

# 위성영상 및 기상자료를 이용한 용설 관련 매개변수 추출

## Extraction of Snowmelt Factors using Satellite images and Meteorological data

강수만\* · 신형진\*\* · 권형중\*\*\* · 김성준\*\*\*\*

Su Man Kang, Hyung Jin Shin, Hyung Joong Kwon, Seong Joon Kim

### 요 지

용설 모형을 이용하여 용설 기간 동안의 하천유출량을 모의하기 위해서는 용설 관련 매개변수의 정립이 반드시 필요하다. 우리나라의 경우 관측 자료의 부족으로 인하여 적설분포, 적설심, 적설면적감소곡선과 같은 용설 관련 매개변수의 추출이 불가능 하였다. 본 연구에서는 1997년부터 2003년까지의 겨울철(11월-4월) NOAA/AVHRR 위성영상을 이용하여 한반도의 적설분포도를 추출하고 기상청의 69개소 유인지상기상관측소의 기상자료 중 최심적설심 자료로서 공간내삽법을 통하여 동일한 기간의 최심적설심 분포도를 작성한 후 적설분포도와 중첩하여 남한의 적설심 분포도를 추출하였다. 또한, 적설면적감소곡선은 소양강댐과 충주댐 유역으로 대상으로 평균기온과 적설면적과의 상관관계로부터 각 연도별 선형회귀식을 추출하여 적설면적감소곡선을 작성하였다.

**핵심용어** : NOAA/AVHRR, 적설분포면적, 적설심, 용설, 적설면적감소곡선

### 1. 서 론

용설(snowmelt)이란 추운기간 동안 눈이 쌓여 있다가 기온의 상승에 따라 눈이 녹아 유출되는 것을 말한다. 눈의 양이 강원도 산간지방을 제외하고는 많지 않을 뿐만 아니라, 여름철에 강수가 집중된 우리나라의 경우, 하천 유량에 미치는 영향은 홍수기 하천유량에 비해 상대적으로 적고 관측 자료의 부족 및 매개변수 추정의 어려움 등으로 용설에 관한 연구가 현재까지는 매우 미흡하고 유출의 분석 및 예측에 있어서 용설에 의한 영향을 제대로 고려하지 못하고 있는 실정이다. 그러나 수자원 관리계획, 갈수량 분석, 가뭄연구 혹은 수십 년의 장기간에 걸친 연속적인 유출해석을 위해서 용설은 필수적이다. 즉 유출모형에서 일반적으로 수문순환의 각 과정과 용설의 현상을 모의 할 수 있는 모형이 필요하고, 그에 따른 매개변수가 매우 중요한 것이다.

우리나라에서도 최근 배덕효 등(1998)이 내린천 유역을 대상으로 장기 유출모형(NWSRFS)을 이용하여 용설에 의한 장기 유출해석의 영향에 대한 연구하였으며, 장기 유출 해석에서 하천 봄철의 하천유출량의 정확한 모의를 위해서는 용설 모형의 도입이 필수적이라고 제언한 바 있다. 이상호 등(2003)은 소양강댐 및 충주댐을 대상 유역으로 수정 3단 탱크모형에 적설 및 용설을 매개변수로 선정하여 모의한 바, 소양강댐 유역의 3~4월 기간의 8년 평균을 비교할 때 용설 유출을 고려한 경우가 고려하지 않은 경우보다 유출량이 크게 모의되었으며, 그 양은 관측 유출량의 약 1/5

