

NOAA위성영상 및 기상자료를 이용한 용설 관련 매개변수 추출

Extraction of Snowmelt Factors using NOAA Satellite Images and Meteorological Data

강수만* / 신형진** / 권형중*** / 김성준****

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

Abstract

Establishment of snowmelt factors is necessary to simulate stream flow using snowmelt models during snowmelt periods. The few observed data related snowmelt was the major cause of difficulty in extracting snowmelt factors such as snow cover area, snow depth and depletion curve. The objective of this study was to extract snowmelt factors using RS, GIS technique and meteorological data. Snow cover maps were derived from NOAA/AVHRR images for the winter seasons from 1997 to 2003. Distributed snow depth was mapped by overlapping between snow cover maps and interpolated snowfall maps from 69 meteorological observation station. Depletion curves of snowmelt area were described from the linear regression equations of each year between the average temperature and snow cover area in Soyanggang-dam and chungju-dam watershed.

keywords : NOAA/AVHRR, Snow Cover Area(SCA), Snow depth, Snowmelt, Depletion curve

요 지

용설 모형을 이용하여 용설 기간 동안의 하천유출량을 모의하기 위해서는 용설 관련 매개변수의 정립이 반드시 필요하다. 우리나라의 경우 관측 자료의 부족으로 인하여 적설분포면적, 적설심, 적설분포면적 감소곡선과 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, 적설분포면적 감소곡선은 소양강댐과 충주댐 유역을 대상으로 평균기온과 적설분포면적과의 상관관계로부터 각 연도별 선형회귀식을 추출하여 적설분포면적 감소곡선을 작성하였다.

핵심용어 : NOAA/AVHRR, 적설분포면적(SCA), 적설심, 용설, 적설분포면적 감소곡선

- * 정회원 · 건국대학교 일반대학원 지역건설환경공학과 석사과정
Master Student, Dept. of Rural Engrg., Konkuk Univ., Seoul 143-701, Korea
- ** 정회원 · 건국대학교 일반대학원 사회환경시스템공학과 박사과정
Doctoral Student, Dept. of Civil and Environmental System Engrg., Konkuk Univ., Seoul 143-701, Korea
- *** 정회원 · 건국대학교 일반대학원 지역건설환경공학과 박사
Doctor, Dept. of Rural Engrg., Konkuk Univ., Seoul 143-701, Korea
- **** 정회원 · 건국대학교 환경시스템학부 사회환경시스템공학과 부교수 · 교신저자
Associate Professor, Dept. of Civil and Environmental System Engrg., Konkuk Univ., Seoul 143-701, Korea
(e-mail: kimsj@konkuk.ac.kr)

1. 서 론

융설(snowmelt)이란 추운기간 동안 눈이 쌓여 있다 가 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 융설에 관한 연구가 현재까지는 매우 미흡하고 유출의 분석 및 예측에 있어서 융설에 의한 영향을 제대로 고려하지 못하고 있는 실정이다. 그러나 북부 산간지역에서의 봄철 융설의 영향은 당해년의 가뭄과 홍수에 큰 영향을 주는 인자로 작용하게 된다. 또한 수자원 관리계획, 갈수량 분석, 가뭄연구 혹은 수십 년의 장기간에 걸친 연속적인 유출해석을 위해서 융설은 필수적이다. 즉 유출모형에서 일반적으로 수문순환의 각 과정과 융설의 현상을 모의 할 수 있는 모형이 필요하고, 그에 따른 매개변수가 매우 중요한 것이다.

오랫동안 사용되어온 탱크 모형에 적설 및 융설 모의를 위한 탱크가 추가되어 유출을 모의 할 수 있다. 그렇지만 농업 수자원 측면의 적설 및 융설 모의는 무시되어 왔으며, 대부분의 연구나 실무 작업에서 융설의 영향이 분석되어 오지 않았다. 이러한 문제점으로 국내에서는 융설 모형의 필요성은 인식하면서도 융설에 관련된 자료의 부족 및 매개변수 추정의 문제 등으로 외국에서 개발한 모형 또는 매개변수를 그대로 적용하고 있다.

우리나라에서도 최근 배덕효 등(1998)이 내린천 유역을 대상으로 장기 유출모형(NWSRFS)을 이용하여 융설에 의한 장기 유출해석의 영향에 대한 연구하였으며, 장기 유출 해석에서 하천 봄철의 하천유출량의 정확한 모의를 위해서는 융설 모형의 도입이 필수적이라고 제안한 바 있다. 이상호 등(2003)은 소양강댐 및 충주댐을 대상 유역으로 수정 3단 탱크모형에 적설 및 융설을 매개변수로 선정하여 모의한 바, 소양강댐 유역의 3~4월 기간의 8년 평균을 비교할 때 융설 유출을 고려한 경우가 고려하지 않은 경우보다 유출량이 크게 모의되었으며, 그 양은 관측 유출량의 약 1/5에 이른다고 분석하였다. 또한 임혁진 등(2004)은 소양강 유역을 대상으로 SLURP 모형으로 융설과 관련된 매개변수를 이용하여 유출분석을 한 바 있다. 이와 같이 국내의 융설에 대한 연구가 북부 산간지방을 중심으로 점차 이루어지고 있다. 국외의 경우에는 1940년대부터 미연방정부의 지원 아래 미공병단(U.S. Army Corps of Engineers:

