 중심으로 —

이민부** · 이광률*** · 김남신****

The Changes of Geomorphic Environment at East and West Coastal Plain in North Korea

Lee, Min Boo** · Lee, Gwang Ryul*** · Kim, Nam Shin****

요약 : 본 연구는 북한 서해안과 동해안에 위치한 대표적인 해안평야인 안주평야와 함흥평야를 대상으로, 1910년대의 지형도와 2000년대의 위성영상을 토대로 북한 서해안과 동해안 평야의 지형 특성과 환경 변화를 비교·분석하였다. 북한에서 열두 삼천리벌이라고도 불리는 안주평야는 지형학적으로 충적평야, 해성평야, 침식평야로 구분되며, 함흥평야는 주로 성천강에 의한 충적평야로 이루어져 있다. 지난 100년간 안주평야에서는 약 84.98km²의 면적의 갯벌이 간척을 통해 농경지와 염전으로 변화되었으며, 중소하천의 하도는 대부분 직강화되었다. 함흥평야에서는 성천강 삼각주의 해안선이 최대 800m 정도 바다로 전진하면서 육지 면적이 약 3.40km² 증가하였고, 과거 분합(分合) 하도를 이루던 서성천강의 유후는 개간되어 사라졌으며, 광포는 인위적인 간척과 자연적인 하천 퇴적작용으로 호수 면적이 축소되었다.

주요어 : 해안평야, 안주평야, 함흥평야, 간척, 성천강 삼각주

Abstract : This study analyzes and compares the geomorphic characteristics and environmental changes of coastal plains such as the Anju and Hamheung Plains located in the west and east coasts of North Korea, respectively, based on topographic maps of the 1910s and satellite images of the 2000s. The Anju Plain, so called by as Yeoldusamcheonribeol, can be divided into alluvial plains, coastal plains and erosional plains. The Hamheung Plain can be regarded as alluvial plains formed by Seongcheon-river. Approximately 84.98km² tidal flats have been reclaimed to farmlands and saltponds, and the most channels of medium and small rivers have been straightened at the Anju Plain during the last one hundred years. At the Hamheung Plain, on the other hands, approximately 3.40 km² land has been increased by the advances of coastal line of the Seongcheon-river delta with a maximum of 800m, and channels of Seoseongcheon-river which showed anastomosing channels have been disappeared by reclamation. Gwang-po has been decreased by artificial reclamations and river sedimentary processes.

Key Words : coastal plain, the Anju Plain, the Hamheung Plain, reclamation, the Seongcheon-river delta

1. 서 론

한반도의 북부에 위치한 북한은 우리와 같은 민족으로서 향후 통일을 이루어 한반도에서 평화롭게 공존해야 할 민족 공동체이다. 따라서 북한 지역에서 나타나는 자연 및 인문지리적인 현상에 대해 연구하고 분석하는 것은 학문적 의의 뿐만 아니라, 향후 통일 국가를 이루는데 있어 매우 중요한 기초 자료가 될 것이다. 그러나 현재 북한 지역에 대한 연구는 다수의 정보들이 통제되어 있고, 현지로

의 접근이 사실상 불가능하기 때문에 많은 제약이 따르며 분석 결과에 대한 신뢰성을 확보하는데도 어려움이 있다.

따라서 그동안 북한 지역에 대한 지형학 또는 환경지리학 등 지리학 연구 분야들도 대체로 현지 조사를 수행하지 못하였으며, 지형도와 위성영상 분석을 통한 원격 탐사의 과정을 통해 연구 지역에서 나타나는 지리적 현상과 변화에 대해 분석(이민부 등, 2005a; 2005b; 2005c; 2005d; 2005e; 2006b)을 해왔다. 그러한 분석들에 대한 보완책으로 북한

* 이 논문은 2007년도 정부(교육인적자원부 기초연구과제 인문사회)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-B00197).

** 한국교원대학교 지리교육과 교수(Professor, Department of Geography Education, KNUE)(minblee@knu.ac.kr)

*** 경북대학교 사범대학 지리교육과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography Education, Teachers College, Kyungpook National University)(georiver@knu.ac.kr)

**** 한국교원대학교 통일교육연구소 연구원(Researcher, Institute of Education for National Unification, KNUE)(kns9027@dreamwiz.com)

북한 지역 동해안과 서해안 평야의 지형 환경 변화

과 중국 사이에 위치한 접경 지역의 경우는 지형도 및 위성영상 뿐 아니라 중국의 영토에서 원거리로 관측한 사진 자료를 연구에 사용(이민부 등, 2003a; 2003b) 하기도 하였다.

한편 최근에는 구글어스(Google Earth), 콩나물 등의 인터넷 웹사이트를 통해 세계와 우리나라에 대한 고해상도의 위성영상이 제공되고 있어, 이러한 인터넷 제공 위성영상을 토대로 하여 거시적이며 형태적인 지형 연구(박경, 2006; 김영래, 2007)도 이루어지고 있다.

본 연구에서는 접근이 불가능한 북한에서 비교적 규모가 큰 해안평야 중에 서해안과 동해안에 위치한 해안평야인 안주평야와 함흥평야를 대상으로 하여, 1910년대의 지형도와 2000년대의 위성영상을 토대로 북한 서해안과 동해안 평야의 하천 및 해안 지형 특성과 환경 변화에 대해 분석 및 비교하고자 한다.

안주평야 일대의 1910년대의 지형도는 1917년에 측도되어 1918년에 간행되었으며, 함흥평야 일대는 1918년 측도되어 1924년에 간행된 것을 사용하였다. 2000년대의 위성영상은 구글어스에서 제공하는 2003~2007년 사이에 촬영된 이미지를 사용하였다. 이러한 지형도와 위성영상 이미지를 대상으로 ArcGIS 프로그램의 Georeferencing tool을 이용, GCP를 선정하고 UTM WGS84로 투영하여 좌표 보정을 실

시한 후, 감독 분류를 통하여 지형을 분류하고, 지형 환경의 변화를 계측하고 그 특성을 분석하였다.

2. 연구지역 개관

1) 안주평야

안주평야는 평안북도와 평안남도의 경계를 이루는 청천강 하류의 남안과 평안남도 북서부 해안지역에 펼쳐진 평야이다(그림 1). 북한에서는 안주평야를 '열두삼천리벌'이라고 부르는데, 이는 당나라가 고구려에 침범하여 안주벌에서 대치하던 중에 고구려 왕비의 지혜로 당나라의 열두 장수들이 군사들을 거두고 당나라로 돌아갔다는 일화에 기초해, 열두 장군이 삼천 병사를 거느리고 온 벌이라 하여 열두삼천리벌이라고 부른다. 평안남도의 대표적인 해안평야로는 북서부 숙천, 문덕, 안주에 걸친 드넓은 곡창인 열두삼천리벌(약 10만 해ект)과 남서부 온천군 일대에 온천벌이 있으며, 간석지의 상당부분이 농경지로 개발되어 있다(배기찬, 1994).

북한에서는 안주평야인 열두삼천리벌에 대해 아래와 같이(이상용, 1998) 소개하고 있다.