\* 정회원-건국대학교 일반대학원 지역건설환경공학과 석사과정-E-mail : cetop98@konkuk.ac.kr

\*\* 정회원-건국대학교 일반대학원 지역건설환경공학과 박사과정-E-mail : misun03@konkuk.ac.kr

\*\*\* 정회원-건국대학교 일반대학원 지역건설환경공학과 박사후 연구원-E-mail : kwonhj@konkuk.ac.kr

\*\*\*\* 정회원-건국대학교 사회환경시스템공학과 부교수-E-mail : kimsj@konkuk.ac.kr

에 이른다라고 분석하였다. 임혁진 등(2004)은 소양강 유역을 대상으로 SLURP 모형을 이용하여 용설과 관련된 매개변수를 이용하여 유출분석을 한 바 있다. 이와 같이 국내의 용설에 대한 연구가 북부 산간지방을 중심으로 점차 이루어지고 있다. 일본에서는 Kazama (1995)가 NOAA/AVHRR 영상을 이용하여 적설분포면적과 적설심을 추정 관측 자료와 검증하여 그 활용성을 인정받은 바 있다. 이러한 원격탐사기법의 활용은 이미 그 수준이 관측 자료의 실시간 모니터링과 자동 mapping 시스템을 통한 매개변수 추출에 이르고 있다.

이러한 연구들을 미루어 볼 때, 용설에 관한 모의가 필요하고, 이를 위한 입력 자료의 생성 및 관측은 우리나라 수자원의 지속적 활용을 위해 필수적이다. 본 연구에서는 원격탐사기법으로 NOAA/AVHRR (National Oceanic and Atmospheric Administration/ Advanced Very High Resolution Radiometer) 위성영상 자료를 이용하여 용설과 관련 주요 매개변수인 적설분포지역 및 적설심을 추출하고, 적설면적감소곡선(depletion curve)은 소양강댐과 충주댐 유역으로 대상으로 평균기온과 적설면적과의 상관관계로부터 각 연도별 선형회귀식을 추출하여 적설면적감소곡선을 작성하고자 한다.

## 2. 연구지역 및 자료

본 연구의 대상유역인 소양강댐 유역은 유역면적은 2,694.4km<sup>2</sup>이며 유역둘레는 383.6km, 유역평균폭은 16.5km, 유역평균표고는 650.5m, 유역평균경사는 46.0%로 국내 북동부 산악지역에 위치해 있으며 산림면적은 2,478.5km<sup>2</sup>으로서 유역면적의 92.0% 이른다. 충주댐 유역면적은 6,661km<sup>2</sup>이며 산림면적은 5,481km<sup>2</sup>으로서 83%에 이른다(Fig. 1).

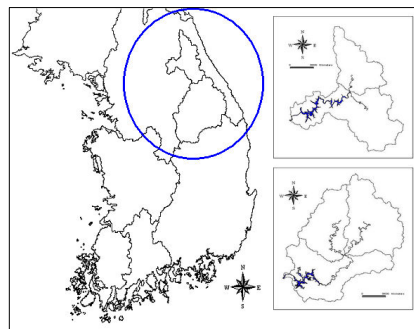


Fig. 1 Study Area

따라서 인위적인 토지이용현황 상태가 적어 이·치수 및 용수 재이용량이 적고 자연적인 강수-수문 상태의 회귀수량 역시 댐 지점을 유역 출구로 하기 때문에 자연유출량에 가깝다고 할 수 있다. 이는 소양강댐 수위관측소의 유입량은 곧 자연적인 수문패턴을 가지고 유출이 발생한다고 볼 수 있어 자료의 신뢰성이 우수하다고 판단된다.

본 연구에서 사용한 자료는 NOAA 위성은 미국 해양대기청 (National Oceanic and Atmospheric Administration)에 의해 운영되고 있는 제 3세대 기상관측위성이다. NOAA 위성의 이용목적은 정상적인 기상업무이며, 항상 2개의 위성이 운용되고 있다. 하나의 위성에 의해 지상의 동일지점을 하루에 적어도 2회 관측이 가능하므로 2개의 위성으로 총 4회 이상의 관측이 가능하다. NOAA 위성영상은 구름이 없는 상태의 자료 획득이 가능하고 식생의 성장기에 나타나는 단기간의 피복 변화를 관측할 수 있는 장점을 가지고 있다. 1.1×1.1km의 공간해상도를 가지고 있어 대륙적 규모 혹은 전 지구적 규모의 자료를 수집하고 저장할 수 있다. NOAA위성에 탑재되어 있는 AVHRR 센서 중에서 적설분포를 추출하는데, 밴드특성상 1번, 3번, 4번의 3개 채널을 이용