USACE)과 U.S. Weather Bureau 및 기타 사설 연구소와 함께 융설에 의한 조사 및 영향평가에 착수하여 융설 모의의 기법정립 및 모형의 개발과 함께 실시간 관측 자료의 구축이 미전역에 의해서 이루어지고 있다. 그 중 RS 자료를 활용한 기술 개발 및 연구가 활발하게 진행 중인데, NOAA/AVHRR, Landsat MSS/TM, DMSP 영상자료를 이용한 적설분포면적(snow cover area) 추출 및 적설심(snow depth) 추정에 관한 연구가 진행 중이다. 1970년대 Rango와 Itten(1976)이 Landsat MSS 인공위성자료를 사용하여 적설분포지역을 감독, 무감독 분류하여 원격탐사에 의한 고해상도의 적설분포면적 추출을 가능하게 하였으며, 일본에서도 Kazama(1995)가 NOAA/AVHRR 영상을 이용하여 적설분포면적과 적설심을 추정하고 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, 융설에 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 융설 관련 주요 매개변수인 적설분포면적 및 적설심을 추출하고, 소양강댐과 충주댐 유역을 대상으로 평균기온과 적설분포면적과의 상관관계로부터 각 연도별 선형 회귀식을 추출하여 적설분포면적 감소곡선(depletion curve)을 작성하고자 하였다.

2. 연구지역 및 자료

2.1 연구지역의 개요

국가수자원관리 종합정보시스템(WAMIS : WAter Management Information System)에 따르면 대상유역인 소양강댐의 유역면적은 2,694.36 km²이며 유역둘레는 383.6 km, 유역평균폭은 19.59 m, 유역평균표고는 650.54 m, 유역평균경사는 45.94%로 국내 북동부 산악지역에 위치해 있으며 산림면적은 2,478.5 km²으로서 유역면적의 92.0% 이른다. 충주댐 유역면적은 6,661.58 km²이며 유역둘레는 471.62 km, 유역평균폭은 23.50 m, 유역평균표고는 609.06 m, 유역평균경사는 34.89%이다(Fig. 1).

따라서, 연구의 대상유역은 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. 특히, 국내에서는 겨울철 용설에 의하여 발생하는 유출량은 만년설과 빙하로 대표되는 국외와는 달리 지역적인 영향을 많이 받아 그 시공간상의 제한을 받게 되는데, 국내의 경우에는 지형적 요인에 기인한 북부산간지방과 대륙성기후에 의한 서해 해안선지역의 적설의 분포가 넓게 분포한다. 소양강댐, 충주댐 유역은 국내 대표적인 고도차가 뚜렷한 산악지역으로 겨울철 고도에 따른 기온의 감소가 두드러져 용설의 영향이 큰 지역이다.

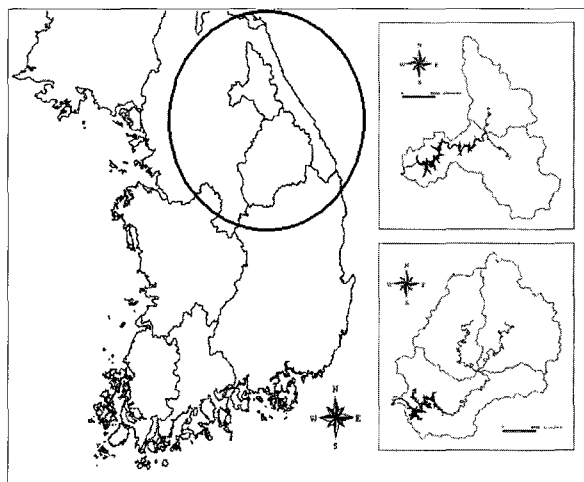


Fig. 1. Study area (Soyanggangdam, Chungjudam)

2.2 NOAA/AVHRR 위성영상

적설분포면적 및 적설심을 추출하기 위하여 NOAA/AVHRR 위성영상자료를 이용하였다. 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 자료를 획득할 수 있고, 식생의 성장기에 나타나는 단기간의 피복 변화를 관측할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 1.1×1.1 km의 공간해상도를 가지고 있어 대륙적 규모 혹은 전 지구적 규모의 자료를 수집하고 저장할 수 있다(Fig. 2). NOAA위성에 탑재되어 있는 센서 AVHRR 채널(Table 1) 중, 밴드특성상 1번, 3번, 4번의 3개 채널이 적설분포 추출시 적합한 것으로 판단되어 이를 이용하였다.