평안남도 북서부 청천강 하류 기슭에 펼쳐진 벌로, 안주벌이라고도 한다. 평안남도 안주시, 문

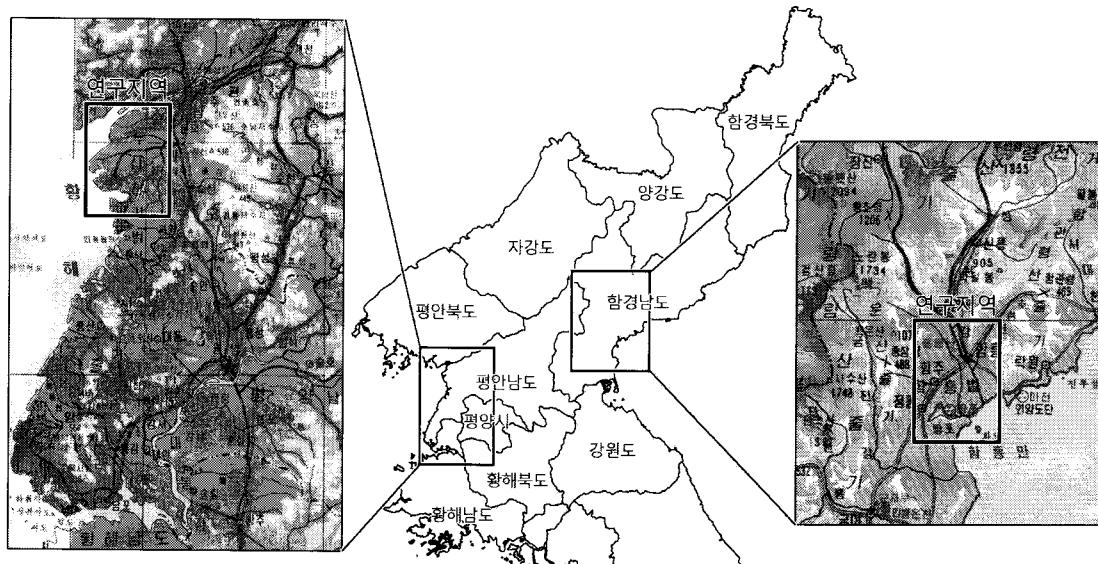


그림 1. 연구 지역의 개관도

덕군, 속천군, 평원군의 일부가 속한다. 이 벌은 청천강의 쌓임작용으로 생긴 쌓인벌과 바다의 쌓임작용으로 생긴 간석지, 그리고 오랜 기간의 깎기작용에 의해 생긴 언덕별로 이루어져 있다. 넓이는 600km², 평균해발높이는 20~50m이다. 서해안쪽으로는 물매가 느리며, 동쪽으로 100~200m 안팎의 언덕들과 산들이 놓여 있다. 주요 기반암은 운모편암, 화강편마암, 자갈암, 모래암 등이다. 벌에는 갈탄, 니탄, 인회석 등이 풍부하게 묻혀 있다.

기후는 비교적 따뜻한 해양성기후의 특징을 나타낸다. 연평균기온은 9~10°C, 연강수량은 1,000mm 정도이다. 이 벌에서는 바닷바람이 세게 부는데 연평균 바람속도는 3m/s이다. 강수량에 비하여 증발량이 많으며 해비침률이 높다. 벌의 북쪽으로는 청천강이 흐르고 있으며, 남쪽으로 내려오면서 대교천, 해창강, 중교천 등 중소하천들이 서해로 흘러든다. 토양은 대부분이 충적지토양, 간석지토양, 논토양으로 되어 있고, 언덕과 야산 지역들에는 산림갈색토양이 퍼져 있다. 벌의 주요 알곡은 논벼이며 그밖에 강냉이, 콩 등이 재배된다.

북한 자료를 참고로 하여 지형 형성과정을 기준으로 안주평야의 성격을 판단할 때, 국내 문헌에 소개된 바와는 달리, 안주평야는 크게 충적평야, 해성평야, 침식평야의 3개 지역으로 구분될 수 있다. 청천강 하류 이남의 안주군 일대는 청천강의 범람 과정에서 공급된 퇴적물이 쌓여 형성된 충적평야이며, 문덕군, 속천군, 평원군 북부의 서부 해안 지역은 과거에 넓은 갯벌이었으나 현재는 간척에 의해 육화된 해성평야이고, 그 중부 지역은 장기간의 침식작용으로 형성된 완경사의 구릉지가 넓게 나타나는 구릉성 침식평야로 구분된다.

2) 함흥평야

함흥평야는 함경남도의 함흥시와 함주군 일대 성천강의 하류와 해안 지역에 발달한 평야로서 함경남도에서 가장 넓은 들이다. 함흥평야는 고도가 높은 함경산맥에서 발원한 성천강이 하류의 평坦한 해안 지역에 접하면서 유로가 여러 개로 나뉘는 망류 하도를 이루면서 하천 에너지가 감소하여, 함경산맥의 산지로부터 운반된 다량의 토사를 퇴

적함으로써 형성된 충적평야이다.

함흥평야는 남쪽에 광포(호)와 연결되는데, 광포는 과거에 우리나라에서 가장 큰 자연호로 기록되었으나, 1990년 전후의 위성영상에서는 호안에 퇴적작용이 활발히 일어나면서 호수역이 다소 축소되어 남북한을 합하여 변포 다음으로 큰 자연호이다(이민부 등, 2006). 광포 하구의 해안 지역은 파랑과 연안류에 의해 운반된 모래가 바람에 의해 내륙으로 이동되면서 형성된 해안사구가 여러 줄로 나타나는 비치리즈(beach ridge)를 이루고 있으며, 이곳의 비치리즈는 성천강으로부터 공급된 모래가 해안을 따라 남쪽으로 이동된 것으로 해안선이 바다를 향해 전진했음을 보여주는 지형이다(권혁재, 2006).

성천강은 함흥평야를 북에서 남으로 관통하여 동해로 유입되며, 1921년의 치수사업으로 서성천강을 폐쇄하여 동성천강에 합류시켜면서, 하도의 동쪽 지역을 농경지로 관개하였다. 또한 성천강은 망상 유로를 이루어 홍수 때 범람이 잦았지만 1929년 제방공사 및 유역변경에 의하여 장진강 및 부전강의 낙하된 물을 합류하여 유로가 정비되었으며, 그 피해도 감소되었다(이영덕, 1995).

북한에서는 함흥평야(함흥벌)에 대해 아래와 같이(이상용, 1998) 소개하고 있다.

함경남도의 남동부 성천강 하류 연안에 있는 벌이다. 함주벌, 함흥백리벌, 함주백리벌이라고도 불린다. 넓이 350km², 평균 높이 20~50m이다. 행정구역상 함흥, 함주, 정평 일대를 포함하며, 성천강과 원수천, 금진강 등과 동해의 쌓임작용에 의해 이루어졌다. 주요 토양은 논토양, 충적지토양, 산림갈색토양이고, 연평균기온 9.6°C, 10°C 이상 적산온도 3,400°C, 연강수량 960mm이다. 벌에는 추상, 로동, 도홍 저수지들과 수많은 양수장, 수리구조물들을 갖춘 정연한 관계체계가 수립되어 있다. 여기서는 알곡 생산을 기본으로 하는 농산업과 과수업, 축산업이 발전하고 있다.

