

예성강 유역의 저수지 현황 분석을 위한 SPOT-5 위성자료의 이용*

Utilizing SPOT-5 Satellite Data for Present State Analysis of Irrigation Reservoirs of the Yeseong River Basin

이진덕¹⁾ · 이병환²⁾ · 송영석³⁾

Lee, Jin Duk · Lee, Byung Hwan · Song, Young Suk

Abstract

In order to prepare the interchange between and the unification of North and South Korea, it is needed to establish the development direction of irrigation reservoirs and formulate technological and political directions for preparing effectively against the demand of agricultural countermeasure information like the analysis of rural comprehensive development projects and the present state of agricultural land of North Korea. The purpose of this research is to construct the database of agricultural productive infrastructures and analyze the present state of irrigation reservoirs of the Yeseong River Basin in North Korea using SPOT-5 satellite imagery.

As a result of the research, we were able to not only design classification items but establish method and procedure for producing thematic maps related agricultural productive infrastructure without on-site survey by analyzing present condition related to agricultural water of the basin. And we intend to provide basic data for analyzing suitable locations of irrigation reservoirs in the basin by performing basin extraction, volume evaluation of the existing reservoirs, scale cultivative lands, benefit area fo the reservoirs, and the existing agricultural water system. In addition, we were able to understand the problem and limit in constructing the database related agricultural productive facilities.

Keywords : SPOT-5, Satellite Imagery, Yeseong River Basin, Irrigation Reservoir, Agricultural Information

초 록

북한의 농업용 저수지 개발방향을 설정하고 농촌종합개발사업 및 농지현황분석 등 농업대책정보 수요에 보다 신속하고, 효과적으로 대처할 수 있도록 기술적, 정책적 방향을 수립하는 것은 남북교류 및 통일을 대비하여 중요한 의미가 있다. 본 연구의 목적은 SPOT-5 위성영상을 처리하여 북한 예성강 유역내 농업생산기반 DB를 구축하고 농업용 저수지 현황을 분석하는데 있다.

연구 결과, 현장방문조사가 불가능한 예성강유역의 농업용수관련 현황을 분석하여 분류항목을 설계하고 아울러 실제 농업생산기반관련 주제도를 제작하는 방법 및 절차를 정립할 수 있었다. 그리고, 유역추출, 기설 저수지 용적계산, 전답의 규모 및 수혜지역(생산지역) 범위 설정, 기존의 농업용수체계 등을 조사하여 농업용 저수지의 개발적지 분석을 위한 기초자료를 제공하였다. 또한, 북한지역의 농업생산기반 DB 구축시 문제점과 한계를 파악할 수 있었다.

핵심어 : SPOT 5호, 위성영상, 예성강 유역, 저수지, 농업정보

1. 서 론

북한의 농업생산기반 현황을 파악하고 그 활용계획을

세우는 것은 경제·산업적인 측면에서 큰 의의가 있다. 남북한 경제협력 활성화를 위한 주된 분야로 농업분야가 가장 유망한 것으로 판단되고 있으며, 남북 농업협력

*본 논문은 2008년 한국측량학회 춘계학술발표회(2008. 4)에서 발표한 '위성영상을 이용한 예성강 유역의 농업용 저수지 현황분석'을 수정·보완한 것입니다.

1) 교신저자 · 정회원 · 금오공과대학교 토목환경공학부 교수(E-mail:jdlee@kumoh.ac.kr)

2) 정회원 · (주)한국아이엠우 연구소장(E-mail:bhlee@imukorea.com)

3) 한국농어촌공사 여주이천지사 지역개발팀 팀장(E-mail:ugcyssong@hanmail.net)

사업의 대상으로 농촌용수개발사업 등 생산기반조성사업을 들 수 있다.

북한은 농업정책의 핵심을 곡물증산에 두고 '70년대 중반의『자연개조 5대 방침』, 1980년대 초의『4대 자연개조사업』을 내세우고 농지의 외연적 확대를 꾀하였다. 그러나 90년대의 대홍수 등 자연재해로 인하여 농경지 피해, 수리시설 파손 등 농업생산기반의 붕괴를 초래함으로써 북한의 식량사정은 매년 100~200만톤의 부족현상이 지속되고 있다. 이는 경제난에 따른 에너지부족, 영농자재부족, 사회주의 경제체계의 비효율성, 생산기반 시설의 기능저하 등 농업 내·외적 요인이 복합적으로 작용했기 때문이다(송영석, 2007).

