

2017년도 인문자연탐사 보고서

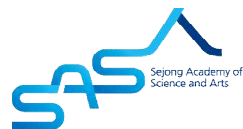
'계룡산을 탐구하다'

거미줄의 방수 능력에 대한 연구

2017. 08. 21

강성우, 김동민, 강재웅, 경다녕

지도교사 : 김재운



세종과학예술영재학교

거미줄의 방수 능력에 대한 연구

세종과학예술영재학교
1301 강재웅, 1302 경다녕,
2301 강성우, 2302 김동민

1. 탐사의 필요성

가. 탐사 주제 선정 과정

1) 이전에 선정했던 주제

우리는 계룡산에서 할 수 있는 연구를 선정하는 과정에서 너무나 많은 연구는 불가능할 것이라고 생각하였다. 그리고 우리는 계룡산에 대한 정보를 찾아보던 도중에 특별한 기운이 많고 국립공원으로서 많은 경관이 있다는 것을 알게 되었다. 그래서 우리는 계룡산의 자연환경을 담고자 우리만의 동영상을 만들기로 계획하였다. 그러나 비가 오게 되어 실질적으로 불가능할 것이라고 판단하여서 다른 주제를 선정하게 되었다. 그래서 우리는 비가 오는 날에 할 수 있는 주제를 생각하다가 비로 인해 나는 소리를 가지고 연구하려고 계획하였다. 비가 오는 소리는 각 지역과 환경마다 다를 것이라고 생각하였다. 그래서 우리는 빗소리를 녹음하여 파형, 크기, 진동수와 같은 것들을 분석해서 자연환경과의 상관성을 연구하려고 하였다. 하지만, 직접 현장에 가서 녹음해보니 잡음이 많이 섞이기도 하고 비가 왔다가 안 왔다가 하는 등의 변수로 인해 적절한 녹음을 하는 것이 불가능해졌다. 또한 중간에 비가 너무나 많이 와서 산을 올라가기가 힘들어졌다. 그래서 우리는 자연환경을 관찰하여 궁금한 점을 가지고 탐구하기로 하였다. 그렇게 자연환경을 관찰하던 도중 우리는 거미와 거미줄이 무사한 것을 보게 되었다. 비로 인해 일정이 취소되었을 만큼 비가 많이 왔음에도 불구하고 거미줄이 끊어지지 않았다는 것이 신기하였다. 그래서 우리는 그때부터 거미줄에 대해서 탐사를 진행하게 되었다.

2) 선정한 주제

거미줄의 사진을 찍기도 하고 관찰하기도 하면서 여러 특징을 확인하였다. 거미줄에 물을 뿌려 보기도 하면서 거미줄이 상당히 안정적이라는 것을 알게 되었다. 그리고 물을 세게 뿌렸음에도 불구하고 그냥 흔들리는 정도였다. 그리고 많은 양의 물이 묻어있지 않음을 확인할 수 있게 되었다. 그래서 우리는 거미줄이 물에 대해서 얼마나 안정적인지를 확인하기 위해 실험을 진행하기로 계획하였다.

나. 선정한 주제의 필요성

이번 인문자연탐사를 통해서 우리는 무언가 새로운 사실을 밝히고 무언가를 만들어내는 것보다는 우리의 호기심을 해결하는 데에 있어서 많은 시간을 할애하였다. 그래서 다른 사람들이 언뜻 보기에는 큰 쓸모가 없어 보일 수도 있다. 하지만, 우리는 우리만의 호기심을 해결하는 데에 있어서 우리가 직접 실험을 설계하고 진행하였다. 실험을 설계하는 과정에서 우리는 문제해결능

력을 키울 수 있었으며 진행하는 과정에서 생기는 어려움을 해결하면서 여러 깊은 생각들을 할 수 있었다. 그리고 무엇보다 호기심을 해결함으로써 우리는 과학에 재미를 느낄 수 있었다. 그래서 우리는 이 연구 자체가 필요가 없다고 하더라도 이 자체로도 의미가 있을 만큼 큰 경험을 하였다. 그리고 우리는 이 연구가 상당히 괜찮을 연구라고 생각합니다. 현재 거미줄에 대해서 찾아보면 강한 소재로서 방탄복으로도 사용될 수 있다고 합니다. 그만큼 의미 있는 재료에 대해서 실험해볼 수 있다는 것이 좋은 기회인 것 같습니다.