3. 안주평야의 지형 및 환경 변화

갯벌에 대한 간척사업이 본격적으로 진행되기 이전인 1910년대에 안주평야의 해안 지역은 청천강으로부터 공급된 다량의 모래와 점토 등이 청천

북한 지역 동해안과 서해안 평야의 지형 환경 변화

장 하구로부터 남서쪽으로 이어진 갯골을 따라 퇴적되면서 형성된 넓고 평탄한 간석지를 이루고 있었다(그림 2). 안주평야의 해안 지역에서도 문덕군의 통립리와 숙천군의 창동리 일대는 동부의 산지로부터 이어진 10m 내외의 구릉지가 서남서 방향으로 뻗어져 내려오면서, 북쪽의 청천강 하구와 남쪽의 해창강 하구에 의해 상대적으로 서쪽으로 돌출되어 있는 곳과 같은 해안선을 이루고 있다.

안주평야 북부 해안의 조간대에서는 북한의 5대 하천에 속하는, 유역분지가 넓고 유량이 많은 청천강의 하구가 위치하여, 하도 및 해수면이 넓게 나타나며, 상류로부터 풍부하게 공급된 토사의 퇴적에 의해 형성된 크고 작은 하중도가 다수 나타나고 있다. 반면, <그림 2, 3>의 지도와 위성사진을 비교해보면 안주평야 남부 해안의 조간대에서는 이질 간석지가 넓게 펼쳐져 있으며, 갯골 주변에는 사질 간석지도 나타난다. 숙천군을 흘러 서해로 유입되는 소하천인 해창강의 유로는 조간대의 간석지

에서 좁은 갯골을 이루면서 자유 곡류하며 흐른다.

청천강의 중·상류 지역은 연강수량 1,200mm 이상으로 북한에서는 비교적 다우지에 속하지만, 청천강의 하구를 중심으로 한 해안 지역은 연강수량 1,100mm이하로서, 강수량이 다소 적은 편이다. 높은 산이 없는 서해안 지역은 우리나라의 대표적인 강수 유형인 지형성 강수가 발생되기 어려운 조건이므로, 동해안이나 남해안에 비해 상대적으로 강수량이 적은 편이다. 따라서 이러한 서해안 지역은 넓은 갯벌이 발달하고 강수량이 적으며 일조량이 많기 때문에 예로부터 염전을 만들기에 유리하여 천일제염이 성했다(권혁재, 2005). 북한에서 대규모 염전이 위치한 곳은 평안북도 염주군, 평안남도 남포시, 온천군, 숙천군, 평원군, 황해남도 연안군 등으로, 모두 서해안의 넓은 갯벌이 발달한 소우지들이다. 안주평야의 1910년대 지형도에서도 바다로 돌출된 숙천군의 보덕리(현 삼천포) 일대의 해안은 곳곳에서 염전이 만들어졌거나 만들어지고 있는 것으로 나타나고 있다.

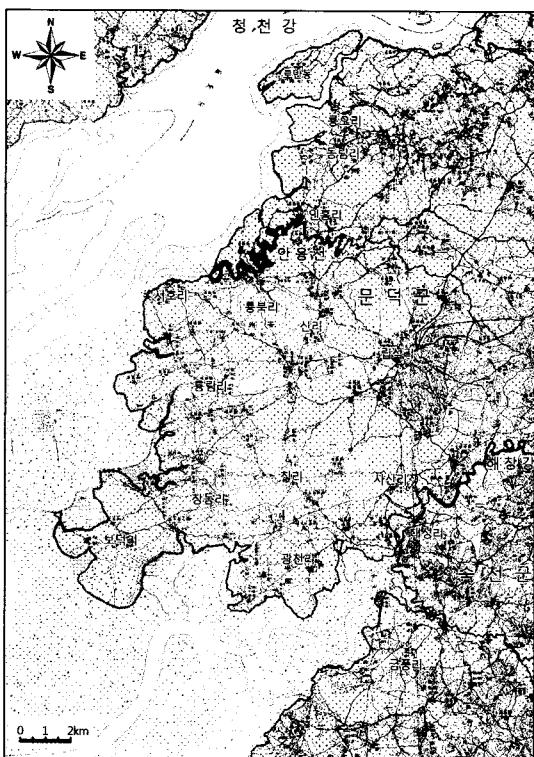


그림 2. 1910년대 안주평야의 지형도와 해안선 및 주요 하천



그림 3. 2000년대 안주평야의 위성영상과 해안선 및 주요 하천

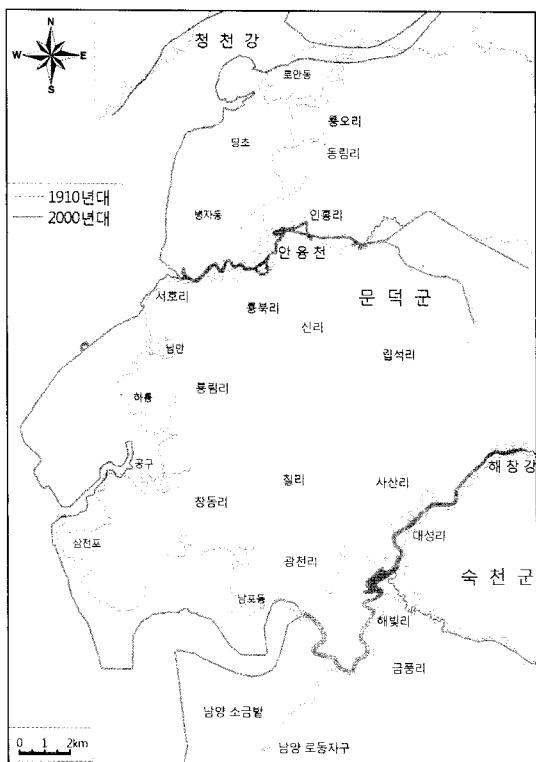


그림 5. 안주평야의 1910년대와 2000년대 해안선 및 주요 하천 비교

안주평야를 흐르는 주요 중소하천으로는 해창강과 안용천이 있다. 해창강은 숙천군 동부의 강릉산 북쪽 기슭에서 발원하여 서해로 흘러드는 강으로, 유로 길이 49.0km, 유역 면적 323.2km²이며, 최령강이라고도 한다(이상용, 1998). 안용천은 문덕군 동부의 상북동리에서 발원하여 안주평야를 지나 서해로 유입되며, 유로 길이 25.6km, 유역 면적 102.2km²이다(이상용, 1998). 1910년대 지형도에서 보면, 두

하천 모두 해안에 접한 넓고 평坦한 평야 지역을 흐르는 과정에서 매우 심한 자유곡류 하도의 모습을 나타내고 있다. 해창강은 숙천군 해안에 발달한 넓은 이질 간석지로 유입되므로, 간조시에 간석지의 내부를 관류하면서 자유곡류의 형태를 띠는 좁은 갯골을 형성하지만, 안용천은 사질의 하중도가 발달한 청천강의 하구로 유입되어 갯골이 나타나지 않는다.

2000년대에 안주평야를 촬영한 위성영상을 관찰하면(그림 3, 4), 1910년대에 비해 해안과 하천의 변화가 매우 두드러지게 나타난다.

대부분 지역에서 간척 사업을 통해 해안선이 바다로 나아가고 대규모 간척지가 만들어지면서 육지의 면적이 확대되었음을 확인할 수 있다. 1910년대에 비해 2000년대에 문덕군의 로안동에서 서호리까지의 해안에서는 약 22.68km²의 면적이, 문덕군 서호리에서 숙천군 삼천포까지의 해안에서는 약 20.90km² 면적이, 숙천군 삼천포에서 남양로동자구까지의 해창강 하구 해안 일대에서는 약 41.40km²의 면적이 간척지로 조성되어, 총 84.98km²의 면적이 갯벌에서 격자형의 농경지와 염전으로 바뀌었다.