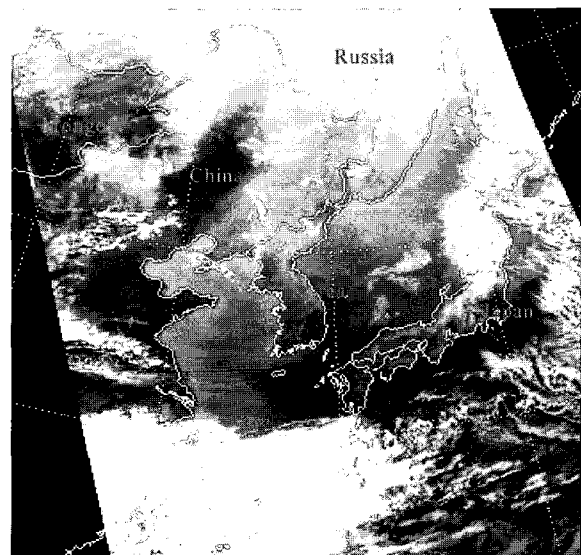


Fig. 2. NOAA/AVHRR satellite image

Table 1. Application fields of each band in NOAA/AVHRR

Channel	Spectral resolution (μm)	Channel Characteristics
1	0.58 ~ 0.68	Detection of cloud and snow and freezing of lake or sea and pollution, and tropical storm
2	0.72 ~ 1.10	Used in division of sea surface and land. Detection of sea ice or snow area with channel 1
3	3.55 ~ 3.95	Used in detection of hot area like flash and forest fire and active volcano, smoke. Excellence in detection of cloud and surface temperature, especially.
4	10.30 ~ 11.30	Detection of sea water temperature and cloud temperature in day and night, and stream of sea water, front, cirrus in middle latitude.
5	11.50 ~ 12.50	Similar to character of channel 4. Determination of vapor decrease effect and sea water temperature in equator.

수집된 영상자료는 1997년에서 2003년까지의 자료이며, 이중 적설의 가능성을 고려하여 11월에서 4월까지의 영상을 이용하였다. NOAA 위성자료는 하루에 2회 이상 촬영되었기 때문에 대상기간에 포함되어 있는 영상은 매우 많지만 AVHRR 센서는 광학센서 이기에 대상지역이 구름으로 많이 덮여 있는 경우 정보를 얻을 수 없다. 따라서 구름의 양이 적고 비교적 맑은 날의 영상을 획득하기 위해서 대상기간을 월별로 상순, 중순, 하순으로 구분하여 영상을 분류하였으며 각 시기별 대표적 영상을 선택하여 분석하였다.

3. 적설분포면적 추출

3.1 적설분포면적 추출 방법

본 연구에 사용된 기상청의 NOAA/AVHRR 위성 영상은 8bit 자료로서 제공되며, 256개의 값은 0-255의 화소값 범위를 가지고 있다. 따라서 지표면의 상태에 따른 반사 및 온도 특성을 반영할 수 있는 자료의 변환과정을 거쳐 가공하였으며, 적설분포면적(Snow Cover Area : SCA) 추출을 위해 위성영상분석 소프트웨어인 IDRISI32 프로그램을 사용하여 알베도(albedo, 1번 채널), 복사휘도(temperature, 4번 채널), 습도(moisture, 3번 채널)로 추출하였다. 적설분포면적 추출의 알고리즘은 Fig. 3과 같다.

적설분포면적의 추출은 다음과 같은 세 번의 분석과정(I, II, III)을 거쳐 추출하게 된다. 알베도 값으로 변환된 채널 1번으로부터 임계값(threshold value)을 사용

하여 구름, 얼음을 포함한 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, scattergram을 통해 임계값을 선정하였다. 이러한 I 번 과정에서 추출된 지역을 중심으로 복사휘도 값으로 변환된 채널 4번 영상과 합성(image composition)하고 이 영상을 일정한 임계값으로서 높은 구름을 제거하는 과정을 실시하였다. 채널 1, 4번 영상에서 추출된 지역을 대상으로 습도 값으로 변환된 채널 3번 영상을 이용하여 같은 방법으로 합성하고 일정한 임계값으로서 낮은 구름을 제거하는 과정을 거쳐 최종 적설분포 지역을 추출하였다(Fig. 4).

3.2 적설분포면적 추출결과

용설 모형의 중요 매개변수인 적설분포면적은 실제 우리나라에서 적설과 관련한 관측 자료의 부족으로 인해 매개변수 추정이 어렵다. 이런 문제점 해결을 위해 원격탐사기법을 활용하여 적설분포면적을 추출하였다. 서론에서도 거론한 바 있지만 외국의 이러한 원격탐사 기법은 이미 그 수준이 관측 자료의 실시간 모니터링과 자동 mapping 시스템을 통한 매개변수까지 추출할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 NOAA 위성영상을 이용하여 적설의 가능성이 있는 1999년을 제외한 1997년 11월부터 2003년 4월까지 5년 동안의 자료를 분석하였다. 하지만, 5년 동안 총 약 1000여개 영상들 중에서 대상지역이 구름으로 많이 덮여 있는 경우 정보를 얻을 수 없으므로 구름의 양이 많거나 훼손된 영상을 제외한 58

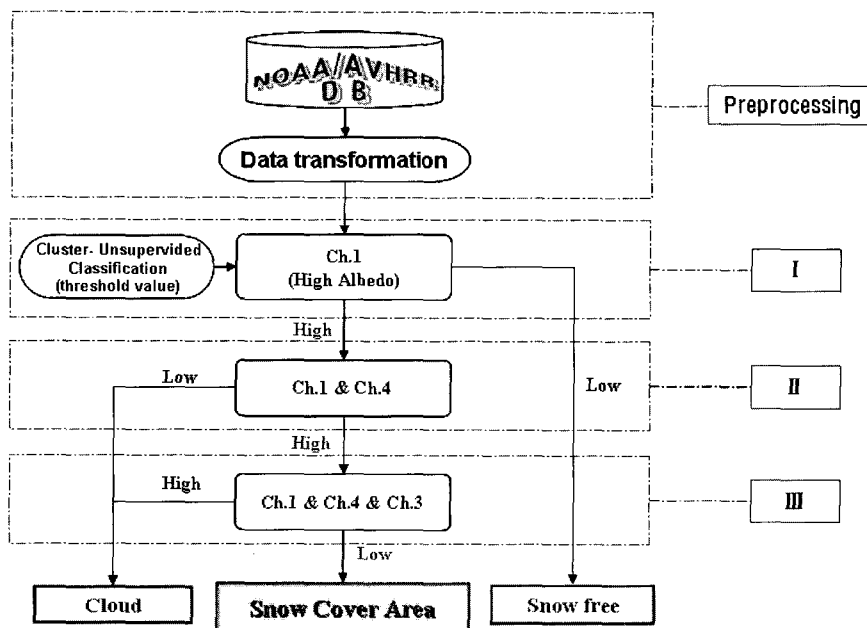


Fig. 3. Algorithm of classifying snow cover area (SCA)

