

# 대암산 용늪 지하수의 pH, 전기전도도, 수온 분포 특성\*

박 중 관\*\*

## Characteristics of pH, Electric Conductivity and Water Temperature of Groundwater in Yongnup, Daeam-san\*

Jong-Kwan Park\*\*

**요약** : 본고는 강원도 양구군 대암산 정상부(1,280m)에 위치한 우리나라 대표적 고층습원인 용늪의 늘 환경을 유지시키기 위해 실시된 지하수 수질 기초조사 결과이다. 용늪의 지하수 수질 특성을 파악하기 위하여 지하수온과 pH, 전기전도도의 변화값이 2000년 7월부터 12월까지 6개월에 걸쳐 29개소의 관측점에서 조사되었다. 용늪의 건조화가 진행되고 있는 지점의 수질 값은 다른 지점과 비교할 때 수질항목별 각월의 일정한 분포 범위를 벗어나고 있는 특성을 보인다. 용늪내 월별 지하수온은 매월 평균수온과 비교할 때 대개 2°C 정도의 편차를 보이고 있으며, 용늪의 지하수위가 높아질수록 지하수온도 증가하는 패턴을 보인다. 용늪 지하수의 pH는 대개 5.0에서 6.0 사이의 값을 갖고 있으나 국지적으로는 4.0 미만의 강산성을 띠고 있는 경우도 있다. 나지에서 측정된 지하수 pH 값은 다른 지점의 pH 값보다 높게 나타나고 있다. 용늪의 전기전도도값은 지하수위가 높을수록 증가하는 경향을 보인다. 그러나, 지하수의 전기전도도값은 지표수의 전기전도도값과 계절별로 서로 다른 변화를 갖는다. 용늪내 지하수의 pH와 전기전도도간에는 정비례 관계를 갖고 있으며, 수온과 pH, 수온과 전기전도도는 각각 계절별로 일정한 범위내의 값을 갖는 것으로 조사되었다.

**주요어** : 용늪, 지하수면, 지하수 수질, 지하수온, pH, 전기전도도

**Abstract** : The basic data of groundwater quality such as water temperature, pH and electric conductivity were collected for 6 months from July to December 2000 in *Yongnup*. The results are as follows; the values of groundwater quality at the unsaturated points were beyond the distribution range when compared with those at fully saturated points. Temperature of groundwater in *Yongnup* increased with the rising of watertable. The values of pH were usually measured between 5.0 and 6.0, but sometimes those of lower than 4.0 were indicated. The value measured at unvegetated ground was higher than that at covered area. Also, the electric conductivity increased with the rising of watertable. The values of water quality between groundwater and surface water were quite different from each other and varied with seasonal change. The measured values of pH and electric conductivity had a proportional relationship.

**Key Words** : *Yongnup*, watertable, groundwater quality, groundwater temperature, pH, electric conductivity

### 1. 서론

강원도 인제군에 위치한 대암산(1,304m) 정상의 해발고도 1,280m 부근에 위치한 용늪은 국내에서는 보기 드문 고층습원이다. 1970년대 초까지만 하더라도 용늪은 고층습원의 특성이 잘 갖추어진 상

태였으나, 1977년 11월 17일 군부대에 의한 용늪 중앙부의 스케이트장(장경 100m, 단경 40m) 조성은 링크내 이탄층을 제거해 기반암이 노출되는 등 용늪의 물환경을 크게 파괴하였다.

용늪은 습원생태계의 연구를 위한 최상의 조사 지역으로서 오래전부터 이영로(1969), 강상준(1970,

\* 본 연구는 2000년 환경부 용늪 복원 조사사업의 일환으로 진행된 것으로 현대건설(주)의 의뢰로 이루어진 것임. 한편, 본 논문은 2001년 춘계 한국지형학회에서 발표된 내용을 일부 수정하였음.

\*\* 건국대학교 자연과학부 지리학전공, 교수(Professor, Department of Geography, Konkuk University), jkpark@konkuk.ac.kr

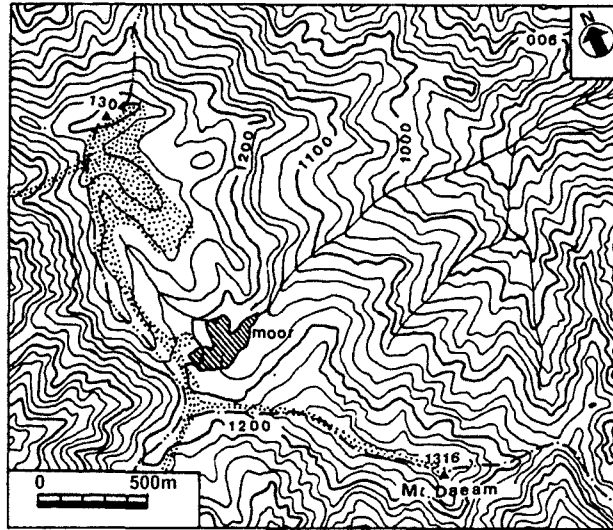


그림 1. 대암산 정상부의 용늪과 나대지 분포(환경부, 1997)

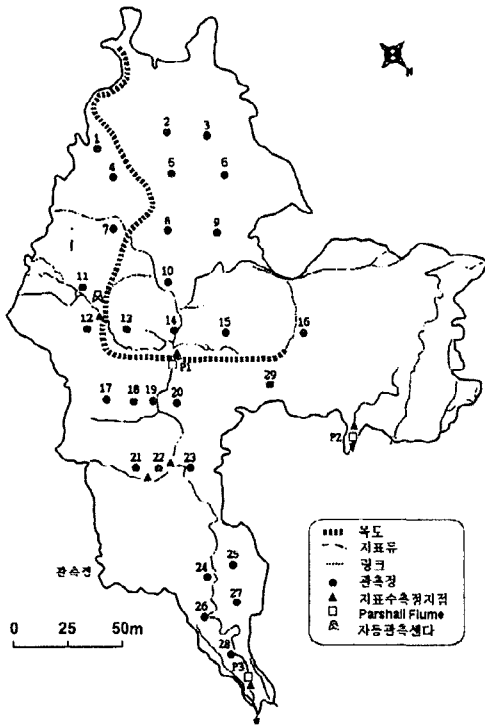


그림 2. 용늪의 조사지점 위치도

1976, 1987, 1988), 박봉규(1973), 환경청(1988), 최기룡·고재기(1989) 등에 의해 많은 연구가 진행되었다. 1968년 비무장지대 인접지역에 대한 종합학

술조사를 계기로 대암산 용늪이 학계에 처음 알려진 이후 용늪 연구는 고층습원내 식생에 관한 식물학적 조사가 주류를 이루고 있다.

그러나, 늪 환경 훼손에 따른 용늪 환경의 생사여부가 본격적으로 논의되기 시작한 1990년대 후반에 들어오면서 정부(환경부, 1997, 1998)는 용늪의 늪 환경을 유지, 발전시켜 나가기 위한 방안을 마련하기 시작하였다. 박종관(2001)에 의한 국내 최초의 용늪 수문환경 연구는 용늪의 최상단부와 중하단부의 지하수위가 용늪내 다른 지점보다 크게 낮아 용늪이 더 이상 포화상태가 아님을 분명히 밝히고 있다. 즉, 이는 용늪 내부에 부분적으로 건조화 현상이 진행되고 있음을 의미한다.

본 논문은 박종관(2001)의 속편으로서 용늪내 지하수의 pH, 전기전도도, 수온 등의 측정 자료를 바탕으로 용늪의 지하수 수질 특성을 파악하려 한 것이다. 본 연구지역의 위치도 및 지하수질 조사지점은 그림 1, 2와 같다. 기타 상세한 지역개관에 대해서는 전편(박종관, 2001)을 참고 바란다.

## 2. 조사 방법

용늪의 지하수위와 그 수질과의 상관관계를 조사하기 위해 용늪내 설계된 29개소의 지하수 관측

정(그림 2)에서 지하수위 및 수온, 전기전도도, pH 값을 월 1회 측정하였다. 지하수위의 수동 측정(24 개소)을 위해 직경 5.6cm, 길이 1m의 PVC 파이프를 관측점으로 사용하였다. 지하수의 원활한 집수를 위해 파이프 밑 15cm까지 스트레너를 만들었으며, 스크린을 씌워 이탄층내 식생과 유기물들이 피에조미터로 들어가지 않도록 조치하였다. 피에조미터에는 빗물이 직접 들어가지 않도록 뚜껑을 부착했다.