해안선의 형태는 매우 복잡했던 이전과는 달리, 간척을 통해 직선에 가까운 단순한 형태로 변모하였다. 해안선의 길이는 1910년대에 약 131.6km이었던 것이 2000년대에 약 71.8km로서 약 1/2 정도 짧아졌다.

1910년대와 2000년대를 비교할 때, 안주평야에서 해안선과 하천 유로의 변화가 심한 몇몇 지역을 대상으로 하여 보다 구체적으로 지형 및 환경 변화를 살펴보면 다음과 같다.

안주평야 북부에 위치한 청천강 하구 이남의 로

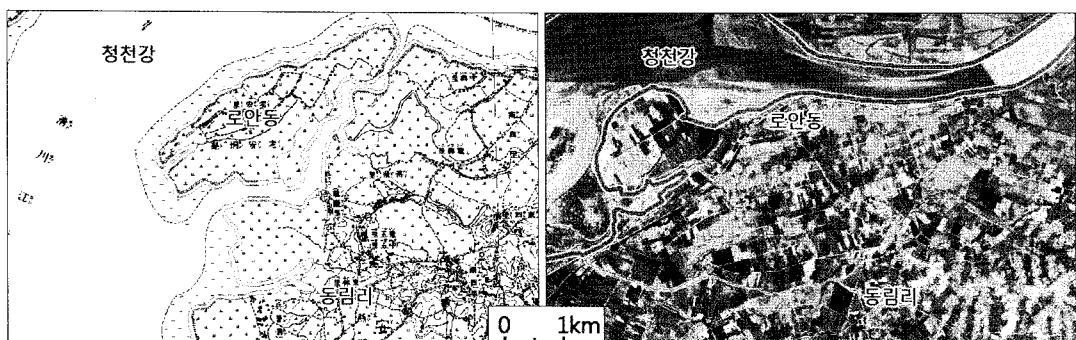


그림 5. 안주평야 청천강 하구의 1910년대 지형도(좌)와 2000년대 위성영상(우) 비교

북한 지역 동해안과 서해안 평야의 지형 환경 변화

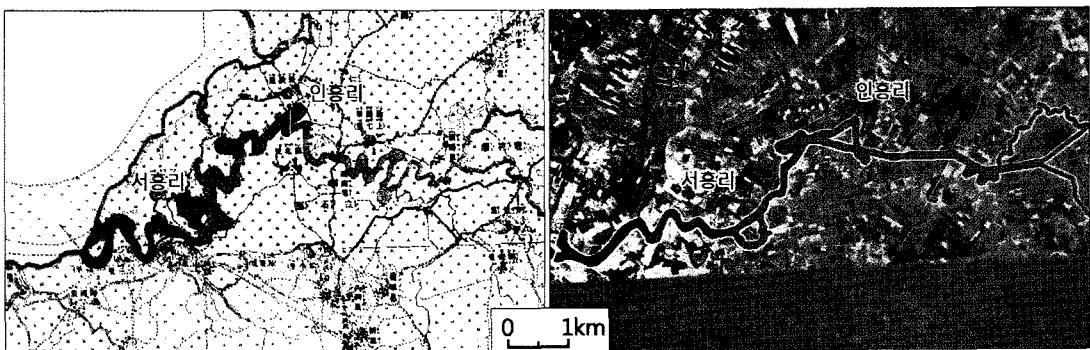


그림 6. 안주평야 안융천 하류의 1910년대 지형도(좌)와 2000년대 위성영상(우) 비교

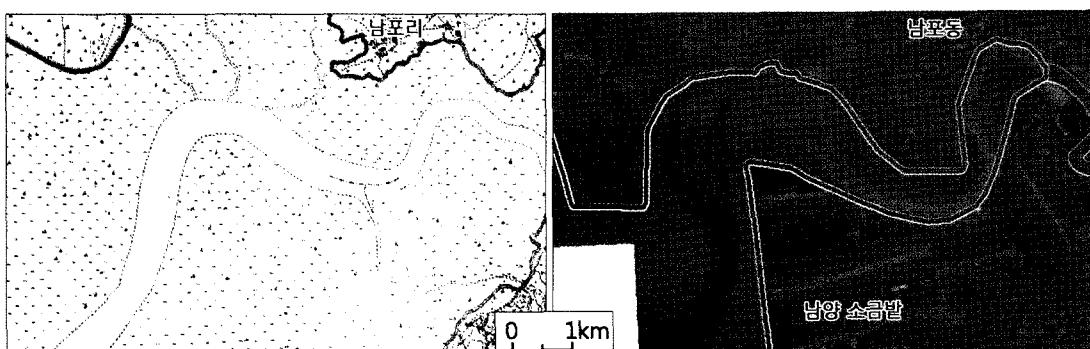


그림 7. 안주평야 해창강 하구의 1910년대 지형도(좌)와 2000년대 위성영상(우) 비교

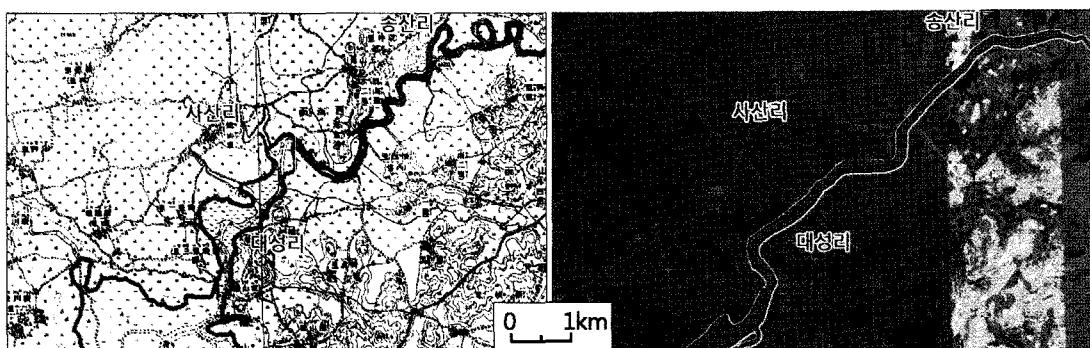


그림 8. 안주평야 해창강 하류의 1910년대 지형도(좌)와 2000년대 위성영상(우) 비교

안동 일대는 1910년대 지형도에서는 일종의 하중도에 위치한 춘락이었으나, 2000년대에는 제방이 축조되었고 하중도 전체가 배후의 육지부와 연결되어 완전하게 육화된 모습을 확인할 수 있다(그림 5). 2000년대 로안동 일대의 토지는 1910년대와는 다른 모습으로 격자형으로 개간되어 있어, 현재의 위성영상을 통해서 과거 하중도의 모습을 유추하기가 불가능할 정도로 지표의 형태가 변모하였다.

과거 하중도였던 로안동이 육화된 이후, 로안동의 서쪽에 새로운 하중도가 형성된 것으로 보이며, 현재 이 하중도는 수로를 통해 로안동 일대와 지형적으로 분리되어 있으나, 현재와 같이 청천강 하구의 토사 퇴적이 지속적으로 발생한다면, 이 또한 로안동 일대와 마찬가지로 육화될 것으로 예상된다. 이렇게 토사의 퇴적으로 하중도와 사수가 형성되고, 이러한 곳에 제방을 축조하고 내부를 농경지

로 개간하는 과정을 통해서 청천강 남안 일대의 토지가 확장되었고, 이로 인해 청천강 하구의 하도는 계속 서쪽으로 밀리면서, 1910년대에 비해 2000년대에는 하도의 폭이 상당히 축소된 모습을 확인할 수 있다.