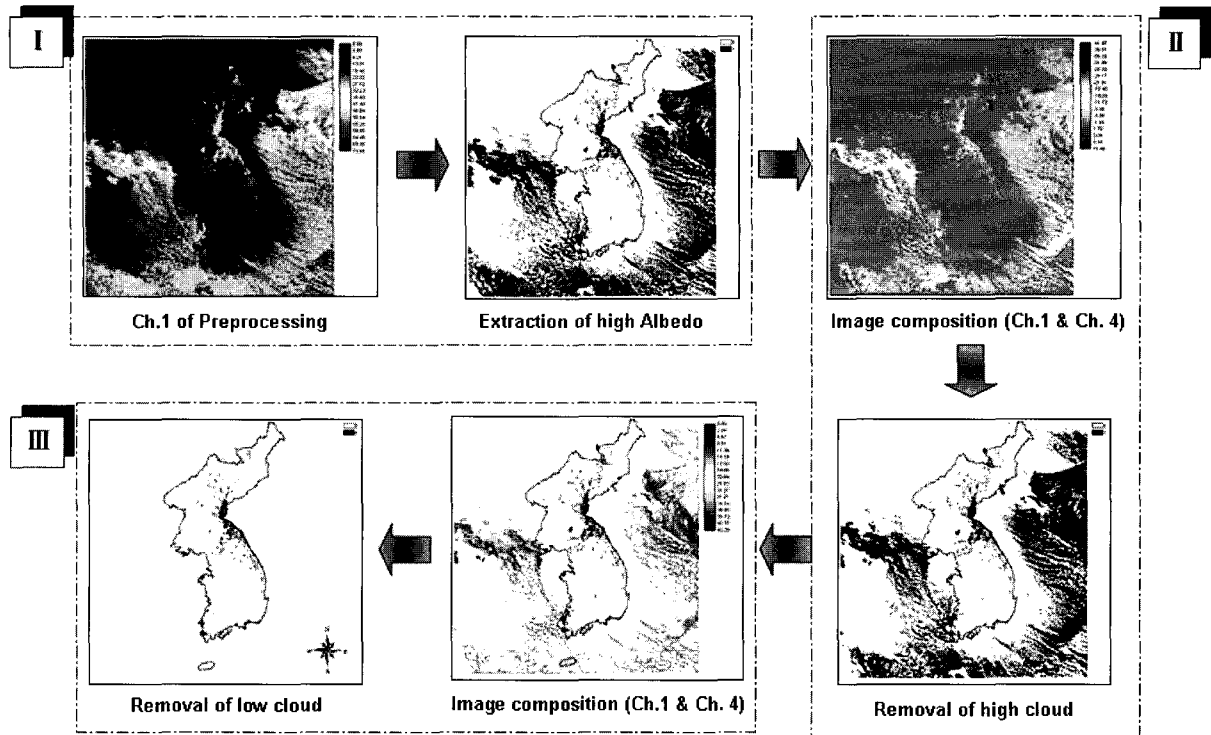


Fig. 4. Process of extracting Snow Cover Area

개의 영상을 분류하여 각 시기별 대표적인 영상을 분석하였다. 한반도의 적설분포면적 추출에 적용된 임계값은 Table 2에 나타냈으며, 적설분포면적 추출 결과는 Fig. 6과 같다. 북쪽에 적설분포가 없는 경우는 남쪽을 중심으로 영상을 선정하였기 때문에 북쪽의 구름의 영향은 무시하였다. 대상구역은 눈이 많이 내리는 북동부 산악지역에 위치하여 다른 구역보다 적설량이 많고 고도가 높기 때문에 적설분포면적이 큰 것을 알 수 있었다. 각 시기별 임계값의 범위는 영상의 질, 구름의 양이 관련되는데, 영상의 질이 좋은 97~98년과 02~03년의 임계값의 범위는 거의 일정하게 나타났다.

4. 적설심 추출

4.1 적설심 추출 방법

본 연구에서 사용된 남한 전체 구역의 적설심 분포를 추출하기 위해 남한전체 69개의 유인지상기상관측소의 최심 적설심 자료를 사용하여 GIS 자료를 구축하였고 이를 위해 적설심 자료를 표면내삽기법(surface interpolation)을 통해 구축하였다. 이 기법은 보간법중의 하나로 각 벡터 자료의 point에 부여된 값을 사용하여 표본 추출영역 내의 특정 지점값을 추정하는 방법이다. 69개 관측 적설심을 이용한 GIS 자료를 사용하여 앞에서 추출된 적설분포지역과 중첩하여 남한 구역의 적설심을 추출하는 과정은 Fig. 5와 같다.

