한국의 산사태 발생현황과 발생원인

최 경 (임업연구원 임지보전과장)

1. 머리말

인구의 증가와 산업화가 진전됨에 따라 산지개발이 급격히 증가되고 있으며 이상기후에 의한 게릴라성 내지 국지성 집중호우로 산사태가 발생되어 매년 많은 인명과 재산 피해를 받고 있으며 피해 감수성 증가로 피해량도 점차 증가 추세에 있다.

이러한 산사태는 과다한 강수량이 직접적인 원인이 되지만 많은 강수량을 수용할 수 있는 입지적인 특성 즉 간접적인 원인이 되는 지질과 지형 등 지상 구성물의 특성에 따라서 산사태의 형태나 발생규모도 달리 한다. 때문에 산사태의 발생형태와 규모는 지역에 따라서 각기 다르게 나타나며 피해 감수성도 다르다. 우리 나라는 1960때까지만 해도 황폐한 산지가 많았고 피해감수성도 그다지 높지 않았기 때문에 수해에 의한 피해는 잦았으나 산사태로 인한 피해는 많이 나타나지 않고 있다. 그러나 황폐된 산지가 녹화되어 지표가 고정이 되고 토심이 점차 깊게 형성되기 시작되는 1970년대 말부터는 점차 산사태 피해가 증가 추세에 있다.

본 논고에서는 1970년대 이후 우리 나라의 산사태 피해 현황과 지질, 지형 등 입지조건과 관련된 산사태 발생원인을 검토 하고자 한다.

2. 산사태 발생현황

한국은 급경사지가 많으며 토심이 비교적 얕은 지역의 특성인 토양층위간 성질이 급변하는 지역이 많으므로 산사태가 잘 발생된다. 또한 년 평균 강우량이 1200-1400m로서 이중 대부분이 7월과8월에 집중적으로 내리기 때문에 매년 많은 피해를 받고 있다.

이러한 자연적인 원인 이외에도 인위적인 원인으로 산림훼손(택지, 도로조성으로 인한 절개사면, 철탑조성, 교통호 등 군사시설로 인한 지형 및 산림훼손)과 부적절한 산지이용(골프장, 공원묘지 등)에 의하여 많은 피해를 보고 있다.

조사자료에 의하면 중앙기상대에서 기상관측이 시작된 1904년부터 산림청에서 산사태 발생상황이 기록되기 시작한 1976년 사이에 발생한 비교적 규모가 큰 산사태 피해지를 보면 1962년 순천(123ha), 1964년 광릉(21ha), 1969년 화천(38ha) ,1972년 단양(35ha), 1972년 제천(115ha)등으로 나타나고 있다.

이러한 피해상황은 근래(1976년이후)에 조사된 피해량과 비교할 때 매우 적은량으로 나타나는데 이러한 이유의 하나로 피해지가 누락되었거나 과거 정치상황하에서는 무시될 수도 있으리라 생각된다. 그러나 산사태 발생은 일반적인 침식과 달리 토심이 얕은 지역보다는 토심이 비교적 깊은 지역에서 보다 잘 발생된다는 사실을 알게 되면 그 당시 극도로 황폐화된 산지를 생각하면 수긍이 가기도 한다.

다음 표1은 1976년 이후 산림청에서 집계한 산사태피해 현황이다.