한편 로안동의 북부 일대는 1910년대에 하중도를 이루고 있었으나, 2000년대에는 청천강의 하도로 변화되었는데, 이는 청천강 북안 지역의 하안과 범립원이 남쪽 방향으로 개간되고 확대되는 과정에서 유로가 좁아지고 남쪽으로 휘어지면서, 로안동 북부 일대에 측방 침식작용이 활발해지면서 지표가 개석되어 하도로 변화된 것으로 추정된다.

안용천 하류의 서홍리와 인홍리 일대는 1910년대와 2000년대를 비교할 때, 해안선과 하도의 모습이 상당부분 변화되었다(그림 6). 서홍리의 서부 지역은 1910년대에 해안선이 위치하였으나, 2000년대에는 간척사업이 진행되어 모두 육지로 변화되었다. 1910년대의 해안선은 2000년대에 와서 그 위치와 모양 그대로 수로로 이용되고 있어, 과거 해안선의 모습을 유추할 수 있는 정보를 제공하고 있다.

1910년대 안용천 하류의 하도는 넓고 평탄한 해안평야를 자유롭게 흐르면서 매우 심한 곡류 하도를 나타내고 있으나, 2000년대에는 하도의 형태가 보다 단순해졌다. 2000년대 위성영상에서 볼 때, 인홍리보다 하류쪽의 하도는 여전히 자유곡류 하도를 유지하고 있다. 2개 지점에서는 유로가 분기되면서 중간에 하중도가 나타나며, 3개 지점에서는 과거의 곡류 하도를 유추할 수 있는 우각호 형태의 습지들이 나타나고 있다. 그러나 인홍리보다 상류쪽의 하도는 직강화가 이루어져 적산상의 하도를 나타내고 있으며, 하도 양안에서는 과거 곡류 하도를 유추할 수 있는 곡선상의 습지들이 발견되기도 한다.

해창강 하구의 해안에는 1910년대에 넓은 간석지와 해창강 하구로부터 이어진 갯골이 발달하여 있었으나, 2000년대에는 간석지의 상당 면적이 간척되어, 하구의 북쪽 간척지는 농경지로 이용되고 있으며, 남쪽 간척지는 염전으로 이용되고 있다(그림 7). 이 대규모 염전은 북한에서 '남양 소금밭'으로 불리며, 북한의 주요 소금 생산지 중의 하나로서, 염전을 배경으로 '남양 노동자구'가 건설되어 있다. 해창

강 하구의 갯골은 1910년대와 비교할 때 2000년대에도 그 형태가 거의 그대로 유지되고 있다.

해창강 하류의 하도는 1910년대와 2000년대를 비교할 때 하도 직강화가 뚜렷하게 나타난다. 송산리와 사산리 일대는 1910년대에 곡류가 심하였으나, 2000년대에는 송산리와 사산리 사이에 구릉지로 인한 곡류부를 제외하면, 하도의 형태가 전체적으로 직선으로 변화되었다. 그러나 2000년대 위성영상에서 해창강의 활발한 곡류 현상을 유추할 수 있는 흔적이 2곳에서 나타나는데, 사산리 남동쪽에는 하도의 북쪽에 반원형의 습지가 나타나고 있어, 이곳이 과거에 곡류 하도였음을 보여주고 있다(그림 8).

4. 함흥평야의 지형 및 환경 변화

함흥평야를 형성한 성천강은 우리나라 하천들에서는 보기 드물게 두드러진 망상(braided)의 유로를 이루고 있다. 하도 및 하안에 대한 개발이 진행



그림 9. 1910년대 함흥평야의 지형도와 해안선 및 주요 하천

되며 이전인 1910년대의 지형도를 살펴보면(그림 9), 함홍평야가 위치한 성천강 하류의 하도는 수 개의 줄기로 분류와 합류를 반복하는 망상의 유로를 나타내고 있으며, 성천강으로부터 분류한 일부 유로는 남쪽으로 흘러 성천강 하구가 아닌 광포의 하구로 유입되기도 한다. 그리고 이러한 성천강에서 분기된 지류 하도의 위치는 1910년대와 2000년대에 큰 변화가 없다(그림 10, 11). 따라서 성천강의 하류는 망류 하도보다는 고정된 기반암이나 충적 층에 의해 안정적으로 하도가 분류하고 다시 합류하는 형태인 분합(anastomosing) 하도(Huggett, 2007)에 가깝다고 할 수 있다. 분합 하천은 일반적으로 경사도가 낮고, 하천 에너지가 매우 작으며, 수심에 대한 하폭의 비율이 작아 측방침식에 안정적이므로(Knighton, 1998), 일반적인 곡류와 망류 하도에 비해 하도의 형태적인 변화가 잘 나타나지 않는다.

성천강의 하구는 삼각주 지형으로 분류된다. 우리나라 동해안에서는 태백산맥이나 함경산맥의 높



그림 10. 2000년대 함흥평야의 위성영상과
해안선 및 주요 하천

은 산지와 좁은 하곡으로부터 공급된 퇴적물을 운반한 하천이 넓고 평坦한 해안에 접하면서 토사를 퇴적하고 망상의 하도를 형성하면서 삼각주를 이루는 경우가 있는데, 두만강, 성천강, 영홍강 하구가 대표적이다. 두만강 하구에는 첨상(cuspate) 삼각주가 발달하고 있으며(이민부 등, 2006a), 성천강 하구의 삼각주도 첨상에 가까운 모양을 나타낸다. 따라서 두만강과 성천강은 조류의 영향은 매우 약하고, 하천의 작용보다는 파랑의 작용이 보다 우세한 조건(Ritter *et al.*, 2006; Huggett, 2007)인 것으로 보인다. 반면, 영홍강 하구의 삼각주는 첨상보다는 엽상(lobate)에 가까운 모양을 하고 있는데, 이는 영홍강 하구가 영홍만의 내부에 위치하여, 파랑의 작용보다는 하천의 작용이 우세하였기 때문(Ritter *et al.*, 2006; Huggett, 2007)으로 판단된다.

함흥평야에서 지형 환경의 변화가 가장 뚜렷하면서 특징적인 곳은 분합 하도와 삼각주가 발달한 성천강의 하류 및 하구 지역과 남북한을 합하여 두 번째로 큰 석호인 함흥평야 남부의 광포 일대