하였다. 자료기간은 적설이 있는 지역을 관찰하는 것이기 때문에 1997년부터 2003년까지의 자료 중 적설의 가능성이 있는 11월에서 4월까지의 영상을 이용하였다.

### 3. 적설분포 추출

본 연구에 사용된 기상청의 NOAA/AVHRR 위성 영상은 8bit 자료로서 제공되며, 256개의 값은 0-255의 화소값 범위를 가지고 있다. 지표면의 상태에 따른 반사 및 온도 특성을 반영할 수 있도록 자료의 변환이 필요하다. NOAA 위성 영상의 특성에서 설명한 바와 같이 각각의 영상에는 채널별로 참조파일 nct 파일이 있다. 알베도(albedo), 복사휘도(temperature), 습도(moisture)로 변환하였다.

알베도 값으로 변환된 채널 1번으로부터 임계값(threshold value)을 이용하여 구름, 얼음 및 적설 지역을 추출하였다. 임계값의 선정을 위하여 채널 1번 영상을 5개의 항목(적설 지역, 비적설 지역, 바다, 높은 구름, 낮은 구름)으로 무감독 분류를 실시한 후, scattergram 분석을 통하여 임계값을 선정하였다. 채널 1번 영상에서 선정된 지역을 대상으로 복사휘도 값으로 변환된 채널 4번 영상과 합성(image composition)하고 이 영상을 일정한 임계값으로서 높은 구름을 제거하였다. 채널 1, 4번 영상에서 선정된 지역을 대상으로 습도 값으로 변환된 채널 3번 영상을 이용하여 같은 방법으로 합성하고 일정한 임계값으로서 낮은 구름을 제거하여 최종 적설분포 지역을 추출하였다 (Fig. 2).

적설의 가능성이 있는 겨울철 동안의 자료를 사용하기 위해 1997년 11월부터 2003년 4월까지 속성과일이 없는 99년을 제외한 5년 동안의 자료를 분석하였으며, NOAA/AVHRR 위성영상은 하루에 2-4개의 영상을 관측하여 5년 동안 총 약 1000여개의 영상들 중에서 대상지역이 구름으로 많이 덮여 있는 경우 정보를 얻을 수 없으므로 구름의 양이 많거나 훼손된 영상을 제외한 58개의 영상을 분석하였고 각 연도별 대표적인 한반도의 적설분포면적을 추출 하였다. 각 set별 임계값의 범위는 영상의 질, 구름의 양이 관련되는데, 영상의 질이 좋은 97~98년과 02~03년의 임계값의 범위는 거의 일정하게 나타났다.