표 1. 년차별 산사태 피해 현황

연도별	피해구분			복구비(백만원)	강우량(㎜)		태풍명
	산사태(ha)	야계(㎞)	인명피해(사망)		연속강우량	최대시우량	
전체합계	7,318	192	1,062	193,465			
전체연평균	(286)	(8)	(43)	(7,738)			
76	230	-	56	476	225(부여)	67(대전)	-
77	425	-	222	2,039	474(안양)	96(안양)	앤디
78	66	-	18	149	444(남해)	86(영주)	어마어빙,
79	434	-	167	2,756	474(진해)	100(진해)	쥬디
80	451	-	58	1,980	395(보은)	90(보은)	어키드
81	236	11	25	1,365	672(보성)	72(광양)	애그니스
82	91	12	9	759	277(충무)	82(완도)	앨리스
83	-	-	-	-	-	-	-
84	100	3	18	1,073	666(속초)	76(속초)	홀리
85	30	-	50	1,396	315(제주)	36(대관령)	리키드
86	12	-	-	84	271(강화)	42(강화)	베라
87	1,002	34	156	15,525	673(서천)	122(서천)	셀마,다이나
88	113	6	15	1,592	353(포천)	60(포천)	-
89	273	14	34	4,203	497(승주)	90(광주)	쥬디
90	178	6	16	3,777	530(이천)	47(영풍)	-
(91~ 00평균)	(350)	(11)	(22)	(15,629)			
91	727	21	48	13,331	484(부산)	86(오산)	글래디스
92	-	-	-	-	-	-	-
93	109	11	9	3,525	356(울진)	116(삼천포)	로빈
94	66	4	-	2,203	402(송탄)	100(송탄)	브렌던, 더그
95	423	13	31	14,094	987(보령)	70(보령)	페이, 재니스
(96~ 00평균)	(434)	(11)	(26)	(24,628)			
96	257	4	2	9,699	687(연천)	67(철원)	-
97	33	-	6	2,114	488(강화)	89(강화)	-
98	1,281	34	92	71,537	1,202(서울)	145(순천)	예니
99	419	11	23	28,736	975(거제)	91(파주)	올가,바트
00	182	8	7	11,052	645(군산)	93(용인)	프리피륜, 사오마이

표 1에 의하면 1976년부터 2000년까지 25년간 년 평균 산사태 발생 면적은 286ha이며 1991년부터 2000년까지 10년간은 350ha, 1996년부터 2000년까지 5년간은 434ha로 점차 산사태 발생면적이 증가되고 있음을 보여준다.

이와는 달리 인명피해 상황을 보면 25년간 년 평균 인명피해는 43명에서 최근 10년간에는 22명, 최근 5년간에는 26명으로 대체적으로 감소 추세를 보인다.

산사태 피해복구비는 과거 25년간 년 평균 77억 3천8백 만원, 최근10년간 156억 2천9백 만원, 최근5년간 246억 2천8백 만원으로 산사태 발생면적 증가 비율보다도 높게 증가세를 보이고 있다.

산사태 면적이 점차 증가되고 있는 이유는 첫째 산지개발에 따른 산림 훼손지의 증가와 불합리한 산지이용과 두 번째 부단히 노력해온 복구사방사업과 치산녹화 사업의 성과로 모든 산이 푸르게 녹화되어 토양이 안정되고 토심이 깊게 형성되었으나 이에 따르는 예방사방(산사태방지공사, 사방댐 등)공사와 숲 가

꾸기 사업의 미비로 산사태 발생이 증가되고 있기 때문이다. 인명피해가 점차 줄어들고 있는 것은 일기예보 및 재해대책본부의 활동과 산림청의 산사태 방재대책 활동에 기인한 당연한 현상이라 하겠으며 복구비의 증가 추세는 물가상승과 또한 복구 공작물의 질과 양이 과거보다 점차 향상, 증가되었기 때문이라 생각된다.

3. 산사태의 특성

가. 산사태의 유형

산사태 유형은 산사태의 발생원인과 피해규모를 이해하는데 도움이 되며 더 나아가서 산사태발생 위험지를 찾아내고 산사태 방지대책을 수립하는데 중요한 지표가 되므로 산사태 유형에 대한 많은 연구가 되어 왔다.

중요한 몇 가지 산사태 유형구분 방법을 보면 ① 발생위치에 의한 구분으로 산복(山腹)붕괴, 와지(窪地)붕괴, 계안(溪岸)붕괴로 구분하기도 하고 ② 산사태의 발생형태 즉 外形에 의하여 여상(狀), 설상(楔狀), 안상(岸狀), 패각산(貝殼狀), 수지상(樹枝狀), 선상(線狀), 판상(板狀), 표자상(杓子狀),등으로 구분하기도 하며 ③ 주 발생원인으로 지상 및 지하구성물의 불연속성으로 구분하여 지표면상의 불연속성(경사도의 불연속, 지표식생의 불연속 등)과 토양단면상의 불연속성(수직적으로 토양단면의 성질이 급격히 변화하는 층의 존재여부)에 따라서 구분하는 방법이 있다. 보다 세분화한 방법으로 ④ 이동물질의 이동 형태를 주 인자로 하여 이동물질의 이동속도 ,이동물질의 종류(Rock, Debris 및 Earth)와 수분 함량을 2차적인 인자로 하여 구분하는 유형(Varne's의 유형)이 있다.

