

습지의 발달 환경과 특성

- 경기도 산지를 중심으로 -

문현숙(동국대 박사)

I. 서론

오늘날 습지에 대한 관심은 매우 크다. 우리나라는 1990년대 말부터 적극적으로 관심을 갖고 습지 연구는 대부분 '조류의 서식지'로서 혹은 '수생식물의 군락지' 등의 관점으로 진행되었다. 최근 환경적인 관점에서 정의하고 연구하는 경향도 보인다. 습지는 생태계 보존의 관점에서 매우 중요하기 때문이다.

지표를 형성하는 환경적 인자는 지질·지형·기후·수문·인간의 활동 등 생태계를 구성하는 환경으로 다루어야 한다. 즉, 지리적 관점에서의 환경 개념으로 다루어야 한다. 지리적 관점의 환경은 습지의 생성에서부터 발달과 소멸에 이르기까지 끊임없이 영향을 미친다. 그 중 습지의 생성에 큰 영향을 주는 인자는 지형과 기후에서 비롯되는 수문(水文) 등이며, 그 결과 습지만이 갖는 식생과 토양의 특성을 지니게 된다.

본 연구에서는 경기도를 중심으로 -고양시의 고봉산, 안산시의 철보산, 성남시의 대장동, 안성시의 서운산, 의왕시의 청계산, 가평군의 운두산 등 6개 지역의 습지를 연구 대상으로 하여, 지형과 수문이 어떻게 습지 발달에 작용하는가를 살피고자 한다. 즉, 습지의 발달 환경으로서의 지질 및 지형, 수문 환경과 토양 환경 등이 갖는 특성이 무엇이며, 이들의 환경들이 어떤 과정을 통하여 습지를 형성하고 발달시켜왔는가를 밝히는데 중점을 두고자 한다.

연구를 위하여 실내조사와 지역답사(2002 ~ 2005)를 통하여 습지의 분류와 더불어 습지환경을 조사하였다. 지형 조사를 위하여 연구지역의 종단면도를 그리고 습지와 습지수 공급 가능지역의 면적을 계산하였다. 지형답사를 통하여 수원(水源)과의 관계 구명을 위한 삼출(滲出)점 발견, 하천과의 관계 파악, 습지 주변에서의 지질작용 형태, 토양 성분의 조사 및 수질 검사 등을 시도하였다. 수질검사를 위하여 습지수가 유입되는 지점에서 습지수 2l 를 채수하였다. 2005년 2월중 1회씩 채수하여 산업공해연구소에 의뢰, COD, T-N, T-P를 분석하였다. 토양의 특성을 파악하기 위해 유기물의 함량, CEC(양이온치환성용량), pH, 입도 등을 분석하였다.

경기도 지역은 노년기 지형으로서, 지질의 주종을 이루는 것은 경기변성암복합체이다. 경기변성암복합체는 퇴적암이 수차례 변성작용과 화강암화작용을 받아 형성된 암석들로서, 주요 암석구성은 편암·결정질석회암·규암·호상편마암 등이며, 암상의 변화가 심해서 지층의 추적과 세분이 어렵다. 27억 ~ 29억년에 이르는 편암암이 발견되어 생성연대를 그 무렵으로 추정하고 있다.1)

경기도는 서울특별시와 인천광역시를 둘러싸고 있는 지역으로서 대한민국의 중심 기능과 인구가 밀집한 지역이다. 오랜 기간 수도권으로서의 기능과 경제 및 교육 문화의 발달로 인하여 인문환경의 점유도가 매우 높다. 그 결과 경기도 내의 자연 환경은 인문환경으로 변화폭이 크며, 자연의 개조가

활발하였다. 그러나, 오늘날 환경에 대한 인식의 변화와 경제 및 문화 양식의 변화로 인하여 작은 규모이나 인문환경은 다시 자연환경으로 바뀌고 있는 실정이다. 이러한 변화의 움직임은 농업환경에서 잘 나타난다. 인구가 집중과 개간을 통해 60년대~80년대까지 논농사를 짓던 경기도 일부 지역은 현재 노동력 부족 및 주곡 소비량의 감소 등의 이유로 자연으로 회귀하는 곳이 많아졌다. 이와 같은 지역에 습지가 발달하였다. 습지는 자연환경으로 복원되는 가장 대표적인 지형경관이다. 습지는 지방자치제의 도입 이후 개발과 보전의 쟁점으로 떠오른 곳이기도 하다.

II. 습지의 분류

습지는 습지의 위치와 수원, 습지수의 유입과 유출, 침수 기간 등에 따라 수문학적 관점에서 분류할 수 있다. 그러나, 이러한 수문학적 분류는 지형과 기후 조건에 그 토대를 두고 있음이 명백하다.²⁾

본 연구에서는 그림 1과 같이 지형적 특성과 수문을³⁾ 중심으로 습지를 분류하였다. 대분류 기준은 습지의 위치를 우선으로 하였다.⁴⁾ 위치는 지표의 기복량으로 나타나는 지형 경관으로⁵⁾ 구조와 영력의 산물이다. 산지와 하천은 지리적 위치의 개념인 동시에 지표 기복량의 차를 반영하는 지형 경관이다. 그러므로, 습지는 산지에 발달하는 습지와 하천과 관련하여 발달하는 습지로 분류해 볼 수 있다.

