

# Landsat TM과 KOMPSAT-1 EOC 영상을 이용한 토지피복분류 및 SCS-CN 직접유출량 산정

## Land Cover Classification Using Landsat TM with KOMPSAT-1 EOC and SCS-CN Direct Runoff Estimation

권 형 중\*, 김 성 준\*\*, 고 덕 구\*\*\*  
Kwon, Hyong Jung, Kim, Seong Joon, Koh, Deuk Koo

### Abstract

The purpose of this study is to obtain land cover classification map by using remotely sensed data : Landsat TM and KOMPSAT-1 EOC, and to estimate SCS-CN direct runoff by using point rainfall(Thiessen network) and spatial rainfall(surface interpolation) for Yongdam-dam watershed, respectively. The classification was conducted by maximum likelihood method with training set and Tasseled Cap Transform. The classified result was agreed well with statistical data. SCS-CN direct runoff was estimated using three storm events observed in July of 2000. The simulated results by spatial rainfall were better than those by point rainfall.

### 1. 서론

토지피복도(land cover map)는 유역 수문 또는 수질 모델링 분석시에 가장 기본적이고도 중요한 자료중의 하나이다. 토지피복을 분류하기 위해서 통계자료를 이용하는 방법과 디지털 이미징 방법이 사용되어 왔으나, 원격탐사 기술의 향상과 더불어 최근에는 인공위성 영상자료의 경제적 획득이 용이하게 되었고, 그 정확도 또한 향상되어 활용빈도가 높아지고 있다.

Landsat TM은 미국에서 1982년부터 발사되어 총 7개의 밴드, 지상해상도 30m×30m를

가진 영상으로 우리 나라에서는 널리 알려져 있으며, 여러 연구에서 그 활용성이 인정된 자료이다. 그러나 농촌유역에서는 이 영상자료를 이용하여 토지피복분류를 하는 데에는 해상도 면에서 산림과 농경지, 주거지 등의 경계선이 애매하여 분류의 정확도를 높이는 데에는 한계가 있었다. 따라서, 이러한 경우 분석을 위한 해상도를 향상시키기 위하여 해상도가 보다 높은 영상을 중첩시켜 분류하기도 한다. 프랑스의 SPOT이 10m×10m의 해상도를 가지고 있으나 비용이 비싼 단점이 있다. 한편 우리나라에서는 1999년 12월에 한국항공우주연

\* 건국대학교 대학원  
\*\* 건국대학교 농축산생명과학대학  
\*\*\* 한국수자원공사 수자원연구소

키워드: Landsat TM, KOMPSAT-1 EOC,  
SCS-CN, spatial rainfall

구소에서 KOMPSAT-1(해상도 6.6m×6.6m)을 쏘아 올려 이러한 문제를 해결해 줄 수 있는 계기를 마련하였다. 본 연구에서는 용담댐 유역을 대상으로 Landsat TM과 KOMPSAT-1 EOC 영상을 중첩시킨 상태에서 유역의 토지피복 분류를 실시하고, 영상자체의 신뢰도 검증 및 통계자료와 비교함으로써 KOMPSAT-1 EOC에 의한 토지피복분류의 활용성을 검토하고자 한다. 또한 작성된 토지피복도와 토양도를 이용하여 SCS 직접유출을 산정함에 있어 지점강우자료와 공간강우자료에 의한 유출결과를 비교하므로써 공간강우자료의 활용성을 검토하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 대상유역의 개요

본 연구의 대상유역은 전라북도(완주, 진안, 무주, 장수군), 경상남도(거창, 함양군), 충청남도(금산군)에 걸쳐있는 금강권역의 용담댐 유역이다(Fig. 1). 8개의 소유역을 포함하는 본 유역은 그 면적이 930.38km<sup>2</sup>이며, 70% 정도의 임야와 전, 답, 하천, 주거지, 평탄지 등의 다양한 토지이용상태를 보이고 있어 우리나라 농촌 유역의 전형적인 토지이용을 분석하는데 용이하다.