이러한 유형구분방법들은 각기 장단점이 있다. ①, ②, ③번의 구분방법들은 주로 일본에서 이용되고 있는데 주 구분인자가 1개이기 때문에 편하여 이용하기에 편리하다. ④번의 구분방법을 주 구분인자가 2~3개가 되므로 구분하기가 어렵고 복잡한 점이 있다.

그러나 산사태의 원인을 이해하는데는 ①, ②, ③번의 방법보다는 ④번의 구분방법이 효과적이다. 우리나라의 산사태는 대부분이 빠른 유동성이기 때문에 유형이 복잡하지 않고 비교적 단순하여 ④번의 구분방법 보다는 ①, ②, ③번으로 구분하는 것이 편리하다고 생각된다. 다만 외형에 의한 산사태 유형 8가지는 너무 세분화 되어있어 이를 A型(樹枝狀),B型 (狀, 楔狀, 岸狀, 貝殼狀), C型(線狀), D型(板狀),등 4개의 유형으로 구분하는 것이 조사의 번거로움을 피하는데 효과적이라 사료된다.

표 2. Varne's의 산사태유형구분

산사태유형			이동물질		
			암 석	공학적인 토양	
				대부분 조립질	대부분 세립질
Falls			Rock fall	Debris fall	Earth fall
Topples			Rock topple	Debris topple	Earth topple
Slides	Rotational	Few units.	Rock slump	Debris slump	Earth slump
	Translational	Many units	Rock block slide Rock slide	Debris block slide Debris slide	Earth block slide Earth slide
Lateral spreads			Rock spread	Debris spread	Earth spread
Flows			Rock spread (Deep creep)	Debris flow	Earth flow (Soil creep)
Complex			2개 혹은 그이상의 산사태 유형이 혼합되어 발생		

※ units는 변형되지 않은 이동 토괴(Moving mass)의 수를 말함.

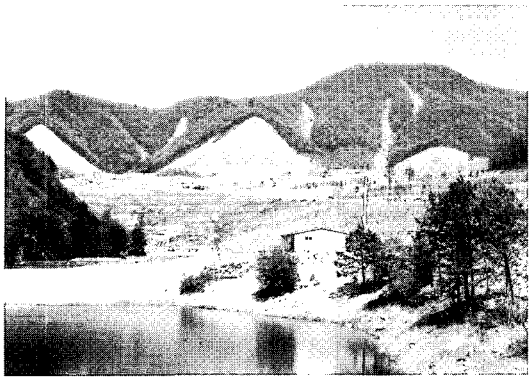

사진1. 빠른유동성의 산사태(Debris slide)
토석류의 빠른유동성 산사태로 한국의 산사태의 대부분이 이 부류에 속한다

우리나라의 산사태는 발생위치에 의한 구분으로는 대체적으로 주로 산복부에서 발생하는 산복붕괴가 대부분(72%)이며 주로 산록부근에서 발생하는 와지붕괴, 주로계류에서 발생되는 계안붕괴순으로 계안붕괴가 적게 발생되다.

개소당 발생면적은 계안 붕괴가 가장 크게 나타나고 있다. 외형에 의한 구분으로는 A型이7%, B型이 11%, C型이77%, D型이5%, 가장 많이 발생되고 있는데 이는 지형이 복잡하고 사면길이가 길거나 경사가 급한 지역이 많기 때문이다.

이동물질의 종류와 이동속도에 따라서 구분한 우리나라의 산사태 유형은 빠른 유동성 산사태로 산사태(Debris slump or Debris slide)와 느린 유동성 산사태로 땅밀림(Creep)이 있고 이동물질의 종류에 따라 토석류에 의한 산사태와 암석 Slide로 크게 구분할 수 있다. 그러나 느린 유동성의 산사태인 땅밀림(厚層의 땅밀림)은 그 현상이 느리기 때문에 해를 방지할 수 있을 뿐만 아니라 발생이 흔치 않다. 또한 암석 Slide는 피해는 크나 자연상태에서 발생빈도가 매우 낮기 때문에 우리나라에서 산사태라 함은 모든 유형의 산사태를 총칭하나 일반적으로 빠른 유동성의 토석류에 의한 산사태가 대표된다.