관측기간은 2000년 7월부터 12월까지로 하였다. 관측기계로는 지하수위 측정을 위해 일본 TAJIMA사의 PL-50형 지하수위계를 사용하였으며, 지하수온과 pH는 TOA의 HM-12P, 전기전도도는 TOA의 CM-14P를 각각 사용하였다.

### 3. 관측 결과

#### 1) 지하수 수온 변화

그림 3은 관측일의 용늪내 지하수의 수온 분포를 나타낸 것이다. 7월에서 12월까지의 지하수온은 1.7~16.9°C의 분포를 나타낸다. 용늪의 지하수온은 8월 5일에 관측된 값이 전체적으로 높게 나타나고 있으며, 7월과 9월 관측일이 10°C에서 12°C사이로 비슷한 분포를 보인다. 10월 21일의 수온은 8°C를 전후한 값을 나타내며, 12월의 수온은 2°C에서 4°C의 분포를 보여 해발고도 1,300m 지점의 12월이라는 계절적 조건에도 불구하고 따뜻한 지하수 수온

을 보이고 있는 것으로 나타났다.

우선 7월 6일에 측정된 관측점의 평균 지하수온은 11.5°C를 기록하였다. 관측지점별로는 링크내 나지에 위치한 13번 관측점이 16.7°C로 제일 높게 나타났는데 이는 평균수온보다 5°C 이상 높은 것이다. 또 과거 형성된 스키이트장 내부에 위치한 10번 관측점의 수온도 14.6°C로 높게 나타났는데 이들은 지하수위가 비교적 지표면에 가까운 관측점들이었다. 한편, 8번과 4번 지점의 지하수온이 각각 8.3°C, 8.4°C로 평균수온보다 약 3°C 낮게 조사되었다. 특히, 8번 관측점이 위치한 지점은 지하수위가 가장 높은 곳이지만 수온이 낮게 나타났는데 이는 주변 산사면 내부로부터의 저온의 지하수위 흐름이 있는 것으로 생각된다.

2000년 8월 5일에 측정된 평균 지하수온은 14.2°C를 기록하였다. 지점별 지하수온의 특징은 2번, 5번, 16번, 18번 지점이 각각 16.3°C, 16.4°C, 16.9°C, 16.4°C로 높게 관측되었으며, 20번 지점의 수온이 11.5°C로 제일 낮게 나타났다. 이날의 전체적인 지하수온 분포의 특징은 용늪 상단부와 중앙부에서 수온의 편차는 크게 나타나고 있는 반면, 하단부에서는 적은 지하수온 편차를 보이고 있다.

한편, 9월 17일에 측정된 용늪내 관측점의 평균 지하수온은 10.6°C로 14번, 15번, 20번 관측점의 수온을 제외하고는 모두 10°C 이상의 수온을 보이고 있는 특징을 나타낸다. 가장 높은 수온은 2번 지점의 11.8°C이었으며, 가장 낮은 곳은 14번 지점의 8.5°C로 관측되었다. 전체적으로 9월의 지하수온은 전월에 비해 아주 고른 분포를 보이고 있는데 이는

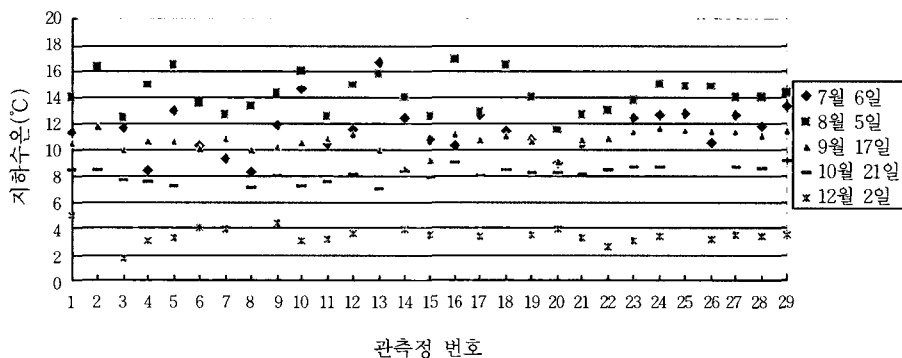


그림 3. 관측일에 측정된 용늪의 수온분포

전일에 통과한 태풍 사오마이(의 영향으로 내린 강수 때문으로 지표면의 포화된 표면수의 온도가 지하수온에 작용한 결과로 풀이된다.

2000년 10월 21일에 측정된 평균 지하수온은 8.1°C를 나타내고 있었으며, 가장 수온이 높았던 29번 지점(9.1°C)과 수온이 제일 낮은 8번(7.0°C)과의 차이가 2.1에 불과한 것으로 조사되었다. 전반적으로는 용늪의 상단부보다는 하단부로 갈수록 지하수온이 상승하고 있는 것으로 나타났다.

한편, 12월 2일에 측정된 용늪의 지하수온을 보면 전월에 비해 월등히 낮은 수온을 보이고 있는 것을 알 수 있는데 평균수온은 3.6°C로 조사되었다. 1번의 수온(5.0°C)이 제일 높게 나타났으며, 9번(4.3°C), 6번(4.0°C)의 순으로 수온이 높게 관측되었다. 반면, 3번 관측점의 수온(1.7°C)이 가장 낮게 나타났다. 12월의 계절적 요인에도 불구하고 지하수가 결빙되지 않고 있음은 아주 이례적인 일로 판단된다.

용늪내 지점별 지하수온의 변화 특징은 그리 뚜렷할 만한 계통성을 보이지 않고 있는 특징을 보인다. 다만 용늪 중앙부(8번, 10번 관측점 부근)의 지하수온이 대개 낮게 관측된 것으로 볼 때 그 부근에 저온의 지하수류의 흐름이 있으리라는 판단이 가능하다. 두꺼운 이탄층이 퇴적되어 있는 용늪이 지점별로 서로 다른 지하수온을 보이고 있다는 점은 흥미롭다. 한편 7, 8, 9월의 20번 관측점(용늪 중앙부에 위치)의 지하수온은 다른 관측점의 지하수온보다 낮게 조사되었다.

## 2) 지하수 pH 변화

그림 4는 관측일에 측정된 용늪의 pH 분포를 나타낸 것이다. pH값은 pH 3.62에서 pH 7.7사이의 값을 나타내고 있는데 대개 pH 5에서 pH 6사이의 값에서 변화를 보이고 있다. 관측점 2, 6, 14, 19, 25번 지점의 pH값은 측정월에 관계없이 일정한 분포를 보이고 있다. 한편, 12번 관측지점의 12월 pH값과 24번 지점의 8월 pH값의 경우 pH 4 이하의 강산성을 나타내고 있다.

7월 6일의 용늪 지하수의 평균 pH값은 pH 5.67을 나타내고 있다. 10번(6.48)과 13번(6.44) 관측점의 pH값이 제일 높게 나타났으며, 21번 관측점이 pH 4.87로 제일 낮게 나타났다. 4번과 11번, 24번, 29번 관측점의 pH값이 pH 5.0에서 pH 5.1의 분포를 보이고 있다. 지하수위가 높은 10번과 13번 관측점의 경우 pH도 높게 관측되고 있어 흥미롭다. 그러나, 지하수온과 마찬가지로 지하수위가 가장 높게 나타난 8번 관측점의 경우는 pH 5.63으로 오히려 낮게 관측되었다.

