

Terra MODIS 및 NOAA AVHRR 위성영상을 이용한 충주댐 유역의 적설분포 추출 결과 비교분석

Comparative Analysis of Extracted Snow Cover Area Using Terra MODIS and NOAA AVHRR Imageries for ChungJu Dam Watershed

홍우용* · 신형진** · 하림*** · 김성준****

Woo-Yong Hong · Hyung-Jin Shin · Ha Rim · Seong-Joon Kim

요 지

최근 국내에서 저해상도 위성영상을 이용한 적설 분포의 추출연구가 융설과 관련된 수문학적 연구에 이용되기 시작하였다. 한반도와 같이 넓은 지역을 대상으로 추출하는 과정에서 대기에 의한 방해가 너무 큰 영상은 구름 아래 지표면의 정보를 얻을 방법이 없어 해당 날짜의 영상을 제외 할 수밖에 없는 문제가 생긴다. 본 연구에서는 센서의 특성과 영상의 촬영 시간, 그리고 촬영 각도가 달라 서로 다른 대기의 영향을 받는 Terra MODIS 위성영상과 NOAA AVHRR 위성영상을 이용하여 각각의 적설 분포를 추출하는 방법을 비교 연구함으로써 영상을 분석하는데 있어 구름의 영향을 최소화 하고자 하였다. 2004년부터 2006년까지 겨울철의 적설이 발생한 기간을 대상으로 총 3개년의 영상을 분석한 결과를 바탕으로 두 영상으로부터 추출된 적설분포의 차이를 우리나라의 충주댐 유역을 중심으로 비교하였다. 밴드별 파장대의 반사 특성을 이용한 MODIS snow cover와 임계값을 선정하여 구하는 NOAA AVHRR는 서로 다른 적설분포를 보였다고 판단되며, 이는 해상도와 영상 합성, snow cover 추출 알고리즘의 차이 및 대기 현상의 영향 등으로 인하여 추출면적 값이 차이를 보이는 것이라 생각된다. 두 영상에 의한 추출면적의 비교분석 결과, 적설분포의 추출에 있어서 두 영상을 서로 절충하여 사용할 수 있다고 판단된다.

핵심용어 : 적설면적, Terra MODIS, NOAA AVHRR

1. 서 론

최근 장기유출 모의를 하는데 있어 융설의 영향을 고려하는 연구가 점점 많아지고 있다. 국외의 경우 융설이 수자원의 양적 측면에 큰 영향을 주므로 이미 많은 연구가 이루어져 왔으나, 국내에서는 융설이 물수지에 미미한 영향을 미치므로 지금까지 융설 연구에 소홀해 왔다. 그러나 실제로는 북동부 산악지대의 경우 겨울철에 내린 눈이 봄철까지 쌓여 있는 경우가 많기 때문에, 수자원의 양적 측면의 평가는 겨울철의 적설과 융설의 영향을 고려하는 것이 필요하다(김성준 등, 2005). 김성준 등(2005)은 융설 모의과정을 포함하는 장기강수-유출해석에 있어 국내 수문환경 하에서 사용가능한 유출모형의 선정기준을 제시하였다. 융설 모형을 사용하기 위해서 융설 관련 매개변수가 필요하며, 따라서 융설 관련 매개변수를 추정하는 연구도 활발히 진행되고 있다. 적설면적은 이러한 융설 관련 매개변수 중 하나로, 국내와 같이 적설면적에 대한 실측자료가 미흡한 경우, 실측자료를 대신하여 위성영상을 이용해 적설면적을 추정할 수 있다. 신형진 등(2007)은 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)의 AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) 위성영상을 이용하여 국내 5대강 유역의 융설 매개변수를 추출 했고, Pivot(2005) 등은 캐나다의 아북극 지대에서 기후 모니터링을 위한 적설 분포 산출에 원격 탐사자료를 사용하는데 있어 SMMR-SMM/I와 NOAA-AVHRR 센서를 비교하였으며, Gue 등(2004)은 중국의 북동부 지방에서 NOAA 위성 원격 탐사를