중분류는 습지가 위치한 소규모 지형 단위를 구분함에 있어 지형 발달 영력인 침식과 퇴적을 기준으로 삼았다. 산지에서는 침식에 의한 사면 형태의 구분, 평지에서는 하곡을 형성하거나 넓은 퇴적지형을 형성하기 때문이다. 산지에서의 습지는 ‘사면형 습지’와 ‘분지형 습지’로 분류하였다. 하천에서의 습지는 침식보다는 퇴적작용이 활발한 곳에서 발달한다.⁶⁾ 소류의 합류 지점, 우수 퇴적지로 하상면보다 높은 지형을 형성하는 하천변(수변), 유속이 감소하거나 망류하천의 하상면에 이동물질이 퇴적되는 bar, 활주사면과 담수호안, 범람에 의해 형성된 범람원, 유로 변경으로 형성된 우각호 및 구하도 등은 우수의 퇴적작용이 활발하여 습지가 발달하기에 유리하다. 이를 각각 ‘하천형 습지’, ‘호소형 습지’, ‘소택형 습지’ 등으로 구분하였다. 소분류는 수문을 기준으로 하였다. 습지수의 유입과 유출이 기준이 되었다. 산지에서는 지하수와 지표수 중 어떤 형태의 습지 수문이 형성되는가를 기준으로 삼았다. 하천의 경우는 유입과 유출이 우수, 정수, 범람 등의 유형 중 무엇에 의해 습지가 발달하는가를 기준으로 분류하였다.⁷⁾ 물론 하천과 관련하여 형성되는 습지는 수생식물의 서식이 용이하도록 수심을 유지하는 조건에서 발달한다. 즉, 고수위와 저수위 간의 차이가 발생하는 지형면에서 습지는 발달한다. 이는 유량 변동, 유속, 이동물질의 퇴적 환경, 퇴적물질의 유형에 의한 토층 형성 등의 환경에 의해 습지가 발달할 수 있음을 의미한다.

그림 2는 그림 1을 바탕으로 작성된 습지 지형 경관 모식도이다. 지형과 수문에 의한 습지 분류가 지표공간에서 구체적으로 어떻게 발달하고 있는가를 나타내고 있다.

산지에 발달하는 습지를 지형 발달 영력에 따라 구분하였다. 침식작용이 활발한 급사면에 사면형 습지가 발달하며, 사면물질이 피복되어 있는 경사급변점 하부에 사면형 습지와 분지형 습지가 발달

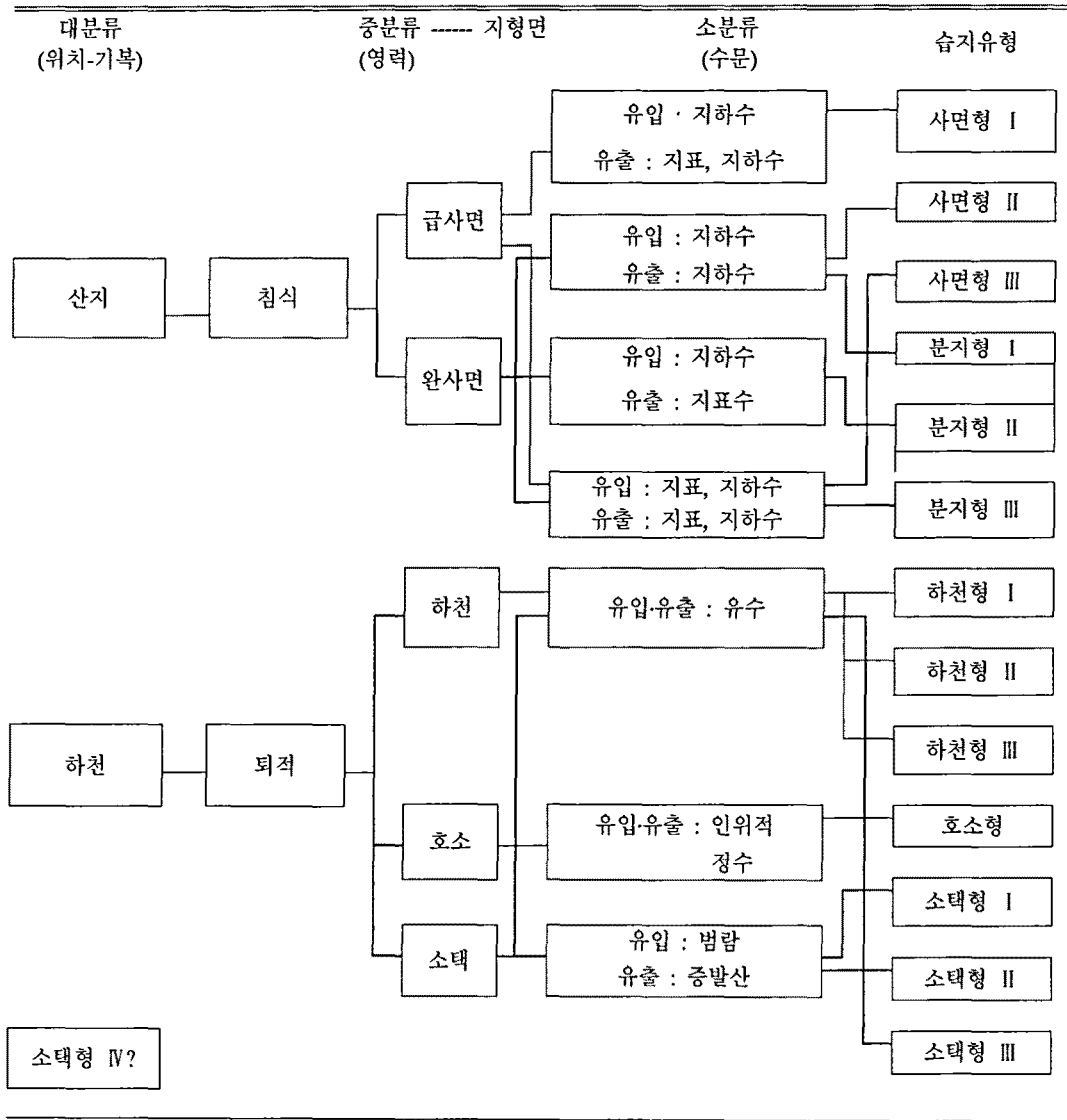


그림 1. 지형적 특성과 수문에 의한 습지 분류

한다. 이를 습지수의 수문-유입과 유출 관계에 따라 사면형 I·사면형 II·사면형 III과 분지형 I·분지형 II·분지형 III으로 세분하였다. 하천에 발달하는 습지의 경우는 대체로 퇴적장소와 수문 유형에 따라 구분되는데, 하도와 범람원으로 구분 가능하다. 하도와 관련된 습지는 우수가 있는 하도 내에서 형성되므로 습지수는 하천에 의해 공급되고 유출된다. 소하천이 합류하는 지점에 형성되는 습지, 하천변(수변) 습지, 하상에 형성되는 습지 등으로 구분이 가능하다. 이를 하천형 I·하천형 II·하천형 III으로 구분하였다. 또한 하천에 담수호를 만드는 경우 담수된 물 즉, 정수는 호안에 습지를 만든다. 이를 호소형 습지로 구분한다. 이에 비하여 범람원에 형성되는 습지는 소택형 I·소택형 II·소택형 III 습지로 분류 가능하다.