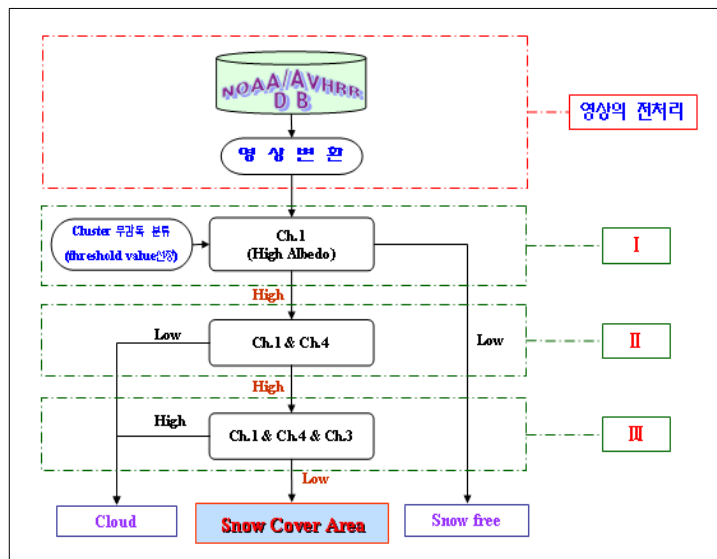


Fig. 2 Algorithm of classification snow cover area

#### 4. 적설심 추출

본 연구에서 사용된 남한 전체 영역의 적설심 분포를 추출하기 위해 남한전체 69개의 지상기 상관측소의 최심 적설심 자료를 사용하여 GIS 자료를 구축하였고 이 GIS 자료를 구축하기 위해 적설심 자료를 표면 내삽기법(surface interpolation) 하게 된다. 각 벡터 자료의 값을 사용하여 표본 추출영역 내의 특정 지점값을 추정하여 나머지 픽셀에 속성값을 부여한다.

69개 기상자료를 가지고 만들어진 GIS 자료를 이용하여 앞에서 추출된 적설분포지역과 중첩하여 남한 영역의 적설심을 추출하였다.

#### 5. 적설면적감소곡선 (Depletion Curve)

용설 모형의 중요 매개변수인 적설면적감소곡선은 실제 우리나라에서 관측 자료의 부족으로 인해 매개변수 추정이 어렵다. 이런 문제점 해결을 위해 원격탐사기법을 활용하여 적설분포면적을 추출하였다. 적설분포의 감소의 원인은 일사량, 최고기온 등이 있으며, 그래프의 최심 적설심과 최고 기온으로 감소의 원인을 알 수 있다. 따라서 연구 지역인 소양강댐 유역(Fig. 3)과 충주댐 유역(Fig. 4)에 대한 적설분포면적의 Depletion curve를 구축하기 위해 온도와 적설분포면적의 상관관계를 각 연도별 set와 전체 연도별 set로부터 선형 회귀식 방법으로 구하여(Table 1) 각 유역의 적설면적감소곡선을 구축하였다.

Table 1. Relation of snow cover area and temperature using linear regression

| 유역      | SET   | 온도_적설분포 선형회귀식           | R <sup>2</sup> |
|---------|-------|-------------------------|----------------|
| 소양강댐 유역 | 97-98 | $y = -90.751x + 244.6$  | 0.85           |
|         | 99-00 | $y = -188.3x - 410.83$  | 0.85           |
|         | 00-01 | $y = -78.686x + 215.31$ | 0.87           |
|         | 01-02 | $y = -29.467x + 261.76$ | 0.41           |
|         | 02-03 | $y = -104.52x + 791.65$ | 0.97           |
| 충주댐 유역  | 97-98 | $y = -173.48x + 805.67$ | 0.72           |
|         | 99-00 | $y = -281.78x - 719.21$ | 0.85           |
|         | 00-01 | $y = -215.3x + 1062.1$  | 0.26           |
|         | 01-02 | $y = -68.437x + 652.45$ | 0.35           |
|         | 02-03 | $y = -126.38x + 1142.9$ | 0.96           |

