원격탐사 기반의 적설량 측정에 관한 오차요인 분석

Factors Affecting Remotely Sensed Snow Depth

변규현*, 최민하**

Kyu Hyun Byun, Min Ha Choi

요 지

최근 기후변화와 관련하여 수많은 자연재해 현상이 빈번하게 발생하고 있다. 특히 국지적인 폭설과 관련한 자연재해는 재산상의 피해뿐만 아니라 수많은 인명피해를 야기하고 있다. 또한 적설은 단순히 방재 차원을 넘어서 물의 순환과정을 해석하는 데에도 중요한 부분으로 인식되고 있다. 특히 수문학적 측면에서 적설은 인근 하천유량 및 토양수분에 영향을 미치는 주요한 인자로서 이에 관한 세밀한 연구가 진행되고 있다. 따라서 기존의 접근 방식을 넘어서 더욱 능동이고 즉각적인 형태의 적설 관측의 필요성이 대두 되고 있는 시점이다. 지점 관측의 한계성을 보완하기 위해 인공위성에 탑재된 마이크로파 센서를 활용한 적설 관측시스템이 제안되어 이에 대한 검증도 활발히 진행되고 있다. NASA의 Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth Observing System (AMSR-E)는 마이크로파 센서로서 전 지구적인 물과 에너지 흐름에 관한 다양한 정보를 제공하고 있으며, 이중에는 적설 관측을 위하여 AMSR-E 의 SNOW WATER EQUIVALENT PRODUCT (SWE)를 이용한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 한반도내에서의 관측소 실측 자료를 바탕으로 AMSR-E SWE에 대한 검증작업을 실시하였으며, 현재 인공위성을 활용한 적설관측 체계의 오차를 유발하는 요인에 대해 분석했다.

핵심용어 : 기후변화, 마이크로파 센서, AMSR-E, SWE

1. 서 론

최근 기후변화와 맞물려 불거지고 있는 잦은 폭설 현상은 재산 피해 및 인명 피해를 야기하는 자연재해 측면 뿐만 아니라 물의 순환 과정에서 중요한 부분으로 인식되고 있다. 특히 겨울 기간 내의 적설은 인근 유역의 해빙기 유출량을 증가시키는 주요원인으로서 이를 고려한 유출 모델 연구가 활발히 진행되고 있다 (김병식 등, 2008).

현재 우리나라의 적설 관측은 유인관측소에서만 측정이 이루어지고 있다 (조경숙 등, 2005). 최근 일부 관측소에서 시범적으로 자동 적설관측을 시행하고 있지만 거의 대부분은 적설판을 이용하여 사람이 직접 자로 그 깊이를 측정하는 방식으로 이루어지고 있다. 따라서 수동적 측정 방식의 제약조건으로 적설관측이 이루어지는 유인관측소는 80개소로 무인관측소의 약 1/6 수준 밖에 미치지 못하고 있으며 적설 분포를 효과적으로 파악하는 데 어려움을 겪고 있다.

* 한양대학교 건설환경공학과 석사과정 · E-mail : khbyun@hanyang.ac.kr
** 교신저자 · 한양대학교 건설환경공학과 조교수 · E-mail : mchoi@hanyang.ac.kr

최근 지점 관측의 공간적인 한계점을 극복하기 위해 인공위성에 탑재된 마이크로파 센서를 활용에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 마이크로파 센서의 밝기온도 측정에 기인한 적설 관측은 초기 단계에서 알고리즘이 갖는 여러 한계점으로 인해 실효성을 충분히 갖지 못했다 (Chang 등, 1987). 그러나 2002년 NASA의 Aqua 위성에 탑재된 Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth Observing System (AMSR-E)는 보다 발전된 해상도와 더불어 알고리즘의 지속적인 발전을 통해 활용 가능한 적설 관측 데이터를 제공하고 있다. 이에 해당하는 Snow Water Equivalent (SWE)는 적설이 융해 시 나타낼 수 있는 단위수량으로서 수문학적 측면에서의 활용도가 높다(Tedesco 등, 2010).

