

2017년도 인문자연탐사 보고서

'계룡산을 탐구하다'

폐토사와 재생골재에 의한 오염 가능성이 있는 저수지의 수질조사

2017. 08. 21

권형준, 정주빈, 조시현

지도교사 : 이승현



세종과학예술영재학교

페토사와 재생골재에 의한 오염 가능성이 있는 저수지의 수질조사

세종과학예술영재학교

1315 정주빈, 1316 조시현,

2401 권형준

1. 탐사의 필요성

가. 탐사 동기

계룡산에 대해 알아보던 중 2016년도 3월 기사를 보게 되었다. (<http://www.dynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=302410>) 가뭄으로 물 부족을 겪은 공주 계룡산 인근 마암리에서 저수지 공사를 하는 과정에서 폐기물이 불법으로 매립되었다는 의혹이 제기되어 현장 확인 결과 페토사와 재생골재를 매립한 것이 사실로 밝혀졌다는 기사였다. 재생골재는 건설 폐기물 중 폐콘크리트나 아스팔트, 벽돌 등을 처리 과정을 거쳐 재사용할 수 있도록 한 건축자재이다. 하지만 마암 저수지 인근을 메우는데 사용된 재생골재는 기준치 검사를 받지 않아 중금속 오염의 위험이 있다. 공주시에서는 외부 토사의 매립을 확인한 후 저수지 준설공사를 맡았던 업체에게 원상복구 명령과 함께 충남보건환경연구원에 성분 검사를 부탁했다. 하지만 저수지 주변에 매립된 폐기물은 저수지의 수질에도 영향을 줄 수 있다. 저수지 물이 오염될 경우 식물의 영향흡수와 체내 대사를 저해, 생육을 억제하고 심하면 농작물에 오염물질이 잔류하게 되는 피해가 있을 수 있다. 이런 피해가 있을 수 있기 때문에 저수지가 정상적인 토양으로 원상복구가 된 지금도 저수지가 페토사의 영향을 받고 있는지 알아보기 위해 탐사를 하게 되었다.

2. 탐사 과정

가. 탐사 일정

1) 국립세종도서관

페토사가 물을 만나 생기는 현상들을 조사하기 위해서 논문열람 시스템이 있는 국립세종도서관에 갔다. 도서관에 가서 폐기물에 관한 자료들을 보고 인터넷으로 페토사와 재생골재에 관한 자료를 조사했다.

2) 마암 저수지

도서관에서 자료를 얻고 저수지의 오염 여부를 확인하기 위해서 기사에 나온 저수지를 찾아갔다. 오염된 저수지 토양을 분석했던 충남보건환경연구원에 전화해서 세부적인 위치를 알게 되었다. 토양이 매립되었던 부분에 가서 저수지 물을 실험 기구를 사용해 끌어올렸다.



그림 2 마암 저수지

3) 큰치골저수지

아직 오염이 진행되고 있을 것이라고 생각한 마암 저수지와 비교하여 오염되지 않은 인근의 저수지를 방문했다. 좀 더 산속으로 들어가서 나온 저수지에서도 역시 저수지 물을 취수했다.



그림 3 큰치골저수지

나. 실험 설계

폐토사로 인한 주 영향은 수중 칼슘 이온 농도와 전기 전도성이 높게 나타난다는 것이었다. 그래서 각각의 저수지에서 취수한 물의 칼슘 이온농도와 전기전도도를 측정해보았다. 전기전도성의 경우 다른 이온들의 영향을 받을 수 있기 때문에 다른 이온들의 농도에 대한 실험도 해 볼 것이다. 칼슘이온농도 측정의 경우에는 정량적인 측정이 필요하기 때문에 ICP를 이용한 분석을 진행할 것이고, 다른 이온들과 전기 전도도의 경우에는 vernier사의 제품을 이용해 분석해볼 계획이다.

다. 실험 기구

1) 물 샘플 취수 장치

경사가 급한 저수지 주변에서 물을 떠야하기 때문에 직접 물을 뜨러 저수지 가로 내려가기에는 위험할 것이라고 생각해서 직접 뜨지 않고 안전하게 물을 취수할 수 있는

실험 장치를 만들었다. 50mL 주사기 1개와 100mL 주사기 1개, 호스, 탈지면과 테이프를 이용해서 제작했다. 50mL 주사기는 피스톤을 제거한 후 저수지의 이물질을 거르기 위해 구멍을 솜으로 막은 후 주사기가 가라앉아 저수지 물을 끌어올릴 수 있게 주사기 주변에 돌을 붙였다. 50mL 주사기와 100mL 주사기를 긴 고무호스로 연결한다.