김가성(1999)은 간척사업을 포함한 북한의 농업생산 기반에 대한 기초적인 자료를 이용하여 통일 이전의 남·북한 협력방안을 제시하였으며, 이강열(1997)은 인공위성 자료를 이용하여 서해안 황해도 일부지역의 간척상황을 확인하였다. 한국농촌공사 농어촌연구원(2006)에서는 북한의 농업기반 특성을 정확히 파악하고 행정 구역, 수계별 토지이용 실태, 수리시설물 현황, 부존 수자원 및 수자원 이용현황 등에 대한 기초자료를 체계적으로 관리하기 위한 목적으로 북한의 농업기반정보관리 시스템을 구축하였고 한국수자원공사(1998)는 고해상도의 SPOT 및 JERS-1 SAR 위성영상 분석을 통해 1995년, 1996년 임진강 유역의 홍수 피해상황 파악을 시도하여 원격탐사에 의한 북한지역 홍수피해분석의 가능성을 제시하였다. 이승호(2008)는 Landsat TM영상을 이용하여 북한 전역의 지형과 토지이용 등을 파악한 결과, 산림면적이 상당히 감소한 것으로 밝혀졌으며 많은 산림이 개간과 연료림 채취 등으로 황폐화되고 있는 것으로 파악되었다. 또한, 사공호상 등(2006)의『북한지역 국토이용 실태 조사방안 연구』에서는 북한의 평양시지역을 대상으로 여러 종류의 위성영상 사용하여 토지이용실태를 조사하고 구축방법론을 정립하였다.

본 연구는 원격탐사 기법을 적용하여 현장조사가 불가능한 북한 예성강유역의 농업용수체계 조사를 위한 선결과제로서 농업용수관련 레이어의 분류항목을 설계하고 아울러 실제 제작을 통하여 방법 및 절차를 정립하고자 하였다. 또한 농업생산기반 및 농업용수실태를 파악하고, 이를 DB화하여 남북한의 교류협력과 북한관련 연구 및 업무를 수행하는데 필요한 기초자료를 제공하고, 북한전역을 확대 구축하여 농촌용수의 체계적인 개발계획수립 및 방향을 제시하고자 함이다. 넓게는 점차

늘어나고 있는 북한의 농업생산기반정보의 수요를 충족시키고, 더 나아가 중장기적 농촌종합개발 및 이용, 배분, 보존 등의 농업자원계획을 수립하여 최종 농업용수지 개발적지분석의 기초자료를 제공하는데 목적을 두었다.

2. 연구범위 및 방법

공간적 범위는 지리적으로 남한과 가까운 위치에 있으면서 북한 제일의 곡창지대인 연백평야의 예성강유역을 선정하였다. 예성강유역내에는 황해북도의 9개군과 황해남도의 4개군, 개성직할시의 2개군 일부를 포함하고 있다. 문현정보에 의하면 예성강의 총 길이는 174km이며, 유역면적은 약 3,700km²이다.

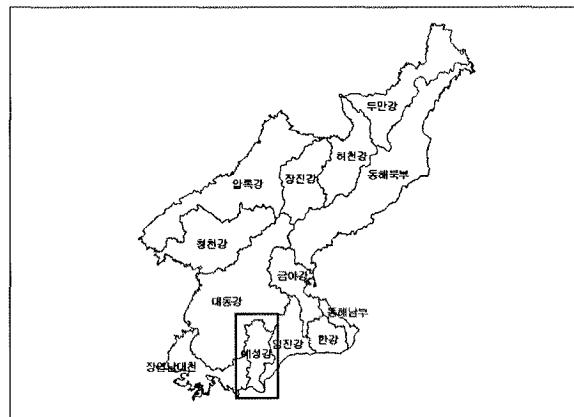


그림 1. 예성강 유역범위

연구의 내용적 범위는 SPOT-5위성영상자료의 처리과정 정립, 농업생산기반현황조사를 위한 영상판독을 통한 레이어 항목 설계, 정보추출기법을 통한 주제도 제작, 저수지의 분포 및 저수지량 계산 등을 통한 최종 농업용 저수지의 개발규모를 파악하여 농업용저수지 개발적지분석을 위한 기초자료를 제공하는 것이다.

연구의 수행절차는 그림 2와 같다.

3. 가용자료 취득

3.1 위성영상자료

예성강 유역을 포함하는 SPOT-5 위성영상자료 3 scene 을 취득하였다. SPOT-5 위성영상은 촬영 범위가 넓고,

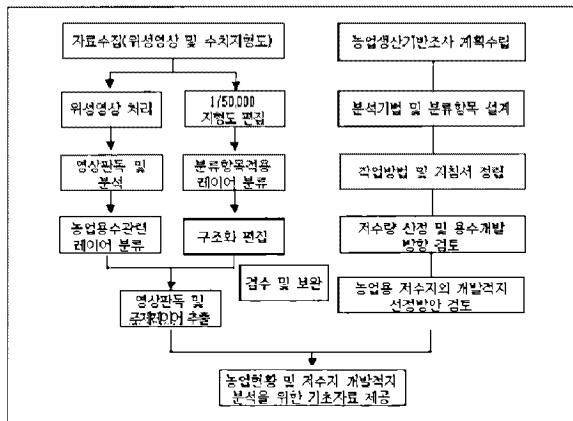


그림 2. 연구 수행절차

비용이 저렴하며, 고해상도이면서 광범위한 범위에 대해 1/12,000 축척의 수준까지 지도를 제작할 수 있어 위성영상으로 선정하였다.

