

『2018년 환경동아리 지원사업』
최종결과보고서

내 고장 식물이 잘 살지 못하는 곳에
어떻게 하면 식물이 잘 살 수 있게 할 수
있을까?

석정여중환경동아리

최종결과보고서

2018. 11.

사업결과 요약서			
학교급	<input type="checkbox"/> 초등학교 / <input checked="" type="checkbox"/> 중학교 / <input type="checkbox"/> 고등학교		
프로그램명	내고장 식물이 잘 살지 못하는 곳에 어떻게 하면 식물이 잘 살 수 있게 할 수 있을까?		
학교명	석정여자중학교	소속 시·도	강원도
동아리명	석정여중환경동아리		
지도교사명		연락처	
동아리 학생 수	총 (12)명 /	대표학생명	
활동주제	<input type="checkbox"/> 물 / <input type="checkbox"/> 공기 / <input type="checkbox"/> 생태 / <input type="checkbox"/> 자원재활용 / <input checked="" type="checkbox"/> 환경보건 / <input type="checkbox"/> 지속가능발전 / <input type="checkbox"/> 에너지와 기후변화		
추진시기	04월 02일 ~ 11월 일30	전용통장종류	<input type="checkbox"/> 학교 / <input checked="" type="checkbox"/> 개인
교육운영 회수	8회 이상 맞음 <input checked="" type="checkbox"/> ※ 8회 이상이 되도록 운영프로그램을 진행해주세요		
환경부 지원사업 운영여부	<input checked="" type="checkbox"/> 운영실적 없음 / <input type="checkbox"/> 운영실적 있음(※ 학교 및 동아리명 작성) ※ 2017 환경동아리 지원사업 운영		
목적	<p>본 연구에서는 식물이 잘 살지 못하는 지역에 식물을 정착시켜 여름철 집중호우와 강풍에 침식방지와 수중생태계 교란을 차단하고 건강한 환경과 생활터전을 마련하고자 본 연구를 수행하게 되었다. 본 연구에서 세부 목적은 아래와 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 식물이 잘 살지 못하는 지역의 토양을 분석하여 물리적, 화학적 토성의 성질을 밝혀내고, ○ 토양의 분석한 자료를 탐구하여 왜 식물 정착이 어려운 토양인지 알아내고, ○ 토양이 식물을 정착시킬 수 있도록 한계요인을 제거한 후, ○ 식물이 잘 살지 못하는 지역의 우점 식물을 찾아내어 생육실험을 실행하여, ○ 식물이 잘 살지 못하는 지역에 식물 정착 가능성을 알아보려고 하였다. <p>본 연구의 궁극적인 연구목적은 식물이 잘 못 살아 식물 피복을 이용하여 강풍이나 집중호우에 토양의 침식을 방지하여 주변 생태계의 교란을 방지하고자 하는 것이 본 연구에서 주목적이다.</p>		

<p>활동결과 및 전 망</p>	<p>식물이 잘 못사는 지역에 피복도를 높이고 여름철 집중호우에 침식을 방지하기 위해 생육실험 실험적 평가와 현장 적용 실험을 한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.</p> <p>○ 식물이 잘 못사는 지역을 답사하여 피해조사를 한 결과, 식물이 없어 폐석이 날려 인근 농경지나 생활공간, 농작물에 피해를 주고 있었고, 일부는 하천으로 유입된 흔적이 곳곳에서 발견되어 광산폐석의 집중적 관리가 필요함을 알게 되었다.</p> <p>○ 중석광미와 석탄폐석을 분석한 결과, 중석광미는 염기성 토성과 유기양분, 수분함량이 식물이 선호하는 범위에서 벗어나기 때문에 식물도입의 한계점으로 작용하고 있으며, 석탄폐석에서는 수분과 유기양분에서는 식물 정착에는 문제가 되지 않지만 낮은 토양의 pH가 식물 씨앗의 발아와 정착에는 어려움이 있을 것으로 사료된다.</p> <p>○ 식물이 못사는 지역의 가장자리에서 식물분포도를 조사한 결과, 억새가 우점하고 있어 생육후보식물로 선정하여 복토법과 폐석 혼합으로 생육실험을 제작하여 실험한 결과, 석탄폐석에 중석광미 복토, 중석광미에 석탄폐석 복토, 중석광미와 석탄폐석 혼합한 실험구에서 생장의 효과가 있는 것으로 나타났다.</p> <p>○ 식물이 잘 살지 못하는 지역에서 현장에서 직접 생육실험 한 결과, 순수한 폐석으로 제작한 대조구보다 중석광미에 석탄폐석으로 복토한 실험군에서 생육효과가 있는 것으로 보아 본 연구 방법으로 식물이 못사는 지역을 관리한다면 토양을 보호할 수 있을 것으로 사료된다.</p> <p>본 연구에서 식물도입을 위해 토양의 한계요인을 복토법을 이용하여 제거한 후, 식물을 식재하여 초기 관리가 잘 이루어진다면 식물도입의 가능성을 확인한 연구였다.</p> <p>본 연구에서 적용한 연구방법을 이용하여 우리 고장 식물이 잘 살지 못하는 지역에 적용하여 관리가 이루어진다면 식물의 썩과 뿌리가 바람에 의한 토양의 비산 및 장마와 집중호우에 의한 토양침식을 방지하여 주변 생활환경이나 수생태계 교란을 예방할 수 있을 것으로 예측해 본다.</p>
---------------------------	---

1. 사업개요

가. 프로그램명 :

내고장 식물이 잘 살지 못하는 곳에 어떻게 하면 식물이 잘 살 수 있게 할 수 있을까?

나. 동아리명 : 석정여중 환경동아리

다. 사업기간 : 2018. 3.10 ~ 2018.11.31.

2. 동아리 운영 현황

가. 환경동아리 운영(활동) 동기

우리 고장 영월은 식물이 잘 살지 못하는 지역이 꽤나 많이 분포하고 있다. 식물이 잘 살지 못하는 지역은 바람에 의해 대기로 비산되기도 하고 주변 농작물과 생활 주거로 날아 들어가 큰 피해와 생활에 어려움을 주기도 한다.

특히, 중석 광미담에 적치되어 있는 중석 광미(이하 광미)는 100 μm 이하로 아주 미세한 입자로 되어 있기 때문에 강풍이 불면 대기로 비산되어 주변 농작물, 우물, 빨래, 장독대 등 주민들이 생활 하는데 큰 피해를 주고 있다. 또한 광미에는 다량의 중금속과 황화합물 등 유해물질을 함유하고 있어 여름철 집중호우에 하천으로 유입될 경우, 먹이연쇄에 의해 우리 인간에게까지 피해를 줄 것으로 사료된다. 이러한 피해들은 지표에 식물이 없기 때문에 나타나는 현상으로 식물만 존재한다면 얼마든지 피해를 방지할 수 있을 것으로 생각되어 진다.

본 연구에서는 식물이 살지 못하는 지역에 있는 토양에 식물생장에 어떠한 문제가 있는지, 아니면 식물 정착이 왜 어려운지를 토양분석을 통해서 알아내고 식물 정착의 한계점을 제거하여 식물을 도입한다면 강풍이나 여름철 집중호우로부터 침식을 막고, 수생태계를 보호하고, 주변생활 환경을 보존할 수 있을 것이다.

또한, 식물의 쉼은 대기 중의 이산화탄소를 흡수하여 대기 중의 이산화탄소의 농도를 줄여 지구 온난화의 가속을 줄일 수 있을 것이다. 지구상의 식물 감소로 이산화탄소 농도는 계속 증가하고 있어 이를 저감하는데 온 국민이 노력하지 않는다면 지구의 미래는 지속가능하지 않을 것이다. 그 만큼 지구상에서 식물의 피복은 중요하다.

본 연구에서는 식물이 잘 살지 못하는 지역에 식물을 정착시켜 여름철 집중 호우와 강풍에 침식 방지와 수중생태계 교란을 차단하고 건강한 환경과 생활터전을 마련하고자 본 연구를 수행하게 되었다.

나. 운영(활동) 목적

본 운영 활동 목적은 아래와 같다.

- 식물이 잘 살지 못하는 지역의 토양을 분석하여 물리적, 화학적 토성의 성질을 밝혀내고,
- 토양의 분석한 자료를 탐구하여 왜 식물 정착이 어려운 토양인지 알아내고,
- 토양이 식물을 정착시킬 수 있도록 한계요인을 제거한 후,
- 식물이 잘 살지 못하는 지역의 우점 식물을 찾아내어 생육실험을 실행하여,
- 식물이 잘 살지 못하는 지역에 식물 정착 가능성을 알아보고자 하였다.

본 연구의 궁극적인 연구목적은 식물이 잘 못 살아 식물 피복을 이용하여 강풍이나 집중호우에 토양의 침식을 방지하여 주변 생태계의 교란을 방지하고자 하는 것이 본 연구에서 주목적이다.

