

사자평 고산습지의 보전대책*

손 명 원**

Conservation Measure of Sajapyeong Alpine Wetland*

Son, Myoung Won**

요약 : 사자평 고산습지는 유역분지 및 기반암의 특성과 화전의 영향을 받아 형성되었다. 사자평 유역분지는 출구가 좁고, 기반암은 많은 암석을 생산하여 사면 아래로 공급한다. 그리고 화전을 위하여 삼림을 제거함으로써 표토의 세립 물질이 시전천의 하상에 퇴적되어, 시전천의 유로 주변에 고산습지가 형성되었다. 사자평의 습원에는 도로를 따라 우곡이 형성되었는데, 우곡은 습원으로 공급되는 사력물질과 통류의 공급을 차단함으로써 습원을 건조화 시킨다. 이를 방지하기 위해서는 배수로의 수위를 기반암 풍화층의 높이까지 높여 습원으로 통류가 흐를 수 있도록 하여야 하며, 배수로의 모양을 자연스러운 불규칙한 형태로 조정하여야 하고, 시전천의 하상에 인위적인 방해물을 적치하여 시전천의 하상이 낮아지는 것을 방지하여야 한다.

주요어 : 고산습지, 우곡, 건조화, 사자평

Abstract : The formation of Sajapyeong Alpine Wetland was influenced by factors of drainage basin and its geology, and fire-shifting cultivation. Sajapyeong drainage basin had a narrow outlet, Sijeon-cheon in it flowed relatively slowly. Bedrock in basin was weak to mechanical weathering, many rock detritus were produced. Deforestation for reclamation using fire accelerated topsoil loss. Thus much sediments was supplied to Sijeon-cheon and deposited in the channel bed, and wetland was formed on channel marginal footslope.

In Sajapyeong moor were Gullies formed along road. Because they blocked sediments and throughflow transferring into moor, moor became dry land. In order to prevent this drying, we have to raise water level of a drain ditch to level of weathered bedrock to transfer throughflow into moor, modify the shape of ditch to be naturally irregular, and construct large boulders step on the Sijeon-cheon bed to prevent from lowering of its bed.

Key Words : alpine wetland, gully, drying, Sajapyeong

1. 연구목적

습지란 지하수면이 지표 가까이 있거나 얇은 물이 표면을 덮고 있어 수생식생이 유지되고 습지토양이 나타나는 장소를 의미한다. 습지생태계는 육상식생과 수중식생이 전이되는 특수한 환경조건을 이루므로, 특수한 종들이 출현하여 복잡하고 다양한 먹이사슬을 형성한다. 따라서 습지는 다양한 생물들의 서식처로서 생태학적으로 중요하며, 경제적으로도 그 가치가 매우 큰 것으로 보고되고 있다.

고도가 낮은 곳에 있는 하천습지는 우수로부터 수분을 얻는 반면, 높은 곳에 위치한 산지습지는 강수나 지하수로부터 수분을 얻는다. 산지습지는 생물학적 관점에서 유전자의 저장소 역할을 하고,

수문학적 관점에서 하천 최상류의 수분 공급원 역할을 하며, 지형학적 관점에서 퇴적물의 층서를 통한 환경변화의 지시자 역할을 한다.

최근 우리나라에서 많은 산지습지들이 보고되고 있다. 특히 경상남도와 경상북도의 경계에 위치한 해발 1,000m 내외의 영남알프스 지역에는 ‘사자평 고산습지’(재약산), ‘단조늪’과 ‘신불산 고산습지’(신불산), ‘밀밭늪’과 ‘화엄늪’(천성산) 등의 고산습지가 분포한다.

이들 산지습지의 지속가능한 관리를 위해서는 습지의 형성과정을 이해하는 것이 중요하다. 습지의 발달을 유도한 환경시스템을 알게 되면, 습지의 훼손을 유발하는 요인도 쉽게 알 수 있으며, 그 치유법도 명확하게 드러나기 때문이다. 그러나 습지에 관한 대부분의 연구는 습지 내에서 살아가

* 이 논문은 2008년도 대구대학교 학술연구비의 지원에 의하여 연구되었음.

** 대구대학교 지리교육과 교수(Professor, Department of Geography Education, Daegu University)(smw@daegu.ac.kr)

사자평 고산습지의 보전대책

는 생물요소만을 다루며, 생물요소들이 살아가는 서식환경에 대한 연구는 현저히 부족한 실정이다. 생물들이 그 속에서 살아가는 무기적 환경을 배제한 연구는 습지의 지속가능한 관리방안을 제시하지 못하는 사상누각에 불과하다.

‘사자평 고산습지’는 경상남도 밀양시 단장면 구천리의 재약산 사자평에 위치하는 산지습지이다. 환경부는 2006년 12월 ‘습지보전법’에 근거하여 이 습지를 ‘산들늪 습지보호지역’으로 지정·공시하였으며, 2010년에는 ‘산들늪’을 ‘사자평 고산습지’로 변경하여 공시하였다.