2. 탐사 과정

가. 주제선정과정

주제를 찾기 전 우리는 일단 산을 천천히 오르며 주제로 삼을만한 것을 찾아보기로 했다. 날씨도 비가 오며 따라 여러 가지 비와 관련된 주제들이 많이 나왔다. 그 중 우리는 거미줄을 주제로 선정하게 되었다. 계룡산 탐사를 하며 거미줄을 많이 발견할 수 있었다. 가장 처음 관찰한 거미줄은 수풀 속에 감추어져 있었는데, 위에 나무로 막혀 있어서 이렇게 안전한 곳에 거미줄을 설치한다는 것을 알게 되었다. 그리고 자세히 살펴보니 거미가 있었고 거미줄에 작은 물방울이 많이 매달려 있었다. 그러나 두 번째로 본 거미줄이 조금 이상한 점이 있었다. 하늘이 탁 트여 비를 맞기 더 좋은 위치에 있었으나 매달려 있는 빗방울은 손에 꼽을 정도였다. 그런데도 불구하고 거미줄이 남아있는 것을 확인하였고 신기하다는 생각이 들었다. 그래서 우리는 거미줄에 대한 정보를 많이 얻기로 하였고, 사진을 찍기 시작하였다.

우리는 사진을 찍으면서 거미줄 관찰을 하는 데에 있어서 어려운 점이 있었다. 바로 거미줄이 투명하여 뒤에 있는 배경이 밝은 경우 촬영을 해도 거미줄이 잘 보이지 않는 점이였다. 이 문제를 해결하기 위해 최대한 시점을 변경하여 거미줄 뒤로 어두운 수풀이나 검은 돌 등이 보이도록 촬영했다. 그러나 구도 변경이 쉽지 않은 곳에 위치한 거미줄들도 많이 있었다. 이 문제는 거미줄 뒤에 어두운 색의 물체를 놓고 촬영했다. 처음에는 이 문제가 뒤의 배경이 불규칙하고 다채로워 발생한 일일 것이라고 예상하여 흰 종이를 거미줄 뒤에 놓고 촬영을 하였으나, 효과는 미미했다. 그러나 다른 거미줄들을 촬영하던 중 검은 배경이 뒤에 놓일 경우 거미줄이 흰색으로 화면에서 보인다는 것을 알게 되었고, 아이패드의 케이스가 검고 넓다는 점을 이용하여 거미줄 뒤에 놓고 사진을 찍어 보다 선명한 사진 자료를 수집할 수 있었다. 또한 그렇게 사진을 찍는 과정에서 초점을 정확히 맞추는 방법에 대해서 알아보기도 하였다.

그 후 비가 조금 내리기 시작해서 우리 팀은 점심을 먹으려 내려가서 비가 그칠 때까지 기다렸지만, 계속 비가 많이 왔다. 아스팔트 바닥에 물이 고이는 것이 보일 정도로 비가 세차게 내려, 우리는 당연히 거미줄이 버티기 힘들 것이라고 생각하였다. 그래서 오전에 거미줄을 많이 목격했던, 산 중턱의 급류를 가로지르는 다리 난간을 다시 한 번 가보기로 했다. 이 때 비가 많이 내려 바닥에 물이 많이 고여 신발이 젖었고, 땅이 물러 걷기가 불편하였다. 안전을 위해 팀원들은 모두 손에 든 물건을 최소화하고 거미를 관찰할 최소한의 카메라와 우산만을 손에 들었다.