3. 활동 내용

가. 운영대상 : (총 인원 12명)

구분	초등						중등			고등			총 계
학년	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	
교육인원(수)	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	12

가. 동아리 구성 및 모집 방법

동아리 구성은 1학년 6명, 2학년 6명, 총 12명으로 구성하였다. 구성방법은 3월에 모집공고를 학교 전체에 알리고 희망학생을 받은 후, 지원동기를 보고 심사하였다. 1학년 학생은 학교 적응이 먼저이기 때문에 회원으로 선정하지 않았다. 선정 시 가장 중요하게 심사한 것은 환경을 바라보는 마음과 동아리에 대한 열정을 중점으로 보고 선발하였다.

다. 세부 추진 일정

내 용	월	4	5	6	7	8	9	10	11	12
마차 밋, 옥동광산 현장답사(10회) (4월 2회, 7월 2회, 8월 2회, 월 1회)		○	○	○	○	○	○	○	○	
식물분포도조사		○	○	○	○					
광산폐석지 토양채취		○	○	○	○					
광산폐석지 pH 측정		○	○	○	○					
채취한 토양분석		○	○	○	○					
식물뿌리 균근균관찰		○	○	○	○	○				
근권토양포자관찰		○	○	○	○	○				
식물생육실험(대조구, 실험구제작)			○	○	○	○	○	○		
대조구와 실험구 생육실험 측정			○	○	○	○	○	○		
생육실험에서 측정된 자료 분석								○	○	
보고서작성								○	○	
발표준비 및 연습									○	
발표와 동아리 활동운영결과 간담회									○	○

【작성방법】 구분은 활동 내역에 따라 작성하며, 추진 월에 맞게끔 그림막대 설정

4. 사업성과평가

가. 동아리 운영 실적

연번	일시	구분	장소	참여인원	활동내용
1	2018.04.08	동아리 부원 모집 설문지작성	과학실	총 12명	12명 선발(지원동기 및 의지를 중점적으로 봄)
2	2018.04.10.~ 05.30	토양분석 생육실험 현장답사	과학실 폐석지현장	총 40명	토양 pH, 균근균관찰, 생육실험제작, 식물관찰 등
3	2018.06.01.~ 06.29	균근균관 찰 및 생육실험	과학실 폐석지 현장	총 66명	식물뿌리에 공생하는 균근균 관찰, 생육실험 관찰, 폐석지 현장답사 식물분포도조사, 현장식물 생육비교 측정
4	2018.07.01.~ 07.30	균근균 및 생육실험	과학실 상동 및 옥동 폐석지	총 16명	현장을 답사하여 폐석지에 자생하는 식물 뿌리 채취하여 균근균 관찰, 현장에 실험지 생육실험 관찰
5	2018.08.01.~ 08.30	균근균 및 생육실험 환경캠페 인	과학실 상동 및 옥동 폐석지	총 20명	현장을 답사하여 폐석지에 자생하는 식물 뿌리 채취하여 균근균 관찰, 현장에 실험지 생육실험 관찰
6	2018.09.01. ~09.30	균근균 및 생육실험 현장답사	과학실 상동 및 옥동 폐석지	총 20명	현장을 답사하여 폐석지에 자생하는 식물 뿌리 채취하여 균근균 관찰, 현장에 실험지 생육실험 관찰
7	2018.10.01.~ 10.31	자료분석 설문지 작성 보고서 작성	과학실	총 20명	토양분석 자료 분석 생육실험 자료 분석 보고서 작성 사진자료분석
8	2018.11.01.~	발표준비 전시물	과학실	총 20명	PPT작성 및 발표준비

나. 세부 추진 내역

연구동아리 활동은 총 32회에 걸쳐 광산폐석지 현장답사, 피해조사, 토양분석, 균근균현미경 관찰, 생육실험 등에 있어서 활동이 이루어 졌다. 지원금 사용처로는 활동식사비, 재료구입비 등에 지출이 이루어졌다

연번	일시	활동 내용	참여 인원
1	2018.04.08	부원선정 및 활동내용소개(2시간)	12
2	2018.04.15	상동광산폐석지 현장답사 및 토양채취, 식물분포도조사(5시간)	7
3	2018.04.22	상동광산폐석지 현장답사 및 토양채취, 식물분포도조사(5시간)	7
4	2018.04.29	토양 pH, 수분함량 등 분석(5시간)	7
5	2018.05.28	균근균관찰, 생육실험(포토에 식물 식재),(3시간) 활동경비 38,000원	7
6	2018.05.29	균근균 관찰, 생육실험(포토에 식물 식재),(3시간) 재료비 70,000원	8
7	2018.05.29	연구활동(5시간) 균근균 관찰 사진 촬영	6
8	2018.05.29	연구활동(3시간) (식물 균근균 관찰 및 식물 생육실험, 현장과 가정) 활동식사비 지출, 13,000원	8
9	2018.05.31	연구활동(5시간) (식물 균근균 관찰 및 식물 생육실험, 현장과 가정) 활동식사비 지출, 15,000원	5
10	2018.05.30	생육실험지 답사 및 관찰(5시간) 39,000원	6
11	2018.05.31	생육실험 관찰/ 현장답사 피해조사,(5시간)/사진촬영, 49,500원	7
12	2018.06.01	균근균 관찰, 36,000원	8
13	2018.06.01	생육실험 화분포토 제작, 재료비 : 24,000원	8
14	2018.06.14	생육실험지 제작 보강, 재료비 : 10,500	10
15	2018.06.15	현장답사 활동(3시간) 및 재료구입 , 교통비 : 40,000	5
16	2018.06.16	생육실험 및 관찰(3시간), 재료비 : 286,000원	5
17	2018.06.18	생육실험 및 현장답사(3시간), 교통비 : 40,000원	6
18	2018.06.18	생육실험 및 균근균 관찰(3시간), 15,000원	6
19	2018.06.18	토양속 식물균근균 포자분리(3시간), 13,000원	7
20	2018.06.18	토양속 균근균 포자분리 현미경관찰(3시간), 3,300원	8
21	2018.06.20	생육실험 화분 관리함 제작, 195,000원	6
22	2018.06.25	생육실험 관리 및 식물 측정(3시간), 78,000원	6
23	2018.06.27	토양의 pH 측정(3시간), 식사비 : 30,000원	5
24	2018.06.29	석탄폐석지 현장 답사(3시간)시 운영경비, 식사비 : 48,000	6
25	2018.06.29	생육실험(3시간), 현미경관찰 사진 출력을 위한 칼라링크, 재료비 : 180,000	6
26	2018.07.03	억새 뿌리에 공생하는 균근균 관찰(3시간), 식사비 :15,500	6
27	2018.07.11	광산폐석지 답사 식물채취(3시간), 교통비 : 30,000원	6
28	2018.08.02	광산폐석지 답사 식물채취 및 식물분포도 조사(3시간) 교통비 : 30,000원	6
29	2018.08.03	환경캠페인 현수막 제작, 30,000원	5
30	2018.08.05	생육실험 보조재료 구입, 12,100원	5
31	2018.08.16	상동중석폐석지 현장 답사(3시간), 교통비 : 30,000원	6
32	2018.10.16	생육실험 현지답사 관찰 및 탐구(3시간), 식사비 : 12,000	6

다. 운영(활동) 주제 선정 사유

내고장 영월은 식물이 잘 살지 못하는 지역이 꽤나 많이 분포하고 있다. 식물이 잘 살지 못하는 지역은 바람에 의해 대기로 비산되기도 하고 주변 농작물과 생활 주거로 날아 들어가 큰 피해와 생활에 어려움을 주기도 한다.

특히, 중석 광미담에 적치되어 있는 중석 광미(이하 광미)는 100 μm 이하로 아주 미세한 입자로 되어 있기 때문에 강풍이 불면 대기로 비산되어 주변 농작물, 우물, 빨래, 장독대 등 주민들이 생활 하는데 큰 피해를 주고 있다. 또한 광미에는 다량의 중금속과 황화합물 등 유해물질들을 함유하고 있어 여름철 집중호우에 하천으로 유입될 경우, 먹이연쇄에 의해 우리 인간에게까지 피해를 줄 것으로 사료된다. 이러한 피해들은 지표에 식물이 없기 때문에 나타나는 현상으로 식물만 존재한다면 얼마든지 피해를 방지할 수 있을 것으로 생각되어 진다.

본 연구에서는 식물이 살지 못하는 지역에 있는 토양에 식물생장에 어떠한 문제가 있는지, 아니면 식물 정착이 왜 어려운지를 토양분석을 통해서 알아내고 식물 정착의 한계점을 제거하여 식물을 도입한다면 강풍이나 여름철 집중호우로부터 침식을 막고, 수생태계를 보호하고, 주변생활 환경을 보존할 수 있을 것이다.

또한, 식물의 쉼은 대기 중의 이산화탄소를 흡수하여 대기 중의 이산화탄소의 농도를 줄여 지구 온난화의 가속을 줄일 수 있을 것이다. 지구상의 식물 감소로 이산화탄소 농도는 계속 증가하고 있어 이를 저감하는데 온 국민이 노력하지 않는다면 지구의 미래는 지속가능하지 않을 것이다. 그 만큼 지구상에서 식물의 피복은 중요하다.

본 연구에서는 식물이 잘 살지 못하는 지역에 식물을 정착시켜 여름철 집중 호우와 강풍에 침식 방지와 수중생태계 교란을 차단하고 건강한 환경과 생활터전을 마련하고자 본 연구를 수행하게 되었다.