습지보호지역 내에는 집중호우의 영향으로 과거의 군사작전도로를 따라 습지를 훼손하고 습지의 수문변화를 유발하는 우곡이 형성되었는데, 2009년에서 2010년 사이에 걸쳐 이 우곡을 복원하는 배수로 조성사업이 진행된 바 있다. 그러나 여러 시민단체들은 이러한 배수로 조성사업이 습지의 육화현상을 촉진한다고 주장한다. 따라서 본 연구에서는 ‘사자평 고산습지’의 형성과정을 고찰하여, 습지보호지역의 효율적인 보전과 관리를 위한 방안을 제시하고자 한다.

‘사자평 고산습지보호지역’의 지질은 중생대 백악기의 경상계 유천층군에 속하는 운문사(雲門寺) 유문암질암류(流紋岩質岩類)로 이루어져 있다(그림 2). 이것은 석영안산암과 유문암질 응회암, 유문암 등으로 구성되어 있다. 석영안산암은 ‘사자평 고산습지보호지역’ 전체 면적의 93.8%인 46.5ha를 차지하며, 집괴암을 포함하기도 한다. 재약산의 산체는 석영안산암으로 이루어져 있는데, 대체로 풍화와 침식에 강하지만 균열이 발달하여 크고 작은 암설을 많이 생산한다. 사자평에 형성된 개석 우곡을 따라서, 심층풍화 된 집괴암이 분포한다.

‘사자평 고산습지보호지역’을 북동-남서로 관류하는 소하천인 시전천은 재약산 산지지역을 벗어나면서 단장천과 합류한 후, 밀양강으로 흘러든다.

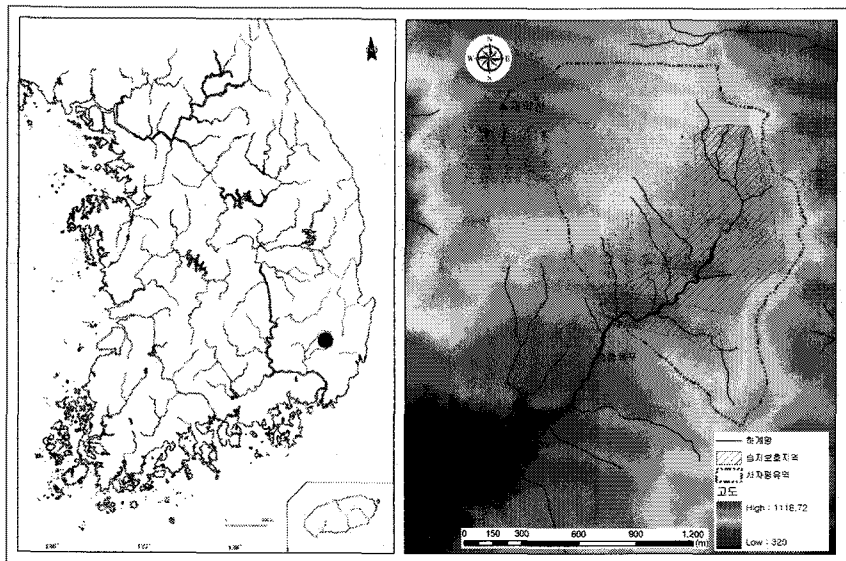
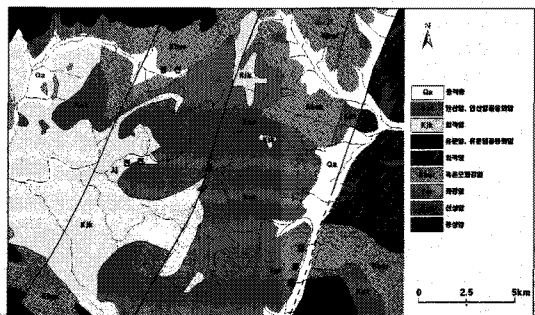


그림 1. 사자평 고산습지의 위치 및 유역

2. 연구지역 및 연구방법

1) 연구지역

‘사자평 고산습지보호지역’은 경상남도 밀양시 단장면 구천리에 솟아있는 재약산(載藥山 1,189m)에 위치한다(그림 1). 재약산 북동사면의 720~780m에는 소하천의 유로를 따라 ‘사자평’이라고 부르는 저기복의 와지가 넓게 펼쳐져 있으며, 습지보호지역은 이 소하천의 연안에 분포한다. 습지보호지역의 면적은 0.58km²이다.



(환경부·UNDP/GEF국가습지보전사업단, 2007, 그림 2.1)

그림 2. 연구지역의 지질분포



그림 3. 사자평의 전경

습지보호지역에는 고산습지의 대표적 지표식물종인 진퍼리새와 오리나무 등이 습지 주변에 군락을 형성한다. 그리고 이 지역에는 멸종위기종 II급인 삼을 비롯하여, 육상식물인 노랑무늬붓꽃, 큰방울새난 등의 식물류, 붉은머리오목눈이 등의 조류, 아무르중장지뱀 등의 파충류가 서식하는 것으로 보고되었다. 또한 습지보호지역 주변에는 과거 화전의 흔적과 계단식 농경지의 흔적이 뚜렷이 남아 있다.