* 정회원 건국대학교 사회환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : carrot84@konkuk.ac.kr
** 정회원 건국대학교 사회환경시스템공학과 박사수료 · E-mail : shjin@konkuk.ac.kr
*** 정회원 건국대학교 사회환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : rim486@konkuk.ac.kr
**** 정회원 건국대학교 환경시스템학부 사회환경시스템공학과 교수·E-mail : kimsj@konkuk.ac.kr

이용하여 추출한 적설분포와 전통적 방법으로 관측한 적설 분포를 비교한 바 있다. 또한 홍우용 등(2007)은 Terra의 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 위성영상을 이용하여 국내 5대강 유역의 적설분포를 추출하였고, Klein 등(2003)은 MODIS 영상을 이용하여 추출한 Rio Grande River의 일별 적설 분포의 유효성을 검증하는 연구를 하였으며, Dorothy 등(2007)은 MODIS snow product의 정확성을 평가하였다. 그러나 위성영상은 대기에 의해서 영향을 많이 받기 때문에 구름에 가려져 쓸 수 없는 영상이 많아지므로 적설면적의 정확한 추정이 어렵다. 이러한 대기의 영향을 최소화 하고자 일정한 주기의 영상을 구름의 영향을 최소화 하는 기준으로 합성하는 방법을 사용할 수 있지만(하림 등, 2007), 이 경우 시간해상도가 떨어질 수 있으므로 일별 자료가 요구될 때는 대기의 영향을 최소화 하거나, 구름 밑의 정보를 예측 할 수 있는 다른 기법의 연구가 필요하다.

본 연구에서는 Terra MODIS(이하 MODIS) 위성영상과 NOAA AVHRR(이하 AVHRR) 위성영상을 이용하여 충주댐 유역을 대상으로 적설면적을 추출하는 방법을 비교 연구하고, 대기의 영향으로 인해 적설면적을 판단할 수 없는 영상을 줄이기 위해 적설 면적 추출에 있어서 MODIS와 AVHRR의 보완성을 분석하였다.

2. 대상유역 및 자료

2.1 대상유역

본 연구에서는 영상이 촬영 시 구름의 영향을 적게 받아 적설 지역이 비교적 신뢰성 있게 추출 되었다고 판단되는 2004년부터 2006년까지의 겨울 기간 자료를 분석하고, 분석지역은 우리나라 다설 지역 중 하나인 충주댐 유역으로 하였다(Fig. 1). 충주댐 유역의 유역면적은 6,661.5km²이며 유역둘레는 471.6km, 유역 평균 폭은 23.5km, 유역평균표고는 609.1m, 유역 평균경사는 34.9%로 국내 북동부 산악지역에 위치해있다.

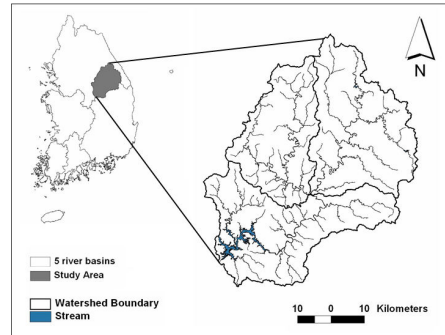


Fig. 1. Study Area

2.2 MODIS 위성영상과 AVHRR 위성영상

MODIS는 기존의 NOAA에 비해 고해상도의 정보를 제공하고, band 4, 6번을 이용하여 지수를 만들어 적설분포도를 작성한다. NOAA위성은 미국 해양대기청에 의해 운영되고 있는 기상관측위성이며, NOAA의 센서인 AVHRR은 band 1, 3, 4번의 특성을 이용하여 임계값을 정하여 적설분포도를 추출한다(Table 1).

