

## 매스무브먼트와 사면의 발달<sup>1)</sup>

김 주 환<sup>2)</sup>  
본회 부회장

### 머리말

요즘 자연재해로 많은 사람들의 논란의 되고 있는 것 중의 하나는 산사태일 것이다. 산사태는 큰 틀에서 볼 때는 지표기복 즉 지구의 표면이 평형상태를 이루려고 하는 일련의 과정 중의 하나이다. 즉 지구의 표면은 기반암의 성질, 그 위에 퇴적된 물질, 그리고 사면을 구성하고 있는 경사도 등에 의해 그 특징이 결정된다. 즉 지형은 다양한 종류와 규모의 사면이 결합되어 형성된다고 볼 수 있다. 크고 작은, 또한 경사가 급하고 완만한 사면 등은 서로 적절히 결합되어 거기에 알맞은 지표의 기복을 이루어간다. 또한 사면의 경사에 따라서는 각종 물질의 이동 현상이 나타나는데 이를 매스무브먼트라고 한다. 여기서는 사면경사와 매스무브먼트, 그에 따른 퇴적물질 등을 살펴보고 매스무브먼트를 분류해 보기로 한다. 또한 속도에 따라 유동성, 활동성 이동과 낙하현상에 관해서도 알아보려고 한다. 또한 사면발달에 관한 분류는 여러 가지가 있겠으나 여기서는 단애와 철형사면, 요형사면, 직선사면 등이 발달하는 과정을 설명하려 한다.

### 매스무브먼트

#### 사면의 경사와 매스무브먼트

야외에서 지표면을 보면 기반암(基盤岩)이 지표에 그대로 노출되어 있어 지하에 어떤 암석이 존재하는가를 간접적으로 알 수 있는 곳이 있는가 하면 산사면(山斜面)에서 토양과 다양한 크기의 암설(岩屑)들이 무질서하게 흘러내리는 곳을 볼 수 있기도 하다.

매스무브먼트(mass movement)란 유수·바람·빙하 등과 같은 운반매개체의 개입 없이 중력에 의하여만 사면에 쌓여 있는 암설(岩屑)이 아래쪽으로 이동하는 일련의 과정을 총칭해서 말하며 매스웨이스팅(mass wasting)이라고도 한다. 그러나 수분과 얼음은 매스무브먼트의 중요한 촉매 역할을 한다. 매스무브먼트는 삭평형 작용(削平衡作用, degradation)으로 사면의 발달과 유지에 큰 영향을 미친다. 사면의 경사가 급할수록 활발하고 마찰은 사면에 대한 수직항력에 비례한다. 암설이 미끄러지는 중력은 사면경사의 사인(sine)에 비례하고 제자리에 머물러 있는 항력은 코사인(cosine)에 비례한다. 경사(傾斜)가 급해짐에 따라 중력 성분이 처음엔 급격히 증가하다가 점차 감소한다. 40° 이상인 절벽에서는 암설이 제자리에 머무르지 못

1)Mass Movement and Development of Slopes

2)KIM, Joo Hwan, The Korean Association for Conservation of Nature, E-mail: gpa46@hanmail.net

하고 아래쪽으로 굴러 떨어진다. 즉 절벽에는 암설이 머무르지 못한다. 또한 지표상에서 가장 많은 비율의 사면은 5° 이하인 사면으로 여기서는 매스무브먼트가 활발하지 못하다. 퇴적물들이 사면에 쌓일 수 있는 사면의 최대 경사는 35° 내외이고 경사가 이보다 급해지면 암설이 굴러 떨어지면서 원래의 경사를 유지한다.

안식각(安息角, angle of repose)은 암설이 안정된 상태를 유지하면서 머물 수 있는 최대 각도로 암설(岩屑)의 크기, 모양, 조도(粗度: roughness) 등에 따라 다르다.

매스무브먼트에 의해 사면의 하부로 이동하여 쌓이는 퇴적층을 녹설층(麓屑層, colluvium)이라 하고 여기에는 풍화작용에 의한 각력(角礫)이 많이 포함되어 있다. 이 녹설층에는 분급(分級)이 불량하고 층구조(層構造)가 나타나지 않는다. 이때 녹설층의 구성물질은 매스무브먼트의 유형에 따라 달라지게 된다.

**매스무브먼트의 분류**

매스무브먼트는 그 형태와 종류가 다양하기 때문에 객관적으로 분류하는 것이 쉽지는 않다. 매스무브먼트가 중력에 의해서 사면 퇴적물질이 사면 아래로 이동한다고는 하나 중력 외에도 물이나 얼음 등과 같은 물질이 운활체의 역할을 하면서 작용하여 매스무브먼트의 촉매 역할을 하기도 한다.

샤프(C.F.S. Sharpe, 1938)는 매스무브먼트를 다음과 같은 세 가지 요인, 즉, ① 운활체로서의 물 또는 얼음의 함량 ② 유동성 운동, 활동성 운동, 낙하 등 운동의 성격 ③ 운동 속도 등으로 분류하였다.