2000년 8월 5일의 용늪의 지하수의 평균 pH값은 pH 5.65였으며, 가장 높은 값은(13번 관측점) pH 6.87, 가장 낮은 값은(24번 관측점) pH 3.62로 각각 측정되었다. 21번 지점의 pH값은 pH 4.37로서 이날 관측값 중 두 번째로 낮은 값을 보였다. 또한 8번, 10번, 13번, 15번, 16번 지점에서 pH 6을 넘는 값들이 측정되었다. 8월의 pH 분포는 7월에 관측된 pH 분

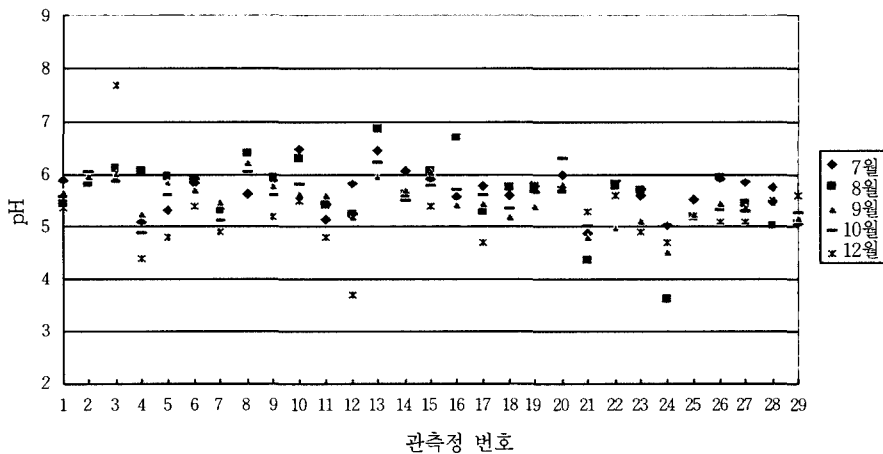


그림 4. 관측일에 측정된 용늪의 pH 분포

포보다 분산되어 있는 느낌을 주고 있지만 13번, 16번 그리고 21번과 24번을 제외할 경우 비교적 고른 분포를 보이고 있다.

9월 17일의 지하수 평균 pH값은 pH 5.5를 기록하며 전월과 비교해 일정한 값을 나타내고 있다. 지점별로는 24번이 pH 4.53으로 제일 낮은 값을 보이고 있으며, 8번이 pH 6.22로 제일 높은 값을 보이고 있다. 한편, 10월 21일 용늪의 평균 pH는 pH 5.58로서 전체적으로 5와 6사이의 값을 나타내고 있는데 20번(pH 6.3)과 13번(pH 6.23) 관측점의 pH값이 높게 조사된 반면, 4번 지점이 pH 4.88로 제일 낮게 측정되었다. 나지에 설치되어 있는 13번 지점의 pH값이 다른 달의 관측값과 같이 높게 나타나고 있는 것은 매우 흥미로운 일이다.

12월 2일에 관측된 용늪내 지하수의 평균 pH는 pH 5.22였으며 다른 달의 관측값과 비교해 0.4 정도 낮게 나타났다. 최고값은 3번 지점의 pH 7.7이었으며, 제일 낮은 값은 12번의 pH 3.7로 관측되었다. 12월 2일의 관측정별 pH값은 다른 달과 비교해 볼 때 그 편차가 크게 나타나고 있는 특징을 보인다. 특히, 3번 관측정은 평균값보다 2.5 정도 높은 수치를 나타내고 있었으며, 12번은 평균값보다 1.5 정도 낮게 측정되었다.

관측기간 동안에 가장 높은 pH값은 pH 7.7(3번 지점)이었으며, 가장 낮은 pH값은 pH 3.62(24번), pH 3.7(12번)로 조사되었다. 2번 지점은 다른 지점에 비해 대개 pH가 높게 측정되었으며 12번과 24

번 지점은 낮게 관측되었다.

그러나, 월별에 관계없이 대개 일정한 pH값을 보이고 있는 지점도 나타났는데 특히, 2번 관측점의 pH값은 거의 일정한 값을 갖고 있다. 3번의 경우도 12월 자료를 제외하고는 거의 일정한 값을 보인다.

### 3) 지하수 전기전도도 변화

전기전도도는 온도에 의해 그 값을 달리하는 변동성을 지니는 수질항목으로 여기서는 현장에서 측정된 전기전도도값을 25°C로 환산, 이를 서로 비교하였다. 그림 5는 관측일의 전기전도도값을 나타낸 것이다. 관측된 각월의 전기전도도값을 25°C로 환산한 평균 전기전도도값은 60 $\mu$ S/cm이다. 타월에 비해 12월의 전기전도도값은 9, 10월의 관측값보다 높게 관측되고 있다.

7월 6일에 측정된 용늪 지하수의 평균 전기전도도는 81.3 $\mu$ S/cm로 조사되었다. 6번 지점이 184 $\mu$ S/cm로 제일 높게 나타났으며, 23번 관측지점이 20 $\mu$ S/cm로 제일 낮게 조사되었다. 흥미로운 것은 수온과 pH와 마찬가지로(특히 pH)로 다른 지점의 값보다 링크내 나지(관측정 13번)의 전기전도도값(183 $\mu$ S/cm)이 높게 측정되고 있다는 점이다.

8월 5일의 용늪의 전기전도도 분포를 나타낸 것이다. 8월 5일의 평균 전기전도도는 63.5 $\mu$ S/cm으로서 7월 관측값보다도 약 20 $\mu$ S/cm 낮게 나타났다. 8월 관측치의 특징은 7월 관측값과 마찬가지로 6

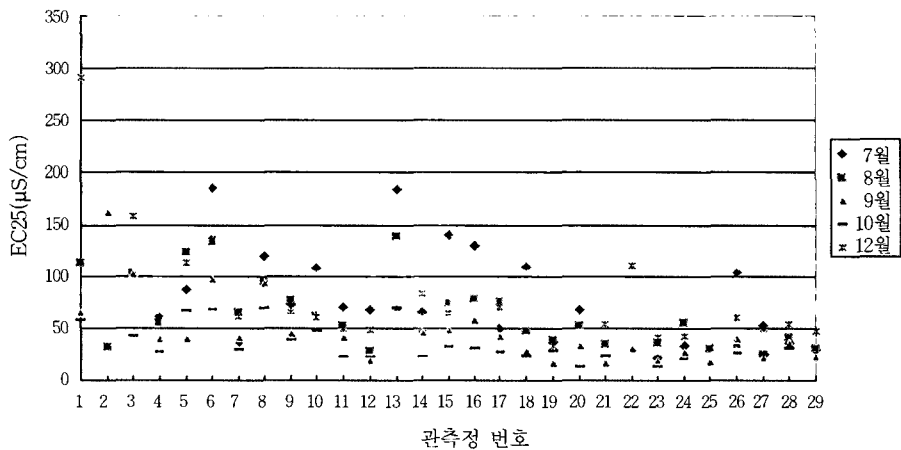


그림 5. 관측일에 측정된 용늪의 전기전도도 분포

번(133 $\mu$ S/cm)과 13번(137 $\mu$ S/cm) 지점의 관측값이 높게 나타났으며, 27번 지점(22 $\mu$ S/cm)이 가장 낮게 조사되었다는 점이다.

9월 관측일의 평균전기전도도는 47.5 $\mu$ S/cm로서 7월과 8월의 관측일에 비해 점차 낮아지는 경향을 보인다. 그림을 보면 상부에서 하부로 갈수록 전기전도도값이 낮아지는 경향이 흥미롭다. 9월의 17일의 전기전도도값은 2번 지점(162 $\mu$ S/cm)이 제일 높고 19번 지점(16.1 $\mu$ S/cm)이 제일 낮게 관측되었다. 전술한 바와 같이 여전히 13번 전기전도도값은 높게 나타나고 있다.

10월 21일에 관측된 전기전도도값의 분포를 보면 5번과 6번, 8번, 13번 지점의 전기전도도값이 높은 반면 20번과 23번 지점의 값이 낮게 측정되었다. 10월 21일 평균 전기전도도값은 전월보다 줄어 35.2 $\mu$ S/cm를 기록했다. 한편, 12월 2일에 측정된 전기전도도값을 보면 용늪 상부의 전기전도도(특히, 1번 지점 291 $\mu$ S/cm)가 매우 높은 값을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 12월 관측일의 평균전기전도도 역시 78.6 $\mu$ S/cm로 8월 관측일 평균값 다음으로 높게 나타난 것을 알 수 있다. 2번과 8번, 13번, 16번, 18번, 25번 관측정이 결빙되거나 지하수위가 없는 탓에 결측되고 있다. 22번 관측정의 전기전도도값이 110 $\mu$ S/cm로 높게 나타나고 있는 것이 흥미롭다.