라. 운영(활동) 방법

본 연구를 위해 연구를 하고자 하는 지역을 답사를 통해 피해조사(주민상담 병행), 식물분포도, 토양채취 및 토양분석, 식물도입 한계요인 분석, 토양개량을 이용한 생육실험(현장적용을 위한 생육실험병행) 통해 본 연구주제를 실행하였다.

○ 피복도 낮은 지역 현장답사와 피해조사

식물이 잘 못 사는 지역(광미담)을 현장 답사하고 지역주민(천평리)과 상담을 통해 피해 유형을 알아보았다. 광미담 지역 인근마을 주민을 상대로 광미에 대한 정보와 피해를 인터뷰했다. 인터뷰한 주민은 어렸을 때부터 살아온 할아버지 할머니에게 광산광미로 인해 어떠한 피해가 있었는지 자세히 면담하였다(광미담 인근마을).

- 1) 중석광미(이하 광미)가 사람한테 유해한지? 유해하다면 광미 속에 유해물질이 무엇이 있는지?
- 2) 광미가 주는 피해는 어떤 유형인지?
- 3) 광미에는 식물이 왜 못사는지?
- 4) 광미를 어떻게 관리하면 좋은지?
- 5) 광미가 일상생활과 농업에 어떠한 피해를 주고 있는지?



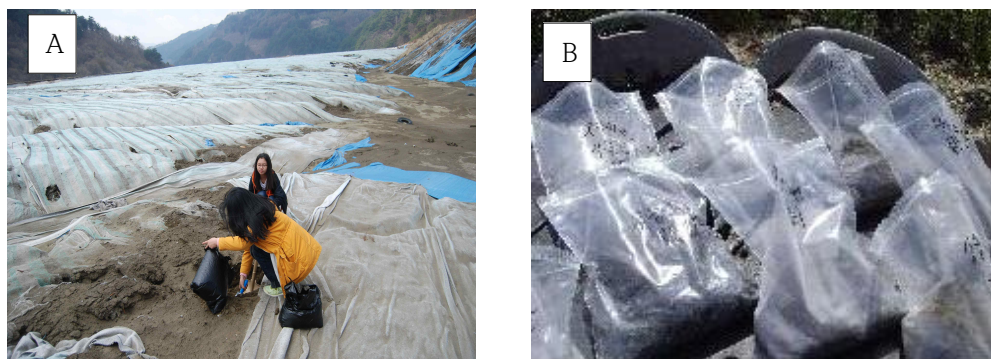
〈그림 3-1〉 광미댐 지역주민 인터뷰.



〈그림 3-2〉 광미댐 피해 현장답사.

○ 토양채취 및 분석

토양 분석을 위해 겉 토양을 제거한 후에 5-10cm, 10 - 20cm, 20-30cm 깊이의 토양을 폴리에틸렌 랩에 넣어 채취(겉 표토를 걷어내고)하여 과학실로 이동시키고 연구활동을 하였다. 토양의 pH, 수분함량, 유기양분 함량을 하였다.



〈그림 3-3〉 식물이 잘 못사는 지역 토양 및 근권토양 채취, (2017.11).

A : 중석광미 지역 현장, 광미(100 μ m 이하) 채취, B : 폴리에틸렌 비닐랩에 근권토양 채취.

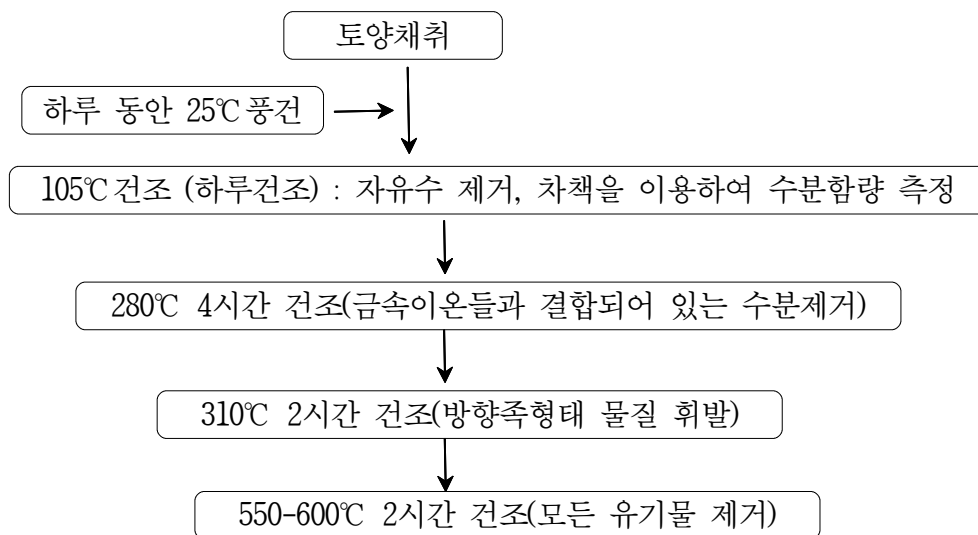
1) 토양의 pH 측정방법

광미의 pH는 환산성 측정방법으로 측정하였다. 풍건토 5 g에 증류수 25 ml를 가하여 10초 동안 저은 다음, pH meter(Portable pH meter)로 측정하였다.

2) 토양의 수분 및 유기양분 측정방법

토양을 채취하여 105℃에서 충분한 시간 동안 건조시켜 항량이 될 때 질량을 측정하여 처음 질량과 차액을 가지고 수분함량을 구한다. 유기양분 함량 측정은 완전연소 가능량은 특별한 규정이 없으면 550-600℃에서 행하며, 유기물질은 모두 이산화탄소와 물로 산화하여 분해되며 무기염들의 휘발이나 분해에 의한 손실을 최소화하여 측정하였다. 실험기구는 건조로, 도가니, 화학저울, 데시케이터가 필요하였다. 실험절차와 계산방법은 아래와 같다.

- o 겉흙을 잘 건어내고 오염되지 않은 토양을 채취한 후, 하루 동안 25℃ 풍건시킨다.
- o 105℃ 건조 (하루건조) : 자유수(free water)가 없어진다.
- o 280℃ (4시간 건조) : $\text{CuSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, CoCl_2 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 등과 같이 금속이온들과 결합되어 있는 수분 제거된다.
- o 310℃ (2시간 건조) : Loss of volatile aromatic compound(방향족형태 휘발)
- o 550℃ (2시간 건조) : 모든 유기물을 제거한다.
- o 105℃에서 건조한 질량과 550-600℃에서 2시간 건조한 질량을 측정하여 차액을 가지고 유기물 함량을 구한다.



<그림 3-4> 토양의 수분함량과 유기양분 측정과정.

○ 식물분포도 조사

생육실험 후보식물을 선정하기 위하여 식물이 고르게 분포하고 있는 폐석지 가장자리에서 사방 5m(25m²)의 넓이로 두 지역을 정하여 자생 식물을 종류별로 그 점유 정도를 조사하였다.

이 조사를 통하여 최고 점유율을 나타내는 식물을 생육후보 식물로 선정하여 폐석지 복원용으로 선정하였다.

〈표 3-1〉 식물분포도 조사.

식물종류 \ 지역	지역 A	지역 B	계
억새	15	20	35(66%)
망초	3	4	7(13%)
쭈	2	2	4(8%)
기타	2	5	7(13%)
계	22	31	53(100%)

식물이 잘 살지 못하는 지역(폐석지 가장자리)을 답사하여 식물분포도를 조사한 결과〈표 3-1〉, 초본식물 억새는 총 53개체수에서 35개체로 66%로 우점식물로 나타났다. 억새를 본 연구에서 생육식물 후보로 선정하였다. 억새는 토양이 척박하고 메마른 토양에 강한 식물로 보고된 바(전상호, 2011) 있다.

○ 우점식물을 이용한 생육실험

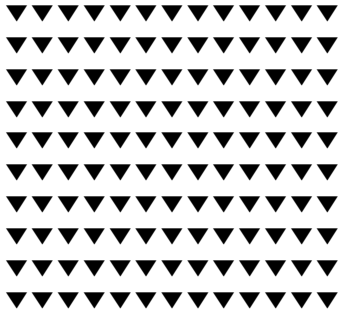
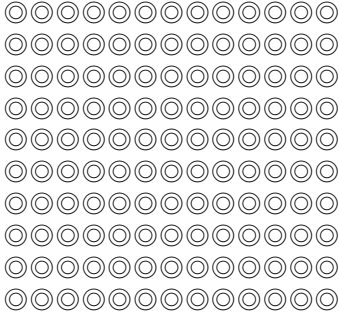
본 연구에서 식물분포도를 조사한 결과, 생육실험후보 식물은 초본 식물인 억새가 우점식물로 조사되었다. 대조구 실험장치는 두 가지 종류를 제작하였다〈표 3-2〉. 순수한 광미와 순수한 석탄폐석으로 제작하였다. 실험구는 세 가지 종류를 제작하였다. 하부 석탄폐석에 상부 광미, 하부 광미에 상부 석탄폐석, 석탄폐석과 광미를 1 : 1 혼합한 실험구를 제작하였다.