매스무브먼트에는 수분이나 얼음을 함유한 암설이 집단적으로 유체(流體)처럼 내부구조를 변형시키며 이동하는 유동성(流動性) 이동과 건조한 암석의 덩어리가 내부구조의 변화를 일으키지 않고 일정한 면을 미끄러지

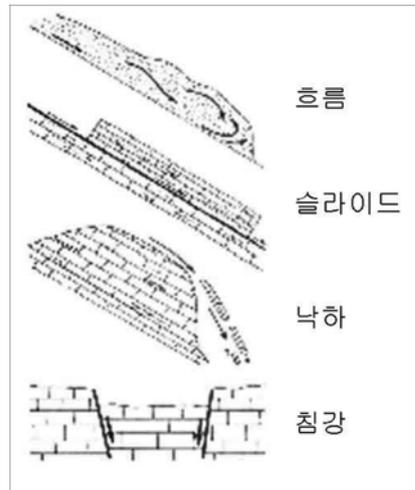


그림 1. 지표에서 물질이 흘러내리는 방법.

듯이 이동하는 활동성(滑動性) 이동의 유형으로 구분할 수 있다.

유동성 이동에는 속도에 따라 느린 유동성 이동과 빠른 유동성 이동의 구분이 가능하다. 느린 유동성 이동에는 토양이 팽창, 수축을 반복할 때마다 암설이 사면 아래로 약간씩 이동하는 토양포행(土壤匍行, soil creep), 물을 많이 포함하고 있어 유연해진 토양이 극히 완만한 사면에서 흘러내리는 현상으로 볼 수 있는 솔리플렉션(solifluction), 절벽에서 떨어진 암괴(岩塊)들이 집단적으로 유동성 이동을 하는 암석빙하포행(岩石氷河匍行, rock-glacier creep)으로 분류된다. 빠른 유동성 이동에는 풍화층이 수분의 일정한 함유량의 한계를 넘었을 때 충격이 가해지면 순간적으로 탄력성을 잃어 사면을 흘러내리는 현상인 토석류(土石流, earth flow), 토석류의 극단적인 유형인 이류(泥流, mud flow), 높은 산에서 특수한 외적 요인의 작용으로 절리, 성층면을 따라 암석이 분리될 때 발생하는 암석애버린치(rock avalanche)등으로 분류가 가능하다. 활동성 이동에는 급경사의 사면에서 다양한 크기의 암괴가 성층면, 절

표 1. 매스 웨스팅의 분류

이동 속도		얼음 함유량 증가 ← 암석 · 토양 → 물 함유량 증가				
유동	식별 불가능	빙하의 운반	솔리플럭션 ↓	포행 (토양포행 · 암석포행)	솔리플럭션 ↓	유수의 운반
	완~급		암석 애버런치 ↓	↓	토석류 이류 암석 애버런치	
활동	완~급		↓	슬럼프 암석슬라이드 암석낙하 암석슬라이드 암석낙하	↓	

리면, 단층면을 따라 미끄러지면서 이동하는 암석슬라이드(rock slide), 두꺼운 점토질 퇴적층의 단애(斷崖)에서, 또는 하천 공격면이나 해안의 절벽에서처럼 기저부가 침식을 받아 불안정해진 급사면에서 발생하는 슬럼프(slump)로 분류된다. 낙하(落下)는 급사면, 절벽에서 풍화산물이 자유로이 떨어지는 현상을 말한다.

### 느린 유동성 이동

#### 1. 토양포행(土壤匍行, soil creep)

토양포행은 토양이 극히 느리게 사면의 아래쪽을 향해 이동하는 현상이며 토양층의 최상단 부분인A층에서 진행되는 암설(岩屑)의 이동을 말한다. 움직이는 속도는 일년에 1mm에서 수십cm 정도로 매우 느린 상태이어서 직접 관찰할 수 있는 정도는 아니다. 포행의 속도는 지표면에서 밑으로 갈수록 감소하며 1m 미만의 표층(表層)이 가장 심하게 나타난다. 이러한 포행은 습윤기후 중 기온과 강수의 계절 변동이 심한 지역에서 가장 활발하게 진행된다. 토양이 얼었거나 물로 포화되면 팽창과 수축이 반복되고 또 서릿발작용 등이 표층을 들어올린다. 팽창할 때는 사면에 수직으로, 수축할 때는 지구중심(地球中心)으로 이동되기 때문에 이것이 반복되면 조금씩 움직인다. 동물이 흙을 밟거나 구멍

을 팔 때, 식물이 성장하거나 썩을 때, 지진이 일어날 때도 이러한 포행이 발생한다. 이때에 토양포행이 효율적으로 일어날 수 있는 최저 경사는 5°이다. 암석포행(岩石匍行)은 사면 위에 놓인 암괴(岩塊)가 개별적으로 아래로 이동하는 현상으로 암괴 밑의 상주(霜柱)가 포행의 주된 역할을 수행하는 것으로 알려져 있다.

#### 2. 솔리플럭션(solifluction)

솔리플럭션은 토양이 물로 포화되어 경사가 극히 완만한 사면에서 흘러내리는 것으로 수분이 함유된 토양의 자체 무게로 흘러내린다. 툰드라의 영구동토층(永久凍土層, permafrost layer)을 덮고 있는 활동층(滑動層, active layer)에서 가장 활발하게 발생한다. 사면 전체에서 발생하며 연간 수m에서 1일 십여cm의 속도로 이동한다. 토양수(土壤水)가 사면의 토양 상층에서 효율적으로 배수될 수 없는 곳에서는 어떤 기후하에서도 일어날 수 있다.

