

## 강우자료의 통계적 해석을 통한 산사태 발생 분류

전병희\*, 김남균

산사태 발생을 예측하기 위해서 지형, 지질, 강우자료를 이용하여 GIS기법을 이용하거나, 회귀분석을 이용한 기법들이 연구되어져 왔다. 동아시아 문순기후대에 속한 우리나라는 태풍이나 집중호우의 영향으로 산지토사재해가 빈발하고 있으며, 토석류를 포함한 산사태 재해의 발생을 예측하여 적극적으로 대비하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 한국에서의 산사태 발생시키는 강우의 임계치에 대한 검토를 하였다. 이를 위해 산사태를 발생시킨 18개의 강우사상과 발생시키지 않은 17개의 강우사상에 대한 강우자료 값을 이용하였다. 그리고 산사태 발생에 대한 예측을 위해 선행강우의 누적강우량과 현재 강우의 강우강도를 이용한 판별분석기법을 제안하였다. 총 38개 강우에 대한 판별분석 결과 97.1%의 판별율을 보였으며, 판별식의 검증에 위해 제천지역의 산사태 발생/미발생 강우에 대한 판별분석 결과 실제 발생 여부를 정확하게 예측함을 볼 때, 제안된 판별분석 기법은 우리나라에서의 산사태 발생의 예측기법으로서 유용함을 알 수 있었다.

**주제어:** 산사태, 강우량, 경보시스템, 판별분석

### I. 서론

외국의 사례에서 산사태는 구성물질, 함수비, 흐름특징 등 정량적 구분기준에 따라 비액상화 흐름(non-liquified flow), 흐름활동(flow slide), 점토 흐름활동(clay flow slide), 토사류(earth flow), 토석류(debris flow), 이류(mud flow), 토석홍수(debris flood), 토석사태(debris avalanche), 암석사태(rock avalanche) 등으로 나누어지며 이 때 토석류는 산사태의 한 종류로 분류된다(Hungr et al., 2001). 그러나 일반적으로 국내에서는 산지에서 토사가 내려와 하류에 피해를 입히는 것을 산지에서의 포괄적인 토사재해라고 하며 이를 산사태(Landslide)로 정의하며, 산지토사재해는 산사태(Landslide)와 토석류(Debris flow)로 구분하여 생각할 수 있다. 본 연구에서는 산사태와 토석류를 구분하지 않고 토석류를 포함하여 산사태로서 정의하여 연구를 진행하였다.

산사태는 흙이나 암석이 균형을 잃고 중력작용에 의해 일시적으로 아래로 무너지는 것으로서, 산사태에서 발생하여도 유동화되어 하류로 흘러가지 않은 경우를 말한다. 반면에 토석류는 토사와 물의

\* 교신저자.

혼합물이 연속유체처럼 유동하는 현상을 말한다. 입자간극이 물 또는 슬러리로 채워진 경우 토사는 유체와 같이 유동할 수 있다. 토석류에서 함수비는 중요한 인자가 된다. 함수비가 낮으면 낙석, 활동(Slide), 사태와 같은 고체의 운동이 되며, 함수비가 높으면 흐름(Flow), 함수비가 더욱 높으면 고농도 흐름(Hyperconcentrated flow)이 된다. 함수비는 흙과 물의 용적농도비로 정의되는데, 토석류의 경우 용적농도비는 0.4-0.8을 갖는다 (Iverson, 1997).

우리나라에서 1997년부터 2006년까지의 자연재해에 의한 사망자 중 토석류 등의 지반재해에 의한 사망자는 전체의 27%에 달하고 있다(박덕근 외, 2007). 대표적으로는 2002년 태풍 루사, 2003년 태풍 매미, 2006년 태풍 에위니아와 그에 따른 호우에 의해 산악지역으로 이루어진 강원도를 중심으로 많은 토석류 피해가 발생하여 이에 대한 대책이 요구된다.