표 1은 본 연구에 사용된 SPOT-5 위성영상자료의 특징을 설명한 것이다(Paulsson, 1992; 이진덕 등, 2006).

표 1. SPOT-5 위성자료

| | | | |
|----------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------|
| 특징 | Panchromatic | 공간해상도: 2.5m 파일크기: 약 580Mb/scene | |
| | Multi Spectral | 공간해상도: 10m 파일크기: 약 140Mb/scene | |
| | | 회복면적: 60km × 60km | |
| Path/Row 및 촬영일 | 302-272 2005.10.15 | 302-27 2002.11.19 | 3302-274 2002.11.19 |

3.2 지도 및 DEM자료

예성강 유역은 접근불능지역으로서 지상기준점 선정을 위한 1/50,000 종이지형도 및 수치지형도를 확보하여 위치정확도의 신뢰성을 향상시켰다. 예성강유역을 포함한 1/50,000 축척의 종이지형도와 수치지형도는 각각 11 도엽을 입수하였으며, 종이지형도의 제작년도는 1945년에 항공사진에 의해 신규 제작되었으며, 그 이후 1975년에 수정 편집한 것을 1981년에 종이지도로 인쇄한 것이다. 수치지형도는 종이지형도를 통하여 수치화한 것으로 1990년 초에 제작된 것이다. 수치고도모형(DEM)자료는 미국 SRTM 데이터로서, 30m 격자간격으로 되어 있다. 축척에 의하여 고도자료를 정확도로 환산하면

90%의 신뢰도에서 약 6m의 오차범위를 가지고 있다.

4. 자료처리 및 결과분석

4.1 위성영상처리

지상기준점 선정은 1/50,000 수치지형도에서 명확히 인지되며, 영상의 촬영시기에 영향을 받지 않은 교차로, 제방, 득 등의 인공구조물을 대상으로 총 20점 이상이 되도록 충분히 선정하였다. 그 중에 RMS가 상대적으로 큰 것을 제외한 총 3개 scene에 걸쳐 37점을 최종 선정하였다.

그 결과 평균제곱근(RMS)오차가 X축에서 3.38m, Y축에서 4.26m로 나타났다. 이는 소축척의 지형도와 위성영상의 공간해상도가 2.5m임을 감안할 때 매우 정밀한 위치보정이 된 것이라 할 수 있다. 또한, 지상기준점을 이용하여 영상파일에 포함된 센서와 지상간의 센서모델을 수립한 후 30m급 수치고도모형(DEM)을 이용하여 수치미분편위수정에 의해 정사보정을 수행하였다. 정사영상의 정확도 검수는 시각적으로 영상의 무결성을 파악하였으며, 정사영상과 1:50,000 수치지형도를 종첩하여 오류정도를 파악한 결과 지상기준점 선정 결과와 일치하였다.

4.2 영상융합과 색상보정

3 scene의 SPOT-5 위성자료를 2.5m급의 전정색 영상과, 10m급의 다중분광영상을 융합하여 고해상의 칼라영상 제작하였다. PCI Geomatica의 "Pansharpen" 기법을 적용하여 수행했으며, 그림 3에 나타낸 바와 같이 다중분광영상자료를 이용하여 컬러영상(color composite image)을 제작하고, 위색(false color)인 경우에는 자연색(natural color) 밸런스를 위한 영상처리를 통해 색상보정을 실시하였다(Jesen, 1983). 그림 4에서와 같이 SPOT-5 위성영상의 다중분광(10m 해상도)는 밴드 특성상 Blue밴드가 없어 위색을 나타내므로 자연색밸런스 처리 알고리즘을 사용하여 자연색에 가깝게 변환해 주었다. 센서모델의 계산, 지상좌표 변환, 영상재배열 등의 처리과정은 PCI Geomatica v.9.18에서 이루어졌다.