이상의 5회에 걸친 전기전도도값의 변화를 토대

로 볼 때 1번과 6번, 13번 지점의 전기전도도값의 편차가 심하게 나타나고 있으며, 6, 13, 22, 26번 지점의 전기전도도값이 주변 지점의 값보다 비교적 높게 측정되었다. 이러한 지점별 전기전도도값이 크게 차이가 나는 것은 지하수의 흐름과 관측정 주변의 토층의 상태가 서로 상이하다는 것을 의미하는 것으로 사료되나 정확한 원인은 아직 알 수 없는 상태이다.

## 4. 고찰

### 1) 지하수위와 pH와의 관계

그림 6은 관측기간 동안에 수집된 지하수위와 그 때의 pH와의 관계를 그린 것이다. 이 그림을 보면 총 137개의 조사값 중 pH 5.0에서 6.0 사이의 값을 나타내는 것이 103개로 전체 중 75.2%를 차지하고 있어 3분의 2에 해당하는 관측정에서 계절에 관계없이 5에서 6 사이의 pH값을 갖는 것으로 나타났다. 또한 pH 5.0 미만은 전체의 10.9%에 해당하며(샘플수는 15개) 그 중 4.0 미만은 2개(pH 3.62, 3.70)에 불과했다. 그러나 이들 4.0 이하의 값들을 갖는 이유에 대해서는 늪지생태학적으로 분석되어야 할 것으로 사료된다. pH 6.0 이상으로는 19개(전체의 13.9%)로 조사되었는데 1개값만이 pH 7.7을 기

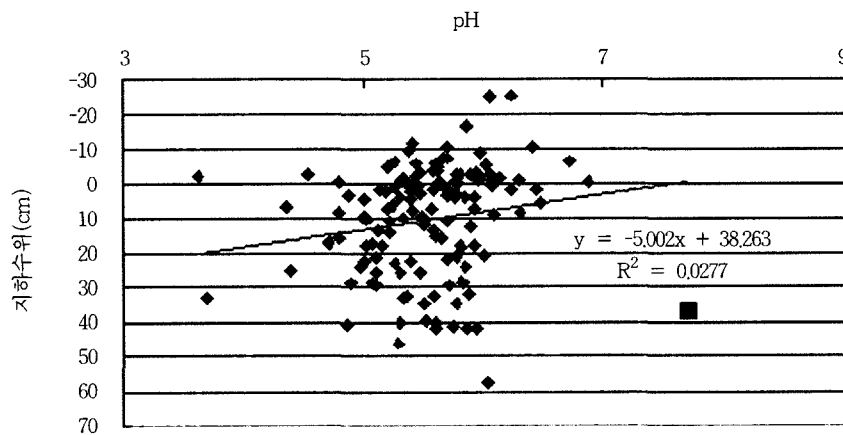


그림 6. 용늪내 지하수위와 pH와의 관계

(Y축의 마이너스 값은 지하수위가 지표면 위로 올라온 것을 의미함.)

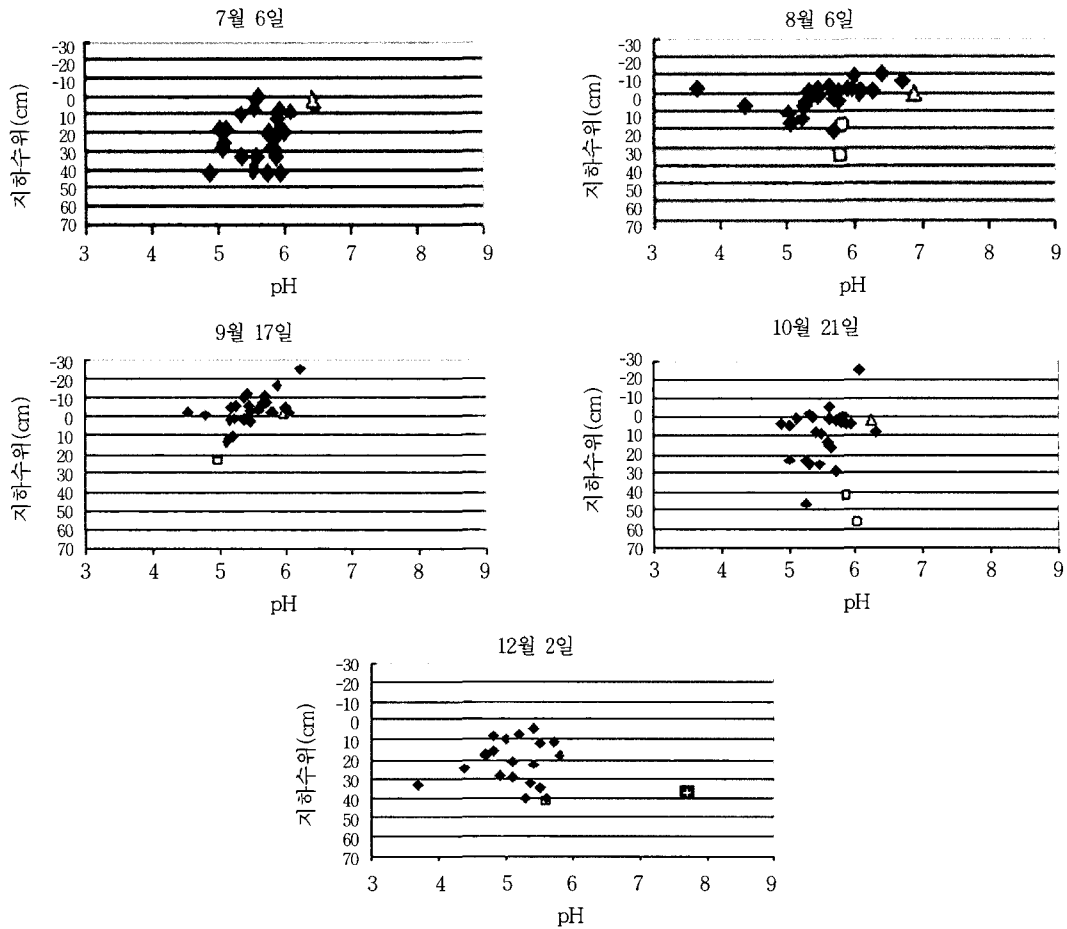


그림 7. 월별 지하수위와 pH와의 관계

(등그라미는 2번, 흰 마름모는 3번, 삼각형은 13번, 사각형은 22번 관측정을 표시함.)

특해 pH 7.0을 넘는 유일한 조사치로 기록되었다.

한편, 그림 6을 보면 동일한 pH값이라 할지라도 다양한 지하수위를 갖는 것으로 조사되었다. 이 그림을 보면 pH 값이 6.0보다 작아질수록 일정한 지하수위 분포를 나타내는 경향을 보였으나 이의 구체적 해석을 위해선 보다 많은 자료축적이 필요하다. 또한 전체적으로 지하수위가 깊어질수록 pH가 낮아지는 경향을 보이고 있으나(환경부(1998)의 조사보고서에도 지하수위가 깊어질수록 pH가 낮아지는 경향을 보이고 있다), 상관계수가 그리 높지 않은 것으로 미루어보아 크게 신뢰할 수 없는 형편이라 하겠다.

하지만 그림 7에서 지하수위와 pH간에 확실한

경향을 보이는 것은 지하수위가 지표면 10cm 이하의 위치할 경우 12월의 3번 관측정의 pH값 7.7(그림 6의 정사각형)을 제외하고는 pH 6을 넘는 값이 관측되지 않았다는 사실이다.

이러한 사실은 그림 7의 월별 지하수위와 pH간의 관계에서 더욱 확실하게 나타난다. 이 그림은 5개의 그래프를 X, Y의 스케일을 동일하게 해 표현한 것인데 각 관측일별로 계절적 특색을 나타내는 것으로 사료되어 흥미롭다. 7월과 9월의 관측값들은 거의 집중되어 물려있는 반면에 8월과 10월, 12월의 값들은 분산되어 있다.