이 용어는 어느 특정 기후 환경에 한정시켜 설명하는 것이 아니기 때문에 지구상에서 영구빙설 기후를 제외한 거의 모든 기후 환경에서 상당히 포괄적으로 쓰여 왔다. 최근에는 특히 주빙하지역에서 동결과 융해의 반복에 의해 융해시 활동층이 영구동토층 위

사면에서 이동하는 것을 젤리플럭션(gelifluction)이라고 구분해서 부르기도 한다.

3. 암석빙하포행(岩石氷河匍行, rock-glacier creep)

암석빙하포행은 수목선(樹木線) 위에 고산지방에서 노암(露岩)의 절벽 밑에 각이 진 암괴가 헛바닥 모양으로 쌓여 이루어진 암석빙하의 이동 양식이다. 구성 암석들의 간극(間隙)은 얼음으로 채워져 있고 연간 이동 속도는 1 m 내외이다.

빠른 유동성 이동

1. 토석류(土石流, earth flow)

토양을 포함한 사면의 풍화층이 물을 흠뻑 먹을 때 발생하는 토석류는 습윤기후지역의 산지에서 점토광물(粘土礦物, clay mineral)이 풍부한 풍화층(風化層)에서 주로 발생한다. 토석류의 가장 대표적인 예로 우리나라 집중호우 시 발생하는 산사태(山沙汰)와 같은 현상을 들 수 있다.

토석류는 풍화층의 물 함유량이 일정한 한계를 넘었을 때 충격이 가해지면서 순간적

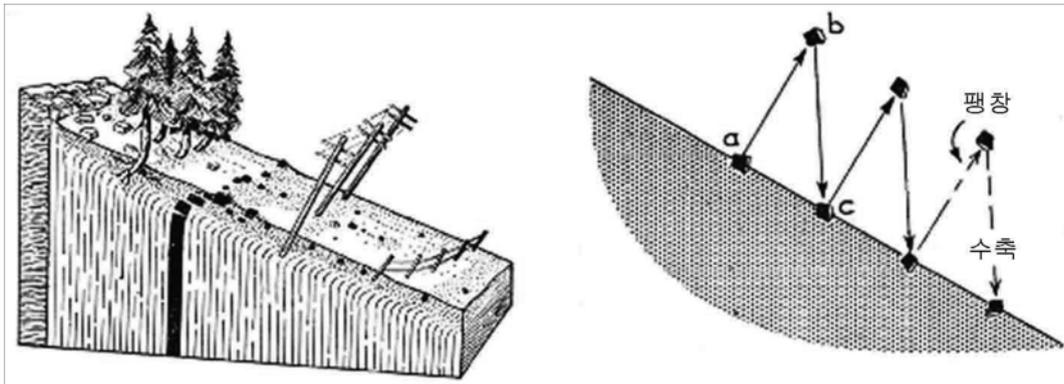


그림 2. 토양포행과 진행과정.

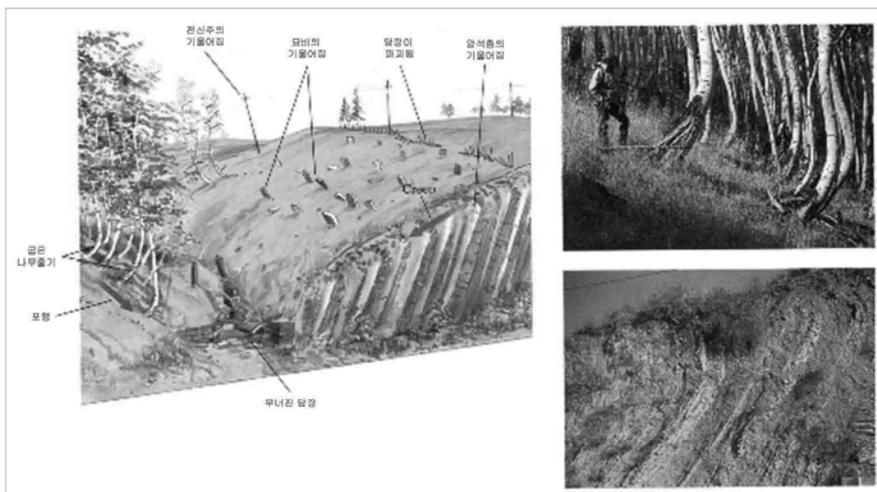


그림 3. 포행(creep).

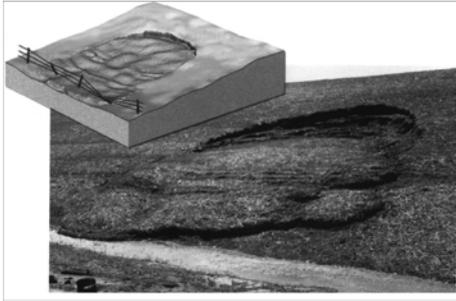


그림 4. 토석류.

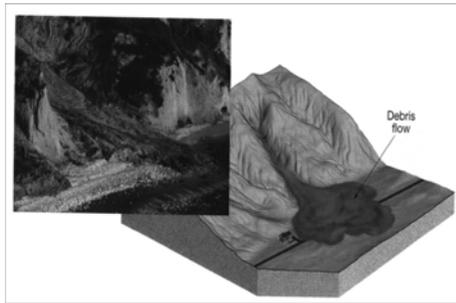


그림 5. 토석류.