Table 1. Characteristic of MODIS and AVHRR Snow Cover Map

	Band Characteristic	Observed Time	Algorithm	Spatial Resolution	Item
Terra MODIS	band 4 : land and cloud analysis (0.52-0.62 μ m) band 6 : land and cloud analysis (1.55-1.75 μ m)	9:00 am.	by NDSI	500m	cloud, land, snow, et al.
NOAA AVHRR	band 1 : snow, cloud, ice mapping (0.58-0.68 μ m) band 3 : cloud mapping (3.55-3.93 μ m) band 4 : cloud, land surface temp. mapping (10.5-11.5 μ m)	9:00am./pm, 3:00am./pm.	by threshold value	1.1km	snow cover or snow free

2.3 MODIS와 AVHRR 영상에 따른 적설분포의 추출

홍우용 등(2008)은 MODIS 위성영상을 이용하여 국내 5대강 유역의 2000년 12월부터 2006년 2월까지 겨울기간의 적설지역을 추출하는 연구를 하였다. 이 연구에서는 NASA에서 제공하는 적설분포 알고리즘으로 추출된 MOD10A1 daily snow cover product (The origin : MODIS Data Gateway)를 이용하여 MODIS Reprojection Tool로 원하는 정보를 영상으로 추출하고, 한반도의 투영법에 맞는 보정 과정을 거쳐, 대기의 영향이 너무 커서 적설면적을 판단하기 어려운 영상은 제거 한 후 적설지역을 추출하였다.

신형진 등(2007)은 AVHRR 영상을 이용하여 무감독 분류와 시행착오법에 의한 수동보정방법으로 알베도 값으로 변환된 band 1번으로부터 각각의 영상마다 값을 결정하는 임계값을 정하여 다른 항목들보다 알베도가 낮은 육지를 분리하였다. 육지가 제거 된 영상을 복사 휘도 값으로 변환된 band 4번 영상과 합성한 후 높은 구름을 제거하고, 다시 습도 값을 나타내는 band 3번을 이용해 낮은 구름을 제거하여, 2000년 12월부터 2006년 2월까지 겨울기간의 구름, 얼음, 및 적설지역을 추출하였다.

3. 위성영상을 이용한 적설분포 추출 결과 비교

3.1 MODIS와 AVHRR 영상을 이용한 적설분포 비교

본 연구에서는 MODIS와 AVHRR영상의 2004년부터 2006년까지 겨울기간의 충주댐 유역 적설분포면적을 비교 연구 하였다. 또한, 충주댐 유역 주변에 위치한 관측소의 기상자료를 이용하여 두 영상을 통해 추출된 적설 면적의 차이를 분석하였다.