토석류는 지형과 기상조건에 따라 다른 특성을 보이므로 세계적으로 많은 연구가 수행되어져 왔다. 일본은 1950년대에 이미 연구에 착수하여 실내실험과 현장 관측을 시작하였으며, 1970년대부터는 토석류 수치 시뮬레이션 연구, 토석류 예측을 위한 모델 개발, 사방구조물 개발, 피해예측지도 작성 관련연구가 수행되었다. 대만은 일본과 마찬가지로 문순기후대에 속하여 태풍에 의한 토석류 피해가 빈발하였으며, 최근에는 중국에서도 지진과 폭우로 인한 대규모 산사태 피해가 발생함에 따라 적극적 연구를 수행하고 있다. 히말라야 산맥지대에 속한 네팔이나 알프스 산맥에 접한 이탈리아 등도 많은 토석류 연구를 수행하였다. 미국은 토사이동에 관한 연구를 주로 수행하였다.

우리나라에서는 산사태 예측에 관한 연구가 주로 이루어졌으며, 토석류 수치 시뮬레이션이나 피해 예측지도 작성 분야에서는 아직 기초적 단계로 볼 수 있다. 최근 들어 토석류 및 산사태에 대한 많은 연구가 이루어지고 있으며, GIS를 이용한 위험도 판정에 관한 연구들(이승기 등, 2005; 김경태 등, 2005; 조남춘 등, 2006; 김기홍 등, 2008)과 지형인자 및 강우인자를 이용한 위험도 분석(윤홍식 외, 2009; 김경석, 2008)과 토사거동예측모델을 위한 실내실험(채병곤 외, 2006; 김기환 외, 2008) 등이 주된 내용을 이루어왔다.

동일 강우에서도 지역 내의 지형과 지질조건에 따라 피해의 양상은 달라지지만, 국내에서 발생하는 산지토사재해는 대부분 여름철 집중호우기간에 발생하며 호우가 산사태의 가장 직접적인 원인이 된다. 본 연구에서는 선행강우를 포함한 강우를 통계적 분석을 통해 산사태 발생의 예측모델을 제시하는 것을 목적으로 한다.

## II. 이론분석

### 1. 판별분석

판별분석은 이미 알려진 상호배반적인 몇 개 집단에 속하는 다변량 관측치로부터 각 집단의 차이를

분류할 수 있는 함수를 추정하거나, 소속집단이 알려지지 않은 새로운 관측치를 추정된 함수를 이용하여 어떤 집단에 분류될 것인가를 결정하는 것이다. 판별분석의 주된 목적은 새로운 관측치를 특정 집단으로 할당하기 위한 최적분류규칙인 판별함수를 유도하는 것이고 여러 집단 사이의 중복을 최소화하면서 구분할 수 있는 판별함수를 유도하는 것이다. 판별분석을 통하여 도출하려는 독립변수들의 선형결합(판별함수)은 다음과 같은 판별식을 만들어내어 이 식에 분류하고자 하는 각 대상들의 특성을 대입해서 각 대상들이 속하는 집단을 찾아낸다.

$$D = d_0 + d_1X_1 + d_2X_2 + \dots + d_nX_n \tag{1}$$

여기서 D=판별점수, d0=절편, Xi=독립변수, di=각 독립변수의 가중치이다. 판별분석에서는 집단내 분산에 대한 집단간 분산의 비율을 사용하여 이를 극대화시키는 독립변수들의 선형결합을 판별함수라 한다 (양경숙과 허명희, 2001).

자료들로부터 판별함수를 얻으면, 이로부터 각 그룹내의 개체마다 판별점수를 모두 구하고, 그룹마다 판별점수의 평균을 구한 것을 그룹의 중심(Centroid)이라 하며, 이들 중심간의 거리가 그룹들 간에 분류가 잘 되었는가를 판단하는 측도가 된다. 이러한 통계적 처리를 위해 상용통계 프로그램인 SPSS V12.0을 이용하였다.