### 2. 토지피복분류

#### 가. 영상 자료

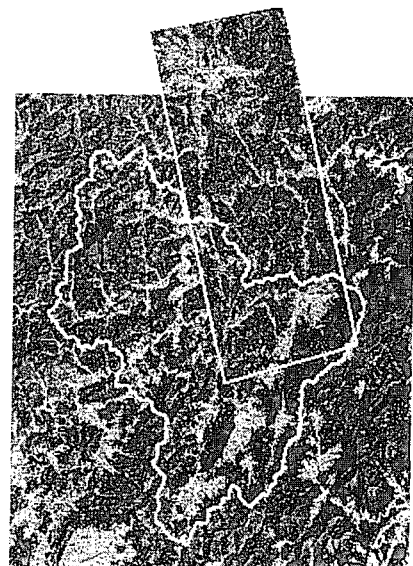
위성영상의 전처리 및 분류는 ER Mapper-5.5를 사용하였고, 통계연보와의 비교는 IDRISI (Eastman, 1990)를 사용하였다.

분류 대상지역의 위성 영상은 Landsat-5 TM (1994년 5월)에 의하여 관측된 Path 115/Row 35의 영상을 사용하였고, KOMPSAT-1 EOC

에 의하여 관측된 영상 3개를 이용하였다 <Fig 2>. KOMPSAT-1위성은 1999년 12월에 발사되었으며, 지상 685km에서 98.46분의 회전주기를 가진 Panchromatic 영상이며, 공간해상도는 6.6m×6.6m로서 높은 해상도를 가지고 있다.



<Fig. 1> Yongdam dam watershed



<Fig. 2> Landsat + KOMPSAT

나. 전처리

Landsat TM 영상은 Datum WGS84, Projection UTM-52의 좌표체계로 기하보정 하였으며, Landsat TM에 대한 KOMPSAT-1 EOC 영상의 기하보정은 Image to Image 방법을 사용하였으며, 해상도 증진을 위해 두 개의 영상을 중첩하였다. 지상 기준점은 구조물의 모서리나 도로의 교차점 등의 구분이 명확한 지점을 선정하는 것이 일반적이나 본 연구에서는 overlay되는 지역에 위와 같은 지역을 선정하기는 어려웠다. 따라서, 지상 기준점은 유역경계선에서 방향이 급변하는 지점, 도로교차점 등을 중심으로 획득하였으며, 중첩한 결과 논이나 하천의 경계가 잘 일치하였다. 이때, 총 15개 GCP의 RMS 오차 범위는 0.79~1.99로 나타났다.

다. 밴드구성

본 대상 지역은 산림지역이 대부분이므로 토지피복분류를 위한 밴드의 선정은 식생정보를 잘 반영하는 식생지수로 구성하였다.

식생지수는 식물의 활력도 및 녹피율에 따른 가시광선 및 근적외선 파장대 광선의 반사량의 차이를 이용하여 추출하는데 지금까지 알려진 식생지수중 일반적으로 사용하는 것은 Kauth와 Thomas(1976)가 Gram-Schmidt의 연속직교법(Sequential Orthogonalization Technique)을 사용하여 개발한 Tasseled Cap 변환계수이다. 이 변환을 통하여 Brightness Band, Greeness Band, Wetness Band의 밴드를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 Tasseled Cap 변환계수는

<Table 1> Tasseled-Cap-Transformation coefficient

	Landsat TM band					
	1	2	3	4	5	7
Brightness	0.3037	0.2793	0.4743	0.5585	0.5082	0.1863
Greenness	-0.2848	-0.2435	-0.5436	0.7243	0.0840	-0.1800
Wetness	0.1509	0.1973	0.3279	0.3406	-0.7112	-0.4572

<Table 1>과 같다.