이 그림을 보면 그림 6에서도 설명한 바와 같이 8월 5일의 관측값을 제외하고는 지하수위가 깊을

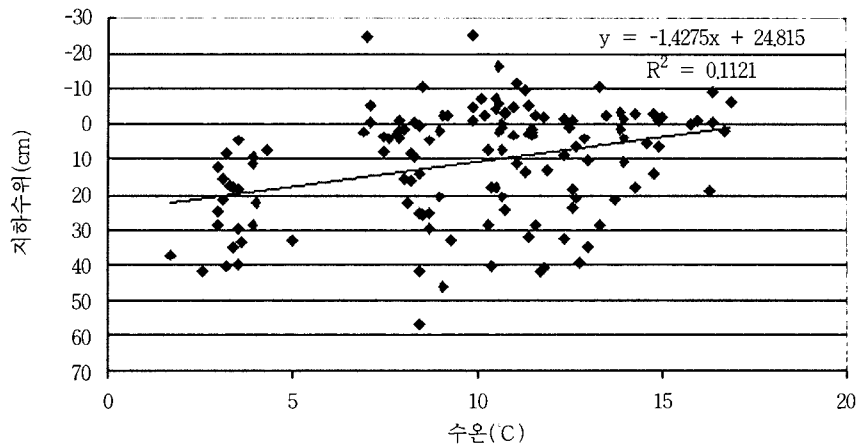


그림 8. 용늪내 지하수위와 수온과의 관계

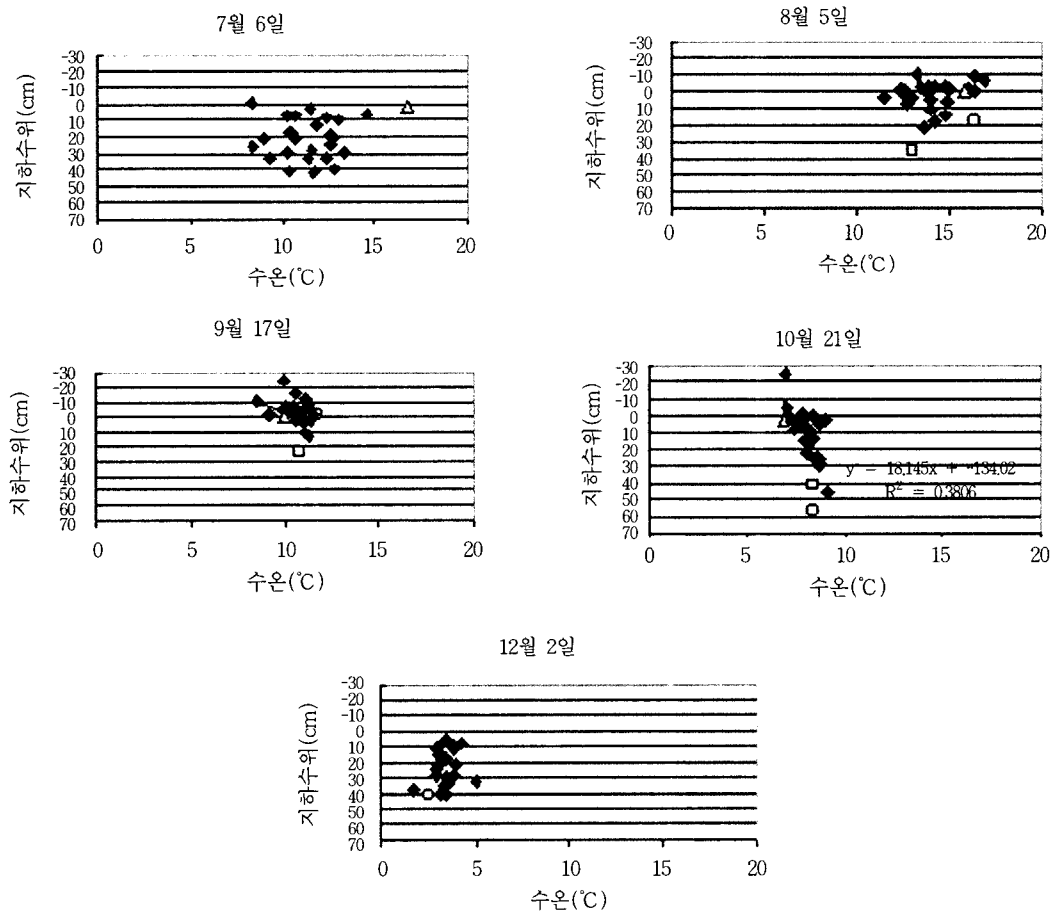


그림 9. 월별 용늪내 지하수위와 수온과의 관계  
(동그라미는 2번, 삼각형은 13번, 사각형은 22번 관측점을 표시함.)



경우 pH값이 pH 6.0보다 낮은 값을 갖는 경우가 대부분이라는 사실을 알 수 있다. 이러한 현상이 생기는 원인에 대해서는 생태학적 관점의 해석이 요구된다.

각 관측일별로 특이할 만한 사실은 그림 7과 같이 2번, 3번, 13번, 22번 관측점의 값들이 눈에 띄게 특징적인 값을 갖고 있다는 점이다. 용늪 상단부 중앙에 위치하고 있는 2번은 8월과 10월에서, 3번 관측점은 12월에서, 13번 관측점은 7, 8, 10월에서, 22번은 8, 9, 10월 그래프에서 전체 분포 범위의 경향을 벗어난 지점에 각각 위치하고 있다. 이들 관측점을 별도로 주목하고 있는 이유는 2번과 22번은 용늪내 지하수위가 극도로 낮은 곳에 위치하고 있기 때문이며, 그리고 13번은 나지에 위치한 관측점의 관측값이라는 점이다.

## 2) 지하수위와 수온과의 관계

그림 8은 지하수위와 수온과의 관계를 그린 것이다. 이 그림을 보면 지하수위의 값이 같을 경우라 하더라도 서로 다른 지하수위를 갖는다고 하는 사실이다. 전체적으로는 지하수위가 깊어짐에 따라 지하수온도 낮아지는 경향을 보이거나 상관계수가 0.34 정도밖에 되지 않아 큰 의미를 부여하기는 어려워 보인다. 특히, 계절에 따라 지하수온이 달라질 수 있음을 생각할 때 어떤 공통된 경향을 찾는다는 것은 무의미한 일일 수 있겠다.

그러나, 그림 9를 보면 관측일별의 그래프에서

양자간에 뚜렷한 관계를 보이고 있는 것으로 나타났다. 특히, 10월의 지하수위와 수온과의 경향을 보면 지하수위가 깊어질수록 지하수온이 올라가는 경향(상관계수 0.62)을 보이고 있다. 그 밖의 경우는 거의 일정한 부분에 값들이 집중 분포하고 있음을 알 수 있다. 7월의 13번 관측점 값과 8, 10월의 2번과 22번 관측점의 값들이 다른 값들과 큰 차이를 보이고 있는 것은 흥미롭다.

## 3) 지하수위와 전기전도도와의 관계

그림 10은 관측정별 지하수위와 25°C로 환산한 전기전도도 값과의 관계를 나타낸 것이다. 이 그림을 보면 지하수위의 깊이에 관계없이 다양한 전기전도도 값을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 전기전도도 값은 수온에 따라 서로 다른 값을 나타내고 있는 특성을 보이는 것으로 이러한 점을 고려할 때 단순한 지하수위 측정치와 전기전도도 값을 단순히 비교해서는 무리가 따른다고 생각된다. 따라서, 이러한 양자간의 관계를 관측일별로 나누어 그 관계를 살펴볼 필요가 있다(그림 11).

그림 11을 보면 12월 2일의 그래프를 제외하고는 지하수위가 높을수록 전기전도도 값도 증가하고 있는 것으로 나타났다. 특히, 7월과 10월의 경우는 상관관계도 비교적 높게 산출되었다.