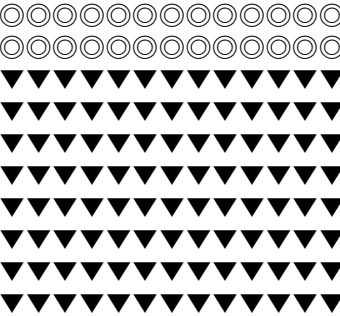
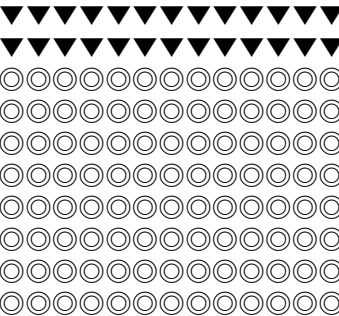
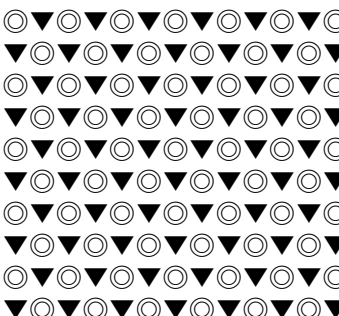
1) 생육실험을 위한 실험장치 제작

〈표 3-2〉 생육실험장치 제작.

종 류	실험장치 내용	비 고
대조구	순수한 광미	6 개
	순수한 석탄폐석	6 개
실험구	하부 광미(80 %) / 상부 석탄폐석(20 %) 복토	6 개
	하부 석탄폐석(80 %) / 상부 광미(20 %) 복토	6 개
	광미과 석탄폐석의 혼합비율 = 1 : 1	6 개

가) 대조구와 실험구 제작

		<p>▼▼▼▼▼▼ : 석탄폐석 ○○○○○○○○ : 중석광미 Cont/Coal : 대조구/석탄폐석 Cont/Tung : 대조구/중석광미</p> <p>Esp/Tung 20% : 실험구 중석 광미 20% 복토 Esp/Coal 20% : 실험구 석탄폐석 20% 복토 Esp/T and C, mix : 실험구 중석 광미와 석탄폐석 혼합(1 : 1)</p>
대조구(Cont/Coal)	대조구(Cont/Tung)	

		
실험구(Esp/Tung 20%)	실험구(Esp/Coal 20%)	실험구(Esp/T and C, mix)

〈그림 3-5〉 생육실험, 대조구와 실험구 모형.

2) 생육실험 활동



〈생육실험 비닐하우스 관리, 3월 중순〉



〈생육실험 제작〉

〈그림 3-6〉 생육실험 연구지 전경, 3월 중순.



〈 대조구 생육실험, 4월초 〉



〈 생육실험 실험지 전경〉

〈그림 3-7〉 생육실험 실험지 전경, 4월초



〈생육실험 실험구, 6월말〉



〈생육실험 대조구, 6월말〉

〈그림 3-8〉 생육실험 연구지 전경.

생육실험 사진자료<그림 3-6, 3-7, 3-8>에서 3월, 4월, 6월 생육모습이 확연이 달라지는 것을 알 수 있다. 특히, 대조구와 실험구 사이의 생육상태는 현저하게 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 실험구에서 복토나 혼합에 의해 제작한 실험장치에 식재한 역새는 두 토양이 서로 보완적인 역할을 하기 때문에 식물에게 선호하는 토양으로 개량되었다.



〈생육실험지, 실험구, 7월 초순〉



〈생육실험지, 실험구, 8월 중순〉



〈생육실험지, 10월 22일〉

〈그림 3-9〉 생육실험지 생육모습.

A : 생육실험지, 5월 초순 생육모습으로 생육상태 양호.

B : 생육실험지, 8월 중순 생육모습으로 생육상태 양호.

C : 생육실험지 전경, 10월.

○ 현장적용 생육실험

식물이 잘 살지 않은 현장(광미 및 석탄폐석지)에 식물(억새)을 3월에 식재한 다음, 비닐하우스로 관리하여 현장에서 생육상태를 알아보았다. 본 생육실험에서는 석탄폐석에 중석광미 복토, 중석광미에 석탄폐석 복토로 현장에서 실시하였다.



A : 석탄폐석지에서 생육실험 전경, 4월 하순.

B : 중석광미 지역에서 생육실험 전경, 3월 중순.

〈그림 3-10〉 현장적용(폐석지) 생육실험 활동 전경, 3월 생육실험지 현장.

A : 석탄폐석지 현장의 생육실험, B : 현장 적용 실험은 대조구(중석광미)와 실험구(석탄폐석 복토).



A : 석탄폐석지 현장 적용실험, 5월 초순.

B : 중석광미 지역에서 현장 적용 생육실험, 5월 초순.

<그림 3-11> 현장적용(폐석지) 생육실험 활동 전경, 8월 초순 생육실험지 현장.

A : 석탄폐석지 현장의 생육실험으로 실험구과 대조구의 생육 차이가 있음.

B : 중석광미에서 현장 적용 생육실험.

마. 운영(활동) 결과

○ 현장답사와 주민인터뷰로 알아낸 점

- 1) 중석 광미담은 옥동천 강변에 위치하고 있으며, 채광 후 경제성이 떨어지는 광물찌꺼기를 퇴적시켜 놓은 담으로 담 정상에는 식물이 띄엄띄엄 식생하고 있었다.
- 2) 바람이 불면 미세한 광미가 날리어 인근 농경지나 생활영역으로 날라 들어가 농경지의 광미에 의한 오염 및 주민생활에 어려움이 주고 있었다.
- 3) 중석 광미담 정상에는 장마철에 많은 양의 폐석 침식 흔적을 볼 수 있었고, 이 피해를 막고자 일반명석과 비닐 카바로 덮어 침식을 막아보고자 하였지만 명석이 바람과 비에 찢기고 날리어 주변이 크게 훼손되어 있었다.
- 4) 석탄폐석지는 무방비 상태로 폐석이 노출되어 있어서 장마철에 많은 양의 폐석이 유실되고 있었다.
- 6) 옥동 석탄폐석지의 폐석관리는 전혀 이루어지지 않고 있었다. 무엇보다 식물이 전혀 살고 있지 않아 여름철 집중 호우에 폐석침식의 유실의 큰 흔적을 볼 수 있었다. 거의 폐석의 관리하기 보다는 방치하고 있었다.
- 7) 주민들은 광미가 동·식물에게 해로운 물질임을 잘 모르고 있었고, 광미에 유해물질, As(비소)가 상당히 포함하고 있다는 사실도 모르는 체 위험에 노출되어 있었다.
- 8) 광미는 아주 입자가 100 μ m 이하로 작은 광미로 되어 있기 때문에 바람에 의해 인근 생활영역까지 날라들어 장독대, 빨리, 우물 등을 오염시키고 있다고 하였다.
- 9) 또한 바람에 날린 광미는 농작물과 농경지로 확산되어 농작물이 흡수하여 농작물이 중금

속에 오염되어 있을 것으로 보였다.

○ 중석광미 pH 측정 및 양분분석 결과 토의

중석광미 pH를 측정한 결과<표 4-1>, 활산성 pH가 8.62로 약염기성을 나타냈고, 유기물 함량은 작열감량을 통해 유기물 함량을 측정한 결과, 0.90%(유기물 함량, 발 2.5-3.5%, 산 6-10%)을 함유하고 있어 식물이 성장하기에는 부족한 양으로 척박한 토양임을 알 수 있었다.

<표 4-1> 상동광미 분석결과.

토양 깊이	상동중석 광미	유기물함량(%)
5-10 cm	8.60	0.90
10-20 cm	8.60	0.85
20-30 cm	8.65	0.70
평 균	8.62	0.82

토양에 있어서 pH는 무기양분과 미생물에 중요한 영향을 미치기 때문에 pH의 인위적 조절을 토양개선에 적절히 이용되면 식물생육에 바람직할 것으로 사료된다.

광미는 pH가 약염기성으로 무기양분과 미생물 군집 환경에 장애가 될 것으로 여기어 지며 산성토양 개량제를 첨가하여 토성을 약산성으로 개선할 필요가 있어 보인다. 상동 광미 pH가 염기성으로 보아 무기양분과 공생균과 같은 식물에 유용한 미생물을 감소시킬 우려가 있어 보이며 유기물 함량이 1% 이하로 광산 폐광석과 광미에 식생을 복원하는데 있어서 가장 큰 문제 중 하나로 사료되며 토양개량제를 첨가해 단립구조인 토양을 입단구조로 개선할 필요가 있다고 판단한다. 상동중석 폐석지에 식물을 도입하기 위해서는 pH를 낮추고 유기물 공급으로 토양의 물리적 구조를 개선시킬 필요가 있다. 무엇보다 중석광미가 식물도입에 대한 불리한 조건은 낮은 유기물함량과 수분 보유능이 약해 자연도입이 큰 문제가 있다고 사료된다.

일반적으로 금속광 광미는 유기물 농도가 낮으며(Li and Daniels, 1994), 독성을 나타내기도 하고 폐광석과는 반대로 토양의 입자가 작아 식물생장에 불리한 구조를 보이고(Hobbs and Streit, 1985; Ye et al., 1999) 있어 식생도입을 위해 토양의 pH와 유기물 함량의 개선이 필요하다.