라. 분류방법

분류방법은 감독분류(Supervised Classification)와 무감독분류(Unsupervised Classification) 두 가지 방법이 있다. 무감독 분류는 각 화소가 가진 분광특성으로서 최대 256가지의 분류 항목으로서 분류할 수 있는데, 같은 토지이용 상태라도 분광특성이 틀리면 다른 항목으로서 분류될 수 있다는 단점이 있다. 감독분류는 사용자가 기존의 종이지도나 다른 자료를 바탕으로 항목별로 훈련지역을 영상에서 획득하여 분류하는 방법이다. 따라서 본 연구에서는 과거의 여러 연구에서 증명되었고 일반적으로 더 높은 정확도를 가지고 있는 감독분류를 실시하였다. 본 연구에서 획득한 훈련지역은 Tasseled Cap 변환 결과에 의하여 분광특성에 따라 산림1 13개, 산림2 17개, 산림3 8개, 산림 4 10개, 논1 10개, 논2 5개, 밭 3개, 주거지 10개, 모래지역 14개, 물1 12개, 물2 4개를 획득하여 산림, 논, 밭, 주거지, 모래지역, 물로서 6개 항목으로서 분류하였다. Landsat 영상에서는 주로 산림지역을 중점적으로 획득하였으며, 산재하여 있는 주거지나 논, 밭 혼합 지역은 Landsat과 KOMPSAT의 중첩부분에서 주로 획득하였다. 이렇게 훈련지역을 획득하고 나면 분류과정에 들어가는데 여러 가지 분류방법(minimum distance, parallel piped classifier 등)중 각 분류항목의 평균과 공분산을 이용하는 최대우도법(Gaussian Maximum Likelihood Method)을 실시하였다.

3. 지점강우자료와 공간강우자료에 의한 SCS 직접유출량

가. SCS 직접유출량

SCS는 총우량과 유효우량간의 관계식을 다

음과 같은 식으로 정의하였다.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

여기서 P: 호우별 총 우량(mm)  $I_a$ : 강우 초기의 손실(mm) ( $I_a = 0.2 S$ ) S: 유역의 최대잠재보유수량(potential maximum retention) (mm) Q: 직접 유출량에 해당하는 유효우량 (mm)이다. 최대잠재보유수량은 유출곡선번호 (CN)을 사용하여 다음 식으로부터 결정할 수 있다.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

#### 나. 지점강우와 공간강우

지점강우는 관측소별 티센망에 관측된 강우를 일괄적으로 적용하는 강우유형이며, 공간강우는 관측된 지점강우를 surface interpolation 하여 좀더 현실적인 강우분포를 고려한 것이다. 본 연구에서 사용된 surface interpolation은 거리 가중치의 평균(distance-weighted average)으로서 보간하는 방법으로서 IDRISI2.0의 INTERPOL을 사용하였다.

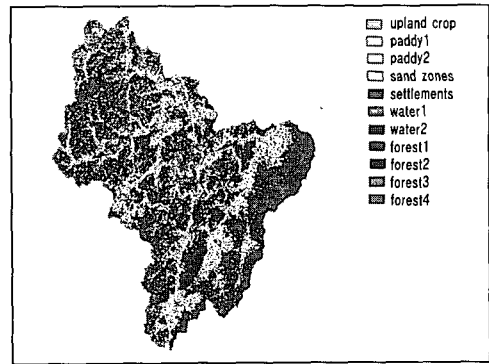
### III. 결과 및 고찰

#### 1. 토지피복분류

##### 가. 분류결과

감독분류로서 분류한 후, 대상지역을 Masking한 결과가 <Fig. 3>과 같다. 분류한 대상 영상이 5월 영상이라는 것을 고려할 때 위와 같은 분류항목에서 논의 항목을 담수와 비담수 논으로 구분하였으며, 물은 반사특성에 따라 얇은 물과 깊은 물로 구분하였고, 산림지

역은 음·영과 분광특성에 따라 4가지의 반사 특성을 나타내었다.