나. 산사태 발생 규모

우리나라의 산사태는 산지의 토양깊이가 비교적 얕기 때문에 일본에 비해서 개소당 평균 발생 규모가 작게 나타난다.

발생위치에 의한 구분으로 보면 산복붕괴와 와지붕

사진2. 빠른유동성의 암석산사태(Rock slide)
빠른 유동성의 암석 산사태로 절리면을 따라 미끄러져 내린다.

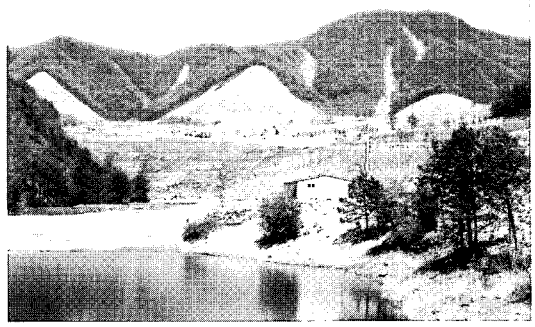

사진3. 땅밀림(Creep)
1998년 10월 경북 칠곡군 지천면 금호리에서 산지지반이 균열 및 침하되어 발생된 땅밀림지(50m 200m)사진으로 사암과 혈암으로 이루어진 퇴적암 지대이다. 폭0.5m~1.0m, 깊이2~8m의 균열이 가로 세로로 발생되어 부분적으로 침하 되고 있다.

괴는 대체적으로 개소당 0.1ha 이하의 크기로 작게 발생되며 계안붕괴는 계류를 따라 토석류로 길게 흘러내리기 때문에 개소당 0.2~0.3ha로 비교적 규모가 크다. 평균 붕괴깊이는 산지의 토심이 얕기 때문에 2m 이내가 대부분이다.

외형에 의한 구분으로 비교해보면 지형이 복잡한 지역에서 발생되는 A型(수지상)과 사면길이가 길고 급경사면이나 작은 계류를 따라 발생하는 C型(선상)이 개소당1ha 내외로 비교적 크며 와지 붕괴형에서 많이 볼 수 있는 B型이 0.07ha 정도의 규모를 보이며 표층 토양 밑에 단단한 암석이 깔려 있거나 불침투수층의 모재층이 깔려 있는 지역에서 발생하는 D型 (판상)은 발생 규모가 가장 작아서 개소당 0.05ha로 나타나고 있다. 이들 형태의 산사태들도 평균 붕괴깊이는 2m 이내로 1m내외가 대부분으로 나타나고 있다.

4. 산사태 발생원인

산사태를 일으키는 원인은 여러 가지로 생각되지만 이들 원인을 구분해 보면 산사태 발생에 직접적인 원인이 되는 유인(誘因)과 간접적인 원인으로 산사태 발생이 용이하게 하는 지형, 지질 등 입지조건이 가지고 있는 특성 즉 소인(素因)으로 구분할 수 있다.

직접적 원인은 자연적 요인으로서(강수; 지진, 태풍, 해일 등)을 들 수 있으나 지진, 해일 등은 우리나라에서 관련성이 매우 적다.

강우량은 중력(重力)작용과 함께 사면의 평형화 작용에 영향을 주는 중요한 인자의 하나로 산사태 발생에 중대한 역할은 한다. 1962년이래 우리나라에서 발생한 주요한 산사태지의 연속강우량과 최대 시우량이 밝혀진 자료에 의하면 연속강우량과 최대시우량의 하한치는 각각 216.6㎜ (1962년 8월 29일 승주)와 31.5㎜(1977년 7월 6일~9일 서울)등으로 나타나고 있으며 평균 시우량도 최소 3.6㎜로서 적은량 일지라고 장시간(3일 이상) 계속 될 경우 산사태가 발생되는 것으로 나타나고 있다. 현재 산림청에서 활용하고 있는 산사태 예 · 경보 기준을 이 자료에 근거하며 다음 표3과 같다.