○ 석탄폐석 pH 측정 및 양분분석 결과 토의

석탄폐석의 유기물과 pH 분석결과<표 4-2>, 유기물 함량은 식물이 살기에 충분한 양이었지만, pH 활산성은 평균 4.08 초반으로 식물이 선호(pH 5.5-6.5)하는 토성에서 벗어나기 때문에 식물의 자연도입이 불가능해 보인다. 유기물함량은 11.47%로 풍부하여 식물이 식생하기에는 풍부하지만 석탄폐석에 식물도입의 한계요인은 토양의 낮은 pH라고 사료된다.

〈표 4-2〉 석탄폐석 pH와 양분분석 결과.

토양 깊이	pH	유기물함량(%)
5-10 cm	4.12	10.56
10-20 cm	4.02	11.34
20-30 cm	4.11	12.50
평 균	4.08	11.47

보통 폐석의 pH는 일반적으로 초기에는 약산내지 약염기성을 나타내지만(Rensburg, 1998; 김정규·이상환, 1999) 오래되면 황철석이 대기 중에 노출되어 산소와 결합하면서 pH가 낮아지면서 강산성으로 변화 수중생태계를 교란시켜 큰 피해를 준다(William, 1978).

pH가 3.00 이하에서는 식물이 정착하더라도 강산성 때문에 폐석에서 독성물질(중금속)이 용출되어 식물발육에 스트레스를 주고, 과량의 중금속은 식물 뿌리의 발육을 저해하고 식물생장에 유용한 균근균(*Mycorrhizae*)의 활동을 억제하여 정상적인 식물생육을 기대할 수 없다고 사료된다.

반면에 pH가 3.00 이상이면 식물의 정상적인 생육을 위해서 석회나 하수오니를 이용해 토양 산도를 교정할 필요가 있지만 pH 교정이 어려울 경우, 비교적 강한 산성에서도 잘 적응하는 균근균을 이용해 식물도입이 가능하다(전상호 등, 2011).

옥동 석탄폐석 유기양분 함량이 풍부하기 때문에 식물생장에 저해요인이 되지 않는다고 판단된다. 옥동 석탄폐석은 낮은 pH로 인한 초본 씨앗의 낮은 발아율(2001, 이슬기) 인해 식물의 자연도입이 어려운 실정이므로 토양개량제를 공급하거나 열악한 환경을 개선하여 식생도입이 가능할 것으로 사료된다.

○ 중석광미와 석탄폐석 수분함량 결과 및 토의

토양을 채취하여 하루를 음지 25℃에서 풍건시킨 후, 105 ℃에서 충분한 시간 동안 건조시켜 항량이 될 때 질량을 측정하여 처음 질량과 나중질량의 차액을 가지고 수분함량을 측정한 결과 〈표 4-3〉, 광미는 평균수분량 1.40%이고, 석탄폐석의 평균 수분량은 2.44%로 광미보다 수분함량에서 1.74배 높은 것으로 나타났다.

식물에 있어 수분 공급은 절대적으로 중요하다. 수분함량 측면만 예측한다면 수분함량이 낮은 광미는 식물도입에 한계요인으로 작용할 가능성이 있다고 사료된다.

〈표 4-3〉 중석광미와 석탄폐석 수분함량 결과.

토양 깊이	중석광미(%)	석탄폐석(%)
5-10 cm	1.45	2.50
10-20 cm	1.44	2.30
20-30 cm	1.30	2.52
평 균	1.40	2.44
분 석	석탄폐석이 중석광미보다 수분함량이 1.74배 높음.	

○ 생육실험 결과 및 토의

본 생육실험에서 폐석지 주변에서 우점식물로 조사된 억새를 이용하여 대조구, 두 종류와 실험구, 세 종류를 제작하여 생육과정 측정하였다. 측정요소는 억새의 줄기길이, 군락의 크기, 군락의 생중량을 측정하여 대조구와 실험구를 비교분석하였다.

1) 억새의 줄기길이 생육비교

억새의 줄기길이는 식물이 토양 표면에서 줄기 끝까지를 줄자로 측정하여 기록하였다. 측정 기간은 2주 간격으로 측정하여 대조구와 실험구를 비교하였다. 생육 줄기길이 측정은 〈표 4-4〉와 같다.

〈표 4-4〉 대조구와 실험구의 억새 줄기길이 측정결과.

(단위, cm)

생육실험종류	pH	3월 중순	5월 초	6월 중순	7월 하순	8월 초	9월 중순	10월 하순	생장한 줄기길이
대조구(Cont/Tung)	8.5	2.5	3.4	4.5	5.8	6.4	6.9	7.5	5.0
대조구(Cont/Coal)	4.5	2.3	2.9	4.8	6.0	6.8	7.5	8.0	5.7
실험구(Esp/Tung 20%)	5.9	2.4	4.5	8.0	12.5	17.0	22.5	30.5	28.2
실험구(Esp/Coal 20%)	6.2	2.2	3.9	6.7	11.5	16.7	21.6	28.0	26.0
실험구(Esp/T and C, mix)	6.0	2.4	4.0	8.5	13.5	19.0	24.0	34.0	31.6

억새의 줄기길이 생육비교에서 두 종류의 대조구는 생장한 길이가 5-6cm이지만 세 종류의 실험구의 억새생장 길이는 28-31cm의 생장을 한 것으로 나타났다. 실험구의 억새가 대조구의 억새 생장보다 약 6배 정도가 더 생육한 것으로 나타났다. 줄기생장 길이의 생육실험 결과〈표 4-4〉로 볼 때, 실험구의 토양환경은 중석광미와 석탄폐석의 복토로 빗물에 의해 토양이 중화되었고, 유기물은 석탄폐석에 의해 공급받아 식물이 선호하는 토양환경으로 개선되었다고 판단된다. 실험구의 토양 pH는 6.0대 내외로 변화가 있어 식물이 선호하는 토양으로 개선과 식물생장에 영향을 미쳤다고 사료된다. 식물도입과 생장에 있어 가장 중요한 토양환경의 요인은 토양의

pH이기 때문에 토양의 pH가 조절만 된다면 식물생장에 도움이 되었던 것으로 사료된다.

2) 억새의 군락 직경 생육비교

억새는 군락 형태로 식생하기 때문에 군락이 커진다는 것은 생육이 활발하다는 증거자료로 활용되기 때문에 생육정도를 측정하였다. 군락의 직경 크기는 위에서 수직으로 내려 보고 억새 군락을 크게 원을 그렸을 때, 지름을 측정하였다. 측정 횟수는 3회에 걸쳐 실시하였다.

〈표 4-5〉 대조구와 실험구 억새의 군락 크기 생육비교 (단위, cm)

생육실험종류	측정시기	pH	3월 중순	7월 중순	10월 하순	생장한 군락크기
대조구(Cont/Tung)		8.5	3.0	6.5	10.0	7.0
대조구(Cont/Coal)		4.5	2.8	6.5	9.8	7.0
실험구(Esp/Tung 20%)		5.9	2.9	18.5	25.0	22.1
실험구(Esp/Coal 20%)		6.2	3.0	19.5	30.5	27.5
실험구(Esp/T and C, mix)		6.0	3.1	18.0	29.5	26.4

억새의 군락생육 비교 결과〈표 4-5〉, 대조구가 생장한 군락의 크기는 7.0cm이고, 세 종류의 실험구는 22-28cm의 범위의 생장을 했다. 실험구 억새의 군락생장은 대조구의 억새 군락의 생장을 비교한 결과, 실험구의 억새가 대조구의 억새보다 3-4배의 빠른 성장 속도를 보였다.

대조구에서는 토양의 pH와 유기물함량이 한계요인으로 작용하여 성장 속도가 느리게 나타났다. 반면에 실험구에서는 토양의 pH와 유기양분 함량이 상호 보완이 되어 실험구의 토양 환경이 식물이 선호하는 토양환경으로 개선되었다고 사료된다.

3) 역새의 생중량 비교

3월 중순경에 크기와 질량이 차이가 크지 않은 역새를 식재한 후, 10월 22일에 역새의 줄기와 뿌리를 다치지 않게 채취하여 뿌리에 붙은 토양을 물로 잘 씻은 후, 24시간 동안 풍건시킨 후 생중량을 측정하여 대조구와 실험구에서 생장한 역새 중량을 비교하였다.

〈표 4-6〉 대조구와 실험구 역새의 생중량 비교 (단위, g)

생육실험종류	측정시기	pH	식재 시 생중량 / 10월 하순 채취 후 생중량(g)	생중량 증가량
대조구(Cont/Tung)		8.5	2.2 / 8.9	6.7
대조구(Cont/Coal)		4.5	2.0 / 8.0	6.0
실험구(Esp/Tung 20%)		5.9	1.9 / 78.5	76.6
실험구(Esp/Coal 20%)		6.2	2.1 / 75.5	73.4
실험구(Esp/T and C, mix)		6.0	2.2 / 80.0	77.8

대조구와 실험구에서 생장한 역새의 생중량 측정 결과〈표 4-6〉, 대조구에서의 생중량의 증가량은 6.0-7.0 g대인 반면에 세 종류의 실험구에서 생장한 역새의 생중량 증가량은 70.0-80.0 g 대였다.