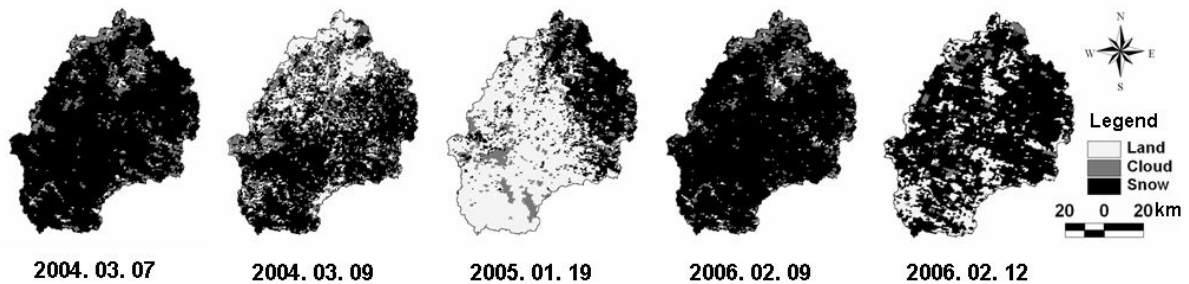


Fig. 2 MODIS Snow Cover Map

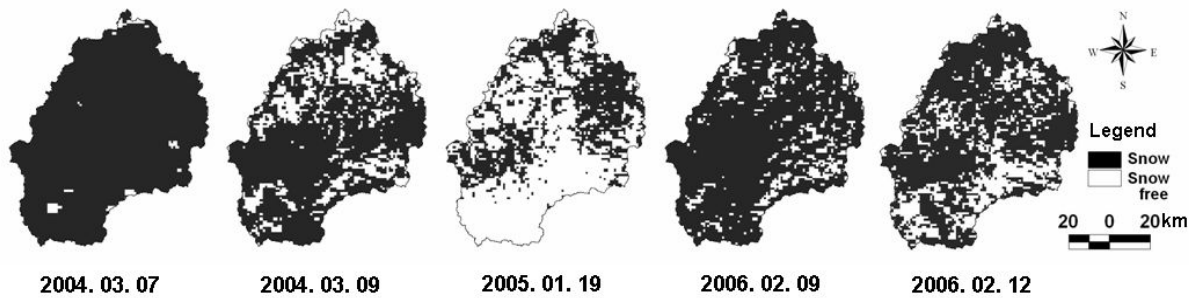


Fig. 3 AVHRR Snow Cover Map

Table 2. Extraction Result of Snow Cover Area Using MODIS and AVHRR Image (unit : km²)

date	2004. 03. 07	2004. 03. 09	2005. 01. 19	2006. 02. 09	2006. 02. 12
MODIS snow	5,854.2	4,134.5	2,062.7	5,894.0	4,965.4
AVHRR snow	5,945.0	4,962.0	2,591.2	5,832.5	4,829.4
error ratio (%)	1.5	16.7	20.4	1.1	2.8

Fig. 2와 Fig. 3은 MODIS와 AVHRR 영상을 이용하여 추출한 적설분포의 영상이다. 분석 결과 두 영상을 이용하여 추출한 적설 면적은 결정계수 0.98로 대체로 유사한 값을 가지며, 영상에서 보이는 적설 지역 또한 일치하였다. 그러나 추출된 결과값 사이에 소량의 오차가 발생 하는데(Table. 2), 이 오차는 두 위성 영상의 적설분포 알고리즘, 촬영시간, 촬영 각도, 해상도 등과 같은 촬영 조건과 영상 특성의 차이에 의한 것으로 생각된다.

MODIS 영상의 적설 분포도는 눈의 가시과장(bnad 4)에서 반사율이 높고, 적외선 근처의 짧은 영역(MODIS band 6)에서는 반사율이 낮다는 특성을 이용한 NDSI라는 지수를 통하여 적설 지역을 구분하며, 다른 항목이 눈으로 분류되지 않도록 눈의 특성에 따른 기준을 알고리즘에 적용한다. 이러한 MODIS snow cover 알고리즘의 정확성은 지표면의 상태에 따라 변할 수 있지만, 다양한 발표들에서 약 92%라고 평가되고 있다(EOS Validation Sataus). AVHRR 영상은 무감독 분류와 수동으로 임계값을 정해주어 항목들의 서로 다른 특징들을 이용해 다른 항목들을 제거해나가는 과정을 거쳐 적설지역을 추출한다. 적설면적 추출 시 두 영상이 서로 다른 눈의 분류 기준을 적용하므로 두 영상의 적설 면적에 약간의 오차가 생길 수 있다. 두 영상은 표현 방법에서도 차이를 나타내는데, MODIS 영상은 지수를 이용함으로써 적설지역뿐만 아니라 구름, 육지 등도 영상에 나타나게 된다. 그러나 AVHRR 영상은 임계값을 정해주어 항목들을 제거해나가기 때문에 영상에는 적설지역과 적설지역이 아닌 부분만 확인할 수 있어, 구름 아래의 눈의 여부를 알 방법이 없다는 단점이 있다.

또한, MODIS 영상(500m)과 AVHRR 영상(1.1km)은 해상도에서도 차이를 나타낸다(Table 1). 공간 해상도 센서로 구분할 수 있는 두 물체 사이의 직선간격을 의미하므로, 다른 공간 해상도를 가진 영상을 추출하는 결과도 다를 수 있으며, 공간해상도가 작을수록 센서의 해상력이 커서 지표면의 물체를 실제와 유사하게 인식할 수 있다. MODIS와 AVHRR의 적설면적은 해상도의 차이로 인해 같은 면적이 다르게 표현되기 때문에 두 영상이 최종으로 추출한 적설 면적에 오차가 발생했다고 판단된다.