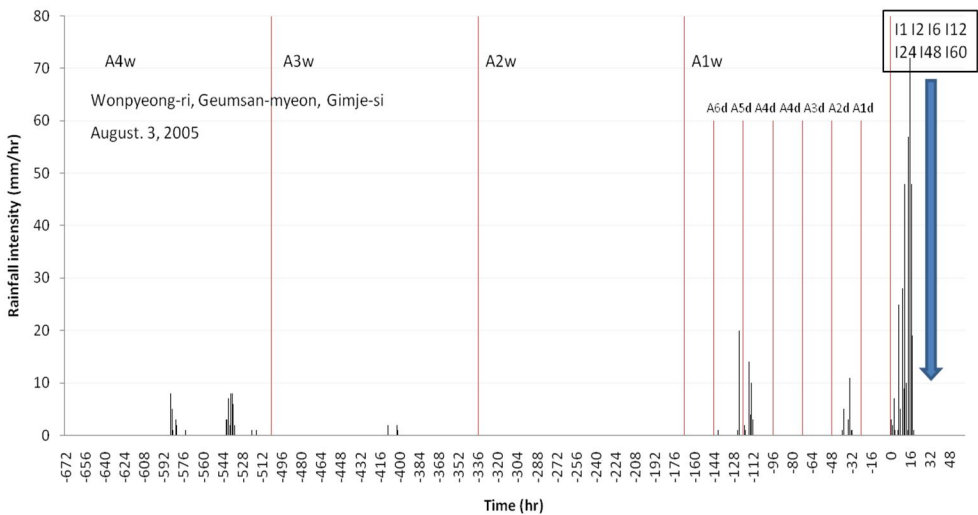
### III. 결과 및 고찰

2003년부터 2009년의 기간에 우리나라에 영향을 끼친 태풍이나 집중호우 중 38개의 경우에 대해 판별분석을 실시하였다. 각 강우사상에서 판별분석에 필요한 변수를 추출하였다. 본 연구에서는 산사태를 일으킨 강우의 개시시간을 기준으로 1, 2, 6, 12, 48, 60 시간 내의 시간최대강우를 변수로 지정함과 동시에 선행강우의 효과를 평가하기 위해, 산사태 유발 강우의 개시시간을 기준으로 4주, 3주, 2주, 1주, 6일, 5일, 4일, 3일, 2일, 1일 기간동안의 누적강우를 변수로 이용하였다. 이 각각의 변수에 대한 정의를 표 1에 정리하여 나타내었다.

<표 1> 강우사상에서 추출된 판별함수의 변수들

		Antecedent rainfall (mm)						Rainfall intensity (mm)										
		weeks			days			hr										
변수		4	3	2	1	6	5	4	3	2	1	1	2	6	12	24	48	60
기호		A4w	A3w	A2w	A1w	A6d	A5d	A4d	A3d	A2d	A1d	I1	I2	I6	I12	I24	I48	I60

총 38개의 강우사상 중에서 18개는 산사태를 일으킨 강우이며, 17개는 산사태를 일으키지 않은 강우사상을 분석하였다. 산사태를 일으킨 동일 지역을 대상으로 2003년부터 2005년 사이에 태풍 등의 영향으로 인해 비슷한 강우규모를 가지는 강우를 선택하여 산사태를 일으키지 않은 강우로서 분석에 이용하였다. 그림 1은 2005년 8월 3일 김제시 지역에 산사태를 일으킨 강우의 예를 들어, 각 강우사상에서 판별분석에 필요한 변수를 추출하는 과정을 보여주고 있다. 가로축은 산사태를 일으킨 8월 3일의 강우에서 강우가 시작된 시각을 0으로 기준으로 정하였다. 이 시각으로부터 1, 2, 6, 12, 48, 60 시간 내의 시간최대강우강도(mm/h)를 각각 I1, I2, I6, I12, I48, I60으로 할당하였다. 그리고 시간 0 시각을 기준으로 4주, 3주, 2주, 1주, 6일, 5일, 4일, 3일, 2일, 1일 누적강우(mm)를 각각 A4w, A3w, A2w, A1w, A6d, A5d, A4d, A3d, A2d, A1d의 변수에 할당하였다. 토석류를 일으킨 강우의 분석을 위해서는 강우강도가 변수로서 이용되었고, 선행강우에 대해서는 누적강우량을 이용하였다.



<그림 1> 2005년 8월 3일 김제시에서 발생한 산사태 유발 강우에 대한 판별변수 변수 추출

이러한 과정을 거쳐 산사태를 일으킨 18개의 강우사상과 일으키지 않은 17개의 강우사상에 대한 변수추출 결과를 표 1과 표 2에 나타내었다. 여기서 부산시에서 발생한 산사태에 대한 강우와 비교하기 위한 미발생 강우는 결측되어 있으나, 나머지 지역에 대해서는 동일 지역에서의 강우분석이 이루어졌다.