사자평에는 기상관측장비소가 설치되어 있지 않으므로, 사자평과 인접한 밀양시의 기후자료를 인용하였다(표 2). 밀양시는 북동쪽의 가지산과 북서쪽의 화악산, 동쪽의 제약산, 그리고 남서쪽의 중남산으로 둘러싸여 있다. 밀양시의 연평균 기온은 13°C로 비교적 온화한 편이다. 가장 더운 8월의 평균기온은 25.6°C이고 가장 추운 1월의 평균기온은 -0.2°C로서 기온의 연교차는 25.8°C이다. 일최

고기온의 월평균은 1월에 가장 낮아 6.6°C이고, 8월에 가장 높아 30.6°C이다. 그리고 일최저기온의 월평균은 1월에 -6.0°C로 가장 낮고, 8월에 21.5°C로 가장 높다.

상대습도는 여름철에 비교적 높고(7월 79.4%) 겨울철에 비교적 낮다(2월 61.7%). 일조율은 여름철에 낮으며(7월 40%) 겨울철에 높다(12월 65%). 연평균 강수량은 1233.8mm이며, 여름철(6월, 7월, 8월)의 강수량이 연강수량의 65%를 차지한다. 연간 증발량은 1160.4mm이고 유효수분량은 73.5mm이다. 겨울철의 계절풍은 주로 북북서풍 내지 북동풍이며, 여름철의 계절풍은 남동풍과 남서풍이 재약산과 중남산의 영향으로 극히 적게 나타나는 경향을 보인다.

재약산은 밀양기상관측소와 다소 거리가 있으나 일반적인 기후의 특성은 유사한 경향을 보일 것으로 예상된다. 연평균기온은 재약산 사자평 습지보호지역의 해발고도의 차이에 따른 기온계감율(-0.56°C/100m)을 적용할 때 약 9°C로 추정된다. 그리고 고도가 높아질수록 강수량이 증가하는 경향을 고려할 때, 연강수량은 1500mm 정도일 것으로 예측된다.

2) 연구방법

본 연구는 ‘사자평 고산습지’의 형성과정을 고찰하여 습지의 육화를 촉진시키는 요인을 평가하고 습지의 복원 및 보전관리를 위한 방안을 제시

표 1. 밀양시의 기후 현황

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	연간
평균기온(°C)	-0.2	1.8	6.8	12.9	17.5	21.6	25.2	25.6	20.8	14.6	8.0	1.8	13.0
일최고기온(°C)	6.6	8.7	13.7	20.1	24.5	27.4	29.8	30.6	26.8	22.2	15.3	9.3	19.6
일최저기온(°C)	-6.0	-4.4	0.3	5.7	10.7	16.6	21.4	21.5	15.8	8.2	1.8	-4.0	7.3
상대습도(%)	63.7	61.7	63.0	63.7	67.5	73.4	79.4	78.7	75.1	71.3	70.6	68.2	69.7
강수량(0.1mm)	217	304	541	1046	1043	1998	2419	2304	1366	494	430	176	12338
일조율(%)	64	62	58	58	56	45	40	48	50	61	60	65	55
증발량(0.1mm)	523	610	923	1196	1408	1323	1301	1357	1002	886	586	489	11604
유효수분량(mm)	-30.6	-30.6	-38.2	-15.0	-36.5	67.5	111.8	94.7	36.4	-39.2	-15.6	-31.3	73.5

자료: 기상청, 2001, 한국기후포.

하고자 한다. 이를 위하여, 실내에서 지형도(1:5000) 및 항공사진을 분석하여 습지형성에 기여한 요소들을 고찰하였으며, 2010년 10월에서 12월까지 3차에 걸쳐 현장조사를 통하여 증거를 수집하였다. 현장에서는 습지의 형성에 영향을 미친 재약산의 지질 및 시전천 주변의 지형적 특성을 조사하였고, 우곡 복원공사가 습지생태계에 미치는 영향을 집중 조사하였다.

3. 산지습지의 형성요인

1) 유역 특성

하천은 대체로 상류, 중류, 하류 등 세 구역으로 구분된다. 하상의 경사가 가파른 상류 구간에서는 유속이 빨라 퇴적물의 양에 비하여 하천의 운반력이 크기 때문에 세립물질은 대부분 제거되고 기반암하상에 거력들이 흩어져 분포한다. 반면 하상의 경사가 완만한 하류 구간에서는 유속이 느리므로 퇴적물의 양에 비하여 하천의 운반력에 작기 때문에 하상이나 유로 주변에 세립물질로 이루어진 넓은 충적지가 발달한다. 이러한 까닭에 습지는 상류 구간보다 하류 구간에서 널리 발달한다.