전술한 바와 같이 2번, 13번, 22번 관측점의 지하수위와 전기전도도 값의 관계가 다른 지점보다 뚜렷한 경향을 보이고 있다. 특히, 12월의 경우(그림

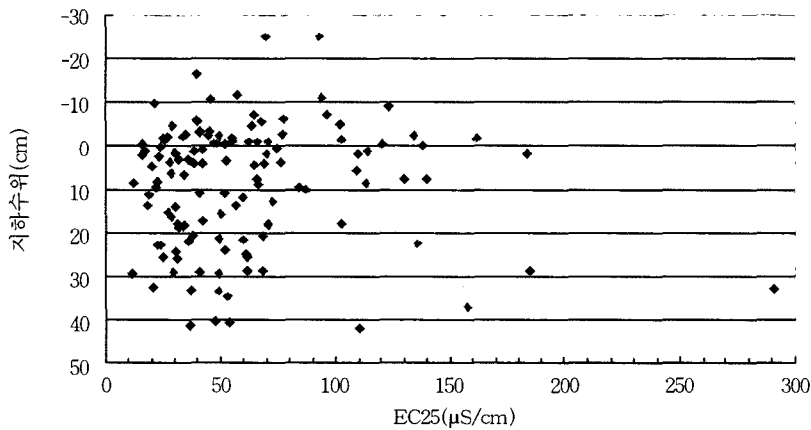


그림 10. 용늪내 지하수위와 전기전도도(25°C 환산)와의 관계

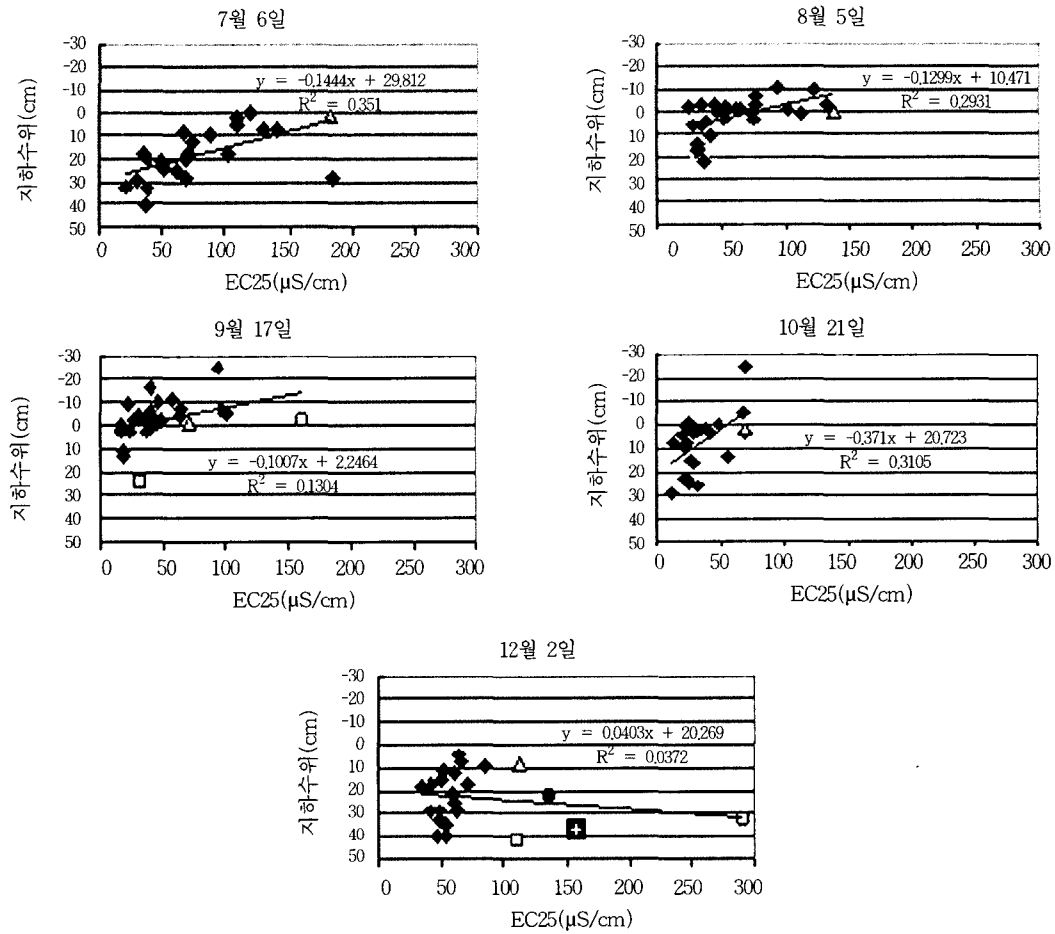


그림 11. 관측된 월별 지하수위와 전기전도도와의 관계  
(동그라미는 2번, 삼각형은 13번, 사각형은 22번 관측점을 표시함.)

11)는 용늪 상부의 관측정(흰 동그라미의 1번, 사각 열십자 모양의 3번, 삼각형의 5번, 까만 동그라미의 6번 관측정)과 22번(사각형)의 관측정 값이 아주 특이한 값을 나타내고 있는 점이 주목된다. 이는 사면내부에서의 체류시간이 긴 토양수의 공급 때문인 것으로 판단되나 그 정확한 원인을 알기 위해선 자료의 축적이 필요하다. 12월 2일의 경우도 이들의 특이한 점들을 제외하고는 다른 달의 양자간의 경향과 비슷한 공통점을 보이고 있는 것을 알 수 있다.

#### 4) 지하수 수온과 pH와의 관계

그림 12는 지하수온과 pH와의 관계를 나타낸

것이다. 이 그림을 보면 일반적으로 지하수온이 높을수록 pH도 높아지는 특성을 보인다. 계절적으로는 그림 13에서 알 수 있듯이 대개 pH 5와 6사이의 일정한 범위내의 분포를 보이고 있는 것이 특징이다. 그러나 8월 5일의 경우는 pH 5에서 7까지 넓게 분포되어 있어 다른 달에 비해 분산이 크게 나타나고 있다.

#### 5) 지하수 수온과 전기전도도와의 관계

그림 14는 지하수온과 실측된 전기전도도 값과의 관계를 표시한 것이다. 이 그래프를 보면 전기전도도 값을 기준으로 볼 때 다양한 수온을 보이고 있어 전혀 어떤 경향을 갖지 않고 있다.