4.3 위성영상 판독 및 분류항목 설정

4.3.1 레이어 분류 항목 설계

SPOT-5 위성영상에서 판독 가능한 농업생산기반시설 분류항목 레이어를 정립하였다. 위성영상 판독기준과

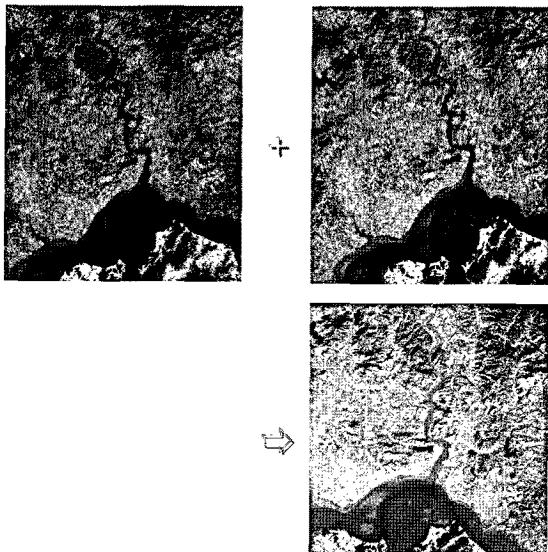
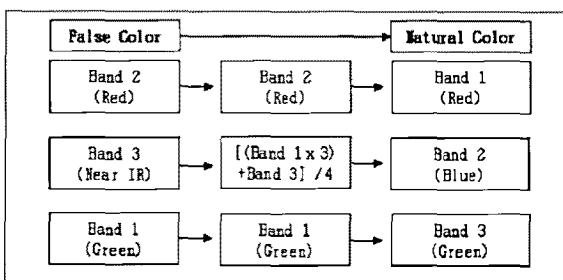
그림 3. 전정색영상과 다중분광영상의
융합처리 및 색상보정결과

그림 4. 자연색 발현 처리과정

그림 5. 예성강유역의
영상 모자이크 처리

감독방법 그리고 묘사방법을 정리함으로서 향후 북한지역의 농업주제도 DB구축의 일관성을 유지하였다. 분류항목의 설계는 첫째, 북한지역의 토지이용조사실태를 가장 효율적으로 분석할 수 있는 위성영상을 선택하여야 한다. 둘째, 위성영상 취득시기는 분석결과의 일관성을 유지하기 위하여 중요하며, 촬영 폭과 공간 해상도의 관계도 구축비용과 구축시간에 영향을 많이 받기 때문에 신중하게 선택하여야 한다. 셋째, 접근불능지역임을 감안하

표 2. 농업생산기반 분류 항목 설계(안)

| 항 목 | 레이어 코드 | 종분류 | 레이어 코드 | 비 고 |
|-----------|--------|---------------------------|------------|-------------------------|
| 지류 | 100 | 수해지역(논) 밭(과수원포함) | 110 120 | 주요 저수지만 적용 본 연구에서 제외 |
| 하천 | 200 | 하천 | 210 | 대규모 하천만 추출 |
| | | 용수로(용수 관거 포함) | 220 | 본 연구에서 제외 |
| | | 댐 | 230 | |
| | | 호수, 저수지 | 240 | |
| 기타 시설물 | 300 | 보, 양수장, 취입보 등 용수시설물 | 810 | 본 연구에서 제외 |

※북한의 특이 지형/지물에 대하여 분류항목에 추가

여 현지조사 없이 위성영상만으로 판독이 가능해야 한다. 넷째, 경제적이고 효율적으로 DB구축이 가능하여야 하며, 자료의 신뢰성 및 정확도가 확보되어야 한다. 표 2는 농업생산기반 분류 항목 레이어를 설계한 것이다.

SPOT-5 위성영상에서 판독 가능한 농업생산기반시설의 분류항목을 정립하였다. 위성영상 판독기준과 감독방법 그리고 묘사방법을 정리함으로서 향후 북한지역의 농업생산기반 주제도 DB구축의 일관성을 유지하였다.

4.3.2 영상 판독에 의한 레이어 추출

영상판독은 모니터상에서 육안판독으로 하였으며, 비록 시간이 많이 소요되기는 하나 자동판독에 비해 정확하게 판독할 수 있었다. 주요 항목별 영상판독 및 레이어 추출은 다음과 같다.

가) 수해지역 추출

농업용수와 관련하여 각 저수지의 수해지역(생산지역, 논)을 판독하여 레이어를 추출하였으며 폴리곤으로 묘사하였다. 사면과 경계부분을 추출하였으며, 마을, 하

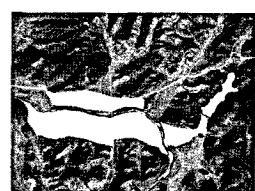
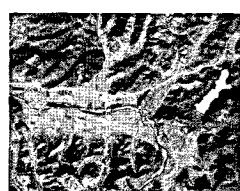


그림 6. 수해지역경계 추출과 면처리

천, 규모가 큰 시설물, 밭 등을 제외하였다.

나) 하천

하천레이어는 강에 인접한 지류로 정의되며, 대·중 하천은 실폭, 소하천은 실선으로 묘사하였다.