생중량 비교에서 실험구의 역새 생중량이 대조구에서 생장한 역새 생중량보다 10배 이상의 생장에서 효과가 있었던 것으로 나타났다. 대조구에서는 토양의 pH, 빈약한 유기양분, 수분함량 등 토양환경이 식물 정착과 생장에 적합하지 않은 것으로 사료된다. 식물 발아와 정착, 생장에서는 토양의 pH, 유기양분, 수분함량 등에서 한 가지 요인이라도 적합하지 않으면 식물도입에 어려움이 있다고 사료된다.

바. 결론 및 제언

식물이 잘 못사는 지역에 피복도를 높이고 여름철 집중호우에 침식을 방지하기 위해 생육실험 실험적 평가와 현장 적용 실험을 한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

○ 식물이 잘 못사는 지역을 답사하여 피해조사를 한 결과, 식물이 없어 폐석이 날려 인근 농경지나 생활공간, 농작물에 피해를 주고 있었고, 일부는 하천으로 유입된 흔적이 곳곳에서 발견되어 광산 폐석의 집중적 관리가 필요함을 알게 되었다.

○ 중석광미와 석탄폐석을 분석한 결과, 중석광미는 염기성 토성과 유기양분, 수분함량이 식물이 선호하는 범위에서 벗어나기 때문에 식물도입의 한계점으로 작용하고 있으며, 석탄폐석에서는 수분과 유기양분에서는 식물 정착에는 문제가 되지 않지만 낮은 토양의 pH가 식물 씨앗의 발아와 정착에는 어려움이 있을 것으로 사료된다.

○ 식물이 못사는 지역의 가장자리에서 식물분포도를 조사한 결과, 역새가 우점하고 있어 생육후보식물로 선정하여 복토법과 폐석 혼합으로 생육실험을 제작하여 실험한 결과, 석탄폐석에 중석광미복토, 중석광미에 석탄폐석 복토, 중석광미와 석탄폐석 혼합한 실험구에서 생장의 효과가 있는 것으로 나타났다.

○ 식물이 잘 살지 못하는 지역에서 현장에서 직접 생육실험 한 결과, 순수한 폐석으로 제작한 대조구보다 중석광미에 석탄폐석으로 복토한 실험군에서 생육효과가 있는 것으로 보아 본 연구 방법으로 식물이 못사는 지역을 관리한다면 토양을 보호할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 식물도입을 위해 토양의 한계요인을 복토법을 이용하여 제거한 후, 식물을 식재하여 초기 관리가 잘 이루어진다면 식물도입의 가능성을 확인한 연구였다.

본 연구에서 적용한 연구방법을 이용하여 우리 고장 식물이 잘 살지 못하는 지역에 적용하여 관리가 이루어진다면 식물의 쏠과 뿌리가 바람에 의한 광미의 비산 및 장마와 집중호우에 의한 토양침식을 방지하여 주변 생활환경이나 수생태계 교란을 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 활동소감문

○ 작년에도 언급했는데 사업추진이 3월초에 시작되었으면 좋을 것 같다. 프로그램이 식물생장에 관련된 주제라면 적어도 4월 중순부터 활동이 진행되어야 하는데 다소 늦다는 생각이 들었다. 그 문제 이외는 대해서는 모두 만족한다.

○ 연구활동 중간점검 여름방학이 끝나갈 무렵 8월 중순이 적당하고 연구활동 발표는 11월 중순이 적당하다고 본다. 환경문제는 지속적 관찰이 필요하고, 식물 같은 경우에는 10월까지 생장이 이루어지기 때문에 11월 중순 경우로 늦추는 것이 바람직하다.

○ 최종발표회에서 활동면보다는 중학생/고등학생에게 맞는 심층수준에서 평가했으면 한다. 200만원 정도의 동아리를 캠페인이나 일반적인 보존활동으로 운영한다면 지원금이 아깝지 않나 생각한다. 환경보존에 대한 대안이 있는 활동 주제를 높이 평가했으면 한다.

○ 동아리를 지도하시는 선생님한테도 조금이나마 혜택이 있었으면 좋겠습니다. 요즘 개인적인 생활증가로 주말이나 방과 후, 방학 때 학교에 남아서 학생들 지도한다는 것이 쉽지 않습니다. 그래서 학교 동아리 활동이 점점 줄어가는 것 같습니다. 지원활동비 일부를(30%) 지도교사의 강사료나 지도비로 활용된다면 지도교사에게 어느 정도 보답이 된다고 생각합니다. 동아리는 지도교사의 적극적인 활동이 아니면 운영되기 어렵기 때문이다.

○ 1년간 환경동아리 활동을 운영하면서 동아리 함ㅇ들에게서 환경에 대한 바람직한 환경의식 변화를 엿보았습니다. 내 고장 환경보존을 위한 새로운 방안을 찾는데 학생스스로 탐구하고 연구한다는 자긍심을 심어주는 계기가 되었던 것 같습니다.

6. 만족도 조사 결과

1) 조사 개요

조사목적	환경의식 변화를 위한 설문
조사대상	환경동아리 회원(12명) 및 steam 회원(25명)
조사기간	사전조사(2018년 4월 초), 사후검사(2018년 10월말)
조사내용	○ 사업 참가 전후 인식 변화 기여도 ○ 실생활 적용가능성 및 실천도 ○ 교육효과 측면의 기여도

2) 조사 결과 분석

문항 1. 환경과 인간은 아주 밀접한 관계에 있다고 생각한다.

검 사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 1	사전검사	25(67.5%)	8(21.6%)	4(10.8%)	37	$\chi^2 = 7.689$ df = 2 p = .006
	사후검사	15(40.5%)	10(27.0%)	12(32.4%)	37	
	전 체	40	18	16	74	
기대빈도		20.0	9.0	8.0		

본 문항의 검사에서 사전검사 응답내용은 ‘아니다’ 25(67.5%), ‘보통이다’ 8(21.6%), ‘그렇다’ 4(10.8%)이었고, 사후검사 응답내용은 ‘아니다’ 15(40.5%), ‘보통이다’ 10(27.0%), ‘그렇다’ 12(32.4%)이었다. 사전검사와 사후검사의 응답분포를 비교하여 볼 때, 사전검사에서는 “아니다”가 다소 많았고, 사후검사에서는 “보통이다”와 “그렇다”의 빈도수가 크게 증가하였다. 사전검사와 사후검사 응답내용에 대한 카이 스퀘어 검증결과, 유의도가 .006로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 따라서 사전검사와 사후검사 응답내용 간에는 유의한 차이가 있다고 볼 수 있다. 이러한 결과를 볼 때, 환경인식을 묻는 문항 1번은 실험처치는 효과가 있었다.

문항 2. 자연환경은 인간의 행복한 생활에 영향을 미친다고 생각한다.

검 사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 2	사전검사	26(70.2%)	7(18.9%)	4(10.8%)	37	$\chi^2 = 11.231$ df = 2 p = .001
	사후검사	15(40.5%)	12(32.4%)	10(27.0%)	37	
	전 체	41	19	14	74	
기대빈도		20.5	9.5	7.0		

본 문항의 검사에서 사전검사 응답내용은 ‘아니다’ 26(70.2%), ‘보통이다’ 7(18.9%), ‘그렇다’ 4(10.8%)이었고, 사후검사에서 응답내용은 ‘아니다’ 15(40.5%), ‘보통이다’ 12(32.4%), ‘그렇다’ 10(27.0%)이었다. 이러한 사전검사와 사후검사 응답내용에 대한 카이 스퀘어 검증결과, 통계적으로 유의한 차이(유의도 : .001)가 있는 것으로 나타내었다. 따라서 본 문항 2번은 사전검사와 사후검사 응답내용 간에는 차이가 있다고 할 수 있다.

문항 3. 우리 주변 자연환경을 훼손하면 결국에는 우리 인간에게 피해가 온다고 생각한다.

검 사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 3	사전검사	27(72.9%)	7(18.9%)	3(8.1%)	37	$\chi^2 = 9.683$ df = 2 p = .007
	사후검사	18(48.6%)	11(29.7%)	8(21.6%)	37	
	전 체	45	18	11	74	
기대빈도		22.5	9.0	5.5		

본 문항의 검사에서 사전검사 응답내용은 ‘아니다’ 27(72.9%), ‘보통이다’ 7(18.9%), ‘그렇다’ 3(8.1%)이었고, 사후검사에서는 응답내용이 ‘아니다’ 18(48.6%), ‘보통이다’ 11(29.7%), 그렇다

8(21.6%)이었다. 사전검사와 사후검사의 응답분포를 비교하여 볼 때, 사전검사에서는 “아니다”가 1.5배 정도 많았고, “그렇다”가 약 3배 정도 높았다. 이러한 빈도수의 차이에 의한 사전검사와 사후검사 응답내용에 대한 카이 스퀘어 검증결과, 통계적으로 5%신뢰구간 내에서 유의한 차이(유의도: .007)를 보였다.

문항 4. 즉각적인 효과가 없다 할지라도 환경오염을 줄이기 위해서는 개인적 희생과 봉사를 하겠다.