으로 탄력성을 잃어 유체로 변하고 이 때 사면을 흘러내리는 현상이다. 이때 토석류는 유체로 변해 흘러내려 가는 동안 머금고 있던 수분이 점차 줄어들면 흐름이 멈춘다. 토석류의 이동속도는 규모에 따라서 다르며 그 규모가 2~5 km에 걸칠 정도로 큰 경우에는 그 이동속도가 매우 느리다. 속도가 느린 토석류의 경우에는 하루 이동거리가 1 cm 정도에 불과하다.

## 2. 이류(泥流, mudflow)

이류는 토석류의 극단적인 형태로 건조지역의 산지와 화산(火山)의 산록(山麓)에서 호우(豪雨)가 내릴 때 가끔 발생한다. 진흙이 흐르는 것으로 물이 전체 부피의 1/3에 불과하고 골짜기를 따라 흘러내린다. 진흙물 하천으로부터 발달하며 물과는 관계없이 자체의 무게와 관성으로 인해 계속 흘러내려

간다. 시속 100~1,000 m 정도의 이동 속도로 유동성(流動性)이 매우 크다. 이러한 이유는 좁은 골짜기를 흐르다가 선상지(扇狀地)로 나올 때 속도가 느려지고 넓게 퍼지면서 물을 잃어버리고 정지한다.

## 3. 암석 애버런치(rock avalanche)

높은 산지에서 외적 요인(外的要因)의 작용을 계기로 절리(節理)·성층면(成層面)등을 따라 거대한 암체가 분리될 때 발생한다. 암체가 미끄러지는 형식으로 움직이다가 암설(岩屑)로 부서지며, 부서진 암설은 유동성 운동의 형식을 취하면서 빠르게 흘러내린다. 즉, 초기에는 미끄러지는 활동성 이동(滑動性移動)에서 점차 암설로 붕괴되면서 유동성 이동(流動性移動)으로 전환된다. 암석 애버런치는 유동성 매스무브먼트 중 가장 속도가 빠르며 따라서 피해도 크다.

암석 애버런치가 일어나는 까닭은 지질적으로 절리가 많거나 여러 종류의 물이 암석에 침투하여 일어난다고 할 수 있다.

## 활동성 이동

### 1. 암석 슬라이드(rock slide)

암석 슬라이드란 건조한 암석의 매스가 내부구조(內部構造)에 변화를 일으키지 않고 일정한 면위에서 미끄러지면서 이동하는 현상을 말한다. 주로 급경사면(急傾斜面)에서 다양한 크기의 암괴(岩塊)가 성층면, 절리면, 단층면 등을 따라 단독으로나 집단적으로 미끄러져 내려가는 것을 말하며, 커브진 지표면을 따라 슬라이딩하는 것을 슬럼프(slump)라 한다. 초기에는 슬럼프로 시작하다가 아래쪽 선단부로 가면 수분을 흡수해서 이류나 토석류 같은 유동성 이동을 한다.

급경사의 사면이 퇴적암의 성층면(成層面)과 일치하는 경우에는 암괴가 미끄러지기 쉽다. 빨리 활강(滑降)하는 암괴는 암설로 부

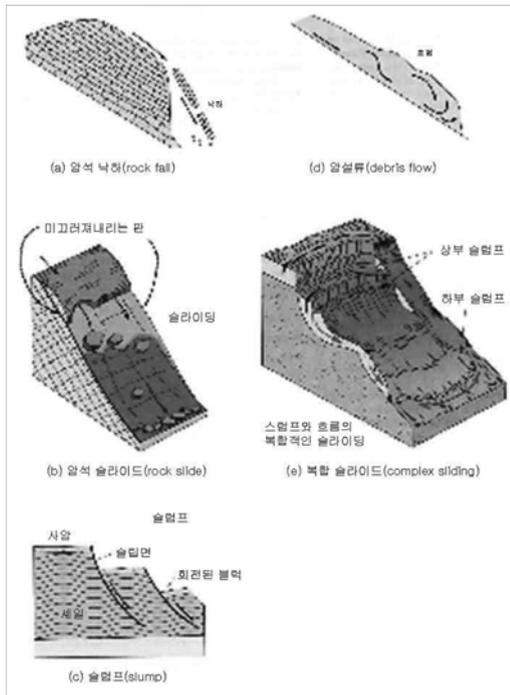


그림 6. 슬라이드의 형태.

서지고, 공기의 압축으로 유동성 운동도 할 수 있으므로 암석 애버런치와 구별이 어렵다.

이러한 암석 슬라이드는 빙하지형에서도 잘 나타난다. 즉 빙식지형인 U자곡은 급애면(急崖面)을 이루어 암벽이 불안정하며 거대한 암괴가 기반암으로부터 분리, 활강한다.

## 2. 슬럼프(slump)

슬럼프는 사면에서 일어나는 중력작용에 의한 암설 이동(岩屑移動)의 한 종류로서 활동성 이동에 속하며 비교적 빠른 속도로 이동하는 것이 특징이다. 두꺼운 점토질 퇴적층의 사면에서 주로 발생하며 낮은 단애(斷崖)에서 또는 하천공격면이나 해안의 절벽에서 처럼 기저부(基底部)가 침식을 받아 불안정해진 급사면에서 발생한다.