(a) 대하천



(b) 중하천



(c) 소하천

그림 7. 하천레이어 추출

다) 저수지

저수지 레이어는 댐이나 제방에 의해 물이 고여 있는 것을 말하며, 폴리곤으로 묘사하였다. 댐 레이어는 발전, 상수도, 농업용수 등에 목적을 두고 건설된 공작물을 말한다.



(a) 댐



(b) 저수지

그림 8. 댐 및 저수지 경계추출

라) 농업용수시설물

용수관거 레이어는 댐이나 대규모 저수지의 여수로를 통하여 다른 수해구역으로 관로를 설치하여 용수를 공

급하는 시설물이다. 본 연구에서는 대규모 용수관거만을 추출하였다.



(a) 보



(b) 양수정



(c) 용수관거

그림 9. 농업용수시설

영상판독을 통한 분류항목의 설계는 첫째, 북한지역의 토지이용조사 실태를 가장 효율적으로 분석할 수 있는 위성영상을 선택하여야 한다.

둘째, 위성영상 취득시기는 분석결과의 일관성을 유지하기 위하여 중요하며, 촬영 폭과 공간해상도의 관계도 구축비용과 구축시간에 영향을 많이 받기 때문에 신중하게 선택하여야 한다. 셋째, 접근불능지역임을 감안하여 현장조사 없이 위성영상만으로 판독이 가능해야 한다. 넷째, 경제적이고 효율적으로 DB구축이 가능하여야 하며, 자료의 신뢰성 및 정확도가 확보되어야 한다.

4.4 주제도 제작

각각의 레이어 코드값은 하나의 라인 또는 폴리곤으로 묘사하였으며, 코드별 속성값을 부여하였다. 또한 인접간 지형·지물의 위상관계를 정립하였으며, 구조화편집을 통하여 데이터간의 상관관계를 정립하였다. 분류체계에 따라 생성된 경계선에서 오버슈팅, 언더슈팅, 교차점의 분리여부를 확인하고 과도한 버텍스(vertex)를 적정수준으로 축소 편집하였다.

그림 10은 ArcGIS 소프트웨어를 이용하여 예성강 유역내의 각종 농업생산기반 주제도를 제작한 결과이다.

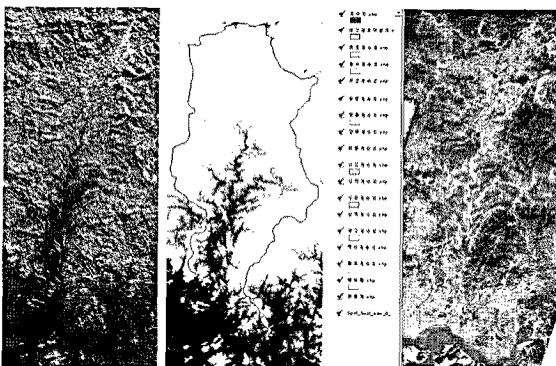


그림 10. 수치음영기복도를 이용한 유역경계 추출 및 주제도 제작

4.5 저수지 및 유역경계 간접

1/50,000 종이지형도에 묘사된 저수지의 현황과 SPOT-5 위성영상에서 추출한 저수지현황을 비교 분석하였다. 종이지형도가 1975년도에 제작되었다는 점을 고려하면 위성영상 촬영일까지 약 30년 동안 간접이 되지 않은 소축지도이다. 예성강 유역내 저수지 현황을 DB구축한 결과 기설저수지는 총 110개로 파악되었다. 이중 북한 문헌을 통해 저수지명과 위치, 규모를 알 수 있는 저수지는 23개였으며, 무명의 저수지가 87개로 파악되었다.

또한 예성강 유역 전체에 대하여 수치고도모형(DEM) 자료를 이용하여 음영기복도를 제작하여 그림 10과 같이 유역의 경계를 중첩하여, 실제의 산 정상 및 능선을 따라 유역경계를 수정 편집하였다.

그림 11은 개성직할시 개풍군 지역으로서 축척 1/50,000 종이지형도 상단에 저수지가 1개소 존재하는데 반해 원쪽 2005년도에 촬영된 위성영상에서는 2개의 저수지가 추가로 건설되었음을 알 수 있다.



그림 11. 1/50,000 종이지형도와 위성영상과의 저수지 현황비교

4.6 저수량 계산

북한 예성강 유역내의 주요저수지에 대한 저수량을

계산하기 위한 선행연구로서, 국내에 위치하고 있는 용설저수지를 선택하여 현지측량한 결과값과 위성영상 및 수치고도모형자료를 이용한 결과값을 비교 평가 하였다. 그 결과 현지측량 결과값이 만수면적에서 8ha, 저수량에서 $145,799\text{m}^3$ 로 더 높게 나타났다. 이는 가상 수치고도추출기법에서 오차가 발생한 것으로 보이며, 위성영상 촬영시기가 겨울이라 만수가 되지 않는 상태의 수면적 오차가 생긴 것으로 보인다. 그 이외에도 저수지 지면의 퇴적 및 지형상태 등에 따라 실제 저수량과의 차이가 발생할 수 있다.