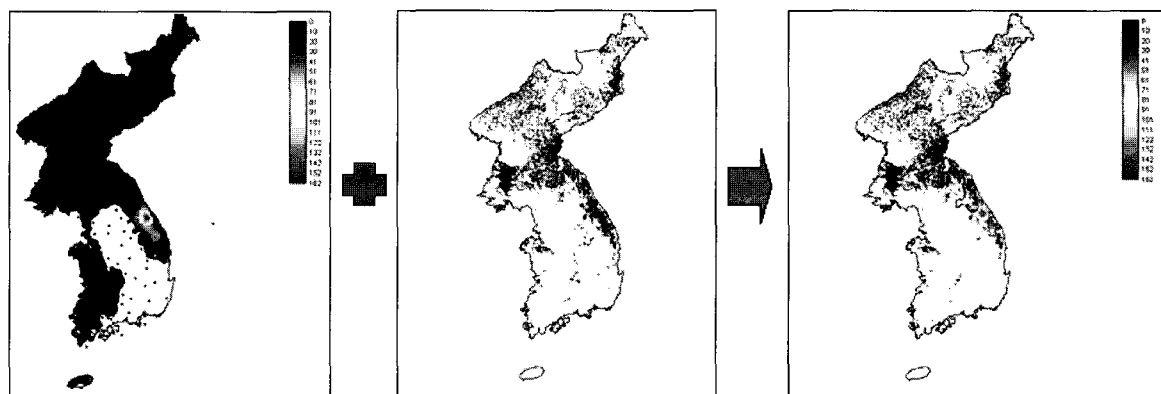


Fig. 5. Distributed snow depth map from GIS data and SCA

4.2 적설심 추출결과

기상관측소의 GIS자료 구축 후, 적설분포면적과 중첩하여 나타낸 한강도의 적설심 추출결과는 Fig. 6과

같으며, 본 연구의 대상유역인 소양강댐 유역과 충주댐 유역의 적설분포면적 및 적설심의 추출결과를 5개년의 각 시기별로 정리하여 Table 3에 나타내었다.