본 연구에서 분석한 영상 중 2005년 12월 19일, 2005년 12월 26일, 2006년 2월 3일의 영상은 다른 날에 비해 두 영상간의 적설면적의 차이가 크게 추출되었는데, 그 날짜의 기상 자료 분석 결과, 충주댐 유역 인근의 11개의 기상 관측소 중 2005년 12월 19일은 원주, 영월, 충주, 제천으로 네 곳, 2005년 12월 26일은 원주, 충주, 홍천으로 세 곳, 2006년 2월 3일은 대관령, 태백으로 두 곳이 전날보다 약 1.5배가량 높아진 일조시간과 일교차로 인해 다음날과의 최심적설심의 차이가 많이 나는 것을 볼 수 있었다(Fig. 4). 그날의 기상 특성으로 인해 눈이 빠르게 소멸되므로, 하루 동안 적설면적이 크게 변화하여 촬영시간이 다른 MODIS와 AVHRR의 적설면적이 많은 차이를 나타낸 것이라 생각된다. 적설면적에서 큰 차이를 보인 영상 모두 MODIS보다 AVHRR를 이용한 적설면적이 더 작은 값을 가지고, 다음날인 2005년 12월 20일, 27일, 2006년 2월 4일의 MODIS영상을 이용하여 구한 적설면적이 전날의 AVHRR 값 보다 더 작게 추정되었으므로, 시간의 단위로 볼 때 MODIS와 AVHRR로 구한 적설면적 둘 다 신뢰할 수 있는 값이라 판단하였다.

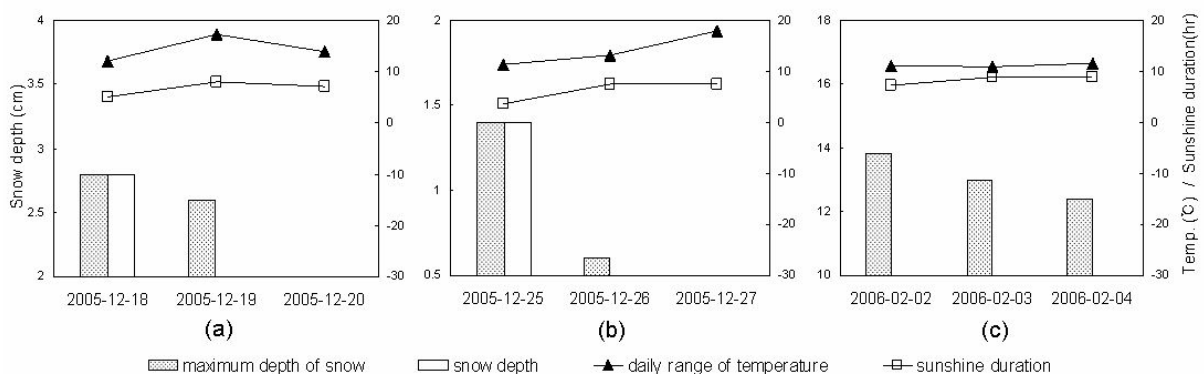


Fig. 4. Meteorological data of ChungJu Dam Watershed ; (a) Jecheon, (b) Hongcheon, (c) Taebak

3.2 MODIS와 AVHRR 영상으로 추출한 적설면적의 보완성

MODIS와 AVHRR 영상은 적설 면적의 결과가 유사하게 추출되고, 적설지역 또한 일치하므로, 서로 보완하여 적설면적을 추출할 수 있다고 판단된다. MODIS와 AVHRR의 영상을 보완하여 사용하면, 적설면적을 추출하고자 할 때 이용할 수 있는 자료가 두 배가 되므로, 영상 선택의 범위가 넓어지고, 시간에 따른 구름

의 이동으로 인해 촬영시간이 다른 MODIS와 AVHRR 영상은 다른 구름의 양상을 띠며, 지역에 따라 구름의 유무가 달라질 수 있다. 둘 중 한 영상이 어느 한 지역에 구름을 포함하고 있다고 하여도 다른 한 영상에는 구름을 포함하지 않을 수 있어 하나의 영상만을 이용하였을 때 보다 적설 면적을 정확히 추출할 수가 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 우리나라 다설 지역인 충주댐 유역을 대상으로 MODIS영상과 AVHRR영상으로 추출한 2005년과 2006년의 겨울기간 동안의 적설면적을 해당 날짜의 기상자료와 두 영상의 알고리즘, 해상도, 촬영 시간 등의 차이를 이용하여 비교, 분석 하고, MODIS와 AVHRR의 적설면적 보완성을 확인하였다.