이 퇴적층은 원래의 퇴적구조를 보여주며, 퇴적물이 유동한 흔적은 아래쪽 선단부에만

나타나며 내려앉은 퇴적층이 기존의 내부구조를 보존하는 것이 특징이다. 슬럼프가 일어나는 사면은 경계가 뚜렷하고, 사면의 종단 형태는 보통 오목한 곡선형을 보인다.

하천의 공격사면에 해당하는 하안(河岸)의 급격한 후퇴는 홍수 직후 나타나는 하안에서의 슬럼프가 일어난 결과이다.

## 낙하

### 1. 암석 낙하와 암설 낙하

급사면 또는 절벽에서 건조한 풍화산물이 운반매체 없이 자유롭게 밑으로 떨어지는 것을 낙하(落下, fall)라 한다. 더 구체적으로 말하면 암석 낙하는 기반암의 암설물질이 개별적으로 낙하하는 것을, 토양 낙하는 층적층과 토양 등이 낙하하는 것을 말하며, 암설 낙하는 이러한 물질뿐 아니라 식생, 가옥 등 인조물을 포함하여 낙하하는 유형으로, 암석이 집단적으로 낙하하는 것을 말한다.



그림 7. 암석낙하.



그림 8. 암석낙하.

암설이 낙하하는 급경사의 사면은 기반암(基盤岩)에서 암설(岩屑)이 분리되어 노암 상태(露岩狀態)이다. 낙하로 형성된 지형의 종류에는 노암의 사면인 단애면(斷崖面, cliff face)과 단애면에서 떨어지는 암설이 밑에 쌓인 애추(崖錐, talus)가 있다.

## 2. 애추의 발달

애추란 산지사면을 따라 설형(舌型)으로 발달하는 암설의 퇴적지형을 말한다. 오랜 세월이 걸쳐 단면에서 돌이 한 번에 한 개씩 또는 몇 개씩 떨어져서 형성되는 지형으로 단애면에서 낙하된 암석이 사면의 기저부에 집적되어 형성된 것이 애추이다. 애추는 기계적인 풍화작용이 활발한 주빙하기후 하에서 잘 발달된다. 애추의 사면경사는 낙하한 암설이 쌓여 형성되므로 암설의安息角(安息角)에 의해 결정된다. 일반적으로 35° 내외의 경사를 유지하며 단면이 직선상으로 나타난다. 암설 중에서 큰 것은 애추의 밑까지 굴러가며 작은 것은 위에 머무른다. 이와 같이 암설이 크기별로 나뉘는 현상을 낙하 분급(落下分級, fall sorting)이라고 한다. 애추의 모양은 단애 밑에 암설이 원추 모양으로 쌓여 암설이 단애의 한 부위에서만 공급하는 애추와 넓은 단애에서 암설이 균일

하게 떨어지는 애추사면, 원추 모양의 여러 애추가 옆으로 이어져 복합 애추의 형태를 이루고 있다. 대체로 애추사면에서는 식물이 성장하지 않는데 만약 식물이 성장하게 되면 더 이상 암설의 공급이 안 되는 것이고 애추의 성장발달이 중지된 것을 의미한다.

## 사면의 발달

### 단애

지표면은 대부분 사면(斜面, slope)으로 이루어져 있고 지표의 기복(起伏, relief)은 결국 사면의 다양한 결합에 의해서 형성된다고 볼 수 있다. 따라서 사면의 규모와 형태는 자연경관(自然景觀)을 구성하는 기본적인 특성이 되는 것이다. 즉, 모든 지형은 사면으로 구성되어 있고, 또한 사면은 장기간에 걸쳐 형성되는 지형요소(地形要素)이므로 그 형태와 형성작용(形成作用)과의 관계를 실증적으로 파악해서 정리하기는 매우 어렵다. 뿐만 아니라 사면은 기후, 식생, 기복 등의 여러 가지 변화에 따라 끊임없이 변화하기 때문에 사면 연구에는 많은 어려움이 따르게 된다. 사면은 다양한 형태의 면(面)들이 모여서 이루어져 있기 때문에, 우리가 쉽게 관찰할 수 있는 특정 단면은 사면의 지극히

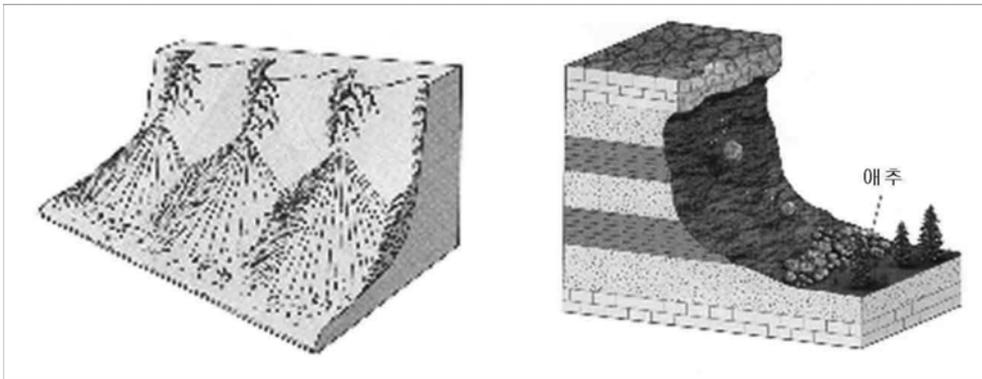


그림 9. 애추의 형성 및 발달.