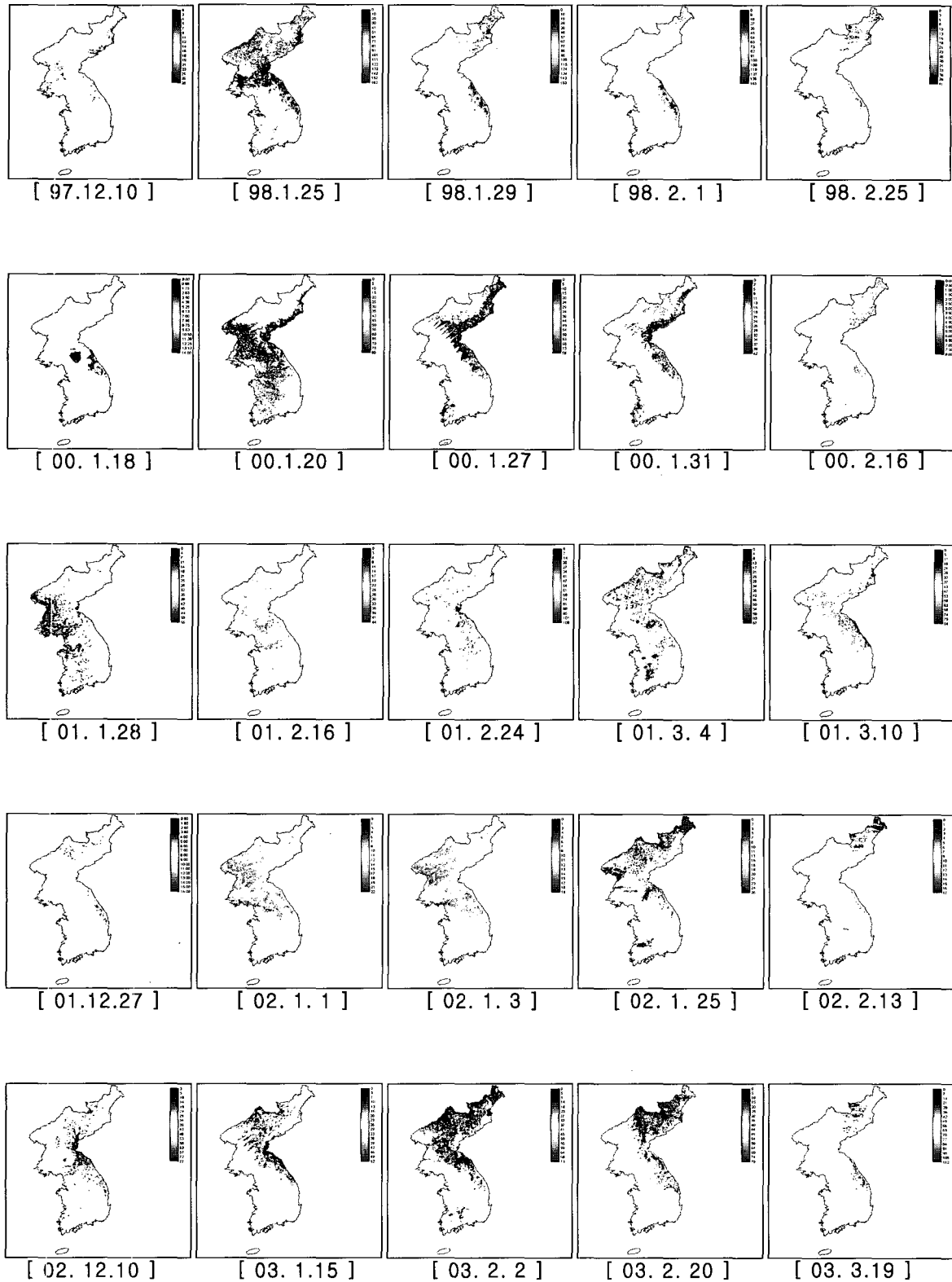


Fig. 6. Snow depth maps

Table 3. Snow Cover Area and

	Soyanggangdam		Chungjudam			Soyanggangdam		Chungjudam	
	SCA (km ²)	ASD (cm)	SCA (km ²)	ASD (cm)		SCA (km ²)	ASD (cm)	SCA (km ²)	ASD (cm)
97-12-10	239.2	1.01	150.4	2.77	01-12-18	0.0	0.00	0.0	0.00
97-12-13	107.7	2.93	144.4	3.72	01-12-27	113.6	5.76	1084.7	9.66
97-12-15	145.6	0.69	121.9	2.73	01-12-30	255.8	4.43	1707.7	8.49
98-01-04	2.3	0.00	7.1	5.83	02-01-01	593.3	9.98	1495.7	10.11
98-01-18	992.4	20.66	2875.3	44.77	02-01-03	465.4	6.58	1100.1	8.74
98-01-23	934.3	25.22	2425.3	53.71	02-01-05	555.4	6.56	1139.2	10.69
98-01-24	1174.7	20.47	2842.2	41.53	02-01-06	350.5	5.33	768.5	9.69
98-01-25	1185.4	22.13	2098.5	58.25	02-01-23	590.9	3.60	1058.3	8.51
98-01-29	717.6	19.28	1660.3	51.89	02-01-24	382.5	2.89	601.6	9.20
98-01-31	734.2	20.57	1319.2	57.28	02-01-25	440.5	2.45	445.2	10.78
98-02-01	549.5	19.91	1080.0	55.16	02-02-02	542.3	3.72	924.9	8.82
98-02-02	422.7	16.96	979.3	54.46	02-02-03	361.2	1.98	603.9	6.05
98-02-05	402.6	13.03	889.3	53.56	02-02-05	363.5	1.33	748.4	3.86
98-02-17	264.0	7.38	460.6	35.77	02-02-13	292.5	1.41	703.4	0.87
98-02-22	299.6	5.82	729.5	20.68	02-03-07	150.4	1.78	270.0	3.19
98-02-25	24.8	3.52	255.8	17.36	02-03-11	0.0	0.00	0.0	0.00
00-01-20	1011.3	2.92	1720.7	3.54	02-12-13	266.4	12.57	283.0	29.59
00-01-27	1209.1	9.66	1764.5	10.43	02-12-27	1036.2	12.91	774.5	20.87
00-01-28	1127.4	5.91	1203.2	6.30	03-01-07	1245.8	9.33	1088.3	16.32
00-01-31	1256.5	4.90	1708.8	6.10	03-01-15	922.5	13.83	609.8	36.43
00-02-09	734.2	1.31	1085.9	3.38	03-01-24	1170.0	13.65	1605.8	20.09
00-02-16	750.8	0.63	828.9	1.42	03-02-02	1346.5	9.94	1704.1	22.28
00-02-21	331.5	0.50	352.9	0.41	03-02-20	894.1	12.26	1466.1	26.28
00-02-24	197.7	0.14	200.1	0.00	03-03-19	344.6	19.93	762.6	38.11
01-01-28	442.9	7.95	1307.4	19.64	Max. SCA & ASD				
01-02-07	268.8	5.33	2865.9	15.03	97-98	1185.4	25.46	3659.3	58.25
01-02-09	508.0	15.59	2636.1	13.89	99-00	1256.4	9.66	1764.5	10.43
01-02-16	752.0	14.43	2672.8	16.17	00-01	752.0	16.88	2865.9	38.49
01-02-24	451.2	8.49	922.5	18.51	01-02	593.3	9.97	1707.7	10.78
01-03-04	291.3	16.88	521.0	29.27	02-03	1346.5	19.93	1704.1	38.11
01-03-10	350.5	13.97	562.5	38.49	total	1346.5	25.46	3659.3	58.25

Note) SCA : snow cover area, ASD : average snow depth

5. 적설분포면적 감소곡선 (Depletion Curve)

적설분포면적은 기상학적 인자인 일사량에 따른 대기온도에 가장 큰 영향을 받는다. 따라서 소양강댐 유역과 충주댐 유역에 대한 적설분포면적 감소곡선을 구축하기 위해 온도와 적설분포면적의 상관관계를 관측 평균온도와 적설분포면적감소량의 상관관계를 선형회귀식과 결정계수로 나타내었다. 소양강댐 유역과 충주댐 유역의 5개년에 대한 각 시기별 선형 회귀식의 결과를 Table 4와 Fig. 7, Fig. 8에 나타내었으며, 이 선형회귀식을 통해 추출된 적설면적과 NOAA 위성영상으로

추출된 적설면적의 분포곡선을 비교하여 나타내 보았다 (Fig. 9, Fig. 10).