<Fig. 3> The image of land use classification

#### 나. 분류결과의 검증

분류 결과를 분석하고 검증하는 방법은 사용한 소프트웨어에서의 Error Matrix (Confusion Matrix)를 작성하여 분광특성으로서 결과의 신뢰성을 판단하는 것과, 통계연보와의 비교를 통하여 분석하는 방법이 있다. Error Matrix 작성으로 자료의 정확성을 판단하는 방법은 Reference data와 Classification data를 비교함으로써 각각의 항목별로 획득된 훈련지역이 각각의 분광특성에 따라 분류된 정확성을 판단하는 방법이고, 통계자료에 의한 방법은 일정한 지역을 선택한 후, 당해 연도의 통계연보와 비교 분석하는 방법이다. 본 연구에서 자료의 검증은 위의 두 가지 방법을 사용함으로써 자료의 신뢰성 및 활용 가능 여부를 판단하고자 한다 <Table 2, Table 3>. 분석지역은 분류항목이 다양하게 밀집되어 있는 안성면 지역을 선택하여 그 지역을 Masking한 후, 안성면의 면적과 각 항목별로 면적을 산출하여 그 지역 해당연도(1994년)의 통계연보와 비교 분석하였다.

본 연구에서 분류 정확도는 82.88%로 산출되었다. 따라서 SCS-CN 산정시나 수문 모델

〈Table 2〉 Error Matrix

	u	p2	sz	se	w2	f4	row total	User's Accuracy(%)
upland crops	3	0	0	0	0	4	7	42.9
paddy	0	13	2	2	3	0	20	65
sand zones	0	2	12	1	3	0	16	75
settlements	0	0	0	7	0	0	7	100
water	0	0	0	0	9	0	9	100
forest	0	0	0	0	1	43	44	97.7
<b>column total</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>47</b>	<b>105</b>	
Producer's Accuracy(%)	<b>100</b>	<b>86.7</b>	<b>85.7</b>	<b>70</b>	<b>56.3</b>	<b>91.5</b>		

Overall Accuracy : 82.88% from 105 observations

을 사용할 때, 그 입력 자료로서의 활용성은 충분하며, 좀더 세분된 항목으로 분류할 경우에는 계절별 영상으로 분류해야 그 정확성이 높아질 것이다.

총 면적에서의 오차를 보이는데 이것은 자료 생성이나 처리할 때 생기는 오차라고 사료되며, 각 항목별로 볼 때 논과 밭의 경우는 높은 정확성을 보이고 다른 항목도 약간의 오차는 있으나 자료로서의 활용가능성은 충분하다고 사료된다.

## 2. SCS 직접유출량 산정

본 연구에서는 원격탐사 데이터의 수문학적 인 적용성을 검증하기 위하여 SCS 유출량 산

정법을 이용하여 유출량을 분석하였다. SCS법에 의한 직접유출량은 토양도와 토지이용도, 토양의 수문학적 조건들로서 직접유출을 정량적으로 표현하는 방법이다.

### 가. 수문학적 토양군

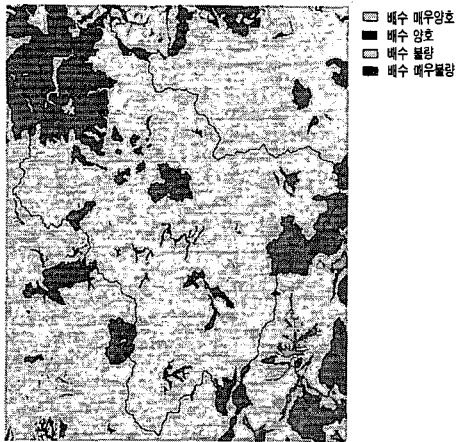
SCS 수문학적인 토양군을 획득하기 위하여 농촌진흥청의 1: 50,000 개략토양도를 재분류하여 수문학적인 토양군을 결정하였다. <Table 4>와 같이 SCS 토양의 종류는 유출률, 투수성, 배수성 등에 따라 A, B, C, D 형으로 분류되고 그 결과는 <Fig. 4>와 같다.