본 연구에서 제시하는 습지분류를 재정리하면 다음과 같다. 위치 및 지형 기록에 의해 대분류한 후 지형발달 영력인 침식과 퇴적 작용에 의해 중분류가 가능하다. 습지 수문을 이용하여 보다 세분된 분류가 가능하다. 이와 같은 분류 기준을 지표면에 적용하면 습지는 다음과 같이 형성됨을 알 수 있다.

산지와 하천에서 습지는 형성될 수 있다. 산지에서는 산과 사면 부분에서 형성된다. 산지의 능선이 발달하여 곡을 이루는 곳은 침식이 활발하지만 사면 퇴적물이 얇게 덮이면서 습지는 발달한다.⁸⁾ 경사도의 변화⁹⁾로 지하수면의 노두가 형성되기 때문이다. 또는 곡 또는 주변 능선은 발달되어 있지 않으나, 산이나 사면에서 불(난)투수층이 발달하면서 지하수면의 노두가 형성되면 습지는 발달한다.¹⁰⁾ 이 경우, 습지수는 지하로 스며들거나, 포상류로 흐르거나, 1차류를 형성한다. 이를 바탕으로 각각 사면형 습지와 분지형 습지로 분류하였다. 하천의 경우는 퇴적작용이 활발한 곳에서 습지는 발달한다. 이는 수위변화와 밀접하게 관련되어 있다. 수문의 기준으로는 유수, 정수, 범람 등을 들 수 있다. 유수로 인하여 유출입이 발생하는 하천형 습지, 하천에 발달하지만 정수 형태의 수문을 갖는 호소형 습지, 하천의 범람에 의해 형성되는 소택형 습지 등으로 분류할 수 있다. 단 소택형 습지의 범주에 하천의 영향을 받지 않고 형성될 수 있음을 감안하여 소택형 습지Ⅳ를 독립적으로 구분하였다.

Ⅲ. 연구지역의 습지

1. 습지발달 환경별 특성

가. 지질 및 지형학적 고찰

표 1. 습지별 지형적 특징

특징		고봉산	철보산	대장동	서운산	청계산	운두산
지 질		호상편마암	복운모화강암	편마상복운모 화강암	흑운모호상편 마암	흑운모호상편 마암	우백질장석흑운 모호상편마암
사면경사도		6 ~ 9°	7 ~ 8°	12 ~ 19°	19 ~ 23°	16 ~ 21°	14°
고 도(m)		25 ~ 45	40 ~ 80	150 ~ 200	280 ~ 330	120 ~ 130	500 ~ 650
경사변환점		○	○	○		○	
습지 분류		분지형	사면형	사면형	사면형	사면형	사면형
하천 관계	유입	○					
	유출				○	○	○

나. 수문학적 고찰

표 2. 습지별 수문 현황

수문 지표		고봉산	칠보산	대장동	서운산	청계산	운두산
수원 (水源)	삼출	○	○	○	○	○	○
	용출	○			○		?
	하천	○					
하천의 직접적 영향		○					
유출 유형	지하수		○	○	○		
	하천			○	○	○	○
	하수관	○					
수문에 의한 습지 분류		분지형 I	사면형 II	사면형 I	사면형 I	사면형 I	사면형 I

표 3. 습지별 수질 현황

분석기준	고봉산	칠보산	대장동	서운산	청계산	운두산
COD	48	25.4	2.8	9.0	15.6	11.2
T-N	166	3.19	불검출	1.24	3.12	2.23
T-P	0.45	0.48	0.43	0.46	0.49	0.44
N/P	3.69	6.65	?	2.70	6.37	5.07

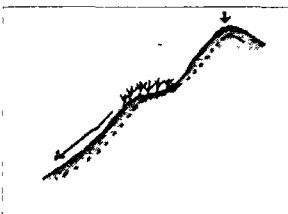


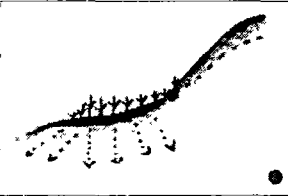
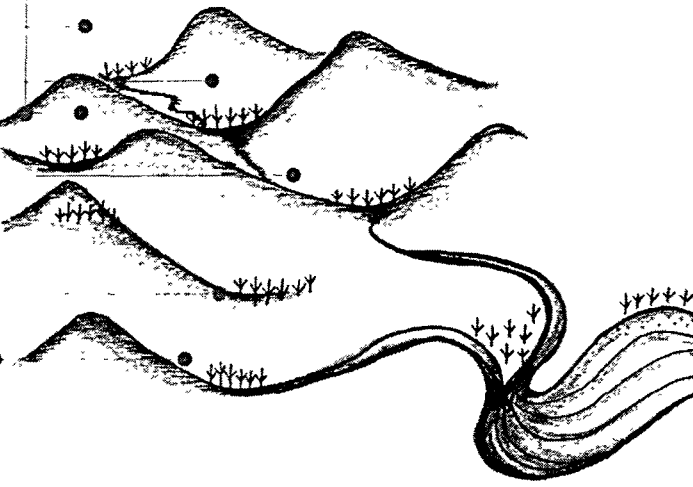