간접적인 요인으로서는 지질 및 지형적인 입지요인을 들을 수 있다. 이들 직 · 간접적인 산사태발생 요인 중 산사태로 인한 재해를 최소화하기 위하여 관심을 가져야 할 부분은 직접적인 요인보다는 간접적인 요인이라 생각된다. 직접적인 원인인 강수량은 인간이 통제 할 수 없는 자연현상으로 우리나라 어느 지역에도 많은 강우가 올 수 있는 여건이 주어져 있기 때문에 전국 어디서나 산사태가 발생 할 수 있는 강우조건은 동일하다.

그러나 간접적인 원인인 지질, 지형적인 소인은 지역 조건에 따라서 동일지역이라 할지라도 산사태가 발생하는 지역과 발생하지 않는 지역이 존재하기 때문에 산사태 피해를 최소화하기 위하여 우리가 관심을 가져야 할 부분이 된다. 산사태 발생 소인이 되는 지질과 지형등 입지요인은 많은 인자들로 구성되어 있다.

지질적인 측면에서 보면 모암(암석의 종류), 암석의 풍화과정과 풍화정도, 암석의 절리 방향과 절리 방향수, 절리면의 경사각, 절리면의 충진상태, 지하수 배치상태, 토양발달상태, 토심, 토양단면상의 불연속성 등 많은 인자들의 관여하고 있다.

지형적인 측면에서 보면 횡단면형, 종단면형, 경사도, 사면의 길이, 경사위치가 산사태 발생에 영향을 주고 있다. 그 외의 인자로 토지 이용상태로 경사면을 덮고 있는 식생(임상)상태와 산림과 지형의 훼손 상태 등 많은 요인이 관여하고 있다.

산사태는 어느 한 인자에 의해서 발생된다기보다는 앞에서 열거한 여러 인자들이 복합적으로 상호작용하여 발생하기 때문에 산사태 발생원인을 정확히 찾아낸다는 것은 상당히 어려운 일이다. 따라서 많은 학자들은 산사태 발생원인을 규명하기 위하여 요인별 발생 빈도와 확률 등 통계적인 방법을 동원하여 연구하여 왔다.

표3. 산사태 발생 예보제

강우량	산사태 경보	산사태 주의보
연속강우량	200㎜ 이상	100-200㎜
최대시우량	30㎜ 이상	20-30㎜
1일강우량	150㎜ 이상	80-150㎜

표 4. 지표면 및 토양단면상의 불연속에 의한 산사태 발생빈도

발생원인	조사개소수	발생빈도(%)
지표면의 불연속	51	16
· 경사도가 급변하는 지역	19	6
· 도로와의 접경지	16	5
· 산림지와 암석지와의 경계부	13	4
· 식생(임상)이 급변하는 지역	3	1
토양단면상의 불연속	256	81
· 토양단면이 급변하는 지역	41	13
예) 토양층내에 자갈층이 있는 지역 토양층내에 점토층이 있는 지역		
· 표토층 밑에 바로 암반층이 있는 지역	38	12
· 토양층 밑에 미풍화 모재층(불투수층)이 있는 지역	117	37
· 토양층 밑에 점토화가 용이한 모암(이암, 점판암 등)층이 있는 지역	60	19
계류의 종횡침식	10	3

※ 1983, 임시연보 ; 전국 317개소 조사

다음은 본인이 인위적인 영향(산림 및 지형훼손지)을 받지 않는 자연상태의 산지를 대상으로 조사 분석한 결과를 소개한다.

1) 주 발생원인으로 구분한 산사태 발생빈도

이 방법은 지상 및 지하 구성물의 불연속성(지표면 또는 토양단면상의 불연속)에 의한 산사태 발생 빈도가 주체가 된다. 산사태 발생의 간접적인 요인으로 산사태 발생을 용이하게 받아들일 수 있는 素因은 지표면에 내려진 많은 강수량을 받아서 배출시킬 수 있는 주위 환경을 이루는 지질 및 지형인자들의 위치적인 조건과 질적인 여건에 따라 다르게 나타난다. 침투된 강수를 원활하게 배출시키지 못하게 하는 요인들을 불연속성이라는 말로 표현하여 불투수층(점토층, 암반층, 모재층)과 물의 흐름을 변화시켜주거나 막아주는 장애물(경사도, 도로, 암석, 식생)을 지칭한다.

1980년부터 1983년대까지 4년 동안 조사한 결과에 의하면 산사태 주 요인별 발생빈도는 표 4과 같다.