<표 2> 산사태 발생 지역에서의 강우자료

위치	일자	시각	선형강우(mm)										강우강도 (mm/hr)						
			4주	3주	2주	1주	6일	5일	4일	3일	2일	1일	1	2	6	12	24	48	60
김제시 금산면 원평리	2005.8.3	5:00	145	84	79	79	79	56	22	22	22	0	3	3	7	48	72	72	72
전주시 덕진구 우아2동	2005.8.3	3:00	127	58	57	57	57	36	18	18	18	4	1	4	4	26	42	42	42
완주군 소양면 신교리	2005.8.3	8:00	155	81	69	69	69	59	38	38	38	6	1	5	6	43	45	45	45
진안군 진안읍 군상리	2005.8.3	9:00	170	130	125	114	113	96	17	17	17	0	2	5	24	24	24	24	24
장수군 계북면 농소리	2005.8.3	6:00	273	213	191	191	191	190	28	28	28	0	1	2	7	7	69	69	69
무주군 안성면 공정리	2005.8.3	6:00	216	161	150	150	150	149	31	31	31	0	5	5	5	7	54	54	54
사천시 이흥동	2005.8.3	11:42	107	55	55	43	24	4	0	0	0	0	5	5	5	48	48	48	48
부산 북구 만덕동	2006.7.10	14:30	162	155	126	37	32	32	13	0	0	0	3	3	3	15	15	24	24
인제군 남면 남전리	2006.7.15	12:00	335	332	320	199	199	199	199	183	179	5	7	7	37	37	37	48	48
인제군 인제읍 덕산리	2006.7.15	15:00	362	360	338	207	205	203	203	178	167	10	1	1	4	4	16	84	84
인제군 기린면 북3리	2006.7.15	12:00	332	329	306	232	231	228	211	211	64	28	5	5	10	76	76	76	76
인제군 북면 한계리	2006.7.15	12:00	266	265	251	152	152	151	151	137	132	2	3	3	10	17	17	70	70
평창군 진부면 하진부리	2006.7.15	3:50	469	461	407	330	329	320	278	275	152	28	1	7	19	90	90	90	90
영월군 북면 마차2리	2006.7.16	6:00	283	279	236	157	154	152	113	107	25	23	2	2	7	20	32	32	32
가평군 설악면 엄소리	2006.7.16	10:12	306	294	252	246	246	246	216	212	20	0	3	3	3	16	33	33	33
진천군 이월면 신계리	2006.7.28	13:00	501	440	346	41	34	33	33	33	33	29	1	1	2	2	24	53	53
곡성군 곡성읍 도림사	2006.7.10	13:00	276	276	160	155	142	93	82	82	82	59	3	5	17	27	27	27	27
경남 창원 귀산동	2009.7.16	10:00	418	324	214	74	60	60	33	15	7	5	1	1	3	58	58	58	58
평균			272	238	204	141	137	128	94	88	56	11	3	4	10	31	43	53	53
최대			501	461	407	330	329	320	278	275	179	59	7	7	37	90	90	90	90
최소			107	55	55	37	24	4	0	0	0	0	1	1	2	2	15	24	24
표준편차			114	124	106	81	83	87	88	86	58	16	1.8	1.9	8.9	24.3	21.9	20.0	20.0