<p>사면형 I</p>  <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 유입: 지하수(삼출) <input type="checkbox"/> 유출: 지표, 지하수 <input type="checkbox"/> 지질작용: 침식 <input type="checkbox"/> 위치: 급사면-산정상부 	<p>분지형 I</p>  <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 유입: 지하수(삼출) <input type="checkbox"/> 유출: 지하수 <input type="checkbox"/> 지질작용: 침식(사면물질퇴적) <input type="checkbox"/> 위치: 급사면-산정상부 	<p>분지형 III</p>  <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 유입: 지하수(삼출), 지표수 <input type="checkbox"/> 유출: 지하수, 지표수 <input type="checkbox"/> 지질작용: 침식(사면물질퇴적) <input type="checkbox"/> 위치: 급사면-산정상부
<p>사면형 II</p>  <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 유입: 지하수(삼출) <input type="checkbox"/> 유출: 지하수 <input type="checkbox"/> 지질작용: 침식 <input type="checkbox"/> 위치: 완사면 -경사변환점 		
<p>사면형 III</p>  <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 유입: 지표, 지하수(삼출) <input type="checkbox"/> 유출: 지표, 지하수 <input type="checkbox"/> 지질작용: 침식 <input type="checkbox"/> 위치: 완사면 -경사변환점 	<p>분지형 II</p>  <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 유입: 지하수(삼출) <input type="checkbox"/> 유출: 지표수 <input type="checkbox"/> 지질작용: 침식(사면물질퇴적) <input type="checkbox"/> 위치: 완사면 -경사변환점 	<p>소택형 IV</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 유입과 유출 - 지형 형성 영력에 따라 다양 <input type="checkbox"/> 지질작용: 구조적인원인과 영력의 복합작용 <input type="checkbox"/> 위치: 다양 <input type="checkbox"/> 문제점 : 소택형으로 분류하기 어려우나, 형태상 소택형의 범주에 포함됨

그림 2. 지표공간에서의 지형과 수문에 의한 습지 분포 !




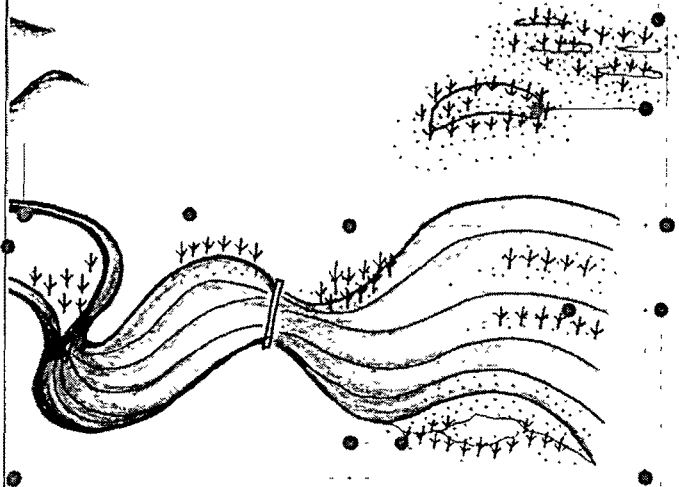



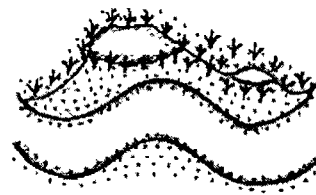
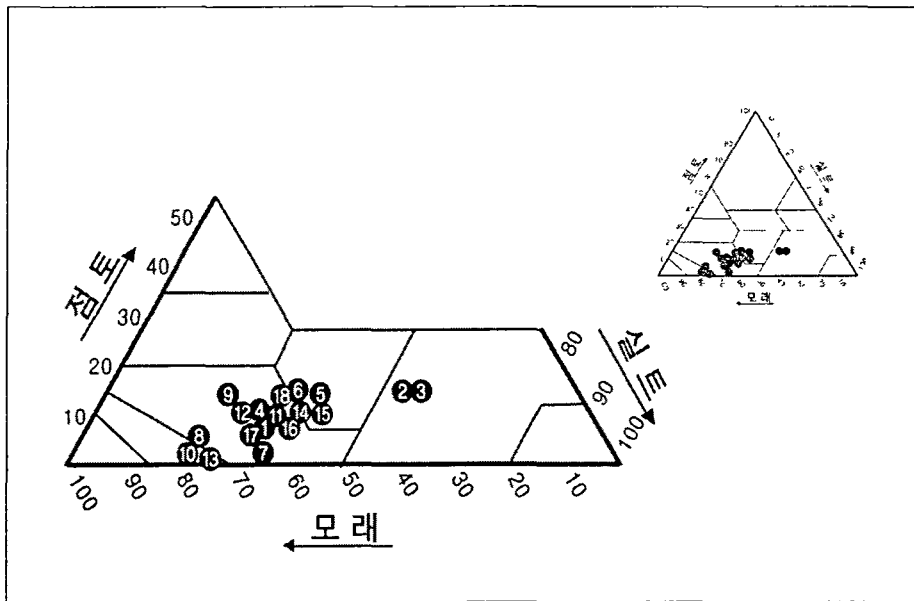
<p>하천형 I</p>  <p><input type="checkbox"/>유입:지하수(삼출) <input type="checkbox"/>유출:지하수 <input type="checkbox"/>지질작용:침식 <input type="checkbox"/>위치:완사면 -경사변환점</p>	<p>호소형</p>  <p><input type="checkbox"/>유입·유출:인위적 정수 - 고위수와 저수위 차 <input type="checkbox"/>지질작용:퇴적 <input type="checkbox"/>위치:호안</p>	<p>소택형 I</p>  <p><input type="checkbox"/>유입·유출:범람 - 고위수와 저수위 차 <input type="checkbox"/>지질작용:퇴적 <input type="checkbox"/>위치:범람원(배후습지)</p>
		<p>하천형 II</p>  <p><input type="checkbox"/>유입·유출:유수 - 고위수와 저수위 차 <input type="checkbox"/>지질작용:퇴적 <input type="checkbox"/>위치:하안(수변)</p>
<p>소택형 II</p>  <p><input type="checkbox"/>유입·유출:범람(구하도) <input type="checkbox"/>지질작용:퇴적,유로변경 <input type="checkbox"/>위치:범람원(배후습지)</p>	<p>소택형 III</p>  <p><input type="checkbox"/>유입·유출:유수(구하도) <input type="checkbox"/>지질작용:퇴적,유로변경 <input type="checkbox"/>위치:범람원(배후습지)</p>	<p>하천형 III</p>  <p><input type="checkbox"/>유입·유출:유수 <input type="checkbox"/>지질작용:퇴적,하천수망류 <input type="checkbox"/>위치:하상면</p>