북미지역 및 유럽에서는 AMSR-E SWE Product에 대한 활발한 검증작업을 통해 활용가능성을 더욱 높이고 실제로 수문학적 모델에 사용하고 있기도 한다(Tekeli, 2008). 하지만, 우리나라를 비롯한 동북아시아에서는 이와 같은 사례가 없으며, 검증작업을 통해 한반도 지역에 알맞도록 알고리즘을 보완해야할 필요성이 있다. 상대적으로 우리나라보다 관측소 실측자료가 충분하고 적설량이 많은 북미 및 유럽지역에 치중되어 있어 한반도를 포함한 동아시역 범위 안에서의 검증을 새롭게 실시할 필요가 있다.

2. 연구지역

본 연구에서는 지상 적설관측이 이루어지는 유인관측소를 중심으로 연구대상 지역을 선정했다. 강설량이 비교적 많고 지역적 특성 (고도, 산림면적 등)을 고려하여 대관령, 춘천 2개의 대표 지역을 선정하였다.

Table 1.
연구지역 주요 정보

연구지역	위경도		해발 고도	산림면적	최심 적설 극값
	위도°	경도°			
대관령	37° 40′ N	128° 43′ E	772.4 m	84 %	188.8 cm
춘천	38° 08′ N	127° 18′ E	76.82 m	75.9 %	44.2 cm

3. 자료

3.1. 관측소 자료

각 기상대의 최심적설심 자료는 기상청 홈페이지 (http://www.kma.go.kr/weather/observation/past_tendays.jsp)에서 제공하며, 본 연구에서는 2002년 12월부터 2011년 2월까지 겨울철 (1,2,12월)의 자료를 추출하였다.

Snow Water Equivalent (SWE)는 적설이 가지는 물의 총량을 의미하는 것으로, 쌓인 적설이 다 녹았을 경우의 물의 깊이로 나타내어진다. 따라서 추출된 적설량 (cm)을 AMSR-E SWE 데이터와의 비교를 위해 SWE 값으로 변환하는 과정이 필요하다. SWE의 계산을 위해서는 적설량 (Snow Depth)과 눈의 물에 대한 상대밀도자료가 필요하다(식 1).

$$SWE\ (mm) = Snow\ Depth\ (cm) \times Density\ (g/cm^3) \times 10 \quad 식\ (1)$$

하지만 현재 우리나라에서는 눈의 밀도를 측정하지 않는다. 본 연구에서는 Horrigan과 Bates(1995)가 제시한 한반도 3 지역의 평균값(0.275)을 활용하였다.

3.2. AMSR-E 제원

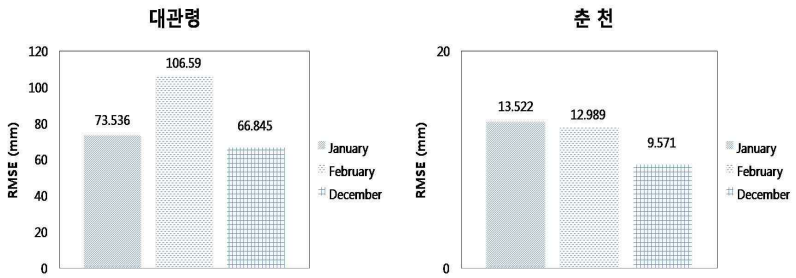
2002년 5월 발사된 NASA Aqua위성에 탑재된 AMSR-E는 마이크로파 센서로서 6개의 주파수(6.925, 10.65, 18.7, 23.8, 36.5 and 89 GHz)를 활용하여 밝기온도 (Brightness Temperature)를 측정한다. 밝기온도와 다른 인자로 구성된 알고리즘을 통해 전 지구적인 물의 흐름에 대한 정보(e.g 토양수분, 강수량, 수증기량 등)를 제공하고 있다.