### 나. 유출곡선번호 추정

SCS의 유출곡선번호는 선행 5일 강우조건

〈Table 3〉 Comparing classified results with statistic data (unit : km<sup>2</sup>)

Class	Classification result		Statistic data(1994)	
	Area	%	Area	%
Total area	96.9	100	97.6	100
Paddy	10.9	11.2	10.7	11.1
Upland crops	6.6	6.8	7.0	7.1
Forest	68.2	70.3	74.1	75.9
Water	0.1	0.1	1.6	1.6
Settlements	2.2	2.2	1.6	1.6



<Fig. 4> Hydrologic soil group map

<Table 4> Hydrologic soil group

Hydrologic soil group	Soil Feature	Soil name
A	High infiltration rate	Mma, Mmb, Mab, Mac
B	Moderate infiltration rate	Rab, Rad
C	Slow infiltration rate	Anb, Aue
D	Very slow infiltration rate	Ro

(AMC)에 따른 토양의 함수조건과 토지이용으로서 추정한다. 여기서, 토지피복분류된 영상의 화소가 단일의 토지이용상태를 가진다고 가정하여 <Table 5>와 같은 유출곡선번호를

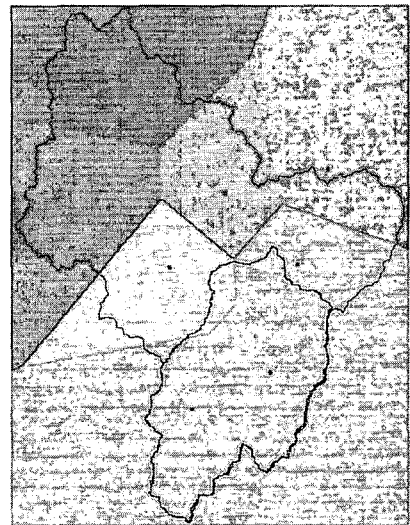
<Table 5> SCS-CN

AMC	Soil group	Upland Crops	Paddy	Sand zone	Settlement	Water	Forest
I	A	41	61	53	37	100	36
	B	65	61	65	52	100	57
	C	76	61	76	73	100	73
	D	81	61	81	73	100	81
II	A	62	78	72	57	100	56
	B	81	78	81	71	100	75
	C	88	78	88	86	100	86
	D	91	78	91	86	100	91
III	A	79	89	86	76	100	75
	B	91	89	91	85	100	87
	C	94	89	94	93	100	93
	D	96	89	96	93	100	96

추정하였다.

다. 지점강우와 공간강우

대상유역의 직접유출량을 산정하기 위한 강우사상은 세 개(2000년 7월 19~20일, 23~25일, 30~31일)를 선정하였으며, 각각의 강우사상에 대하여 강우관측소별 티센망에 지점강우와 공간강우의 두 가지 유형을 고려하여 직접유출



<Fig. 5> Point rainfall

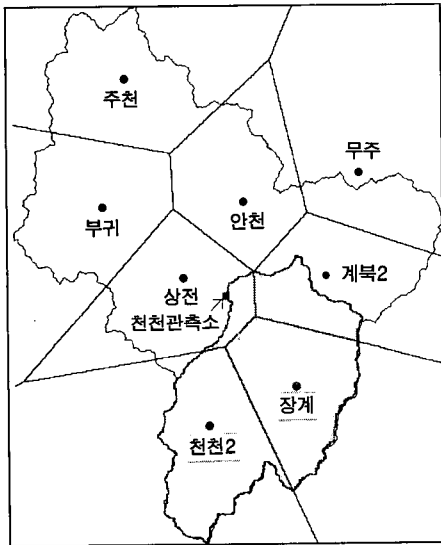


<Fig. 6> Spatial rainfall

량을 산정·비교하였다. <Fig. 5, 6>은 7월 23일~25일의 강우사상에 대한 지점강우와 공간강우를 표현한 것이다.