검사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 4	사전검사	30(65.2%)	7(35.0%)	0(0.0%)	37	$\chi^2 = 13.061$ df = 2 p = .012
	사후검사	16(34.8%)	13(65.0%)	8(100.0%)	37	
	전 체	46	20	8	74	
기대빈도		23	10	4		

본 문항의 검사에서 사전검사 응답내용은 “아니다” 30(65.2%), “보통이다” 7(35%), “그렇다” 0(0.0%)이었고, 사후검사에서는 응답내용은 “아니다” 16(34.8%), “보통이다” 13(65%), “그렇다” 8(100%)이었다. 이러한 사전검사와 사후검사 응답내용에 대한 카이 스퀘어 검증결과, 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 따라서 4번 문항의 사전검사와 사후검사 응답내용 간에는 차이가 있다고 할 수 있다. 이러한 결과를 살펴볼 때, 문항 4번은 실험처치 효과가 없었다고 할 수 있다.

문항 5. 환경보존 교육에 대해 필요하다고 생각하십니까?

검사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 5	사전검사	31(64.6%)	6(27.3%)	0(0.0%)	37	$\chi^2 = 11.629$ df = 2 p = .003
	사후검사	17(35.4%)	16(72.7%)	4(100.0%)	37	
	전 체	48	22	4	74	
기대빈도		24	11	2		

본 문항의 검사에서 사전검사 응답내용은 “아니다” 31(64.6%), “보통이다” 6(27.3%), “그렇다” 0(0.0%)이었고, 사후검사에서는 “아니다” 17(35.4%), “보통이다” 16(72.7%), “그렇다” 4(100%)이었다. 사전검사와 사후검사의 응답내용을 비교하여 볼 때, 사전검사에서는 반대가 약간 높았고, 사후에서는 중간이 2.5배정도 높았고, 찬성은 약간 높았다. 그러나 사전검사와 사후검사 응답내용에 대한 카이 스퀘어 검증결과, 유의도가 .003로 통계적으로 5%신뢰구간 내에서 유의한 차이가 없다고 할 수 있다. 이러한 결과를 살펴볼 때, 문항 5번은 실험처치 효과가 없었다고 할 수 있다.

문항 6. 수질오염을 줄이기 위하여 합성세제를 등의 사용을 줄이겠다.

검사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 6	사전검사	22(68.8%)	7(38.9%)	8(33.3%)	37	$\chi^2 = 8.056$ df = 2 p = .018
	사후검사	10(31.2%)	11(61.1%)	16(66.7%)	37	
	전 체	32	18	24	74	
기대빈도		16	9	12		

본 문항의 검사에서 사전검사와 사후검사 각각 응답내용을 보면, 사전검사에서는 “아니다” 22(68%), “보통이다” 7(38.9%), “그렇다” 8(33.3%)이었고, 사후검사에서는 “아니다” 10(31.2%), “보통이다” 11(61.1%), “그렇다” 16(66.7%)이었다. 이러한 응답내용을 사전검사와 사후검사를 비교하여 볼 때, 사전검사에서는 반대가 다소 높았고, 사후검사에서는 중간과 찬성의 빈도수가 높게 나타났다. 이러한 반응 빈도수의 차이를 카이검증 결과, 카이 스퀘어 값이 8.056이고 유의확률 값은 .018이었다. 이는 5% 신뢰구간에서 통계적으로 유의한 차이가 있음을 볼 수 있다. 따라서 본 문항의 사전검사와 사후검사의 응답내용 간에는 유의한 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 볼 때, 문항 6번은 실험 처치는 효과가 없었음을 알 수 있었다.

문항 7. 학생은 학교 내에서 전력사용을 절약하기 위하여 노력하나요?

검사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 7	사전검사	31(64.6%)	6(27.3%)	0(0.0%)	37	$\chi^2 = 12.629$ df = 2 p = .002
	사후검사	17(35.4%)	16(72.7%)	4(100.0%)	37	
	전 체	48	22	4	74	
기대빈도		24	11	2		

본 문항의 사전검사 응답내용은 ‘아니다’ 31(64.6%), ‘보통이다’ 6(27.3%), ‘그렇다’ 0(0.0%)이었고, 사후검사 응답내용은 ‘아니다’ 17(35.4%), ‘보통이다’ 16(72.7%), ‘그렇다’ 4(100%)이었다. 이러한 사전, 사후 응답내용에 대한 카이 스퀘어 검증결과, 통계적으로 유의한 차이를 나타내고 있다. 따라서 본 문항의 사전검사와 사후검사 간에는 차이가 있다고 할 수 있다. 이러한 결과를 살펴볼 때, 문항 7번 문항은 효과가 없었다고 할 수 있다.

문항 8. 앞으로 환경보존을 위하여 노력하고 싶다.

검사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 8	사전검사	27(72.7%)	7(18.9%)	3(8.1%)	37	$\chi^2 = 8.880$ df = 2 p = .015
	사후검사	19(51.4%)	11(29.7%)	7(18.9%)	37	
	전 체	46	18	10	74	
기대빈도		23	9	5		

본 문항의 검사에서 사전검사의 응답내용은 ‘아니다’ 27(72.7%), ‘보통이다’ 7(18.9%), ‘그렇다’ 3(8.1%)이었고, 사후검사의 응답내용은 ‘아니다’ 19(51.4%), ‘보통이다’ 11(29.7%), ‘그렇다’ 7(18.9%)이었다. 위 응답내용을 비교하여 살펴보면, 사전검사에서는 반대가 많았고, 사후검사에서는 중간과 찬성이 높은 것으로 나타났다. 이러한 사전검사와 사후검사 응답내용에 대한 카이 스퀘어 검증결과, 유의도가 .015로 5%신뢰구간 내에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 결과를 살펴볼 때, 문항 8번은 실험 처치 효과가 없다고 할 수 있다.

문항 9. 나는 등산 등의 여행에서 발생하는 쓰레기를 가져와 분리수거 하겠다.

검사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 9	사전검사	32(86.4%)	3(8.1%)	2(5.4%)	37	$\chi^2 = 8.733$ df = 2 p = .013
	사후검사	21(56.7)	13(35.1%)	5(13.5%)	39	
	전 체	53	16	7	76	
기대빈도		26.5	8	2.5		

본 문항의 검사에서 사전검사 응답내용은 ‘아니다’ 32(86.4%), ‘보통이다’ 3(8.1%), ‘그렇다’ 2(5.4%)이었고, 사후검사에서는 ‘아니다’ 21(56.7), ‘보통이다’ 13(35.1%), ‘그렇다’ 5(13.5%)이었다. 이러한 사전검사와 사후검사 응답내용을 카이 스퀘어 검증 결과, 5%신뢰구간 내에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 문항은 사전검사와 사후검사 응답내용 간에는 유의한 차이가 있는 것으로 볼 수 있다.

문항 10. 현재의 환경오염 문제를 심각히 고려해 보거나 개선점을 생각하여 본 적이 있다.

검사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 10	사전검사	25(67.5%)	9(24.3%)	3(8.0%)	37	$\chi^2 = 8.289$ df = 2 p = .016
	사후검사	13(35.1%)	15(40.5%)	9(24.3%)	37	
	전 체	38	24	12	74	
기대빈도		19	12	6		

본 문항의 검사에서 사전검사의 응답내용을 보면, ‘아니다’ 25(67.5%), ‘보통이다’ 9(24.3%), ‘그

렇다' (8.0%)이고, 사후검사의 응답내용은 '아니다' 13(35.1%), '보통이다' 15(40.5%), '그렇다' 9(24.3%)이었다. 사전검사와 사후검사 응답내용을 비교하여 살펴보면, 사전검사에서는 '아니다'의 빈도수가 높았고, 사후검사에서는 '보통이다'와 '그렇다'의 빈도수가 높았다. 이 응답내용을 카이 스퀘어 검증 결과, 유의도가 .016로서 5% 신뢰구간 내에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 결과를 살펴볼 때, 문항 10번은 실험처치 효과가 없었다고 할 수 있다.

문항 11. TV 시청시 환경프로그램과 다른 좋아하는 프로그램의 시간이 겹쳤을 때 환경프로그램을 본다.

검사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항11	사전검사	24(64.8%)	11(29.7%)	2(5.4%)	37	$\chi^2 = 9.289$ df = 2 p = .018
	사후검사	12(32.4%)	12(32.4%)	13(35.1%)	37	
	전 체	36	23	15	74	
기대빈도		19	12	6		

본 문항의 검사에서 사전검사에서는 '아니다' 24(64.8%), '보통이다' 11(29.7%), '그렇다' 2(5.4%)이고, 사후검사의 응답내용은 '아니다' 12(32.4%), '보통이다' 12(32.4%), '그렇다' 13(35.1%)이었다. '아니다'가 높았으며, 사후검사에서는 중간과 찬성에서 응답수가 높았다. 사전검사와 사후검사의 차이가 빈도수에서 크게 나타났다. 이러한 사전검사와 사후검사를 카이 스퀘어 검증결과, 유의확률이 .018으로 5% 신뢰구간 내에서 사전검사와 사후검사의 응답내용은 유의미한 차이가 있는 것으로 해석되었다.

문항 12. 야생 동, 식물을 보호를 위해서 어느 정도 우리들의 희생과 불편을 감수해야 한다고 생각한다.