상류 구간에서도 유수가 침식분지로 유입하면 하폭이 넓어져서 유속이 감소하므로 하상에 많은 퇴적물이 쌓여 습지를 이룬다. 침식분지의 출구 부분에 단단한 암석이 분포하는 경우에는 대체로 하폭의 폭이 좁아 유수가 쉽게 배수되지 못하므로, 분지 내 유수의 수위가 상승하고 많은 퇴적물이 쌓인다.

시전천 최상류 구간을 차지하는 사자평은 영남 알프스 일대에 분포하는 고위평탄면의 일부를 나타내는 완만한 와지이다(그림 4). 사자평의 북서사면은 기반암으로 이루어진 재약산 정상부의 가파른 사면 하부에 발달한 완만한 녹설사면이며, 동쪽사면은 구릉성 능선에서 완만하게 이어진다. 시전천이 사자평을 벗어나는 출구 부근에는 침식에 강한 기반암이 유로를 가로막고 있어 시전천의 하폭이 좁은 협곡을 이룬다.

사자평 유역의 출구 부분에 형성된 협곡의 폭은 20여 m이다. 북쪽 제방은 기반암으로 이루어진 수직의 곡벽이다. 남쪽 제방은 산사면과 분리된

높이 약 3m, 너비 약 7m에 이르는 계단모양의 퇴적지형으로 이루어져 있다(그림 5). 이 하안단구의 하부에는 최대직경 2m에 이르는 아원력의 거력들이 쌓여 있고, 그 위에는 모래와 세립물질이 쌓여 있다.

이러한 하안단구는 사자평 와지에서 일어난 지형발달을 잘 말해준다. 지형발달단계는 다음과 같다. 첫째, 기반암의 풍화물질이 제거됨으로써 와지가 형성되었다. 고위평탄면에 발달하는 와지들은 기반암이 심층풍화작용을 받아 쉽게 부서지는 풍화물질이 풍부하므로 깊이에 비해 폭이 매우 넓은 완만한 형태를 띤다. 둘째, 심층풍화에서 기원한 풍화물이 거의 제거된 이후 사면에서 기계적 풍화로 생산된 거력들이 시전천으로 공급되었다. 거력들은 비교적 한랭한 기후환경에서 동파작용으로 생산되었으며 메스무브먼트 형태를 통하여 사면이 동하였다. 셋째, 이러한 거력들이 사자평의 출구를 막음으로써 시전천의 유속이 느려져 세립물질이 퇴적되었다. 시전천의 하상에 퇴적물이 쌓여

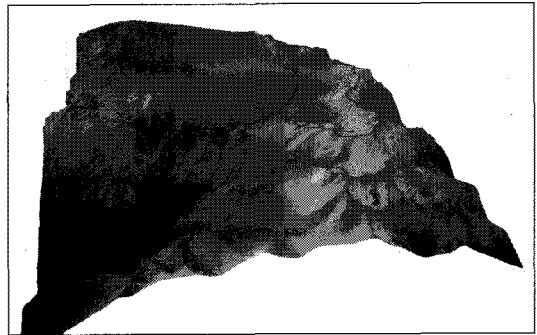


그림 4. 사자평의 형태적 특성



그림 5. 사자평 유역 출구 부분 협곡 내에 형성된 하안단구 지형(오른 쪽 나무들이 지리는 부분임.)

하상이 높아지면 주변 산사면의 지하수면이 높아진다. 따라서 산사면과 시전천이 접하는 연안은 토양층이 지하수로 포화되어 습지로 발달한다. 넷째, 하천의 유량이 증가하여 운반력이 강화됨으로써 협곡을 막고 있던 거력들이 제거되었고, 사자평에 쌓인 세립물질도 제거되고 있다. 따라서 시전천 연안에 분포하는 토양층이 배수되어 습지가 점차 육화된다.

2) 지질적 특성

재약산 산체를 형성하는 기반암은 기계적 풍화 작용에 약한 안산암이다. 재약산 정상부의 동쪽 사면에는 거력들이 정상으로부터 시전천의 유로를 향하여 방사상으로 작은 골짜기들을 따라 흘러내려 암괴류를 형성한다(그림 6). 암괴들의 크기는 재약산의 정상 부근에서 최대장축이 3m에 이르고, 사면 중앙부에 이르면 1m 내외로 감소하며 사면 하부에 이르면 50cm 내외로 줄어든다. 또한 사면 하부에서는 세립물질의 양이 증가하여 식생에 묻혀 버리는 경우가 많다. 이는 거력들이 주빙하 기후환경의 솔리플러션에 의하여 이동한 것이 아님을 나타낸다.