<표 3> 산사태 미발생 지역에서의 강우자료

위치	일자	태풍	선행강우(mm)										강우강도 (mm/hr)						
			4주	3주	2주	1주	6일	5일	4일	3일	2일	1일	1	2	6	12	24	48	60
김제시 금산면 원평리	2004.6.21	DIANMU	72	45	40	36	36	36	36	36	36	1	3	4	4	4	12	29	48
전주시 덕진구 우아2동	2004.6.21	DIANMU	68	43	39	38	38	38	38	38	3	1	1	3	8	8	12	12	34
완주군 소양면 신교리	2004.6.21	DIANMU	82	52	43	39	39	39	39	39	3	1	1	5	9	9	13	18	44
진안군 진안읍 군상리	2004.6.21	DIANMU	79	60	53	48	48	48	48	48	48	2	2	8	8	10	25	25	
장수군 계북면 농소리	2004.6.21	DIANMU	79	65	54	52	52	52	52	52	52	1	4	4	4	12	16	16	
무주군 안성면 공정리	2004.6.21	DIANMU	73	61	55	51	51	51	51	51	51	1	1	4	4	14	37	37	
사천시 이흥동	2003.7.18	KONI	297	268	182	79	56	49	0	0	0	0	1	4	4	5	42	42	42
부산 북구 만덕동	결측자료																		
인제군 남면 남전리	2003.8.20	VAMCO	152	105	89	2	2	2	2	2	1	0	4	9	9	38	38	38	38
인제군 인제읍 덕산리	2003.8.23	KROVANH	226	211	141	123	121	119	119	27	0	0	4	17	22	22	22	32	32
인제군 기린면 북3리	2003.8.23	KROVANH	249	235	155	118	116	114	114	22	0	0	1	1	16	16	16	34	34
인제군 북면 한계리	2003.8.20	VAMCO	158	95	78	1	1	1	1	1	0	0	4	12	25	36	36	36	36
평창군 진부면 하진부리	2004.8.17	MEGI	40	21	13	3	3	3	3	3	1	0	2	3	10	14	14	34	34
영월군 북면 마차2리	2002.8.6	KAMMURI	176	80	27	12	12	12	12	12	12	7	4	4	4	5	13	34	34
가평군 설악면 엄소리	2005.8.11	SANJU	280	269	269	117	113	113	44	42	10	1	9	10	11	14	24	24	24
진천군 이월면 신계리	2004.7.16	KOMPASU	468	189	187	94	92	92	92	76	16	2	1	2	5	10	14	28	28
곡성군 곡성읍 도림사	2004.8.22	CHABA	224	215	173	158	158	158	158	16	5	0	2	2	9	20	20	20	20
경남 창원 귀산동	2005.8.8	MATSA	133	89	89	78	56	5	1	1	1	1	13	13	13	32	32	32	32
평균			159	117	94	58	55	52	45	26	13.3	9.2	3.0	5.3	9.2	13.8	19.1	27.3	31.0
최대			468	269	269	158	158	158	158	76	52	52	13	17	25	38	42	42	48
최소			40	21	13	1	1	1	0	0	0	0	1	1	4	4	10	12	16
표준편차			109	84	70	46	45	46	46	22	19	19	3.2	4.6	6.1	11.0	10.1	8.3	8.1

판별분석에서는 각 판별그룹으로 나누기 위한 판별함수를 결정해야 한다. 본 연구에서는 산사태 발생 그룹에 대한 판별함수를 FL, 미발생 그룹에 대한 판별함수를 FNL로 하였다. 강우사상에서 추출된 변수값을 각 판별함수에 대입하여, FL이 FNL보다 큰 값을 가지면 선행강우와 현재강우의 조합에서 볼 때 산사태가 발생함을 의미한다.

$$FL = -14.277 + 0.049 * A4w - 0.036 * A3w - 0.014 * A2w + 0.078 * A1w - 0.078 * A6d + 0.060 * A5d - 0.001 * A4d - 0.040 * A3d - 0.104 * A2d + 0.259 * A1d + 1.085 * I1 - 0.148 * I2 + 0.438 * I6 - 0.006 * I12 - 0.164 * I24 - 0.096 * I48 + 0.563 * I60$$