우리는 다리에 도착하여, 난간 아래 및 옆에 매달려 있던 거미줄들이 모두 그대로 형태를 유지하고 있는 것을 볼 수 있었다. 혹시 난간 아래에 있는 것들은 비를 맞지 않은 것이 아닐지 재차 확인을 위해 비가 약간 멎은 후 가지고 있던 물을 거미줄 위에 조금 부었다. 그러나 거미줄에는

약간의 흔들림만 있었고 탄성에 의해 다시 원형을 유지하는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 거미줄에는 물방울이 거의 남지 않았다. 비에 젖어 축 늘어지거나 끊어질 것이라는 몇 팀원들의 예상과 달리, 거미줄은 전혀 형태가 변형되지 않았다. 그래서 우리는 과연 거미줄이 비에 버틸 수 있는 이유가 무엇인지 궁금해졌다. 아무리 거미줄의 인장력이 강하더라도 물에 쉽게 젖는다면 거미줄이 쉽게 망가질 것이기 때문이다. 그래서 우리는 거미줄에 물을 뿌려 물에 얼마나 젖는지를 확인하기로 하였다.

나. 실험 설계

우리는 실의 재료에 따라서 물의 맺힘 정도를 확인해서 물에 견디는 정도를 확인하려고 하였다. 그 실의 재료에는 실, 털실, 낚싯줄(0.3mm, 0.4mm, 1.0mm), 철사를 사용하였다. 실험과정은 다음과 같다.

실험 방법

1. 원기둥 형태의 플라스틱 토의 중심을 지나도록 실을 한 가닥 붙이나.
2. 통에서 10cm 떨어진 지점에서 분무기를 이용해 물을 10회 분사한다.
3. 사진 촬영을 통해 실에 맺힌 물방울의 개수를 특정 및 기록한다.
4. 위 과정을 3회 반복한다.
5. 실의 종류를 다르게 하여 1.~4.의 과정을 반복한다.
6. 채집한 거미줄을 이용해 1.~4.의 과정을 반복한다.

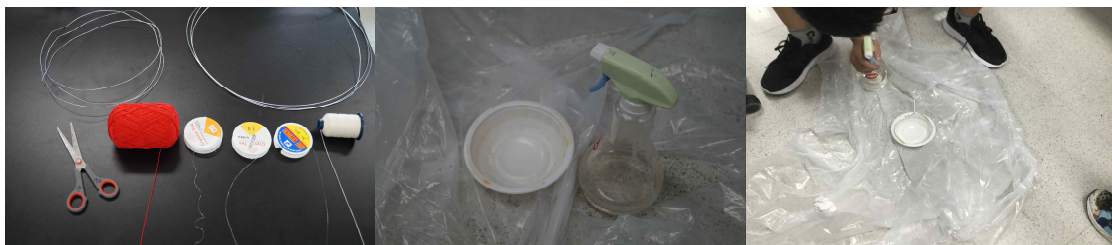


그림 2 실험에 사용되는 실들 그림 3 플라스틱 통과 분무기 그림 4 분무기를 뿌리는 사진

3. 탐구 결과

가. 실험 결과

실험 결과는 다음과 같다.

	1	2	3
0.3mm 낚싯줄 (재질 1)	52	45	53
0.4mm 낚싯줄 (재질 2)	65	70	66
1.0mm 낚싯줄 (재질 2)	46	40	45
얇은 실	18	19	21
얇은 철사	44	43	40
굵은 철사	43	39	37
거미줄	32	29	35
머리카락	51	49	52

표 1 3회 반복 실험을 통해 얻은 물방울의 개수

0.3mm 낚싯줄 (재질 1)	50
0.4mm 낚싯줄 (재질 2)	67
1.0mm 낚싯줄 (재질 2)	43.6667
얇은 실	19.3333
얇은 철사	42.3333
굵은 철사	39.6667
거미줄	32
머리카락	50.6667