〈그림 7〉은 강우 시 사자평의 유로를 예측하는 물 흐름 집적도이다. 그림에서 보면 사자평으로 흘러드는 유로가 재약산의 동쪽 사면에 집중되어 있음을 알 수 있다. 이에 따라 사자평 저지의 퇴적지형도 재약산 동쪽 사면의 하부에 집중되어 있다. 이 집적도에서 예상되는 유로들은 재약산의

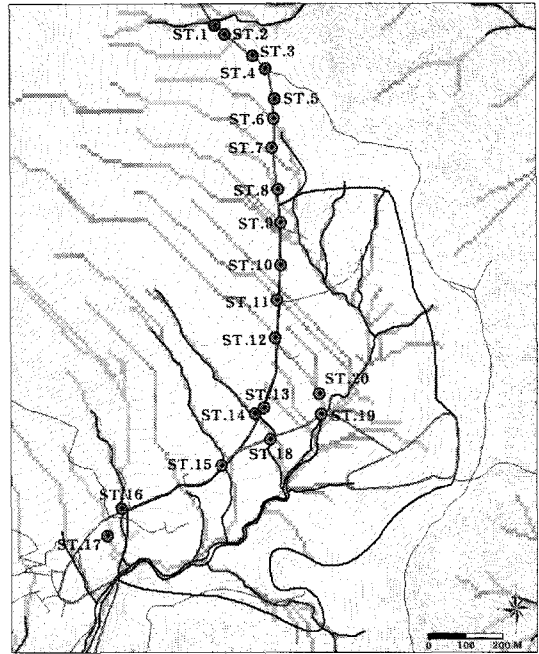


그림 7. 물 흐름 집적도

정상부에서 시전천을 향하여 직선방향으로 흘러, 대체로 암괴류의 흐름과 유사하게 나타난다. 이로써 볼 때, 재약산의 암괴류는 집중호우 시 사면을 흘러내리는 급류에 의하여 운반되었을 가능성이 큰 것으로 보인다.

사자평 습지보호지역 내 재약산 동쪽사면 하부에는 오래 전에 만들어진 군사도로를 따라 태풍에 의한 집중호우로 형성된 우곡이 곳곳에 분포한다. 우곡은 응회암의 풍화층을 기반으로 발달하였다. 우곡의 주변을 관찰해보면, 수령 20년 내외인 나

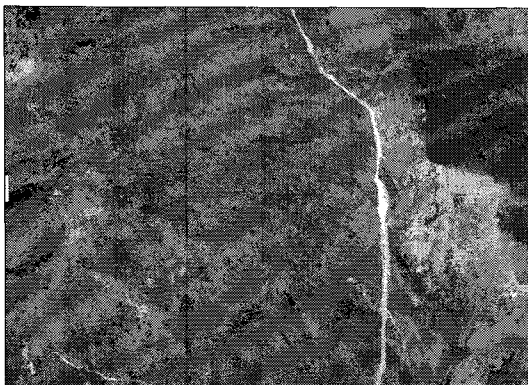


그림 6. 재약산의 암괴류(재약산 정상부의 동쪽사면에서 방사상으로 뻗은 진한 부분이 암괴류임.)



그림 8. 소하천의 범람으로 쌓인 거력퇴적물(우측 상단으로 우곡이 형성되었음)



그림 9. 응회암 풍화층 위의 사면이동 퇴적물층

무의 상류 쪽으로 boulder급 역들이 쌓여있다(그림 8). 이러한 현상은 우곡 아래의 사면에서만 나타난다. 이는 우곡이 형성되기 전 소하천이 범람하였을 때 소하천으로 운반 중이던 퇴적물이 유로를 넘쳐 사면 아래로 이동한 증거이다.

군사도로와 시전천 사이에 있는 완사면은 재약산에서 소하천이나 급사면을 따라 운반된 조립퇴적물로 피복되어 있다. 이러한 사면이동퇴적층 아래에는 응회암이 화학적 풍화작용을 받은 풍화층이 있다(그림 9). 조립 퇴적물은 강우 시 빗물이 잘 스며들지만, 응회암 풍화층은 점토질이 풍부하여 배수가 불량한 편이다. 따라서 강우 시 조립질의 사면이동퇴적물을 침투한 토양수는 기반암 풍화층 속으로 스며들지 못하고 두 층의 경계부분을 흐르다가, 사면 아래 부분으로 내려올수록 사면이동 퇴적물층이 포화됨으로써 토양수가 지표로 용출된다(그림 10). 군사도로와 시전천 사이의 역새군락지는 이러한 작용 때문에 강우 시에는 물로 포화되지만, 강우가 멈

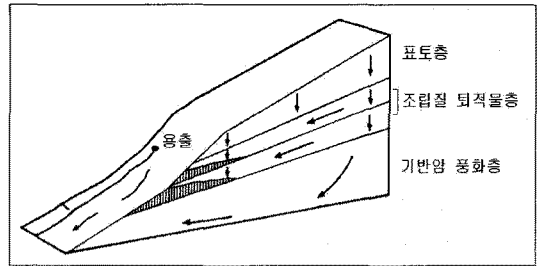


그림 10. 사면 하부에서 포화된 지하수의 용출.

추고 시간이 지나면 토양수가 토양관(soil pipe)을 통하여 배수됨으로써 건조된다.