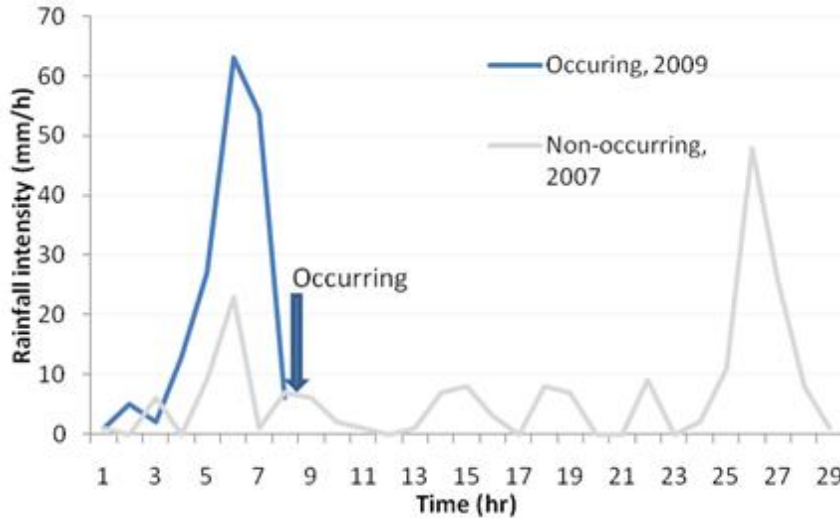
$$FNL = -17.250 + 0.077 * A4w - 0.093 * A3w - 0.011 * A2w + 0.410 * A1w - 0.659 * A6d + 0.276 * A5d - 0.105 * A4d - 0.094 * A3d - 0.161 * A2d + 0.425 * A1d + 1.545 * I1 - 0.357 * I2 + 0.641 * I6 - 0.128 * I12 - 0.174 * I24 - 0.271 * I48 + 0.812 * I60$$

이러한 판별함수식은 우리나라 전체를 대상으로 결정되어 있으나 지역적 특성을 반영한 판별함수식을 개발한다면 분류능을 높일 수 있을 것으로 생각된다. 판별함수에서 볼 때 현재 강우의 강우강도만으로 산사태의 발생여부를 예측하는 것 보다 선행강우를 포함한 분석을 통해 산사태 발생을 예측하는 것이 보다 적절함을 알 수 있다. 표 4는 전체 38개 강우에 대한 산사태 발생 여부에 대한 판별분석을 실시한 결과를 나타내고 있다. 여기서 판별함수의 변수로서 선행강우를 포함하지 않은 경우와 선행강우를 포함하여 비교하고 있다. 선행강우를 포함하지 않은 판별함수의 경우, 85.7%의 판별성공율을 보인 반면, 선행강우를 포함한 판별함수에서는 총 18개 강우 중 17개의 강우에 대해 산사태 발생을 정확히 예측하고 있으며, 미발생에 대한 변수 2에서는 17개 강우가 모두 미발생으로 판별되어 전체적으로 97.1%의 높은 판별율을 보여주고 있다.

<표 4> 총 38개 강우사상에 대한 판별분석 결과

variety	Predicted Group Membership			
	Only recent rainfall		Antecedent + Recent rainfall	
	1 (Occur)	2 (Not occur)	1 (Occur)	2 (Not occur)
1 (18)	15	3	17	1
2 (17)	2	15	0	17

위와 같은 과정을 통해 결정된 산사태 발생 예측을 위한 판별함수는 함수생성에 이용되지 않은 자료를 이용하여 그 효용성을 검증할 필요가 있다. 충청북도 제천시에서는 2009년 7월 14일 집중호우로 산사태 발생을 보고하였다. 반면 동일 지역에서 2007년 8월에 발생한 태풍 'USAGI'에 의해서는 산사태 발생이 보고되지 않았다. 이 두 강우의 시간강우를 그림 2에 나타내었다. 산사태 발생 보고가 없었던 2007년 강우는 최대 48mm/h, 누적강우 195mm 였으며, 산사태와 토석류를 발생시킨 2009년 강우는 최대 63mm/h, 누적강우 171mm였다. 이 두 가지의 강우사상을 제안한 판별함수에 적용한 결과를 표 5에 나타내었다.



〈그림 2〉 2007년, 2009년 제천시 강우분석

〈표 5〉 충청북도 제천시에서 두 강우사상에 대한 판별함수 적용 결과

event	Discriminant score	
	FL	FNL
July. 14, 2006 (Occurred)	-0.580	-47.637
August. 5, 2007 (Not occurred)	23.722	50.078