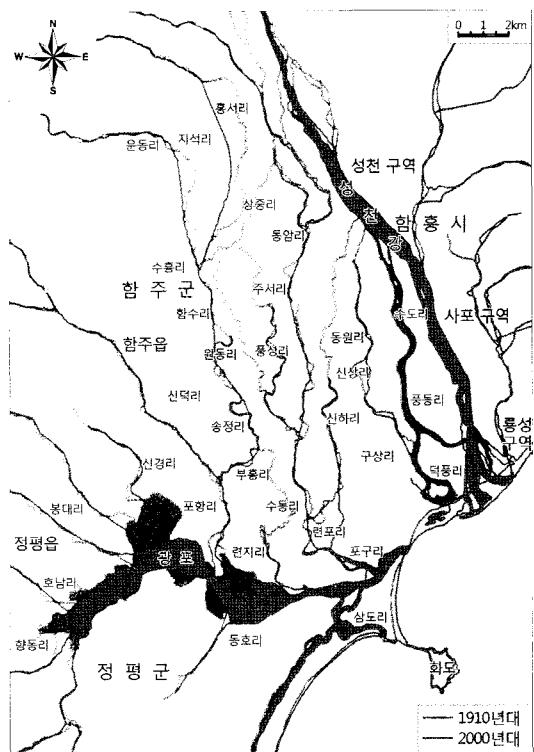


그림 11. 함흥평야의 1910년대와 2000년대
해안선 및 주요 하천 비교

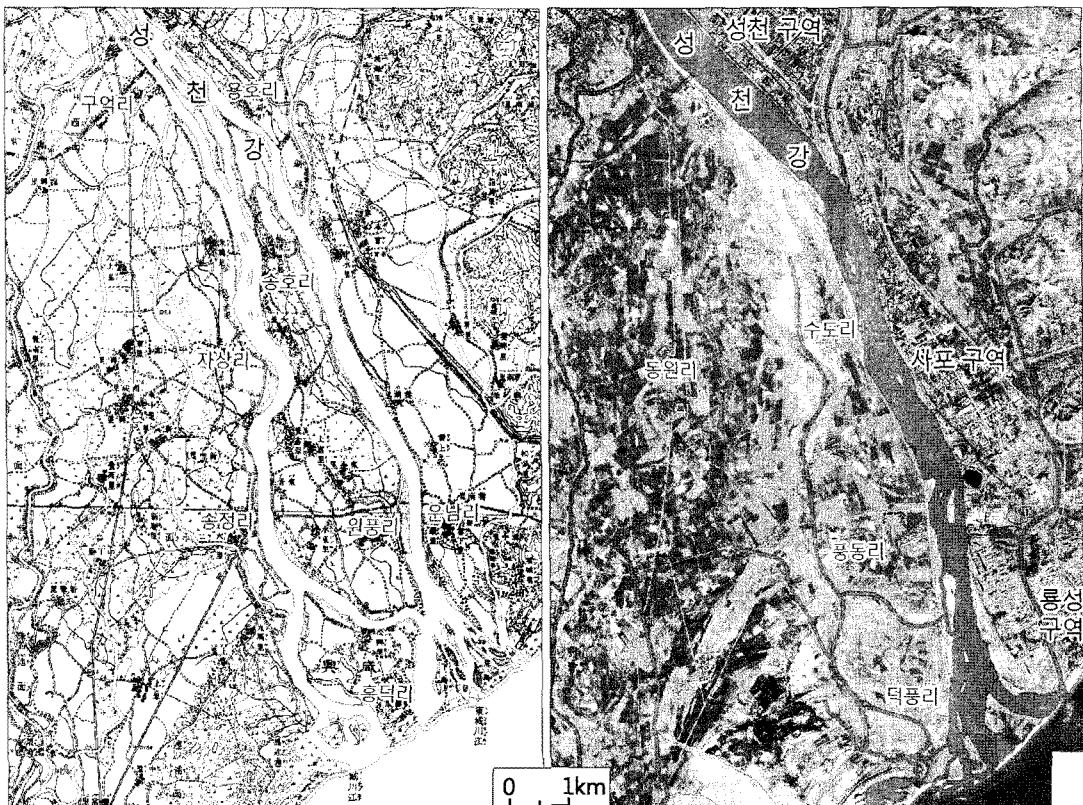


그림 12. 합홍평야 성천강 하류의 1910년대 지형도(좌)와 2000년대 위성영상(우) 비교

로 볼 수 있다.

1910년대 성천강 하류는 전체적으로 분합 하도의 특성을 가지고 있었으나, 하천 우안의 분류 하도들은 매우 작은 지류 하천의 규모로서, 농경지로 이용되는 평야 내부의 소규모 농수로 역할을 하였을 것으로 추정된다(그림 12). 성천강의 주 유로는 합홍평야의 북서부, 즉, 하천의 좌안에 치우쳐서 흐르고 있는데, 주 하도 내에서도 분류가 발생하면서 하도 내에 모래섬 형태의 크고 작은 하중도들이 다수 발견된다.

1910년대 성천강의 주 유로는 용호리 부근에서 서성천강과 동성천강으로 두 갈래로 나뉘어져, 송호리~원풀리(현재 수도리~풍동리)에 이르는 넓은 면적의 하중도를 형성하였으며, 서성천강은 하구에 가까워지면서 다시 분류하여 홍덕리(현재 덕풍리) 일대에 또 하나의 하중도를 형성하였다. 그러나 1921년부터 서성천강을 폐쇄하고 이 일대를 농경지로 개간한 치수 사업의 결과, 2000년대 위성영상

에서 서성천강은 하천의 규모가 매우 축소되어 과거의 하도에는 작은 농수로만이 존재하며, 수도리~풍동리와 덕풍리 일대에 존재했던 하중도는 성천강 우안의 범람원으로 변화되었다.

1910년대와 2000년대를 비교할 때, 성천강의 하도 변화와 함께 성천강 하구의 삼각주와 합홍평야의 해안선에서도 특징적인 변화를 확인할 수 있다. 가장 특징적인 환경 변화는 성천강 하구 일대의 해안선이 바다쪽으로 전진함으로서 육지가 확장되고 있다는 것이다(그림 11, 12). 삼각주가 발달한 성천강 하구의 해안선은 1910년대에서 2000년대 사이에 최소 약 400m에서 최대 약 800m 범위에서 바다를 향해 전진하여, 해안선의 전진 속도는 최대 약 9m/년으로 분석되었다. 퇴적물 공급에 따른 삼각주의 이러한 성장에 의해, 성천강 삼각주 일대에서 연안류에 의해 성천강 하구의 퇴적물이 이동될 수 있는 범위인 삼도리의 침상 사취(cuspate spit) 말단부까지의 해안 지역은 1910년대에 비해 2000



그림 13. 함흥평야 광포 일대의 1910년대 지형도(상)와 2000년대 위성영상(하) 비교

년대에 육지의 면적이 약 3.40km^2 증가된 것으로 분석되었다. 반면, 바다로 돌출된 삼도리의 첨상 사취에 막히어 성천강 삼각주로부터 모래가 이동되기 어려운 조건인 삼도리 남부의 해안 지역에서는 1910년대에 대한 2000년대의 육지 면적 증가는 0.72km^2 에 불과한 것으로 나타났다. 따라서 최근 100년 동안 성천강 상류로부터의 공급된 다량의 퇴적 물에 의해 성천강 삼각주가 성장하고 있으며, 연안류에 의해 삼각주의 퇴적물의 재이동 및 재퇴적이 진행되면서 성천강 하구 남쪽의 해안선도 바다쪽으로 전진하여, 함흥평야의 면적이 지속적으로 확대되고 있다.

성천강 삼각주의 지형 환경 변화와 비교할 때, 우리나라의 낙동강 삼각주는 하굿둑 건설 이후인 1987~2001년까지 연안사주가 각 지점별로 성장, 정체, 쇠퇴하는 복잡한 양상을 나타내고 있고(김성환, 2005), 이집트의 나일강 삼각주 역시 1955~2002년

사이에 파랑과 인간의 영향으로 지역에 따라 14m/년의 해안선 후퇴와 15m/년의 해안선 전진이 모두 나타나고 있다(El Banna and Frihy, 2008). 그리고 중국의 양쯔강 삼각주, 미국의 미시시피강 삼각주를 비롯한 세계 여러 곳의 삼각주에서도 하천의 댐 건설로 인한 퇴적물의 감소, 토양 침식 증가로 인한 퇴적물 증가, 해안 개발로 인한 파랑과 연안류의 변화에 따른 퇴적물의 침식과 퇴적, 해수면 상승과 지반 침하로 인한 해안선 후퇴, 지반 융기 등에 의한 해안선 상승 등의 작용들이 복잡하게 관련되어, 삼각주의 해안선이 각 지역에 따라 전진하거나 후퇴하는 등(Yang et al., 2003; Giosan et al., 2006; Restrepo and Lopez, 2008; Fouache et al., 2001; Fitzgerald, et al., 2004) 다양한 양상을 나타내고 있다.