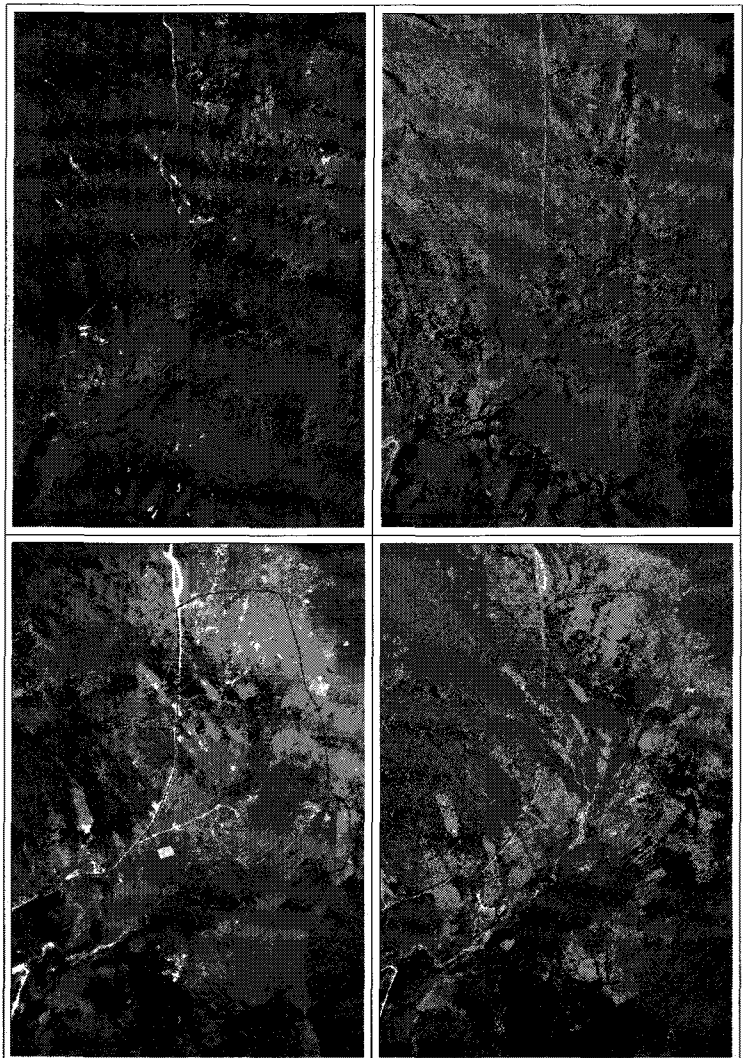


그림 11. 습지보호지역의 항공사진

3) 화전

사자평 지역은 그 시기는 알 수 없으나 일찍부터 화전이 성행하던 곳이다(그림 11). 그러나 1966년에 화전정리에 관한 법률을 제정하고 1975년부터 화전정리 5개년 계획을 수립하여 시행함으로써 화전은 점차 숙전으로 변화하였으며, 1996년 고사리 분교를 폐교하고 주민들을 이주시키면서 농경지는 버려졌다. 이렇듯 사자평의 역사군락은 산불로 억제된 식생유형에 속한다.

완만한 경사를 보이는 저지대에 불을 놓아 자생하던 숲을 제거하고 농경지를 만듦으로써, 강우가 많은 시기에 나지가 빗방울과 유수에 노출된다. 빗방울과 유수에 노출된 지표에서는 비교적 세립의 토사가 유실되어 시전천으로 공급되고, 이렇게 운반된 토사가 시전천의 하상이나 연안에 쌓여 좁은 범람원을 형성한다. 사면에서 공급된 유수가 시전천으로 원활하게 배수되지 못하므로, 범람원과 사면이 만나는 부분에는 습지가 형성된다(그림 12).

또한 숲을 이루는 나무들은 뿌리가 깊어서, 많은 토양수를 끌어올려 잎을 통해 증발시키는 증산작용을 한다. 그러나 숲을 제거하고 농작물을 심으면, 농작물의 뿌리는 비교적 깊지 않고 조밀하지 못하기 때문에 증산작용이 약하다. 따라서 숲을 제거하면 강우가 토양 속에 더 많이 저장되어, 사면의 하부에서는 토양의 침수를 유발하기도 한다.

현 조사만으로는 사자평 지역에서 화전농업이 언제부터 있었는지, 그리고 화전으로 인한 토양의 유실 정도와 고산습지의 형성에 어느 정도의 영향을 미쳤는지 평가하기 어렵다. 이에 대한 조사연

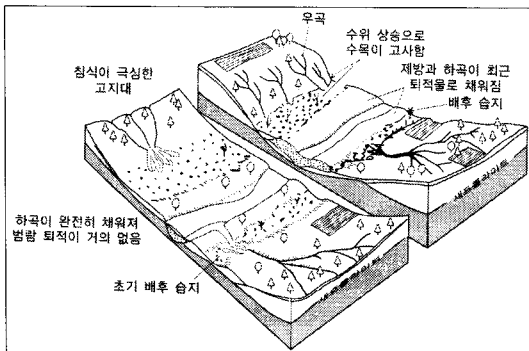


그림 12. 개간 후 농경지에서 유실된 토사로 높아진 하상(손일 등, 2007, 309쪽, 그림 6.19)

구는 차후의 과제로 남긴다.