선행연구를 바탕으로 예성강 유역내 규모가 큰 23개의 주요저수지만을 선택하여 저수량을 계산하였으며, 규모가 작은 무명의 저수지에 대해서는 만수면적, 제장, 둘레만을 추출하였다. 그림 12는 저수량을 계산하기 위한 가상수치고도모형도이며, 표 3은 23개의 주요 저수지에 대한 현황분석 결과이다.

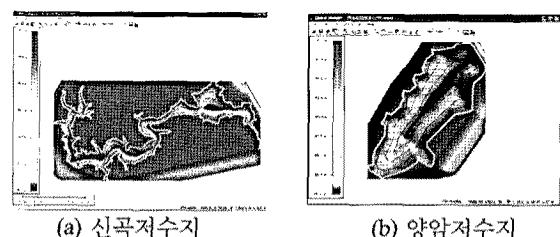


그림 12. 수치고도모형을 이용한 저수량 산정

표 4는 위성영상을 이용한 저수지현황자료와 북한 문헌자료에 제시된 동일의 기설 저수지 현황자료를 비교 분석한 것이다(조선지리전서, 1993). 북한 문헌자료에서는 저수량을 조사할 수 없어 만수면적과 둘레길이를 각각 비교하였으며, 문헌에 의해 조사할 수 있는 저수지를 대상으로 비교하였다. 그 결과 만수면적에서는 평균 5.58ha의 차이가 발생하였으며, 저수지 둘레길이에는 평균 29.22m의 차이가 발생했다.

이 결과는 전체적으로 만족한 수준이었지만, 각각의 저수지 조사결과에 있어서는 과대오차를 유발하는 것들도 있다. 결론적으로 현장측량 없이 저수량을 정확하게 계산하기에는 많은 어려움이 있었다. 저수지에 유입되는 유역의 면적, 수해면적 등을 이용하여 역계산하여 저수량을 계산할 수도 있지만, 수해대상지역에 비해 저수율이 항상 부족한 북한지역에 대해선 현황 파악이 어려운 실정이다.

표 3. 예성강 유역내 23개 주요 저수지의 현황분석 결과

| 위치 | 저수지명 | 수혜면적 (ha) | 유역면적 (ha) | 만수면적 (ha) | 제장 (m) | 들레 (m) | 저수량 (1,000톤) |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|
| 황해북도 곡산군 | 신곡 | 25,000 | 11,440 | 401 | 334 | 38,399 | 25,772 |
| 황해북도 서홍군 | 양암 | 120 | 320 | 20.9 | 271 | 2,354 | 2,049 |
| | 룡홍 | | | 10.5 | 161 | 2,162 | 310 |
| 황해북도 수안군 | 천암 | | | 95.7 | 95 | 12,202 | 2,761 |
| | 좌위 | | | 63.3 | 226 | 5,821 | 2,068 |
| 황해북도 신계군 | 해포 | 500 | 1,670 | 44.1 | 357 | 7,655 | 2,087 |
| | 산북 | 650 | 3,100 | 99.5 | 867 | 8,301 | 6,861 |
| | 신성 | 180 | 2,540 | 39.2 | 354 | 3,096 | 3,217 |
| | 왕당 | 500 | 1,210 | 15.3 | 160 | 2,081 | 1,047 |
| 황해북도 평산군 | 봉천 | 440 | 1,960 | 43.8 | 163 | 5,001 | 2,754 |
| | 청수 | 600 | 1,140 | 40.5 | 157 | 4,345 | 2,152 |
| | 어사 | | | 48.1 | 260 | 5,718 | 1,446 |
| | 평화 | | | 21.1 | 195 | 4,570 | 617 |
| 황해북도 금천군 | 우성 | 700 | 570 | 28.7 | 229 | 4,481 | 1,517 |
| 황해북도 토산군 | 안봉 | 160 | 180 | 12.3 | 262 | 2,337 | 467 |
| | 서천 | 280 | 890 | 18.7 | 254 | 1,842 | 914 |
| | 문성 | 65 | 730 | 16.6 | 200 | 2,025 | 592 |
| | 결운동 | | | 34.4 | 191 | 3,902 | 2,100 |
| | 설학 | 840 | 600 | 32.0 | | 3314 | 1,071 |
| 황해남도 배천군 | 률포 | 520 | 1,050 | 116 | 707 | 7,138 | 5,272 |
| 개성직할시 개풍군 | 영풍 | 600 | 820 | 53.8 | 437 | 3,705 | 2,385 |
| | 묵산 | 680 | 1,110 | 46.0 | 463 | 5,158 | 1,513 |
| | 옥산 | | | 14.7 | 288 | 1,724 | 543 |