따라서 성천강 하구에서 뚜렷하게 나타나는 삼각주의 면적 확대와 해안선의 전진 현상은 일반적

인 하천 및 해안 지역의 개발과 자연환경 변화의 요인 뿐 아니라, 북한 지역의 하천이 갖는 특수성에서도 그 원인을 찾을 수 있다. 지난 수십 년간 북한 지역에서는 산지의 사면에 대한 개간 사업이 활발히 진행되었고, 그 결과, 급사면을 포함한 산지의 경지 면적이 확대되었으나, 사면의 토지 피복 변화로 인해 토양 침식 및 산지의 개석 작용이 가속화되면서, 다량의 토사가 산지로부터 공급되어 하천으로 이동 및 퇴적되는 과정에서 산사태와 홍수 등의 자연재해를 증가시켜 왔다(이민부 등, 2003a; 2003b). 즉, 북한의 산지 사면 개간의 확대로 인한 토양 및 사면의 침식에 따른 하천으로의 퇴적물 공급량 증가가 성천강 삼각주 확대의 가장 중요한 요인이 될 수 있을 것으로 판단된다.

성천강 하류의 활발한 토사 퇴적과 해안 평야의 발달은 우리나라에서 2번째로 큰 석호인 광포의 형성과 발달에도 영향을 미치고 있다. 북한에서는 광포에 대해서 아래와 같이(이상용, 1998) 소개하고 있다.

정평군 동부 바닷가에 있는 호수로, 우리나라에서 두 번째로 큰 자연 호수이다. 이 호수는 바다의 작은 만이었던 것이 바닷가의 융기 과정과 바닷가 모래 부리의 발달에 의하여 해안이 막혀서 이루어진 바닷가 호수이다. 넓이 11.36km², 둘레 약 28km이다. 호수에는 부평천, 구읍천, 원수천 등 60여개의 하천들이 흘러든다. 원수천 어구에 밀물을 막기 위한 시설물이 건설됨으로써, 윗 광포는 민물호로 아래 광포는 반함수호로 되었다. 호수 주변은 대규모의 현대적인 오리농장이 있다. 이 호수물은 관개용수로 널리 이용되고 있다.

윗글을 참고로 하면, 광포는 과거 내륙을 향해 좁고 길게 들어간 만이었으나, 성천강으로부터 유입된 토사가 연안류를 따라 광포 주변 해안으로 이동되어 퇴적되면서 만구 시주(bay-mouth bar)를 형성하여 만의 입구부를 막아 호수가 형성되었으며, 여기에 동해안의 지반 융기에 의한 해안 지역의 고도 상승이 석호의 벌달을 촉진시킨 것으로 해석된다. 광포는 호수 폭이 매우 좁은 원수천이 하구 지점을 기준으로 상류 쪽의 윗 광포와 하류 쪽의 아래 광포로 구분되며, 윗 광포와 아래 광포 모두 1910년대에 비해 2000년대에 들어서 호수의 면적이 상당히 줄어들었다(그림 13).

윗 광포는 포항리의 남서부 일대에서 호수가 매립되어 농경지로 간척되면서 호수의 면적이 가장 크게 감소하였다. 또한 호남리와 향동리 일대도 호안에 직선상의 제방이 쌓이고 간척이 되어 농경지가 만들어지면서, 호수의 면적이 축소되고 호안의 형태가 변화되었다. 인위적인 영향에 의해 호안의 변화가 나타난 윗 광포에 비해 아래 광포는 자연적인 영향이 보다 주요하게 나타나고 있으며, 련자리 남서쪽의 원수천의 하구에서 가장 뚜렷하다. 원수천은 함주군 동부의 백설산(1,078m)에서 발원하여 급경사의 높은 산지를 흐른 후 함흥평야의 서쪽 가장자리를 지난 광포에 합류하는 하천으로, 1910년대에 비해 2000년대에 들어서 하구가 남동쪽으로 약 1.5km 성장해 있으며, 바다쪽으로 유로가 돌출한 조족상(bird-foot) 삼각주와 유사한 형태를 띠고 있다. 따라서 원수천은 상류의 산지로부터 다량의 토사가 공급되어 침식기준면인 하구부에 퇴적되고, 이와 함께 홍수시에 하천 유로가 변화되면서 퇴적체가 호수를 향해 점점 성장하는 과정을 거치

표 1. 북한 서해안 안주평야와 동해안 함흥평야의 지형 환경 비교

서해안 안주평야	연구 지역	동해안 함흥평야
600km ² , 0~20m	면적, 고도 범위	350km ² , 0~15m
충적평야, 해안평야, 침식평야	평야의 성인	충적평야
하천, 조석, 풍화, 인간활동	지형형성 기구	하천, 파랑
간석지, 범람원, 습지, 구릉	주요 지형	범람원, 사주, 사구, 석호
청천강, 해창강, 안용천	주요 하천	성천강, 원수천
(자유)곡류	하도 특성	분합류, 망류
간척사업, 하도 직강화	주요 환경 변화	삼각주의 성장, 분기 하도의 개간, 석호의 축소

면서 광포의 상당 면적이 자연적으로 육화된 것으로 보인다.

5. 결 론

남한과 마찬가지로, 북한의 서해안과 동해안도 거시적인 지형의 차이에 의한 하천, 파랑, 조석 등 지형 형성 기구의 작용이 달라짐으로써, 해안평야의 특성도 서로 다르게 나타난다. 서해안은 장기간 풍화·침식 작용을 받은 크고 작은 구릉지들이 해안에 위치하여 해안선의 출입이 심하며, 수심이 얕고 조차가 커서 간석지가 넓게 발달되어 있지만, 동해안은 활발한 지반 응기에 의해 해안선이 단조롭고 수심이 깊고 조차가 작아, 파랑의 영향에 의한 해안 침식지형과 모래해안이 잘 발달되어 있다(권혁재, 2005)(표 1).

이러한 해안의 지형적 차이로 인해, 서해안의 안주평야는 간석지, 범람원, 습지, 구릉 등의 지형을 평야 일대에서 관찰할 수 있으며, 동해안의 함흥평야는 범람원, 사주, 사구, 석호 등의 지형이 분포한다. 안주평야를 형성하는데 가장 큰 영향을 미친 기구는 하천, 조석, 풍화, 인간 활동으로 볼 수 있다. 즉 세립의 퇴적물을 운반·퇴적시킨 청천강과 같은 하천, 넓은 간석지를 발달시킨 조석, 고도가 낮고 경사가 매우 완만한 구릉을 형성한 풍화 및 침식 작용, 그리고 갯벌을 매립하여 농경지로 개간한 인간의 활동 등이다. 따라서 안주평야는 평야의 성인이 각 지역에 따라 충적평야, 해안평야, 침식 평야로 구분된다. 반면, 함흥평야를 형성한 기구는 함경산맥의 높은 산지로부터 크고 작은 다량의 토사를 공급하여 퇴적한 성천강의 작용이 매우 크다고 볼 수 있어, 함흥평야는 충적평야로 구분된다.