4. 습지의 육화에 대한 보전대책

사자평의 고산습지는 시전천 유로를 따라 동쪽 연안에 주로 분포한다. 고산습지 내에는 오리나무가 군락을 이루며, 삿갓사초가 자라는 부분이 주변의 지표보다 30~50cm 정도 높아 주빙하 기후 지역에서 전형적으로 나타나는 유상구조토(earth hummock)가 분포한다(그림 13). 우리나라에서 발견되는 유상구조토는 여름철의 호우 때문에 솟아난 돌기의 흙이 대부분 제거되고 삿갓사초의 뿌리만 드러나는 경우가 대부분인데, 사자평에서 발견되는 유상구조토도 비슷한 모양을 보인다.

또한 시전천 동쪽 연안에는 화전농을 하던 계단식 농경지가 휴경으로 인하여 역사밭으로 변화했다. 그런데 가장 아랫부분에 위치한 휴경지의 사면과 접하는 부분에 습지가 형성되어 있다. 이 습지는 완만한 사면을 절개함으로써, 토양 속으로 흐르던 통류(throughflow)가 스며져 나와 형성된 것으로 보인다.

2002년과 2005년 태풍 시에 400mm 이상의 집중호우로 재약산 정상부와 역사밭의 경계를 따라 개설된 군사작전도로 부분에 폭 8m, 깊이 4.5m의 우곡이 형성되었다. 우곡은 사면이동퇴적물로 침투한 강우가 풍화층 속으로 스며들지 못하고 퇴적물과 풍화층 사이의 경계를 따라 흐르다가 균열로 만들어진 토양관을 따라 빠르게 빠져나오면서 붕락을 유발하여 형성된다. 우곡 내에는 운반되다가

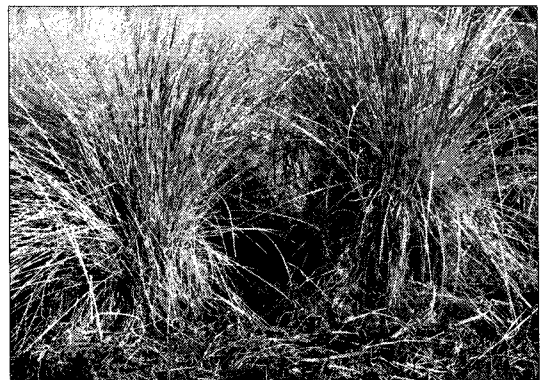


그림 13. 사자평 고산습지 내 유상구조토(삿갓사초의 뿌리부분이 높이 솟아 있다.)



작전도로를 따라 형성된 우곡
(우곡 내 거력들이 군데군데 잔류하고 있다.)

배수로 공사 이후의 우곡 모습

그림 14. 배수로 공사 이전과 이후의 우곡 모습

멈춘 거력들이 군데군데 쌓여 있다. 우곡은 두부 침식에 따라 산사면 상류 쪽으로 확장되고, 곡벽은 유수의 침식에 약하여 쉽게 붕괴되므로 그대로 두면 생태계가 유지될 수 없는 악지(badland)를 형성한다. 따라서 이를 방지하고자 배수로공사를 시공하였는데 (그림 14), 최근 여러 환경단체들이 배수로 공사 때문에 사자평 고산습지가 육화되고 있다고 주장하였다.

사자평 고산습지의 형성과정에 참여한 요소는 유역분지의 형상과 기반암의 풍화 특성, 그리고 화전 경작 등이다. 재약산의 기반암은 기계적 풍화에 약하여 많은 암설들을 생산하여 사면 아래로 공급하지만, 사자평 유역분지의 출구가 좁아 대부분의 사력물질들이 사자평에 퇴적된다. 또한 화전을 위한 삼림 제거로 인하여 유실된 세립물질이 시전천의 하상에 퇴적되어 시전천의 하상과 접하는 산사면의 지하수면이 높아져 고산습지가 형성되었다.

사자평의 군사작전도로를 따라 형성된 우곡이 시전천 연안의 고산습지에 미치는 영향은 다음과 같다. 첫째, 재약산 정상부에서 시전천을 향한 사면이동퇴적물의 공급이 차단되었다. 조립질의 사면이동퇴적물은 역새군락지에 쌓여 토양수의 저장소 역할을 하였다. 따라서 토양수를 저장하여 시전천으로 용출하는 능력이 제한을 받게 되었다.

둘째, 재약산 정상부에서 역새군락지로 흐르던 통류가 차단되었다. 이 토양수는 응회암 풍화층 위의 사면이동퇴적물 속으로 흘렀으나, 우곡이 형

성됨에 따라 토양관을 통하여 우곡으로 용출되어 시전천으로 흘러간다. 따라서 강우 시에 토양수로 포화되어 습원을 나타내던 역새군락지가 건조화되고 있다.