작은 특성의 일부만을 나타내는 것이다. 그러나 현대 지형학의 발달 초기부터 사면 연구는 단면을 중심으로 진행되어 왔다. 이런 입장에서 볼 때 사면의 종류는 단애(斷崖, cliff), 철형사면(凸形斜面, convex slope), 요형사면(凹形斜面, concave slope), 직선사면(直線斜面, rectilinear slope) 등으로 구분할 수도 있다.

단애는 가장 단순한 형태의 사면으로서, 이러한 지형이 잘 나타나는 곳으로는 파석이 활발한 암석해안, 하방 침식을 깊게 받은 하곡, 빙식을 받은 산지 등을 들 수 있다. 미국지질조사국(USGS)의 정의에 따르면 일반산지에서 경사가 40°를 넘는 사면, 즉 절벽, 해식에, 하천의 공격면, 빙하침식 산지에서 단애의 모습을 볼 수 있다. 일반적으로 단애는 경사가 급하기 때문에 풍화에 의해서 생성된 물질들은 사면 아래로 떨어지게 되고 그 경우 대개는 노암(露岩)으로 이루어져 있는 것이 특징이다. 단애는 경사가 매우 급하기 때문에 암설이 제자리에 머물지 못하고 이 단애에서 낙하한 암설은 하곡이나 파랑에 의해 제거되어 없어지지 않는 한, 단애 밑에 쌓여 애추(崖錐, talus)를 형성한다. 이 애추사면의 경사는 구성 물질의 안식각(安息角, angle of repose)에 의하여 결정되며, 애추사면은 대체로 직선상의 단면을 보여준다.

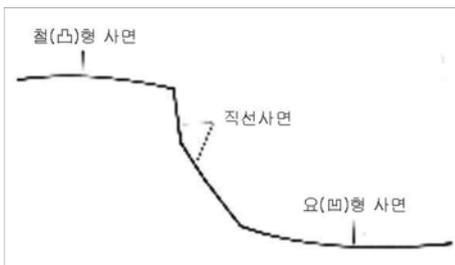


그림 10. 기본적인 사면 형태.

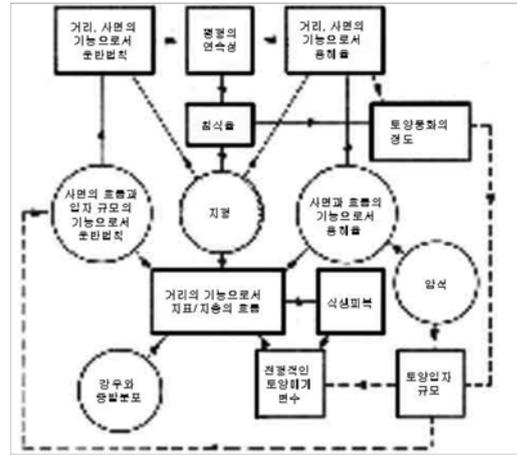


그림 11. 사면모델의 흐름.

### 철형사면

사면의 발달은 사태의 발생과도 밀접한 관련이 있으며 사태는 지층의 경사가 사면에 거의 평행한 곳과 사면이 요형(凹形)에서 철형(凸形)으로 변하는 어깨 부분에서 일어나기 쉽다. 따라서 그 지역의 암석구조(岩石構造) 등은 사면발달에 지대한 영향을 미친다. 특히 태풍이 불거나 장마철에는 사태가 자주 일어나서 인명과 재산에 많은 피해를 준다.

철형사면(凸形斜面)의 발달과정에 최초로 관심을 보인 사람은 미국의 지형학자 길버트(G.K. Gilbert, 1909)였다. 그는 산정부의 철형사면이 토양포행(土壤匍行, soil creep)에 의하여 형성된다고 보았다. 그리고 균일한 두께의 토양층(土壤層, soil horizon) 또는 토양모재(土壤母材)로 덮인 철형사면을 가설로 내세웠다. 주어진 기간에 포행에 의하여 균일한 두께의 암설(岩屑, debris)이 제거되려면, 사면 아래로 내려갈수록 점점 더 많은 양의 암설이 각 지점을 통과하지 않으면 안 된다. 다시 말하면, 어느 지점을 통과하는 암설의 양은 산정에서 그 지점까지의 거리에 비례하여 증가한다는 것이다. 토양포행은 근본적으로 중력 때문에 일어나므로 점점 더

많은 양의 암설이 사면 아래로 이동하려면, 경사가 점점 더 급해져서 포행의 속도가 빨라져야 한다는 것이다. 철형사면은 아래쪽으로 점점 경사가 증가하는 사면이다. 그러나 길버트의 가설에도 문제점이 있으며 그의 견을 비판하는 입장도 있다. 길버트의 가설에서는 사면 전체에 걸쳐서 기반암의 풍화율이 균일하다고 가정하였으나 일반적으로 산정부는 풍화율이 높고, 산록부는 풍화율이 낮은 게 보통이다. 그리고 그는 직선사면만을 고려했다는 점이다. 실제 사면은 산각(山脚)의 말단부에서처럼 평면이 철형이거나 하천 상류인 곡두(谷頭)에서처럼 요형인 경우가 많다. 사면이 철형인 경우 사면은 아래쪽으로 너비가 증가하며, 따라서 암설은 분산되면서 이동한다. 이와는 달리, 요형의 사면에서는 아래로 갈수록 암설이 모이므로 각 지점을 통과하는 암설의 양이 직선사면에서 보다 많아진다.