라. 유출량 산정

유역 전체에 대한 유출량 산정은 일반적으로 정확한 결과를 보여주는 가중평균유량법에 의하여 산정하였다. 대상 유역의 시유량 자료는 7월 10일 ~ 7월 31일, 시유량 자료는 천천 유량관측소의 자료를 보유하고 있어, 천천 관측소에 대한 유역을 재 생성하였다. 용담댐 유역의 강

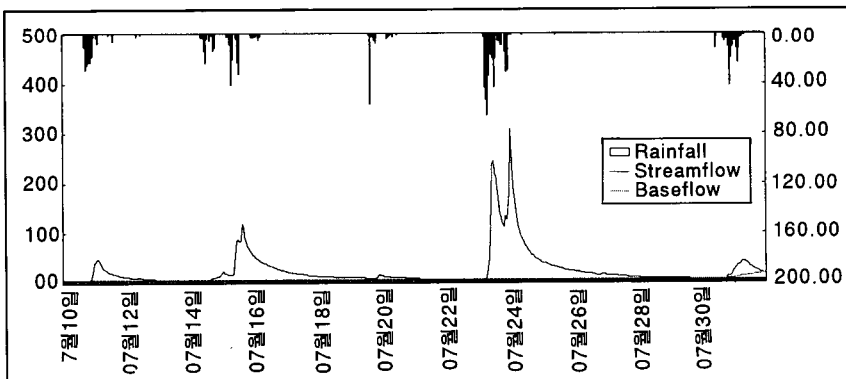


<Fig. 7> Thiessen network

우관측소는 총 7개가 있는데, 이 중에서 재 생성한 유역에 포함되는 강우 관측소는 4개가 있으며, <Fig. 7>은 강우관측소별 티센망이다.

모의된 유출과 비교하기 위한 실측 직접유출량은 총 유출량으로부터 직선 분류법, n-day법 등으로 기저유출을 제거하여 산정 하지만, 본 연구에서는 성수기의 짧은 기간에서 세 개의 강우 사상을 선정하였기 때문에, <Fig. 8>과 같이 추정하여(Olivera, 1996) 직접유출량을 산정 하였다.

산정된 유효유량을 실측된 유량과 비교하기 위하여, 실측 유효유출은 강우가 개시한 후 1시간 후부터 유출이 된다고 가정하고, 한 강우 사상을 반영하는 직접유출은 <Fig. 8>에서와 같이 유출이 증가하는 시점부터 다음 강우사상에 의해 유출량이 증가하기 전까지를 직접유출량으로서 계산하였다. 또한, 유출량(m<sup>3</sup>/s)을 유출고(mm)와 유출율(%)로서 환산하여 <Table 6>과 같이 모의된 유출과 비교하였다. 지점강우자료로와 공간강우자료로서 산출한 경우의 상대오차를 비교해 볼 때, 지점강우자료보다 공간강우자료로서 직접유출을 산정한 경우가 더 정확성이 높은 것으로 나타났다. 특히 Event 2에 대한 상대오차가 크게 나타났는데, 이를 대상으로 본 유역의 대부분을 차지하고 있는 논외의 CN값과 산림지역의 CN값의 변



<Fig. 8> Hydrograph

(Table 6) SCS runoff estimation

Storm Event	Gauge	AMC	Area (km <sup>2</sup> )	Rainfall (mm)	Average Rainfall (mm)	Runoff discharge(mm)			Relative error(%)	
						Obs.	Sim. (point)	Sim. (spatial)	Sim. (point)	Sim. (spatial)
Event 1 (7/19-20)	상전	II	13.22	15.00	29.85	5.95	9.15	6.27	-53.52	-5.38
	계북	II	39.05	4.00						
	천천	III	118.94	61.00						
	장계	III	114.35	8.00						
Event 2 (7/23-25)	상전	III	13.22	113.00	108.13	70.65	40.00	47.50	43.38	32.77
	계북	III	39.05	98.00						
	천천	III	118.94	112.00						
	장계	III	114.35	107.00						
Event 3 (7/30-31)	상전	I	13.22	53.00	42.01	5.28	4.99	5.35	5.49	-1.33
	계북	I	39.05	53.00						
	천천	I	118.94	42.00						
	장계	I	114.35	37.00						

화에 따른 유출량의 변화를 파악하여 보았다.