표 4. 대상유역의 물 부족면적 분석 현황(단위: ha)

| 구분 | 총면적 | 시설이용면적 (저수지, 양수장 등) | 현황파악이 가능한 기설 23개 저수지 관개면적 | | |
|----|--------|---------------------------|---------------------------|---------------------|----------------|
| | | | 북한관련 문헌에서 제시한 관개면적(A) | 분석을 통한 관개가능면적(B) | 물부족면적 (A-B) |
| 논 | 54,302 | 45,217 | 12,880 | 11,000 | 1,880 |
| 밭 | 64,958 | 26,185 | 1,635 | - | - |

최선의 방법을 통해 저수량을 산정하였지만 다음과 같은 문제점을 안고 있다. 첫째, SPOT-5 위성영상의 촬영일이 10월과 11월이라는 계절적 요인으로 인하여 만수가 아닌 저수율이 다소 낮은 상태의 수면경계를 추출함으로써, 수면적 차이로 인해 저수량 산정시 오차가 발생할 수 있다. 둘째, 저수지 건설 이후 수년간의 퇴적으로 인하여 실제의 저수량과 차이가 발생할 수 있다.셋

째, 저수지의 형태와 저수지주변의 사면을 육안으로 분석하면서 임의로 등고선을 추출하는 과정에서 오차가 크게 나타날 수 있다.

여기서 이러한 문제를 해소하고 저수량을 보다 정확하게 계산하기 위해서는 만수시 수면적, 제고, 유역면적, 수문분석자료 등의 정확한 자료가 필요하다.

표 5. 위성영상을 이용한 저수현황과 북한 문헌자료의 비교

| 지 역 | 저수지명 | 위성영상 저수현황 | | 북한문헌 저수현황 | |
|------|------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| | | 만수면적 (ha) | 둘레 (m) | 만수면적 (ha) | 둘레 (m) |
| 황해북도 | 곡산군 | 신곡 | 401 | 38,399 | 390 |
| | 서홍군 | 양암 | 20.9 | 2,354 | 33 |
| | 신계군 | 해포 | 44.1 | 7,655 | 104 |
| | | 신성 | 39.2 | 3,096 | 39 |
| | | 왕당 | 15.3 | 2,081 | 45 |
| | 평산군 | 청수 | 40.5 | 4,345 | 35 |
| | 금천군 | 우성 | 28.7 | 4,481 | 26 |
| | | 안봉 | 12.3 | 2,337 | 17 |
| | | 토산군 | 서천 | 18.7 | 1,842 |
| | | 문성 | 16.6 | 2,025 | 20 |
| 황해남도 | 배천군 | 룰포 | 116 | 7,138 | 107 |
| 개성시 | 개풍군 | 영풍 | 53.8 | 3,705 | 46 |
| | | 북산 | 46.0 | 5,158 | 33 |
| | | 옥련 | 119.7 | 8,693 | 127 |

4.7 용수개발 방향 제시

북한관련 문헌에서 제시하고 있는 예성강 유역내 양수장, 취입보 및 관정 등을 제외한 23개 저수지의 관개면적은 총 14,515ha이며, 그 중 논이 12,880ha, 밭이 1,635ha이다(조선지리전서, 1993). 그러나 SPOT-5위성영상을 이용하여 분석한 저수지의 공급능력(내용적)에 따른 관개가능 면적은 약 12,410ha이며, 그 중 밭을 제외한 논은 약 11,000ha이었다.

표 5는 유역내 물 부족면적을 분석한 것으로 논의 경우 1,880ha로 나타났다. 따라서, 물 부족면적 만큼 유역내 저수지를 신설·개발하여야 하고, 작은 소규모 저수지의 경우 보강개발을 하여야 할 것이며, 필요하면 수계연결지구를 설정하여 계획하는 것이 바람직하다.