표 2 위의 실험 결과의 평균 물방울 개수

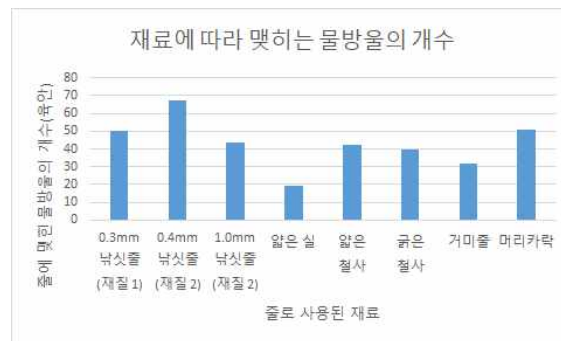


그림 5 왼쪽의 표를 막대그래프로 나타낸 것

4. 결론 및 제언

탐구 결과 줄의 두께가 얇아질수록 물방울의 크기가 작아져서 일정 구간 안에 많은 물방울이 합쳐지지 않고 있을 수 있음을 낚싯줄의 비교를 통해 알 수 있었다. 또한 구조에 따라서 발생한 차이도 있었는데, 철사와 낚싯줄의 경우 표면이 매끄러워서 일정한 물방울의 분포를 보였지만 실의 경우 가느다란 두 실이 꼬여있는 구조이다 보니 물이 두 실 사이에 있어서 물방울이 많이 맺히지 않은 것으로 보인다. 또한, 머리카락은 매우 얇지만 그에 상응하는 아주 작은 물방울이 맺히게 되어서 상대적으로 많은 물방울이 맺히게 되었다.

결과표를 보면 흰 실의 경우 제일 적은 물방울이 맺히게 되었다. 하지만, 이 데이터를 확신할 수 없는 데이터로 판단된다. 흰 색 실에 맺힌 물방울의 경우에는 거의 보이지 않아서 정확히 세는 것이 불가능하였기 때문이다. 따라서 거미줄은 사용한 모든 실중에서 가장 적은 물방울이 맺히게 되었다고 생각할 수 있다. 그 이유로 매우 얇다는 특징을 들 수 있다. 머리카락 두께의 10분의 1에 해당하는 1 μ m단위의 두께이기 때문에 물이 줄 위에 떨어지는 과정에서 쉽게 붙을 수 없을 것이다. 물방울이 형성되면 줄에 비해 무거워 쉽게 흔들리고 그 과정에서 붙어있던 물이 떨어지기 때문이다. 흔들림이 물방울을 쉽게 제거하지 못할 것이라 생각도 했지만, 조사 결과 거미는 이러한 흔들리는 힘을 이용해서 거미줄에 붙어있는 물방울을 정리한다고 한다.

거미줄에 물방울이 적은 이유를 줄의 두께 하나만으로 정의할 수는 없을 것이다. 진행한 실험에서도 나타났듯이 실의 재질이나 표면의 모양 등도 물방울 형성과 그 크기에 관여하기 때문이다.

다양한 실의 종류를 이용해 실험하는 과정에서 실마다 구조와 두께, 표면의 거친 정도가 다르기 때문에 이슬이 맺히는 원인을 하나로 결론 내리기는 힘들었다. 하지만 다양한 실을 사용했음에도 같은 길이의 여러 실들에 비해서 거미줄에 물방울이 가장 적게 맺히는 것은 그 이유가 있을 것이고 실의 두께도 그 이유 중 하나일 것임을 확인할 수 있었다.

추후에 거미줄의 이슬이 맺히는 원인에 대해서 다시 연구할 기회가 생긴다면 거미줄의 거칠기, 구조 등의 거미줄 표면의 특징을 분석할 뿐 아니라 거미줄만이 가지는 특성인 거미줄의 점성에 따라서도 물방울 형성에 차이가 있는지 실험하고 확인한다면 어떤 요인이 큰 영향을 미치는지 보다 정확한 결과를 알아낼 수 있을 것이다.