이때의 결정계수 R²는 소양강댐 유역의 경우 0.41~0.97, 충주댐 유역의 경우에는 0.26~0.96의 범위를 가지는 것으로 나타났다. 소양강댐의 경우, '97~'98, '02~'03년도는 R²가 0.85 이상으로 나타났으며, 충주댐의 경우 '99~'00, '02~'03년도의 R²값이 0.78 이상으로 나타났으며, '01~'02년도는 영상의 잡음(구름의 양, 대기상태, 촬영시간 등)으로 인하여 R²의 값이 소양강댐 유역은 0.41, 충주댐 유역은 '01~'02년도의 R²값이 0.35의 값으로 나타났다.

Table 4. Linear regression

Area	SET	Linear regression	R ²
Soyanggang dam	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
Chungju dam	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

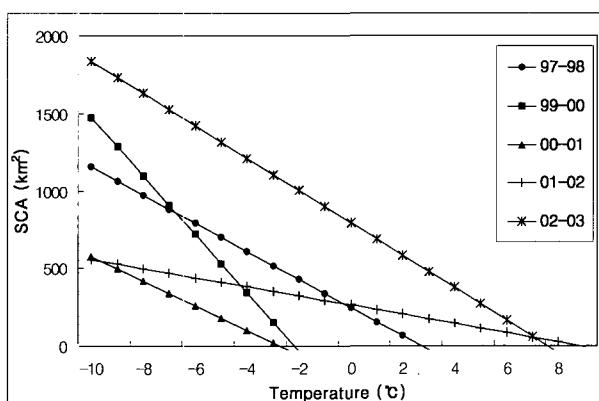


Fig. 7. Linear regression (Soyanggangdam)

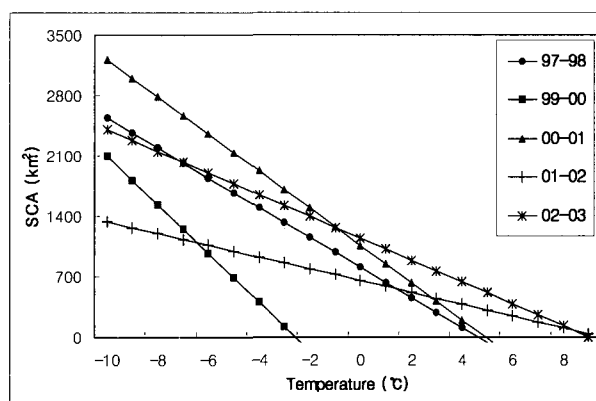


Fig. 8. Linear regression (Chungjudam)

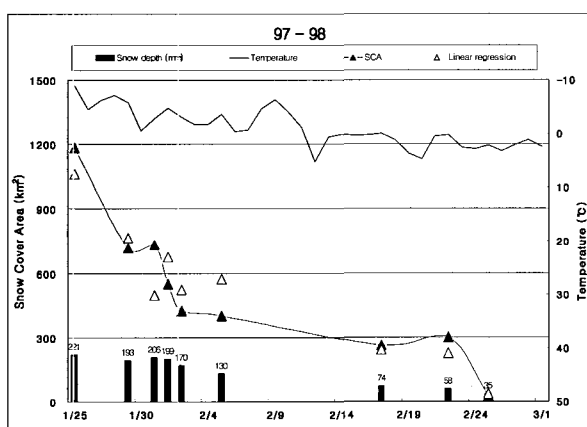


Fig. 9. SCA (Soyanggangdam)

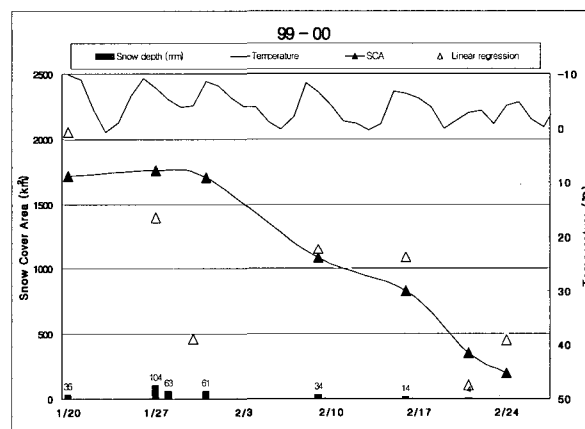
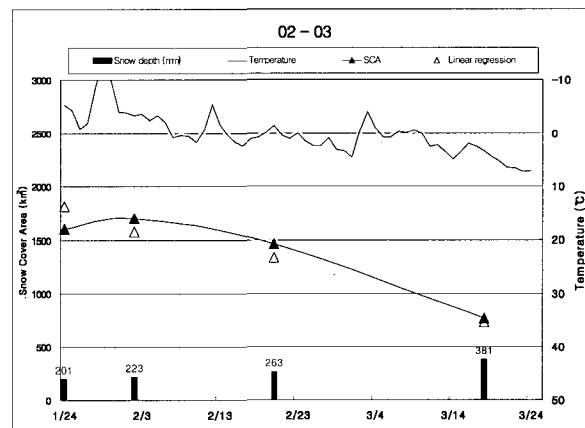
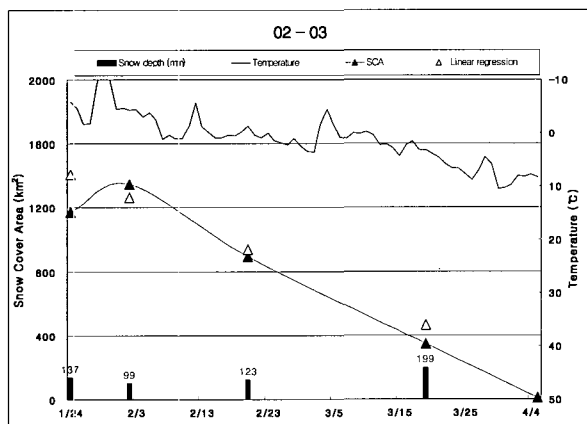