### 요형사면

일반적으로 산록부(山麓部)의 단면은 대개 요형(凹形)으로 나타난다. 침식이 진전된 습윤지역의 산사면은 요형부가 압도적으로 우세하며, 산록의 완사면(緩斜面)은 배후의 급사면(急斜面)으로 점차 변화해 가는 것이 보통이어서 완사면과 급사면 사이에서는 경사 급변점(傾斜急變點, nick point)이 존재한다. 이러한 예는 건조지역에서 찾아볼 수 있는 페디먼트(pediment)에서도 잘 나타난다. 페디먼트는 요형(凹形)사면으로 산사면에서 이동해온 물질들이 얇게 덮여 있다. 그러나 페디먼트는 기본적으로 침식면을 말하며 퇴적지형이 아니다. 요형사면의 단면은 하천의 종단면(縱斷面, longitudinal profile)과 아주 유사하다. 그래서 요형(凹形)사면의 발달과 유수의 작용 간에 밀접한 관계가 있을 것이라고 추측하는 것이 가능하다.

산정부(山頂部)의 포상류(布狀流)는 사면을

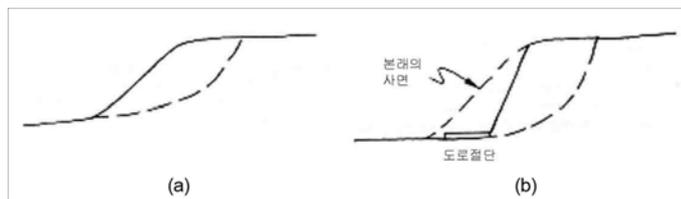


그림 12. 사면의 안정성.

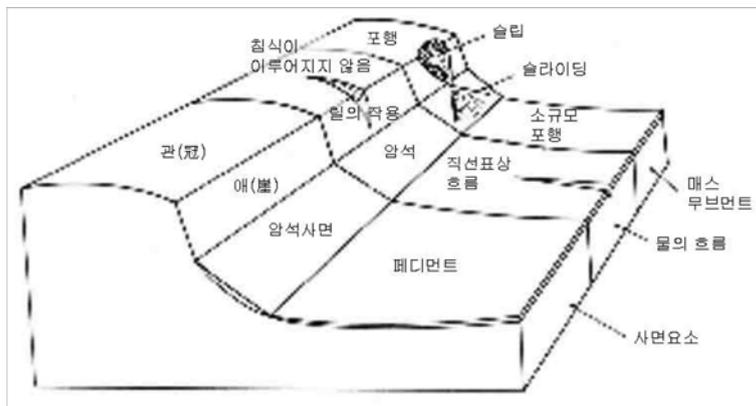


그림 13. 사면요소의 단면.

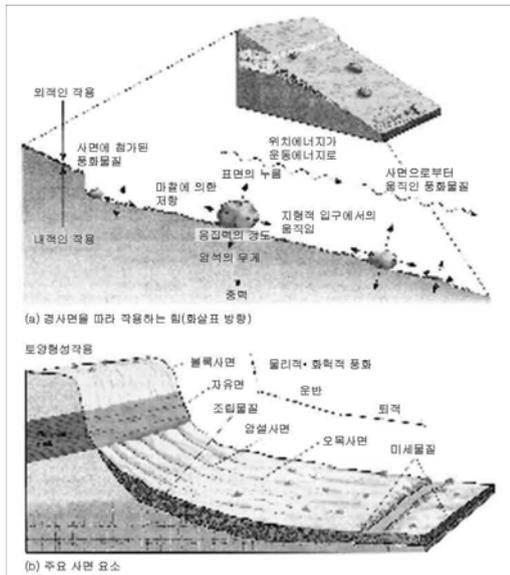


그림 14. 사면 형성의 기구와 형태.

흘러내림에 따라 점차 불어나면서 린(rill)류로 변한다. 린류는 가느다란 물길을 파기 때문에, 그리고 하천처럼 작은 지류들을 합치면서 커지기 때문에, 토양포행보다 암설을 효율적으로 제거할 수 있다. 따라서 산록을 중심으로 한 요형사면을 린류에 의하여 형성된다고 볼 수 있다.

보울링(H. Bauling, 1940)은 토양포행과 린류를 사면 발달의 근본적인 두 요인으로 생각하고 이에 영향을 미치는 인자로서 토양모재(土壤母材)의 투수성(透水性, permeability)을 중요시하였다. 일반적으로 투수성이 큰 조립암설(粗粒岩屑)로 얇게 덮은 산정부에서는 빗물의 지표유출(地表流出)이 억제되고, 토양포행이 상대적으로 우세해지며, 투수성이 낮은 미립암설(微粒岩屑)로 두껍게 덮인 산록부에서는 린류의 발달이 조장되기 때문에, 각각 철형사면과 요형사면이 발달한다는 것이다. 그리고 시간이 경과하면, 사면은 후퇴하고 경사는 완만해지며 암층은 풍화작용을 받아 작은 입자로 부서진다. 그리하여 지

표면의 투수성이 점차 낮아지면, 린류의 작용은 사면의 상부로 확대되며 그 결과 노년기 산지에서는 요형사면이 탁월해진다고 생각하였다. 또한 계절적 변동에 따라 건계(乾季)의 린류 작용이 우세한 곳은 요형사면이, 우계(雨季)의 토양포행 작용권에는 철형사면이 형성된다는 이론을 전개하였다.