AMC III 조건에서 논외의 CN값을 89에서 95으로 변화시킨 경우 유출량은 60.69mm로 27.8% 증가하였고, 산림의 CN값을 A(75)에서 B(87)로 바꾸었을 경우의 모의 유출량은 76.96mm로 62% 증가하는 것으로 나타났고, CN값을 조정하기 전 보다 높은 정확도를 나타내었다. 따라서, Event 2의 오차원인은 첫째, Event 1에 의하여 논외의 담수습이 높은 상태이고, 또한 담수관리에 의한 강제배수 등의 불확실성이 존재하지만, 논외의 CN값은 고정된 값을 사용하기 때문으로 생각되며, 둘째, 본 유역은 산림지역이 대부분을 차지하고 있어 산림지역에 대한 CN값에 따라 유출량이 민감한 반응을 보이기 때문으로 판단된다.

## V. 요약 및 결론

유역의 토지피복분류 및 평가, SCS 직접유출량을 산정하기 위하여, 용담댐 유역을 대상으로 1994년 5월의 Landsat-5 TM과

KOMPSAT-1 EOC 영상을 이용하여 감독분류를 실시하였다. 11개의 분류 항목으로서 최대우도분류에 의하여 영상을 분류하였으며, 분류 결과를 통계자료와 비교 분석하여 자료의 활용 가능성을 판단하였다. SCS 직접유출량 산정·분석하기 위하여 11개의 분류항목을 6개로 재분류하고 1:50,000의 개략도로부터 구축된 수문학적 토양군과 결합하여 대상유역에 대한 SCS 유출곡선번호를 추정하였다. 2000년 7월의 3개 강우사상에 대한 유출해석을 실시하고, 실측 유출량과 비교하여 그 적용성을 평가하였다. 본 연구의 결과를 다음과 같이 정리하였다.

1. 산림지역은 대부분 Landsat 영상을 통하여, 논 밭 혼합지역이나 주거밀집지역은 높은 해상도의 KOMPSAT 영상을 통하여 분류하였다.

2. 토지피복 분류결과 밭 6.8%, 논 11.2%, 모래지역 9.83%, 주거지역 2.2%, 하천 및 저수지 0.1%, 산림지역 70.3%가 산출되었다.



3. Error Matrix 작성시 오차를 줄이기 위해서는 계절별 다시기 영상의 확보가 필요하고, 충분한 Reference data의 확보와 현장답사를 통하여 지형 지물의 특성에 대한 이해가 필요하다고 판단된다.

4. 2000년 7월의 3개 강우사상에 대하여 SCS 유출해석을 실시한 결과, 지점강우보다 공간강우에 의한 모의결과가 보다 좋게 나타났다.

본 연구에서 사용된 다목적실용위성 아리랑 1호 위성 영상은 한국항공우주연구소에서 제공한 것임

#### 참고문헌

1. 김동준, 1993. 토지피복분류에 있어서 이미지 재배열의 영향에 관한 연구, 강원대학교 석사학위논문.
2. 박희성, 1998. 위성영상을 이용한 토지이용 분류 및 유출곡선번호의 추정, 서울대학교 석사학위논문.
3. 윤용남, 1998. 공업수문학, 청문각.
4. Lillesand T. M. and Kiefer R. W., 2000 Remote Sensing And Image Interpretation, John Wiley & Sons, Inc..
5. Engman E. T. and Gurney R. J., 1991. Remote Sensing in Hydrology, Chapman and Hall.