5. 활동 후기

▶ 2301 강성우

작년에는 세종시에서 진행된 반면, 올해에는 인문자연탐사가 계룡산을 주제로 탐사한다는 점에 서 인문자연탐사의 의미를 되돌아 볼 수 있었던 것 같다. 자연에서 연구 주제를 찾는 것이 생각보다 쉽지는 않았지만 자연을 직접 탐사하면서 생각하지 못했던 것을 많이 고민해보고 평소 보지 못했던 자연환경 또한 많이 볼 수 있는 경험이 되었다. 어떤 하나의 궁금증에 대해서 그 해답을 찾아가는 과정이 쉽지는 않겠지만 직접 그 과정을 설계하고 피드백하면서 없던 실험을 진행한다는 것이 어렵지만 재미있고 흥미로운 경험이라는 것을 느꼈다.

▶ 2301 김동민

이번 인문자연탐사를 통해서 어떠한 것을 연구하는 것에 집중하기보다는 우리가 호기심을 가지는 것에 대해서 연구를 하였다. 이 과정을 통해서 나는 호기심을 해결할 수 있다는 것에 재미를 느꼈고 팀과 함께 여러 가지를 고민하면서 덕분에 즐겁게 할 수 있었다. 그리고 자연을 관찰할 수 있는 좋은 기회를 경험했을 뿐만 아니라 자율연구와는 다른 주제를 가지고 간단히 실험을 설계하고 진행하면서 재미를 느낄 수 있었다. 무엇보다 계룡산에서 탐사하고 자유롭게 연구할 수 있었던 것은 좋은 경험이었다고 생각한다. 앞으로도 이런 기회가 있으면 좋을 것 같다.

▶ 1301 강재웅

오랜만에 산에 올라가니 조금 힘들었다. 하지만 계룡산의 자연을 만나는 순간, 상쾌해지는 기분을 느꼈다. 비가 와서 많이 미끄러웠던 탓에 빠르게 산에 올라갈 수 없었지만, 그 덕분에 길 주변에 있는 환경들에 대해 좀 더 집중할 수 있었던 것 같다. 길 주변 난간에서 비가 많이 내렸음에도 불구하고 튼튼하게 고정되어 있는 거미줄들이 신기하여 물을 묻혀보기도 하고, 바람을 불어보기도 했지만, 거미줄은 끊어지지 않았다. 자연의 신비를 느낄 수 있던 시간이었다. 아쉬운 점으로는 탐사 당일 탐사에 지장을 줄 정도로 비가 많이 왔기에 더 많은 호기심을 가지고 계룡산을 탐사하기에는 적합하지 않은 날씨였던 것이 아쉬웠다. 탐사 후 도시보다 자연이 편한 나를 발견했고, 인간과 자연은 서로 상호작용하면서 살아간다는 것을 되새기면서 환경을 아끼고 사랑해야겠다고 생각했다.

▶ 1302 경다녕

연구 과정 중 평소에 쉽게 지나치거나 피해 다녔던 것들을 탐사를 하며 관심 있게 바라보게 되었고, 한번 쯤 멈추어 서서 가만히 관찰해 보는 기회를 가져서 좋았다. 또한 거미줄에 대해 이렇게 깊이 조사해 볼 기회는 많지 않을 것이라고 생각하였고, 좋은 경험이라고 생각하며 열심히 임하였다. 또한 아이패드의 케이스를 이용하여 사진을 찍는 등 문제에 봉착하였을 때 팀원들과 함께 해결해 나가며 성취감을 느낄 수 있었다.

6. 참고 문헌

[1] The magnificence of spider silk(TED 영상)

https://www.ted.com/talks/cheryl_hayashi_the_magnificence_of_spider_silk/up-next

[2] Directional water collection on wetted spider silk

<https://www.nature.com/nature/journal/v463/n7281/full/nature08729.html>

[3] 거미줄의 물리적 특성에 관한 연구

<http://www.science.go.kr/upload/board/EXHIBIT/48/j04820021122.pdf>

[4] 거미줄에 이슬이 맺히는 이유에 관하여 (한서대학교 수학과 교수 이광연)

http://blog.daum.net/_blog/BlogTypeView.do?blogid=07G8r&articleno=15522836&categoryId=715196®dt=20120604145147