Fig. 10. SCA (Chungjudam)



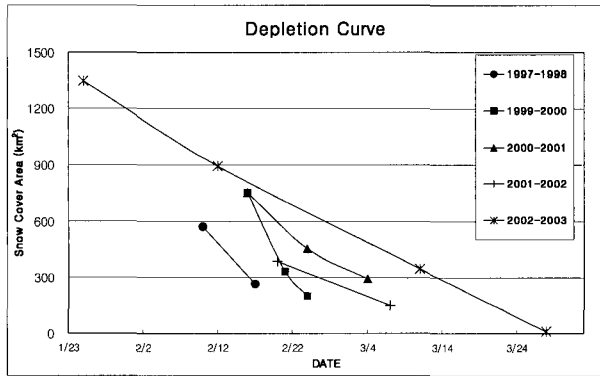


Fig. 11. Depletion curve of Soyanggangdam

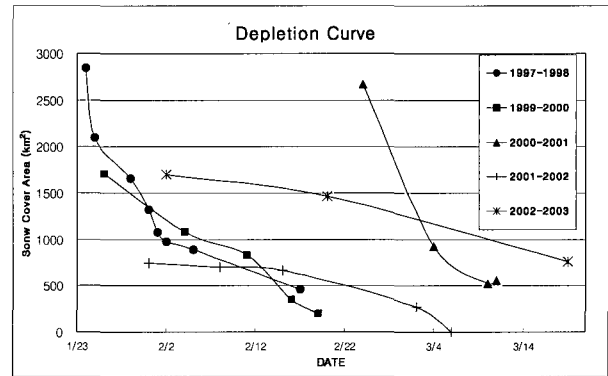


Fig. 12. Depletion curve of Chungjudam

Fig. 11, Fig. 12는 본 연구의 대상지역인 소양강댐 유역과 충주댐 유역의 적설분포면적의 감소되는 비율 및 기간만을 나타내주는 감소곡선을 나타낸 것이다. 적설분포의 면적이 감소되기 시작하는 시점과 기간, 감소 비율에 관한 정보를 알 수 있다.

6. 요약 및 결론

본 연구에서는 영상이 많아 구름이 없는 상태의 자료 획득이 가능하고 단기간의 피복 변화를 관측할 수 있으며, 자료의 구축이 용이한 장점을 가지고 있는 NOAA/AVHRR 위성영상과 남한전체 69개의 지상기상 관측소의 최심 적설심 자료를 사용하여 GIS 자료를 구축하였고, 이를 이용하여 국내에서 연구가 미흡한 한반도 전체에 대하여 융설과 관련된 주요 매개변수인 적설 분포지역 및 적설심을 5개년에 걸쳐 추출하고 기법을 정립하였다. 또한, 소양강댐 유역과 충주댐 유역을 대상으로 온도와 적설분포면적 감소의 상관관계를 선형회귀식 방법으로 구하였다.

NOAA 영상은 1.1×1.1 km의 공간해상도를 가지고 있어 대륙적 규모 혹은 전 지구적 규모의 자료를 수집하고 저장할 수 있다. 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 추정 한 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

- 배덕효, 오재호 (1998). “장기 유출해석에서의 융설영향에 관한 기초 연구.” *한국수자원학회논문집*, 제31권 6호, pp. 833-844.
- 이상호, 안태진, 윤병만, 심명필 (2003). “적설 및 융설 모의를 포함한 탱크모형의 소양강댐 및 충주댐에 대한 적용.” *한국수자원학회논문집*, 제36권 5호, pp. 851-861.
- 임혁진, 권형중, 장철희, 김성준 (2004). “SLURP 모형을 이용한 유출수문분석 -소양강댐 유역을 대상으로-.” *한국수자원학회논문집*, 제37권 8호, pp. 631-641.
- Kazama, S. (1995). “Study on Water Cycle in Middle Scale Region.” Japan, Dept. Civil Engrg. Tohoku University.
- Kazama, S., Kawamura, H., and Sawamoto, M. (1995). “Snow Area Detection by Using AVHRR/NOAA.” *The Remote Sensing Soc, Japan*, Vol. 12, No. 4, pp. 59-69.
- Rango, A., and Itten, K. I. (1976). “Satellite Potentials in Snowcover Monitoring and Runoff Prediction.” *Nordic Hydrology*, Vol. 7, pp. 209-230.
- Martinec, J., and Rango, A. (1981). “Areal Distribution of Snow Water Equivalent by Snow

Cover Monitoring.” *Water Resources Research*, Vol. 17, No. 5, pp. 1480-1488.

Baumgartner, M. F., Seidel, K., and Martinec, J. (1987). “Toward Snowmelt Runoff Forecasting Based on Multisensor Remote Sensing Information.” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. GE-25, No. 6.

Wang, L., Sharp, M., Brown, R., Derksen, C., and Rivard, B. (2005). “Evaluation of Spring Snow Covered Area Depletion in the Canadian Arctic from NOAA Snow Charts.” *Remote Sensing of Environment*, pp. 453-463.

(논문번호:06-40/접수:2006.03.27/심사완료:2006.09.05)