5. 결 론

본 연구는 위성영상 등 기타 참조자료를 활용하여 북한 예성강 유역의 농업생산기반 및 농업용수체계조사를 과학적이고 체계적으로 획득할 수 있는 작업절차와 방법을 확보하였다. 농업생산기반 조사항목 분류를 통하여 지형, 지물, 지세의 변화를 분석하고, 분류항목 지침서를 작성함으로써 개인별 차이를 극복하고 일관성과

객관성을 유지하고자 하였다. 따라서 북한지역의 농업 생산기반정보 DB를 구축하기 위하여 위성영상을 활용하여 기술적, 정책적 기초 자료를 제공하였는데 의의가 있다. 기술적인 면에서는 위성영상을 이용하여 현장 접근 없이 북한 예성강유역의 농업생산기반 주제도를 제작하기 위한 추진체계 및 작업방법을 정립하였다. 정책적인 면에서는 북한지역 농업생산기반정보 및 농업용수저수지 현황조사 구축의 필요성을 논리적으로 제기하고, 추진하는데 필요한 전략과 저수지개발 규모를 파악 할 수 있었다. 북한지역의 농업이용실태, 저수지현황조사, 경지정리 및 논의 면적추출 등 각종 농업용수관련 시설물을 조사 분석하여 향후 농촌용수의 합리적 개발, 이용, 배분을 위한 정책과 의사결정 지원을 할 수 있으리라 판단된다. 본 연구를 통하여 알게 된 점을 종합하면 다음과 같다.

첫째, 위성영상은 북한지역의 농업생산기반정보를 획득할 수 있는 효과적인 방법이다. 현장접근이 불가능한 북한 예성강 유역에 SPOT-5호 위성영상을 취득하여 영상처리과정을 정립하였다.

둘째, 위성영상 판독결과 경작현황, 유역면적, 저수지 현황, 논 규모 및 경지정리현황, 농촌마을 형태, 농로 현황, 용수로 및 용수관거 현황 등을 판독·분석하고, 판

독기준과 농업기반관련 레이어를 설계하여 북한의 농업 현황을 분석할 수 있는 논리적, 실천적 근거를 갖게 되었다.

셋째, 농업생산기반정보 DB구축의 작업방법을 정립하였으며, 유역 및 수해지역, 주요 저수지의 규모 및 저수량을 측정하여 농업용 저수지 개발에 필요한 물 부족 면적을 분석하였다.

이러한 연구성과에도 불구하고, 위성영상과 참조자료만 이용하여 농업생산기반정보를 상세하게 구축하는 경우 문제점과 한계를 가지고 있다. 위성영상 보정단계에서는 1/50,000 종이지형도 및 수치지도의 제작시기가 오래되어 지형지물정보의 변화가 심하고 위치, 속성 등의 정확도 검증이 불가능하였다. 자연 지형지물은 대부분 형태와 속성을 쉽게 파악할 수 있는데 반해 인공시설물 즉 취입보, 양수장 등의 판독은 일부만 가능하였으며, 저수량도 정확하게 계산하기에는 어려움이 있었다. 유역면적, 저수지정보, 수혜범위, 용수관제 현황 등 풍부한 정보를 담기 위해서는 다양한 참고자료를 활용하는 방안도 모색해야 할 것이다. 또한 각 기관에서 생산하였거나 보유하고 있는 북한관련 정보를 체계적으로 수집하여 공유할 수 있는 방안도 모색되어야 하겠다.

참고문헌

- 김기성(1999), 북한 밭기반 정비 및 경사지 복구 협력방안, 통일문제연구 31집, 평화문제연구소, pp. 22-40.
 사공호상, 서기환, 한선희(2006), 북한지역의 국토이용 실태조사연구, 국토연2006-38, 국토연구원.

- 송영석(2007), 북한의 농촌용수 이용실태 분석과 개발 가능성 산정 연구, 박사학위논문, 건국대학교.
 이강열(1997), 인공위성자료 분석에 의한 북한 서해안 간척현황, 제3회 북한농업기반 국제세미나, 농어촌진흥공사 농어촌연구원.
 이승호, 홍석영, 임상규, 이경철, 김이현(2008), 위성영상 을 이용한 북한의 농업환경 분석 I. Landsat TM 영상을 이용한 북한의 지형과 토지피복분류, 한국환경농학회지, 한국환경농학회, 제 27권 제 2호 pp.120-132.
 이정철(2004), 북한의 농업용수개발 및 이용실태, 통일과 국토, 한국토지공사, 통권 제 13호, pp. 56-65.
 이진덕, 이성순, 정태식(2006), SPOT-5 HRG 스테레오 영상으로부터 지형정보 추출, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제 14권, 제 4호, pp. 61-70.
 한국농촌공사(2006), 북한의 농업용저수지 개발방향 설정에 관한 연구(I).
 한국수자원공사(1998), 북한 수자원 현황 조사 연구.
 조선지리전서: 물자원(1993), 평양 사회과학출판사.
 Jensen, J. R.(1983), *Urban/suburban land use analysis, In Manual of Remote Sensing*. Second Edition. edited by R. N. Paulsson, B.(1992), SPOT Data for Urban Land-Cover Mapping and Road. Map Revision. *International Archives of Photogrammetry and. Remote Sensing* 29, B4, pp. 352-357.

(접수일 2010. 03. 30, 심사일 2010. 04. 14, 심사완료일 2010. 04. 26)