그림 2. 지표공간에서의 지형과 수문에 의한 습지 분포 II

다. 습지별 토양학적 고찰

표 4 습지별 토성

토성	고봉산	철보산	대장동	서운산	청계산	운두산
0 ~ 30cm	사질양토	사질양토	사질양토	양질사토	양질사토	사질양토
30 ~ 50cm	미사질양토	양토	양질사토	사질양토	사질양토	사질양토
50 ~ 80cm	미사질양토	미사질양토	사질양토	사질양토	사질양토	사질양토



- 1 고봉산 0~30cm
- 7 대장산 0~30cm
- 13 청계산 0~30cm
- 2 고봉산 30~50cm
- 8 대장산 30~50cm
- 14 청계산 30~50cm
- 3 고봉산 50~80cm
- 9 대장산 50~80cm
- 15 청계산 50~80cm
- 4 철보산 0~30cm
- 10 서운산 0~30cm
- 16 운두산 0~30cm
- 5 철보산 30~50cm
- 11 서운산 30~50cm
- 17 운두산 30~50cm
- 6 철보산 50~80cm
- 12 서운산 50~80cm
- 18 운두산 50~80cm

그림 3. 습지별 토성

표 5. 습지별 토양 특성

지역	고봉산	철보산	대장동	서운산	청계산	운두산
유기물	5.42	4.11	5.08	5.03	3.35	11.8
pH	5.12	4.47	4.63	4.70	5.13	4.65
CEC	15.3	9.11	15.5	13.5	8.49	33.4
Al ₂ O ₃	19.2	15.0	12.6	15.0	13.7	11.7
MgO	1.33	0.39	1.21	2.02	0.85	1.28.
Na ₂ O	0.38	1.99	0.50	1.25	1.50	0.87
K ₂ O	2.64	3.40	2.10	2.44	3.88	2.50

2. 습지별 습지 발달 환경의 비교

표 6은 습지 발달 환경에 따른 지역별 습지 비교를 다룬 것이다. 고양시의 고봉산, 안산시의 칠보산, 성남시 대장동, 안성시 서운산, 의왕시 청계산, 가평군의 운두산 지역이다. 연구 대상 지역이 지질상으로 모두 운모류의 성분 특히 흑운모의 성분이 많이 포함되어 있었다. 운모류의 성분들은 풍화에 약한 조암광물이다. 이는 운모류의 심층 풍화와 산지의 개석과정에서 습지는 경사가 완만한 지역에 형성된 것이다.

본 연구의 습지 분류는 지표의 기복을 고려하여 위치에 따라 대분류하였다. 지형 형성 영역에 따른 지형면이 중분류의 기준이 된다. 습지를 형성하는 수문환경은 습지의 소분류 기준이다. 이러한 분류 기준에 따라 크게 산지 습지와 하천관련 습지로 구분하였다. 산지습지는 다시 사면형 습지와 분지형 습지로 구분하였다. 다시 이들을 각각 I·II·III으로 세분하였다. 본 연구에서도 6개의 산지 습지를 분류해 보면 다음과 같다. 고봉산 습지는 분지형 습지이다. 이에 비하여 칠보산 습지, 서운산 습지, 대장동 습지, 청계산 습지 그리고 운두산 습지는 사면형 습지로 분류된다. 이들 습지가 위치한 고도는 산지에 따라 각 각 다르다. 그러나, 일반적으로 경사변환점 하단부에 발달한다. 다만, 운두산 습지의 경우는 9부 능선에 습지가 발달하고 있다. 미지형적 관점에서 운두산 습지 또한 다소 완만한 곳에 습지가 형성되어 습지 형성에 무리가 없고 함수가 가능한 곳이다. 습지가 일반적으로 경사변환점 하단부에 위치하는 까닭은 급경사에서 완경사로 변화되면서 지하수의 삼출이 일어나 습지에 물을 공급하는 수원으로서의 역할을 하기 때문이다. 습지에서 배출되는 물은 하천을 이루는 경우가 일반적이며, 포상류로 흐르는 경우도 많다. 포상류로 흘러 배출되는 경우는 급경사에서 잘 나타난다. 이에 비하여 완경사의 경우는 지하로 다시 재충전되었다.

토양상으로는 표토층 및 심토층을 막론하고 사질양토가 가장 많이 분포하고 있었다. 미립 및 세립 물질의 비율이 10.20~30 정도로 포함하고 모래가 30~60 정도로 대체로 모래가 많은 편에 속하나 고봉산 및 청계산의 경우는 심토층에 미사질양토가 발달하기도 하였다. 그러나, 평균 입도로 볼 때 6개의 습지의 각 층들에서 세사(細沙)가 분포하고 있어 토양의 균질성이 높다. 이는 토양 입자간의 모세관수를 약 10~45cm 정도 끌어 올리는 효과가 있으며, 습지 발달에 좋은 조건을 제공한다. 표토에서 심토로 갈수록 세립 및 미립자의 비율은 증가한다. 이는 용탈층의 실트 및 점토가 집적층으로 집적되는 현상과 동시에 점토화 작용이 반영되고 있음을 나타내는 것이다. 점토화 작용은 양이온 치환을 통해 나타나며, 그 배경으로서 심층풍화가 잘 발달하여 기반암이 토양 모재로서의 기능이 충분한 경우에 가능하다. 일반적으로 장석과 운모류는 심층풍화로 인한 화학적 변화 즉, 양이온 치환의 용량이 크게 나타난다. 이는 토양의 화학적 성분 분석을 통하여 알 수 있다.