셋째, 우곡은 비교적 직선이고 단면적이 넓기 때문에 유수의 속도를 빨라진다. 따라서 유수의 운반에너지가 증가하므로, 시전천의 하상에 퇴적된 사력물질을 세굴한다. 결과적으로 시전천의 하상이 낮아지고, 시전천과 산사면이 만나는 접경부의 지하수면이 낮아져서 습지가 점차 육화된다. 배수로 공사는 우곡이 상류나 측면으로 확장되는 것을 방지하는 동시에 우곡을 고착화시켰다.

5. 결론 및 제언

사자평 고산습지는 출구가 좁은 유역분지의 특성과 암설은 많이 생산되나 점토질이 많아 투수성이 낮은 기반암의 특성, 그리고 화전에 따른 표토 유실 등의 영향을 받아 형성되었다. 사자평 고산습지는 사면에서 공급된 퇴적물질이 시전천의 하상에 퇴적됨으로써, 시전천으로 삼출되던 지하수가 퇴적물에 가로막혀 시전천으로 유입되지 못하여 형성되었다.

그러나 오늘날엔 화전이 억제되고 도로를 따라 우곡이 발달함에 따라 습지가 육화되고 있다. 이에 따라 우곡을 고착화시킨 배수로 공사의 복원에 관하여 몇 가지 제언하고자 한다.

첫째, 사자평 역새군락지에서 군사 작전도로를

따라 우곡이 발달한 것은 자연적인 현상이다. 사자평의 기반을 이루는 응회암이 심층풍화를 받아 침식에 약한 상태이고, 태풍에 의한 집중호우로 거대홍수가 발생하여 나지로 노출되어 있는 작전 도로를 집중적으로 침식하여 우곡을 형성하였다. 최근 지구온난화에 따라 강우강도가 점차 증가하는 추세에 비추어, 우곡의 발달은 사자평뿐만 아니라 다른 산지에서도 더욱 증가할 것이다.

둘째, 우곡은 재약산에서 역새군락지로 공급되는 사력물질과 통류의 공급을 차단한다. 이것은 습원의 모습을 보이는 역새군락지를 건조화시켜 관목과 교목의 이입을 급진전시킬 것이다. 이를 방지하기 위해서는 현 배수로를 기반암 풍화층의 높이까지 사력으로 매워 역새군락지로 지하수가 흐를 수 있도록 하여야 할 것이다.

셋째, 우곡을 따라 설치된 배수로는 소계류의 유속을 증가시키고, 유수의 운반에너지가 증가하면 시전천의 하상이 세굴되어 하상이 낮아짐으로써 습지가 육화된다. 따라서 배수로를 따른 소계류의 유속이 증가하는 것을 방지하여야 한다. 현재 배수로는 직선형이고 단면이 단순하므로, 이를 자연스러운 소계류의 모습에 가깝게 수평, 수직적으로 불규칙한 형태를 가미하는 것이 좋을 것 같다. 다른 방법으로는 시전천의 유로에서, 배수로의 소계류와 시전천이 만나는 합류점 상류에 거력들로 인위적인 계(step)를 만들어, 시전천의 하상이 낮아지는 것을 방어할 수도 있겠다.

넷째, 우곡의 발달이 습지 육화의 유일한 원인이 아닐 수도 있다. 이 지역은 일찍부터 화전을 하다가 현재 버려진 상태로 있다. 화전을 할 때에는 강우에 노출된 지표에서 많은 토양물질이 유실

되어 시전천으로 공급되었지만, 현재는 역새군락이 지표를 피복하여 토양물질이 강우의 침식으로 부터 보호받고 있으므로, 사력퇴적물의 공급이 줄어들에 따라 시전천의 하상이 낮아질 수도 있다.

그러나 이러한 메커니즘을 밝히기 위해서는 시전천 연안에 분포하는 퇴적물에 관한 분석이 이루어져야 한다.

문헌

- 경상남도 산림환경연구원, 2009, 전국 우수 산림 생태 복원 사례집: 밀양시 단장면 재약산 침식지 복원사업.
- 손명원, 2008, 거대홍수가 도시하천의 수생생태계 서식환경에 미치는 영향, 한국지역지리학회지, 14(2), 105~113.
- 손일 등, 2007, 휴면 임팩트, 푸른길.
- 환경부·UNDP/GEF국가습지보전사업단, 2007, 2006 전국내륙습지정밀조사: 산들늪, 화포늪, 장척지, 금강호.
- 환경부·낙동강유역환경청·UNDP/GEF국가습지보전사업단환경부, 2007, 재약산 산들늪 습지보전계획.
- David Knighton, 1998, *Fluvial Forms and Processes: A new perspective*, Arnold, London.
- I.D. White, D.N. Mottershead and S.J. Harrison, 1992, *Environmental Systems: An introductory text* (2nd ed.), Chapman & Hall, London.

(접수: 2011.2.11, 수정: 2011.3.5, 채택: 2011.4.2)