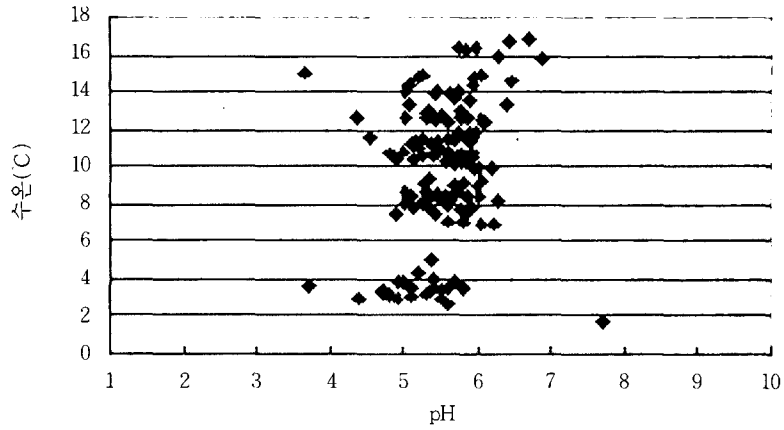


그림 12. 용늪내 지하수 수온과 pH와의 관계

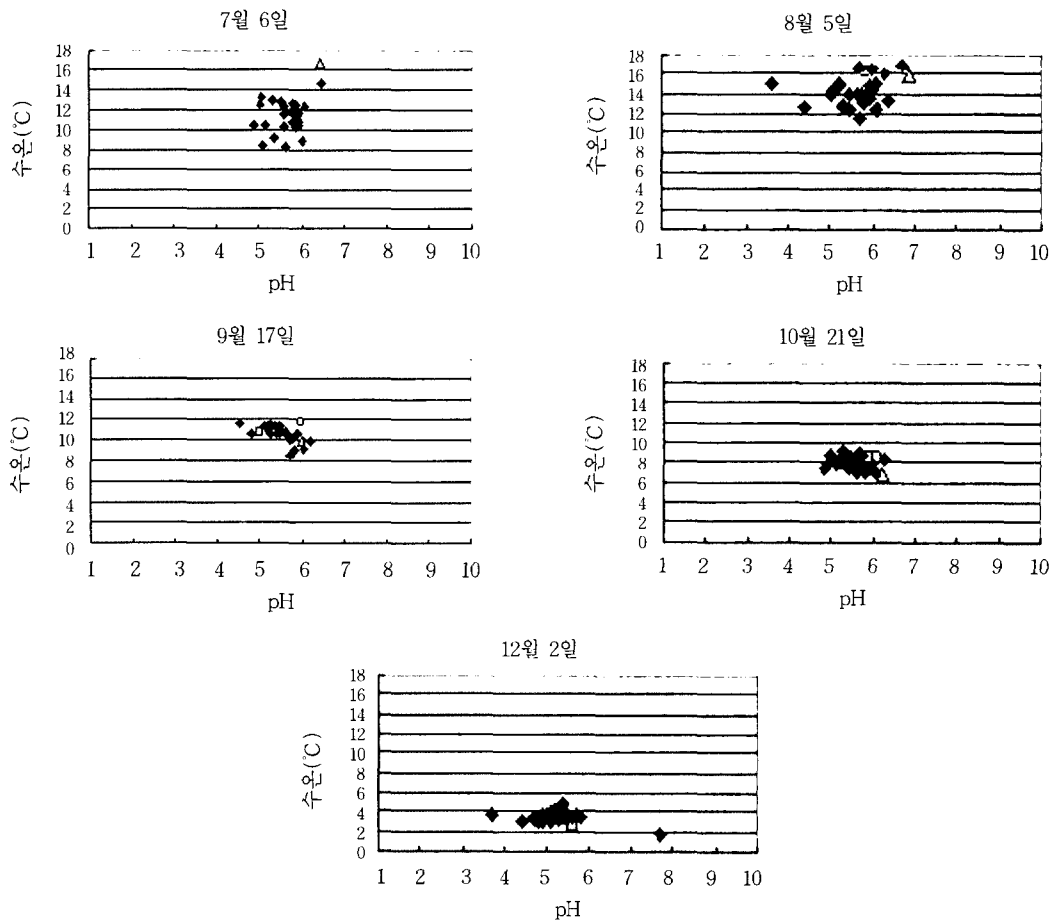


그림 13. 관측된 월별 지하수 수온과 pH와의 관계  
(동그라미는 2번, 삼각형은 13번, 사각형은 22번 관측정을 표시함.)

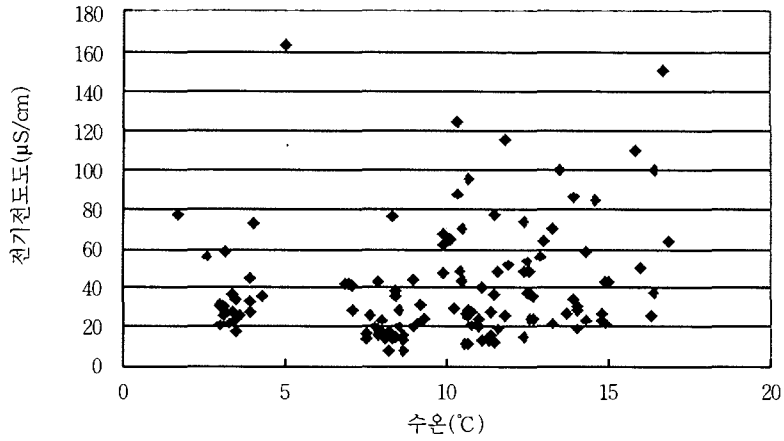


그림 14. 관측된 지하수 수온과 전기전도도와의 관계

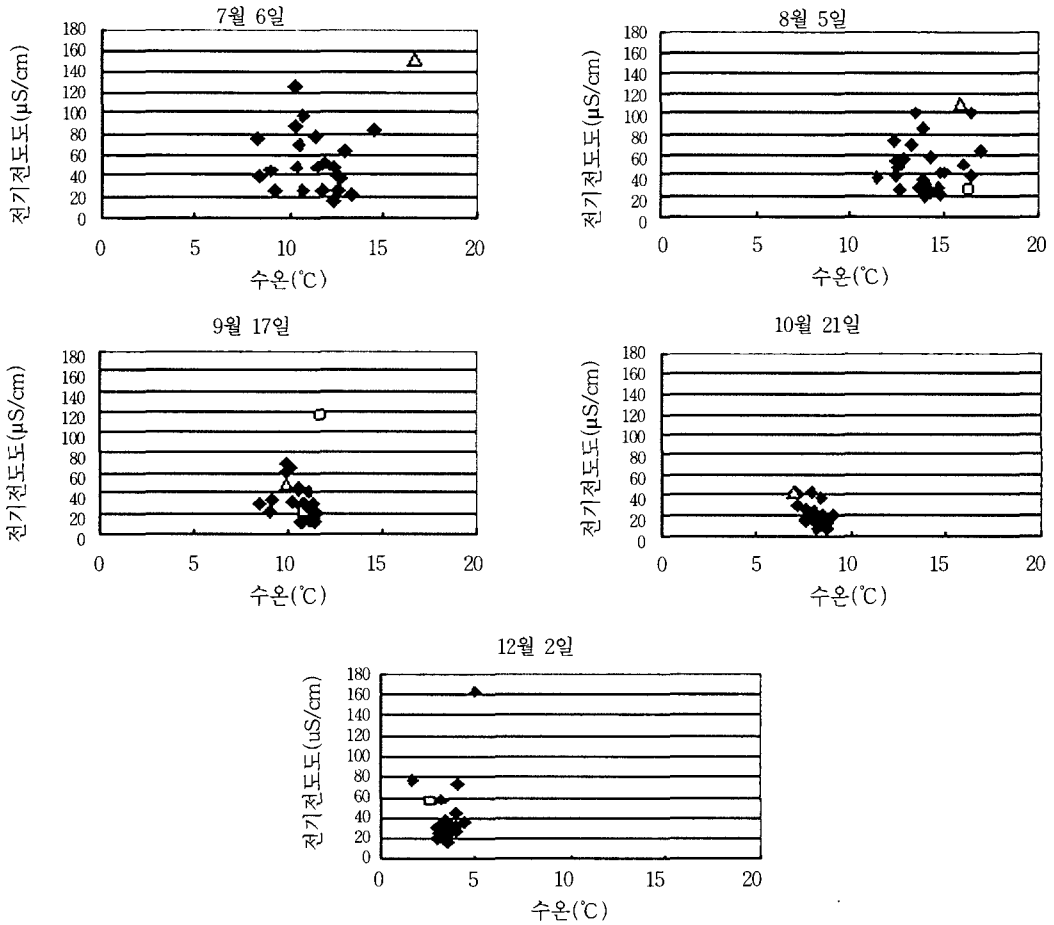


그림 15. 관측된 월별 지하수 수온과 전기전도도와의 관계  
(동그라미는 2번, 삼각형은 13번, 사각형은 22번 관측정을 표시함.)