양이온 치환용량의 경우 청계산이 가장 낮아 8.49이며, 칠보산은 9.11을 나타낸다. 서운산 13.5, 고봉산 15.3, 대장동 15.5을 나타내며, 운두산이 33.4를 나타내 양이온 치환용량이 가장 많은 것으로 나타났다. 유기물의 양과 Al_2O_3 의 양을 비교해봄으로써 알 수 있다. MgO , K_2O , Na_2O 가 Al_2O_3 로 치환됨으로써 그 비율이 증가한다. MgO , K_2O , Na_2O 의 비율은 제한적으로 운모와 장석류를 구분하는 기준이 된다. 운모의 경우는 MgO , Na_2O 의 비율이 높으며, 장석류는 그에 비해 상대적으로 K_2O 의 비율이

높게 나타난다. 이런 사실로 볼 때 대체로 운모류가 심층풍화되어 점토화되고 있음을 알 수 있다. 연구 지역의 습지 토양 분석을 통해 점토 대비 유기물의 양을 비교해 보면 서운산을 제외하고는 무기 토양이 형성되어 있다.

일반적으로 연구지역의 6개 지역은 비슷한 과정을 통하여 습지로 발달하였고, 영구습지로 자리 잡았다. 그러나, 운두산의 경우는 계절적이면서 일시적으로 나타나는 습지에 해당된다. 습지가 연중 침수되어 있는 것이 아니며, 삼출이 일어나면서 삼출지 주변의 토양에 포화도가 높아지면서 습지 식생이 서식하고 있기 때문이다. 또한 억새군락에서는 목본류가 함께 자라고 있어 습지에서 육화되는 단계를 겪고 있는 습지라 할 수 있다. 토색으로 보아 회색의 혐기성토양이 나타나지 않고 있다. 이는 침수 조건을 만족시키지 못하기 때문이다. 그러나 삼출지가 대상으로 많이 발생함에 따라 포화도가 높은 토양이 넓게 분포하기 때문에 습지가 형성된 것으로 사료된다.

3. 산지습지의 발달과정

산지에 발달하는 습지 또한 습지 발달 환경의 특성-지형, 수문, 식생, 토양 등의 특성을 갖추고 있다. 다만, 산지라는 특성으로 보아 수원은 어디에서부터 시작되는가를 고려해야 한다. 일반적으로 평지에 발달하는 내륙습지의 경우는 물론 지하수면의 노출을 바탕으로 하지만, 그 보다 지형적으로 명확한 형성과정의 설명이 가능하다. 예를 들어 하천의 범람에 의해 습지가 발달한 경우, 하천의 구하도가 습지로 발달한 경우, 큰 호수변이나 하천변에 발달한 경우, 수괴의 수심이 얕은 곳에 물의 흐름이 그다지 크지 않은 하상에 발달한 경우 등 형성 과정이 다양하고 명확하다. 이에 비하여 산지 습지의 성인은 일반적으로 사면에서의 지하수면의 노출과 더불어 기반암과 토양층의 풍화 및 불투수층 혹은 난투수층의 존재 등으로 설명될 수 있다.

모든 지형의 기초를 제공하는 것은 지질이다. 지질은 기반암, 구조선, 지사 등의 요인으로 지형 형성에 근본을 제공한다. 습지는 일반적으로 불(난)투수층의 성격을 갖는 지질 혹은 토양층에서 형성된다. 불(난)투수층 위를 흐르는 지하수가 지표로 유출(삼출 또는 용출)되는 과정에서 함몰지가 형성되거나, 불(난)투수층의 사면 위를 지하수가 지속적으로 지표가까이 흘러갈 때 사면에 영구적인 혹은 일시적인 습지가 형성된다. 산지에서의 영구적 습지는 지하수의 지표유출(삼출 또는 용출) 지점에서 시작되는 경우가 많으며, 지표유출지점의 두부침식으로 인하여 상류 쪽에 형성되는 경우가 많다. 이 때 유출의 형태는 일반적으로 경사가 매우 완만하고 함몰지가 형성된 곳에서는 골(洗流)를 형성하는 경우가 대부분이며, 때로는 세류(1차류)와 함께 토양수의 형태(포상홍수)로 흘러가는 경우가 많다.