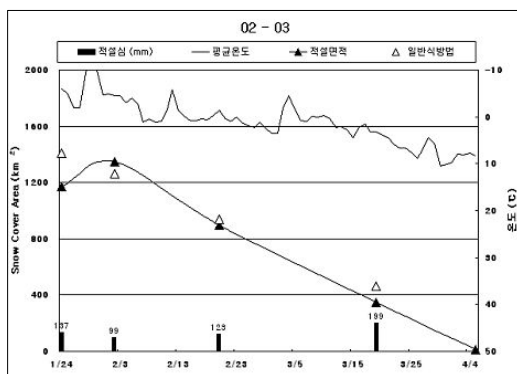


Fig. 3 Depletion curve of Soyanggang-dam watershed

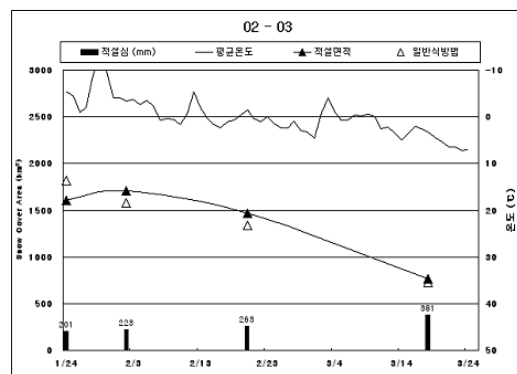


Fig. 4 Depletion curve of Chungju-dam watershed

## 6. 결과 및 고찰

본 연구에서는 영상이 많아 구름이 없는 상태의 자료 획득이 가능하고 단기간의 피복 변화를 관측할 수 있는 장점을 가지고 있는 NOAA/AVHRR 위성영상을 이용하여 한반도 전체에 대하여 융설과 관련된 주요 매개변수인 적설분포지역 및 적설심을 추출 하였으며, 소양강댐 유역과 충주댐 유역을 대상으로 온도와 적설분포면적의 상관관계를 선형 회귀식 방법으로 구하여 각 유역의 적설면적 감소곡선을 작성하였으며, 이때의 결정계수로는  $R^2$ 는 소양강댐의 경우 0.41 ~ 0.97, 충주댐은 0.35 ~ 0.96로 나타났다. '97~'98, '02~'03년도는  $R^2$ 가 0.72 이상으로 나타났으며, '01~'02년도는 영상의 잡음(구름의 양, 대기상태, 촬영시간 등)으로 인하여  $R^2$ 의 값이 소양강댐 유역은 0.41, 충주댐 유역은 '01~'02년도의  $R^2$ 값이 0.35의 값으로 나타났다.

NOAA 영상을 사용하여 국내 적설분포면적을 추출하기 위해서는 영상 선정과 Snow area와 Snow/Cloud cover map을 구분 짓는 임계값의 선정이 매우 중요한 요소로 작용하게 된다. NOAA 위성영상은 영상의 대기상태 및 촬영시간에 따라 임계값이 다르게 나타난다. 임계값 선정 시 예민도 분석 및 파장별 경계 범위의 정량화 필요하다고 판단이 되며, 적설심의 분포 추출은 단순히 관측 자료를 분포시켜 추정된 값으로써, 보다 정확한 추정을 위해서는 지형 및 경사 자료의 보정을 거쳐 관측 자료와의 비교 검증이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구에 사용된 NOAA/AVHRR 인공위성 자료 및 기상자료는 기상청으로부터 제공받았으며, 21세기 프론티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 1-9-2)에 의해 수행되었습니다.

### 참고 문헌

1. Kazama, S., H. Kawamura., and M. Sawamoto. (1995). Snow Area Detection by Using AVHRR/NOAA, The Remote Sensing Soc, Japan, 12. 4, pp. 59-69.
2. Rango, A., and K. I. Itten. (1976). Satellite Potentials in Snowcover Monitoring and Runoff Prediction, Nordic Hydrology, vol. 7, pp. 209-230.
3. 배덕효, 오재호(1998). 장기 유출해석에서의 융설영향에 관한 기초 연구, 한국수자원학회논문집, 제31권 6호, pp. 833-844.
4. 이상호, 안태진, 윤병만, 심명필(2003). 적설 및 융설 모의를 포함한 탱크모형의 소양강댐 및 충주댐에 대한 적용, 한국수자원학회논문집, 제36권 5호, pp. 851-861.
5. 임혁진, 권형중, 장철희, 김성준(2004). SLURP 모형을 이용한 유출수문분석 : 소양강댐 유역을 대상으로, 한국수자원학회논문집, 제 37권 8호, pp. 631-641.