평야를 흐르는 하천의 하도 특성 역시 차이가 있는데, 안주평야를 흐르는 청천강, 해창강, 안용천은 전체적으로 곡류 하도의 특성을 보이며, 특히 해창강과 안용천과 같은 소하천의 하류부에서는 곡률도가 매우 심한 자유곡류의 특징이 나타난다. 반면, 함흥평야를 흐르는 성천강은 유수보다 퇴적 물의 양이 지나치게 많은 결과로 나타나는 분합류 및 망류의 형태를 띠고 있다.

1910년대의 지형도와 2000년대의 위성영상을 비교하여 지난 100년간 주요 환경변화를 살펴보면,

안주평야에서는 간석지를 대상으로 한 대규모의 간척사업이 진행되어 농경지와 염전 등으로 이용되고 있으며, 평야를 흐르는 하천들은 대부분 직강화되었으나, 과거 곡류 하도는 지금도 습지로 남아 있는 경우가 많았다. 한편, 함흥평야에서는 성천강 하구의 삼각주가 성장하여 해안선이 바다쪽으로 전전하였고, 분기하여 흐르던 서성천강의 하도가 개간되어 현재는 서성천강의 유로가 사라졌으며, 함흥평야의 남쪽의 광포는 인위적인 호안 간척과 자연적인 하천 토사 공급에 의한 육화로 석호의 면적이 축소되었다.

본 연구는 북한 서해안의 대표적인 평야인 안주평야와 동해안의 대표적인 함흥평야를 대상으로 하여, 평야를 형성한 지형적 요인 및 평야의 자연 특성과 지난 100년간의 지형 환경 변화에 대하여 논의하였다. 그러나 북한 지역에 대한 연구는 현지 조사가 불가능하고 공간 정보가 담긴 다양한 최신 문헌 자료를 획득하기 어렵기 때문에, 본 논문 역시 연구 지역에 대한 심층적인 논의가 이루어지지 못하는 한계가 존재한다. 그렇지만 이러한 한계에도 불구하고 북한 지역에 대한 지리학적 연구가 계속 활성화되고 후속 연구를 통해 보완됨으로서, 남북한의 평화로운 미래를 위한 밑거름이 되는 연구 성과가 축적되고 활용되기를 기대한다.

문 헌

- 권혁재, 2005, 한국지리, 법문사.
권혁재, 2006, 지형학, 법문사.
김성환, 2005, 하구둑 건설 이후 낙동강 하구역 삼각주 연안사주의 지형변화, 대한지리학회지, 40(4), 416-427.
김영래, 2007, 영주-봉화 분지의 화강암 지형 경관의 특색, 한국지형학회지, 14(3), 71-90.
박 경, 2006, 남한지역에 나타나는 환상구조에 관한 지형학적 연구, 한국지형학회지, 13(1), 59-70.
배기찬, 1994, 신 북한 지리지, 도서출판 다나.
이민부·김남신·강철성·신근하·최한성·한 육, 2003a, 북한 회령지역의 농경지 변화에 따른 토양침식 추정, 한국지역지리학회지, 9(3), 373-384.
이민부·김남신·이광률, 2005a, 북한 서해안의 간척과 해안 변화 -평안북도 옹주군과 철산군 해

- 안을 사례지역으로- 한국지형학회지, 13(3), 99-110.
- 이민부 · 김남신 · 이광률, 2006b, 한반도 동해안의 자연화 분포와 지형 환경 변화, 한국지역지리학회지, 12(4), 449-460.
- 이민부 · 김남신 · 이광률 · 한 육, 2005b, 위성영상 을 이용한 대동강과 채령강의 하도변화 분석, 한국지형학회지, 12(1), 91-102.
- 이민부 · 김남신 · 이광률 · 한 육, 2005c, 위성영상의 신경망 분류에 의한 평안남도 온천군 해안지역의 환경 변화 연구, 한국지역지리학회지, 11(2), 278-290.
- 이민부 · 김남신 · 이광률 · 한 육, 2005d, Quick Bird 영상을 이용한 북한 서해안 구릉지 개간에 따른 지표 침식 분석, 한국지역지리학회지, 11(4), 453-462.
- 이민부 · 김남신 · 이광률 · 한 육 · 김석주, 2006a, 두 만강 하류 사구의 분포와 변화에 관한 연구, 대한지리학회지, 41(3), 331-345.
- 이민부 · 김남신 · 최한성 · 신근하 · 강철성 · 한 육, 2003b, 위성영상 분석에 의한 만포-강계 지역 경지확대에 따른 산림경관 변화, 한국지역지리학회지, 9(4), 481-492.
- 이민부 · 이광률 · 김남신 · 신근하 · 남혜정, 2005e, 위성영상과 지형도를 이용한 북한 연백평야의 지형 변화 연구, 한국지형학회지, 12(2), 73-85.
- 이상용, 1998, 북한 관광 요람, 한국일보.
- 이영덕, 1995, 한국민족문화 대백과사전, 한국정신 문화연구원.
- El Banna, M.M. and Frihy, O.E., 2008, Human-induced changes in the geomorphology of the northeastern coast of the Nile delta, Egypt, *Geomorphology*, doi: 10.1016/j.geomorph.2007.06.025.
- Fitzgerald, D.M., Kulp, M., Penland, S., Flocks, J. and Kindinger, J., 2004, Morphologic and stratigraphic evolution of muddy ebb-tidal deltas along a subsiding coast: Barataria Bay, Mississippi River delta, *Sedimentology*, 51, 1157-1178.
- Fouache, E., Gruda, G., Mucaj, S. and Nikoll, P., 2001, Recent geomorphological evolution of the deltas of the rivers Seman and Vjosa, Albania, *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 793-802.
- Giosan, L., Constantinescu, S., Clift, P.D., Tabrez, A.R., Danish, M. and Inam, A., 2006, Recent morphodynamics of the Indus delta shore and shelf, *Continental Shelf Research*, 26, 1668-1684.
- Huggett, R.J., 2007, *Fundamentals of Geomorphology*, Routledge.
- Knighton, D., 1998, *Fluvial Forms and Processes*, Oxford University Press.
- Restrepo, J.D. and Lopez, S.A., 2008, Morphodynamics of the Pacific and Caribbean deltas of Colombia, South America, *Journal of South American Earth Sciences*, 25, 1-21.
- Ritter, D.F., Kochel, R.C. and Miller, J.R., 2006, *Process Geomorphology*, Waveland Press.
- Yang, S.L., Belkin, I.M., Belkina, A.I., Zhao, Q.Y., Zhu, J. and Ding, P.X., 2003, Delta response to decline in sediment supply from the Yangtze River: evidence of the recent four decades and expectations for the next half-century, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, 689-699.
- 교신 : 이광률, 702-701, 대구광역시 북구 산격동 경북대학교 사범대학 지리교육과, georiver@knu.ac.kr, 전화: 053-950-5859(Lee, Gwang Ryul Department of Geography Education, Teachers College, Kyungpook National University, Sankyuk-dong, Buk-gu, Deagu, 702-701, Korea, phone: 053-950-5859)
- (접수: 2009.2.2, 수정: 2009.3.31, 채택: 2009.4.10)