표 6. 습지별 발달 환경 비교

지역	고봉산	칠보산	서운산	대장동	청계산	운두산
지질환경	· 호상편마암	· 복운모 화강암 · 백운모의 심층 풍화 활발	· 편마상복운모화강암 · 심층풍화가 활발 · 호상편마암과의 접촉부 백운모 증가	· 흑운모호상편마암 · 노두면 풍화진전	· 흑운모호상편마암	· 우백질 장석 흑운모호상편마암 · 백운모 장석 편암 · 편암 · 녹니석편암, 건운모 편암, 흑운모편암
지형환경	· 습지의 위치 -고도 25~45m -경사변환점 -능선 사이 (분지형) · 침식형태 하식	· 습지의 위치 -고도 40~80m -경사변환점 -산록사면 해체 삭박면에 발달 (사면형) · 침식형태 포상류	· 습지의 위치 -산록사면 -고도 280~300m -완만한경사변환점 (사면형) · 침식형태 포상류 하식, · 두부침식	· 습지의 위치 -고도 150~200m -경사변환점 -7부능선의 안부 (사면형) · 침식형태 사면포상류(식생풍부)	· 습지의 위치 -고도 120~130m -경사변환점 (사면형) · 침식형태 포상류(식생풍부)	· 습지의 위치 -고도 500~650m -9부능선사면 (사면형) blockstream · 침식형태 포상류 하식, · 두부침식
수문환경	· 삼출지역 형성 (습지바닥, 용출 형태) · 지하수공급우세 · 지표수유입(1) · 유출(1) 인위적 배출구 · 영양성분 낮음	· 삼출지역 형성 (사면절개부) · 지하수공급우세 (높은지하수면) · 지표수유입-우천 시포상류형태 · 유출 지하수 · N/P, COD 높음	· 삼출지역 형성 · 지하수공급우세 · 지표수유입-우천 시포상류, 하부습지는 상부의 1차류 유입 · 유출 지하수, 1차류, 포상류 · 영양성분 낮음	· 삼출지역형성 (사면절개부) · 지하수공급우세 · 지표수유입 우천 시포상류 · 유출 인위적배출 지하수 · 영양성분 낮음	· 삼출지역형성 (사면절개부) · 지하수공급우세 -버퍼지역 넓음 · 지표수유입 우천 시포상류 · 유출 인위적배출, 지하수 · N/P, COD 높음	· 삼출지역형성 -1차류의 형성으로 두부침식활발 · 지하수공급우세 · 지표수유입 우천 시포상류 · 유출 1차류, 포상류 · N/P, COD 높음
농업	· 일부 목논 흔적이 있음	· 목논 흔적이 있음	· 하부 목논	· 목논	· 목논	· 관계없음
토양환경	· 표토 사질양토 ↓ 미사질양토 심토 미사질양토 · 토양성분분석 -CEC 다소높음 -Al ₂ O ₃ 다소높음 -유기물비교적높음 -pH 산성	· 표토 사질양토 ↓ 양토 심토 미사질양토 · 토양성분분석 -CEC 다소낮음 -Al ₂ O ₃ 다소높음 -유기물비교적낮음 -pH 강한산성	· 표토 양질사토 ↓ 사질양토 심토 사질양토 · 토양성분분석 -CEC 다소높음 -Al ₂ O ₃ 다소높음 -유기물비교적높음 -pH 강한산성	· 표토 사질양토 ↓ 양질사토 심토 사질양토 · 토양성분분석 -CEC 다소높음 -Al ₂ O ₃ 다소높음 -유기물비교적높음 -pH 강한산성	· 표토 사질양토 ↓ 양질사토 심토 사질양토 · 토양성분분석 -CEC 낮음 -Al ₂ O ₃ 다소높음 -유기물비교적낮음 -pH 산성	· 표토 사질양토 ↓ 사질양토 심토 사질양토 · 토양성분분석 -CEC 매우높음 -Al ₂ O ₃ 다소높음 -유기물매우높음 -pH 강한산성

표 7 산지습지의 발달 환경

습지유형	영구습지	일시적습지	습지형성불가능
지 질	불(난)투수층	불(난)투수층	투수층
지 형	함몰지, 사면(완)	사면(완, 급)	관계없음
경사도	완만함 식생이 토양층 고정	완만하거나, 식생이 토양층 고정	
수 원	지하수, 지표수, 강수	지하수, 지표수, 강수	관계없음
지하수의 지표유출	삼출 용출	삼출 지표가까이 지하수면형성	없음
물의 흐름 (outlet)	유수형성 포상홍수류	포상홍수류 지하로 스며듦	관계없음

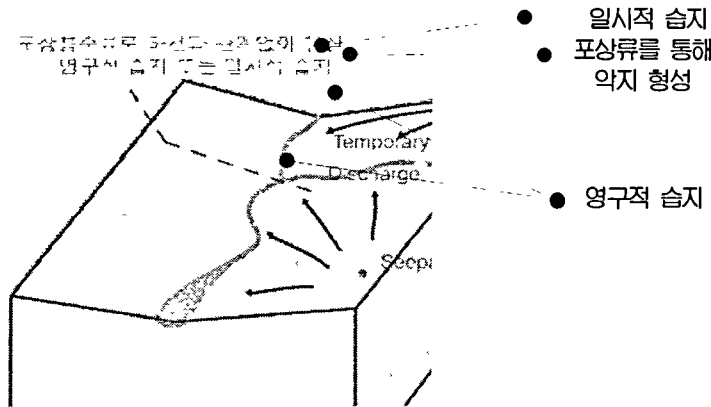


그림 3. 산지 습지의 발달 모식도

이에 비하여 일시적인 습지는 우기 혹은 증발량이 적은 경우 지표 가까이 형성되는 지하수의 흐름에 영향을 받아 형성되는 경우가 많아 포상홍수성으로 흘러내리므로 1차류를 형성하지는 못하고 지표상에 유입구와 유출구가 명확하게 나타나지 않는 것이 특징이다.

표 7은 산지에서의 습지 발달 환경과 그 과정을 재정리 한 것이다. 그림 3은 습지 발달 과정을 그림으로 정리하였다.

습지가 형성되는데 있어 지질적으로 가장 중요한 요소는 불투수층 혹은 난투수층이 발달해야 한다. 이는 기반암에서 유래되는 모재의 발달과 관련이 깊다. 본 연구를 통하여 운모류는 그 역할을 충분히 하고 있음을 알 수 있다. 지질적 요소와 더불어 경사급변점의 하단부에 함몰지가 형성되면 영구습지가 형성되는데 가장 좋은 조건을 제시할 수 있다. 그러나, 경사의 완급을 떠나서 함몰지가 형성되지 않더라도 난투수층이 형성되면 습지는 영구적으로 혹은 일시적으로 형성될 수 있다. 이 조

건을 만족시키는 것은 토양이다. 침식이나 퇴적이 일어난 지역에서 습지 규모를 떠나 토양에 세립 및 미립물질이 난투수층을 이루게 되면 습지수를 저류하는데 있어 큰 영향을 주게 된다. 일반적으로 습지가 완만한 곳이나 경사가 급한 지점에서 발생한다면 습지수의 기원은 지하수의 유출을 들 수 있다. 강수를 통해 습지가 형성되는 고층습원도 있으나, 고층 습원 또한 발생은 지하수에서부터 기원한다고 할 수 있다. 그러므로, 삼출이나 용출과 같은 지하수의 지표유출은 습지 형성에 매우 중요한 조건이 된다. 이렇게 형성된 습지에서의 습지수는 유수를 형성하면서 배출되거나 포상류로 흘러 지하로 스며드는 경우가 많다. 그러나, 일시적으로 형성되는 습지의 경우는 유수를 형성하기에 물의 양이 적으므로 포상류로 흘러 지하로 재충전되는 경우가 많음을 알 수 있다.