검사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 2	사전검사	19(51.3%)	13(35.1%)	5(13.5%)	37	$\chi^2 = 8.556$ df = 2 p = .017
	사후검사	10(27.0%)	11(29.7%)	16(43.2%)	37	
	전 체	29	24	21	74	
기대빈도		16	9	12		

본 문항의 검사에서 사전검사에서는 '아니다' 19(51.3%), '보통이다' 13(35.1%), '그렇다' 5(13.5%)이고, 사후검사의 응답내용은 '아니다' 10(27.0%), '보통이다' 11(29.7%), '그렇다' 16(43.2%)이었다. 이러한 반응 빈도수의 차이를 카이검증 결과, 카이 스퀘어 값이 8.556이고, 유의확률 값은 .017이었다. 이는 5% 유의수준 내에서 통계적으로 유의한 차이가 있음을 볼 수 있다. 따라서 본 문항의 사전검사와 사후검사의 응답내용 간에는 유의한 차이가 있다는 것을 알 수 있다.

문항 13. 자연자원의 귀중함을 알리는 자연보호캠페인에 적극 동참하겠다.

검사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항13	사전검사	29(78.3%)	4(10.8%)	4(10.8%)	37	$\chi^2 = 9.700$ df = 2 p = .011
	사후검사	11(29.7%)	13(35.1%)	13(35.1%)	37	
	전 체	40	17	17	74	
기대빈도		26.5	8	2.5		

본 문항의 검사에서 사전검사에서는 '아니다' 29(78.3%), '보통이다' 4(10.8%), '그렇다' 4(10.8%)이고, 사후검사의 응답내용은 '아니다' 11(29.7%), '보통이다' 13(35.1%), '그렇다' 13(35.1%)이었다. 이러한 사전검사와 사후검사 응답내용을 카이 스퀘어 검증 결과, 5% 유의수준 내에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

문항 14. 자연환경을 적극적으로 보호하여 쾌적한 환경을 조성하여야 한다고 생각한다.

검 사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 14	사전검사	28(75.5%)	5(13.5%)	4(10.8%)	37	$\chi^2 = 11.067$ df = 2 p = .002
	사후검사	18(48.6%)	14(37.8%)	5(13.5%)	37	
	전 체	46	19	9	74	
기대빈도		24.5	8.5	4.5		

본 문항의 검사에서 사전검사에서는 ‘아니다’ 28(75.5%), ‘보통이다’ 5(13.5%), ‘그렇다’ 4(10.8%)이고, 사후검사의 응답내용은 ‘아니다’ 18(48.6%), ‘보통이다’ 14(37.8%), ‘그렇다’ 5(13.5%)이었다. 이러한 사전검사와 사후검사 응답내용을 카이 스퀘어 검증 결과, 5% 유의수준 내에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

문항 15. 등교할 때, 자가용보다는 대중교통을 이용하고 싶다.

검사		응답내용			전 체	χ^2
		아니다	보통이다	그렇다		
문항 15	사전검사	30(81.0%)	7(18.9%)	0(0.0%)	37	$\chi^2 = 13.021$ df = 2 p = .002
	사후검사	16(43.2%)	13(35.1%)	8(21.6%)	37	
	전 체	46	20	8	74	
기대빈도		23	10	4		

본 문항의 검사에서 사전검사에서는 ‘아니다’ 30(81.0%), ‘보통이다’ 7(18.9%), ‘그렇다’ 0(0.0%)이고, 사후검사의 응답내용은 ‘아니다’ 16(43.2%), ‘보통이다’ 13(35.1%), ‘그렇다’ 8(21.6%)이었다. 이러한 사전검사와 사후검사 응답내용을 카이 스퀘어 검증 결과, 5% 유의수준 내에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

6. 기타(우수사례, 사진 등)

							
장소	상동중석폐석	일시	2018.04.	장소	학교주변	일시	2018.03.
							
장소	상동폐석지	일시	2018. 04.	장소	2018. 07	일시	가정 실험지
							
장소	상동폐석지 농경지 토양 채취	일시	2018. 09	장소	상동폐석지 마을 주민 인터뷰	일시	2018. 07

							
장소	상동중석폐석 생육실험	일시	2018.04.	장소	학교주변	일시	2018.11.
							
장소	산성광산배수 pH 저감실험	일시	2018. 04.	장소	2018. 07	일시	가정에서 생육 실험지
							
장소	학교과학실에 서 토양분석실험	일시	2018. 05	장소	가정생육실험 지	일시	2018. 07

붙임1. 8차시 학습지도안 예시

주제(1-3차시)	토양의 pH 측정(약식)		
운영강사		소요시간	3시간
교육대상	동아리 학생	예정교육인원	12
학습목표	-토양의 pH측정 방법을 이해하고 pH가 가지고 있는 의미를 파악한다. -토양의 pH가 식물에 어떠한 영향을 미치는지를 실험을 통해서 안다.		
준비물	토양, 전자저울, pH미터, 유리막대, 작은 비이커, 증류수		
단계	교육내용		교육시간(분)
도입	- 토양의 pH가 가지는 의미 이해 - 식물과 토양과의 관계 - 산성, 중성, 염기성 토양 이해		45분
전개	토양환경실험법 의해 실험을 실시한다. -토양 5g을 전자저울로 정확히 측정한다. -토양 5g을 작은 비이커에 넣고 증류수 25mL 혼합하여 섞는다. -표준용액을 이용하여 pH미터 검량한다. -토양과 증류수를 10초간 유리막대로 젖은 다음 pH미터로 측정한다. -측정한 토양이 산성인지 염기성 토양인지 판명하여 본다.		2인 1조 탐구보고서 배부하여 실험방법에 맞추어 실험한다. 45분
마무리	-토양 측정방법 이해 -토양의 pH 의미 이해 -산성토양, 중성토양, 염기성 토양 이해 -수소이온 농도와 pH 관계 이해		탐구보고서에 기록. 45분
유의사항	-실험 시 실험 토양시료가 피부에 묻지 않도록 한다. -측정오차에 주의한다.		

(사업계획서 제출시 교육프로그램 및 구성계획의 학습지도안 부분)

2. 교육수혜자 자체평가 설문지

부록 환경의식 태도 설문지

안녕하십니까?

본 설문지는 여러분이 환경교육이나 동아리 활동을 할 때나 평소 생활에서 환경에 대해 어떠한 경향과 생각을 가지고 있는지를 알아보기 위한 것입니다. 이 설문지의 각 문항에는 틀린 답이나 맞는 답이 없습니다.

설문지를 잘 읽은 후, 문장 중에서 분명하게 결정하기가 어려운 것이 있더라도 될 수 있는 대로 여러분의 평소 생각에 가장 가깝다고 생각되는 것을 선택하여 답해 주시기 바랍니다.

[*아래의 문항들을 잘 읽으시고, 그 문항에 ‘아니다’ 면 1, ‘보통이다’ 면 2, ‘그렇다’ 면 3으로 ○표를 표시하여 주시기 바랍니다.

(각 문항당, 꼭 한 개의 번호에만 표시하시기 바랍니다.)]

【환경인식】 1. 환경과 인간은 아주 밀접한 관계에 있다고 생각한다.	아니다	보통	그렇다
【환경인식】 2. 자연환경은 인간의 행복한 생활에 영향을 미친다고 생각한다.	1	2	3
【환경인식】 3. 우리 주변 자연환경을 훼손하면 결국에는 우리 인간에게 피해가 온다고 생각한다.	1	2	3
【환경활동의지】 4. 즉각적인 효과가 없다 할지라도 환경오염을 줄이기 위해서는 개인적 희생과 봉사를 하겠다.	1	2	3
【환경인식】 5. 환경보존 교육에 대해 필요하다고 생각하십니까?	1	2	3
【환경활동의지】 6. 수질오염을 줄이기 위하여 합성세제를 등의 사용을 줄이겠다.	1	2	3
【환경활동의지】 7. 학생은 학교 내에서 전력사용을 절약하기 위하여 노력하겠다.	1	2	3
【환경활동의지】 8. 앞으로 환경보존을 위하여 노력하고 싶다.	1	2	3
【환경활동의지】 9. 나는 등산 등의 여행에서 발생하는 쓰레기를 가져와 분리수거 하겠다.	1	2	3
【환경인식】 10. 현재의 환경오염 문제를 심각히 고려해 보거나 개선점을 생각하여 본 적이 있다.	1	2	3
【환경활동의지】 11. TV 시청시 환경프로그램과 다른 좋아하는 프로그램의 시간이 겹쳤을 때 환경프로그램을 본다.	1	2	3
【환경인식】 12. 야생 동, 식물을 보호를 위해서 어느 정도 우리들의 희생과 불편을 감수해야 한다고 생각한다.	1	2	3
【환경활동의지】 13. 자연자원의 귀중함을 알리는 자연보호캠페인에 적극 동참하겠다.	1	2	3
【환경인식】 14. 자연환경을 적극적으로 보호하여 쾌적한 환경을 조성하여야 한다고 생각한다.	1	2	3
【환경활동의지】 15. 등교할 때, 자가용보다는 대중교통을 이용하고 싶다.	1	2	3