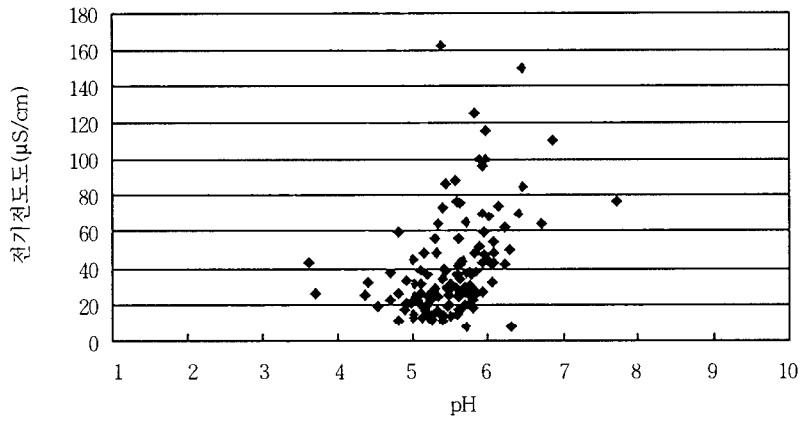


그림 16. 관측된 pH와 전기전도도와의 관계

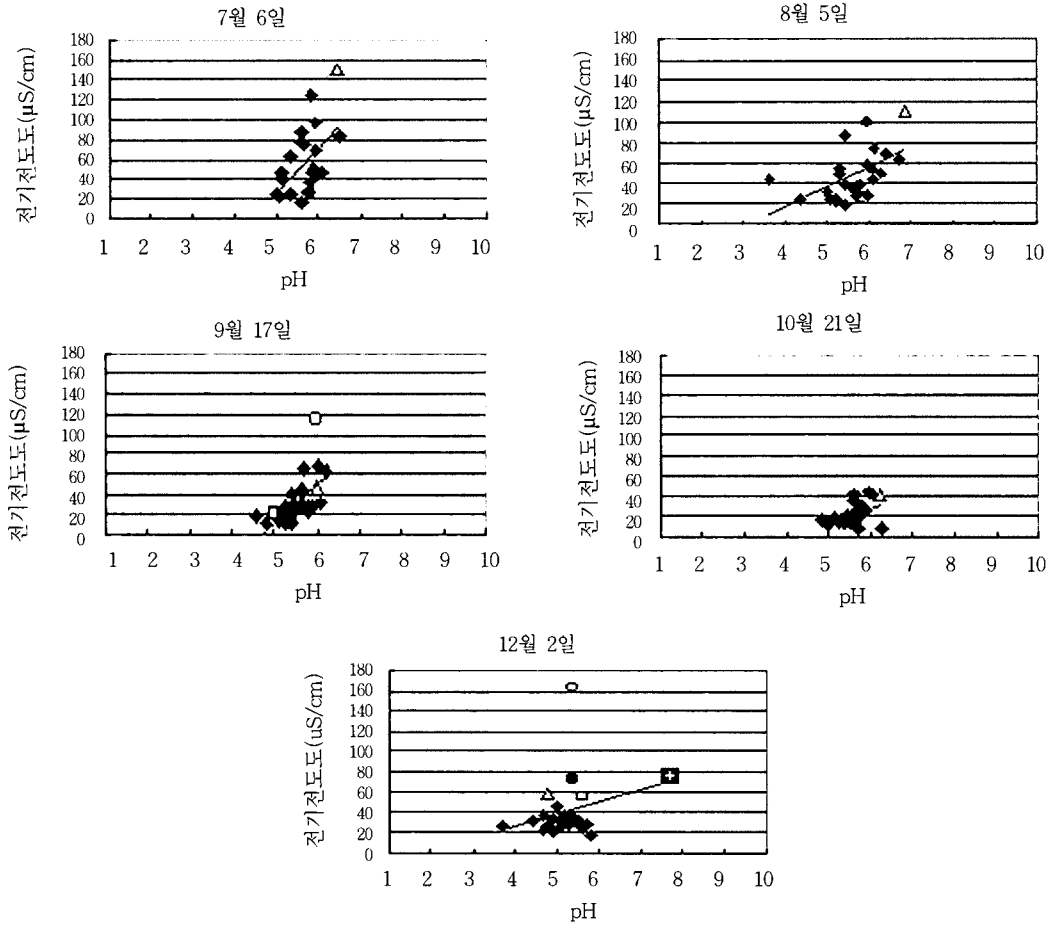


그림 17. 관측된 월별 pH와 전기전도도와의 관계

(동그라미는 2번, 삼각형은 13번, 사각형은 22번 관측점을 표시함.)

그러나, 이를 계절별로 분리해 보면 그림 15와 같은 특성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 즉, 양자간에는 어떤 일정한 범위를 갖고 분포하고 있는데 그 중에서도 2번(9월)과 13번(7월) 관측정의 값이 다른 지점들의 경향과 다른 것을 보이고 있다.

### 6) pH와 전기전도도와의 관계

용늪내 지하수의 전기전도도는 pH가 높을수록 그 값이 증가하는 경향을 나타내는 특징을 보인다(그림 16). 이를 관측일별로 나누어 보면 10월의 경우는 일정한 범위의 값을 갖는 것으로 나타났으나 다른 달의 경우 양자간에 일정한 상관관계를 보이는 것으로 파악되었다(그림 17).

특히, 7월과 8월, 10월의 그래프를 보면 13번 관측정(삼각형)의 값이 다른 값들에 비해 뚜렷한 특성을 보이고 있는 것이 이채롭다. 또한 9월의 2번 관측정의 값도 다른 값들과 비교해 볼 때 크게 벗어나 있는 것으로 조사되었다. 이러한 지점들은 다른 관측정의 값들과의 일정한 범위를 벗어난 값들이기 때문에 앞으로의 지점의 지하수위와 토층 및 식생 등의 변화에 크게 주목할 필요가 있는 것으로 사료된다. 또한 12월의 그래프를 보면 용늪 상단부의 지점의 값들이 다른 관측지점들의 값의 범위를 벗어난 것으로 나타나 흥미롭다.

용늪의 지하수위가 높아질수록 지하수온도 증가하는 패턴을 보이고 있다.

3. 용늪의 지하수 pH는 대개 5.0에서 6.0 사이의 값을 갖고 있으나 국지적으로는 pH 4.0 미만의 강산성을 띠고 있는 경우도 있다. 용늪의 pH는 지하수위가 높을수록 증가하는 경향을 보이고 있는데 특히 지하수위가 지표면 아래 10cm보다 깊을 경우의 pH는 6.0보다 낮은 값을 갖는 것으로 밝혀졌다. 한편, 나지에 위치한 지하수의 pH는 다른 지점의 pH값보다 높게 나타내고 있다.

4. 용늪의 전기전도도값은 지하수위가 높을수록 증가하는 경향을 보인다. 그러나, 지하수의 전기전도도값은 지표수의 전기전도도값과 계절별로 서로 다른 변화를 갖는 것으로 조사되었다. 즉, 우기인 7, 8, 9월에는 지하수가 지표수의 전기전도도보다 2~8배 높았으며, 10월과 12월에는 지표수와 지하수의 전기전도도가 비슷한 값을 나타내고 있었다. 우기의 지표수 전기전도도값이 지하수 전기전도도값보다 낮은 이유는 강우로 인한 희석효과 때문인 것으로 풀이된다.

5. 용늪내 지하수의 pH와 전기전도도간에는 정비례 관계를 갖고 있으며, 수온과 pH, 수온과 전기전도도와의 사이에는 각각 계절별로 일정한 범위 내의 값을 갖는 것으로 조사되었다.

## 5. 요약 및 결론

본고는 용늪의 늪 환경을 유지, 발전시키기 위해 실시된 지하수의 pH, 전기전도도, 지하수온 등 지하수 수질에 관한 기초조사 결과로서 다음과 같은 사실이 판명되었다.

1. 스케이트 링크내 나지와 지하수위가 낮은 지점 등 용늪의 건조화가 진행되고 있는 지점의 수질 측정값은 그렇지 않은 지점과 비교할 때 수질 항목별 각월의 일정한 분포 범위를 벗어나고 있는 특성을 보이고 있다.

2. 용늪내 지하수온은 각월의 평균수온과 비교할 때 대개 2°C 정도의 편차를 보이는 것으로 나타났으며, 지점별로 매우 다양한 값을 갖고 있는 것으로 밝혀졌다. 이는 이탄층의 지점별 두께의 차이에 따른 지하수류의 다양한 흐름에 기인한다. 한편,

## 사사

본 연구조사를 위하여 많은 도움을 주신 환경부 및 현대건설주식회사 관계자 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 또한 현장에서 데이터 확보에 도움을 주신 충북대학교 임학과 김재수 교수님과 건국대학교 대학원 민정호군, 학부 김종은, 권혁철 군들께 감사의 마음을 전하고자 합니다.

## 文獻

강상준, 1970, "대암산 고층습원의 생태학적 연구 - 식물군락과 토양과의 관계," 식물학회지, 13, 20-24.  
\_\_\_\_\_, 1976, "대암산 고층습원의 생태학적 연구 -

- 습원내외의 식물군락과 환경.” 춘천교대 과학교육연구, 2, 80-104.
- \_\_\_\_\_, 1987, “대암산 고층습원의 식물생태학적 연구 - 식물군락과 토양과의 관계,” 휴전선 일대의 자연연구, 강원대학교 출판부, 169-201.
- \_\_\_\_\_, 1988, “대암산 고층습원의 이탄구조와 화분 분석,” 대암산 자연생태계 조사보고서, 환경청, 101-146.
- 박봉규, 1973, “대암산 유사 고층습원의 식물군락,” 이화여대, 한국생활과학 연구논총, 11, 25-31.
- 박종관, 2001, “양구군 대암산 용늪의 지하수위 변화 연구,” 한국지형학회지, 8(2), 35-49.
- 이영로, 1969, “대암산의 습원식생,” 한국식물분류학회지, 2, 7-14.
- 최기룡·고재기, 1989, “대암산 습원의 식생,” 한국생태학회지, 12, 237-244.
- 환경청, 1988, 대암산 자연생태계 조사보고서.
- 환경부, 1997, 대암산 용늪 복원 타당성 조사(1차 연도).
- \_\_\_\_\_, 1998, 대암산 용늪 복원 타당성 조사(2차 연도).
- 최초투고일 03. 01. 24  
최종접수일 03. 03. 03