1. MODIS와 AVHRR 영상으로 추출한 적설면적은 결정계수 0.98로 대체로 유사하게 추출되고, 적설지역 또한 일치하였다. 값에서 소량의 차이가 발생하는 것은 MODIS와 AVHRR 영상의 적설면적 추출 알고리즘과 해상도, 촬영각, 촬영 시간 등의 차이 때문인 것으로 분석되었다. NDSI라는 지수를 적용하는 MODIS와 임계값을 수동으로 정해주어 적설면적을 산출하는 AVHRR은 눈에 대한 판단 기준이 다르고, 해상도도 다르므로 적설면적을 영상으로 표현하여 그것을 수치화 하는 과정에서 오차가 발생할 수 있다고 판단된다.
2. MODIS와 AVHRR 영상의 적설면적을 비교한 자료 중 적설면적의 차이가 매우 크게 발생하는 경우는 기상자료 분석 결과, 전날보다 약 1.5배가량 높아진 일조시간과 일교차로 인해 적설면적이 빠르게 줄어 같은 날짜라도 촬영시간이 다른 MODIS와 AVHRR은 산출하는 적설면적에서 큰 차이를 보이는 것이라 판단되었다.
3. MODIS와 AVHRR 영상은 적설면적과 적설지역이 유사하게 추출되므로, 서로 보완하여 적설면적을 추출할 수 있다고 판단된다.

위성 영상을 이용하여 지표면에 관련된 변수를 산정하고자 할 때 발생하는 오차의 상당량은 구름을 제거하는 과정에 있으므로 구름의 영향을 최소화 하는 것은 매우 중요하다. MODIS와 AVHRR의 두 영상을 보완하면, 분석할 수 있는 자료가 두 배가 되고, 위성의 촬영시간의 차이로 인해 지역에 따른 구름의 유무가 달라질 수 있어서 유효한 영상이 많아지므로, 지역적인 적설면적을 추출하는데 있어 매우 유용하다.

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 : 1-9-3)에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 김성준, 임혁진 2005, 기후변화에 따른 수자원 영향평가를 위한 용설의 개념 및 장기유출 모의 평가방법의 제안, 한국수자원학회지, 제38권 3호 pp. 117-128.
2. 신형진, 박근애, 김성준, 2007, NOAA AVHRR 영상 및 GIS 기법을 이용한 국내 5대강 유역의 용설 매개 변수 추출, 대한 원격탐사학회지, 제23권 2호, pp. 119-124.
3. 하림, 신형진, 김성준, 2007, 위성영상을 이용한 기후변화에 따른 미래 식생정보 예측 기법 제안, 한국지리정보학회지, 제10권 3호, pp. 58-694.
4. 홍우용, 신형진, 김성준, 2007, MODIS 위성영상을 이용한 국내 5대강 유역 적설분포 및 적설심 추출, 한국관개배수학회지, 제14권 2호, pp. 225-235.
5. Andrew G. K. and Ann C. B., 2003, Validation of daily MODIS snow cover maps of the Upper Rio Grande River Basin for the 2000-2001 snow year, Remote Sensing, Vol. 86 No. 2 pp. 162-176.
6. Baumgartner M., Holzer T. and Apfl G., 1996, Monitoring Swiss alpine snow cover variations using digital NOAA/AVHRR data, Eastern Snow Conference. pp.15-26
7. Dorothy K. H. and George A. R., 2007, Accuracy assessment of the MODIS snow products, Hydrological Processes, Vol. 21 no. 12, pp. 1534-1547
8. EOS Validation Satus, http://landval.gsfc.nasa.gov/ProductStatus.php?ProductID=MOD_10/29#
9. Guo Y., Zhai P. and Li, W., 2004, Snow Cover in China, Derived from NOAA Satellite Remote Sensing and Conventional Observation, Journal of glaciology and geocryology, Vol. 26 No.6, pp. 755-760.