IV. 결론

경기도 내의 산지에 발달한 소규모 습지의 형태적 특성과 그 발달과정을 구명하기 위하여 습지 발달 환경을 수문학적 관점으로 연구하였다. 습지 발달 환경은 지질, 지형, 수문과 수질, 토양(토성 및 토양 성분적 특징)으로 설정하였다. 이는 생태계 형성 환경이며, 곧 지리적 관점의 환경이기 때문이다. 본 연구는 경기도 내의 6개 산지-고양시 고봉산, 안산시 칠보산, 성남시 대장동, 안성시 서운산, 의왕시 청계산, 가평군 운두산-를 정하여 소규모 습지를 관찰·분석하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지질적으로 운모 성분(특히 흑운모)이 많이 분포하는 지역에 습지는 발달한다. 이는 토양의 성분 분석상 MgO와 K₂O의 비율이 다소 높게 나타나는 사실로 알 수 있다.
2. 습지 분류의 기준은 위치-지표의 기복, 지형 형성의 영력-지형면, 수문-습지수의 유입과 유출의 유형에 따라 산지습지, 하천관련습지로 크게 분류할 수 있다. 이를 세분하면, 산지습지에 사면형 습지(I, II, III)와 분지형 습지(I, II, III)로 구분하였다. 하천관련습지는 하천형 습지(I, II, III), 호소형 습지, 소택형 습지(I, II, III)로 구분하였으며, 소택형 습지Ⅳ를 독립적으로 분류하였다.
3. 산지습지는 지형적으로 산지에서 평야로 발달되는 경사변환점에 분포하는 경우가 많다. 산지가 해체되는 과정에서 오랜 기간 동안 삭박을 받으면서 경사변환점이 형성되는데, 자연적이든, 인위적이든 사면이 절개되어 지하수면이 드러나게 되고 삼출을 통해 지하수는 지표로 유출된다. 이러한 과정에서 습지가 형성 된다
4. 산지습지는 지형적으로 보아 사면형 습지와 분지형 습지로 분류가 가능하다. 침식 활동이 활발한 산지 사면에 발달할 수도 있고(사면형 습지), 습지를 둘러싸고 있는 3개의 능선과 한 면이 트인 지형에서 형성되는 분지형태에서도 발달할 수 있다(분지형 습지).
5. 사면형 습지이거나 분지형 습지이거나 습지 수원은 지하수이고, 모든 곳에서 삼출이 나타난다. 또한, 삼출에 의해 형성된 습지는 하천의 영향과는 무관하게 발달하는 경향이 있다.
6. 습지수의 유출 형태로 볼 때, 사면형의 습지는 포상류의 형태로, 분지형의 습지는 1차소류의 형

태로 지표수가 형성하는 경우가 많다. 또는 지하수로 재충전되기도 한다.

7. 습지의 수질은 대체로 부영양화 상태를 나타낸다.

8. 습지 토양의 토성은 사질양토인 경우가 많고, 평균입도는 세사~중사가 위주이며 토립자의 균일성이 뚜렷하다.

9. 습지수의 CEC는 지역에 따라 달리 나타난다. Al₂O₃의 값이 높은 것으로 보아 양이온의 치환이 꾸준히 이루어지고 있다.

10. 습지 토양의 pH 값이 낮은 산성토양을 이룬다.

11. 운두산을 제외한 모든 습지의 표면은 갈색과 같은 유기토가, 심토의 경우 회색토가 발달하였으며(혐기성 토양), 회색토 부분에는 Fe가 집적 산화된 반점이 나타난다.

12. 토성분석과 토양성분분석을 통해 지하수면이 높이 형성된 용탈층에는 점토성분이 존재하지 않으며, 점토 대비 유기물의 비율이 낮아 무기토양임을 알 수 있다.

주

* 위 논문은 문현숙의 박사논문에서 발췌하였음.

- 1) 상계서, pp. 19-36.
- 2) HGM 습지 분류체계(Brinson, 1993, 1995, A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands, US Army Corps of Engineers, pp. 5-12.
- 3) 권혁재, 1976, "낙동강 하류지의 배후습지성 호소", 지리학 제 14호, p. 6.
- 4) Wisconsin Dept. of Natural Resources, 2001, Wetland Restoration Handbook, p. 15.(함몰지, 낮은평지, 하천근접지를 습지의 지형적 특성으로 삼았다.) Brinson, Mark M., 1993, 1995, A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands, US Army Corps of Engineers, pp. 19-31. Shafer, Deborah J. & Yozzo, David J., 1998, National Guidebook for Application of Hydrogeomorphic Assessment to Tidal Fringe Wetlands, US Army Corps of Engineer, p. 3.(습지 형성 가능 지역을 조간대, 함몰지, 사면, 무기토양이 분포하는 평지, 유기토양이 분포하는 평지, 하천변, 호소변으로 구분하였다.)
- 5) Butzer, Karl W., 1976, Geomorphology from the Earth, Harper International Edition, p. 5.
- 6) Brinson, Mark M., 전계서, pp. 23-29.
- 7) 권혁재, 1997, 한국지리:총론편, 범문사, p. 77., 장세원 외 8, 서해연안역 현생지질 및 육상습지 연구, 한국지질자원연구원, p.5., 김귀곤, 2003, 전계서, p. 77. D.Komatin, 2001, "Basins of the natural river engineering.", Geomorphology and Environmental Impact Assessment, A.A.Balkema Publishers, pp. 93-109.
- 8) 본 연구에서는 분지형으로 분류하고자 한다. 구홍교(2001)는 왕동재 습지는 4개의 봉우리로 둘러싸여 있는 분지 지형에 발달한다고 하였으며, 박근재(1998)와 손명원(2004)은 무제치늪은 완만한 경사의 소규모 분지 형태 지형에서 발달한다고 하였다.
- 9) 강상준, 1998, 대암산 용늪 복원 타당성 조사연구(2차년도), 환경부, p. 24.
- 10) 본 연구에서는 사면형으로 분류하고자 한다.