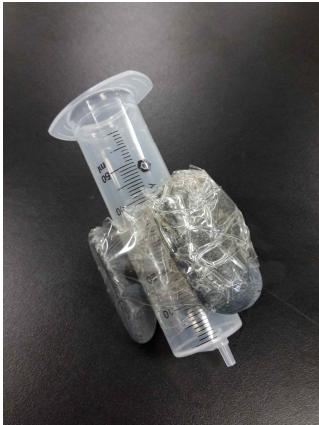


그림 5 솜과 호스를 연결하지 않은 장치



그림 4 만든 실험 기기를 이용하여 저수지의 중층수를 취수하는 모습

2) 빗물 저장 장치

우리가 저수지 물을 취수한 날에는 비가 많이 왔다. 우리가 얻은 저수지 물도 빗물에 의한 영향이 있을 수 있다고 생각되어 그 날 내린 빗물을 모아 빗물의 성분을 분석하였다.



그림 6 빗물 저장 장치

라. 실험

1) ICP를 이용한 칼슘이온 농도 분석

a. 주사기에 3개의 시료(마암 저수지, 큰치골저수지, 빗물)를 주사기안에 넣고 필터를 주사기 입구에 장착한 후 여과시켰다.

- b. ICP를 위한 칼슘 표준용액들을 만들었다 (0ppm, 1ppm, 2ppm, 5ppm). 1000ppm 칼슘 용액을 증류수로 희석시켜 표준용액을 만들었다.
- c. ICP로 분석을 진행하였다.



그림 7 ICP분석 전 샘플
들을 필터링하는 모습



그림 8 ICP분석기

2) 탁도 측정

- a. 100NTU 용액을 장치에 넣고 보정한다.
- b. 전기전도도 센서로 5개의 시료의 전기전도도를 측정한다.

3) 전기 전도도 측정 실험

- a. 전기전도도 측정 센서를 흐르는 증류수에 한번 행군 뒤, 전기전도도가 1000 μ S/cm인 표준 용액을 이용해서 장치를 보정한다.
- b. 측정 장치를 이용하여 5개의 시료(마암 저수지, 큰치골저수지, 빗물, 수돗물, 증류수)의 전기전도도를 측정하였다.
- c. 이 과정을 3번 진행한다.

4) 여러 가지 이온 농도 측정 실험

- a. 보정은 2point 방식으로 진행한다. 처음 더 농도가 높은 용액에 센서를 전압이 일정할 때 까지 담그고 인터페이스에 연결해 농도를 입력하고 보정한다. 그 후 센서를 증류수로 세척한 후 더 농도가 낮은 용액으로 보정한다.
- b. 전지전도도 측정 실험과 같이 5개의 시료의 암모늄, 칼륨, 질산, 염소 이온 농도를 이온선택성 센서를 이용하여 측정했다.
- c. 이 과정을 3번 진행한다.



그림 9 선택성 이온 센서들을 보정하는 모습

3. 탐구 결과

가. ICP에 의한 칼슘이온농도 측정 결과

ICP 측정 자료	증류수	빗물	마암	큰치골
칼슘 이온 (mg/L)	-0.145	0.0373	9.84	6.38

($r^2=0.9998756$)