표 4는 산사태가 발생한 직후 7개 시군의 산사태지 발생원(發生源:산사태가 처음발생되기 시작한 지점으로 일반적으로 산사태 발생지의 최상단 부근에서 3-5m 아래부위)에서 조사된 자료로서 산사태 발생 주 요인은 대부분(81%)이 토양 단면상의 불연속에 의하여 발생하는 것으로 나타나고 있다.

특히 강수의 침투가 용이한 표토층 바로 밑에 불침투성 모재층이 있는 지역이 전체 조사개소의 37%로 가장 높게 나타나고 있는 것으로 미루어 산사태 발생은 토양(지하 구성물)과 관련성이 높다는 것을 보여준다.

2) 여러 개의 인자가 복합적으로 작용하였을 때의 산사태 발생요인

이 방법은 지질 및 지형 등 입지환경인자가 산사태 발생에 영향을 미치는 weight(비중)를알아보기 위하여 다변량 해석법(Multivariate statistical analysis method)을 이용하여 얻어진 결과이다.

가) 산사태 발생 면적과 관계가 깊인 인자

이 결과는 표 4에서 조사된 동일한 자료를 분석하여 얻어진 수치로서 분석에 이용된 인자의수는 사면의 횡단면형, 경사길이, 모암, 경사위치, 경사도, 석력함량, 임분경급, 지형, 토심 (산사태깊이), 임상, 사면형 (사면의 종단면형) 등 11개 인자이며 외적기준(목적변량)은 산사태 발생면적으로 하였다. 이 결과 산사태 발생면적과 관계가 깊은 인자는 사면의 횡단면형 , 경사길이, 모암, 경사위치, 경사도, 임분경급 사면형등 7개 인자로 나타났다.

산사태 발생에 미치는 영향력(Weight)을 각 인자

표5. 산사태 발생 면적과 관계가 깊은인자의 비중(Weight)

발생요인	점수범위	비중(Weight)
지형(사면의횡단면형)	4.0	28%
경사길이	3.1	21%
모암	2.4	17%
경사위치	2.0	14%
경사도	1.3	9%
임상경급	1.0	7%
사면형	0.6	4%
계	14.4	100%

의 점수범위와 편상관계수의 크기로 나타낼수 있으나 일반적으로 점수의 범위와 편상관계수는 비례적인 관계가 있기 때문에 유사한 경향지를 보이므로 본 분석에서는 점수의 범위를 그 인자의 Weight(비중)로 간주하여 얻어진 결과는 다음 표 5와 같다.

표 5에 의하면 산사태 발생 면적에 가장 크게 영향을 미치는 인자의 순위는 사면의 횡단면형, 경사길이, 모암, 경사위치, 경사로, 임분경급, 사면형의 순으로 지형 · 지질인자와 경사 인자가 임상 인자보다도 산사태 발생 면적과 관계가 큰 것으로 나타나고 있다.

나) 산사태 발생 토사량과 관계가 깊은 인자

이 자료는 1980년부터 1998년까지 전국 산사태 발생지에서 조사된 자료를 분석한 결과로 분석에 이용된 인자수는 모암, 사면의 횡단면형, 사면형, 경사길이, 경사위치, 경사도, 임상 및 임분경급, 토심등 8개 인자이며 외적 기준을 붕괴토사량으로 하였다.

분석결과 산사태 붕괴 토사량과에 관계가 깊은 인자는 경사길이, 모암, 경사위치, 임상 및 임분경급, 사면의 종단면형, 토심, 경사도 등 7개 인자로 나타났다.

산사태 발생 토사량에 영향을 미치는 각인자의 비중은 다음 표 6과 같다.

표 6에 의하면 산사태 발생 토사량과 관계가 깊은 인자의 순위는 경사길이, 모암, 경사위치, 임상 및 임분경급, 사면형, 토심, 경사도 순으로 산사태 발생 면적에 관여하고 있는 인자의 순위에서와 유사하게 경사 인자와 지질, 지형 인자가 크게 영향하는 것으로

표 6. 산사태 발생토사량과 관계가 깊은 인자의 비중(Weight)

발생요인	점수범위	비중(Weight)
경사길이	7.5	32%
모암	5.6	24%
경사위치	2.6	11%
임상 및 경급	2.5	10%
사면형	2.1	9%
토심	1.9	8%
경사도	1.4	6%
계	23.6	100%

※ 1998, 사방 기술교본 ; 전국331개소 조사

나타났다.