3.3. AMSR-E SWE

AMSR-E SWE 데이터는 National Snow and Ice Data Center(NSIDC)에서 일별, 5일별 최대값, 월평균 값으로 제공하며 본 연구에서는 일별자료를 활용하였다. 파일은 HDF 형식으로서 25km의 해상도의 북반구, 남반구 각각 총 721 X 721 격자를 지닌다. 2002년 12월부터 2011년 2월까지 동계자료 (1,2,12월), 총 812개 일별 데이터를 추출할 수 있었다.

4. 결과 및 토의

데이터의 양적 비교를 위해 Root Mean Square Error (RMSE)를 도입하였다. Fig.1에서 볼 수 있듯이 대관령의 경우 관측소 실측값에 비해 AMSR-E SWE 값이 과소평가되고 있는 반면, 춘천의 경우에는 과대평가되는 경향을 보였다. 특히 대관령의 경우 우리나라의 대표적인 다설 지역으로 적설량이 상당히 크고 산림면적비율이 84 %에 달하는 산악지형이다. 숲 면적 비율은 AMSR-E SWE 알고리즘 내의 오차를 불러오는 주요 원인이 된다.



(a) 대관령 (b) 춘천

Fig. 1. Root Mean Square Error

하지만, 여기에서 주목해야할 점은 두 개 지역에서 모두 12월이 오차 값이 1, 2월에 비해 확연히 작다는 점이다. 이는 상대적으로 적설 관측일수가 많은 1, 2월이 12월 보다 오차 값이 크다는 것을 의미하므로 강설의 패턴에 따른 영향을 고려해볼 필요가 있다. 무엇보다도 AMSR-E 알고리

즘 내에 한반도 지역의 눈의 밀도자료를 구축하지 못한 점이 오차를 불러오는 가장 큰 원인이라 파악된다.

5. 결 론

대관령의 경우 전반적으로 오차 값이 상당히 큰 반면 춘천의 값은 비교적 신뢰할 수 있는 수준이라고 판단할 수 있다. 오차의 원인은 AMSR-E SWE 알고리즘 내에 기인할 가능성이 크고 특히 한반도의 지역적 특성에 알맞은 눈에 대한 성질을 반영하지 못한 점이 가장 큰 원인이라고 파악할 수 있다.

인공위성 센서를 이용한 적설량 측정 기술은 초기에 알고리즘이 갖는 한계성을 지속적으로 극복해왔다. 하지만 이번 연구를 통해 여전히 해결해 나가야할 부분이 존재한다는 것을 알 수 있다. 특히 현재의 알고리즘이 북미 대륙지역에 해당하는 자료를 통해 구축되었기 때문에 동북아시아의 지역적 특성에 부합하는 눈의 성질(밀도)을 반영할 필요가 있다. 그러나 현재의 지상 적설관측 시스템이 갖는 점 관측의 한계성을 비추어볼 때, 원격탐사 기반의 적설량 관측은 여러 장점 지니고 미래의 활용가능성을 높이고 있다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(0002516)

참고문헌

1. 김병식 (2008) 융설을 고려한 물수지 모형을 이용한 소양강 댐 상류유역의 월 유출량 산정, 한국습지학회지, 한국습지학회, 제10권, 제1호, pp. 1-9
2. 조경숙 (2005) 겨울철 적설 관측 특성 및 예보시스템 현황, 한국방재학회지, 한국방재학회, 제5권, 제4호, pp. 50-58
3. Chang, A., Foster, J. and Hall, D. (1987) Nimbus-7 SMMR derived global snow cover parameters, Ann. Glaciol, Vol. 9, No. 9, pp. 39-44
4. Tedesco, M. and Narvekar, P.S. (2010) Assessment of the NASA AMSR-E SWE product, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 3, No. 1, pp. 141-159
5. Tekeli, A.E. (2008) Early findings in comparison of AMSR E/Aqua L3 global snow water equivalent EASE grids data with in situ observations for Eastern Turkey. Hydrological Processes, 22(15): 2737-2747.