이러한 적용결과 산사태 발생 강우인 2006년 강우사상의 경우 판별점수가 FL -0.580과 FNL -47.637로서 산사태가 발생하는 그룹으로 예측되었으며, 미발생 강우인 2007년 강우사상의 경우 판별 점수가 FL 23.722과 FNL 50.078로서 미발생이 판별점수가 높아 미발생으로 정확하게 예측하고 있다. 이러한 검증 결과로서 이번에 제시된 판별함수를 이용할 경우 정확한 산사태 발생예측이 가능하다고 판단되었다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 한국에서의 산사태 발생시키는 강우의 임계치에 대한 검토를 하였다. 이를 위해 산사태를 발생시킨 18개의 강우사상과 발생시키지 않은 17개의 강우사상에 대한 강우자료 값을 이용하

였다. 그리고 산사태 발생에 대한 예측을 위해 선행강우의 누적강우량과 현재 강우의 강우강도를 이용한 판별분석기법을 제안하였다. 총 38개 강우에 대한 판별분석 결과 97.1%의 판별율을 보였으며, 판별식의 검증을 위해 제천지역의 산사태 발생/미발생 강우에 대한 판별분석 결과 실제 발생 여부를 정확하게 예측함을 볼 때, 제안된 판별분석 기법은 우리나라에서의 산사태 발생의 예측기법으로서 유용함을 알 수 있었다. 그러나 보다 정확한 예측을 위해서는 지형과 지질정보가 같이 고려될 필요가 있으며, 산악지역과 해안지역과 같은 지역별 특성등을 고려한 별도의 판별함수를 개발하는 등 예측의 정확도를 향상시키기 위한 추가연구가 필요하다고 판단되었다.

## 참고문헌

- 김경석. 2008. 토석류 발생 지형과 유발 강우 특성 분석. 대한토목학회지. 28(5C): 263-271.
- 김경태·정성관·박경훈·오정학. 2005. GIS 및 RS기법을 활용한 산사태 취약성 평가. 한국지리정보학회지. 8(1): 75-87.
- 김기환·이동혁·김대희·이승호. 2008. 토석류 흐름 상태 특성 파악을 위한 모형실험 연구. 한국지반환경공학회지. 9(5): 83-89.
- 김기홍·원상연·윤준희·송영선. 2008. 강릉지역 국도의 재해위험성 평가. 한국지형공간정보학회지. 16(4): 33-39.
- 박덕근·노성열·손종철·유병욱·장범수. 2007. 집중호우에 따른 비탈면 재해분석을 통한 피해저감 방안 제시. 한국구조물진단학회지. 11(4).
- 양경숙·허명희. 2001. 다변량자료분석, SPSS 아카데미.
- 윤홍식·이동하·서용철. 2009. GIS 기법 및 발생자료 분석을 이용한 산사태 위험지도 작성. 한국지리정보학회지. 12(4): 59-73.
- 이승기·이병두·정주상. 2005. GIS를 이용한 산사태 위험지 판정 모델의 개발. 한국지리정보학회지. 8(4): 81-90.
- 조남춘·최철웅·전성우·한경수. 2006. RS와 GIS 기법을 활용한 산사태 위험성의 검증. 한국지리정보학회지. 9(2): 54-66.
- 채병곤·송영석·서용석·조용찬·김원영. 2006. 모형실험 장치를 이용한 산사태 발생 및 사태물질 거동특성 실험. 대한지질공학회지. 16(3): 275-282.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., and Hutchinson, J.N., 2001. Review of the Classification of Landslide of the Flow Type. *Environment and Engineering Geoscience*. 7: 221-238.
- Iverson, R.M. 1997. The Physics of Debris Flow. *Reviews of Geophysics*. 35(3): 245-296.

---

**田炳熙:** 동경공업대학에서 “Study on Porous Carrier and Membrane Hybrid Process for Nitrogen Removal in Wastewater”로 공학박사학위를 취득하였으며 (2000.3), 현재는 강원대학교 삼척캠퍼스 소방방재학부 조교수로 재직중이다. 주 연구분야는 패턴분류를 이용한 수처리장치 고장진단과 산지재해 분야이며, 현재 방재학회 회원 등으로 활동중이다 (bhjun@kangwon.ac.kr)

**金南均:** 강원대학교 삼척캠퍼스에서 공학사 학위를 취득하였으며 (2009.2), 현재는 강원대학교 방재전문대학원에 석사과정 중이다(knkblue2@hanmail.net).

투 고 일: 2010년 8월 14일

수 정 일: 2010년 8월 22일

게재확정일: 2010년 8월 28일