Ca 422.673 Best
Cond 1

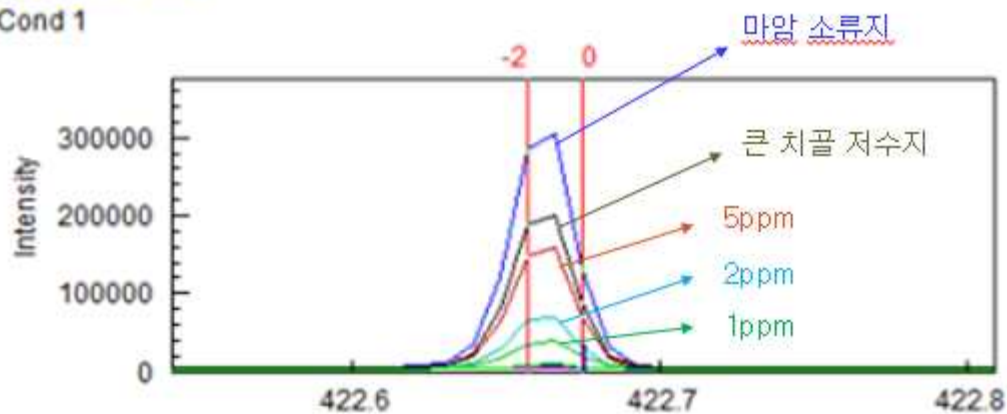


그림 11 λ 값은 422.673nm를 이용하였다

나. 센서에 의한 측정 결과

이온 감지 센서 (평균)	증류수	수돗물	빗물	마암	큰치골
전기 전도도 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	728.43	905.13	736.25	819.43	872.4
칼슘 이온 (mg/L)	0.13	10.87	0.5	2.37	2.77
질산 이온 (mg/L)	0.43	4.87	0.35	4.17	11.73
포타슘 이온 (mg/L)	0	3.67	0.5	1.67	2
암모늄 이온 (mg/L)	0.07	0.27	0.15	0.1	0.07
염소 이온 (mg/L)	0.77	20.37	0.55	3.97	4.9
탁도 (NTU)	-3.13	8.23	10.05	12.4	11.3

그림 12 센서로 3번 측정한 후 평균값을 사용

4. 결론 및 제언

1. 빗물의 칼슘이온농도가 저수지들에 비해 매우 적은 것을 보아 빗물에 의한 영향은 거의 없는 것을 알 수 있었다. 폐토사를 매립한 마암 소류지의 칼슘농도가 큰치골저수지의 칼슘농도보다 높은 결과가 나온 것으로 보아 원상 복구한지 1년이 넘는 시간이 지났지만 아직도 수질에 영향을 주는 것을 알 수 있다.

2. 이론상으로는 오염된 저수지인 마암 소류지의 전기 전도도가 높아야 했다. 하지만 전기 전도도를 측정해 보니 큰치골저수지의 전기 전도도가 더 높았다. 우리는 중간 결과에 대한 해석을 큰 치골 저수지가 다른 이온들을 많이 포함하고 있을 것이라는 가설을 설정하였다. 실험을 진행한 결과 칼슘이온을 제외한 다른 이온들이 대체적으로 큰 치골 저수지가 많았다는 것을 알 수 있었다.

3. 큰 치골저수지에서 질산이온농도가 WHO기준치보다 높은 것을 알 수 있었다. 질산 이온농도가 수치보다 높으면 청색증 및 암 발생을 일으킨다. 환경부나 공주시에서 더 정밀한 검사를 하도록 제보를 할 계획이다.

5. 활동 후기

조시현 - 기사에 나온 사실에 흥미를 느껴 직접 탐사하고 실험하여 나름대로의 결론을 낸 첫 활동이었다. 탐사 계획을 세우고 진행하는 과정에서 선배와 선생님의 지식과 경험에 많은 도움을 받아서 새로운 여러 가지 경험을 해볼 수 있었고 굉장히 보람찼다.

권형준- 1학년 친구들과 함께하는 첫 탐사활동이었다. 직접 현장에 나가서 탐사를 하면서 필요한 샘플을 채취하고, 또 원하는 결과를 알기위해 직접 실험을 계획하여 진행하는 등 많은 새로운 도전을 진행하였다. 샘플 채취도중 비가 온 변수, 또 예상된 결과와 실험값이 다르게 나와서 주제를 다시 잡아야 하나라는 생각이 든 적이 있었다. 하지만 이럴 때마다 새로운 실험을 준비하여 위기를 극복할 수 있었고, 새로운 실험 장비와 분석기법을 배울 수 있어서 의미 있는 인문자연탐사 기간을 지낸 것 같다.

정주빈- 평소 환경 오염 문제에 별다른 관심이 없었는데 이렇게 실험을 통해 직접 얼마나 오염이 되었는지 분석을 해보면서 자연에 대해 더 관심을 가질 수 있게 되었다. 또한 그냥 쓰레기를 땅에 묻으면 해결될 것이라고 생각하였던 나의 인식을 바로잡을 수 있었다. 이번 탐구는 내가 쓰레기 처리에 대한 인식을 바꿀 수 있게 해주었던 계기가 되었으며, 내 주변 문제에 대해 관심을 기울여 볼 수 있도록 해주는 계기가 되었다. 이온 농도 측정등의 실험에 쓰였던 여러 장비들을 사용해 보며 나의 꿈에 조금 더 나가갈 수 있었고, 환경오염이 빨리 해결되었으면 좋겠다고 느꼈다.