### 직선사면

우리가 야외에서 흔히 관찰할 수 있는 산지 사면의 대부분은 직선사면(直線斜面, rectilinear slope)의 일부를 보이는 경우가 많다. 즉 이러한 직선사면은 침식이 많이 진행된 지역의 산지에서는 산정부(山頂部)의 철형사면(凸形斜面)과 산록부(山麓部)의 요형사면(凹形斜面) 사이에 끼어서 직선 상태로 나타나는 것이 일반적이다.

직선사면은 하나의 사면에서 경사(傾斜)가 가장 급한 부분이며 대체로 기반암(基盤岩, bed rock)의 암질이 같을 경우에는 경사가 일정하게 나타나는 경향이 있다. 온난습윤 기후 지역에서는 사면의 경사가 대개 25°~30° 정도이고 직선사면의 기반암 위에는 사면의 윗쪽 부분으로부터 이동되어 온 암설(岩屑, debris)로 덮여 있는 경우가 많다. 사면의 경우 경사가 30°를 넘는 경우는 지극히 제한된 지역에서만 나타난다. 따라서 직선사면은 단순히 암설사면(岩屑斜面, debris slope)이라고 하는 입장도 있는 것이다. 사면의 발달에 대해서는 여러 학자들의 의견이 있을 수 있으나 여기서는 보울링(Bauling)의 견해를 소개하려고 한다.

보울링은 하나의 전체 사면에 있어서 집중적인 린(rill)류와 토양포행(土壤圃行, soil creep)의 작용권이 계절적으로 변동하는 것으로 보고 직선사면의 발달과정을 이와 관련이 있다고 생각하였다. 즉 어떤 사면의 중앙부는 우계(雨季)에는 린(rill)류의 작용권에,

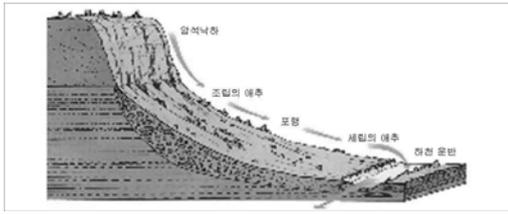


그림 15. 사면의 동적인 체계.

건계에는 토양포행(土壤匍行)의 작용권에 들어간다는 점을 강조하였다. 그러나 유수와 포행의 작용권의 변동은 보다 장기적인 것일 수도 있다. 즉, 제4기의 기후변동이나 이 보다는 짧지만 연변화(年變化)보다는 긴 장기적인 기후변동의 주기와 관련하여 직선사면이 발달할 수도 있다는 것이다.

보울링의 이론은 매우 간단 명료하나 그의 이론은 사면의 형태와 형성작용의 관계를 개괄적으로 설명할 수 있을지는 모르지만 실제의 자연현상에서 나타나는 사면은 훨씬 많고 다양한 요인들이 복합적으로 얽혀 작용함으로써 형성된다는 점을 명심하여야 할 것이다.

### 요약 및 결론

매스무브먼트란 유수, 바람, 빙하 등과 같은 운반매개체의 개입 없이 중력에 의해서만 사면에 쌓여 있는 암석이 아래쪽으로 이

동하는 여러가지 과정을 말한다. 이러한 매스무브먼트는 지표의 여러 지역에서 다양하게 나타나는데 그 분류 기준에는 물이나 얼음의 함량, 느리거나 빠르게 움직이는 유동성을 갖는 속도 등이 중요하다. 느린 유동성 운동에는 토양포행과 솔리플러션, 암석빙하포행 등이 있다. 빠른 유동성 운동에는 토석류와 이류, 암석에버런치 등의 예를 들 수 있으며 활동성 이동의 예로는 암석슬라이드, 슬럼프 등이 있다. 낙하는 건조한 풍화산물이 운반 매체없이 자유롭게 밑으로 떨어지는 것을 말한다. 사면은 단애, 철형사면, 요형사면, 직선사면 등으로 나눌 수 있다. 단애는 가장 단순한 형태의 사면이며, 철형사면은 일반적으로 산정부에 나타나며 토양포행에 의해서 형성된다. 요형사면은 산록부의 단면이며 경사급변점을 볼 수 있다. 직선사면은 산정부의 철형사면과 산록부의 요형사면 사이에 나타나는 직선 형태의 사면을 말한다.

위와 같이 매스무브먼트와 사면의 발달에 관해 요약 정리해 보았다. 결국 자연현상은 매우 정직하며 인간이 자연에 어떤 충격을 주느냐에 따라 그 대가가 바로 나타난다. 자연 현상의 일부인 지질과 지형에 관한 끊임 없는 관찰과 연구노력이 자연과 더불어 조화와 균형을 이룰 수 있으리라고 생각한다.