산사태 발생 면적과 관계가 깊은 인자(표5)와 비교할 때 특징적인 것은 산사태 발생 토사량과 관계가 깊은 인자에 토심이 추가 관여하고 있다는 사실이다.

5. 맺음말

앞에서 살펴본바와 같이 산사태발생면적은 인구증가에 따른 산지개발과 산림의 녹화로 인한 산지토양발달로 인하여 점차 증가추세에 있으며, 그 피해액은 피해 感受性의 증가에 따라 거의 기하급수적으로 증가될 것으로 기대된다.

이러한 산사태로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 산사태 발생원인을 정확히 파악하여 예방사방을 실시하여야한다.

산사태는 하나의 특정 인자에 의해서 발생한하기보다는 몇 개 이상의 여러 인자가 복합적으로 상호작용하여 발생되기 때문에 그 원인을 정확히 파악한다는 것은 어려운 일이다. 그러나 통계적인 방법을 통하여 각각의 환경인자들을 검토한 결과 지질, 지형적인 인자들이 산사태발생에 가장 중요한 영향을 미치고 있다는 사실을 알게 되었다. 물론, 지질 · 지형적인 인자들도 산사태발생에 중복적으로 영향을 미친다고 생각할 수 있으나 이러한 문제는 통계적인 방법(내부상관계수 및 인자군 편상관계수)에 의하여 처리되기 때문에 문제가 되지 않는다.

· 주 발생원인으로 산사태발생원인을 고려할 때 지질 · 지형 관계인자[지표면의 불연속(임상관계인자는 제외), 토양단면상의 불연속]는 96%, 임상관계인자는 1%, 계류의 종횡침식은 3%로 지질 · 지형인자에 의한 영향력이 가장 높게 나타났다.

· 산사태발생면적과 관계가 깊은 인자로 지질인자(모암) · 지형인자(경사길이, 경사도, 경사위치, 사면형, 지형의 횡단변형)의 비중(weight)은 93%, 임상인자는 7%로 지질 · 지형인자가 높게 나타났다.

또한, 산사태 발생 토사량과 관계가 깊은 인자의 비중을 보면 지질 · 지형인자는 90%, 임상과 관계되는 인자는 10%로 나타나고 있어 역시 지질 · 지형인자의 비중이 90%이상으로 높게 나타남을 알 수 있다. 상대적으로 임상은 산사태 발생에 큰 영향을 미치지는 못하나 임상(산림)은 토심이 비교적 얕은 지역에서는 산사태방지에 대단히 큰 영향력을 가지고 있는 사실을 알아야한다. 산사태발생지의 대부분은 토심이 깊은 지역에서 발생하였기 때문에 지금까지 조사분석한 결과에서는 산림(임상)이 산사태발생에 10%이하의 영향력을 보이고 있으나 토심이 얕은 지역 즉 수목의 뿌리가 산사태발생을 방지할 수 있는 깊이(대체적으로 1m가 그 한계이며 그 이하일수록 산사태 방지기능이 증대됨) 범위내에서는 토심이 얕을수록 산림이 가지는 산사태 방지기능은 증대되기 때문에 산사태 피해를 최소화하기위하여 산림의 밀도를 조절하고 직경생장을 촉진시키는 숲가꾸기 사업은 산사태 발생위험지역에 대한 산사태방지공사와 토석류 위험 계류에 설치하는 사방댐 등과 같은 예방사방과 함께 매우 중요한 일이므로 이들 사업을 보다 적극적으로 추진해야 하겠다.

6. 인용 문헌

1. 산림청. 2001. 산림재해대책 업무편람 45pp
2. 임업연구원. 1992. 산림의 공익기능의 계량화 연구 (Ⅱ) 83-111
3. 최경, 김태훈. 1982. 산사태발생 원인에 관한 연구. 임시연보2p (1982): 7-37
4. 최경. 1986. 한국의 산사태 발생요인과 예지에 관한 연구. 박사학위논문 : 1-45
5. 최경 외 3인. 1994. 산사태예방용 적정수종. 임시연보 4p: 103-109
6. 최경. 2000. 산사태유형. 산지환경 3호: 81-93